

REVUE FRANÇAISE D'INFORMATIQUE ET DE RE- CHERCHE OPÉRATIONNELLE [SÉRIE VERTE]

ROGER CRUON

Essai de caractérisation de la recherche opérationnelle

*Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle
[Série verte]*, tome 2, n° V1 (1968), p. 41-49

http://www.numdam.org/item?id=RO_1968__2_1_41_0

© AFCET, 1968, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle [Série verte] » 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/>

ESSAI DE CARACTERISATION DE LA RECHERCHE OPERATIONNELLE

par Roger CRUON ⁽¹⁾

1. — INTRODUCTION

Le but de ces quelques pages est d'indiquer certaines caractéristiques de la recherche opérationnelle et d'activités connexes. Pris individuellement, ces caractères ne sont sans doute pas spécifiques. Mais, dans leur ensemble, ils constituent une description, sans doute encore imprécise, peut-être infidèle, que d'autres pourront rectifier ou compléter.

Une telle entreprise n'a certes rien d'original, et il serait vain de rechercher la paternité des idées exposées ci-après. Il me faut cependant signaler un ouvrage de S. Beer ⁽²⁾ qui décrit la R.O. de façon beaucoup plus détaillée qu'il n'est possible de le faire ici, et dont je me suis largement inspiré.

2. — NATURE ET BUT DE LA RECHERCHE OPERATIONNELLE

On a dit quelquefois que le mot « recherche » qui figure dans l'expression « recherche opérationnelle » était malheureux, qu'il ne correspondait pas à la nature réelle de la R.O. Les définitions classiques ⁽³⁾ amènent, au contraire, à considérer la R.O. comme une activité de *recherche appliquée*, c'est-à-dire ayant pour but, non la construction d'une science, mais la satisfaction d'un besoin précis et à court terme. La nature de ce besoin, le domaine d'application de la R.O., sont indiqués — bien mal — par le qualificatif « opérationnel ». Ce terme, qui se réfère, comme on le sait, aux opérations militaires, à propos desquelles est née l'expression sinon la chose, est certes criticable. Mais il faut reconnaître qu'il est difficile de

(1) Directeur de la Division Études au Centre Interarmées de Recherche Opérationnelle.

(2) S. BEER, *Decision and Control*, 556 pp, Wiley (1966).

(3) Par exemple, celle de M. BOITEUX, parue dans *Le Monde* du 28 novembre 1963.

caractériser d'un mot le domaine de la R.O. Ce domaine, c'est celui des activités de l'homme dans la société moderne, activités collectives et organisées, utilisant des moyens matériels considérables. Il y a là, par rapport aux opérations militaires, une double extension : le champ d'application s'est élargi à l'industrie, au commerce, à l'administration, à l'agriculture, ... et on ne considère pas seulement l'utilisation de moyens existants, mais on envisage des activités futures et hypothétiques, utilisant des moyens que la technique met potentiellement à notre disposition sans qu'ils aient nécessairement été réalisés. Cette extension n'a pas changé l'esprit de la R.O., qui continue de se préoccuper de l'utilisation efficace de moyens matériels et humains présents ou futurs.

Dans le vaste champ de la recherche appliquée aux activités humaines, la R.O. se rapproche de la recherche technique par sa motivation, qui est de fournir des résultats immédiatement utilisables, et de la recherche scientifique par son objet, qui est l'étude de phénomènes observables, et par sa méthode, sur laquelle nous reviendrons.

Comme la recherche technique, la R.O. est au service de l'action. Mais son but n'est pas de mettre au point de nouveaux moyens d'action, il est de comparer différents moyens disponibles (au moins potentiellement) en vue d'orienter le choix de l'homme d'action. Nous en arrivons ainsi à la notion de *décision*, qui figure à juste titre dans les diverses définitions de la R.O. qui ont été données.

Certes, c'est sur la base de son expérience et de son intuition que chacun d'entre nous prend les innombrables décisions qu'implique l'action, tant dans la vie professionnelle que privée. Cependant, certaines d'entre elles méritent une étude approfondie, en raison de leurs conséquences particulièrement importantes et de la complexité de la situation dans laquelle elles s'insèrent. De telles décisions restreignent la liberté de choix ultérieure : décider de construire une nouvelle unité de production, c'est engager l'avenir de l'entreprise pour une longue période, c'est changer le cadre dans lequel seront prises des décisions d'un niveau plus bas, concernant, par exemple, l'ordonnancement de la fabrication ou la distribution des produits.

