

Article

« Structures d'information et décision en équipe dans le système de distribution des soins »

Alain Haurie

L'Actualité économique, vol. 52, n° 2, 1976, p. 206-231.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/800671ar>

DOI: 10.7202/800671ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

STRUCTURES D'INFORMATION ET DÉCISION EN ÉQUIPE DANS LE SYSTÈME DE DISTRIBUTION DES SOINS *

1. INTRODUCTION

L'objet de cet article est de définir le cadre méthodologique d'une étude des structures d'information dans le système hospitalier. Une telle étude est un élément important de tout programme visant à établir des méthodes rationnelles de prise de décision dans une organisation complexe ; en effet, il faut pouvoir s'assurer que, dans un contexte particulier, la meilleure décision a été prise étant donné l'information disponible ; puis il faut pouvoir comparer différentes structures d'information en évaluant leurs « utilités » et, ainsi, indiquer le sens vers lequel on devrait orienter l'évolution des structures du système hospitalier.

Bien que ce cadre méthodologique puisse être défini pour n'importe quel niveau d'agrégation du système de santé, il nous a semblé préférable d'orienter la première étape de notre recherche vers les problèmes d'administration hospitalière liés à l'utilisation optimale des ressources disponibles et à la réduction du coût des soins infirmiers, et ce, pour les raisons suivantes : (i) il existe déjà une importante littérature scientifique concernant ces problèmes et suggérant différentes voies d'approche pour modéliser les éléments du système hospitalier tels que l'admission et la dispensation des soins infirmiers à l'intérieur des unités de soins ; (ii) l'importance relative du coût du personnel infirmier et l'apparente inefficacité indiquée par des lits inoccupés, associés à des files d'attente impressionnantes à l'admission, ont amené plusieurs équipes d'analystes et de chercheurs à traiter de ces questions pour des hôpitaux montréalais ; (iii) il apparaît que ces groupes de recherche n'ont pas explicitement étudié les structures d'information de façon à évaluer différents modèles de prise de décision, non seulement en termes de qualité de soins et de coût d'opération, mais aussi en termes de quantité, de qualité et de coût de l'information nécessaire à ces règles de décision.

* Cette recherche a bénéficié d'une subvention du ministère des Affaires sociales du Québec (projet R.S. 129).

Notre étude s'accorde donc à ces recherches en vue de la rationalisation de l'administration hospitalière dans la région de Montréal, et nous avons pu ainsi obtenir la collaboration précieuse de plusieurs analystes et administrateurs du milieu.

Par nature, un hôpital est une organisation aux centres de décisions multiples devant faire intervenir les deux aspects administratif et médical dans leurs actions, et échangeant ou traitant pour cela une quantité impressionnante d'informations. (Une estimation de l'importance de la collecte et du transfert d'informations dans un hôpital a fait apparaître, aux É.-U., que 24 p.c. de l'occupation globale du personnel étaient consacrés à ces fonctions !¹ Pour obtenir une utilisation rationnelle de cette information, il faudrait pouvoir répondre aux questions suivantes :

1. Quelle quantité et quelle qualité d'information, avec quelle fréquence, doit-on fournir à un centre de décision particulier dans l'hôpital ?
2. Quelles sont les décisions qui ne sont pas programmables, c'est-à-dire où il est nécessaire de faire intervenir l'art du décideur et quelles décisions peuvent être avantageusement basées sur des modèles analytiques ou heuristiques ?

La réponse à la première question dépend de la « valeur » d'une information plus fiable, celle d'une information « plus à propos », ainsi que celle d'une information plus complète pour un centre de décision donné. Nous sommes alors placés devant un problème d'économie de l'information tel que considéré par J. Marshak (1968).

La réponse à la seconde question dépend de la capacité comparée « d'un homme ou d'un modèle » à évaluer l'information disponible et à mettre à jour cette information. Par exemple, si des événements sont probabilisables, un modèle pourra être plus fiable qu'un homme même expérimenté ; par contre, dans un univers où l'incertitude est difficilement mesurable, un homme expérimenté sera plus fiable. Il s'agira donc d'établir la « valeur » d'une procédure de prise de décision plus formalisée, basée sur l'utilisation simultanée de banque de données et de modèles transformant l'information en décisions (*Management Information and Decision Systems*).

Ces évaluations devront être faites dans un contexte dynamique causé par le flux de patients traités. En effet, le « dynamisme des maladies » fait passer l'ensemble des patients par différents états de santé, requérant une dispensation de soins et de services appropriés par différents secteurs de l'hôpital et pouvant entraîner d'importantes fluc-

1. Jydstrup, R.A., Gross, M.J., « Cost of Information Handling in Hospitals », *Health Service Research*, hiver 1966.

tuations dans l'utilisation des ressources. La qualité des soins dépendant fortement de la disponibilité d'un personnel infirmier qualifié, ces fluctuations peuvent avoir comme conséquence importante, soit une sous-utilisation fréquente des équipes d'infirmières, soit une dégradation de la qualité du service de santé.

Un objectif important de l'administration hospitalière sera donc de procéder à une régulation de la charge en différents points faisant « goulot d'étranglement » dans le système. Cette régulation peut s'effectuer en établissant des règles de décision au niveau de l'admission des patients « non urgents » et aussi au niveau de la répartition des charges de travail et de l'allocation des ressources. Nous cernons donc ainsi un problème bien défini : soit un secteur d'un hôpital constitué d'unités de soins interdépendantes du fait de l'évolution des patients et du partage des ressources (par exemple, des unités de soins en chirurgie et des salles d'opération) ; quelles sont alors les informations utilisables pour : (i) définir des niveaux d'activité convenables pour chaque unité de soins, (ii) procéder à une régulation des niveaux d'activité réels au voisinage de ceux définis précédemment, (iii) procéder à l'allocation des ressources.

Ce problème se pose pour plusieurs secteurs qui ne sont pas indépendants du fait de la dynamique des maladies et aussi du partage des ressources communes (lits, personnel infirmier, laboratoires, radiologie, buanderie, etc.) ; alors intervient la question de la coordination et de l'évaluation des différents modes de prise de décision. La multiplicité des centres de décision impliqués et la nature différente des informations disponibles à chacun de ces centres font que le problème peut se définir suivant les schémas de la théorie de la décision en équipe telle qu'élaborée par J. Marshak (1955), R. Radner (1959) et J. Marshak, R. Radner (1972).

Citons les deux modes de gestion extrêmes : décentralisation complète sans échange d'information et gestion centralisée ; puis les cas intermédiaires tels que : gestion par exception (où les décisions de routine sont prises de façon décentralisée et les cas exceptionnels sont traités de façon centralisée), gestion par comités, gestion décentralisée avec échange d'information et règles de décision imposées, etc.

Nous disposons ainsi d'un cadre méthodologique suffisamment large pour pouvoir étudier une grande variété de problèmes d'administration hospitalière.

2. UNE APPROCHE BASÉE SUR LA THÉORIE DES SYSTÈMES ET L'ÉCONOMIQUE DE L'INFORMATION

Un hôpital s'inscrit dans un système régional de santé fournissant ses services à une population donnée ; ces services comprennent, en

particulier, la dispensation de soins, la recherche médicale et l'enseignement. Nous nous intéressons principalement à la dispensation de soins.

L'organisation des différents secteurs d'un hôpital, le partage et l'allocation des ressources communes entre ces secteurs, devraient correspondre à des objectifs définis sur le plan régional et à des modes de gestion efficaces. Nous ne nous intéressons pas à la définition des objectifs au niveau régional, mais plutôt à l'efficacité de la gestion. Pour traduire cette efficacité, on a, en général, besoin d'une mesure de la qualité des soins reçus par la population concernée, ce qui n'est pas chose facile à obtenir.

Si une telle mesure est disponible, il est alors naturel de définir une gestion efficace comme celle qui assure une qualité de soins donnée au moindre coût ou qui maximise la qualité des soins pour un coût donné. La difficulté de repérage de la qualité des soins favorise la première formulation. On peut, en effet, relier la qualité des soins à un certain nombre de critères qualitatifs ou quantitatifs comme, par exemple : durée de l'attente avant l'admission, délais moyens entre le moment où un soin est prescrit et celui où il est dispensé, affectation d'une infirmière à un patient plutôt que d'une infirmière à un type de soins (de façon à favoriser un bon climat psychologique), etc...

