

## **Académie des sciences**

### **Groupe d'initiative pour le calcul scientifique**

#### **Rapport du 6 Décembre 2006**

**Membres :** C. Amatore, J.C. André, F. Baccelli, S. Candel, J. Dercourt, F. Combes, J. Laskar, G. Laval, M. Lesieur, G. de Marsily, O. Pironneau (responsable), P. Perrier.  
Avec la coopération de A.Fuchs (ENSPC) et P. Lallemand (CNRS)

#### **Résumé et premières recommandations**

Le groupe d'initiative pour le calcul scientifique de l'Académie des sciences (GdI) rassemble des spécialistes d'une large gamme de disciplines utilisant le calcul à haute performance. Ce groupe s'est donné pour objectif d'émettre rapidement des avis et des recommandations sur les problèmes actuels dans ce domaine. Les principales conclusions élaborées par le GdI concernent les moyens de calcul, l'organisation, les moyens humains, les logiciels, les coopérations et les projets.

Dans le domaine des **moyens de calcul**, le groupe considère qu'il faut combler au plus vite le retard dans l'équipement en machines de pointe des centres nationaux ouverts à la recherche publique. A cet effet, le groupe considère qu'il est urgent de dégager des moyens financiers de l'ordre de 20 à 40 M€/an et apprécie les annonces faites par le Ministère de la Recherche de financer les moyens de calcul à hauteur de 25 M€/an pendant 4 ans. Il insiste sur la nécessité d'une planification à long terme et recommande de maintenir cette dotation financière dans la durée

En ce qui concerne **l'organisation**, la prospective sera faite par Comité stratégique pour le calcul intensif, alors que les crédits seront gérés par société civile GENCI tous deux en création. Le GdI insiste sur la nécessité de la représentation des chercheurs dans ces instances de décision. Il propose aussi de promouvoir immédiatement la participation et la coopération européenne en matière de calculs intensifs et accueille très favorablement les propositions de centre européen de calcul de [Ter@tec](#) mais il souligne l'absolue nécessité d'explicitier clairement l'accès qu'auront les chercheurs à ce type de centre.

Le groupe considère que les **moyens humains** sont essentiels et recommande d'aider les équipes les plus engagées dans les calculs de pointe par une valorisation du calcul scientifique, par le biais des projets ANR ; Il souligne l'importance des attributions de post-docs, et surtout du recrutement de chercheurs et d'ingénieurs.

Dans le domaine des **logiciels**, le groupe considère qu'il faut favoriser le regroupement des compétences, le développement des réseaux de systèmes d'experts en logiciels et qu'il faut encourager le développement de codes mutualisés fiables, optimisés et ambitieux, pouvant être utilisés par des communautés suffisamment nombreuses.

Le groupe propose de favoriser les **coopérations** entre chercheurs spécialistes de mathématiques appliquées, experts du génie logiciel et modélisateurs par la création d'équipes multidisciplinaires.

Le groupe propose notamment d'encourager les **projets** d'envergure montés par des équipes multidisciplinaires sur des thèmes porteurs en particulier par le biais du programme thématique sur le calcul scientifique de l'ANR..

## ***Présentation des objectifs***

Le calcul scientifique et la simulation numérique ont pris une importance considérable dans la plupart des domaines scientifiques et dans la majorité des applications technologiques. Outils d'investigation complémentaires mais indispensables à l'analyse et à l'expérience, le calcul et la simulation numérique sont aussi largement utilisés pour concevoir, optimiser et réduire les risques de développement dans tous les domaines de l'activité économique. La simulation numérique est aussi largement utilisée pour analyser des problèmes critiques pour l'avenir comme celui de l'environnement et du changement global. Dans de très nombreux secteurs, la connaissance scientifique est aussi désormais largement dépendante du traitement numérique de grandes quantités de données. L'évolution rapide observée dans tous les domaines et l'importance stratégique du calcul scientifique ont conduit l'Académie des Sciences à proposer la formation d'un Groupe d'Initiative (GdI) qui pourrait à partir d'une analyse des enjeux et de la conjoncture faire des recommandations pour le développement de ce domaine en France. Le constat initial est celui d'un recul des positions de notre pays dans le domaine très compétitif des simulations extrêmes. Si cette évolution, mise en évidence dans une enquête aux frontières de la simulation réalisée par l'Académie des Technologies ou encore dans un rapport récent rédigé pour le Ministère de la Recherche, devait se poursuivre, elle aurait des conséquences négatives sur le développement scientifique et technique de la France. Il était donc urgent d'analyser les tendances actuelles et de rechercher les solutions qui pourraient permettre de retrouver un bon niveau dans la course scientifique et technologique engagée dans ce domaine. Comme il existait déjà plusieurs rapports sur le sujet, le travail du groupe s'est trouvé facilité. Partant d'une évaluation critique puis d'une synthèse des points de vue exprimés dans ces rapports, l'objectif était essentiellement de faire des recommandations pour engager une nouvelle dynamique dans les domaines du calcul scientifique et de la simulation.

