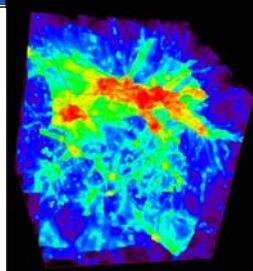


DOSSIER DE PRESSE



Centre de Calcul Recherche et Technologie (CCRT)

Mercredi 16 avril 2008

CONTACT PRESSE : CEA / Service Information-Média

Stéphane LAVEISSIERE Tél. : 01 64 50 27 53 - stephane.laveissiere@cea.fr

CEA Saclay / Siège
Direction de la Communication
Service Information-Média
91191 Gif-sur-Yvette Cedex
Tél. : (33) 01 64 50 20 11
Fax : (33) 01 64 50 28 92
www.cea.fr/presse

Sommaire :

Le Centre de Calcul Recherche et Technologie (CEA – CCRT)

- 3 La simulation numérique haute performance**
- 5 GENCI – Grand Equipement National de Calcul Intensif**
- 10 Le Centre de Calcul Recherche et Technologie (CCRT)**
- 13 Le TGCC, Très grand centre de calcul**
- 15 Le mur d'images « MIRAGE »**
- 16 3 démonstrations de simulations numériques**
 - 16 Modélisation des effets des séismes, de la faille aux structures
 - 18 Projet Horizon : la simulation numérique repousse les limites de la connaissance de l'Univers
 - 20 Sciences du vivant : simulation d'un examen d'imagerie TEP 'corps entier'
- 22 BULL - le supercalculateur NovaScale : puissance et innovation**
- 24 BULL – Calcul haute performance : un enjeu de société majeur, et un engagement stratégique de Bull**
- 26 Le CEA, acteur clef de la recherche technologique**
 - 27 La Direction des applications militaires, pôle Défense du CEA
 - 29 Le centre DAM – Ile de France
- 30 Lexique institutionnel

Images de couverture :

Gauche : Vue sur mur d'images d'une simulation numérique de l'univers.

© CEA

Droite : Vue d'une salle du CCRT, 2007.

© Cadam/CEA

La Simulation numérique haute performance

Les enjeux de la simulation

La simulation numérique par le calcul intensif est devenue un outil essentiel de la recherche scientifique, technologique et industrielle. Elle permet :

- de remplacer les expériences quand elles sont dangereuses (accidents), de longue durée (climatologie), inaccessibles (astrophysique) ou interdites (essais nucléaires) ;
- de réaliser des gains de productivité en procurant un gain de temps, en optimisant les performances.

Le calcul intensif conditionne le progrès dans de nombreux domaines de recherche : les matériaux et la chimie moléculaire, les sciences de la terre et du climat, l'énergie, la biologie et la bioinformatique, la mécanique des fluides et la combustion, les nanosciences et nanotechnologies, la sécurité. Dans l'industrie, de nombreux domaines sont déjà concernés, comme la conception et l'optimisation pour le transport, la microélectronique, l'énergie et la santé.

Les grands défis du calcul intensif concernent les approches multiéchelles et multidisciplinaires, le développement des architectures informatiques (matérielles et logicielles) permettant d'accéder aux très grandes puissances, ainsi que la maîtrise des très grands volumes de données.

D'après une étude de marché menée en 2006¹, plusieurs grands secteurs industriels auront besoin de puissances de calcul de l'ordre du pétaflops² en 2010 pour rester compétitifs. Tous les grands secteurs de l'économie sont concernés avec, pour les plus importants, les sciences de la vie, le transport aéronautique et automobile, et la défense.

Le CEA, acteur majeur de la simulation numérique, et l'initiative Ter@tec

En 2005, les travaux de l'Académie des technologies sur la simulation numérique estimaient la situation française préoccupante. La dernière édition du Top 500 publiée dans le cadre des conférences Supercomputing 2006 et 2007 montre un secteur largement dominé par les États-Unis (40 % de la puissance). L'Asie (notamment le Japon et la Chine) poursuit sa progression, alors que l'Europe accuse un certain retard (20 % de la puissance).

La France dispose, avec le Complexe de calcul scientifique du CEA, d'un des plus puissants centres de calcul européens (100 téraflows)³, composé du supercalculateur Tera-10, dédié aux applications de Défense, et du CCRT (Centre de calcul recherche et technologie), ouvert à des partenariats avec l'industrie et la recherche. Ce dossier de presse est consacré à la présentation du CCRT et de ses évolutions.

¹ Source : IDC juin 2006 WW HPC server market

² Pétaflows : 1 million de milliards d'opération par seconde.

³ Téraflows : mille milliards d'opérations par seconde (0,1 pétaflows)

La décision de regrouper à Bruyères-le-Châtel les moyens de calcul haute performance pour toutes les activités du CEA a fourni l'opportunité d'ouvrir ces derniers à de nouveaux partenaires scientifiques et industriels régionaux, nationaux et européens ayant des besoins dans ce domaine et de répondre aux grands défis de l'utilisation du calcul intensif.

Cette dynamique s'est concrétisée par la création, à l'initiative du CEA, de la structure Ter@tec qui rassemble aujourd'hui 50 partenaires⁴ du milieu industriel et académique.

Ter@tec facilite l'émergence de projets communs de R & D, favorise le développement de compétences (formations, séminaires, ...) et offre à ses partenaires un accès aux moyens de calcul du CCRT. Ter@tec est intégré au pôle de compétitivité System@tic Paris-Région consacré aux logiciels et systèmes complexes.

Ter@tec, en liaison avec la communauté de communes de l'Arpajonnais, vient de confier à la société Sodearif, filiale de Bouygues, la réalisation d'un « campus », qui permettra d'accueillir près de 1 000 personnes à partir de 2010. Il sera implanté à Bruyères-le-Châtel.

Les décisions

Le 13 mai 2005, des décisions structurantes ont été annoncées lors de la visite de François Fillon (alors ministre de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche) et de François d'Aubert, ministre délégué à la Recherche, sur le centre CEA DAM-Île de France, à Bruyères le Châtel :

- la création de GENCI (Grand équipement national de calcul intensif), chargé de financer et de mettre à la disposition des chercheurs des moyens de calcul intensif au meilleur niveau international ;
- la construction d'un grand calculateur européen. Ce projet, dénommé Prace (Partnership for advanced computing in Europe), est aujourd'hui soutenu par un consortium de quinze pays. L'Etat Français, candidat pour l'accueil du supercalculateur européen, est représenté par GENCI. Ce prépositionnement donne à la France une chance unique de voir sur le sol français le premier complexe de calcul européen. Cette infrastructure est stratégique pour l'ensemble de la recherche et de l'industrie. Elle implique pour son fonctionnement plusieurs centaines d'emplois de haut niveau et des milliers d'emplois indirects.

⁴ Les partenaires de Ter@tec :

Airbus, Alcatel Lucent, Andra, ANSYS-Fluent, Aria Technologies, Bertin technologie, Bull, Caps entreprise, CEA, Cenaero, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Cerfacs, ClusterVision, CNRS, CS-Communication et Systèmes, Dassault Aviation, DataDirect Networks, Distène SAS, EADS, École Centrale Paris, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, École Normale Supérieure de Cachan, École Supérieure d'Ingénieurs Léonard de Vinci, EDF, ESI Group, Eurobios, Fujitsu France, HP France, INRIA, Institut Français du Pétrole, Institut National des Télécommunications, Intel France, Microsoft France, Numtech, Open Cascade, Oxalya, Principia, Serware, SGI France, Snecma-Groupe Safran, ST Microelectronics, Sun France, Supelec, Total, Transtec, Université de Versailles Saint Quentin-en-Yvelines.

Conseil Général de l'Essonne, Communauté de Communes de l'Arpajonnais, Ville de Bruyères-le-Châtel, Ville d'Ollainville.



Grand Equipement National de Calcul Intensif⁵

Un outil stratégique pour la recherche et l'industrie du XXI^e siècle

Désormais incontournables aussi bien pour la recherche scientifique que pour l'innovation industrielle, la modélisation et la simulation sur ordinateur sont devenues une condition nécessaire du progrès scientifique dans des domaines aussi variés que la climatologie, la chimie quantique, la biologie, la fusion contrôlée ou les nanotechnologies.

Aussi la simulation numérique par le calcul intensif est devenue une démarche essentielle de la recherche scientifique à côté de la théorie et de l'expérience. Ses résultats les plus connus du grand public sont les modèles climatiques utilisés par le GIEC⁶, l'élucidation des mécanismes de formation de l'univers en astrophysique, l'étude de nouveaux systèmes de production d'énergie (ITER, EPR), la conception des avions civils et de lanceurs spatiaux, la recherche de nouvelles molécules pharmaceutiques, etc.

Pour favoriser la compétitivité scientifique française sur le plan international et pour accroître les retombées scientifiques et industrielles du calcul intensif, le ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche a mis en place, à partir des recommandations du rapport⁷ de MM Heon et Sartorius, un dispositif exceptionnel comprenant :

- une programmation dans le cadre de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), visant "*à promouvoir l'utilisation dans les domaines applicatifs en s'attaquant à des grands défis ou en favorisant le développement de grands codes disciplinaires et de développer la recherche informatique nécessaire pour réaliser de telles actions*"⁸. L'appel à projet s'est appelé « Calcul Intensif et Simulation » et est maintenant intégré au programme « Conception et Simulation »⁽⁹⁾. Ainsi, durant les années 2005 à 2007, ce programme a financé 36 projets de recherche dans le domaine du calcul intensif en leur apportant un financement de plus de 20 M€. Plus de détails sur le site de la structure support au CEA⁽¹⁰⁾.
- la société civile Grand Equipement National de Calcul Intensif (GENCI), Maîtrise d'Ouvrage nationale dont l'objectif est de mettre au service de la recherche française des moyens de calcul au meilleur niveau mondial. Créée en janvier 2007, GENCI est détenue à 50 % par l'État représenté par le ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 20 % par le CEA, 20 % par le CNRS et 10 % par les Universités. Son budget annuel¹¹ de 25 M€ permet de doubler, à partir de 2007, les moyens mobilisés par la France pour le calcul intensif, et ainsi de rattraper le retard face à d'autres grands pays européens, comme l'Allemagne.

