

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

C. SALZMANN

La recherche opérationnelle : introduction à son application industrielle

Revue de statistique appliquée, tome 2, n° 1 (1954), p. 57-68

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1954__2_1_57_0

© Société française de statistique, 1954, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « *Revue de statistique appliquée* » (<http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

LA RECHERCHE OPÉRATIONNELLE

(Introduction à son application industrielle)

par

C. SALZMANN

Ingénieur de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique, M. SALZMANN a poursuivi ses études à l'Université de Columbia (New-York), où il a obtenu un diplôme de Master of Science in Industrial Engineering.

Il a participé pendant un an aux travaux du Centre de Recherche Opérationnelle de l'Université de Columbia sous la direction des Professeurs Hertz et Littauer ; il est membre associé de la « Operations Research Society of America ».

A. PRÉAMBULE

Il existe un nouvel outil à la disposition de la Direction des entreprises, la **Recherche Opérationnelle**, qui permet de résoudre un très grand nombre de problèmes, d'ordre stratégique ou tactique, comme :

- comment répartir au mieux un budget de publicité ?
- comment gérer des stocks et planifier la production ?
- quel est le meilleur système de bonus ?
- comment dépister les goulots d'étranglement dans la chaîne de production ?
- quelles sont les possibilités permettant à l'entreprise de faire face aux fluctuations de la demande ?
- comment améliorer la manutention ?
- l'échange d'information à l'intérieur de l'usine, le réseau de communications, remplissent-ils leur rôle ?

De telles questions sont parmi celles que doit constamment résoudre le chef d'entreprise. Or, toute décision prise s'inspire toujours, dans une certaine mesure, de données opérationnelles anciennes et, la plupart du temps, il s'agit de données accumulées et inconsciemment analysées par l'individu au cours de son existence, autrement dit de l'« expérience ».

Mais on ne peut guère se fier à l'expérience ; elle est toujours trop étroite et rarement impartiale dans le choix des données qu'elle retient et sur lesquelles elle se fonde. L'emploi de méthodes scientifiques permet de supprimer ce parti pris et de faire en sorte que les **données retenues fournissent une image exacte du passé** : on peut alors déterminer rationnellement les lois auxquelles paraît obéir le système étudié et, par suite, les conséquences probables de chaque décision particulière avec leur probabilité d'occurrence.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, citons, à titre d'exemple, deux applications industrielles faites récemment par le groupe de Recherche Opérationnelle de Arthur D. Little, Inc. (1).

Exemple I. — DÉTERMINATION DU NIVEAU OPTIMUM DES STOCKS ET DE LA PRODUCTION.

a) **Le problème** : Un fabricant de produits chimiques fondait ses plans de production sur une estimation des ventes ; la politique de la maison était de régler la production afin de pouvoir répondre

avec un minimum de délai aux commandes des clients, ce qui entraînait des fluctuations considérables du volume des stocks. Il en résultait une mobilisation financière et des frais de stockage trop élevés.

On a cherché à améliorer cette situation.

b) **La méthode** : Les membres du groupe de Recherche Opérationnelle commencèrent leur étude en se limitant volontairement à un petit nombre de produits. Le coût de la production et du stockage pouvait être représenté par le modèle mathématique :

$$C = \sum C_p [P_m] + \sum C_i [I_m]$$

C = Coût total.

$C_p [P_m]$ = Coût de la production, durant le mois m , d'une quantité P de produit.

$C_i [I_m]$ = Coût du stockage, durant le mois m , d'une quantité I de produit.

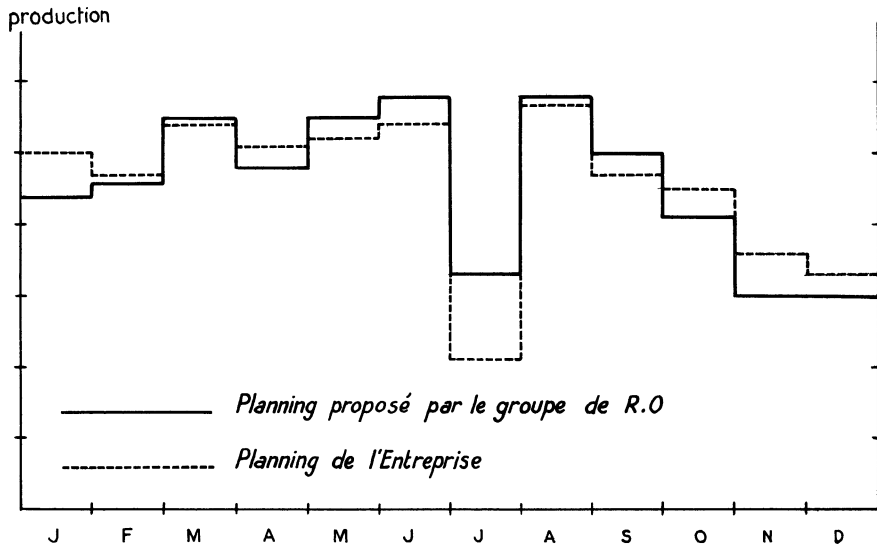


Fig. 1. — Planning de la production.

