

Les calculateurs électroniques et la recherche opérationnelle

par M. LINSMAN (Belgique)

Chargé de cours à l'Université de Liège,

Directeur du Centre Interdisciplinaire de Calcul de l'Université

En Recherche Opérationnelle, comme en beaucoup d'autres disciplines, les calculateurs électroniques — on dit aussi les ordinateurs — ne sont évidemment que des outils. Des outils qui se révèlent toutefois extrêmement précieux et parfois même indispensables.

Notre propos, dans cet exposé, sera de dire l'incidence qu'ils ont ou peuvent avoir sur la Recherche Opérationnelle.

Mais il convient peut-être que nous rappelons tout d'abord en quoi ils consistent et quels sont les principes de leur utilisation. Très brièvement sans doute, car les calculateurs électroniques ont suffisamment fait parlé d'eux pour qu'il n'y ait plus lieu dans un exposé général de s'attarder longuement à leur description.

Mais ils ont aussi été l'objet de trop de propos faciles, où la note était toujours au merveilleux, pour qu'il ne soit pas inutile de ramener les choses à leur juste signification. Il se fait d'ailleurs, qu'en ce domaine, la réalité est plus belle que le rêve.

Abstraction faite de la nature physique des éléments dont ils sont composés, les calculateurs électroniques peuvent être comparés jusqu'à un certain point à des machines à calcul ordinaires que l'on aurait placées sous la commande d'un programme de calcul, programme qui leur dicterait une à une les opérations à effectuer. Ce programme serait, par exemple, enregistré sur une bande perforée se déroulant instruction par instruction d'une manière automatique.

Etant toutefois dans l'obligation de retenir données et résultats intermédiaires de calcul pour le besoin de leur travail, ces machines devraient évidemment comporter plus de registres qu'elles n'en possèdent habituellement : c'est ce que, non sans équivoque, on a appelé la mémoire des machines.

Les calculateurs électroniques sont seulement infiniment plus rapides, leur vitesse opératoire s'exprimant en microsecondes, en attendant qu'on l'exprime en nanosecondes, c'est-à-dire en milliardièmes de seconde; ils possèdent une mémoire dont la capacité, grâce aux techniques d'enregistrement magné-

tique et pour autant qu'on veuille y mettre le prix, peut être rendue pratiquement illimitée; ils se caractérisent enfin par le fait que le principe du programme enregistré y est exploité avec un maximum de souplesse.

Il faut d'ailleurs observer que les calculateurs électroniques opèrent aussi bien sur des caractères alphabétiques que sur des chiffres, les uns et les autres étant de toute manière présentés dans un code binaire. Et c'est ainsi que le domaine d'utilisation de ces machines dépasse largement celui du simple calcul scientifique et s'étend au domaine de l'information dans toute sa diversité : on doit entendre par là les travaux comptables et administratifs, le traitement des données techniques de toutes sortes, les travaux textuels tels que les travaux de documentation, d'édition et de traduction des langues, d'autres encore sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir plus loin.

C'est la raison pour laquelle l'industrie des calculateurs électroniques a pris un si grand essor, essor qui paraît encore loin de devoir se ralentir.

On peut sans doute se demander comment les calculateurs électroniques peuvent être aussi universels dans leurs applications. Cela tient à ce que tous les travaux dont il vient d'être question ne procèdent, en dépit de leur diversité, que d'un tout petit nombre d'opérations élémentaires différentes : enregistrement, lecture, addition, soustraction, multiplication, comparaison de données, suppression, sélection, décalage de caractères. Il suffisait donc pour qu'une même machine puisse effectuer tous ces travaux qu'elle soit capable d'effectuer les quelques opérations élémentaires mentionnées et de les enchaîner selon des programmes pré-établis et extérieurs aux machines. En effet, toutes les difficultés sont alors rejetées dans la composition des programmes, c'est-à-dire en dehors des machines.

La rédaction des programmes, dans la forme où ils sont exploités par les machines se révèle souvent un travail long et difficile, car le langage des machines, qui dépend de leur structure, est généralement fort éloigné de notre propre langage.

Une fois établi, un programme vaut cependant pour la résolution de tous les problèmes rentrant dans une même catégorie et ne différant l'un de l'autre que par les données. On peut ainsi constituer progressivement des bibliothèques de programmes qui augmentent constamment la liste des travaux que peuvent résoudre les machines, sans que cela n'exige plus de préparation importante. Mais comme la composition d'un programme relève elle-même du traitement de l'information, on peut encore demander aux machines de participer à cette composition. Des procédés de programmation automatique et des langages synthétiques ont ainsi été développés qui permettent de soulager fortement le travail de programmation; les machines comprennent ces langages

synthétiques grâce à la mise en œuvre d'autres programmes, interprétatifs ou traducteurs, rédigés, eux, dans le langage même des machines.

Les constructeurs de calculateurs électroniques s'efforcent d'amener leurs clients — dans l'intérêt de tous — à l'échange des programmes. Mais cet échange n'est pas encore, soit dit en passant, la panacée universelle qui libérerait de tous les soucis de la programmation, et par ailleurs l'idée de la programmation automatique semble avoir provoqué l'apparition dans le monde des machines d'un nombre de langages plus grand, toute proportion gardée, que la construction de la Tour de Babel dans le monde des humains.

L'une des principales caractéristiques de la Recherche Opérationnelle — qui la rend difficile et passionante à la fois — réside en ce que les problèmes n'y sont pas seulement à résoudre : ils sont avant tout à dégager en même temps que les facteurs à prendre en considération, facteurs qui sont généralement nombreux et affectés d'un certain caractère aléatoire.