S'il est difficile de bâtir un indicateur de la qualité des soins à partir de ces nombreux critères, il est par contre plus aisé de les faire intervenir comme contraintes dans une tentative de minimisation des coûts et de tendre ainsi vers l'efficacité.

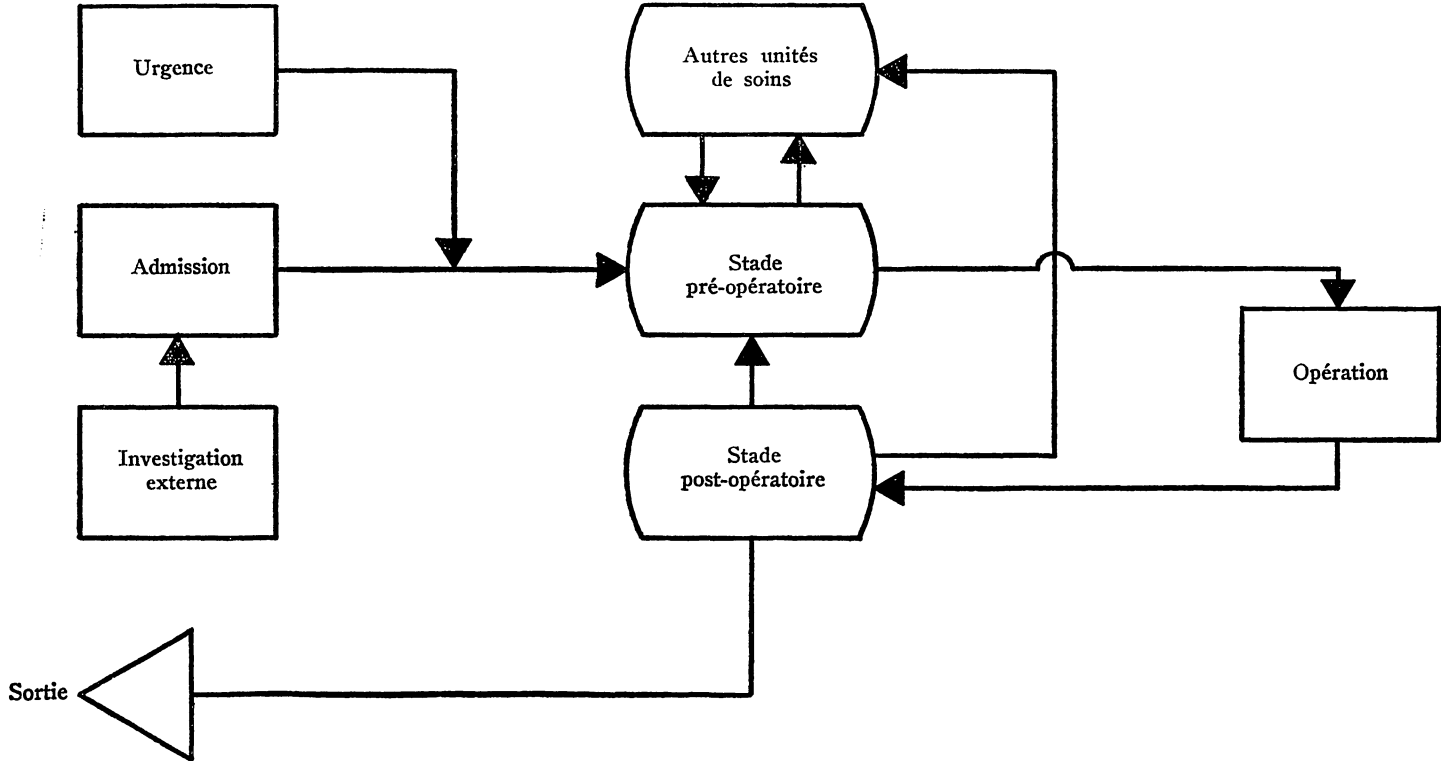
2.1. *La dynamique hospitalière*

Il y a une dynamique hospitalière due à l'évolution des conditions de maladie des patients traités. Les méthodes de gestion doivent considérer que chaque patient affecté d'une « maladie » donnée correspond, en fait, à un cas particulier et qu'il nécessitera un régime de soins approprié. Ces soins, prodigués par différents secteurs ou unités de soins de l'hôpital, font évoluer l'état du patient et, comme l'état du patient conditionne la demande de soins, on voit ainsi apparaître un comportement dynamique et stochastique du système constitué par un hôpital. Prenons, par exemple, le secteur comprenant les unités de soin de chirurgie et les salles d'opération ; nous pouvons le représenter comme une interconnexion de plusieurs composantes d'un système complexe schématisé en figure 1.

Un patient est admis dans une unité de soins de chirurgie, soit en urgence, soit en provenance d'autres unités de soins, soit de façon prioritaire, soit de façon élective. Le service d'admission contrôle les entrées des patients des deux dernières catégories. L'investigation clinique qui

FIGURE 1

SCHÉMA DU SYSTÈME CONSTITUÉ PAR UNE UNITÉ DE SOINS DE CHIRURGIE



va, en fait, décider de l'opération peut être faite en clinique « externe », avant l'admission, ou bien en clinique « interne » après l'admission ; il y a donc possibilité, pour un patient admis en chirurgie, de bifurquer vers une unité de soins de médecine avant l'opération. Si la décision d'opérer est prise, le patient est transféré dans une des unités de soins composées des salles d'opération, puis est de nouveau transféré en chirurgie où les soins post-opératoires sont prodigués. Le patient peut alors être transféré en « médecine », ou bien peut sortir en ayant son congé, ou bien sortir du fait d'un décès ; il se peut aussi qu'il faille recommencer le cycle « pré-opératoire-opération, etc. »

On a ainsi un système séquentiel où un flux de patients engendre un flux de soins et services demandés. Pour prodiguer ces soins et services, l'administration hospitalière établit des règles d'affectation des tâches et d'allocation des ressources ; il en résulte alors un coût d'opération et une certaine qualité des soins.

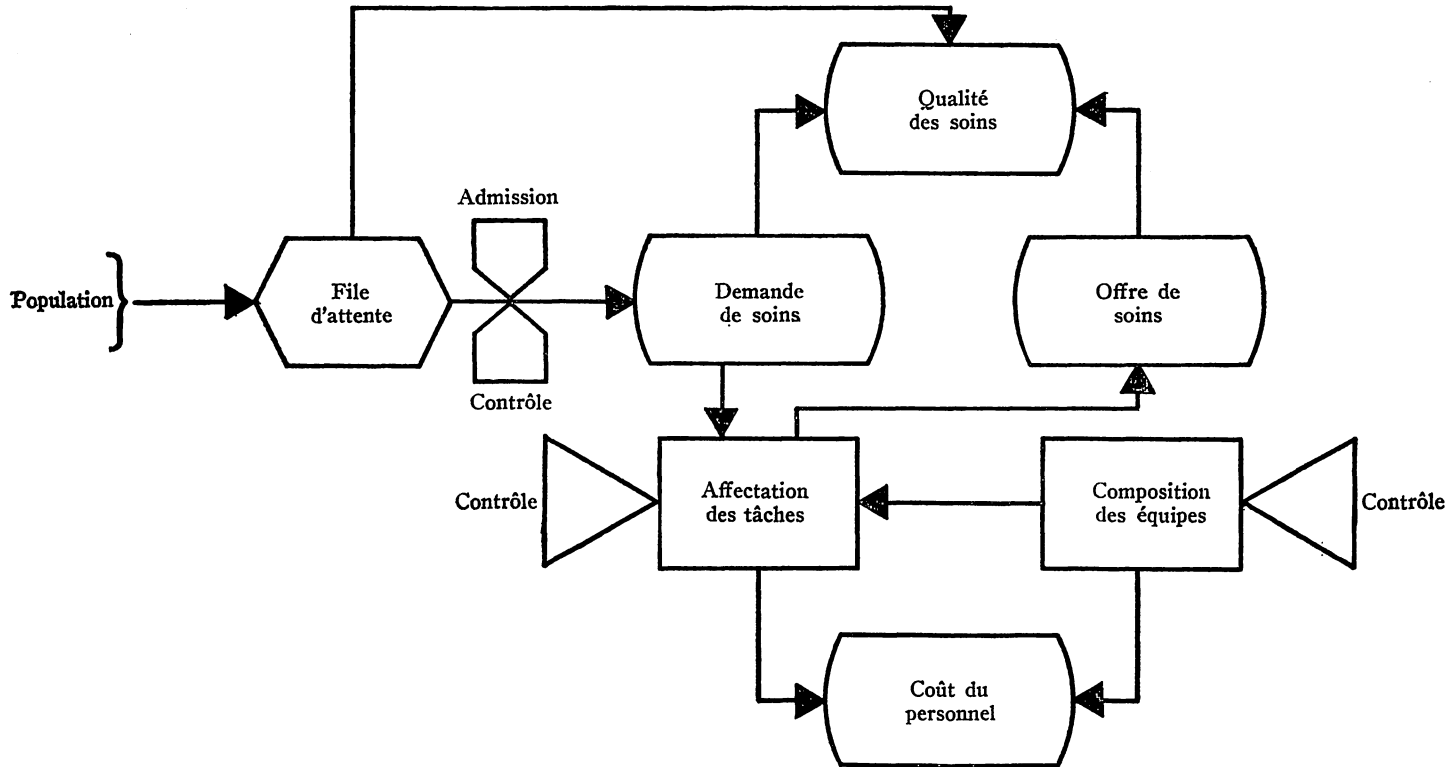
Nous pouvons souligner les points suivants qui apparaissent déjà dans cette première vue schématique de ce secteur d'un hôpital :