Le calcul des variations montre que le coût minimum est obtenu pour un planning de la production tel que :

$$\frac{d C_p [P_m]}{d P_m} + \sum_m^M \frac{d C_i [I_m]}{d I_m} = \text{constante}$$

Cette équation signifie que, pour le niveau optimum de production, le coût de production d'une unité **additionnelle**, un mois donné, augmenté du coût de stockage jusqu'au moment de vente, est le même pour chaque produit vendu, indépendamment du mois où il a été produit.

Ce modèle étant établi, il s'agissait de chiffrer les différents coûts considérés précédemment, sans oublier le coût de l'embauche, de l'apprentissage d'ouvriers nouveaux, la perte entraînée par le remplacement sur la chaîne d'un produit par un autre, le coût des heures supplémentaires, le coût des délais de livraison, etc...

Ce dernier coût était fixé comme infiniment grand par la Direction, qui estimait que tout retard abusif dans les livraisons risquait d'entraîner des répercussions très graves pour l'avenir de la maison.

En utilisant le tableau de la prévision des ventes établi par la maison, le groupe de Recherche Opérationnelle a déterminé le planning optimum de la production pour l'année à venir. On peut voir sur la figure 1 la comparaison entre ce planning et celui qui avait été prévu par la maison avant toute intervention du groupe de Recherche Opérationnelle. Sur la figure 2 sont représentés les stocks à fin de mois tels qu'ils résultent des deux plannings de production cités ci-dessus.

c) **Le résultat** : On étendit rapidement à l'ensemble des produits de cette firme un planning établi à l'aide de cette méthode.

La Direction, sans même tenir compte du bénéfice considérable ainsi réalisé, a estimé que le fait d'avoir une règle de conduite, pour gérer les stocks et planifier la production, était par lui-même une justification suffisante du travail du groupe de Recherche Opérationnelle.

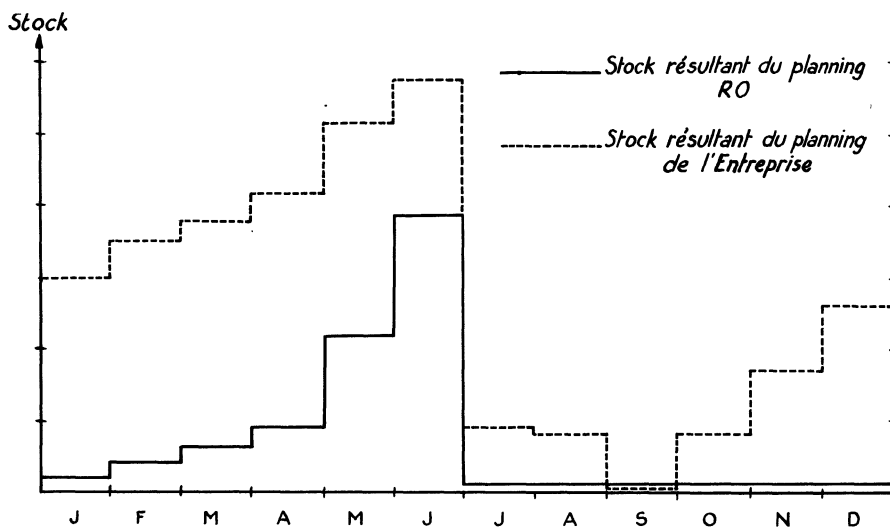


Fig. 2. — Inventaire des stocks de fin de mois.

Exemple II. — DIMINUTION DU COUT DE PRODUCTION.

a) **Le problème** : Un sous-traitant de petites pièces en matière plastique avait de grandes difficultés pour estimer le nombre de pièces dont il fallait lancer la production pour répondre à une commande donnée, de par le fait que le pourcentage de rebut variait considérablement d'une série à l'autre.

En effet, si le nombre de pièces fabriquées était trop grand, les clients n'acceptant pas plus de 10 % d'excès sur le nombre de pièces commandées, le surplus représentait une perte totale de main d'œuvre et de matière. Si, au contraire, le rebut était tel que le montant de la commande n'était pas atteint, cela nécessitait un nouveau montage des machines et le lancement d'une nouvelle série, le tout fort coûteux.

b) **La méthode** : Le groupe de Recherche Opérationnelle, après une analyse des données de production, établit que la distribution de la fraction acceptable était :

$$F[x] = k x^{a-1} [1-x]^{b-1}$$

x = La fraction acceptable de chaque fournée.

$F[x]$ = La fréquence des fournées.

k, a, b = constantes.

