

## SOMMAIRE

Plaidoyer pour le Calcul Haute Performance  
20<sup>ème</sup> Forum ORAP  
Europe : le 7<sup>ème</sup> PCRDT  
Europe : HPC in Europe Taskforce  
EDF acquiert une machine IBM BG/L  
Bull va livrer un supercalculateur au CCRT  
HPCS : le vainqueur est ...  
Echos de SC'06 à Tampa  
28<sup>ème</sup> édition du TOP500  
ClusterVision  
Lire, visiter, participer  
Nouvelles brèves  
Agenda

Les années 2005 et 2006 ont permis de relancer une certaine dynamique autour du calcul scientifique, avec d'heureuses initiatives tant au niveau national qu'au plan européen.

Le rapport "Héon Sartorius" est toujours d'actualité et continue à servir d'inspiration à l'action publique, l'ANR (Agence Nationale pour la Recherche) soutient par ses appels à propositions le développement de la simulation numérique et des "grands défis", plusieurs organismes ont pu s'équiper à bon niveau de nouvelles machines, et le CEA a permis de réaliser sur Ter@10 plusieurs simulations de pointe avant que cette machine ne disparaisse du paysage de la recherche ouverte et ne soit entièrement consacrée à la Défense. L'action européenne se met progressivement en place, après une phase de consolidation du dossier scientifique et le début du travail d'une "task force" destinée à préparer, enfin, une initiative pour un équipement européen à l'échelle du "pétafloppique", en collaboration entre le 7<sup>ème</sup> PCRDT et quelques grands pays particulièrement motivés, dont la France.

Est-ce à dire que la communauté du calcul scientifique n'a que des éléments de satisfaction ? Malheureusement non, et deux points sont particulièrement préoccupants. L'abandon à la mi-2006 de l'appel d'offres du CINES, pour

des raisons qu'il serait inconvenant de commenter, va induire pour 2007 une grave pénurie de moyens de calcul pour la communauté scientifique, en particulier académique. Par ailleurs la mise en place et les premières actions de la structure GENCI (Grand Equipement National pour le Calcul Intensif), annoncées comme urgentes et imminentes depuis la mi-2006, ne sont toujours pas effectives au moment où ces lignes sont écrites.

Le Conseil Scientifique d'ORAP a donc souhaité rappeler, à travers le "Plaidoyer pour le calcul haute performance" ci-après, quels sont les enjeux attachés au calcul intensif et l'urgence des mesures à prendre par les pouvoirs publics. Ce plaidoyer est volontairement concis puisque, tant ORAP à travers l'ouvrage publié à l'occasion de son 10<sup>ème</sup> anniversaire que l'Académie des Technologies, et ultérieurement l'Académie des Sciences, ont déjà produit des analyses très complètes de ce dossier. Puisse ce plaidoyer aider à accélérer le déclenchement des actions urgentes restant à entreprendre.

Jean-Claude André  
Président du Conseil Scientifique ORAP  
21 janvier 2007

### **Plaidoyer pour le Calcul Haute Performance**

- 1) *Le retard de la France en calcul de haute performance ne cesse de se creuser.*
- 2) *Les retards dans la mise en place des mesures annoncées ont un effet paralysant.*
- 3) *De façon générale, l'accès aux moyens de calcul puissants doit être gratuit pour la recherche académique. Ces moyens doivent être organisés dans des structures pérennes ou temporaires, simples, souples, réactives, et fortement à l'écoute des utilisateurs. En effet la science évolue de plus en plus vite, de nouveaux problèmes et de nouvelles méthodes apparaissent sans cesse, obligeant souvent les utilisateurs à changer leurs plans. L'allocation des moyens de calcul publics ne doit pas être le résultat d'un découpage à priori par discipline*

*des ressources disponibles mais doit être subordonnée à une évaluation scientifique et stratégique des projets candidats qui prennent aussi en compte leur coût, ainsi qu'à un bilan a posteriori.*

*4) L'accès aux moyens de calcul implique aussi, selon les mêmes modalités, l'accès aux grilles de calcul ainsi qu'aux moyens de stockage locaux et aux grilles de données.*

*5) Les centres de calcul doivent être des moteurs d'une dynamique scientifique où la collaboration entre "applicateurs", informaticiens et mathématiciens doit être étroite et se positionner dans la durée. On ne doit pas les concevoir comme un distributeur passif de moyens de calcul. En effet les algorithmes, les bibliothèques, les codes, l'adéquation de ces derniers aux architectures, exigent une véritable synergie entre ces intervenants pour économiser les coûts humains sans cesse croissants du calcul scientifique.*

*6) Une synergie entre utilisateurs du "public" et du "privé" est à favoriser et une mutualisation des moyens financiers d'industriels et des structures publiques est à rechercher.*

*7) La pénurie actuelle de formations universitaires clairement fléchées HPC est très inquiétante. Cette activité doit être clairement reconnue et soutenue. Des carrières identifiées dans le domaine du calcul scientifique doivent être reconnues dans le secteur académique aussi bien que privé.*

*8) Les utilisateurs, à l'abri de toute pression extérieure, conseillés par les spécialistes en calcul scientifique intensif des organismes de recherche et des centres de calcul, sont les meilleurs juges de l'adéquation au meilleur coût des solutions proposées à leurs besoins.*

*9) La prise en compte des besoins croissants du calcul scientifique et des investissements qui en découlent implique de la part des projets scientifiques une estimation quantifiée et prospective de leurs besoins dans ce domaine.*

---

## Forums ORAP

Le 20<sup>ème</sup> Forum ORAP a réuni environ 150 personnes le 13 décembre 2006 dans les locaux du Ministère chargé de la recherche, rue de la Montagne Sainte Geneviève à Paris.