Ces décisions de gestion courante, considérées individuellement, sont d'importance mineure. Le problème du chef d'entreprise n'est pas de décider s'il doit commander aujourd'hui trente-cinq ou quarante articles pour réapprovisionner son stock, il est de choisir une *règle de décision*, une méthode de gestion de ses stocks.

Dans les deux cas, qu'il s'agisse pour le responsable de prendre lui-même une décision importante ou de fixer les procédures suivant lesquelles ses subordonnés décideront sur des points moins importants, il faut qu'avant de juger en dernier ressort, il fasse instruire soigneusement le procès. C'est là que peut intervenir utilement le chercheur opérationnel. Celui-ci va étudier l'environnement dans lequel se place la décision, analyser l'enchaînement des phénomènes que provoquerait tel ou tel choix, afin de *prévoir* aussi précisément que possible leurs conséquences. Ceci

l'amène à étudier les phénomènes « artificiels » engendrés par l'activité humaine.

A cet égard, son travail est analogue à celui du chercheur dans un certain nombre de disciplines scientifiques comme l'économie ou la sociologie. Celles-ci s'attaquent chacune à une catégorie particulière de phénomènes « artificiels ». Même lorsque son activité n'est pas entièrement désintéressée, le chercheur y a pour but de faire progresser la discipline dans laquelle il travaille, et dont il utilise les théories ; il cherche des lois générales dans les phénomènes qu'il étudie. Le chercheur opérationnel se doit de partir du problème qui lui est posé, sans préjuger des théories ou des techniques qu'il utilisera ; il fera appel à toute discipline scientifique qui lui paraît utile en vue de parvenir *dans des délais compatibles avec les nécessités de l'action* à fournir le maximum d'éléments d'information au responsable de la décision.

Dans une situation donnée, il se peut que ces éléments soient tous, par exemple, de nature économique. La recherche opérationnelle qui aura été menée se confondra, alors, *ex post*, avec ce qu'on appelle souvent le calcul économique. Il y a, cependant, une différence de principe entre la R.O. et toute recherche appliquée menée dans le cadre d'une discipline scientifique donnée, à savoir que la nature des phénomènes étudiés par la R.O. n'est limitée que par le problème de décision qui a été posé. On a souvent exprimé cette idée en parlant d'approche interdisciplinaire ; il vaudrait mieux dire que la R.O. est a-disciplinaire. Sa seule règle est l'emploi de la méthode scientifique ; le chercheur opérationnel n'intervient pas en tant que spécialiste d'une discipline scientifique donnée, mais en tant que spécialiste de l'utilisation de la méthode scientifique (S. Beer).

3. — LA METHODE

Il ne peut être question ici d'exposer les fondements philosophiques de la méthode scientifique. Je me bornerai, avant d'en venir aux particularités de son application au cas qui nous occupe, à évoquer la notion fondamentale de *modèle*. Nos conceptions sur la méthode scientifique sont fortement marquées par la période « protohistorique » de la science, qui s'étend du ^{xvii}^e au ^{xix}^e siècle. Les résultats essentiels en sont des « lois », c'est-à-dire le plus souvent des relations entre deux grandeurs (loi d'Ohm, loi de Mariotte). La recherche scientifique moderne aborde des phénomènes de plus en plus complexes, où il est vain d'essayer d'isoler deux grandeurs dont la relation suffirait à résumer l'essence du phénomène. C'est l'interaction de plusieurs grandeurs qu'il faut exprimer, dans un modèle qui simplifie la réalité, donc l'explique en un certain sens, mais qui aussi la schématise, donc s'en écarte plus ou moins. Le passage de la notion de loi à celle de modèle ne constitue pas un changement fondamental dans la méthode scientifique, bien qu'il implique une modification de l'esprit dans lequel est conduite la recherche ; la différence est de degré de complexité, non de nature. S'il est utile d'y insister, c'est pour montrer que la démarche de la recherche opérationnelle n'est pas originale, de ce point

de vue tout au moins. Dans son principe, c'est la démarche de toute recherche scientifique moderne.