(i) Le système peut être contrôlé au niveau de l'admission et au niveau de l'affectation des tâches et de l'allocation des ressources. Ces contrôles sont de nature très différente :

a) le contrôle par l'admission permet d'effectuer une régulation de la charge de travail dans les unités de soin en sélectionnant les patients admis ; cette sélection peut être très grossière (urgence, prioritaire, puis dans l'ordre de la file d'attente) ou beaucoup plus élaborée à partir d'une évaluation de l'état du patient et de la charge de travail qu'il est susceptible d'engendrer. Ce contrôle peut permettre une meilleure régulation de la charge de travail, ce qui se traduit par un bénéfice (réduction du personnel surtout) mais il comporte un coût en termes d'augmentation de la durée de l'attente en vue d'une admission et de traitement de l'information. (Catégorisation préalable des charges de travail dans les unités de soins, etc.). Le choix du mode de contrôle à l'admission relèvera donc d'une analyse coût-bénéfice.

b) le contrôle du système par l'affectation des tâches et l'allocation des ressources est de nature très différente, puisque, à ce niveau, la charge de travail est exogène et résulte du flux de patients admis, et que l'on cherche à atteindre certains standards de coût et de qualité des soins à l'aide des ressources et du personnel disponible. Il y a, ici aussi, une subdivision suivant la nature des contrôles : une décision peut être prise concernant par exemple la répartition du personnel infirmier suivant la compétence. Une telle décision a d'importantes implications budgétaires et, d'autre part, il est impossible de modifier fréquemment une politique de recrutement. Pour pouvoir assurer une qualité de

FIGURE 2
INTERCONNEXION DES CONTRÔLES DANS UNE UNITÉ DE SOINS



soins donnée, à l'aide d'une équipe d'infirmières de composition donnée, on peut être amené à procéder à la répartition des charges de travail sur une base quotidienne en définissant des règles de décisions utilisant l'information disponible sur les patients. Finalement, on peut utiliser des équipes volantes pour dispenser certains soins infirmiers et procéder ainsi à une régulation de la charge entre diverses unités de soins. Là encore, la décision est à deux niveaux : au premier niveau, on trouve la composition et l'importance de l'équipe, et au second, les règles d'utilisation de cette équipe volante. L'interconnexion de ces contrôles peut être schématisée sur le diagramme de la figure 2.

(ii) Un second point important est l'évolution intertemporelle de la charge de travail engendrée par un patient. Ainsi, un patient admis en chirurgie et étant en stade pré-opératoire, engendre beaucoup moins de demandes de soins que le même patient revenu dans l'unité de soins mais en stade post-opératoire. La durée de séjour d'un patient dans chacun des deux stades est aléatoire, mais susceptible d'être prévue. La charge de travail totale de l'unité est la résultante des charges engendrées à ces deux stades par le flux de patients. On voit alors nettement les multiples facettes de la dynamique de ce secteur : existence d'un délai aléatoire entre l'admission d'un patient et la charge de travail maximale qu'il engendre, possibilité de prévision assez fine des charges de travail futures du fait du passage du patient par le stade « opération » qui modifie nettement son état, possibilité d'oscillations marquées dans la charge de travail, etc.

2.2 Structure d'information

Dans cette section, nous précisons la notion de structure d'information dans un système décisionnel. Pour ne pas être trop ésotérique, nous développerons cette notion à partir du système décrit précédemment et constitué du secteur chirurgie-salles d'opération d'un hôpital.

Dans une analyse de système, il est fort pratique de pouvoir définir la notion *d'état du système*. De façon intuitive, il s'agit d'un ensemble de paramètres résumant l'ensemble des influences passées sur le système et permettant de prévoir le comportement futur du système à prévoir des influences futures. De ce que nous avons dit de la dynamique hospitalière, il résulte assez clairement que l'état d'un secteur hospitalier, composé d'unités de soins interdépendantes, est défini à partir de la condition des patients qui y séjournent. Si une des « sorties » du système est la demande de soins engendrée, il est apparu déjà à plusieurs chercheurs qu'une grande attention devait être portée à la catégorisation des patients, conduisant à la notion d'état du système (cf. R.F. Connor (1960), Irodom (1973) comme exemples typiques).

Nous pouvons citer plusieurs caractérisations de l'état d'une unité de soins, utilisées par divers auteurs ; par ordre de complexité croissante, on a :

- répartition des patients séjournant dans l'unité de soins suivant leur diagnostic,
- répartition des patients suivant leur dépendance vis-à-vis des soins infirmiers,
- répartition des patients suivant l'état de leur « maladie ».

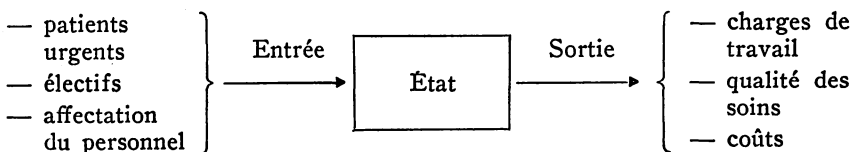
Le choix d'une variable d'état pour modéliser un système doit traduire un arbitrage entre la dimension de cette variable (trop de composantes entraîne souvent des difficultés statistiques importantes) et sa valeur prévisionnelle. Il semble unanimement reconnu que le diagnostic a une très faible valeur prévisionnelle quant à la charge de travail engendrée par un patient. Une définition de l'état extrêmement séduisante a été proposée récemment par R.D. Smallwood (1969), R.D. Smallwood et al (1969). Cette définition est basée sur une étude de la dynamique des maladies et des régimes de soins associés aux différents stades d'évolution de chaque maladie. La valeur prévisionnelle de cette variable d'état est théoriquement excellente, cependant, elle nécessite une abondance de renseignements qui ne peuvent être souvent obtenus que par « interview » du personnel médical, ce qui est un lourd handicap.

Pour le secteur qui nous intéresse, une conjecture raisonnable nous semble être la suivante : l'état du système peut être assez bien représenté par la répartition des patients admis suivante :

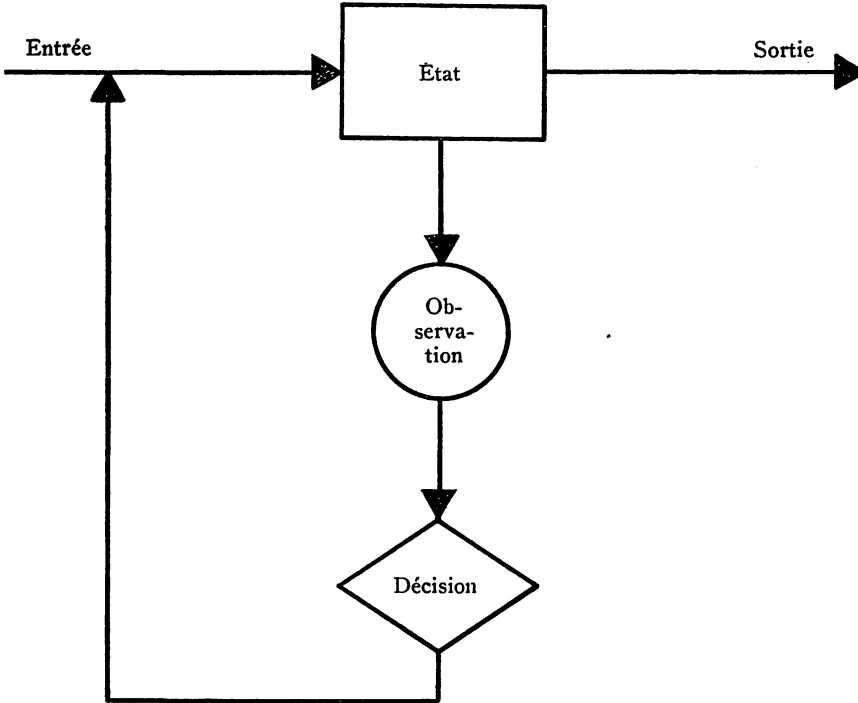
- a) le diagnostic,
- b) les conditions associées à la pathologie diagnostiquée,
- c) le stade (emplacement dans la file d'attente, stade pré ou post-opératoire),
- d) la durée de séjour dans chacun de ces stades.