⁵ Site web de GENCI : <http://www.genci.fr>

⁶ GIEC : Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat.

⁷ Rapport IGAENR-CGTI : MM M.HEON et E.SARTORIUS, « la politique française dans le domaine du calcul scientifique », <http://www.recherche.gouv.fr/rapport/calcul/2005-017.pdf>

⁸ Discours de François d'Aubert, lors de sa visite au CEA/DAM Ile de France le 13 mai 2005, en compagnie de François Fillon.

⁹ Tous détails sur le serveur de l'ANR : <http://www.agence-nationale-recherche.fr/AAPProjetsClos?NodId=18&IngAAPId=163>

¹⁰ www-anr-ci.cea.fr

¹¹ Communiqué de presse de Monsieur François Goulard du 25 janvier 2007.

- le Comité Stratégique du Calcul Intensif (CSCI)¹², placé auprès de la ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, est chargé de conduire des réflexions et d'exprimer des avis sur l'acquisition et le renouvellement des équipements « super calculateurs » nationaux, sur leur utilisation dans les meilleures conditions par toute la communauté scientifique, ainsi que sur la participation française aux coopérations internationales et européennes.

GENCI : des missions de coordination et de promotion

Elles sont précisées dans les statuts de GENCI, et énumérées ci-dessous :

- Mettre en place et assurer la coordination des principaux équipements des grands centres nationaux civils dont elle assure le financement et dont elle est propriétaire ;
- Promouvoir l'organisation d'un espace européen du calcul intensif et participer à ses réalisations ;

Et aussi :

- Promouvoir l'utilisation de la modélisation, de la simulation et du calcul intensif dans la recherche fondamentale et dans la recherche industrielle ;
- Faire exécuter tous travaux de recherche nécessaires au développement et à l'optimisation de leurs moyens de calcul ;
- Ouvrir ses équipements à toutes les communautés scientifiques intéressées, académiques ou industrielles, nationales, européennes ou internationales.

Une stratégie nationale pour les centres de recherche civils

La coordination des équipements des grands centres nationaux civils consiste d'une part à financer, acquérir et faire évoluer des équipements de calcul à haute performance et, d'autre part à répartir les ressources informatiques sur ses équipements sur des critères d'excellence.

Évolution du parc des centres nationaux

La stratégie d'équipement des centres nationaux (le CCRT¹³ pour le CEA, l'IDRIS¹⁴ pour le CNRS et le CINES¹⁵ pour les Universités) fait l'objet dans le cadre de GENCI d'une programmation glissante sur 2 ans remise à jour annuellement. Cette programmation vise à mettre en place des moyens complémentaires dans les différents centres afin de répondre au mieux aux priorités scientifiques et à la variété des besoins.

Aujourd'hui, celle-ci distingue quatre grandes classes de supercalculateurs susceptibles de répondre à des besoins de production:

- les machines massivement parallèles (MPP : massively parallel processor)
- les grappes de serveurs à base de nœuds de grande diffusion (SMP-TN : symmetric multiprocessor – thin nodes)
- les grappes de serveurs à base de nœuds à haute performance (SMP-FN : symmetric multiprocessor – fat nodes)
- les machines parallèles à base de processeurs vectoriels. (*voir explications p. 9*)

¹² Arrêté du 28 juin 2007 portant création du Comité Stratégique du Calcul Intensif

¹³ CCRT – Centre de Calcul Recherche et Technologie : <http://www-ccrt.cea.fr>

¹⁴ IDRIS - Institut du Développement et des Ressources en Informatique Scientifique : <http://www.idris.fr>

¹⁵ CINES – Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur : <http://www.cines.fr>

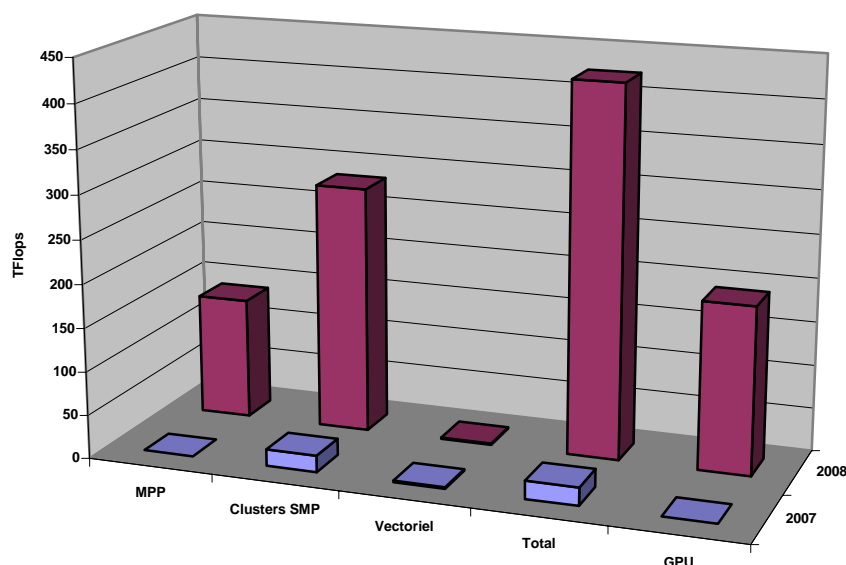
L'analyse faite en 2007 dans le cadre de la première programmation montrait, outre le retard important de la France par rapport aux autres pays européens en terme de puissance globale de calcul, l'absence dans le parc existant de supercalculateurs de type MPP et de type SMP-TN. Un grand nombre d'applications importantes était susceptible d'utiliser efficacement de tels moyens.

Le plan mis en œuvre par GENCI sur la base de cette analyse conduit à la mise en place en 2008 de supercalculateurs de la classe SMP-TN (CINES et CCRT). S'y ajoutent les investissements du CNRS à l'IDRIS, consistant en un supercalculateur de classe MPP et le renouvellement d'une composante SMP-FN.

Ainsi l'année 2008 conduit à des réalisations importantes, qui seront mises au service de la communauté scientifique par GENCI ou avec sa coopération :

- Installation par GENCI au CCRT d'une machine de type SMP-TN avec accélérateurs de type GPU, extension du calculateur BULL existant. Cette machine, qui sera installée début 2009, bénéficiera des nouvelles générations de processeurs Intel pour une puissance de 103 Tflops et des nouvelles générations de processeurs GPU Nvidia pour une puissance de 192 Tflops (simple précision). La puissance totale sera accessible à des applications susceptibles de tirer parti à la fois de processeurs conventionnels et de GPU, un des objectifs de cette machine étant de favoriser l'émergence de telles applications. Les serveurs Nvidia utilisent une technologie hautement parallèle issue du monde des applications graphiques, configurée en deux armoires dont le coût est d'environ 5 % du montant total de l'achat, d'où l'intérêt pour cette technologie dont le rapport performance/prix est exceptionnel pour des applications ciblées.
- Installation par GENCI au CINES d'une machine de type SMP-TN pour une puissance qui dépassera 100 Tflops. Cette machine sera installée à l'été 2008.
- Installation par le CNRS à l'IDRIS d'une machine de type MPP pour une puissance de 139 Tflops (IBM Blue Gene/P) et d'une machine de type SMP-FN pour une puissance de 68 Tflops (IBM Power 6).

Ces évolutions permettent ainsi de passer de 20 Tflops au total en 2007 à plus de 420 Tflops début 2009. Elles permettent également de donner accès à la communauté scientifique à des configurations MPP et GPU afin de la préparer à utiliser au mieux les évolutions technologiques.



Évolution de la capacité de calcul disponible à l'ensemble de la communauté scientifique entre 2007 et fin 2008/début 2009

Attribution des ressources informatiques

L'attribution des ressources informatiques des centres nationaux se fait sur critères d'excellence scientifique, à partir des projets soumis et évalués lors d'appels effectués annuellement en septembre.

Dans le cadre de sa participation à GENCI, le CEA a mis en 2008 à disposition des chercheurs 20 % des ressources de calcul du CCRT. Ainsi, la campagne annuelle d'attribution des ressources de calcul des centres nationaux a concerné pour la première fois fin 2007 (pour l'année 2008), le CCRT.

Une procédure d'allocation d'heures sur critères scientifiques unifiée touchant l'ensemble des matériels propriété de GENCI est en cours d'élaboration. Elle offre l'intérêt de la rationalisation et doit également faciliter la fourniture de ressources de calcul intensif pour les projets de l'ANR qui le requièrent. L'ouverture aux industries utilisatrices de la simulation sera possible, dans les limites fixées par le caractère civil de la société GENCI.

Vers une candidature française unique au projet européen PRACE

L'initiative PRACE¹⁶, Partnership for Advanced Computing in Europe, a pour but de préparer le déploiement en Europe, à partir de 2010, d'une infrastructure de calcul intensif de classe mondiale composée de centres équipés de supercalculateurs d'une puissance supérieure ou égale au Petaflops, évoluant pour rester en permanence dans les quatre premiers mondiaux.