La nature des phénomènes qu'étudie la recherche opérationnelle va nous amener cependant à apporter quelques nuances à cette assimilation sommaire. La complexité des situations étudiées, le fait qu'elles aient été conçues par des hommes et qu'elles impliquent des hommes, font, en effet, que chaque situation est unique, contrairement, par exemple, à ce qui se passe en physique, où des laboratoires différents peuvent étudier les interactions fortes dans le noyau atomique : ils s'attaquent tous au même problème, alors que deux équipes de recherche opérationnelle s'occupant toutes deux de problèmes de stocks sont confrontées à des problèmes différents. L'approche expérimentale est donc beaucoup plus difficile en R.O., où il n'est presque jamais possible de refaire deux fois la même expérience ⁽¹⁾,

Il y a, certes, des traits communs à tous les problèmes de stocks ou à certains de ces problèmes, et la littérature de la recherche opérationnelle abonde en modèles de stocks suffisamment schématiques pour être généraux. Nous reviendrons plus loin sur l'intérêt de tels travaux. Ce qu'il faut souligner pour l'instant, c'est que, pour aider les responsables d'une entreprise à améliorer la gestion de ses stocks, le chercheur opérationnel doit tenir compte des problèmes particuliers qui se posent à eux et de la situation particulière devant laquelle ils se trouvent. Il y a toutes les chances que le modèle établi dans ces conditions ne puisse pas être utilisé tel quel dans une autre entreprise et, en tout cas, *il n'est pas construit dans ce but*. S'il n'y a de science que du général, la recherche scientifique part du particulier, et peut amener à des conclusions pratiques même lorsque la généralisation est malaisée.

Nous revenons ainsi à la différence entre la recherche dans une discipline scientifique et la R.O., mais pour en tirer cette fois la conséquence au plan méthodologique. Avant de construire un modèle, il faut délimiter le champ des phénomènes étudiés. Comme nous l'avons vu, ce n'est pas la discipline scientifique dont ils relèvent qui peut nous guider, mais seulement le but pratique de l'étude. Celui-ci est d'apporter des informations à un responsable, qui a une décision à prendre. En termes généraux, on peut dire que cette décision consiste à modifier — ou, dans certains cas, à concevoir de toutes pièces — la structure d'un *système*, c'est-à-dire d'un ensemble de moyens matériels et humains organisé en vue d'une certaine finalité.

Le système n'est pas, en général, une donnée *a priori* ; il est exceptionnel qu'il coïncide avec un organisme exécutif dirigé par un seul homme. Les nécessités de la gestion quotidienne obligent les entreprises, les administrations, etc. à se subdiviser en services. Mais la multiplicité des buts que se fixe une organisation, ou tout au moins des fonctions qu'elle doit remplir pour atteindre ces buts, a pour conséquence que cer-

(1) Mentionnons aussi une autre source de difficultés, qui est le coût des expérimentations en vraie grandeur.

taines finalités impliquent une action coordonnée de tout ou partie de plusieurs services : c'est là que des difficultés de fonctionnement apparaissent, et c'est là que la recherche opérationnelle est la plus utile.

Il faut donc, en fonction des motivations du responsable de la décision — qui, par hypothèse, estime qu'un problème important se pose — délimiter, par une analyse approfondie de la situation, ce qui constituera *pour les besoins de l'étude* le système à étudier. Une formulation différente du problème amènerait à inclure dans le système d'autres éléments de la situation réelle, ou au contraire à en supprimer certains ; c'est ce qui se passe presque toujours au début d'une étude, où la formulation du problème évolue à mesure qu'on l'analyse.

