

LES MATHÉMATIENS DANS L'INDUSTRIE

par

B. **Angeniol** - Responsable Service Intelligence Artificielle
Thomson-CSF/DSE

J.L. Stehle - Professeur **Ecole** Centrale, détaché du centre de
Recherches IBM

R. Douady - Ingénieur
Matra Espace

J. Brun - Directeur Intelligence Artificielle
GSI TECSI

G. Ruget - Directeur Technique
Division Avionique - Thomson-CSF

J. Canetti - Responsable **des** Ventes **d'Electricité** pour les Grosses
Entreprises du Secteur Chimique et Petrochimique
EDF

G. Paretti - Directeur Département Informatique
Thomson-CSF/DSE

Thèmes abordés

I. UTILISATION DES MATHÉMATIENS DANS L'INDUSTRIE

L'expérience prouve que dans de nombreux domaines industriels, notamment ceux utilisant des techniques de pointe, un manque de culture mathématique peut conduire à s'engager dans des impasses. De plus, l'absence de connaissances théoriques peut amener à réinventer des algorithmes connus, et à perdre beaucoup de temps dans des tâtonnements aveugles.

Néanmoins, la place du mathématicien dans le contexte industriel n'est pas facile à trouver : soit il se place à l'extérieur de la structure utilisatrice (consultant, société de service), et il risque de ne pas pouvoir intervenir sur les nombreux problèmes que l'industriel n'est pas capable de formaliser ; soit il se place à l'intérieur de la structure (le plus souvent celle d'un grand groupe industriel), et il lui sera plus difficile de convaincre les utilisateurs de l'intérêt des techniques novatrices qu'il propose.

II. LE POINT DE VUE DE L'INDUSTRIEL

La perception initiale du mathématicien par l'industriel comporte souvent une nuance péjorative : c'est un oiseau rare, original, aux compétences très particulières, dont on met en doute les capacités d'intégration, voire les qualités humaines.

Néanmoins, il suscite aussi un intérêt important par le potentiel intéressant qu'il amène ; on épiera avec attention sa capacité à aborder les problèmes concrets, la qualité de son contact, sa pédagogie vis-à-vis des autres ingénieurs ; c'est au mathématicien de se vendre et de montrer qu'il est capable de combler le hiatus existant entre théorie et applications.

III. LE POINT DE VUE DU MATHÉMATICIEN

Les motivations du mathématicien désireux de s'intégrer dans un cadre industriel sont diverses :

- écarts de salaire entre industrie et université
- ralentissement des carrières au CNRS et à l'université
- désir d'avoir un contact avec des applications concrètes
- souci d'une plus grande intégration sociale
- désir de travailler en équipe, de rompre l'isolement du chercheur
- désir de se soumettre à une "épreuve de vérité".

Le mathématicien passant dans l'Industrie commence le plus souvent par travailler dans un domaine technique ; sa carrière industrielle sera d'autant plus réussie qu'il saura évoluer vers un domaine dans lequel il aura une plus grande ouverture sur l'entreprise.

Sa capacité d'évolution de carrière dépendra beaucoup de son aptitude à travailler en équipe, à affronter les problèmes concrets, à renoncer en partie à la liberté totale qu'il a connue dans la recherche (mais qui peut aussi être pesante) et à savoir prendre des décisions sans avoir toutes les données du problème en main.

Il devra enfin accepter le choc culturel lié au passage dans un univers plus incertain, où l'évaluation de son travail sera faite de

manière plus continue qu'auparavant ; il devra y trouver les motivations pour se mettre au service d'une collectivité capable de reconnaître son effort.

IV. LE POINT DE VUE DE L'UNIVERSITÉ ET DU CNRS

L'impression ressentie par tous les mathématiciens travaillant dans l'industrie quant à l'attitude de l'université et du CNRS vis-à-vis des passages vers l'industrie, est celui d'une indifférence totale, voire d'une satisfaction quant à la libération d'un poste.

L'image de l'entreprise chez les mathématiciens n'est pas bonne ; la plupart sont réticents devant toute idée de collaboration, ils ne sont pas prêts à se laisser imposer des thèmes de travail. De plus, la valorisation dans le milieu mathématique de travaux faits dans le cadre de contrats pour l'industrie est très difficile.

V. FORMATION MATHÉMATIQUE - COMPARAISON AVEC L'ÉTRANGER

La nécessité d'une forte culture générale mathématique pour le mathématicien travaillant dans l'industrie est reconnue de façon unanime. Les avis sont plus partagés sur l'utilité d'avoir eu une activité de recherche, et sur l'existence de domaines "privilegiés" pour les applications industrielles.

La coopération entre universités américaines et industriels américains est beaucoup plus forte que celle qui existe en France. Néanmoins, le milieu des chercheurs en mathématiques américains semble assez réservé vis-à-vis des coopérations directes.

VI. LES DOMAINES D'UTILISATION DES MATHÉMATIQUES DANS L'INDUSTRIE

POSSIBILITÉS D'UTILISATION D'UN MATHÉMATICIEN DANS L'INDUSTRIE (Raphaël Douady)

L'évolution de plus en plus rapide des sciences et des techniques au cours de ce siècle amène les industriels travaillant dans le domaine des technologies de pointe à collaborer de plus en plus avec des chercheurs scientifiques et, en particulier, des mathématiciens. Le but de cette note est de montrer à quels niveaux de la recherche

industrielle l'apport du mathématicien peut être fructueux et de faire le tour des différents domaines dans lesquels ses compétences seront mises à profit.