Ainsi, en complément des centres nationaux, il sera possible de donner accès aux chercheurs européens à des moyens très compétitifs et de permettre des avancées scientifiques et techniques majeures.

GENCI, par délégation du Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur, représente la France dans cette initiative, qui regroupe 15 états. GENCI fait partie des partenaires qui ont exprimé l'intention de jouer un rôle pivot dans le déploiement de cette nouvelle infrastructure et de posséder ainsi le statut de "partenaire principal".

Concrètement les partenaires principaux de PRACE prennent deux engagements :

1. apporter un financement majeur à l'infrastructure, à hauteur moyenne de 25 M€ par an sur la période 2010-2015 ;
2. recevoir, installer et opérer sur son territoire national un des supercalculateurs de cette infrastructure, selon un calendrier convenu par les partenaires principaux.

Les partenaires principaux jouent un rôle clé dans la future infrastructure de recherche européenne et ses organes de décision. Elle permet de promouvoir les capacités nationales scientifiques, techniques et industrielles, d'en favoriser le développement et d'accroître l'attractivité et la compétitivité nationales à moyen et long terme.

Par les coopérations européennes et internationales qu'elle rendra possible, l'infrastructure PRACE aura également un rôle important pour accroître la compétitivité et l'attractivité de la France tant sur les plans scientifique qu'industriel.

¹⁶ Voir : <http://www.prace-project.eu>

La première décision prise par l'initiative PRACE a été de proposer un projet de phase préparatoire à l'installation de cette infrastructure de recherche. Ce projet de deux ans et de 20 M€ a été accepté par la Commission Européenne dans le cadre du 7^{ème} PCRD. Il doit permettre d'assurer la mise en place sur le territoire européen de la première machine pétaflopique en 2010.

L'organisation de GENCI

GENCI est installée au 129 rue de l'Abbé Groult à Paris 15^{ème}.

GENCI en tant que société civile s'appuie sur ses associés :

- qui assurent la Maîtrise d'Œuvre des équipements de calcul nationaux,
- qui participent au projet de phase préparatoire de PRACE au côté de GENCI.

Pour réaliser ses missions, GENCI est actuellement constituée de six personnes :

- un Président-Gérant : Catherine RIVIERE
- un Responsable Scientifique : Alain LICHNEWSKY
- un Responsable Opérationnel : Stéphane REQUENA
- un Responsable Technique : François ROBIN
- un Juriste : Edouard BRUNEL
- une Assistante de Direction : Anne GUYEN

Tout le personnel est impliqué dans le projet PRACE et en particulier Catherine RIVIERE et Alain LICHNEWSKY en tant que membres du Management Board et François ROBIN membre du Technical Board du projet et en charge d'une des parties clés du projet concernant la définition des architectures européennes à mettre en place.

Explications techniques :

Cluster SMP - TN : grappe (cluster ou ensemble) de nœuds multiprocesseurs à mémoire partagée (SMP) basés sur des composants de grande diffusion ("du commerce"), ils sont équipés généralement de 1 à 8 cœurs de calcul standards (Intel ou AMD). Cela convient à un large spectre d'applications.

Cluster SMP - FN : grappe de nœuds multiprocesseurs à mémoire partagée basés sur des composants spécifiques au calcul haute performance, ils sont notamment équipés de 1 à 32 cœurs de calcul et embarquent plus de mémoire que les nœuds dit TN (jusqu'à 512 Go de mémoire par nœud). Cela convient à des applications modérément parallèles.

MPP : cluster composé d'un très grand nombre de cœurs de calcul intégrés sous forme de nœuds de 1 à 4 cœurs qui sont interconnectés entre eux par un à plusieurs réseaux de communication à haut débit (d'un débit par exemple largement supérieur à ceux des clusters SMP TN et FN). Cela convient à des applications plus spécifiques, massivement parallèles.

Le Centre de Calcul Recherche et Technologie (CCRT)

Mis en service le 13 octobre 2003, le Centre de Calcul Recherche et Technologie (CCRT) est implanté sur le centre DAM-Île de France, à Bruyères-le-Châtel. Il est aujourd'hui un des premiers centres de calcul européen, avec une puissance totale de plus de 50 téraflops.

Le CCRT a pour vocation de satisfaire les besoins de ses partenaires en matière de grandes simulations numériques, et de favoriser les échanges et les collaborations scientifiques, dans un contexte où l'accès à la simulation numérique haute performance est devenu un des enjeux stratégiques de la compétitivité des entreprises et des organismes de recherche.

Une offre diversifiée de calculateurs

Le CCRT est équipé de différents types de calculateurs, parallèles et vectoriels, afin de répondre aux besoins de l'ensemble des utilisateurs.

Sa puissance de calcul atteint aujourd'hui 50 téraflops¹⁷, avec :

- un ordinateur massivement parallèle (Bull), d'une puissance de calcul crête de 47,7 téraflops, mis en service le 1^{er} octobre 2007 ;
- un ordinateur vectoriel (NEC), d'une puissance de calcul crête de 2 téraflops.

Les résultats obtenus à partir de ces calculateurs peuvent être conservés sur un système de stockage. Ce dernier, fourni par la société SGI, dispose d'un premier niveau de 500 téraoctets¹⁸ sur disques et d'un deuxième niveau sur cartouches (robotique SUN-STK) permettant l'archivage de 5 pétaoctets de données.

L'accès des utilisateurs au CCRT est assuré par des liaisons informatiques haut-débit sécurisées.



¹⁷ Téraflops : 1 000 milliards d'opérations par seconde.

¹⁸ Téraoctet : 1 000 milliards d'octets. Pétaoctet : 1 million de milliards d'octets.

Les partenaires du CCRT

Le CCRT est l'un des très rares centres de calcul européens ouverts à des partenariats entre la recherche et l'industrie.

Les partenaires du CCRT sont :

- les pôles du CEA : la Direction de l'énergie nucléaire, la Direction des sciences du vivant, la Direction des sciences de la matière et la Direction des applications militaires ;
- GENCI (Grand équipement national pour le calcul intensif) depuis fin 2007 ;
- des organismes de recherche : Onera, Cerfacs ;
- des industriels : EDF, Snecma¹⁹, Turbomeca¹⁹, Techspace Aero¹⁹, EADS/Astrium.

Des résultats scientifiques remarquables

La puissance de calcul du CCRT a déjà permis l'obtention d'importants résultats scientifiques, comme le grand challenge « Ramses » (voir p.18) réalisé par la Direction des sciences de la matière du CEA, qui constitue la plus grande simulation jamais réalisée de la formation des structures de l'Univers (6 144 processeurs ont été mis en œuvre pendant près de deux mois pour ce calcul). Dans le domaine de la santé, la Direction des sciences du vivant du CEA a pour la première fois réalisé la simulation d'une tomographie par émission de positons (TEP) sur le corps entier d'un patient (voir p. 20).

De la recherche à l'industrie, les simulations numériques réalisées grâce au CCRT touchent ainsi des domaines très diversifiés : aéronautique, sûreté des réacteurs nucléaires, évolution du climat, naissance des galaxies, comportement des matériaux, etc.

Une animation scientifique pour favoriser les collaborations

Le CCRT assure une animation scientifique au travers de journées thématiques et de colloques.

La 4^{ème} journée thématique (13 décembre 2007) a eu pour thème « Le passage à l'échelle » avec des présentations des utilisateurs du CCRT sur les dernières avancées obtenues grâce aux 50 téraflops.

¹⁹ Société du groupe Safran.

L'évolution de la puissance de calcul

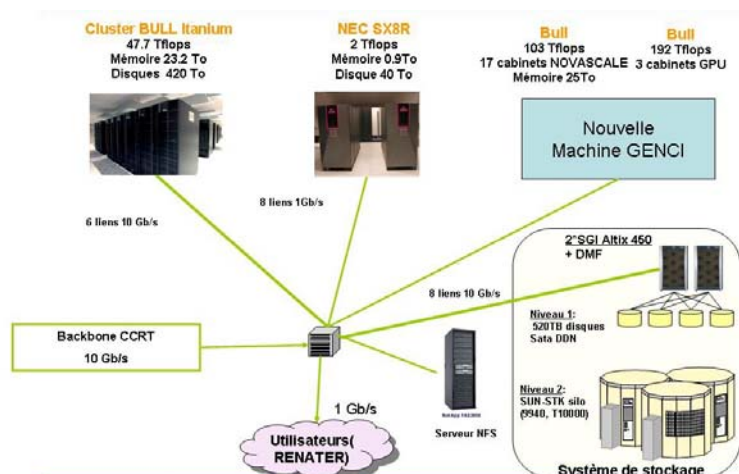
Grâce au financement de GENCI, le CCRT va pouvoir réaliser une extension de ses moyens de calculs actuels et mettre à la disposition de ses utilisateurs début 2009 une puissance de calcul crête de plus de 300 téraflops. Cette machine, conçue par Bull, sera administrée comme une extension du calculateur Bull déjà en service depuis juin 2007.

Ce calculateur, hybride, sera le premier de ce type installé en Europe et un des premiers au monde. Il bénéficiera de trois innovations majeures :

- nouvelles générations de processeurs Intel Nehalem pour une puissance de 103 Tflops, répartis en 1 068 nœuds de calcul de la gamme Bull NovaScale R42x ;
- 48 serveurs de calcul GPU Nvidia de nouvelle génération pour une puissance de 192 Tflops (Graphics Processing Unit - processeurs dont l'architecture a été initialement conçue pour le traitement graphique). Les serveurs Nvidia utilisent une technologie hautement parallèle issue des applications graphiques ;
- intégration améliorée conduisant à une faible emprise au sol grâce à l'utilisation d'armoires refroidies par un circuit d'eau réfrigérée.