On pourra alors associer, à l'état actuel du système et à l'admission des patients dans le futur, une évolution de la charge de travail (ou de la demande de soins).

Les décisions prises peuvent affecter l'état du système (admission) ou simplement affecter les performances du système mesurées en termes de qualité des soins et de coût d'opération. On a ainsi le schéma très général suivant :



Une règle de décision, ou stratégie, spécifie une décision en fonction de l'information disponible sur l'état du système ce qui peut être schématisé de la façon suivante :



L'observation de l'état du système, x , donne une information $y = \theta(x)$. L'opérateur $\theta(\cdot)$ peut réaliser une translation du temps (si l'information arrive avec retard) et peut réaliser aussi une distorsion ou une absence de discrimination concernant l'état.

Considérons ainsi la décision d'admission de patients électifs ; cette décision peut être prise de la façon suivante : un patient d'une unité de soins reçoit son avis de congé ; cette information est transmise à l'admission avec un certain délai ; le service d'admission contacte alors le premier patient en liste d'attente pour l'admettre. L'information utilisée pour la prise de décision d'admission est le signal d'un lit vacant. Il est clair que l'occupation des lits est une conséquence de l'état de l'unité de soins, cependant, il est tout aussi clair que de nombreux états, fort divers sous l'aspect des charges de travail qu'ils engendrent, définissent cependant le même taux d'occupation des lits.

Une autre façon de prendre la décision pourrait être la suivante : l'état d'une unité de soins est observé sans distorsion ni contraction d'information, ($\theta(x) = x$), la charge de travail espérée pour les jours

qui suivent est évaluée. On cherche, dans la file d'attente, un patient dont l'état initial corresponde à un « optimum » évalué à partir de son impact sur la charge de travail, de la gravité de son cas, de la durée de l'attente qu'il a eue sur la file, etc. La décision d est alors le résultat d'une stratégie, $d = S(x)$.

Entre ces cas extrêmes, se trouve celui où l'observation de l'état est imparfaite, $y = \theta(x)$, et la décision est prise de façon stratégique, $d = S(y) = S(\theta(x))$.

L'analyse de la structure d'information et de décision correspond à la spécification des fonctions $\theta(\cdot)$, transformant l'état en information, et $S(\cdot)$, transformant l'information en décision.

Le même schéma peut être développé à l'occasion de la prise de décision se rapportant à l'affectation des tâches au personnel infirmier. Suivant le type d'information disponible ($y = \theta(x)$) et le choix judicieux d'une stratégie ($d = S(y)$), on pourra réaliser une meilleure répartition des tâches et une utilisation appropriée des compétences pouvant se traduire par une réduction possible du personnel recruté pour une même qualité des soins. Mais l'obtention et la diffusion de l'information peut comporter un coût ; nous abordons ainsi le problème sous l'angle de l'économie de l'information.

2.3 *Du choix efficace d'une structure d'information*

Le choix d'une structure d'information relève d'une analyse coût-bénéfice. Le bénéfice dépend d'un événement, en général aléatoire, déterminant l'état du système, et des actions des centres de décision. Dans le système hospitalier, décrit dans les sections précédentes, le bénéfice est, par exemple, la réduction du coût d'opération à qualité de soins constante. L'événement aléatoire est évidemment l'état des unités de soins, déterminé par les conditions des patients admis ; les actions proviennent des centres de décisions tels que l'admission, les infirmières-chefs procédant à l'affectation des tâches, la direction des soins infirmiers décidant de la composition du personnel, etc.

Un coût est associé à chacun des maillons de la chaîne d'opérations constituant la structure d'information. Ces opérations sont :

- la cueillette des données,
- le stockage des données,
- le codage des messages à envoyer,
- la transmission des messages,
- le décodage des messages reçus,
- la transformation de l'information ainsi obtenue en décision.

Les coûts résultant de la main-d'œuvre et du capital employés à ces fins.

Un aspect important est, ici aussi, le caractère dynamique et stochastique de cette structure qui, le plus souvent, sera affectée de délais de transmissions et de probabilités de distorsion du message envoyé. Les éléments de cette chaîne sont illustrés sur la figure 3, inspirée des travaux récents de J. Marshak (1968).

Un aspect intéressant de la structure d'information dans le système hospitalier est qu'elle est déjà très élaborée pour des fins de contrôle et de décisions d'ordre médical. En effet, tous les aspects mentionnés précédemment et schématisés en figure 3 y figurent déjà (dossier médical, Kardex, fiches d'entrée et de sortie, archives, etc.). L'utilisation d'une partie de cette structure aux fins de décisions administratives pourrait permettre un bénéfice sans encourir de coûts supplémentaires trop élevés.

Un autre aspect digne d'être mentionné est l'apparente homogénéité du bénéfice et des coûts associés à la structure d'information et de décision. Sous la formulation que nous avons favorisée depuis le début de ce chapitre, la qualité des soins intervient comme une contrainte et le coût d'opération (en particulier le coût du personnel) tend à être rendu minimal. On a ainsi la possibilité d'inclure les contraintes de qualité des soins dans la structure du système et de définir le bénéfice en termes de réduction des coûts. Comme les coûts associés à la structure d'information sont de même nature, il semble possible de retrancher simplement le coût de la structure d'information du bénéfice, pour définir un *bénéfice net*.

Ainsi, en revenant aux notations introduites en section 2.2, on a :

- un événement aléatoire x ,
- une information $y = \theta(x)$,
- une décision $d = S(y)$.

Le bénéfice est une fonction de l'événement et de la décision :

$$b = f(x, d)$$

Le coût de la structure d'information $\theta(\cdot)$ peut être supposé indépendant de l'événement x et de la stratégie $S(\cdot)$.

$$C = g(\theta).$$

Ainsi, pour une structure d'information θ donnée, le bénéfice net espéré maximal sera défini par :

