



## Le CERFACS vient de fêter ses 20 ans

**L**e CERFACS a fêté ses 20 ans les 11 et 12 octobre 2007, à l'occasion d'une manifestation au cours de laquelle il a réuni près de 200 personnes, tant anciens chercheurs du CERFACS qu'amis l'ayant aidé à un moment ou un autre de son encore jeune existence. Le CERFACS, Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique, s'est installé sur le site de la Météopole

pratiquement dès le début de son existence, et nombre de «météos» du site l'ont «rencontré» à un moment ou à un autre, soit en le voyant installé dans les locaux de l'Ecole ou en train de construire son nouveau bâtiment dans le coin nord-ouest du site, soit encore en ayant l'occasion de collaborer avec l'une ou l'autre de ses équipes.

### L'idée du CERFACS

Le CERFACS a-t-il vraiment 20 ans ? Oui si l'on compte à partir du moment où il est né officiellement, en accédant à la personnalité morale à la fin de l'année 1987. Mais, de fait, il a pour moi cinq ans de plus. Mon tout premier contact avec ce qui allait devenir le CERFACS remonte en effet au 15 octobre 1982. J'étais alors le directeur tout fraîchement nommé du Centre National de Recherches Météorologiques, c'est à dire de cet échelon avancé de la recherche météo qui venait d'être délocalisé à Toulouse. Ce jour-là donc, Sylvie Vaclair et Jean-Pierre Poyet, deux chercheurs de l'Observatoire du Pic du Midi et de Toulouse, sont venus me rendre visite dans le bâtiment encore assez vide du CNRM. Nous devions discuter de collaboration pour un nouveau DEA, et Jean-Pierre Poyet en a profité pour me glisser une phrase du genre : « C'est très bien que la météo soit maintenant toulousaine car nous allons enfin pouvoir monter notre grand projet d'un centre de recherche sur les ordinateurs .... ». Arrivé depuis à peine un mois sur ce qui s'appelait alors le site de Toulouse-Mirail, aux prises avec un déménagement qui n'en finissait plus, j'ai alors trouvé que cette proposition tombait un peu curieusement. Mais, après tout, pourquoi pas ! J'apprendrai par la suite que ce projet, né quelques mois plus tôt dans l'effervescence des Assises de la recherche et de la mise en place du premier SITEF toulousain, avait pris son envol en Ariège, à Aulus-les-Bains plus précisément, à l'occasion d'une rencontre estivale «Espace et Montagne» organisée par des amis astrophysiciens.

L'idée de ces pionniers d'alors était d'éviter à la France et à l'Europe, de connaître en ce début des années 1980 les mêmes difficultés que celles qu'elles avaient connues quelques années plus tôt, quand les jeunes chercheurs avaient du partir aux Etats-Unis pour accéder au calcul intensif, cette toute nouvelle discipline, qui d'ailleurs ne s'appelait pas ainsi, et qui d'ailleurs n'avait même pas de nom, nouvelle discipline qui avait émergé avec les nouveaux ordinateurs vectoriels et avec les ordinateurs Cray de si belle mémoire. Le calcul parallèle<sup>1</sup> pointait alors le nez, et il fallait à tout prix lancer des initiatives qui permettraient de relever ce défi.

### Une affaire rondement menée

Dès lors, l'affaire était lancée et une première grande réunion convoquée à l'Observatoire, le 11 Mars 1983, grâce au dynamisme de pionniers, au premier plan desquels figuraient Pierre-Henri Cros, Jean-Paul Zahn et quelques autres. Après avoir pris l'avis de notre directeur Jean Labrousse, Marcel Malick, seul habilité à parler pour la Direction de la Météorologie Nationale, et moi nous y sommes rendus ... et le projet nous plût ! Pas qu'à nous d'ailleurs, puisque nous y avons retrouvé de grands industriels instal-

lés à Toulouse, comme Aérospatiale et Matra, et de grands établissements académiques ou de recherche (CNES, CNRS, Université, ...). Le reste n'était plus qu'une question de temps, de persévérance, de colloques de préparation, de sensibilisation des milieux politiques et scientifiques. Finalement, la déclaration de l'association de préfiguration fut déposée le 17 novembre 1983, avec l'aide de la région Midi-Pyrénées et du député européen Henri Saby. Le travail continua à progresser à grands coups de réunions vespérales, de lobbying, de voyages, ... Le vendredi 13 février 1987, Dominique Baudis alors président du Conseil Régional Midi-Pyrénées faisait signer, un peu par surprise, une convention de création du Groupement Scientifique (GS) CERFACS, Claude Pastre étant alors au stylo pour la DMN. Cette convention précédait la constitution, le 22 août 1988, du Groupement d'Intérêt Public (GIP) CERFACS pour laisser finalement à la place, le 1er avril 1996, à la Société Civile CERFACS ! J'avais entre-temps pris la direction du CERFACS le 1<sup>er</sup> janvier 1995. Mais nous y reviendrons.