Cette distribution est représentée sur la figure 3. Le fabricant désirant augmenter son bénéfice brut, le groupe de Recherche Opérationnelle était conduit à étudier l'expression mathématique suivante :

$$P = P' - R \int_0^{A/S} F[x] dx - C S \int_{1,1}^1 [x - 1,1 A/S] F[x] dx$$

P = Profit brut.

P' = Profit brut dans le cas où l'on produit le nombre exact de pièces commandées.

R = Coût d'un nouveau montage de la machine.

A = Nombre de pièces désirées.

S = Nombre de pièces à lancer en fabrication.

C = Prix de revient unitaire.

Le second terme de l'expression ci-dessus représente la perte entraînée par une fournée supplémentaire et le troisième terme, la perte moyenne entraînée par une surproduction. La détermination du maximum de profit brut P' se fait à l'aide de courbes dont on trouvera un exemple sur la figure 4.

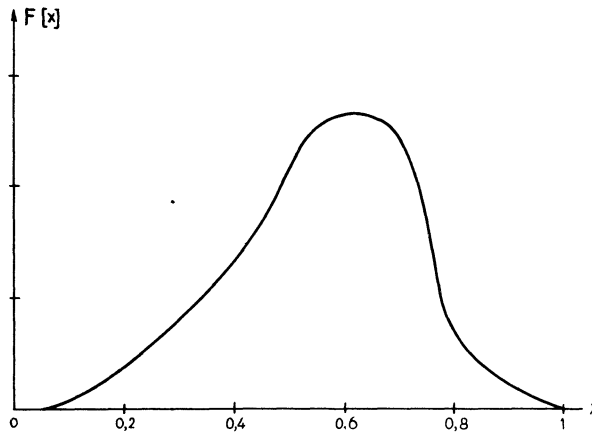


Fig. 3. — Distribution de la fraction acceptable.

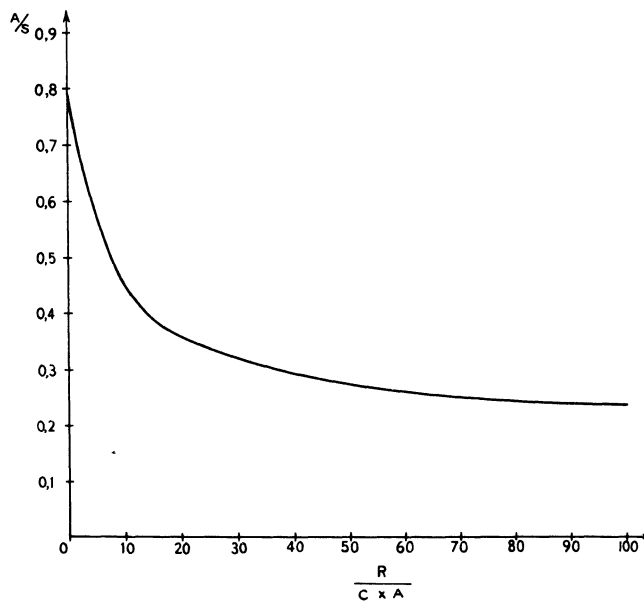


Fig. 4. — Valeur optimum de $\frac{A}{S}$ pour différentes valeurs de $\frac{R}{C \cdot A}$

c) **Le résultat** : Une règle simple a été établie pour déterminer dans chacun des cas **le nombre le plus économique de pièces à lancer**. Il en a résulté de très importants bénéfices pour cette compagnie de matières plastiques.

Mais des travaux de ce genre ont été poursuivis dans l'industrie depuis fort longtemps, et bien des chefs d'entreprises, à la simple lecture de certaines applications de la Recherche Opérationnelle, pourraient s'exclamer, en paraphrasant M. Jourdain : « Par ma foi ! il y a plus de 40 ans que je fais de la Recherche Opérationnelle sans que j'en susse rien ! »

L'originalité des Recherches Opérationnelles ne réside pas dans le type de problèmes traités, mais dans la méthode. Mais afin d'en mieux comprendre l'extraordinaire portée, il est nécessaire d'en évoquer rapidement l'histoire.

B. HISTORIQUE

I. — LA GUERRE : LA PÉRIODE HÉROÏQUE.

Si l'on peut faire remonter la Recherche Opérationnelle à Archimède brisant le blocus naval des Romains devant Syracuse, le véritable début se situe lors de la deuxième guerre mondiale, à la faveur de l'énorme concentration de moyens et de savants venus de tous les horizons de la science pour prendre part à l'effort de guerre, ainsi que du besoin urgent qu'avait le commandement militaire de mieux connaître le mécanisme des opérations se déroulant sous son contrôle et de prédire, avec une plus grande sûreté, les effets des changements qu'il pourrait y introduire.

a) Angleterre :

Au commencement de la guerre, quelques hommes de science se réunirent et créèrent à **Stanmore** un centre de recherches sous l'impulsion de A. P. Rowe et du Wing Commander R. Hart. Le premier problème étudié fut l'intégration et l'utilisation optima du nouvel outil de détection radio-électrique : le radar (2).