## ***Méthodes de travail***

Les travaux du Groupe d'Initiative se sont développés à partir de 4 réunions :

- la première, le 21 Février 2006 avait pour objet de faire un point sur la situation de la recherche en France en utilisant comme base le rapport établi pour le Ministère de la Recherche dit « rapport Héon – Sartorius » de 2005,
- la deuxième, le 30 Mai 2006 était consacrée à une analyse de la situation internationale avec notamment une synthèse du contenu du rapport établi aux Etats-Unis par « President Information Technology Advisory Committee ».
- la troisième réunion tenue le 4 Juillet avait pour objet de traiter des rapports entre la recherche en calcul scientifique et les applications industrielles, un sujet abordé dans

un rapport récent de l'Académie des technologies de 2005 intitulé « Enquête aux frontières de la simulation numérique ».

- la quatrième, le 5 Décembre 06, a portée sur les projets du ministère de la recherche et du CEA/Teratec.

Au cours des quatre réunions, la discussion a aussi porté sur les aspects spécifiques du calcul en météorologie, climatologie, hydrogéologie, mécanique, astronomie et chimie, avec en particulier un exposé de A. Fushs de l'ENSCP sur les nouvelles méthodes de calcul dans ce secteur. Le problème des moyens de calcul disponibles pour la recherche a été soulevé et une recommandation a été élaborée dès le mois de juillet sur ce sujet.

## ***Un bref historique et une évaluation de la situation actuelle***

Il est utile de rappeler que les ordinateurs étaient initialement conçus pour réaliser des calculs scientifiques avec comme premières applications les armes nucléaires, la météorologie et le guidage des fusées.

Dans les années 1970, les développements étaient principalement centrés sur les domaines de la mécanique, de l'aéronautique de la météorologie et de l'exploration pétrolière. On assistait alors à une explosion des recherches sur les méthodes de calcul scientifique avec l'apparition de revues scientifiques dédiées au calcul (par exemple le Journal of Computational Physics). Des codes industriels faisaient leur apparition et permettaient de traiter les problèmes principalement rencontrés en conception mécanique au moyen de la méthode des éléments finis. Le calcul scientifique s'était rapidement développé dans les secteurs industriels de pointe et il était devenu d'usage courant. Des progrès considérables étaient réalisés dans les années quatre-vingt au niveau des logiciels avec l'apparition des terminaux alphanumériques puis graphiques et des stations de travail pourvus d'outils de visualisation évolués. Des développements marquants concernaient les outils informatiques, les langages de programmation, l'interface homme machine, les méthodes de conception assistée par ordinateur, les applications temps-réel. Les années quatre vingt dix ont été celles d'une croissance remarquable des applications dans des domaines dans lesquels le calcul était encore relativement peu représenté comme la biologie, la génomique, les nanosciences et les nanotechnologies ou les mathématiques financières. Des avancées étaient notamment réalisées en chimie ab-initio, dans le domaine des matériaux, dans de nombreux problèmes multi-échelles de la physique, dans l'analyse de la turbulence et des écoulements réactifs, dans les simulations des problèmes d'environnement et de changement global, dans l'assimilation des données et la prévision météorologique.