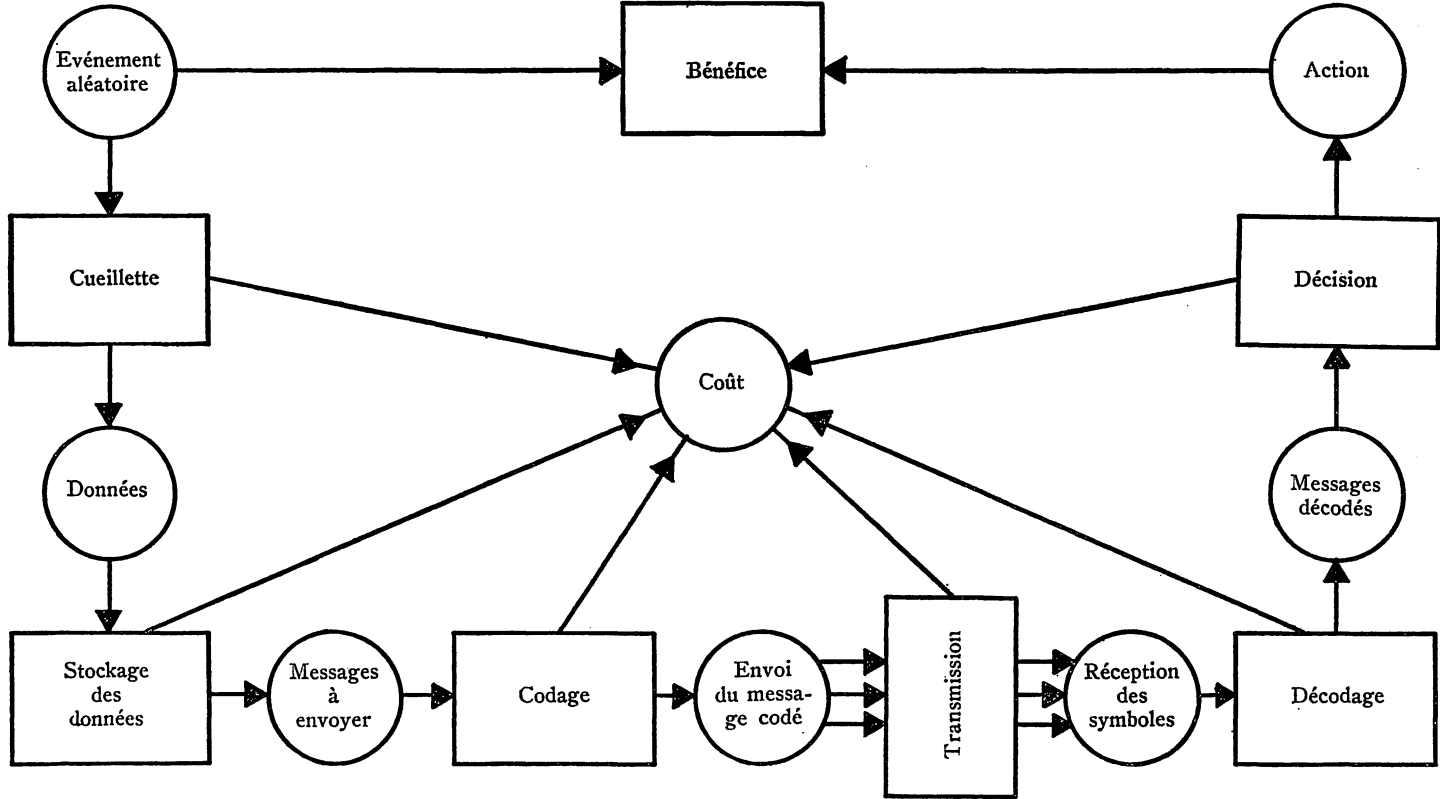
$$\text{Max}_S E[f(x, S[\theta(x)]) - g(\theta)]$$

Si on suppose qu'il ne coûte rien de n'avoir aucune information, le bénéfice net espéré maximal devra être comparé à l'expression :

$$\text{Max}_d E[f(x, d)]$$

FIGURE 3

DÉTAIL D'UNE STRUCTURE D'INFORMATION
(d'après J. MARSHAK)



qui représente le bénéfice espéré maximal dans le cas où il n'y a pas d'information.

La valeur $V(\theta)$ de la structure d'information est alors définie par :

$$V(\theta) = \underset{S}{\text{Max}} E[f(x, S[\theta(x)])] - \underset{d}{\text{Max}} E[f(x, d)].$$

c'est-à-dire que $V(\theta)$ est le coût maximal que l'on est prêt à supporter pour mettre en place la structure d'information θ .

3. DE L'UTILISATION OPTIMALE D'UNE RESSOURCE COMMUNE PAR UNE ÉQUIPE

3.1 Terminologie de la théorie des équipes

Dans une organisation les agents impliqués peuvent différer sous au moins trois aspects : (1) ils contrôlent différents moyens d'action, (2) ils basent leurs décisions sur des informations différentes ; (3) ils ont des préférences différentes.

Une théorie normative des organisations a pour objectif d'indiquer le comportement rationnel des différents agents formant une organisation, c'est-à-dire d'indiquer à chaque agent les stratégies admissibles (compatibles avec ses moyens d'action et d'information) qu'il devrait préférer. Cette théorie s'est développée sous le nom de théorie des jeux.

Un cas particulier de la situation précédemment décrite est celui où tous les agents ont les mêmes préférences. Ceci peut intervenir dans le cas où les agents sont des centres de décisions programmées ou des machines, ceci peut aussi représenter une approximation d'une organisation où tous les agents ont à peu près les mêmes objectifs.

J. Marshak (1955) a proposé le nom « d'équipe » pour une organisation où les aspects (1) et (2) seulement étaient présents. La théorie des équipes tend à répondre aux deux questions de base suivantes :

- a) pour une structure d'information donnée, quelle est la meilleure règle de décision de chaque agent ?
- b) pour comparer différentes structures d'information possibles, comment évaluer les valeurs relatives de ces structures ?

Un type d'organisation particulièrement susceptible d'être étudié au moyen de la théorie des équipes est celui où plusieurs agents distribuent un service utilisant une ressource commune.

Un problème de prise de décision en équipe est caractérisé par :

- (i) m centres de décision, ayant chacun à sa disposition une variable d'action d_i ; $i = 1, 2, \dots, m$;
- (ii) l'état du système x , qui est aléatoire ;

(iii) une structure d'information définie par les m fonctions :

$$y_i = \theta_i(x) \quad i = 1, \dots, m.$$

où y_i est l'information sur l'état x , disponible pour le centre de décision i .

(iv) Une fonction $\omega(x, d_1, \dots, d_m)$ appelée critère de performance du système qui associe un « coût » aux décisions et à l'état.

Étant donné une structure d'information $(\theta_1, \dots, \theta_m)$, on cherche une règle de décision ou stratégie, pour chacun des centres de décision, associant une décision à l'information obtenue, telle que l'espérance mathématique du critère de performance soit rendue minimale :

$$d_i^* = S_i^*(y_i) = S_i^*(\theta_i(x)) \quad i = 1, \dots, m.$$

Les différentes structures d'information peuvent alors être comparées en termes de valeurs optimales du critère de performance et de coût de la structure d'information. On est ici aussi ramené aux aspects classiques d'une analyse coût-bénéfice.

3.2 L'allocation du personnel infirmier entre différentes unités de soins

Nous considérons un hôpital comme un ensemble d'unités de soins fournissant un service que nous appellerons la « qualité des soins ». Pour fournir ce service, une ressource fondamentale est le personnel infirmier réparti en quatre catégories : infirmières, auxiliaires, aides et infirmiers.

Il est commode, pour pouvoir étudier ce système, d'adopter un schéma économique selon lequel la qualité des soins est le produit de la « rencontre » d'une demande de soins, provenant des patients, et d'une offre de soins, provenant du personnel infirmier. Ainsi, s'il y a un écart croissant entre la demande et l'offre, la qualité des soins se détériore, soit parce que le personnel ne peut fournir tous les soins désirés (offre déficitaire), soit parce que le personnel est sous-utilisé (offre excédentaire).

Pour une unité de soins particulière, j , notons δ_j le vecteur de demande de soins et w_j le vecteur de l'offre de soins, par catégorie de personnel ; il s'agit donc de vecteurs de dimension 4 et on peut envisager de repérer la qualité des soins en utilisant une fonction de production quadratique :

$$\|\delta_j - w_j\|_{\hat{a}_j}^2 \triangleq (\delta_j - w_j)^T Q_j (\delta_j - w_j) \quad (3.1)$$

où Q_j est une matrice définie positive.

Sous cette forme générale nous pouvons tenir compte d'effets de complémentarité entre les différentes catégories de personnel. Remarquons cependant que nous avons réduit considérablement l'ampleur

du problème du contrôle de la qualité des soins en ne considérant qu'un seul aspect, celui des soins infirmiers².

Dans une unité de soins, l'infirmière-chef a la responsabilité de la qualité des soins. Chaque jour, l'infirmière-chef visite tous les malades et vérifie tous les dossiers dans le but d'élaborer un plan de soins. Chaque carte du plan de soins contient l'information suivante : date, médicaments, traitements, heures. À partir de ces informations, l'infirmière-chef affectera un certain nombre de patients à ses infirmières et auxiliaires. Ce plan de soins est préparé pour le lendemain ; après avoir pris connaissance des événements de la nuit, l'infirmière-chef peut corriger légèrement ce plan de soins.

S'il lui manque du personnel pour effectuer ce travail, elle communiquera avec le bureau des soins infirmiers qui peut fournir du personnel de l'équipe volante ou du personnel occasionnel. L'équipe volante est un groupe de personnes engagées à plein temps pour compléter l'équipe de travail dans les différentes unités à travers l'hôpital ; cependant que le personnel occasionnel ne travaille que sur appel pour compléter l'équipe volante.

C'est la directrice adjointe des soins infirmiers qui gère l'équipe volante et le personnel occasionnel. La figure 4 schématise le processus de décision dans la gestion de l'équipe volante, tel qu'il existe actuellement dans un hôpital de Montréal.