Les objectifs recherchés avec ce nouveau concept de calculateur sont les suivants :

- Favoriser l'émergence de nouvelles applications bénéficiant à la fois du couple nœuds de calcul généralistes - serveurs de calcul GPU ;
- Etendre le champ du calcul scientifique à de nouvelles applications, notamment dans le domaine du traitement des données ;
- Préparer l'avenir de l'utilisation de processeurs de plus en plus parallèles dont les GPU pourraient être les précurseurs.



L'accord CEA-CNRS

Le CEA et le CNRS ont récemment créé, le 7 avril dernier, le « Centre National Jacques Louis Lions » de calcul haute performance de l'Essonne, constitué de l'Idris (Institut du développement et des ressources en informatique scientifique, CNRS) et du CCRT, afin de mutualiser les principaux moyens de calcul français. Ces deux sites constitueront une seule entité du point de vue de la visibilité internationale du calcul scientifique de haute performance en France.

Le TGCC, Très grand centre de calcul : une infrastructure pour les supercalculateurs

La France est candidate pour accueillir le premier supercalculateur européen dans le cadre du projet européen Prace (Partnership for advanced computing in Europe), qui a pour but de préparer le déploiement en Europe d'une infrastructure de calcul intensif de classe mondiale (voir p.4 et p.8). GENCI, par délégation du ministère de la Recherche et de l'Enseignement supérieur, représente la France dans cette initiative.

Pour permettre cette candidature, GENCI, le CEA et ses partenaires ont proposé la réalisation des infrastructures nécessaires : le Très grand centre de calcul (TGCC). L'Europe estime en effet que l'accueil du supercalculateur doit être financé par le pays « candidat ».

Cette infrastructure est stratégique pour la recherche et l'industrie européennes. Elle implique plusieurs centaines d'emplois de haut niveau et des milliers d'emplois indirects. Elle est une opportunité pour la France qui dispose d'ores et déjà :

- du programme Calcul intensif et Simulation proposé par l'Agence nationale de la recherche (ANR) et du positionnement très clair de ce programme dans les axes de recherche et développement des grands organismes de recherche publics français (CEA, CNRS, INRIA, universités) ;
- des moyens de calcul importants du CEA et du CNRS, regroupés au sein du « Centre national Jacques Louis Lions » de calcul haute performance qui place la France dans le peloton de tête au niveau mondial ;
- de l'accord de collaboration franco-allemande entre le CEA et le centre de recherche allemand FZJ (Forschungszentrum Jülich), notamment sur la communication des supercalculateurs entre eux ;
- de la structure Ter@tec, qui regroupe les entreprises, les organismes de recherche et les collectivités locales pour fédérer les activités du domaine au niveau national et international.

A partir de mi-2010, le TGCC pourra accueillir le supercalculateur européen d'une puissance supérieure au pétatflop et les futures machines nationales financées par GENCI, le CEA et ses partenaires.

Le site d'implantation du TGCC

Le CEA et le CNRS, dans le cadre du « Centre national Jacques Louis Lions », ont proposé à GENCI d'implanter la future machine européenne en France à Bruyères-le-Châtel au sein du TGCC.

Le site est situé à Bruyères-le-Châtel, près d'Arpajon (37 km au sud de Paris, 29 km de l'aéroport d'Orly et 20 km du plateau de Saclay), proche du CEA / DAM – Ile de France et dans la zone de R&D du Pôle mondial de compétitivité System@tic Paris-Région.

Ce site, appelé à devenir un centre de référence mondial dans le domaine du calcul intensif et de la simulation haute performance, disposera de plus, à partir de 2010, d'un centre de conférences et de formations ainsi que d'un « campus » destiné à accueillir des entreprises et des laboratoires.

L'infrastructure

L'infrastructure du TGCC disposera à l'horizon mi-2010 :

- d'une installation électrique et de servitudes machines pour un supercalculateur d'une puissance de calcul de 1,5 pétaflops à minima ;
- d'une zone informatique d'environ 6 500 m² dont 2 500 m² de salles informatiques ;
- d'un réseau très haut débit de télécommunications allant jusqu'à 1Gbit/s pour les utilisateurs du supercalculateur ;
- d'un « espace conférence » prévu dans le même bâtiment, à côté de la zone informatique, avec un amphithéâtre de 200 places et un lieu d'échanges pour la recherche d'environ 2 100 m².

A ce jour, les études sont engagées, le planning est établi et le financement est prévu dans le Contrat de projet état-région (CPER) 2007-2013, avec le soutien du Conseil général de l'Essonne, du CEA et de GENCI. Le bâtiment et les infrastructures seront réalisés pour mi-2010, pour accueillir les machines en 2011.



Le mur d'images « MIRAGE »

Les supercalculateurs sont capables de produire chaque jour des volumes de résultats considérables. Les données produites quotidiennement par le CCRT représentent par exemple l'équivalent de l'ensemble des ouvrages stockés à la Bibliothèque nationale de France. L'exploration d'une telle quantité d'informations nécessite une analyse sous forme graphique (images fixes et animations). Installé dans une salle permettant d'accueillir jusqu'à 42 personnes, MIRAGE est un écran de visualisation de 5,5 m de large sur 3 m de haut, doté d'une résolution de plus de 13 millions de pixels. Piloté par un ordinateur graphique hautes performances, il est adapté à la fois à la présentation de résultats obtenus et au travail en équipe. Cet outil permet en particulier de visualiser sur grand écran la modélisation du fonctionnement d'une arme nucléaire.

Les simulations effectuées concernent essentiellement des phénomènes instationnaires, c'est-à-dire des phénomènes qui évoluent dans le temps. Ainsi, pendant une simulation qui peut nécessiter plusieurs milliers d'heures de calcul et utiliser simultanément plusieurs milliers de processeurs, ce sont des dizaines de milliers de "photographies" de la simulation qui sont enregistrées en vue d'analyse. Ces "photographies" fournissent non seulement la position et la géométrie des objets simulés (comme dans une "vraie" photographie), mais aussi des centaines d'autres paramètres pour chaque élément de simulation.

Les données ainsi produites sont stockées sur des disques et des bandes. Situé à proximité immédiate de ces dispositifs de stockage de données afin de garantir des temps d'accès compatibles avec des visualisations animées, un ordinateur graphique, fourni par la société française DataSwift, extrait et prépare les données à visualiser, puis calcule les images qui sont envoyées sur le mur d'images MIRAGE. Ce ordinateur intègre 64 processeurs et 32 cartes graphiques hautes performances.

Le mur d'images, fourni par la société belge Barco, a été choisi et installé non seulement pour offrir les performances et fonctionnalités d'affichage indispensables, mais aussi afin de permettre des séances de travail de plusieurs heures sans fatiguer les participants. Dans ce contexte, la stabilité d'image, la capacité de travailler avec la lumière ambiante allumée, la projection arrière permettant d'éviter les ombres sont des atouts importants.

L'image est affichée sur une plaque de verre translucide de 5,5 m de large sur 3 m de haut par 24 vidéoprojecteurs situés derrière celle-ci (projection arrière). Elle est composée de 12 sous-images, chacune d'entre elles étant affichée par un vidéoprojecteur en mode mono et par deux vidéoprojecteurs en mode stéréo (relief). Grâce aux dispositifs de réglage automatique de la luminosité, l'image apparaît comme unique au spectateur. La qualité de résolution obtenue (4970 x 2730 pixels) est particulièrement utile pour la présentation et la compréhension des phénomènes étudiés. La puissance du ordinateur graphique permet également de faire tourner les images, de zoomer dans celles-ci, mais aussi d'utiliser le mode stéréo, ce qui est très important pour l'analyse de phénomènes tridimensionnels.

Modélisation des effets des séismes, de la faille aux structures

L'estimation des effets destructeurs potentiels des gros séismes (glissements de terrain, fracturations de surface, endommagement de bâtiments et d'infrastructures, ...) revêt une importance capitale dans les politiques de sécurité publique et dans le dimensionnement des installations sensibles ou dangereuses.

En un endroit donné, ces effets dépendent non seulement de l'importance du séisme et de son éloignement, mais aussi de l'environnement géologique local, et plus particulièrement de la nature des reliefs et de la présence de bassins sédimentaires qui sont susceptibles d'amplifier très fortement les mouvements sismiques.

Une des manières d'estimer ces effets destructeurs passe par la simulation numérique. Dans ce domaine, l'alliance des expertises du CEA/DAM en mécanique, risque sismique, mathématiques appliquées et informatique, conjuguée à la puissance des supercalculateurs du CEA, a permis de réaliser ce type de simulations numériques à une échelle et avec un degré de réalisme qui n'avaient pas encore été atteints.

Le challenge physique

Il s'agit de simuler dans un même calcul la génération d'une onde sismique par rupture de faille, sa propagation dans un domaine géologique complexe, les perturbations dues à des effets de site locaux, et de prévoir le comportement de bâtiments face au séisme. Un logiciel novateur - Mka3D - développé au CEA/DAM depuis plusieurs années, est parfaitement adapté à cet objectif.

Pour ce type de simulations numériques, le milieu physique est découpé en un très grand nombre (plusieurs millions) d'éléments discrets, soumis chacun aux lois de la mécanique. Le calcul est réalisé pas à pas, et à chaque pas de temps un très grand nombre d'équations doit être résolu. Le recours aux supercalculateurs s'impose alors car les puissances de calcul nécessaires sont colossales.

