

A c

computer simulation
smelter on tap

Une application des ma
L'optimisation

mathématiques
trielle

It would be difficult to find any area of human endeavor which has not felt the influence, to some degree, of the electronic computer. From handling airline seat reservations to generating a concordance to Shakespeare, the ubiquitous computer has become an almost indispensable item of equipment. As a corollary to this, as more and more operations are computerized, so day to day existence becomes more and more cluttered with various vital items of documentation which must not be bent, folded, mutilated, spindled or stapled. Human beings must learn to adapt to the requirements of the machine.

In his book *Up The Organization* Peter Townsend describes computers as "big, fast, dumb adding machines". While this description might seem a little flippant, it nevertheless highlights the most important features of the computer — large information storage capacity combined with the ability to manipulate its store of information very rapidly. These two attributes have made possible one of the more significant computer applications, that of computer simulation, or "modelling". As the word suggests, computer simulation is the process by which some system or process as observed by the modeller, is defined in mathematical terms, programmed on a computer — producing an abstract simulacrum of that process or system — and then validated by comparing the behavior of the model with that of the original. This computer "model" can then be subjected to a variety of perturbations via input from a terminal unit, the model's resulting behavior being displayed or printed out. Computer modelling is applicable to a wide range of activities and disciplines — political campaigns have employed simulations to predict voter response, sociological researchers have created hypothetical communities (as have market research organizations), nuclear engineers rely heavily on computer models for predicting heat transfer and fluid dynamics characteristics of reactor cores under accident conditions and staff colleges employ computer models for "war gaming".

Computer simulation or modelling offers similar advantages to those obtained from use of physical scale models (in, for example, aerodynamic research) in that it is obviously much cheaper (and safer) to "construct", say, a large chemical processing plant and test it in computer model form, than to build the real thing and hope that it will work correctly the first time. An additional advantage is that in the abstract world of the computer model, time can be accelerated — many weeks of plant operation can be simulated in a few hours of computer time. Industrial processes most amenable to computer simulation are those involving continuous flows of material as, for example, chemical plants or mass-production assembly lines. Less amenable to such treatment are those industrial operations where continuous processes interact with discrete operations under the guidance of human operators, such as in certain metal smelting and refining operations. In these operations, productivity is not simply dependent upon the efficient performance of the individual operations but also upon achieving an optimum scheduling pattern of these operations. The problem of simulating such a process as this falls neither into the category of processes comprising discrete events only (which can be simulated on digital computers) nor into the category of continuous systems (where simulations may be performed on either analogue or digital machines). This was the problem facing Mr. M.L. Nenonen and Dr. U. Graefe of the Division of Mechanical Engineering, National Research Council of Canada in their work toward developing a simulation model of a copper smelting operation at Noranda Mines.

Copper smelting involves three basic processes. Firstly, flotation concentrates, a mixture of copper, iron and sulphur, are smelted in a reverberatory furnace producing a molten



Qu'il s'agisse de réserver des places dans un avion ou d'établir une concordance des oeuvres de Shakespeare, c'est à un ordinateur que l'on a presque toujours recours et il serait difficile aujourd'hui de trouver un domaine d'activité humaine qui ne subisse son influence. Son utilisation se généralisant, le flot d'informations qui lui sont soumises, sous forme de documents divers qu'il ne faut pas plier, mutiler, brocher ou agraffer, s'amplifie de jour en jour. L'homme doit apprendre à s'adapter à la machine.

Dans son livre intitulé "*Up The Organization*", Peter Townsend décrit les ordinateurs comme étant "de grosses machines à faire des additions très rapidement mais aussi très bêtes". Cette sentence peut paraître quelque peu hâtive et imméritée mais elle met néanmoins en relief les caractéristiques les plus importantes de l'ordinateur qui sont sa grande capacité de stockage de l'information et son aptitude à la traiter très rapidement. C'est à ces deux caractéristiques que l'on doit l'une des plus importantes applications de l'ordinateur: la simulation à l'aide de modèles mathématiques. Comme le nom l'indique, la simulation consiste à représenter un système, ou processus, sous la forme d'équations dont l'ordinateur trouve la solution et à comparer ces solutions avec le comportement du système réel. On peut soumettre le modèle à des perturbations dont l'ordinateur tient compte et les nouvelles solutions sont affichées ou imprimées sur une unité périphérique. On se sert de modèles mathématiques pour prévoir les résultats d'élections, en recherches sociales pour lesquelles les hypothèses tiennent compte de collectivités supposées comme dans le cas des recherches sur les marchés, en génie nucléaire pour calculer les transferts de chaleur, les écoulements dans les réacteurs et pour déterminer les limites de sécurité et, dans le domaine militaire, pour simuler des opérations de guerre et trouver le vainqueur.

La simulation mathématique permet de résoudre à meilleur marché certains problèmes pour lesquels on utilise habituellement des maquettes physiques; elle offre en outre une meilleure sécurité s'il s'agit, par exemple, de construire une grande usine de produits chimiques car il est alors aussi possible de faire les essais, à moindres frais, en les simulant. Un autre avantage de la simulation mathématique se trouve dans le fait que l'on peut simuler en quelques heures le fonctionnement d'une usine pendant plusieurs semaines. Les processus industriels les plus faciles à simuler sont ceux qui comportent des "écoulements" continus de matériaux, comme c'est le cas dans les usines de produits chimiques, ou des chaînes de montage. Par contre, il est moins facile de simuler les opérations industrielles où les processus perturbés par les interventions humaines comme c'est le cas à certains stades du traitement des minerais. Dans ce dernier cas, la productivité n'est pas simplement fonction du rendement de chaque opération mais aussi de la configuration optimale des séquences de ces opérations. Un tel processus est difficile à simuler puisqu'il ne tombe, ni dans la catégorie où n'interviennent que des événements discrets simulables sur ordinateurs numériques, ni dans la catégorie des systèmes continus simulables sur ordinateurs numériques ou analogiques. C'est un problème de cette nature qui devait être résolu par M. L. Nenonen et par le Dr U. Graefe, de la Division de génie mécanique du Conseil national de recherches du Canada, pour mettre au point un modèle mathématique de fonderie de cuivre pour la compagnie "Noranda Mines Limited."

La métallurgie du cuivre implique trois processus fondamentaux. Tout d'abord la flottation des concentrés, c'est-à-dire d'un mélange de cuivre, de fer et de soufre, ce mélange étant fondu dans un four à réverbère ce qui donne une scorie de silicate fondu et la "matte", c'est-à-dire un mélange en fusion de sulfures de cuivre et de fer. La matte est alors