Cette analyse est basée sur une « observation » de la situation réelle. En fait, il s'agit le plus souvent d'une observation indirecte : entretien avec les hommes qui participent directement aux phénomènes, recueil de données statistiques ou de données prévisionnelles résultant d'études techniques, etc. Il ne s'agit ici que d'une étude qualitative et semi-quantitative de la situation ; des données numériques complètes ne sont pas nécessaires à ce stade. En effet, le but est comme nous l'avons vu, de déceler les caractéristiques importantes du problème, pour délimiter peu à peu le système étudié, en même temps que naissent des ébauches de modèle, c'est-à-dire que progresse la compréhension des phénomènes. Ceci ne se fait pas sans à-coups, sans retours en arrière. La recherche, même scientifique, est un art : la création fait appel à l'intuition, au raisonnement analogique, plus qu'à la logique. Le plus souvent, le problème paraît au départ relativement simple. A mesure que s'accumulent les informations, on découvre toute la complexité des phénomènes, et ce n'est qu'après un difficile mais passionnant effort d'abstraction que le problème se décante et paraît à nouveau simple : mais ce n'est plus la clarté trompeuse de l'ignorance, c'est la simplicité d'un enchaînement réduit à sa trame logique essentielle.

Si l'élaboration du modèle est un art, la rigueur logique reprend ses droits dans l'exposé, j'allais dire la « démonstration » du modèle, bien que l'impossibilité de l'expérimentation empêche le plus souvent une vérification directe de sa validité. Aussi tortueuse que soit la voie qui a conduit au modèle, celui-ci peut — après coup — être présenté de façon déductive, à partir des hypothèses sur lesquelles il est basé.

Nous n'insisterons pas sur le recueil des données numériques et sur l'exploitation du modèle. Celui-ci peut être utilisé de façon déductive (on déduit d'un programme linéaire la solution « optimale », la sensibilité aux données, les coûts marginaux, etc.) ou de façon inductive (l'observation du comportement du modèle au cours d'expériences de *simulation*, permet, par inférence statistique, d'en étudier les propriétés). Dans l'un et l'autre cas, cette phase de l'étude peut nécessiter un travail important : mise au point d'algorithmes, écriture de programmes pour ordinateur, planification des expériences et analyse des résultats dans le cas d'une simulation, etc. Ces difficultés techniques sont cependant secondaires, la qualité de l'étude dépendant essentiellement de la première phase dont

j'ai parlé plus haut, à savoir la formulation du problème et l'élaboration du modèle.

En conclusion, la notion de système et celle de modèle me paraissent essentielles dans la méthodologie de la R.O. Il y aurait, certes, beaucoup à dire sur d'autres aspects du déroulement d'une étude, notamment sur le dialogue avec le client et la mise en pratique des résultats. Mais mon propos n'est pas de faire un manuel du parfait chercheur opérationnel, et plutôt que de développer les considérations ci-dessus, je voudrais évoquer des activités de nature différente, qu'on peut ou non englober sous le titre de recherche opérationnelle, mais qui lui sont en tout cas liées.

4. — L'AMONT

Ce qui précède présente une vue de la R.O. un peu différente de celle que donnent à un lecteur ou un auditeur non prévenu les articles de revue, ouvrages et congrès de R.O. Ceux-ci ont en effet le plus souvent pour but, tout à fait légitime, d'exposer des résultats théoriques, qu'on désigne généralement dans leur ensemble par l'expression « techniques de la R.O. » ; il faut employer ces termes avec précaution, car ils peuvent laisser penser — à tort — que la R.O. se ramène à une collection de techniques, à vrai dire hétéroclites. Bien qu'il soit difficile de classer ces techniques d'après leur nature, nous allons examiner quelques exemples pour essayer d'y voir plus clair.

Prenons le cas de la programmation mathématique, ou si l'on préfère des mathématiques de l'optimisation. On sait le rôle qu'a joué la programmation linéaire dans le développement de la R.O., et la programmation mathématique continue à retenir l'attention d'un grand nombre de chercheurs.

Un programme linéaire n'est pas en soi un modèle, il ne le devient que si on lui associe la signification des variables et des paramètres par rapport à la situation réelle dont on décrit un modèle. Cependant, l'expérience ayant montré que de nombreux problèmes de décision conduisent à un modèle appartenant à la classe des programmes mathématiques, il est tout à fait justifié, dans un but d'économie de pensée, de faire des recherches sur les propriétés de ces programmes et sur leurs méthodes de résolution. Les chercheurs qui s'y consacrent font-ils de la recherche opérationnelle ? Lorsqu'on pose la question sous cette forme, la réponse est affaire de convention. Ce qui est important, c'est de bien distinguer cette activité de celle que nous avons décrite précédemment. Il s'agit, en effet, de recherche mathématique ou numérique, que les mathématiciens « purs » considèrent comme appliquée, et qui l'est en effet, mais indirectement. Son but n'est pas de résoudre un problème concret de décision, mais de faciliter la résolution ultérieure de tels problèmes. Par rapport à la R.O. telle que décrite dans le paragraphe précédent, elle ressortit à la recherche fondamentale.