Dans l'exemple présenté, qui a nécessité l'utilisation de 500 processeurs pendant 40 heures (soit un total de 20 000 heures de calcul), une faille génère un séisme d'une magnitude de 5,5 sur l'échelle de Richter. Les ondes sismiques vont alors se propager dans un milieu tridimensionnel, complexe à la fois par sa forme (topographie) et par sa composition (nature des milieux géologiques). Le domaine étudié est représenté ici à l'échelle d'une ville (11 x 11 km² sur 2 km d'épaisseur).

Les ondes sismiques arrivent au pied des bâtiments qui sont également modélisés dans le même calcul, ce qui permet l'interaction directe du sol avec la structure. Une des originalités du logiciel est sa capacité à gérer un changement d'échelle très important, entre celle des bâtiments et celle du domaine de propagation des ondes sismiques.

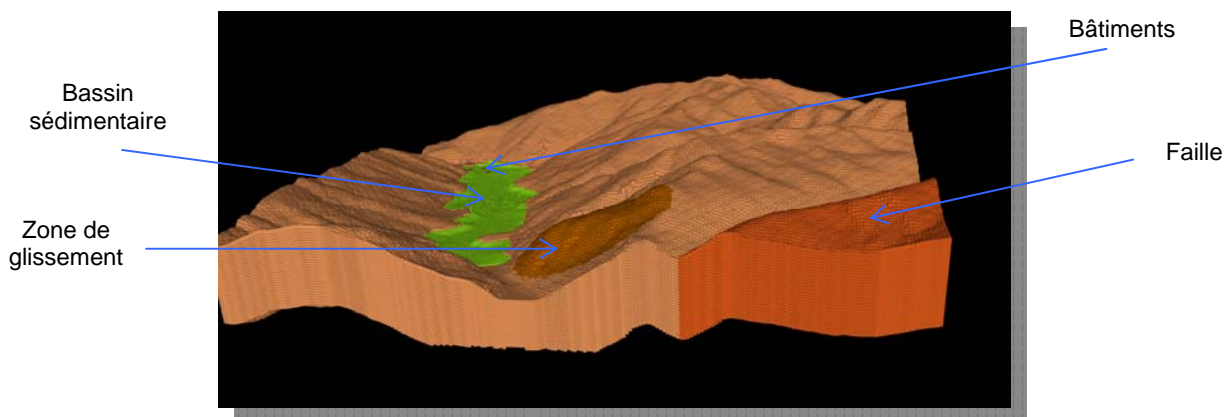
L'approche numérique du code Mka3D permet par ailleurs de prendre en compte une physique complexe, afin par exemple de prévoir les ruptures

éventuelles et de suivre l'effondrement d'une structure ou la formation d'une zone de glissement.

Les perspectives

Les progrès futurs, aussi bien dans le logiciel de simulation que dans les puissances de calcul disponibles, permettront de réaliser des simulations numériques à des échelles de temps et d'espace plus grandes, et d'introduire davantage de réalisme dans la prise en compte des phénomènes physiques (fracturation notamment).

Ce type d'outil numérique permet par ailleurs de prévoir les effets d'autres types de phénomènes naturels ou artificiels dangereux : éboulements, explosions, chutes de météorites, ...



Projet Horizon : la simulation numérique repousse les limites de la connaissance de l'Univers

En astrophysique, la résolution des équations de la mécanique des fluides autogravitants à l'aide d'algorithmes toujours plus efficaces et sur des supercalculateurs toujours plus puissants permet de modéliser la formation des structures de l'univers, et de comparer les modèles aux observations astronomiques avec un réalisme sans précédent.

Tel est l'objectif d'une simulation menée en 2007 sur les machines du CCRT.

La simulation a été menée dans le cadre du projet Horizon, une collaboration entre le CEA, le CNRS et les universités regroupant une vingtaine de chercheurs et d'enseignants.

Dans un premier temps, les chercheurs ont défini les "conditions initiales" susceptibles de servir de point de départ aux simulations en observant ce que l'on appelle le rayonnement fossile à 3 degrés K²⁰ ; il est alors possible de suivre les trajectoires individuelles d'un grand nombre de particules qui servent à décrire le fluide cosmologique.

Avec près de 70 milliards de particules et plus de 140 milliards de mailles, le calcul réalisé au CCRT représente le record absolu pour un système à N corps²¹ modélisé par ordinateur.

Pour la première fois dans l'histoire du calcul scientifique, il est possible de décrire la moitié de l'univers observable tout en couvrant une galaxie comme la Voie Lactée avec plus d'une centaine de particules !

Pour simuler un tel volume avec autant de détails, les membres du Projet Horizon ont utilisé les 6144 processeurs Intel Itanium2® du calculateur BULL NovaScale 3045 du CCRT pour faire fonctionner à plein régime le programme « RAMSES ».

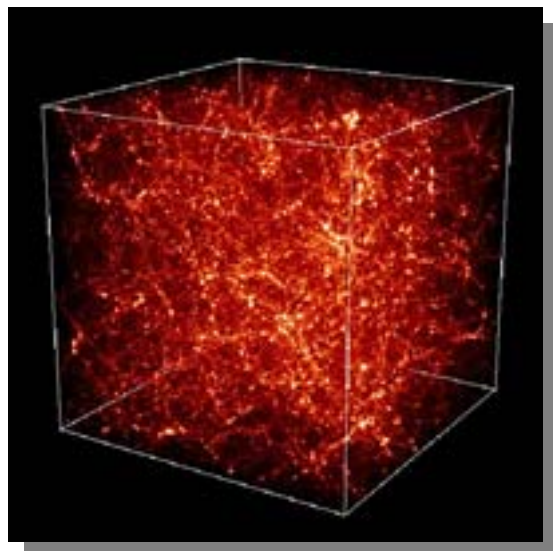
Celui-ci, développé au CEA en collaboration avec les astrophysiciens du Projet Horizon, met en jeu une grille adaptative²² permettant d'atteindre une finesse spatiale inégalée (l'équivalent d'une grille cubique de 262 144 mailles de côté). Grâce aux experts de BULL et du CCRT, ce programme a pu utiliser de façon optimale les ressources de l'ordinateur pendant près de deux mois,

²⁰ Ce rayonnement est la trace fossile de l'Univers lorsqu'il est enfin devenu transparent à la lumière - il est alors âgé de 380 000 ans. Cette lumière nous parvient 13 milliards d'années plus tard, et nous donne accès aux conditions qui régnaient alors dans le plasma cosmologique.

²¹ On appelle « système à N corps » un ensemble de points matériels, ou "particules" qui subissent leur attraction gravitationnelle mutuelle. Les systèmes à N corps demandent l'utilisation d'ordinateurs puissants pour pouvoir calculer les trajectoires de chaque particule.

²² Pour résoudre les équations de la mécanique des fluides à l'aide des ordinateurs, on discrétise l'espace en petits éléments de volumes ou "mailles". Cet ensemble de mailles, que l'on appelle « grille » ou « maillage », recouvre le système que l'on souhaite décrire, dans le cas présent une large fraction de l'Univers. Pour améliorer la précision du calcul, on utilise des mailles plus petites dans les régions denses comme les galaxies : le maillage s'adapte automatiquement en fonction des conditions locales, d'où le terme « maillage adaptatif ».

consommant plus de 18 téraoctets (soit 18 000 gigaoctets) de mémoire vive et générant près de 50 téraoctets de données sur disque. Le même projet, réalisé sur un ordinateur individuel, aurait pris plus de mille ans.



Rendu volumique de la densité de matière dans une simulation numérique de la formation des structures dans l'univers.

© Projet Horizon, S. Colombi (CNRS) et R. Teyssier (CEA)

La simulation du Projet Horizon permet de prédire la distribution de matière dans l'Univers avec une précision et un réalisme sans précédent. Les chercheurs pourront bientôt comparer le modèle avec les observations de tout le ciel bientôt disponibles grâce à la mission spatiale Planck de l'Agence spatiale européenne, dont le lancement est prévu en 2008.

Ils pourront aussi préparer les futures expériences de lentille gravitationnelle²³ comme le projet « Dark UNiverse Explorer » dont l'objectif est de déterminer la nature de l'énergie noire.

²³ La lumière provenant des galaxies les plus lointaines est défléchiée par l'effet gravitationnel de la matière qui se trouve sur son trajet. Cet effet de "lentille", prédit par la théorie de la relativité générale d'Einstein, permet de mesurer la quantité de matière présente entre ces galaxies et nous, et donc de tester l'ensemble de la théorie de formation des structures de l'Univers.

Sciences du vivant : simulation d'un examen d'imagerie TEP 'corps entier'

De plus en plus utilisée en milieu hospitalier, la tomographie par émission de positons (TEP) est un examen d'imagerie médicale dont l'interprétation des données reste encore complexe. En vue d'optimiser cette analyse et d'extraire l'information physiologique la plus pertinente, les chercheurs travaillent sur des programmes de simulation numérique en appui de la TEP, qui se heurtent aujourd'hui aux limites du temps de calcul.

Le CEA-SHFJ²⁴ (Service hospitalier Frédéric Joliot) a donc installé la plateforme de simulation GATE²⁵, permettant de modéliser des examens TEP, sur le supercalculateur Tera 10 situé au centre CEA de Bruyères-le-Châtel. La simulation a permis de reproduire de manière tout à fait réaliste la distribution d'un traceur utilisé en TEP dans le cadre de diagnostic en cancérologie, en un temps très court. Ce premier résultat de simulation permet d'envisager, à moyen terme, une utilisation plus fine des données fournies par les images et une personnalisation au patient de ces examens.

