

LES MATHÉMATICIENS ET LE MONDE INDUSTRIEL

par

J-C. Nédélec

(Président de la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles)

Je voudrais axer mon intervention sur les liens entre la communauté mathématique et le monde industriel. Ces liens qui étaient à peu près inexistantes jusqu'aux années 1950, se sont rapidement développés avec l'avènement des moyens de calcul. Ceci s'est traduit par la naissance de nouveaux thèmes de recherche ou par le renouvellement complet de thèmes plus anciens. Nous pouvons citer : la recherche opérationnelle, le traitement du signal, l'automatique, l'analyse numérique, le contrôle optimal, l'optimisation, la statistique. En France (comme aux U.S.A.) ce mouvement est parti des grands organismes de l'Etat, dont il faut souligner le rôle essentiel. La naissance de l'industrie nucléaire n'a été possible que grâce au développement des ordinateurs et des méthodes de calcul. Le Commissariat à l'Energie Atomique et l'Electricité de France ont, dès les années 1950, développé des grands centres de recherche munis de moyens de calculs très puissants (pour l'époque bien sûr). L'Institut Français du Pétrole et les compagnies pétrolières ont, à la même époque mis en place les premières simulations de gisement. Les premiers calculs de mécanique des fluides pour la construction aéronautique datent aussi de cette époque (Office National d'Etudes et Recherches en Aéronautique, Avions M. Dassault, Nord Aviation). La naissance du contrôle optimal et celle de l'automatique sont associées au développement des secteurs aéronautique et spatial.

Ces grands organismes ont recruté des mathématiciens et ont noué les tout premiers contacts avec des laboratoires universitaires. Mais il faut souligner que ces recherches étaient le fait d'une poignée de spécialistes dont beaucoup avaient pour seule formation initiale celle d'une grande école.

Nous entrons actuellement dans une phase très différente dont l'ampleur en termes industriels et financiers sera bien plus grande. Deux éléments nouveaux vont amener cette révolution ; il s'agit d'une part du coût décroissant du temps de calcul associé au développement

de systèmes d'exploitation plus faciles d'emploi (Super ordinateurs et stations de travail individuelles) ; d'autre part des progrès des outils mathématiques et des méthodes de simulation. On peut maintenant calculer *a priori* l'évolution de beaucoup de phénomènes complexes dès lors qu'ils sont bien modélisés. Ceci concurrence et même remplace dans certains cas l'expérimentation. Le cas du projet de navette HERMES qui nous est présenté par P. PERRIER en est une excellente illustration. Un autre exemple de grande importance économique est celui du calcul des structures mécaniques. La plupart des grands projets actuels ont une composante de calcul scientifique qui y joue un rôle essentiel. Mais ce qui est plus significatif peut-être, c'est la conversion au calcul scientifique de secteurs industriels qui s'en étaient tenus à l'écart jusqu'ici : la construction automobile, l'industrie des semi-conducteurs, les industries de télécommunications. Même là où l'expérimentation est facile, elle peut devenir plus coûteuse que le calcul et celui-ci est plus souple s'il s'agit de modifier des paramètres. Il est moins cher actuellement de simuler l'écrasement d'une automobile dans un ordinateur que de réaliser l'expérience correspondante, et les logiciels qui le permettent sont le fruit des recherches en Mathématiques Appliquées et en Mécanique. Aucune industrie de pointe ne pourra plus ignorer cette réalité sans risque pour sa compétitivité.

Cette évolution se traduit dès maintenant par le développement de nombreux liens entre les laboratoires et les entreprises. Ceux-ci prennent la forme de contrats de recherche qui permettent de financer des thèses. Ou encore des chercheurs confirmés deviennent conseillers auprès de laboratoires industriels. Et surtout l'industrie recrute nos jeunes thésards et les mathématiciens dans l'industrie commencent à être nombreux. La demande est plus forte que l'offre et il y a actuellement une pénurie de docteurs en mathématiques appliquées. J'ai appris à être prudent en matière de prospective, mais si mon analyse est juste les besoins vont exploser. Pourra-t-on répondre à cette demande tout en préservant la qualité de la formation des jeunes qui fait notre succès ? C'est l'un des enjeux de la formation par la recherche.

J'ai parlé davantage du calcul scientifique parce que je le connais bien, mais des besoins en mathématiciens se font également sentir en conception assistée par ordinateur (dessin et représentation des objets de l'espace) en robotique (reconnaissance des objets et contrôle optimal) et bien sûr dans le vaste secteur de la statistique aux applications nombreuses et variées en économie, biologie et médecine. Toutes les branches des mathématiques sont ou seront concernées. C'est déjà clair pour la théorie des nombres et la géométrie.

Une caractéristique essentielle de la formation nécessaire est son caractère multidisciplinaire. Outre beaucoup de mathématiques, il faut bien dominer l'utilisation des ordinateurs et assimiler selon les cas une bonne dose de physique, de mécanique ou de biologie, voire d'économie. Le travail industriel est un travail d'équipe et pour dialoguer utilement, il faut un certain nombre de connaissances communes. Il ne faut pas sous-estimer les difficultés qu'il y a à acquérir cette double formation et ensuite à se faire reconnaître par les deux communautés concernées.

Une autre évolution que l'on observe, est la sophistication des connaissances mathématiques utilisées. S'il y a vingt ans, quelques connaissances d'algèbre linéaire permettaient d'aborder la plupart des problèmes industriels, ce n'est plus du tout le cas désormais. La présence dans l'industrie de mathématiciens chevronnés conduit à aborder et à formuler correctement des modèles de plus en plus complexes dont la résolution fait appel à des notions de plus en plus abstraites. Et c'est entre autres, la raison pour laquelle il est dangereux d'opposer mathématiques pures et mathématiques appliquées. Les deux communautés sont étroitement liées. Il est certain aussi que le déclin de l'école mathématique française entraînerait à terme celui de l'école "mathématiques appliquées". A l'inverse, certains problèmes répertoriés dans l'industrie deviennent dans les laboratoires des thèmes d'étude abstraits.

Je voudrais aussi m'adresser aux médias. L'une des causes de nos difficultés actuelles est la méconnaissance du rôle des mathématiques dans le monde économique. Il est vrai que notre importance est occultée bien souvent car le mathématicien n'est jamais maître d'oeuvre. D'autre part, nos collègues (et c'est typique en France) sont le plus souvent discrets et ne savent pas mettre en valeur leur activité. Si ce colloque contribue à remédier à cet état de fait, nous aurons accompli un grand progrès.

En conclusion, il est urgent d'organiser au niveau national une réflexion globale sur la place des mathématiques et sur ses liens avec l'industrie. Je pense que la difficulté essentielle est celle de la formation des jeunes. Il faut favoriser la formation par la recherche des ingénieurs et restaurer le flux d'étudiants en mathématiques dans les Universités. Il est aussi nécessaire d'attirer vers les carrières de la recherche les étudiants les plus brillants. Les enjeux financiers et stratégiques sont importants et c'est en fonction de cette analyse que les Etats-Unis ont décidé le doublement des crédits de recherche en mathématique. Il faut enfin situer cette réflexion dans un cadre européen car le calcul scientifique joue un rôle de premier plan dans les grands projets actuels.