Au cours des quarante dernières années, le calcul scientifique s'est appuyé sur une croissance continue des performances du matériel informatique, une croissance exponentielle (suivant la loi de Moore) des puissances de calcul et des tailles mémoire disponibles. Des architectures vectorielles développées dans les années 70 (notamment par Cray) donnaient naissance à une nouvelle génération de superordinateurs. Les architectures de calcul parallèle introduites dans les années 90 permettent d'atteindre des performances inégalées par l'utilisation de grands nombres de processeurs effectuant des calculs simultanés. Les architectures parallèles, utilisant l'interconnexion d'un très grand

nombre de processeurs au sein d'une seule machine, ont permis une croissance de la puissance de calcul largement supérieure à celle que l'on pouvait espérer de la loi de Moore. L'informatique de pointe a été dominée successivement par CDC, Cray, Fujitsu et actuellement IBM avec la machine Blue-Gene. Les Etats-Unis et le Japon fournissent la majorité des machines les plus performantes. Ces machines équipant des centres de calcul à haute performance sont répertoriées depuis quelques années dans un classement désigné sous le nom de « TOP 500 ». Ce classement fondé sur une analyse des performances obtenues dans la résolution de problèmes linéaires au moyen de la bibliothèque de programmes Linpack, donne une indication sur les puissances de calcul installées et il constitue une mesure de la position respective de chacun dans le domaine du calcul extrême.

Le calcul scientifique n'est pas uniquement réalisé sur les machines les plus performantes. Une bonne partie des développements et de nombreux calculs sont effectués sur des moyens locaux de taille plus réduite mais plus facilement accessible. Les stations de travail, des ordinateurs personnels en réseau ou encore des fermes d'ordinateurs sont largement utilisés dans l'industrie et dans les laboratoires, des machines parallèles de taille intermédiaire formées par l'assemblage d'une dizaine à une centaine de processeurs sont aussi disponibles pour les calculs de taille moyenne. Beaucoup de développements sont actuellement menés par le biais du réseau en donnant accès à des machines virtuelles formées par la mise en œuvre de la puissance disponible sur un très grand nombre de machines. On aboutit ainsi à des « grilles de calcul » de très grandes puissances théoriques. L'Europe, qui ne disposait plus d'une industrie informatique de pointe investit beaucoup dans ces concepts.

Dans un contexte général très évolutif et particulièrement compétitif, il est difficile d'évaluer la position de la recherche française. Le domaine très vaste qui fait l'objet de ce rapport n'est pas facilement analysé en bloc. Il faudrait en effet examiner des situations variées en fonction des secteurs scientifiques. Dans certains cas, les succès ont été réels et ils ont été concrétisés au plan industriel (un exemple marquant est celui du développement de CATIA, un logiciel de conception assisté par ordinateur largement répandu dans l'industrie). Dans d'autres domaines, la situation est plus contrastée. Enfin dans certains cas, le développement du calcul scientifique a été tardif et l'effort a été insuffisant. De façon globalisée, on peut dire que la France était relativement bien placée dans le domaine du calcul scientifique, notamment parce que les chercheurs et les ingénieurs disposaient d'une formation théorique en mathématiques plus approfondie que leurs équivalents anglo-saxons. D'un autre côté ces atouts auraient pu permettre d'atteindre une position plus forte, mais d'autres facteurs conditionnaient la compétitivité scientifique. De façon rétrospective, on peut se demander si les ressources humaines et matérielles engagées dans sur ce thème ont été à la hauteur des enjeux. Les deux grands centres de calcul ouverts à la recherche académique ont réalisé un travail remarquable d'organisation des moyens, de gestion des ressources et de formation au calcul à haute performance. Malgré la qualité du travail réalisé par les deux centres nationaux, le matériel n'est plus à la mesure des besoins et la position de ces deux centres s'est notoirement dégradée dans le classement du TOP 500. Pour les ordinateurs du TOP 500

repérés comme « academic » soit environ 190 à 230 machines, la France figurait pour 13 machines en 2000, pour 9 machines en 2003 et pour cinq machines en 2004 et la France a maintenant pratiquement disparu de ce classement (au niveau des machines ouvertes à la recherche académique). Les ressources pour le calcul extrême sont clairement insuffisantes et cela constitue un handicap majeur pour la recherche scientifique dans son ensemble.

Sur le plan des ressources humaines, le calcul scientifique a été rarement considéré comme un enjeu majeur dans la plupart des secteurs scientifiques qui ont surtout privilégié des aspects plus classiques de la recherche et le recrutement de chercheurs sur ce thème a été relativement faible quand on le compare aux recrutements traditionnels d'expérimentateurs ou de théoriciens. L'aide technique en ingénieurs a été dans la plupart des cas notablement insuffisante. Le recrutement n'a pas été très ciblé et il est resté cloisonné par discipline. Les équipes émergentes les plus dynamiques n'ont été que rarement confortées et il en a résulté une grande fragilité.