Personnaliser au patient l'examen médical

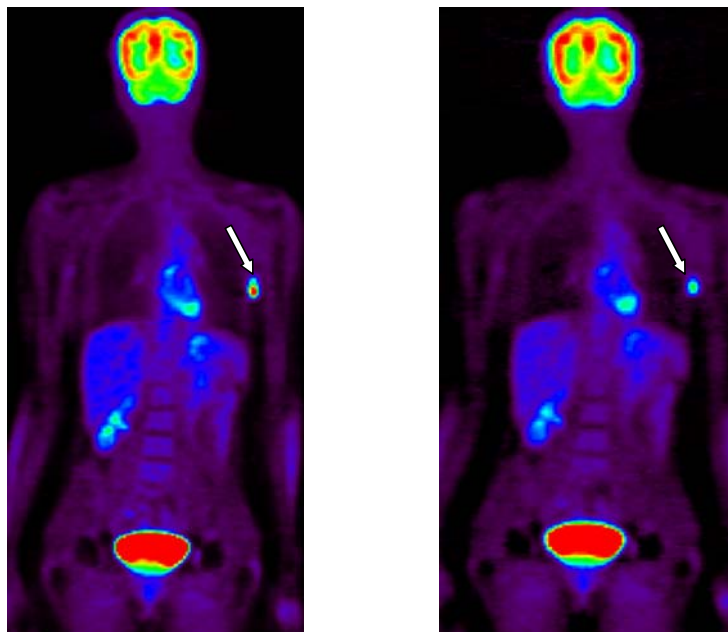
La tomographie par émission de positons (TEP) consiste à administrer par voie intraveineuse une molécule marquée avec un isotope radioactif, un 'traceur', afin de suivre, par détection externe, le fonctionnement normal ou pathologique d'un organe. A l'aide d'outils de détection appropriés, le rayonnement émis par le traceur permet de construire une image sur laquelle on visualise la distribution de la molécule dans l'organisme. Certaines pathologies réagissent aux molécules utilisées : c'est le cas en particulier pour le glucose qui se concentre dans les tumeurs cancéreuses, où le métabolisme est accru.

Afin d'optimiser la détectabilité des tumeurs en fonction de la dose radioactive injectée au patient et de s'affranchir des paramètres qui perturbent l'analyse (par exemple la respiration du patient au cours de l'examen, ou la réaction d'autres organes ayant un métabolisme par nature élevé), les chercheurs ont recours à des simulations comme outil de correction. Ces simulations sont effectuées selon la méthode Monte-Carlo, fondée sur les théories des probabilités. L'analyse se heurte cependant aux limites du traitement numérique : pour un examen TEP classique 'corps entier' sur l'homme, une simulation Monte-Carlo doit traiter l'émission de plusieurs milliards de positons et de photons gamma, soit au minimum 10 000 heures de calcul, ou 400 jours d'analyse sur un PC standard.

²⁴ Le SHFJ est l'une des 4 plates-formes de recherche de l'Institut d'imagerie BioMédicale (CEA-¹²BM). Les autres sont NeuroSpin (Saclay), MIRCen (Fontenay-aux-Roses) et Ci-NapS (Caen).

²⁵ GATE : Geant4 Application for Tomographic Emission – Geant4 est un programme international de simulation développé au CERN (Suisse).

Une première simulation prometteuse



A gauche, l'image TEP d'un examen réel 'corps entier' – à droite le résultat obtenu par simulation sur Tera 10

Afin de réduire le temps de calcul, les chercheurs du SHFJ et de la DAM ont mené une simulation sur le supercalculateur Tera 10. Après modélisation de l'organisme d'un patient, basé sur un examen réel, les chercheurs ont simulé l'injection d'un traceur pour une activité réaliste de 264 mégabecquerels (MBq) et un temps d'acquisition similaire à celui d'un examen TEP standard. Cette première simulation a nécessité moins de 3 heures de calcul sur 7 000 processeurs. La comparaison de l'examen réel et de sa simulation montre une distribution du traceur quasi-identique. D'un point de vue quantitatif, la comparaison du volume d'une tumeur située sous l'aisselle gauche du patient rend un écart de 6 %, considéré comme très faible pour une première simulation.

Ce résultat constitue un premier pas probant vers le développement de méthodes pour corriger les données réelles des examens TEP et viser à terme une spécification au patient des protocoles d'acquisition et d'analyse en TEP. Il montre également l'intérêt du calcul intensif dans le domaine des sciences de la vie.

Le supercalculateur Bull NovaScale : puissance et innovation

- une architecture hybride pour répondre aux besoins de production et de recherche
- une densité exceptionnelle

Un système ouvert pour que les communautés scientifiques puissent coopérer entre elles sans limite, une des conditions fondamentales de progrès

Sismique, climatologie, océanographie, nucléaire, sciences de la vie : tous les domaines de la recherche fondamentale exigent de plus en plus de puissance de calcul.

Pour répondre à cette demande, Bull conçoit des supercalculateurs puissants, facilement administrables, flexibles et bien sûr très compétitifs. En tant qu'« Architecte d'un monde ouvert », Bull conçoit des supercalculateurs qui peuvent être utilisés par les communautés scientifiques les plus diverses, pour qu'elles puissent coopérer entre elles sans limite, car c'est une des conditions fondamentales du progrès scientifique. C'est pourquoi le supercalculateur Bull NovaScale est basé sur des composants standard et des logiciels libres, gage d'ouverture et de pérennité.

Une offre logicielle faisant un large appel au monde de l'Open Source

Les logiciels proposés par Bull sont à la fois pérennes et évolutifs. Ils s'appuient sur de nombreux développements faits par la communauté scientifique. « Bull Advanced Server », la suite logicielle mise à la disposition des communautés d'ingénieurs par Bull, fait un large appel au monde de l'Open Source. Optimisée pour le calcul parallèle, « Bull Advanced Server » s'appuie sur le logiciel Linux[®] et sur des composants Open Source, gage d'ouverture pour les différentes communautés d'utilisateurs, à l'inverse des systèmes propriétaires.

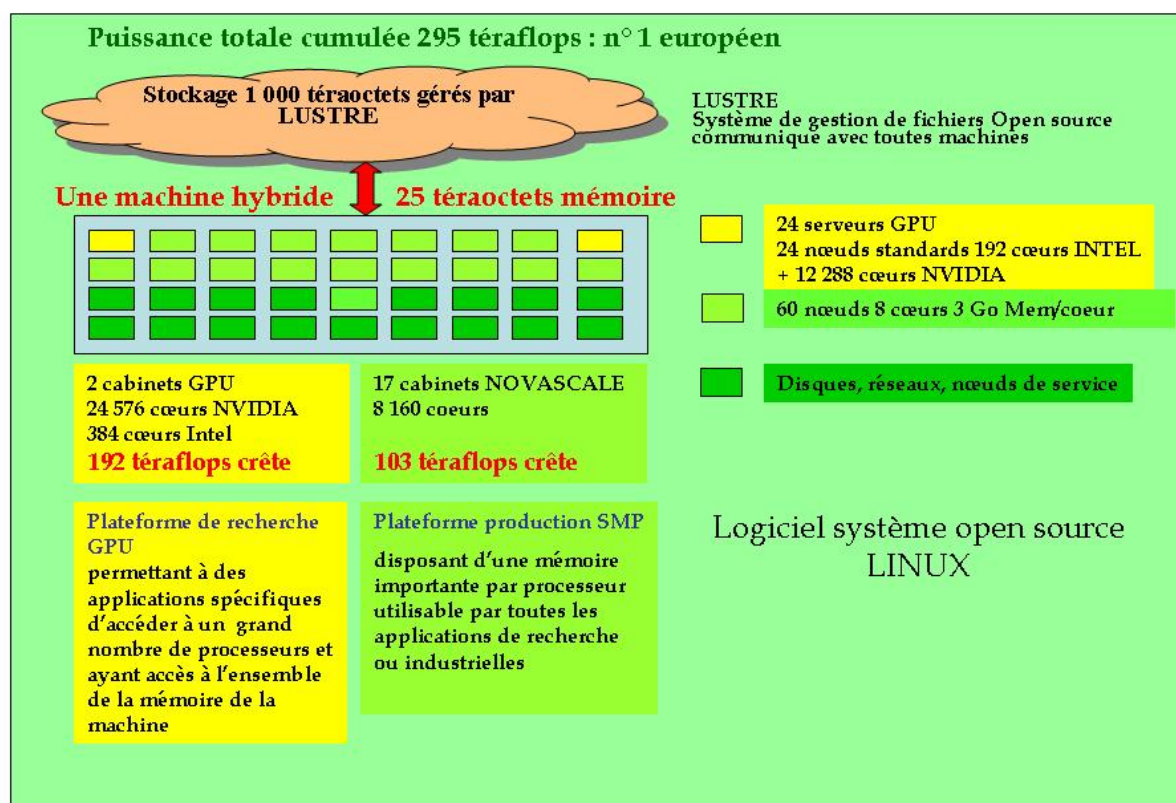
Une architecture hybride, conçue pour répondre aux besoins de production et de recherche en offrant un coût d'acquisition très compétitif

L'architecture conçue par Bull associe des serveurs « généralistes » et des serveurs « spécialisés » au sein d'un grand cluster.

- Les serveurs généralistes permettent à tous les utilisateurs quelque soit le niveau de parallélisme de leurs codes de disposer d'un environnement de production d'une grande efficacité. Il est composé de plus de 1068 nœuds de 8 cœurs chacun - des processeurs Intel[®] Xeon[®] - développant une puissance de 103 Téraflops.
- Les serveurs spécialisés sont destinés aux codes à grand niveau de parallélisme. Il offre plus de 24000 cœurs GPU – des processeurs NVIDIA - qui donneront une puissance supplémentaire théorique de 192 Téraflops aux chercheurs adaptant leurs applications à cet environnement. C'est la plus puissante architecture à base de GPU connue à ce jour.