Le cas des théories telles que celles des files d'attente, des stocks, des jeux, etc, est analogue, mais plus proche de l'application, car il s'agit

de théories moins générales. Les concepts qui y sont définis, par exemple ceux de priorité dans les files d'attente, de coût de pénurie dans les stocks, de stratégie dans les jeux, ont un sens concret relativement précis, même si leur interprétation dans une situation donnée demande une étude particulière. Ils constituent les mots d'un langage qui aide considérablement le chercheur opérationnel à analyser une situation et à ébaucher un modèle.

Il me paraît cependant dangereux de considérer ces théories comme des réservoirs de modèles « de confection ». Le « sur mesure » est toujours nécessaire dans les problèmes pratiques. Pour poursuivre la comparaison, les théories citées plus haut fournissent le tissu, voire des pièces toutes découpées ; le rôle du tailleur n'en est pas moins essentiel.

5. — L'AVAL

Après avoir insisté sur le caractère appliqué de la recherche opérationnelle et sur le caractère unique de chacune des situations qu'elle étudie, il est nécessaire de souligner, en sens inverse, qu'à côté des résultats pratiques et directs qui sont le but de la recherche, il y a souvent des « sous-produits » importants, de nature variée.

Il a déjà été question ci-dessus des théories mathématiques et des méthodes de résolution de problèmes mathématiques, car les progrès faits dans ces domaines à l'occasion d'une recherche appliquée suscitent, à leur tour, des travaux de recherche d'une nature plus fondamentale, donc en « amont » de la recherche opérationnelle, telle qu'elle a été décrite initialement.

Il faut aussi évoquer ici la possibilité qu'une recherche particulière puisse déboucher sur une technique de gestion susceptible d'application par les responsables de la gestion eux-mêmes. Le cas du PERT est particulièrement frappant. L'équipe qui mit au point cette méthode fit de l'excellente recherche opérationnelle ; elle fournit aux responsables du projet Polaris une méthode lui permettant d'obtenir les informations importantes pour la gestion de ce projet, sous une forme adaptée aux décisions à prendre. Mais par surcroît, il se trouve que cette méthode de gestion est efficace pour toutes sortes de projets de nature variée, moyennant, dans certains cas, une adaptation ou une extension. Les méthodes de chemin critique ne sont pas de la recherche opérationnelle ; elles sont le résultat de recherches opérationnelles, et ont maintenant leur vie propre, qui n'est pas nécessairement liée à la vie de la recherche opérationnelle. Il va de soi qu'un groupe de recherche opérationnelle qui étudie un problème d'ordonnancement et arrive à la conclusion que l'enchaînement des tâches est bien représenté par un modèle de chemin critique, compte tenu de la nature des décisions à prendre et de la finalité de ceux qui doivent les prendre, remplit parfaitement son rôle en proposant l'utilisation d'une méthode classique, et en aidant à sa mise en pratique. D'un autre côté, une entreprise qui réalise fréquemment des projets de nature semblable peut décider d'utiliser systématiquement la méthode PERT ;

il me paraît souhaitable qu'elle fasse faire par un groupe de R.O. une étude pilote sur l'un de ces projets, afin de déterminer les modalités d'application les mieux adaptées, et de former une équipe qui prendra ensuite le relais. Le groupe de R.O. a mieux à faire qu'à continuer indéfiniment à appliquer une méthode de gestion ; ce n'est pas son métier, c'est celui des responsables de la gestion.