En août 1940, le général Pile, commandant la défense anti-aérienne du territoire, demanda le concours d'hommes de science pour étudier le problème du tir contre avions : le professeur P. M. S. **Blackett** de l'Université de Manchester, prit la direction de ce groupe qui, devenu célèbre sous le nom de **Blackett Circus**, était composé de (2) :

- trois spécialistes de physiologie ;
- deux spécialistes de physique mathématique ;
- un spécialiste de physique générale ;
- un astronome ;
- deux mathématiciens ;
- un officier ;
- un coordinateur.

Ce groupe s'agrandit et devint bientôt le « Army Operational Research Group ». Cette formule se généralisa et obtint des résultats si spectaculaires qu'à la fin de la guerre on comptait plus de 120 officiers et 355 hommes de science britanniques engagés dans des activités de type Recherche Opérationnelle (3).

Citons deux réalisations particulièrement représentatives du travail que le groupe de Recherche Opérationnelle effectuait à cette époque.

BOMBES ANTI-SOUS-MARINES :

C'est l'histoire de la détermination de la profondeur d'explosion des bombes employées par l'aviation anglaise pour la chasse aux sous-marins allemands (2). Le « British Coastal Command » utilisait, au début de la guerre, des bombes conçues pour exploser sous l'eau à une profondeur de 50 pieds environ. Cette profondeur d'explosion avait été choisie arbitrairement et constituait un compromis entre deux tendances : les uns désirant que la bombe explose à la surface, les autres pensant accroître l'efficacité avec la profondeur.

Pour cette étude, furent prises en considération :

— la probabilité pour que le sous-marin repéré par l'avion se trouve en surface, en plongée ou en train de plonger au moment de l'explosion de la bombe, compte tenu de sa maniabilité, de celle de l'avion et de l'intervalle de temps compris entre le repérage et le bombardement ;

— la probabilité pour qu'un dommage soit causé par la bombe à bord du sous-marin, en fonction de sa position et cela pour toute la gamme de profondeurs d'explosions de 0 à 50 pieds.

L'étude de ces probabilités, combinée, traitée par la théorie des jeux montre l'existence d'une profondeur optima située entre 15 et 25 pieds. Les bombes furent dotées d'un nouveau réglage ; de plus, les pilotes reçurent l'instruction de ne pas lâcher de bombe sur un sous-marin en plongée depuis plus d'une demi-minute. Après quelques mois d'application de ces nouvelles tactiques, on constata une efficacité deux fois plus grande des attaques avions contre sous-marins. Or, ce facteur 2 correspondait exactement aux estimations du groupe de Recherche Opérationnelle : c'était, en effet, la variation d'efficacité établie par calcul lorsque la profondeur d'explosion passait de l'ancienne à la nouvelle valeur,

CONVOIS DANS L'ATLANTIQUE NORD (4) :

En 1942, une analyse statistique des résultats des attaques des « meutes » de sous-marins contre les convois alliés dans l'Atlantique Nord fut entreprise. Cette analyse fut longue et laborieuse, et ce ne fut pas une des moindres difficultés que d'écarter les paramètres secondaires ou incontrôlables ; les paramètres les plus importants furent baptisés du nom de facteurs.

On décida que trois grandeurs caractérisent un engagement :

- m : le nombre de navires marchands du convoi ;
- n : le nombre de sous-marins attaquant ;
- c : le nombre de navires de guerre composant l'escorte ;

Appelons :

- k : le nombre de navires marchands coulés lors d'un engagement ;
- l : le nombre de sous-marins allemands coulés lors d'un engagement.

ANALYSES DES DONNÉES :

En 1941 et 1942, les Allemands utilisaient la tactique dite des « meutes » de sous-marins. Le résultat de ces attaques fut analysé.

Ainsi à la lecture du tableau suivant (Tableau I), reliant la taille du convoi au nombre de bateaux coulés, on voit que le **nombre de navires marchands coulés par attaque est indépendant du nombre total de navires marchands dans le convoi** (k indépendant de m).

TABLEAU I : Indépendance de la taille du convoi et du nombre de bateaux coulés par attaque.

intervalle m	15-24	25-34	35-44	45-54
moyen	20	30	39	48
Nombre d'engagements	8	11	13	7
k, moyen	5	6	6	5
C, moyen	7	7	6	7
n, moyen	7	5	6	5

Autrement dit, il n'y a dans l'ensemble pas plus de bateaux coulés lors d'une attaque contre les gros convois, que contre les petits convois. Le nombre de navires marchands coulés dépend par contre du nombre de bateaux d'escorte et du nombre de sous-marins attaquant, comme il appert des tableaux suivants (Tableaux II, III).