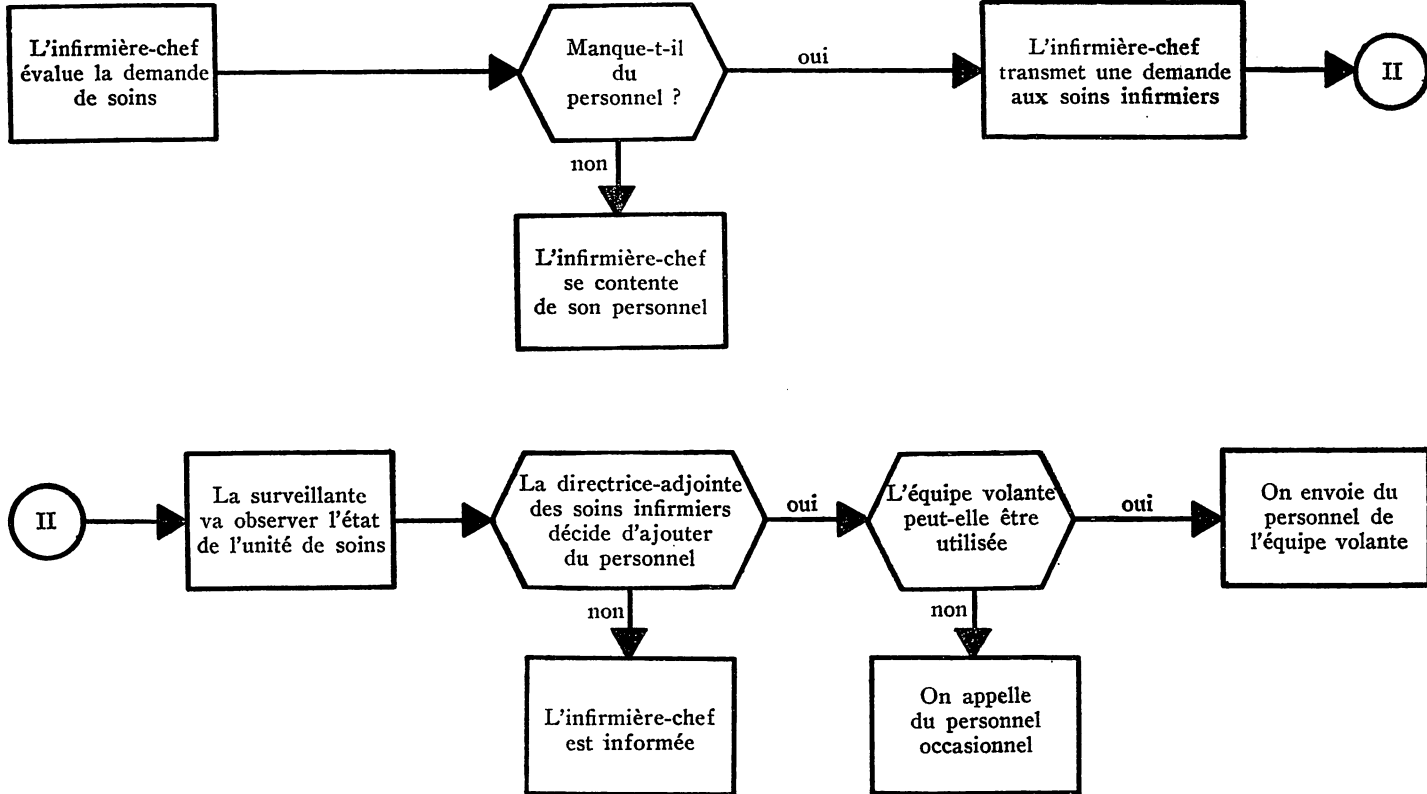
On remarquera que dans le processus décrit sur cette figure, intervient une surveillante qui va observer l'état de l'unité de soins après qu'une demande ait été faite par l'infirmière-chef. Il y a donc une première observation faite par l'infirmière-chef préparant son plan de soins, puis une seconde observation faite par la « surveillante ». Comme le nom de cette personne semble l'indiquer, la raison de cette double observation provient du désir d'éviter des demandes exagérées et aussi de celui d'obtenir l'information nécessaire pour que la directrice adjointe des soins infirmiers puisse faire l'allocation la plus juste entre les différentes unités de soins.

Nous avons maintenant suffisamment d'éléments pour poser le problème de la « production optimale de la qualité des soins » dans un hôpital constitué de m unités de soins.

1. Il y a $m + 1$ agents dans cette organisation : les m infirmières-chefs et la directrice adjointe des soins infirmiers.

2. Un infirmier, par exemple, est une personne formée en cours d'emploi qui peut accomplir certaines tâches élémentaires en rapport avec le soin des malades, mais travaillant toujours sous la surveillance d'une infirmière ce qui tend à impliquer l'existence d'un effet croisé liant la demande de soins pour les infirmiers et la demande de soins pour les infirmières.

FIGURE 4
GESTION DE L'ÉQUIPE VOLANTE ET DU PERSONNEL OCCASIONNEL



2. Chaque infirmière-chef contrôle partiellement un facteur de production : l'offre de soins de la part de son personnel.
3. La directrice adjointe des soins infirmiers contrôle l'allocation d'une ressource commune : l'offre de soins de la part du personnel de l'équipe volante.

Au niveau d'analyse où nous nous plaçons, l'interdépendance entre les unités de soins ne provient que de l'utilisation d'une ressource commune.

Il y a deux sources d'aléas dans cette organisation :

- a) la demande de soins, dépendant de la condition des patients,
- b) l'offre totale de soins dans chaque unité de soins et dans l'équipe volante dépendant de l'absentéisme du personnel infirmier.

Actuellement il existe une structure d'information selon laquelle chaque infirmière-chef observe l'état de son unité de soins et la direction des soins infirmiers observe l'état de chaque unité pour laquelle l'infirmière-chef a fait une demande de personnel supplémentaire.

Finalement, pour avoir un modèle de décision en équipe, nous devons spécifier un critère de performance commun ; nous le construirons en paragraphe suivant à partir de la mesure de la qualité des soins dans chaque secteur.

Une fois ce système ainsi modélisé, nous pouvons chercher les règles de décision optimales pour les $m + 1$ agents dans la structure d'information actuelle. Une question plus intéressante peut alors être posée : peut-on se passer de la surveillante sans grande modification des performances du système ? Il s'agit là de cas typiques des deux problèmes de base de la théorie des équipes : (1) définition de stratégies optimales pour une structure d'information donnée, (2) comparaison entre deux structures d'information.

3.3 Un modèle mathématique simplifié du système des soins infirmiers

Considérons les variables d'état suivantes :

- δ_i : demande de soins dans l'unité i
 \hat{w}_i : offre de soins « normale » dans l'unité i
 \hat{u} : offre de soins « normale » dans l'équipe volante
 $i = 1, \dots, m$

les variables d'action suivantes :

- w_i : charge de travail du personnel infirmier de l'unité i
 u_i : charge de travail du personnel de l'équipe volante dans l'unité i
 $i = 1, \dots, m$

et le critère de performance :

$$\begin{aligned} \omega(x, d_1, d_2, \dots, d_m, d_{m+1}) = & \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \{ \|\delta_i - w_i - u_i\|_{\hat{a}_i}^2 \\ & + \|\hat{w}_i - w_i\|_{R_i}^2 \} + \frac{1}{2} \|\hat{u} - \sum_{j=1}^m u_j\|_{\hat{M}}^2 \end{aligned} \quad (3.2)$$

nous y avons noté

$$x \underline{\Delta} \{ (\delta_i, \hat{w}_i)_{i=1, \dots, m}, \hat{u} \}$$

$d_i \underline{\Delta} w_i$ (action de l'infirmière-chef de l'unité i)

$d_{m+1} \underline{\Delta} \{u_i\}_{i=1, \dots, m}$ (action de la direction des soins infirmiers).

L'offre de soins normale \hat{w}_i ou \hat{u} est obtenue en considérant le personnel présent et le temps qu'il doit normalement consacrer à ses tâches dans la journée ou le quart considérés. Du fait de l'absentéisme, il s'agit d'une variable aléatoire.

