Groupe thématique SMAI- MAIRCI

« *Mathématiques Appliquées, Informatique, Réseaux, Calcul, Industrie* »[*]

Raison d'être et objectifs

Ce groupe thématique de la SMAI sera par nature transverse à la SMAI. Il a notamment pour vocation de coopérer avec les autres groupes thématiques de la SMAI mais aussi avec toutes les communautés de chercheurs dont les thématiques sont à la frontière des mathématiques appliquées, de l'informatique et des applications industrielles.

Ce groupe réunira les chercheurs et industriels intéressés par les synergies scientifiques entre mathématiques appliquées, calcul scientifique, informatique, modélisation et simulation, évaluation de performances, analyse d'algorithmes, génie logiciel, calcul formel, géométrie algorithmique, etc.

Les objectifs sont classiques au sein d'une société savante : rendre le domaine plus visible auprès de la communauté scientifique, des industriels, des grands organismes et des universités ; susciter des collaborations entre chercheurs de différents domaines ; faire émerger des publications et des colloques ; assurer des liens avec d'autres sociétés savantes de domaines voisins, françaises ou étrangères.

Domaines scientifiques

L'informatique est, comme les mathématiques, tout à la fois un outil et un objet d'étude. Les interactions entre ces deux domaines et d'autres thèmes proches sont de plus en plus nombreuses, fructueuses et importantes comme on peut l'illustrer par quelques exemples.

La complexité des systèmes naturels (phénomènes physiques, biologiques, environnementaux ; objets technologiques tels que les téléphones, les voitures, les bateaux ou les avions) ou artificiels (gestion, traitement et fouilles de données) que nous pouvons envisager d'analyser n'a d'égale que la puissance des calculs que nous pouvons mener. Dans la chaîne classique, modélisation – formalisation – résolution théorique – résolution numérique – implémentation – validation – analyse des résultats, les mathématiques et l'informatique se marient en de multiples occasions.

Dans la modélisation d'un phénomène quel qu'il soit, les mathématiques (probabilités, équations aux dérivées partielles, graphes, etc.) sous-tendent la représentation que l'on en fait.

Plus les connaissances avancent, plus les modèles se complexifient et plus le recours au calcul

---

[*] *Nom provisoire. Le nom définitif sera fixé par le comité de liaison, à l'automne, lors de la réunion de constitution du groupe.*

numérique souvent intensif (méthodes de Monte-Carlo, méthodes particulaires, éléments finis, simulation, etc.) se généralise. Il devient alors nécessaire de penser à l'architecture informatique dès la modélisation : comment prendre en compte des logiques multi-échelles et de très fortes combinatoires, comment simuler des modèles simplifiés mais qui restent réalistes, comment valider l'adéquation des résultats obtenus sur le modèle simplifié à la situation initiale ?

L'évolution des architectures de calcul suscite aussi de nouveaux champs à explorer. Depuis des années nous recherchons des méthodes numériques optimales en terme de précision pour un coût donné. Ces méthodes ne prennent que rarement en compte la notion de mise en œuvre algorithmique ; en particulier sa dimension parallèle ou sa structure en cluster sont trop souvent sous estimées. Tel algorithme sous optimal sur une architecture classique devient optimal si l'on dispose de moyens de calcul distribué.

Aujourd'hui, nous voyons apparaître des machines qui promettent des performances importantes allant jusqu'aux Petaflops, mais nos codes sont ils capable d'exploiter cette nouvelle source de puissance ? Que doit on faire pour utiliser ces machines ? L'algorithmie ne devrait elle pas reprendre une place plus importante ? Ne devrions nous pas introduire une nouvelle dimension dans nos théorèmes numérique de convergence : le passage à l'échelle ?

Ici encore, la méthode de résolution à envisager influe donc sur la façon dont le problème doit être abordé initialement et les discussions entre membres de différentes communautés deviennent cruciales.

Les données que l'on possède sont de plus en plus volumineuses et hétérogènes. Leur représentation conditionne le bon usage que l'on peut en faire. Leur analyse topologique et géométrique rejoint à la fois les préoccupations des statisticiens, des géomètres et des utilisateurs. La géométrie algorithmique et le calcul géométrique ont des liens forts avec la géométrie différentielle, la géométrie algébrique, la topologie différentielle et algébrique, l'analyse non lisse, le calcul différentiel discret et l'analyse harmonique discrète.