TABLEAU II : Dépendance : Nombre de bateaux coulés.
Nombre de sous-marins attaquant.

intervalle m	1	2,5	6-9	10-15	Moyennes pondérées
moyen	1	3,6	7	14	
Nombre d'engagements	29	32	22	5	Total 88
k, moyen	0,9	3	4	6
c, moyen	6	7	7	8	6,7
$\frac{kc}{n}$	5,4	5,8	4	3,4	5,1

TABLEAU III : Dépendance : Nombre de bateaux coulés.
Nombre de navires de guerre escorteurs.

intervalle m moyen	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	Moyennes pondérées
Nombre d'engagements	6	42	25	13	2	Total 88
k, moyen	4,5	3,4	3,0	1,1	2,0
n, moyen	3	4	4	2	10	3,8
$\frac{kc}{n}$	3	4,2	6	6	2,8	4,9

On peut dire en première approximation que le nombre de navires marchands coulés est proportionnel au nombre de sous-marins attaquant et inversement proportionnel au nombre de navires d'escorte.

TAUX D'ÉCHANGE :

Le taux d'échange, c'est-à-dire le nombre de sous-marins coulés par navire marchand coulé est $\frac{1}{k}$

Si l'on fait pour les pertes en sous-marins allemands des analyses analogues aux précédentes, on voit que le nombre de sous-marins coulés par attaque, l , est proportionnel au nombre de sous-marins dans la meute, n , et également proportionnel au nombre de navires d'escorte, c . Les résultats d'expérience montrent que :

$$k \approx 5 n/c$$

$$l \approx n c/100$$

Par suite, le taux d'échange est :

$$1/k \approx c^2/500$$

Le taux d'échange est proportionnel au carré du nombre de navires d'escorte.

RÉSULTATS :

Lorsque cette étude lui fut communiquée, le Haut Commandement allié décida alors d'augmenter la taille des convois dans l'Atlantique Nord et d'accroître le nombre des convoyeurs. Le gain fut de beaucoup supérieur au gain prévu car l'accroissement du taux d'échange fut si considérable que les Allemands ne jugèrent plus profitable d'attaquer ces convois et envoyèrent ailleurs une grande partie de leurs sous-marins. Cette défaite contribua au tournant de ce qu'on a appelé la bataille de l'Atlantique.

b) Amérique :

Les Etats-Unis (5) prirent très vite conscience de l'importance de l'expérience britannique et surent la mettre à profit, sous l'impulsion d'hommes comme **James B. Conant** (5), alors « Chairman of the National Defense Research Council », **Ellis A. Johnson** (5) qui créa et dirigea le « Naval Ordnance Laboratory Operational Research Group », et **Dr Philip M. Morse** (4), Professeur au M. I. T., qui organisa pour la Navy un groupe de Recherche Opérationnelle qui s'attaqua au problème de la lutte anti-sous-marine. Les succès de ces travaux furent si rapides et si importants que le Général Marshall, à la fin de 1943, en recommandait l'application généralisée. Au moment de la victoire, l'Armée de l'Air, à elle seule, employait 400 hommes de sciences et officiers groupés en 17 sections de Recherche Opérationnelle (7).

Citons une application des Recherches Opérationnelles choisie ici, parce que les résultats trouvés par le Groupe de Recherche Opérationnelle, résultats complètement inattendus, n'auraient pu être établis autrement que par une analyse quantitative des données :

KAMIKADZÉ :

Lorsque les Japonais lancèrent des attaques d'avions suicides, Kamikadzé, contre les navires alliés durant les derniers mois de la guerre du Pacifique, la question suivante fut posée : « Le navire attaqué doit-il effectuer une manœuvre brutale pour éviter le Kamikadzé, ou bien, au contraire, doit-il poursuivre sa route afin de ne pas perturber le tir de ses armes anti-aériennes ? »

Le groupe de Recherche Opérationnelle étudia les résultats de 477 attaques dont 172 coups au but qui entraînèrent la perte de 27 navires.

Par l'analyse de ces données numériques, le groupe arriva à la conclusion que **les navires de gros tonnage devaient effectuer une manœuvre brusque alors que ceux de faible tonnage ne devaient modifier leur course que graduellement**. Ces recommandations furent mises en application et, parmi les navires qui les suivirent, on enregistra seulement 29 % de coups au but, chiffre qui atteignait 47 % pour les navires qui ne suivirent pas ces recommandations.

II. — LE DÉVELOPPEMENT D'APRÈS GUERRE.

L'intérêt que les militaires anglais et américains ont porté aux Recherches Opérationnelles n'a pas faibli une fois la guerre terminée et, actuellement, le travail réalisé par les groupes de Recherche Opérationnelle est considérable. Nous n'entrons pas ici dans les détails.