Remarquons que selon cette formulation nous considérons comme possibles des valeurs négatives pour les variables de décision. Une valeur négative pour une composante du secteur u_i signifierait que l'unité i « prête » de son personnel à l'équipe volante ce qui, évidemment, n'est pas réaliste. Nous pourrions très bien considérer des contraintes de non négativité, mais cela nous empêcherait d'obtenir une description simple des stratégies. Étant donné nos objectifs dans cette présentation générale, nous avons choisi de sacrifier le réalisme à la commodité mathématique.

Le critère est obtenu à partir du critère de base (3.1) en considérant l'offre de soins dans l'unité i comme étant la somme de la charge de travail w_i et de la charge de travail u_i .

Le critère (3.2) fait aussi intervenir des termes de pénalité. Chaque unité de soins i a une pénalité augmentant avec l'écart entre l'offre de soins normale \hat{w}_i et la charge de travail affectée au personnel w_i . Enfin, il existe une pénalité associée à l'écart entre l'offre normale de soins dans l'équipe volante \hat{u} et la somme des allocations de charge de travail à cette équipe

$$\sum_{j=1}^m u_j ;$$

Cette pénalité réfère au coût d'utilisation du personnel de l'équipe volante. Toutes les matrices R_j sont définies positives.

3.3.1 *Détermination des stratégies optimales : formule générale*

Soit $y_i, i = 1, 2, \dots, m, m + 1$ l'information disponible pour le décideur i . Cette information résulte de la structure $y_i = \theta_i(x)$.

R. Radner (1962) a montré que dans le cas d'un problème de même nature que le nôtre, la règle de décision optimale pour chaque joueur est déterminée par les conditions suivantes :

Pour tout y_j :

$$\left. \frac{\partial \Psi_i(d_i, y_i)}{\partial d_i} \right|_{d_i = S_i^*(y_i)} = 0 \tag{3.3}$$

où :

$$\Psi_i(d_i, y_i) = E[\omega(x, S_1^*(y_1), \dots, d_i, \dots, S_{m+1}^*(y_{m+1})) \mid y_i] \tag{3.4}$$

En appliquant (3.3) et (3.4) au critère (3.2) on obtient :

$$E\{(\delta_i - S_i^*(y_i) - S_{m+1,i}^*(y_{m+1}))^T Q_i + (\hat{w}_i - S_i^*(y_i))^T R_i \mid y_i\} = 0 \tag{3.5}$$

$i = 1, \dots, m$

$$E\{[(\delta_i - S_i^*(y_i) - S_{m+1,i}^*(y_{m+1}))^T Q_i + (\hat{u} - \sum_{j=1}^m S_{m+1,j}^*(y_{m+1}))^T M] \mid y_{m+1}\} = 0 \tag{3.6}$$

$i = 1, \dots, m$

3.3.2 *Structure d'information*

Nous considérerons successivement quatre structures d'information :

- gestion centralisée
- gestion totalement décentralisée sans échange d'information
- gestion décentralisée avec demande à l'équipe volante
- gestion décentralisée avec échange d'information entre la direction des soins infirmiers et chaque infirmière-chef.

Nous analyserons la forme des stratégies optimales pour chacune de ces structures.

3.3.3 *Stratégies optimales en gestion centralisée*

Cela revient au cas où toute l'information est disponible pour tous les agents ou aussi à celui où un seul agent gère toutes les unités.

L'information disponible va être de la nature suivante : le jour t l'infirmière-chef fait son plan de soins pour le jour $t + 1$, elle prévoit

la demande de soins attendue en $t + 1 : \bar{\delta}_i$ et l'offre normale attendue en $t + 1 : \bar{w}_i$. En $t + 1$ la demande de soins effective et l'offre normale effective seront données par :

$$\begin{aligned}\delta_i &= \bar{\delta}_i + \varepsilon \\ \hat{w}_i &= \bar{w}_i + \xi\end{aligned}$$

où ε et ξ sont des aléas d'espérance nulle.

On peut dire aussi que chaque infirmière-chef connaît l'espérance mathématique conditionnelle de la demande et de l'offre normale dans son unité. Ces e.m. conditionnelles fluctueront d'un jour à l'autre et nous noterons $E[\delta_i]$ et $E[\hat{w}_i]$ les e.m. de la demande et de l'offre.

De même façon la directrice adjointe des soins infirmiers connaît l'e.m. conditionnelle \hat{u} de l'offre normale dans l'équipe volante $E[u]$ est l'e.m. de cette offre normale.

Dans le cas de gestion centralisée, chaque agent i a pour information γ_i le vecteur de toutes ces e.m. conditionnelles :

$$\gamma_i = [\{\bar{\delta}_i, \bar{w}_i\}_{i=1, \dots, m}, \bar{u}] \quad , \quad i = 1, \dots, m + 1$$

Dans ces conditions, (3.5) et (3.6) donnent après quelques calculs élémentaires

$$w_i^* = \bar{\delta}_i + (Q_i + R_i)^{-1} [R_i(\bar{w}_i - \bar{\delta}_i) - Q_i u_i^*] \quad (3.8)$$

$$u_i^* = \bar{\delta}_i - w_i^* + Q_i^{-1} M [u - \sum_{j=1}^m \bar{u}_j^*] \quad (3.9)$$

où nous avons noté :

$$w_i^* = S_i^*(\gamma_i) \quad , \quad u_i^* = S_{m+1,i}^*(\gamma_{m+1}) \quad (3.10)$$

La résolution des équations (3.8) et (3.9) nous donnera des stratégies (3.10) faisant intervenir linéairement les variables d'information. Sous leur forme actuelle ces équations s'interprètent facilement ; en effet, selon (3.8) l'offre de soins dans l'unité i est égale à l'e.m. conditionnelle de la demande de soins corrigée selon un terme faisant intervenir l'écart entre l'offre normale et la demande attendues ainsi que l'attribution de personnel volant. Selon (3.9) l'allocation de ressource commune à l'unité i est égale à l'écart entre la demande attendue et l'offre corrigé par un terme faisant intervenir l'écart entre l'offre normale attendue dans l'équipe volante et la somme des allocations. Remarquons aussi que les termes correctifs font que l'offre de soins w_i^* sera augmentée si l'offre attendue est supérieure à la demande attendue ou si l'allocation de l'équipe volante est faible. De la même façon l'allocation de l'équipe volante sera augmentée si l'on s'attend à une offre excédentaire dans l'équipe volante. Tout ceci est donc raisonnable et intuitif.

3.3.4 *Stratégies optimales en gestion décentralisée sans communication*

Considérons le cas où chaque infirmière-chef i ne reçoit que l'information concernant son unité.

$$y_i = \{\bar{w}_i, \bar{\delta}_i\} \quad i = 1, \dots, m \quad (3.11)$$

Cependant que la directrice adjointe des soins infirmiers ne reçoit que l'information concernant l'équipe volante.

$$y_{m+1} = \bar{u} \quad (3.12)$$

Évidemment, on conçoit immédiatement que l'allocation du personnel volant ne pourra dépendre des fluctuations de la demande.

Supposons que toutes les variables aléatoires sont indépendantes. Dans ce cas-là des relations (3.5), (3.6), (3.11) et (3.12) on tire :

$$w_i^* = \bar{\delta}_i + (Q_i + R_i)^{-1} [R_i(\bar{w}_i - \bar{\delta}_i) - Q_i E[u_i]] \quad (3.13)$$

$$u_i^* = E[\delta_i - w_i^*] + Q_i^{-1} M[\bar{u} - \sum_{j=1}^m u_j^*]$$

c'est-à-dire, selon (3.13)

$$u_i^* = (Q_i + R_i)^{-1} [Q_i E[u_i] - R_i E[\hat{w}_i - \delta_i]] + Q_i^{-1} M[\bar{u} - \sum_{j=1}^m u_j^*] \quad (3.14)$$

Cette dernière expression montre bien que l'allocation de personnel volant pour l'unité i est calculée à partir d'une moyenne corrigée par un terme faisant intervenir l'offre excédentaire moyenne dans l'unité i et par un terme faisant intervenir l'offre excédentaire attendue dans l'équipe volante ; seul ce dernier terme est susceptible de fluctuer.

L'expression [3.13] montre que, dans cette forme de gestion, chaque infirmière-chef fait comme si on lui attribuait la même allocation de personnel volant ($E[u_i]$).