L'ensemble de la configuration fonctionne de façon transparente pour les utilisateurs qui peuvent accéder à l'un ou l'autre des clusters et stocker leurs données et résultats sur un seul système de fichier : les applications ont accès à une mémoire de 25 Téraoctets et ont également accès au travers de systèmes de fichiers « Open Source » Lustre[®] à l'ensemble de la capacité de stockage du CCRT portée à 1 Pétaoctet.

La nouvelle machine hybride Bull NovaScale du CCRT



Intel® Xeon® : un nouveau processeur ultra-performant

Le processeur Intel® Xeon® « Nehalem EP » apporte une nouvelle architecture innovante d'une efficacité inégalée à ce jour. Le cœur de calcul intègre de nouvelles instructions et des optimisations sur les instructions des générations Xeon® actuelle. Mais la plus importante innovation provient de la nouvelle architecture mémoire qui va offrir un débit pratiquement double de ceux offerts actuellement par les processeurs généralistes. Enfin les processeurs Nehalem bénéficient de la nouvelle technologie QPI (Quick Path Interconnect) qui leur permet d'échanger des données à un débit de 25,6 Go/s soit entre eux, soit avec les mécanismes d'entrée-sortie.

Densité exceptionnelle, technologie de refroidissement à eau et rendement énergétique

Ce système est extrêmement compact. Seuls quelques racks (19) sont nécessaires pour héberger cette puissance. C'est grâce à l'utilisation du serveur NovaScale R422 qui contient 16 cœurs de calcul dans 1U que ce résultat peut être obtenu. Cette densité implique une grande dissipation thermique même si ces serveurs sont d'une grande efficacité énergétique. La configuration utilisera donc de nouveaux racks développés par Bull employant une technologie de refroidissement à eau.

Le châssis du serveur NovaScale R422 comprend un bloc d'alimentation électrique particulièrement performant source d'économies substantielles de consommation électrique. Il réduit donc encore davantage le coût total de possession. Alors que le rendement énergétique d'un bloc d'alimentation est de l'ordre de 80 %, celui du châssis NovaScale R422 atteint un niveau d'efficacité exceptionnel de 92 %.



Calcul Haute Performance : un enjeu de société majeur, et un engagement stratégique de Bull

Bull est devenu un industriel incontournable du Calcul Haute Performance en Europe, avec une croissance exceptionnelle depuis trois ans, des contrats significatifs, la signature de nombreux records et des investissements importants en R&D

Calcul haute Performance (HPC) : un enjeu de Société majeur...

Pour la recherche universitaire comme pour l'industrie, le calcul haute performance est devenu incontournable. Aéronautique, énergie, climatologie, sciences de la vie, finance, sport, jeux vidéos : la modélisation et la simulation ont envahi la plupart des domaines. La simulation numérique permet en particulier de réduire les coûts de développement, d'accélérer la mise sur le marché de produits innovants, plus fiables et moins consommateurs d'énergie. Pour les chercheurs, le calcul haute performance est devenu un moyen d'investigation indispensable, un atout majeur pour la compétitivité industrielle, enfin un élément fondamental de la souveraineté des Etats.

... et un engagement stratégique de Bull

La stratégie de Bull dans le domaine du calcul scientifique est indissociable de son savoir-faire historique dans les réseaux complexes et dans les grands systèmes : elle est également le reflet de son engagement comme « Architecte d'un monde ouvert ». Cette stratégie prend tout son sens dans un marché en rupture - devant la prééminence des processeurs standards et des logiciels Open Source. Elle a notamment amené Bull à être un des pionniers dans les grands supercalculateurs à base de composants ouverts et standard, dont l'architecture en réseau « cluster » permet à ses clients de bénéficier de systèmes ouverts, très performants, très évolutifs et très compétitifs par rapport aux grands systèmes propriétaires.

Une croissance exceptionnelle

Bull a acquis une reconnaissance mondiale en juin 2006 avec TERA-10, premier grand supercalculateur conçu et développé par le Groupe pour le CEA, classé N°1 en Europe et N°5 mondial par sa puissance de calcul. Depuis, Bull a largement contribué à renouveler le marché du HPC en démocratisant les solutions de calcul haute performance à destination de la recherche et de l'industrie. Avec désormais plus de 100 clients dans 15 pays et sur 3 continents, la dynamique de Bull dans le HPC s'est accélérée en 2007. Mais l'objectif du Groupe est d'aller plus loin et plus vite, et de doubler dès cette année ses revenus dans ce segment.

Des contrats significatifs

La diversité des pays, des secteurs d'activité, comme des solutions proposées par Bull, témoignent de la reconnaissance acquise par le Groupe : du premier grand supercalculateur avec TERA-10 installé au CEA en 2006, au supercalculateur de plus de 25 Téraflops commandé en février 2008 par l'Université de Cardiff au Royaume-Uni (chaire du Pr. Sir Martin Evans, prix Nobel de médecine 2007), de multiples supercalculateurs ont été livrés dans les universités du monde entier : au Brésil, en France, en Espagne, en Allemagne. Dans le secteur industriel, Bull compte également de nombreux clients prestigieux : Alcan, Pininfarina, Dassault-Aviation ou Alenia ... jusqu'à Miracle Machine à Singapour qui a installé un supercalculateur Bull pour étudier et mieux anticiper les tsunamis.

La signature de nombreux records

Accompagnant sa dynamique commerciale, des records mondiaux viennent souligner le savoir-faire de Bull dans la conception et dans l'intégration de technologies les plus avancées. A la base de la conception du plus puissant ordinateur européen en 2006 - et le n°5 au monde - les technologies de Bull ont permis de remporter des records de performance significatifs, en particulier dans les très grands systèmes de fichiers, dans la recherche d'images dans de très grandes bases de données (les moteurs de recherche du futur) ou dans la découverte de nouveaux nombres premiers. Récemment, ces systèmes ont également été à l'origine de la plus grande simulation jamais réalisée de la formation des structures de l'Univers.

Des investissements importants en R&D

Bull a mis en place les moyens humains et matériels pour créer et supporter une offre à la hauteur des exigences des grands centres de calcul scientifique et industriel. Pour se développer et croître sur le marché du HPC, Bull a recruté de nouveaux talents. Ainsi c'est plus de 100 ingénieurs, experts en technologie HPC, qui ont rejoint Bull au cours des deux dernières années pour renforcer les équipes existantes et les spécialistes formés en internes. Ces recrutements ont concerné aussi bien les fonctions de développement, de benchmark, de marketing, de ventes, de maintenance et de management. Ces équipes constituent ainsi le groupe d'experts industriels le plus important du secteur en Europe, toutes sociétés confondues.

L'acquisition par Bull de Serviware en octobre 2007 est un investissement structurant pour accroître sa présence sur ce marché. Cette acquisition montre la volonté d'être présent aussi bien sur les grands projets académiques que sur les projets de toutes tailles dans le secteur industriel qui constituent le coeur de l'activité de Serviware. Elle permet d'augmenter la surface commerciale de Bull et donc les volumes et les débouchés pour ses offres actuelles et futures ; elle permet également d'élargir le panorama des expertises que le Groupe peut maintenant offrir à ses clients et prospects.

De nombreux partenariats noués dans les principaux domaines du calcul haute performance, de la conception des plates-formes matérielles à la mise en oeuvre des applications industrielles

Bull conçoit ses plates-formes avec les partenaires leaders dans leur domaine, notamment Intel pour les processeurs, Quadrics et Voltaire (Infiniband) pour les infrastructures de réseau, Data Direct Networks dans le stockage, CFS pour le système de fichier Lustre. Dans le domaine des applications pour l'industrie, Bull a conclu des partenariats avec les principaux éditeurs, en particulier ANSYS / Fluent, CD-adapco et l'ESI. Bull développe également un système d'exploitation dédié au calcul haute performance ouvert et performant, dont les qualités sont reconnues par la communauté. Ce système est basé sur le système Red Hat Linux.

Pour préparer les systèmes du futur, Bull est fondateur ou membre de consortium importants, tels que Talos qui réunit Intel, le CEA, Quadrics et HLRS et Parma qui est intégré à ITEA2 et qui réunit de nombreux centres de recherche européens, pour développer les systèmes parallèles de demain. Enfin, Bull est membre fondateur du consortium POPS dans le cadre du pôle de compétitivité SYSTEM@TIC de la Région Ile de France, pour développer les systèmes pétaflopiques, et membre de Ter@tec, pôle européen de compétence en simulation numérique haute performance.

Un acteur européen et industriel incontournable

Le retard de l'Europe dans le calcul haute performance est un phénomène de longue date. Des rapports en France tels que celui de MM. Héon et Sartorius, celui de l'Académie des technologies puis celui de l'Académie des sciences, ont certainement contribué à porter à la connaissance des décideurs le retard de l'Europe dans le calcul haute performance, et particulièrement celui de la France. Ainsi, depuis quelques années, et en particulier depuis l'événement mondial qu'a constitué le classement de TERA-10, les positions semblent évoluer. De nombreux centres de recherche se sont dotés ces dernières années de supercalculateurs qui les placent aujourd'hui dans le peloton de tête du calcul intensif.

La dynamique retrouvée de Bull est à inscrire pleinement dans cette évolution positive. C'est une grande fierté pour le Groupe Bull d'avoir anticipé, voici quelques années, l'évolution des technologies de simulation numérique, pour se positionner à temps pour en saisir les opportunités, ce pour le plus grand bénéfice des ses clients. Ce doit être une grande fierté, pour ses employés, pour ses clients et ses partenaires qui lui font confiance que de participer à cette course vers le monde de la simulation numérique virtuelle. Mais c'est aussi une grande fierté pour l'industrie française et européenne, quasi- inexistante dans le domaine du calcul haute performance il y a quelques années, au premier rang mondial aujourd'hui, aux côtés des plus grands.