A la fin des hostilités, les savants, qui avaient si bien réussi pendant la guerre, souhaitaient étendre le domaine d'application des techniques qu'ils avaient créées. Ils firent que la Recherche Opérationnelle fut alors utilisée par la grande et moyenne industrie, dans le secteur nationalisé (en Angleterre) et sur le plan gouvernemental. Nous ne citerons ici que quelques exemples de ces applications.

a) Angleterre :

En 1946, le « Special Research Unit of the Board of Trade » fut créé afin d'« appliquer à certains grands problèmes de l'industrie et du commerce les méthodes statistiques et scientifiques qui, sous le nom de Recherche Opérationnelle se sont avérées si fructueuses durant la guerre ». Parmi les problèmes que cet organisme étudia, on compte les effets de la standardisation sur la production et les prix de revient de différents articles, en particulier les fils de coton et la chaussure.

La Recherche Opérationnelle a également été utilisée pour étudier les problèmes de la circulation routière, des chemins de fer et de la construction des ponts et chaussées.

Il y a maintenant plus de 40 groupes de Recherche Opérationnelle en activité en Angleterre, dont trois militaires, neuf gouvernementaux et le reste dans l'industrie privée.

Un club de Recherche Opérationnelle fut créé à Londres en 1948, et il publie, depuis Mars 1950, une revue intitulée : « The Operational Research Quarterly ».

b) Amérique :

Là encore, les Recherches Opérationnelles ont trouvé un champ d'application considérable dans le secteur civil : transports, communications, agriculture, commerce, industrie. À côté de nombreuses firmes comme la US Rubber C^o. et la Sun Oil C^o., qui ont créé leur propre groupe de Recherche Opérationnelle, il existe de nombreux groupes d'ingénieurs conseils (Management Consultants) qui possèdent une branche de Recherche Opérationnelle. Ce sont, en général, les plus connues, comme Booz, Allen and Hamilton, ou encore Arthur D. Little Inc. (1).

PORTO-RICO :

L'exemple le plus frappant de la contribution que les Recherches Opérationnelles peuvent apporter à la politique économique d'un pays est fourni par l'extraordinaire transformation subie par Porto-Rico dans les dernières années, grâce au groupe de Arthur D. Little, Inc.

Dès 1940, le déséquilibre régnant entre la pauvreté en ressources naturelles et l'extraordinaire poussée démographique posait un grave problème. Le programme de Recherche Opérationnelle qui fut mis sur pieds prenait en considération tous les facteurs sociaux, économiques et politiques du pays, et il eut pour conséquence une utilisation plus rationnelle de la main-d'œuvre, une

augmentation du niveau de vie, une hausse des investissements : l'île de Porto-Rico passa d'une économie agricole pauvre à un état semi-industriel comparable à celui de nombreux pays sud-américains.

A l'heure actuelle, les universités américaines les plus importantes ont à leur programme des cours de Recherche Opérationnelle. Certaines ont même leur propre groupe de Recherche Opérationnelle qui font des études sous contrat pour divers organismes.

L'« American Society of Operations Research » publie trimestriellement le « Journal of the Operations Research Society of America » qui sert à la diffusion de cette nouvelle technique.

C. APPLICATION

Il est maintenant plus facile de définir la Recherche Opérationnelle, d'indiquer où réside son originalité, quelles sont les techniques utilisées et les nouveaux concepts introduits. Nous verrons ensuite comment introduire l'application de la Recherche Opérationnelle dans une industrie.

I. — DÉFINITION.

a. — La Recherche Opérationnelle consiste en l'application de la méthode scientifique aux opérations, et c'est en cela que réside le facteur essentiel de son succès.

Par opération, on entend l'ensemble d'un processus économique, les moyens matériels et humains mis en œuvre, les stratégies et tactiques utilisées, les résultats obtenus : l'opération est un **Gestalt**.

b. — Le but de la Recherche Opérationnelle est de fournir aux organismes directeurs des évaluations quantitatives des opérations sous leur contrôle, afin de prédire avec une plus grande sûreté les effets de modifications éventuelles. Il ne suffit généralement pas de découvrir quelques dépendances quantitatives, mais il faut le plus souvent établir les relations de cause à effet (simples, multiples ou stochastiques), les lois fonctionnelles auxquelles obéit l'opération étudiée.

c. — La Recherche Opérationnelle est faite par un groupe composé d'hommes de science ou d'ingénieurs, spécialement formés aux méthodes de travail utilisées.

II. — TECHNIQUES ET CONCEPTS :

De même qu'un ingénieur des Ponts et Chaussées utilise les résultats de diverses sciences pour construire un pont, de même la Recherche Opérationnelle emprunte ses outils à de nombreuses branches de la science.

Si l'on dresse une liste de toutes les techniques qui sont utilisées par la Recherche Opérationnelle, et si on les classe par catégories : Sciences Mathématiques, Physiques, Naturelles, on voit que celles les plus fréquemment mises à contribution sont :

Parmi les Sciences Mathématiques :

- la Statistique ;
- le Calcul des Probabilités ;
- la Théorie des Jeux (9).

Parmi les Sciences Physiques :

- la Balistique ;
- la Théorie des servo-mécanismes ;
- la Cybernétique ;
- la Théorie des Communications (10).