1. Différents niveaux

a. Recherche fondamentale

Dans certaines branches des mathématiques, la recherche fondamentale débouche sur des découvertes physiques, puis sur la création de nouvelles technologies, de nouvelles conceptions de machines et de nouvelles méthodes d'étude et de décision.

A titre d'exemple, citons rapidement les lasers à électrons libres, les ordinateurs multiprocesseurs, les lois de finances, les statistiques, etc.

b. Recherche à application industrielle directe

Dans certains cas, la technologie industrielle est source de problèmes de nature scientifique, qui requièrent des compétences dépassant celles des ingénieurs habituels et nécessitent de faire appel à des mathématiciens. Il s'agit, entre autres, des problèmes d'optimisation de commande pour des systèmes dont le comportement est régularisé par une équation différentielle ordinaire ou aux dérivées partielles (raffineries pétrolières, aéro/hydrodynamique, manoeuvres spatiales, etc...), de l'établissement de normes de sécurité (architecture, centrales nucléaires, etc...), de la conception de logiciels (études en amont). Il y a encore bien d'autres applications.

c. Démonstration de faisabilité et d'optimalité

Le mathématicien sera à même, lors de la conception de certains systèmes, de prouver leur faisabilité et l'optimalité de certains choix, fournissant de solides arguments de vente de ces systèmes. Ce rôle sera utile en optique géométrique, en informatique, en traitement du signal, en résistance et dynamique des matériaux, en commande optimale, etc...

d. Conseil

Il arrive souvent que des industriels doivent faire appel à des consultants en mathématiques afin de résoudre tel ou tel problème qui s'est érigé sur leur route.

e. Contact

Actuellement, en France, le milieu industriel et le milieu scientifique sont encore séparés par des barrières trop imperméables, alors qu'à l'intérieur du milieu scientifique, et d'une discipline à l'autre de celui-ci, les contacts sont nombreux et bons.

Le chercheur scientifique, et en particulier le mathématicien, qui a, de par sa formation initiale, quantité de connaissances dans le monde de la recherche scientifique, est un intermédiaire précieux pour les industriels devant faire appel à des scientifiques, quel que soit le domaine scientifique requis (physique, chimie, biologie ...).

2. Interaction entre mathématiciens et ingénieurs

En général, un mathématicien a une vision très synthétique des problèmes techniques. Ceci lui permet de faire économiser à son entourage du temps de réflexion et d'ordinateur.

Son recul et son habitude de certaines techniques mathématiques (en analyse numérique par exemple) lui donnent la clairvoyance nécessaire pour détourner ses collaborateurs d'éventuelles impasses, limiter les domaines d'applicabilité des méthodes standard, les améliorer et élaborer de nouvelles stratégies adaptées aux problèmes posés.

C'est aussi grâce à cet esprit de synthèse qu'il saura dégager des arguments simples et précis dans le choix des options et des paramètres d'un système à l'étude.

Enfin, on ne doit pas négliger son activité pédagogique, organisée ou non, en particulier auprès des jeunes ingénieurs.

3. Domaines d'application des mathématiques

Nous tentons ici de classer les grands domaines des mathématiques pouvant s'appliquer le plus directement possible aux problèmes de l'industrie. Une classification de cette nature ne peut être qu'incomplète, imprécise et parfois un peu arbitraire, car elle dépend constamment des progrès récents des sciences et des techniques. Aussi nous ne prétendons pas à l'exhaustivité, ni à l'immuabilité de la répartition.

a Analyse, mécanique, physique, géométrie

- * Analyse numérique et simulation :
 - . Efficacité et limites des méthodes
 - . Améliorations
- * Mécanique, dynamique :
 - Mécanique céleste et du solide
 - Mécanique des fluides
 - Aérodynamique
 - Dynamique des matériaux
 - Météorologie
- * Physique :
 - . Acoustique
 - . Météorologie
 - . Electro-magnétique
 - . Mécanique quantique
 - . Physique des solides et autres milieux, cristallographie.
- Architecture
 - . Géométrie
 - . Statique
 - . Résistance des matériaux
- * Géométrie :
 - . Optique
 - . Cinématique (mouvements de corps divers, surfaces de roulement)
- * Optimisation :
 - . Commande optimale
 - . Contrôle en boucle fermée

b. Informatique théorique, algèbre, automatique

- * Informatique :
 - . Nouveaux calculateurs (multiprocesseurs)
 - . Structure de logiciels
 - . Simulations, temps réel

Intelligence artificielle, systèmes experts
Robotique

- * Filtrage, commande
- * Traitement du signal, de l'image
 - Codage
 - Compression
 - Chiffrage

c. Probabilité et statistiques

- * Gestion :
 - . Economie et finances
 - . Gestion financière
 - . Recrutement
- * Contrôle de qualité
 - . Tests
 - . Echantillonnage
 - . Spécification, évaluation
- * Informatique :
 - . Accélération de procédures
 - . Logiciels
- * Traitement du signal
- * Contrôle stochastique, filtrage

4. Conclusion

Le mathématicien, et plus généralement le scientifique, se distingue de l'ingénieur courant tant par sa forme d'esprit que par ses méthodes de travail.

La collaboration, entre les deux, de quelque nature qu'elle soit, montre et continuera de plus en plus à se montrer enrichissante pour industriel et stimulante pour le scientifique. Cette collaboration est fructueuse dans des domaines aussi variés qu'étendus, à tous les niveaux de la recherche depuis la plus fondamentale jusqu'à la plus pratique.