### Les premiers travaux scientifiques ...

C'est à la rentrée 1987 que les premiers recrutements de chercheurs ont eu lieu, et que ceux-ci se sont installés dans des locaux prêtés par l'ENM. Cette promotion était riche de 14 chercheurs, doctorants et post-docteurs, recrutés pour travailler sur l'un des 3 premiers sujets retenus : l'algorithmique parallèle, la turbulence et

*<sup>1</sup>/C'est-à-dire l'art de faire travailler ensemble, et donc en parallèle, de nombreux processeurs de calcul, source de gain de temps et donc d'efficacité et de puissance, mais source aussi de fortes complexités cachées, à résoudre pour que ces différents processeurs de calcul fassent leur travail en bonne intelligence avec leurs voisins !*

l'aérodynamique. Une autre promotion de 7 chercheurs suivit un an plus tard, puis d'autres encore, ... Le travail scientifique progressa régulièrement, sous la houlette des directeurs successifs, Jean-Paul Zahn, Jean-Claude Ippolito, Joseph Noailles et Roland Glowinski et le CERFACS avança très vite, avec bien sûr l'aide de Jacques-Louis Lions, qui poussait de toutes ses forces et de son immense talent, avec le CNES, avec l'Académie des Sciences, avec le Collège de France. Le CERFACS connut certes des hauts et des bas, mais heureusement plus de hauts que de bas !

### ... et l'installation dans les nouveaux murs

La première fois que je rencontrai André Lebeau, nouveau directeur de la DMN, à la fin de 1986, je ne lui parlai que d'une seule chose : la nécessité d'offrir au CERFACS un terrain. Il fallait éviter que ses locaux définitifs, enfin financés par les collectivités territoriales, Région Midi-Pyrénées, Conseil Général de la Haute-Garonne et Ville de Toulouse, n'aillent pousser ailleurs que sur «notre» site. André Lebeau y crût immédiatement, et le CERFACS fut de fait le premier partenaire extérieur de la Météopole. Une parcelle fut concédée à bail emphytéotique en fin 1989, et le bâtiment du CERFACS poussa sans retard, pour s'ouvrir à ses occupants à la rentrée 1991.

### Le CERFACS aujourd'hui

Après quelques crises d'adolescence le temps de l'émancipation vint en 1996 avec la création de la Société Civile CERFACS, structure de droit privé mais à objectif civil (la recherche), construite initialement autour de 3 partenaires historiques (Météo-France, CNES et Aérospatiale) et d'un nouveau venu non-toulousain, EDF. Le CERFACS est aujourd'hui installé dans le paysage national et international, avec ses sept actionnaires (Météo-France, CNES, EDF, EADS, SAFRAN, ONERA et TOTAL). Il est «laboratoire associé» avec le CNRS et entretient des relations scientifiques de long terme avec la plupart des grands établissements scientifiques (CEA, INRIA, ...). Son bâtiment sur le site de la Météopole accueille environ près de 110 personnes permanentes, auxquelles il faut ajouter les visiteurs et les stagiaires. Son budget annuel, d'environ

huit millions d'euros, est obtenu sur un marché compétitif.

La voie est maintenant clairement définie, stabilisée et affichée: développer et améliorer les méthodes de simulation numérique et de calcul scientifique avancé sur les différentes architectures de calculateurs, tant pour ce qui intéresse les grands problèmes de la recherche, fondamentale ou plus appliquée, que pour ce qui concerne des applications à de grands domaines industriels.

Le CERFACS associe ainsi de manière interdisciplinaire les travaux de physiciens, de mathématiciens, de numériciens et d'ingénieurs. Ses domaines de recherche couvrent plus particulièrement :

- les mathématiques appliquées : algorithmique parallèle et méthodes et outils génériques, mathématiques et numériques, pour la résolution efficace de problèmes de grande taille sur de nouvelles architectures de calculateurs à hautes performances ;

- la mécanique des fluides numérique, avec deux grands axes de recherche autour de l'aérodynamique (soufflerie virtuelle, optimisation, ...) et la combustion turbulente (moteurs à piston, réacteurs, turbines à gaz, ...), en collaboration avec de nombreux laboratoires nationaux et internationaux (en particulier en collaboration avec l'Université de Stanford, USA) ;

- l'électromagnétisme et l'acoustique: diffraction d'ondes par des objets métalliques ou revêtus, rayonnement d'antennes, furtivité radar, méthodes inverses et imagerie ... ;

- le climat et l'environnement global : variabilité climatique, effet de serre, océanographie, régionalisation des impacts des activités humaines, prévision saisonnière, ... Ces études incluent aussi les problèmes de chimie atmosphérique, avec la prise en compte des produits de combustion dès la sortie des réacteurs, et allant jusqu'à l'impact climatique évalué à l'horizon de la seconde moitié du siècle ;

- l'assimilation de données, dont le développement trouve actuellement de nombreux débouchés dans de nouveaux domaines où doit être traité le dialogue «modèle-données» ;