## ***La situation en France***

**Le rapport dit « Héon-Sartorius »** du Conseil Général des Technologies et de l'Inspection Générale de l'Administration de l'Education Nationale et de la Recherche, publié en 2005, analyse assez bien la situation. Cinq faits nouveaux depuis sa rédaction méritent d'être mentionnés :

- La création de l'Agence Nationale pour la Recherche et le lancement d'un appel à projet de calcul scientifique dans le cadre de l'ANR.
- Le projet de création de la société civile GENCI comme structure placée au dessus des centres nationaux Idris, Cines et CCRT et un financement projeté de 25M€/an pendant 4 ans.
- Le projet de création d'un comité stratégique pour le calcul intensif chargé de recommandation scientifique et de prospective pour le Ministère de la recherche.
- Le projet multipartite européen d'équipement en calculateur « petaflopique » et et la mise en place d'une "task force" (HET, pour "HPC in Europe Task Force") dans le cadre de la préparation des actions du 7ème PCRD.
- L'action du CEA, avec d'une part la nouvelle machine de la DAM (Tera10, conçue par Bull dédiée aux applications militaires), et d'autre part sa proposition spécifique de financement d'un nouveau centre par [Ter@tec](#) avec l'aide de la région et une proposition d'extension vers une nouvelle machine européenne.
- Le relatif désintéressement du ministère pour les meso-centres
- L'échec de l'appel d'offre en 2006 pour le renouvellement du matériel au Cines.

Dans cette liste, certains éléments sont positifs et ils vont dans le sens du rapport. C'est le cas par exemple de la création de l'ANR et de la mise en place d'un programme thématique sur le calcul scientifique. C'est aussi le cas de la création de GENCI et de l'annonce de financements projetés sur 4 ans. La proposition Ter@tec met clairement en évidence que ne pourront aboutir que les projets comprenant un élargissement à l'Europe d'infrastructures déjà existantes. Toutefois le projet Ter@tec ne serait ouvert qu'aux participants et il impliquerait une participation au financement d'au moins à 50% du Ministère de la recherche ou du CNRS pour ouvrir l'accès aux chercheurs à ce futur centre.

D'un autre côté le non-renouvellement des machines du Cines a été vécu comme un signe négatif par la communauté des chercheurs et la situation actuelle dans le domaine du calcul est tendue. Cette situation a conduit le GdI à rédiger une recommandation spécifique car le retard aux décisions de renouvellement de matériel dû à une mise en place de ces nouvelles instances complique une situation déjà catastrophique. Dans ce contexte, il convient de réaffirmer que le besoin en ressources de calcul des chercheurs reste une priorité. Le GDI reconnaît l'intérêt de structures mixtes industrie-recherche mais considère aussi que cette nouvelle organisation ne doit pas conduire à une réduction des ressources qui seront finalement accessibles aux chercheurs et qu'il faut donc que cette évolution ne remette pas en cause le financement des centres nationaux ouverts à la recherche (IDRIS et Cines).

Le rapport Héon-Sartorius fait un constat assez sombre de la situation, sans toujours chercher les causes profondes de ce qui est observé. Quelques critiques auraient pu être nuancées par la prise en compte des conditions défavorables qui ont prévalu au cours de la période considérée. Les succès obtenus dans beaucoup de domaines pourraient certainement permettre de baliser les évolutions futures.

Les points de vue exprimés dans le rapport Héon-Sartorius sont généralement partagés par le GdI notamment pour ce qui est des propositions constructives faites pour relancer la dynamique de recherche,

L'encadré ci-dessous rappelle les principales recommandations de ce rapport

R1	Créer un comité stratégique du calcul scientifique	Objectif : remettre au gouvernement tous les ans un rapport de synthèse pour permettre un financement et une politique par projet
R2	Comblent le retard français en calcul intensif	IDRIS et Cines devraient disposer au minimum d'un budget d'investissement annuel de 5M€. Idéalement il faudrait quadrupler cet effort à 20M€ et le placer dans le cadre d'un TGE pour faciliter la planification et appuyer les réalisations sur les compétences existantes.
R3	Restructurer les acteurs du calcul intensif	Créer pour l'Idris et le Cines une structure juridique et directoriale unique tout en gardant le centre de l'IN2P3 indépendant. Concilier le besoin d'harmonisation, la politique de calcul et l'efficacité de gestion au quotidien en créant une « Société Civile du Calcul Intensif »
R4	Renforcer la coopération européenne	Création et gestion d'un très grand ordinateur européen. Pas de contradiction avec le besoin de moyens nationaux
R5	Gérer la disparition	Faire l'état des lieux sur le passage du vectoriel au parallèle