Parmi les Sciences Naturelles :

- l'Écologie ;
- la Génétique.

La Recherche Opérationnelle emprunte occasionnellement aux Sciences Humaines des concepts ou modèles utilisés en Psychologie et Sociologie.

On peut distinguer deux types de Recherches Opérationnelles :

- la Recherche Opérationnelle analytique : elle étudie une opération avant que celle-ci soit exécutée, ou du moins avant que les résultats d'exploitation en soient connus ;
- la Recherche Opérationnelle corrélative : elle étudie les résultats d'une opération en cours pour déterminer l'influence respective de différents facteurs. Elle utilise la technique des corrélations et autres outils statistiques.

Il existe deux concepts de très grande importance dans la pratique des Recherches Opérationnelles : le modèle, la mesure d'efficacité.

Modèle : On appelle modèle une représentation simplifiée d'une opération ne retenant du problème que ses aspects les plus importants. On propose, ce faisant, une hypothèse fonctionnelle sujette à une expérimentation.

Il existe un très grand nombre de modèles possibles ; la plupart sont de forme mathématique (un système d'équations, par exemple, est un modèle mathématique). La carte perforée constitue un autre type de modèle : les composantes d'une opération sont représentées par des cartes perforées individuelles et manipulées comme telles. Ainsi, lors d'un problème de distribution de ventes, chaque client desservi était représenté par une carte portant des informations sur le lieu et le genre de son entreprise, la fréquence de ses achats, son chiffre d'affaires moyen, etc... Les cartes perforées étaient alors soumises à différents programmes de vente, qui étaient ainsi évalués à priori.

Le client, réalité complexe, a été représenté, lors de cette étude, par un modèle simple, la carte perforée.

On a construit également des modèles physiques pour représenter les variations éventuelles des systèmes étudiés. Les analogies les plus utilisées sont les analogies électriques ou électroniques (avec ou sans feed-back) (11).

Mesure d'efficacité : Il s'agit de trouver une **grandeur mesurable et représentative du système** étudié qui donne le même genre de renseignements que donne la température d'un malade.

Pour des opérations industrielles, c'est presque toujours le gain financier que l'on considère, mais on peut s'intéresser aussi au nombre de clients servis par heure, au taux de production d'heures-machines et autres indices de productivité.

Exemple d'une mesure d'efficacité :

Il est souvent délicat de fondre en un seul indice les différents facteurs caractéristiques d'une opération. Un excellent exemple largement utilisé durant la guerre est celui du combat avions alliés

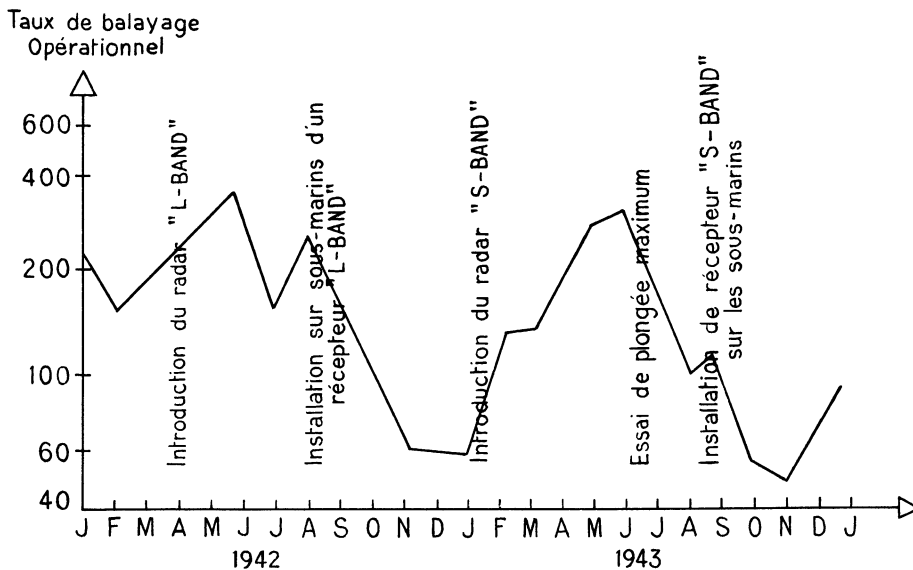


Fig. 5. — Mesure de l'efficacité du combat avions-sous-marins dans le Golfe de Biscaye (4).

contre sous-marins allemands dans le Golfe de Biscaye (4) : l'indice choisi fut **le taux de balayage opérationnel** (operational sweep rate), ou encore le nombre de contacts « avions-sous-marins » établis par unité de temps, multipliés par l'aire surveillée et divisés par le nombre total de sous-marins ennemis ($\frac{L^2}{T}$).

On put, à l'aide d'une telle mesure d'efficacité, suivre l'évolution du combat, vérifier les effets de nouvelles tactiques, et s'apercevoir de changements dans le comportement de l'ennemi (cf. figure 5).