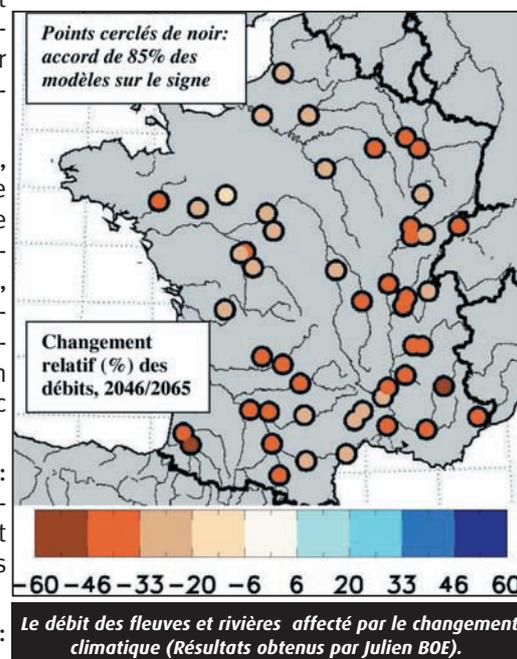
- le couplage de codes en multi physique, avec le développement de logiciels de haut niveau pour les divers problèmes de couplages : OASIS pour

le couplage océan-atmosphère et PRISM pour le couplage des différentes composantes du système Terre ; PALM pour le couplage dynamique et l'assimilation de données.

### Quelques résultats parmi d'autres

Deux résultats plus concrets sont présentés ici afin d'illustrer la démarche scientifique du CERFACS : l'un relatif à la simulation du changement climatique et l'autre relatif à la simulation de la combustion dans les moteurs d'hélicoptères. Ces deux exemples, qui peuvent paraître fort éloignés l'un de l'autre, n'en sont pas moins liés par la nécessaire compétence en simulation des écoulements qu'ils requièrent.

Une méthode originale de régionalisation



sation (ou «désagrégation»), développée par Julien Boe, est appliquée à l'ensemble des modèles du GIEC pour obtenir les changements des débits des fleuves et rivières à une échelle spatiale très fine (8 km). Ces changements sont liés à une baisse importante des précipitations sur l'ensemble de la France, telle que simulée par ces différents modèles. Les précipitations et les autres variables atmosphériques «désagrégées» nécessaires sont ensuite introduites dans un modèle hydrologique couplé à un schéma de surface pour obtenir les changements de débits. On simule ainsi une diminution généralisée des débits en été, avec une dispersion

inter-modèle moyennée spatialement (9%) nettement plus faible que les changements simulés. Pour la première fois au monde, la simulation numérique de l'allumage d'une chambre de combustion complète d'hélicoptère a été réalisée au CERFACS par Gabriel Staffelbach. Cette simulation est basée sur la méthode dite « aux grandes échelles » (ou « Large-Eddy Simulation » pour LES), méthode dans laquelle la grille numérique est suffisamment fine pour permettre de reproduire toutes les structures de l'écoulement qui sont porteuses d'énergie. Dans le cas particulier toute la géométrie de la chambre a été prise en compte, ainsi que la totalité des 15 brûleurs. Cette simulation a utilisé plus de 40 millions de cellules, et elle a été réalisée sur les meilleurs ordinateurs disponibles, sur 700 processeurs d'un CRAY XT3



installé aux USA ou sur 1000 processeurs de l'ordinateur «Marenostrum» d'IBM installé à Barcelone.

### ***Le CERFACS et Météo-France***

Comme les quelques lignes qui précèdent l'ont montré, le CERFACS et «la météo» ont un déjà long et riche passé commun. L'implantation sur le site de la Météopole est profitable à plus d'un titre. La proximité avec Météo-France permet tout d'abord, et principalement, de fructueux échanges.

Nous pouvons travailler ensemble au développement de la modélisation et de la prévision climatique à l'aide de modèles couplés océan-atmosphère.

Nous pouvons aussi collaborer sur l'adaptation au parallélisme de divers modèles (Mésos-NH, ARPEGE, MOCAGE) et redoubler d'efforts pour l'assimilation de données, ou encore préparer les modèles océaniques qui sont maintenant exploités par MERCATOR- Océan et demain par le Centre d'océanographie opérationnelle (prochain nouvel arrivant annoncé pour la Météopole ?). La proximité offre de nombreux avantages plus matériels : l'accès facilité au centre de calcul de la DSI et, plus généralement, aux infrastructures du site, centre de conférences, cafétéria, hébergement en résidence...

Toutes choses fort appréciables quand, comme le CERFACS, on entretient des relations scientifiques étroites avec de nombreux laboratoires nationaux et étrangers.

Pour toutes ces bonnes raisons, amis de Météo-France, si vous ne connaissez pas encore le CERFACS, venez donc lui rendre une petite visite.

*Le 11 octobre 2007, quelques anciens et futurs anciens météo, en disant avec l'«alors-futur» maire de Toulouse.*



Jean-Claude André Directeur du CERFACS