	du calcul vectoriel	
R6	Développer les synergies en matière de logiciels	Le CERFACS pourrait servir de base et cristalliser les synergies. Faut-il créer une filiale pour profiter de son savoir-faire ? Améliorer la méthodologie de développement des grands codes. Consolider les résultats de la recherche dans des codes mutualisés, fiables, optimisés, susceptibles d'applications industrielles. Favoriser le développement de nouvelles applications (nano, bio). Tirer partie du regroupement de compétences en Ile de France Sud
R7	Développer un réseau d'experts	Besoin de veille technologique. Besoin d'experts en architectures. Besoin d'experts en programmation capables de développer les outils nécessaires. Faire émerger un réseau d'experts. Favoriser dans le système de l'Education Nationale la formation au calcul intensif. Les jeunes chercheurs doivent apprendre à voir grand.
R8	Accroître et pérenniser les moyens financiers	<b>Il n'y aura pas de politique française ambitieuse en matière de calcul intensif si on n'investit pas 20M€/an, cette somme pouvant ponctuellement dépasser les 40-45M€ en cas de projet européen.</b>

Ces recommandations ont été largement débattues et nous ont conduit aux conclusions suivantes :

- Le GdI considère que le problème de l'équipement en moyens informatiques de pointe disponibles pour la recherche est de toute première importance et doit être traité en première priorité Rien ne pourra être fait sans cela en France.
- Le GdI souhaite que le matériel soit choisi en adéquation aux besoins de la recherche en l'absence de pressions politiques et commerciales sur le choix des machines.
- Il est très favorable au projet de centre européen à trois partenaires avec renouvellement de chaque machine tous les 3 à 4 ans mais sans que cela retarde les investissements nécessaires dès maintenant dans les centres nationaux.
- Il remarque que les grands centres de calcul constituent seulement une des réponses au problème et que des moyens dédiés pourraient être affectés à certaines équipes excellentes dans leurs domaines mais littéralement paralysées par le manque de ressources. Il faut donner les moyens en priorité à ces équipes et compter sur l'effet « tâche d'huile » pour résoudre les points R3 et R6 du rapport. Il note cependant que les moyens devraient être accordés en priorité aux centres ouverts à l'ensemble de la communauté scientifique.

Une partie du budget pourrait être utilement gérée par thème, car le risque existe d'accumuler un retard excessif sur des projets d'envergure comme par exemple celui de la simulation de la fusion nucléaire contrôlée (Projet Iter). Il ne faudrait pas cependant mettre la totalité du budget dans ce type de programme « phare » au risque d'asphyxier les autres domaines. Parmi les thèmes prioritaires, il faut aussi prendre en compte les techniques de validation des calculs, problème sur lequel bute actuellement la climatologie.

## ***La Situation Internationale***

Aux Etats-Unis les industriels de l'informatique de pointe sont puissants et ils ont obtenu une existence légale pour le calcul scientifique au travers du « High Performance

Computing Act ». Les départements de l'énergie et celui de la défense jouent aussi des rôles majeurs par le biais de grands programmes tels que ASCI (Scientific Computing Initiative). Le rapport PITAC (2005) résume assez bien la situation du calcul scientifique ainsi que les développements à venir. L'importance du calcul scientifique dans le domaine de la recherche est résumée dans la phrase suivante tirée de ce rapport :

*« With theory and experimentation, computational science now constitutes the “third pillar” of scientific inquiry enabling researchers to build / test models of complex phenomena – such as : multi-century climate shifts, multidimensional flight stresses on aircraft, and stellar explosions – that cannot be replicated in the laboratory, manage huge volumes of data... »*

Au moment où il apparaît, le calculateur « Earth-Simulator » japonais possède les performances les plus élevées (40 Teraflops) et le rapport PITAC n'hésite pas à qualifier de « Sputnik II » ses possibilités de calcul, en particulier pour les nano-technologies et la chimie avec cette fois les japonais dans le rôle des russes..

