

## Académie des sciences

Séance solennelle de réception des Membres élus en 2003

15 juin 2004

---

### Voyage numérique dans l'univers de la turbulence Marcel Lesieur

Laissez moi d'abord vous dire la très grande fierté que j'ai à parler devant vous.

Je suis né en 1945 à Poitiers d'un père mathématicien. Celui-ci ayant été nommé professeur à l'Université d'Orsay, j'ai fait mes études secondaires au Lycée Lakanal, dans une période marquée par la guerre d'Algérie. Je suis rentré en classes préparatoires au Lycée Louis Le Grand, avec nos confrères Jean-Claude André et Gérard Mégie. Nous faisons des parties de rugby acharnées sur le bitume rouge de la cour. J'ai intégré Polytechnique en 1966, dans la même promotion que Olivier Pironneau et Michel Caboche. J'ai eu pour professeurs Gustave Choquet, Jacques-Louis Lions et Ionel Solomon. C'est en fait la mécanique des fluides qui m'intéressait. En mai 1968, nous avons réformé l'enseignement avec un système d'options, et Paul Germain est venu parler dans ce cadre de méthodes de perturbation singulières. Enfin mon capitaine de compagnie, Roquejoffre, a commandé l'armée française pendant la première guerre du Golfe.

A ma sortie de l'X dans la botte Recherche, je suis allé travailler comme chercheur CNRS sur la turbulence atmosphérique avec Pierre Morel au laboratoire de météorologie dynamique à Paris. J'ai alors rencontré notre confrère, l'astrophysicien Uriel Frisch, de l'IAP, avec qui j'ai pu approfondir la théorie de la turbulence à trois et deux dimensions grâce aux modèles stochastiques de Kraichnan et Orszag. J'ai ainsi montré avec ces modèles le comportement "explosif" de la vorticité en un temps fini, confirmant une conjecture fameuse de Jean Leray. J'ai découvert aussi avec l'aide de Jean-Claude André et Jack Herring du NCAR l'existence d'une cascade d'hélicité se superposant à la cascade d'énergie de Kolmogoroff.

J'avais rencontré, en 1973, Antoine Craya et René Moreau lors du premier Congrès français de mécanique à Poitiers. Très intéressés par cette approche de la turbulence, nouvelle en France, ils m'ont convaincu de venir à Grenoble, où je fus recruté en 1976 comme professeur à l'Institut national polytechnique. J'ai pu découvrir que les Alpes entre Nice et Grenoble sont d'une beauté sauvage extraordinaire. Les premières simulations numériques directes de la turbulence commençaient à apparaître avec le vigoureux développement des ordinateurs. Mais ces calculs, excessivement coûteux, étaient limités à des écoulements très visqueux. Une nouvelle approche se développait aussi aux États-Unis sous l'impulsion de Smagorinsky et Lilly, la simulation des grandes échelles, où les petites structures sont éliminées par filtrage. J'ai reformulé ce problème dans l'espace de Fourier, en déterminant les coefficients d'échange sous-maille grâce aux modèles stochastiques, et publié en 1981 avec Jean-Pierre Chollet la première simulation des grandes échelles de la turbulence tridimensionnelle isotrope.

Je suis parti en 1982 un an à USC-Los Angeles, où était notre confrère Patrick Huerre. C'est là que j'ai contracté le virus des tourbillons cohérents, avec la rencontre à CALTECH d'Anatol Roshko, ancien élève de von Karman. De retour à Grenoble, nous avons pu avec Olivier Métais et Pierre Comte développer des codes de simulation des grandes échelles cent fois plus rapides que les simulations numériques directes, que nous avons appliqués aux zones de mélange, couches limites, et écoulements hypersoniques. Grâce au soutien de Jacques-Louis Lions et

Pierre Perrier, le programme Hermès nous a permis de faire une première industrielle en calculant l'échauffement sur l'aileron arrière de la navette.

Parallèlement, j'ai toujours été fortement encouragé par Alexandre Favre, constructeur de l'IMST à Marseille et pionnier dans la mise en évidence de la propagation des structures cohérentes. Robert Dautray m'a donné l'opportunité précieuse de développer des collaborations fortes avec le CEA en thermohydraulique et fusion. Nous avons aussi avec Olivier Métais et Jim Riley de Seattle unifié le problème de la turbulence cisailée tournante.

Nommé en 1995 membre senior de l'IUF, j'ai pu me consacrer davantage à la recherche et à la promotion de la Science. Les films réalisés dans l'équipe MOST du LEGI montrent que la turbulence est dominée par des tourbillons cohérents qui naissent de manière imprévisible, interagissent non-linéairement, et finalement meurent, rejoignant ainsi une vision philosophique proposée par Lucrèce plus de 2000 ans auparavant. En 1970, le chercheur sur la turbulence était comme un aveugle n'ayant à sa disposition que des mesures statistiques. Aujourd'hui l'aveugle voit un monde merveilleux de tourbillons et structures qui lui permettent d'interpréter les statistiques d'antan. Nous pouvons contrôler ces tourbillons pour réduire la consommation d'un véhicule, le bruit d'un TGV et d'un avion, ou l'échauffement des moteurs-fusée. Nous savons aussi simuler la pollution atmosphérique et les tempêtes, pour une meilleure protection des populations et des biens. Dans une société où l'énergie est un des problèmes majeurs, la simulation numérique des systèmes complexes développée avec hardiesse et intelligence peut permettre de réduire de 30% la consommation énergétique ou les nuisances. Ces simulations ont également d'immenses applications en biologie et médecine.