Le CEA : un acteur clef de la recherche technologique

Acteur majeur en matière de recherche, de développement et d'innovation, le CEA intervient dans trois grands domaines :

- la défense et la sécurité globales ;
- l'énergie (hors le champ des combustibles fossiles) ;
- les technologies pour l'information et la santé.

A travers la diversité de ses programmes, il poursuit deux objectifs majeurs : devenir le premier organisme de recherche technologique en Europe et garantir la pérennité de la dissuasion nucléaire.

Ses atouts pour y parvenir : une culture croisée ingénieurs-chercheurs, propice aux synergies entre recherche fondamentale et innovation technologique ; des installations exceptionnelles (supercalculateur, réacteurs de recherches, grands instruments de la physique, lasers de puissance...); enfin, une réelle implication dans le tissu industriel et économique.

Implanté sur 9 centres répartis dans toute la France, le CEA bénéficie d'une forte insertion régionale et de solides partenariats avec les autres organismes de recherche, collectivités locales et universités. Afin de favoriser le transfert des connaissances, il accorde une importance particulière à l'enseignement et à l'information du public.

Reconnu comme un expert dans ses domaines de compétences, le CEA est pleinement inséré dans l'espace européen de la recherche et exerce une présence croissante au niveau international.

Le CEA en quelques chiffres :

- Le CEA comprend, fin 2007, 15 612 salariés :

- En 2007, le financement des programmes civils du CEA est assuré à 45 % par l'Etat, à 35 % par des recettes externes (entreprises partenaires, fonds incitatifs nationaux, collectivités locales et Union européenne) et enfin à 20 % grâce à deux fonds dédiés à l'assainissement des installations civiles et de défense. Par ailleurs, le financement des programmes de défense reste principalement assuré par des subventions versées par le ministère de la Défense (90%).

En 2007, le budget du CEA était de 3,4 milliards d'euros. Il se décompose ainsi :

- 2,1 milliards d'euros pour les programmes civils.
- 1,3 milliards d'euros pour les programmes défense.

- Le CEA en 2007 c'est :

- 1 608 brevets prioritaires (ou inventions) délivrés et en vigueur en portefeuille ;
- 447 dépôts de brevets prioritaires ;
- 100 nouvelles entreprises créées depuis 1984 dans le secteur des hautes technologies ;
- 54 Unités mixtes de recherche (UMR) lient le CEA à ses partenaires de recherche ;
- 28 Laboratoires de recherche correspondants (LRC) associés au CEA.

La Direction des applications militaires, pôle Défense du CEA

Un pôle au service de la dissuasion

La Direction des applications militaires (DAM), pôle Défense du CEA, a pour mission de concevoir, fabriquer, maintenir en condition opérationnelle, puis démanteler les têtes nucléaires qui équipent les forces océaniques et aéroportées.

Aujourd'hui, son objectif est de garantir sur le long terme la fiabilité et la sûreté de ces têtes sans recourir aux essais nucléaires, définitivement arrêtés en 1996. A cette fin, la priorité de la DAM est de mettre en œuvre le programme Simulation.

La DAM est également responsable de l'approvisionnement en matières nucléaires pour les besoins de la défense, et ceci dans le respect des décisions prises par notre pays d'arrêter la production de matières fissiles destinées aux armes et de démanteler les usines de productions associées.

Elle est chargée de la conception et de l'entretien des réacteurs nucléaires assurant la propulsion des bâtiments de la Marine nationale (sous-marins et porte-avions).

Enfin, la DAM contribue, pour les instances nationales et internationales, à la surveillance du respect du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (Tice) et à la lutte contre la prolifération et le terrorisme.

Un pôle ouvert vers la recherche et l'industrie

Le partage national et international des connaissances, la confrontation à l'évaluation scientifique extérieure, l'intégration à des réseaux de compétence constituent des gages de crédibilité scientifique. Les équipes de la DAM réalisent chaque année environ 2 000 publications et communications scientifiques. Cette ouverture de la DAM passe également par la mise à la disposition de la communauté des chercheurs de ses moyens expérimentaux et par la contribution de ses équipes à d'autres programmes de recherche, nucléaires ou non.

Le pôle Défense a également pour objectif de développer l'ancrage de ses centres dans la vie économique locale par son implication dans les pôles de compétitivité. Il valorise ses recherches par le transfert de technologies vers l'industrie et le dépôt de nombreux brevets.

Un format adapté aux nouveaux enjeux

En 1996, après la réalisation de l'ultime campagne d'essais nucléaires, le CEA/DAM a mené une importante restructuration lui permettant de s'adapter au contexte résultant de l'arrêt définitif des essais et du lancement du programme Simulation. L'adaptation du format, passé de 5 700 personnes en 1995 à 4 500 actuellement, s'est accompagnée du recrutement de plusieurs centaines de

jeunes physiciens, assurant ainsi le renouvellement des équipes et garantissant la continuité de la compétence sur le long terme.

Aujourd'hui, la DAM comprend quatre centres aux missions homogènes, dont les activités se répartissent entre la recherche de base, le développement et la fabrication : DAM-Ile-de-France (DIF), Valduc en Bourgogne, Le Ripault en Touraine et le Cesta en Aquitaine.

Le centre DAM – Île de France

Le centre DAM – Île de France est implanté sur deux sites, en Essonne sur les communes de Bruyères-le-Châtel et d'Ollainville, et dans la Marne à Moronvilliers près de Reims. C'est l'un des quatre centres de la Direction des applications militaires du CEA. Trois grandes missions mobilisent ses 2000 ingénieurs, chercheurs et techniciens :

- La conception et la garantie des armes nucléaires, en s'appuyant sur le programme Simulation. L'enjeu consiste à reproduire par le calcul les différentes phases du fonctionnement d'une arme nucléaire, en faisant appel à la physique de base, à la modélisation numérique et à d'importants moyens en informatique scientifique (le supercalculateur Tera-10, dédié aux applications de défense, dispose d'une puissance de calcul de 60 téraflops²⁶). Les logiciels ainsi développés sont validés par des résultats expérimentaux, obtenus essentiellement grâce à la machine radiographique Airix, aux lasers de puissance et aux accélérateurs de particules.
- La lutte contre la prolifération et le terrorisme. Le centre DAM – Île de France contribue au programme de garantie du Traité de non prolifération (TNP), notamment avec des laboratoires d'analyses accrédités, des moyens de mesures mobiles et des experts internationaux. Il assure l'expertise technique française pour la mise en œuvre du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (Tice).
- L'expertise dans deux grands domaines : la maîtrise d'œuvre et l'assistance à maîtrise d'ouvrage pour la construction et le démantèlement d'ouvrages complexes ; la surveillance de l'environnement et les sciences de la Terre. Le centre a notamment une mission d'alerte des autorités civiles en cas de fort séisme.

Leader dans le domaine de la simulation et du calcul intensif, le CEA DAM – Île de France a créé Ter@tec, pôle européen de compétence en Simulation numérique haute performance permettant de rapprocher tous les acteurs de la simulation : la recherche, l'industrie et les entreprises informatiques. Il leur offre un ensemble complet de compétences et de moyens, et notamment l'accès à un complexe de calcul d'une puissance inégalée. La synergie ainsi créée contribue au développement et à l'essor de la Simulation numérique haute performance, outil essentiel de la compétitivité des entreprises.

Le CEA DAM - Ile de France participe ainsi au développement de l'activité économique régionale, en particulier du bassin de l'Arpajonnais, et contribue au rayonnement mondial de la France dans le domaine du calcul intensif.

²⁶ Téraflopps : 1 000 milliards d'opérations par seconde.

Lexique

- **CCRT (Centre de calcul recherche et technologie)** : ensemble de calculateurs, installés à Bruyères-le-Châtel au sein du Complexe de calcul scientifique du CEA. Le CCRT est dédié aux applications civiles et est ouvert à des partenariats avec l'industrie et la recherche.
- **« Centre national Jacques Louis Lions »** : créée en avril 2008, cette structure coordonnera les moyens de calcul du CCRT et de l'IDRIS (Institut du Développement et des Ressources en Informatique Scientifique) du CNRS.
- **Forschungszentrum Jülich (FZJ)** : l'un des plus grands centres de recherche allemand.
- **GENCI (Grand équipement national pour le calcul intensif)** : société civile qui a pour objectif de mettre au service de la recherche française des moyens de calcul au meilleur niveau mondial.
- **Prace (Partnership for advanced computing in Europe)** : projet européen financé par l'Europe pour mettre en place une infrastructure de supercalculateurs.
- **Supercalculateurs européens** : dans le cadre du 7^{ème} PCRD, l'Europe souhaite se doter de grands ordinateurs pétaflopiques à disposition des chercheurs de tous les pays.
- **System@tic Paris-Région** : Pôle mondial de compétitivité consacré aux logiciels et systèmes complexes.
- **Tera-10** : supercalculateur du CEA/DAM – Île de France dédié aux applications de Défense. Il fait partie du Complexe de calcul scientifique du CEA.
- **Ter@tec** : association de 50 membres qui a pour objectif la promotion et le développement de la Simulation numérique haute performance.
- **TGCC (Très grand centre de calcul)** : Infrastructure destinée à accueillir en France, à Bruyères-le-Châtel, un des supercalculateurs européens ainsi que les extensions du CCRT.