Au moment de l'implémentation, les considérations sur les standards de représentation des nombres, sur la précision des calculs en nombres entiers ou flottants, sur l'arithmétique d'intervalles, la propagation des incertitudes, sont autant de thèmes qui intéressent mathématiciens et utilisateurs. À noter également, les aspects génie logiciel pour les codes de calcul, deviennent de plus en plus cruciaux à mesure que des problèmes toujours plus complexes sont résolus. On veut pouvoir fragmenter la complexité globale du problème en complexité spécifique à un cœur de métier (physiciens, mathématiciens, informaticiens,...) afin que chaque métier puisse intervenir dans le développement d'un logiciel et passer à l'échelle sur des méthodes encore à l'étape de prototypage.

Par ailleurs, l'ampleur des codes informatiques écrits impose de vérifier algorithmiquement leur justesse. Pour cela encore, les mathématiques apportent leur contribution sous forme des différentes façons de « prouver » des programmes. On pense ici aux méthodes formelles, aux outils de preuve de calculs algébriques ou combinatoires, à la formalisation de l'analyse numérique. Mentionnons aussi l'analyse statique où l'on modélise un programme comme des équations de point fixe dans un espace de grande dimension, dont il faut résoudre une approximation tout en garantissant que l'on ne s'écarte pas de trop de la solution initiale. Il est intéressant de noter que ces approches ont des liens forts avec les considérations sur la précision des calculs mentionnées auparavant mais aussi avec la logique, la théorie des catégories et la théorie des graphes.

D'un tout autre point de vue, les architectures informatiques et les réseaux qui en sont un maillon indispensable, sont susceptibles d'être étudiés en tant qu'objets technologiques pour en optimiser les coûts et les performances. Là encore, les possibilités de calcul des composants embarqués autorisent des usages jusqu'alors impensables et imposent la création de nouveaux paradigmes. Les mathématiques sont ici aussi, au cœur de l'enjeu car elles fournissent une partie des outils nécessaires. Les réseaux radio à plusieurs antennes sont un exemple de problème où se mélangent des considérations de traitement du signal, de communications numériques, de matrices aléatoires. Pour d'autres systèmes comme les réseaux ad-hoc, les réseaux de capteurs, les réseaux maillés, les réseaux cellulaires, l'évaluation de performances repose sur des simulations intensives, des méthodes stochastiques, de la théorie des graphes, de la théorie des jeux, du contrôle aussi bien déterministe que stochastique, etc. À une échelle plus humaine, les réseaux sociaux et technologiques (Internet, Facebook, transmission d'épidémie) suscitent de vives recherches en modèles de graphes aléatoires pour la détection de communauté, l'évaluation de la résistance aux attaques ou au contraire la sensibilité aux mesures prophylactiques dans le cas des épidémies.

Toutes ces études nécessitent des collaborations entre mathématiciens, informaticiens et ingénieurs qui sont plus à même de décrire les principes de fonctionnement et les questions à résoudre.

Fonctionnement

Lors de la réunion de constitution, qui aura lieu à l'automne, le comité de liaison définira le mode de fonctionnement du groupe, en s'inspirant de celui des groupes thématiques existants. Le nom définitif sera fixé à ce moment-là. Ce nom devra refléter les différents sensibilités scientifiques du groupe et l'orientation résolument industrielle d'une partie de ses activités.

Contributeurs au présent document

F. Abergel (Ecole Centrale de Paris), Y. Achdou (Paris 7), M. Aiguier (Ecole Centrale de Paris), O. Bardou (GDF Suez), C. Baehr (Météo France/CNRS GAME), C. Berthelot (BULL), J.D. Boissonnat (INRIA), T. Bonald (Orange Labs), M. Bouhtou (Orange Labs), S. Bouthemy (GDF Suez), P. Chassaing (IECN), F. Chazal (INRIA), S. Cordier (Orléans), P.L. Curien (Paris 7), L. Decreusefond (Telecom ParisTech), J. Erhel (IRISA), F. Faure (Grenoble), P. Frey (Paris 6), F. Hecht (Paris 6), J. Galtier (Orange Labs), E. Goubault (CEA), C. Graham (CMAP), D. Krob (LIX), S. Lanteri (INRIA), P. Lascaux (SMAI), P. Leca (CEA), V. Louvet (Lyon), F. Magoules (Ecole Centrale de Paris), I. Manolescu (INRIA), O . Pironneau (Paris 6), M. Postel (Paris 6), C. Prud'homme (Grenoble), P. Valduriez (INRIA), P. Zimmermann (INRIA/LORIA).