La Recherche Opérationnelle doit donc commencer par l'observation. Et si l'expérimentation n'est pas toujours interdite, comme c'est le cas lorsqu'on agit sur un marché pour déterminer les coefficients d'élasticité, on ne peut cependant perturber délibérément le fonctionnement d'une entreprise, compromettre des fabrications, s'engager dans des réalisations coûteuses, risquer des aventures économiques, pour essayer de faire apparaître, d'une manière directe, — à supposer que la chose soit possible — les facteurs que l'on cherche à découvrir.

L'observation systématique est grandement facilitée par le recours aux procédés automatiques d'enregistrement, en sorte que l'on peut être conduit à devoir exploiter des volumes importants, de donner surtout quand l'observation porte sur des traitements de masse ou s'étend sur des périodes de quelque durée. On conçoit que semblable exploitation puisse être grandement facilitée par le recours aux calculateurs électroniques, qu'il s'agisse de dépouiller des enquêtes ou d'établir des relevés statistiques.

C'est la première raison pour laquelle les calculateurs électroniques interviennent en Recherche Opérationnelle.

La seconde raison tient à ce que la Recherche Opérationnelle demande souvent des calculs numériques importants notamment du fait qu'elle poursuit la recherche de solutions optimales.

Le calcul matriciel, la résolution des systèmes d'équations linéaires à grand nombre d'inconnues, l'analyse stochastique y sont familiers.

En ce qui concerne les problèmes d'optimisation, nous observerons que leur difficulté croît rapidement avec le nombre des variables prises en consi-

dération et avec les contraintes qui peuvent être imposées à ces variables, comme c'est généralement le cas en Recherche Opérationnelle.

Nous pensons, par exemple, au problème de programmation linéaire que l'on rencontre dans la théorie des jeux, les problèmes de transport, de stockage, de mélange et de production. En termes purement algébriques, ce problème s'énonce simplement comme ayant pour objet de trouver les valeurs d'un certain nombre de variables rendant maximum ou minimum une fonction linéaire donnée, appelée fonction économique, ces variables étant assujetties à certaines contraintes s'exprimant sous la forme d'équations et d'inéquations linéaires.

Il admet une interprétation géométrique fort simple qui, dans le cas du plan ou de l'espace à trois dimensions, consiste à trouver le sommet d'un polygone ou d'une polyèdre convexe qui se trouve être le plus proche ou le plus éloigné d'une droite ou d'un plan donné.

On trouvera peut être paradoxal, mais c'est ainsi, que la résolution d'un problème en apparence aussi simple puisse requérir l'emploi de calculateurs électroniques.

Remarquons d'ailleurs que la solution générale de ce problème est relativement récente : elle est due à Georges DANTZIG, qui l'a publiée en 1947 sous le nom de « Méthode du simplexe ».

Un troisième motif d'intervention des calculateurs électroniques en Recherche Opérationnelle réside en ce que cette dernière use de méthodes de simulation.

Quand un phénomène est trop complexe ou qu'il fait intervenir des grandeurs variant d'une manière discontinue ou présentant un caractère aléatoire, l'analyse mathématique est souvent impuissante à l'étudier. Mais on peut toujours procéder par simulation numérique en remplaçant les grandeurs impliquées par leurs valeurs et en faisant varier ces valeurs selon les lois qui gouvernent les phénomènes en cause.

Les problèmes que l'on doit étudier de la sorte sont nombreux, car ce serait une illusion de croire que les phénomènes naturels sont obligatoirement mathématisables, au sens habituel du terme. Citons au hasard l'étude de la circulation routière, de l'installation et de la commande des feux de signalisation; des modifications à apporter à un réseau routier pour améliorer le trafic; des modalités d'exploitation d'une ligne de chemin de fer dans des conditions données; ou encore l'étude des problèmes des files d'attente que l'on rencontre dans l'exploitation de nombreuses entreprises.

Il est évident que les calculateurs électroniques se prêtent particulièrement bien à de telles études, car une fois qu'un programme de simulation a été éta-

bli, il permet de procéder à de nombreuses expériences par simple variation des données du problème étudié, en sorte que l'on peut faire de ce dernier une étude pratiquement exhaustive.

Il n'est pas exclu que les calculateurs électroniques puissent faire plus encore.

Des études actuellement en cours laissent à penser que l'on parviendra à simuler numériquement les processus d'apprentissage, et déjà l'on parle d'intelligence artificielle. Il ne s'agit plus d'une philosophie facile s'appuyant sur des analogies superficielles entre machines et êtres vivants, mais bien de processus opératoires — c'est-à-dire de programmes — qui permettraient aux machines de se comporter en fonction d'une certaine expérience qu'elles auraient acquises.

Une telle possibilité trouverait sans doute des applications dans l'étude des problèmes de stratégie.

Une dernière remarque encore : la Recherche Opérationnelle ne saurait rester indifférente aux possibilités remarquables qu'offre l'automatique moderne. Pour que l'on puisse atteindre à des conditions optima d'exploitation, dans la production de l'énergie par exemple, elle sera amenée à recommander l'emploi des procédés automatiques pour réaliser constamment ces conditions optima. Ces procédés demandent l'intervention de systèmes de réglage extrêmement souples, capables de réagir rapidement aux variations de nombreux paramètres. Des calculateurs électroniques seront incorporés dans ces systèmes, qui procéderont par appel de programmes adaptés à toutes les situations qui pourront se présenter.