III. — INTRODUCTION DE LA RECHERCHE OPÉRATIONNELLE DANS L'INDUSTRIE.

Les problèmes posés par l'introduction de la Recherche Opérationnelle dans une entreprise sont :

- la détermination du premier domaine d'investigation ;
- le choix du personnel qui assumera ce travail ;
- la préparation du développement éventuel de la Recherche Opérationnelle au sein de l'entreprise.

Ces problèmes soulèvent de nombreuses difficultés et posent d'importantes questions auxquelles il n'existe pas de réponses systématiques. Chaque cas est un cas particulier.

Néanmoins, certaines suggestions émergent des expériences industrielles anglaises et américaines.

a) Premier domaine d'investigation :

Deux sortes de points de départ sont possibles :

- les points faibles de l'entreprise où les techniques conventionnelles ont échoué et où la direction sent la nécessité d'un nouvel effort sous une incidence neuve ;
- des points choisis délibérément pour mettre à l'essai les méthodes des Recherches Opérationnelles et entraîner le personnel. Le succès, s'il a lieu, doit évidemment contribuer à la prospérité de l'entreprise sans que pour cela un échec éventuel ait de trop graves répercussions.

Les premiers problèmes posés doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- limitation du problème ;
- possibilité de recueillir des données ayant une signification statistique ;
- mesure quantitative et évaluation d'alternatives.

La décision quant au choix du premier problème doit être prise par la Direction sur conseil du groupe de recherche.

b) Choix du personnel :

Les ingénieurs français sortant des Grandes Ecoles possèdent, en général, une formation scientifique suffisante pour leur permettre de participer aux travaux d'un groupe de Recherche Opérationnelle. Une formation supplémentaire ayant trait aux techniques statistiques est hautement désirable.

Mais il est vain de vouloir entreprendre un tel travail sans qu'il y ait au moins un membre du groupe connaissant parfaitement la théorie et la pratique de la Recherche Opérationnelle, et qui puisse agir en conseiller et coordinateur.

c) Développement éventuel de la Recherche Opérationnelle dans l'entreprise :

L'expérience a montré que si les premiers problèmes traités donnaient des résultats intéressants, l'efficacité du groupe de Recherche Opérationnelle augmentait considérablement lors des applications suivantes, et plus particulièrement, des réussites spectaculaires étaient obtenues sur des questions que le groupe avait lui-même proposées. L'introduction de la Recherche Opérationnelle dans une entreprise ne doit donc pas être un phénomène sporadique, mais au contraire, doit être **l'objet d'une politique à long terme.**

Les avantages de la Recherche Opérationnelle ne se limitent pas aux problèmes étudiés : parmi les nombreux services qu'elle rend, deux méritent une mention spéciale :

- introduction dans l'entreprise de nouveaux concepts et de nouvelles méthodes d'analyse (statistique, théorie de l'information, théorie des jeux, théorie du contrôle, etc...) ;

— découverte et mise en valeur de sources d'information à l'intérieur de l'entreprise. En effet, combien de données éparses ou enfouies dans une comptabilité sans esprit peuvent ainsi être rassemblées et utilisées dans l'intérêt de l'entreprise.

Le scepticisme, parfois justifié, des hommes d'affaires tend à diminuer en raison inverse du nombre d'applications connues et réussies.

Une des tâches des hommes de science et ingénieurs intéressés par la Recherche Opérationnelle est donc de rendre publique leur expérience dans ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE

- (1). « **Attack your Management Problems by Operations Research** », Arthur D. LITTLE, Inc., 30 Memorial Drive, Cambridge 42, Massachusetts, U. S. A.
- (2). CROWTHER (J. G.) et WHIDDINGTON (R.) : **Science at War**, New-York, 1948.
- (3). WANSBROUGH-JONES (O. H.) : **Operational Research in War and Peace**. 1947.
- (4). MORSE (Philip M.) et KIMBALL (George E.) : **Methods of Operations Research**. John Wiley and Sons, New-York, 1951.
- (5). TREFETHEN (Florence) : **The History of Operations Research**. Informal Seminar in Operations Research, 1952-53.
- (6). PARKER (Colonel E. M.) et PARKER (Lt. Col. D. B.) : **Trial by Combat — Operations Research for the Army** », **Combat Forces Journal**, Vol. I, N° 10, May 1951.
- (7). U. S. Army Air Force. **Operation Analysis in World War II**, Philadelphia (Stephenson Bros.), 1948.
- (8). CHASE (Stuart) : « **Operation Bootstrap** » in Puerto Rico, Business Committee on National Policy, 1951.
- (9). VON NEUMANN et MORGENSTERN (Oscar) : **Theory of Games and Economic Behavior**.
- (10). SHANNON (Claude) et WEAVER (Warren) : **The Mathematical Theory of Communications**.
- (11). TUSTIN (Arnold) : **Direct Current Machines for Control Systems**. Economic Regulation through Control System Engineering.