Les principales recommandations du rapport PITAC sont données ci-dessous (un rapport de la NSF de 2006 sur le calcul scientifique arrive aussi aux mêmes conclusions) :

P1	<b>Importance</b>	Les sciences du calcul seront l'outil majeur du 21 <sup>ème</sup> siècle.
P2	<b>Changer les mentalités</b>	La rigidité au sein des disciplines est l'obstacle majeur au développement du calcul scientifique. Il faut encourager les échanges interdisciplinaires et favoriser la création de programmes mixtes et même changer la structure des universités et des agences de financement trop sectorisées par discipline.
P3	<b>Planification</b>	Devant la quasi-carence actuelle il faut concevoir et mettre en œuvre un plan de développement sur plusieurs décades entre le gouvernement, le monde universitaire et les industriels.
P4	<b>Organisation</b>	Les universités doivent changer leurs modes de fonctionnement pour encourager la recherche coopérative et instaurer un système de gratification de celle-ci.
P5	<b>Créer des réseaux</b>	Créer des structures qui interconnectent des centres d'excellence capables d'approvisionner en logiciels et en base de données les équipes de recherche ainsi que de les conseiller pour améliorer leurs compétences.

Le GdI ne peut qu'approuver les propositions du PITAC car l'analyse des problèmes s'applique aussi bien à l'Europe ; en France, notre avantage relatif est peut-être d'autoriser plus facilement le décloisonnement grâce à la structure centralisée des instances de la recherche.

Cependant, le rapport du PITAC ne soulève pas de problème de sous-équipement aux Etats-Unis, alors que ces problèmes sont très présents en France et ont été largement soulignés plus haut.

Au Japon, le gouvernement a défini les grandes lignes de la relève du « Earth Simulator » mais il ne pense pas pouvoir reprendre la tête du TOP 500 avant plusieurs années. Un nouveau défi a été lancé dans le cadre du programme Keisoku dans lequel le Japon s'engage dans la course au Petaflops avec le projet d'atteindre 10 Petaflops en 2011. Le



Japon s'inquiète cependant du manque de spécialistes en calcul scientifique et encourage les formations pluridisciplinaires.

En Allemagne, quatre super ordinateurs ayant des performances supérieures à 10 Teraflops ont été financés dont deux sont déjà à la disposition des chercheurs. Ainsi par exemple le Centre de recherche de Juelich vient d'inaugurer un nouveau système IBM Blue Gene d'une puissance de 45 Teraflops. On peut estimer à 40 M€ l'investissement allemand en machine haute performance (c'est à dire 10 fois plus qu'en France !)

Au Royaume-Uni, le rapport « Strategic Framework for High End Computing » recommande aussi de former plus de spécialistes et propose une feuille de route pour des investissements au moins égaux à 26 Millions de livres par an. L'université de Bristol a commandé un système IBM d'une performance crête de 13 Teraflops.

On peut aussi rappeler que le plus gros ordinateur européen (« Mare Nostrum ») se trouve à Barcelone et que les pays nordiques sont traditionnellement richement équipés par rapport aux nombres de chercheurs. Ainsi par exemple la Norwegian University for Science and Technology s'est équipée d'un système IBM comprenant 992 processeurs d'une puissance crête de 7.5 Teraflops.

En Inde et en Chine, même si les financements existent, la réalité pour le chercheur est encore en deçà des moyens européens mais il est probable que le retard soit comblé dans un futur proche.

## **Références**

- PITAC report: Computational Science: Ensuring America's Competitiveness President's Information Technology Advisory Committee June 2005.
- Rapport au ministre du Conseil Général des technologies de l'information sur : La politique française dans le domaine du calcul scientifique *Mars 2005* Emmanuel SARTORIUS Michel HÉON N° II-B-14-2004 N° 2005-017.
- RAPPORT du groupe de travail " Simulation " de l'Académie des Technologies : Enquête sur les frontières de la simulation numérique Mai 2005.
- Prospective sur le calcul intensif : la vision de l'INRIA - 21 février 2005 Stéphane Lanteri.
- Recommendation on the Installation of European Supercomputers Wissenschaftsrat Drs. 6341/04 Hamburg, 12 November 2004 .
- EPSRC : international review of research using high performance computing in the UK background data August 2005.

- Teragrid : American and European supercomputing infrastructures linked through a common wide-area global file system [www.deisa.org](http://www.deisa.org) Prospective CNRS En collaboration avec le CEA/DSM pour les thématiques communes ( S. Joussaume – INSU, à paraître).
- Le climat du XXIème siècle et les simulations frontières : atelier organisé au CERFACS le 1er septembre 2004.
- A Report of the National Science Foundation Blue Ribbon Panel on Simulation-Based Engineering Science Revolutionizing Engineering Science through Simulation February 2006.