3.3.5 *Stratégies optimales en gestion décentralisée avec demande à l'équipe volante*

Considérons le cas où chaque infirmière-chef a la même information que précédemment :

$$y_i = \{\bar{w}_i, \bar{\delta}_i\} \quad i = 1, \dots, m \quad (3.15)$$

et fait une demande Δ_i à l'équipe volante. Cette demande fait partie de l'information de la directrice adjointe des soins infirmiers qui est donnée par

$$y_{m+1} = [\{\Delta_i\}_{i=1, \dots, m}, \bar{u}] \quad (3.16)$$

Maintenant se pose un nouveau problème, celui de la détermination d'une « bonne » demande Δ_i .

Pour résoudre ce problème nous utiliserons le concept d'optimalité « agent par agent » défini ainsi :

« Un ensemble de stratégies est optimal agent par agent si un changement unilatéral de stratégie par un agent ne peut améliorer le critère ».

Un résultat prouvé par Radner (1962) est que, pour un critère convexe tel que le critère quadratique défini en (3.2) l'optimalité agent par agent implique l'optimalité complète.

Toujours sous les hypothèses d'indépendance des variables aléatoires, les relations (3.5) et (3.15) donnent :

$$w_i^* = \bar{\delta}_i + (Q_i + R_i)^{-1} [R_i(\bar{w}_i - \bar{\delta}_i) - Q_i E[u_i | \Delta_i]] \quad (3.17)$$

et les relations (3.6) et (3.16) donnent :

$$u_i^* = E[\delta_i - w_i^* | \Delta_i] + Q_i^{-1} M [\bar{u} - \sum_{j=1}^m u_j^*] \quad (3.18)$$

On constate que l'agent i , par un choix judicieux d'une demande Δ_i , réduira la variance de u_i^* et donc de $E[u_i^* | \Delta_i]$. En effet, en choisissant de demander :

$$\Delta_i = \bar{\delta}_i - w_i^* \quad (3.19)$$

l'agent i réduit au maximum l'incertitude sur l'allocation qui lui sera faite. Il s'agit de la demande optimale puisqu'une réduction de l'incertitude se traduira par une réduction du critère quadratique (3.2).

Avec une demande (3.19) on aura :

$$E[u_i^* | \Delta_i] = \bar{\delta}_i - w_i^* + Q_i^{-1} M [E[u] - E[u_i^* | \Delta_i] - \sum_{j \neq i} E[u_j^*]] \quad (3.20)$$

Les relations (3.17) – (3.20) déterminent les stratégies optimales.

On remarquera que la structure des stratégies est toujours la même et que chaque infirmière-chef demande à l'équipe volante de compenser exactement la demande excédentaire³ ; l'allocation décidée tiendra compte de l'ensemble des demandes puisque l'on aura (pour Δ_i tel que défini par (3.19)) :

$$\sum_{i=1}^m u_i^* = (I + \sum_{i=1}^m Q_i^{-1} M)^{-1} \left[\sum_{i=1}^m \Delta_i + \sum_{i=1}^m Q_i^{-1} M \bar{u} \right] \quad (3.21)$$

On voit, en portant (3.21) dans (3.18) – (3.20) que l'allocation faite à l'unité i correspond à la demande Δ_i corrigée par un terme fai-

3. En réalité, la demande Δ_i peut être négative et correspondre à une offre excédentaire.

sant intervenir la somme des demandes et l'offre attendue dans l'équipe volante.

3.3.6 *Gestion décentralisée avec échange d'information entre l'infirmière-chef et la direction des soins infirmiers*

Considérons maintenant le cas où la directrice adjointe des soins infirmiers annonce à chaque unité l'offre \bar{u} de son équipe. Chaque infirmière-chef i renvoie alors une demande Δ_i .

Suivant cette structure d'information on a :

$$y_i = [\{\bar{w}_i, \bar{\delta}_i\}, \bar{u}] \quad i = 1, \dots, m \quad (3.22)$$

$$y_{m+1} = [\{\Delta_i\}_{i=1, \dots, m}, \bar{u}] \quad (3.23)$$

Les stratégies optimales seront encore définies par (3.17) – (3.19), seule l'équation (3.20) est modifiée et devient :

$$E[u_i^* | \Delta_i] = \delta_i - w_i^* + Q_i^{-1} M[\bar{u} - E[u_i^* | \Delta_i] - \sum_{j \neq i} E[u_j^*]] \quad (3.24)$$

c'est-à-dire que \bar{u} remplace $E[u]$ quand on passe de (3.20) à (3.24).

3.4 *Vers une comparaison des structures d'information*

Il est évident que les performances du système vont en se dégradant quand on parcourt la séquence suivante de structures d'information :

- gestion centralisée,
- échange d'information entre la direction des soins infirmiers et chaque infirmière-chef,
- gestion décentralisée avec demandes à l'équipe volante,
- gestion complètement décentralisée sans échange d'information.

Par contre, les coûts $g(\theta)$ des structures d'information vont aussi en diminuant suivant la même séquence. À partir des équations (3.8) – (3.24) il est théoriquement possible d'évaluer les valeurs optimales du critère correspondant à chaque structure et de procéder alors à une analyse coûts-bénéfices telle qu'indiquée en 2.3.

Pour un problème de nature assez similaire Groves et Radner (1972) ont montré que si le nombre d'unités partageant la même ressource (ici l'équipe volante) devient grand l'avantage relatif de la structure d'information centralisée par rapport à celle procédant par échange d'offre et de la demande tend à s'estomper. La démonstration de ce résultat nous mènerait trop loin, nous le laisserons donc comme une conjecture.

Un aspect intéressant de cette dernière structure d'information, basée sur un processus de demande, est que la demande définie en

(3.19) est « l'information optimale » que doit fournir chaque infirmière-chef à la directrice adjointe des soins infirmiers. Il n'est donc pas nécessaire de fournir le détail des charges de travail, des disponibilités de personnel, etc. Seule une évaluation du déficit de l'offre par rapport à la demande dans l'unité i est nécessaire. Cela montre une certaine inutilité de la « surveillante », puisqu'en fait l'information demandée peut être parfaitement fournie par chaque infirmière-chef qui est même la personne la plus qualifiée pour procéder à cette évaluation.

Évidemment, le rôle de la surveillante peut être de s'assurer que la bonne information est transmise et qu'il n'y a pas de distorsion volontaire des demandes.

Le problème de l'incitation à fournir les bonnes informations a été étudié par Groves (1972), son schéma d'analyse pourrait facilement se transposer au contexte de notre étude.

4. CONCLUSION

Nous avons considéré l'hôpital comme un système dynamique, stochastique, avec plusieurs niveaux de contrôle et plusieurs agents impliqués dans la prise de décision avec des informations partielles et non identiques.

La notion de stratégie, de structure d'information, de valeur de cette structure a été présentée à partir de l'exemple du contrôle de la qualité des soins infirmiers.

La notion de prise de décision en équipe a été illustrée par le problème du partage entre les unités de soins des ressources communes d'une équipe volante.

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

RÉFÉRENCES

- CONNOR, R.J. (1960), « A Hospital Inpatient Classification System », Doctoral Dissertation, The Johns Hopkins University, Baltimore, Md.
- GROVES, T. (1972), « Incentives in Teams », mimeo, Social Systems, Res. Institute, University of Wisconsin.
- GROVES, T. et R. RADNER (1972), « Allocation of Resources in a Team », *Journal of Economic Theory*, vol. 4, pp. 415-442.
- IRODOM (1973), « La classification des maladies pédiatriques », *L'Infirmière Canadienne*, 15^e année, n° 3.
- JYDSTRUP, R.A. et M.J. GROSS (1966), « Cost of Information Handling in Hospitals », *Health Service Research*.
- MARSHACK, J. (1955), « Elements for a Theory of Teams », *Man. Sci.*, vol. 1, pp. 127-137.
- MARSHACK, J. (1968), « Economics of Inquiring Communicating, Deciding », *American Economic Review*, vol. 9, pp. 137-174.
- MARSHACK, J. et R. RADNER (1972), « Economic Theory of Teams », Yale University Press.
- RADNER, R. (1959), « Team Decision Problems », *Annals of Mathematical Statistics*, vol. 33, pp. 857-881.
- SMALLWOOD, R.D. (1969), « Analytic Evaluation of Medical Service Systems in Clinical Teaching and Health Care Systems : Models and Evaluation », A Report to the Commonwealth Fund, Stanford University.
- SMALLWOOD, R.D., G.E. MURRAY, D.D. SILVA, E.J. SONDIK, L.M. KLAINER (1969), « A Medical Service Requirements Model for Health System Design », *Proceedings of IEEE*, vol. 57, n° 11, pp. 1880-1887.