Dans un autre ordre d'idées, les méthodes d'étude de systèmes complexes qui ont été mises au point dans les vingt dernières années peuvent se révéler précieuses en dehors du champ d'action de la R.O. On est, par exemple, frappé, en lisant un ouvrage comme celui de David Lack (1), qui expose le résultat d'observations sur la dynamique de populations d'oiseaux, de voir que l'auteur se borne à analyser des mécanismes élémentaires. Par exemple on trouve la relation entre la date de ponte et le nombre de couples nichant sur le territoire étudié d'une part, la taille moyenne des nichées d'autre part. De la même façon, sont étudiés les principaux facteurs influant sur la mortalité tout au long du cycle annuel. En somme, sont rassemblés les éléments essentiels d'un modèle global qui permettrait de prévoir l'évolution de la population. La construction de ce modèle et son exploitation — par simulation, par exemple — permettrait, par la confrontation avec les résultats de nouvelles observations, de déceler des divergences, et d'améliorer le modèle par approximations successives.

Remarquons qu'il s'agit là de recherche fondamentale, portant sur des phénomènes naturels, et non de recherche opérationnelle. Mais nous allons revenir à celle-ci. La nécessité se fait de plus en plus sentir d'intervenir pour la conservation de la nature, afin de compenser ou de limiter les perturbations introduites dans les équilibres naturels par l'activité humaine (emplois d'insecticides, assèchement de marais, etc.). Quelles que soient les méthodes de recherche utilisées par les écologistes — et tant mieux si elles peuvent bénéficier indirectement de nos travaux — la R.O. peut trouver dans la protection de la nature un nouveau domaine d'action.

6. — CONCLUSIONS

On peut tirer de ce qui précède trois conclusions importantes. La première est relative à l'*enseignement*, et c'est que la R.O. proprement dite ne s'enseigne pas *ex cathedra*. Ce qu'on peut et ce qu'on doit enseigner, ce sont des outils utiles au chercheur opérationnel : langages mathématiques dans lesquels s'expriment commodément les modèles que l'on est amené à construire (probabilités et processus aléatoires, notamment markoviens, graphes, ...), théories ou techniques plus spécifiques de la recherche opérationnelle (programmation mathématique, files d'attente, simulation...), disciplines scientifiques se rapportant aux phénomènes étudiés (économie, sociologie, ...). Quant à la recherche opérationnelle en tant qu'activité, c'est affaire d'expérience. L'expérience acquise dans

(1) D. LACK, *Population studies of birds*, Clarendon Press, Oxford (1966).

d'autres branches de la recherche scientifique est d'ailleurs utile, de même que celle acquise en participant à la vie d'une entreprise ou d'une administration, c'est-à-dire à la réalité que l'on devra étudier.

Naturellement, tout ceci n'est guère à la portée d'un seul homme. On ne saurait d'ailleurs couler tous les chercheurs dans un même moule : une diversité de formation d'hommes travaillant en équipe est ce qui convient le mieux.

Le danger d'un enseignement trop théorique est qu'il donne une idée fausse de la R.O. Plus généralement, tous ceux qui prennent contact avec la R.O. de l'extérieur, que ce soit par des cours ou par des articles de revue et des ouvrages, voire même par des rapports d'étude, ne voient que des résultats de la recherche opérationnelle, ou de recherches à caractère plus fondamental. Il faut donc constamment, et ce sera la deuxième conclusion, rectifier l'image que la R.O. donne d'elle-même, de par la nature des choses.

Enfin, et c'est là le plus important, il faut garder présent à l'esprit que la R.O., comme toute recherche scientifique, ne survit qu'en se renouvelant. Tout groupe qui s'attaque indéfiniment aux mêmes problèmes, ou qui cherche seulement à appliquer des techniques classiques, est condamné à disparaître. Dans notre difficile métier de chercheur, la fuite en avant est la seule possibilité. Ne craignons pas qu'un mur nous arrête un jour : l'évolution du monde moderne nous ouvre sans cesse de nouveaux horizons ⁽¹⁾.

(1) La révolution de l'informatique en est un. J'ai évité de parler des rapports de la R.O. et de l'informatique, sujet qui mériterait à lui seul un article substantiel.

Il faut cependant noter que l'utilisation des ordinateurs modifiera profondément les conditions de fonctionnement des organismes que nous étudions : les phénomènes artificiels qui sont notre objet d'étude changent de nature, il faut nous adapter à ce changement.