Les présentations dont nous pouvons assurer la diffusion sont disponibles sur le site Orap :

<http://www.irisa.fr/orap/>

La date prévue pour le prochain Forum est le 7 juin 2007, le lieu sera précisé ultérieurement (mais il sera situé dans la région parisienne).

Ce 21<sup>ème</sup> Forum portera en particulier sur les architectures « hybrides », associant des cartes d'accélération, des FPGA, etc., et les systèmes « pétaflopiques ».

---

## Europe : le 7<sup>ème</sup> PCRDT

Maria Ramalho, qui fait partie de la DG « Information Society and Media » à la Commission européenne, a présenté, dans le cadre du dernier Forum, une vision des grands moyens de calcul en Europe.

Le 6<sup>ème</sup> PCRDT (programme cadre de recherche et développement technologique) a permis de déployer des plates-formes, une infrastructure de communication très performante (GEANT), et des infrastructures de grilles (DEISA, EGEE, ...). Ceci s'est appuyé sur des travaux de recherche co-financés par la Commission, dans les domaines des architectures, des middlewares, des applications, et ceci dans le cadre de réseaux d'excellence, de projets intégrés, etc.

Le calcul de haute performance sera présent à plusieurs niveaux dans le 7<sup>ème</sup> PCRDT, en particulier dans :

- L'objectif 1.2 du programme ICT : « Service and Software Architectures, Infrastructures and Engineering »
- Les infrastructures de recherche (RI) basées sur les TIC (le terme « Infrastructure » englobant des ressources diverses : superordinateurs, grandes collections de données, instruments scientifiques, matériels et logiciels, ...)

Mais aussi dans les autres domaines du programme « Coopération ».

Les premiers appels à projets du 7<sup>ème</sup> PCRDT ont été publiés le 22 décembre 2006. On trouvera une page des appels sur le site Cordis :

<http://cordis.europa.eu/fp7/dc/index.cfm>

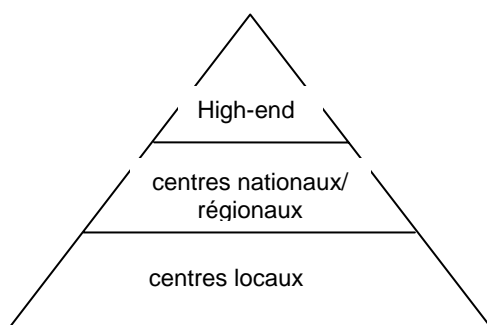
---

## Europe : HPC in Europe Taskforce

Dans le cadre du 20<sup>ème</sup> Forum ORAP, Alain Lichnewsky a présenté les travaux de HET : HPC in Europe Taskforce.

Créée en juin 2006, cette « taskforce » avait pour mission de proposer une stratégie pour le calcul haute performance en Europe, et plus particulièrement pour le « high end supercomputing ». Onze pays sont représentés dans HET : Allemagne, Autriche, Espagne, Finlande, France, Irlande, Italie, Pays-Bas, Suède, Suisse, Royaume-Uni.

Prenant en considération la « pyramide de la performance » :



HET a concentré sa réflexion sur le haut de la pyramide (la performance « pétaflopique »), les centres de calcul haute performance, les grilles de calcul (grilles européennes et leurs interfaces avec les grilles nationales), les moyens facilitant l'utilisation de ces grands moyens de calcul (logiciels, les problèmes de la « scalabilité » ou du passage à l'échelle, le renforcement des compétences dans la recherche et dans les entreprises).

Mettant en évidence l'importance du calcul de haute performance sur le plan économique et sociétal, dans un environnement mondial marqué par une forte compétition, HET fait un certain nombre de recommandation :

- Au sommet de la pyramide, entre 1 et 3 superordinateurs d'une puissance au moins égale à 1 Petaflops (« high-end ») financés par les pays avec une contribution de la Commission européenne,
- Au milieu, des superordinateurs régionaux et nationaux, capables de traiter la grande majorité des applications en dessous du Petaflops,
- An niveau local, des ordinateurs destinés à permettre le développement de nouvelles applications, de renforcer la formation et d'attirer de nouveaux utilisateurs vers le calcul scientifique.

HET a également fait des propositions sur les modalités de fonctionnement de cette organisation, sur le renforcement de la position de l'Europe dans le domaine du HPC, sur la promotion de l'utilisation du HPC dans l'industrie.

HET a mis à disposition sur le web plusieurs documents d'un intérêt évident :

- European scientific case for high-end computing
- A sustainable High Performance Computing Ecosystem for Europe
- Peer-review process
- Funding and utilisation model

<http://www.hpcineuropetaskforce.eu>

---

## EDF acquiert une machine IBM BG/L

**EDF R&D vient d'acquérir une machine IBM Blue Gene/L de plus de 8000 processeurs**, C'est la première machine en Europe dans la catégorie *industriel*. D'une puissance de plus de 22 Teraflops, elle dispose d'une architecture originale permettant de mettre le calcul parallèle massif au service de ses simulations les plus avancées sur le fonctionnement et la durée de vie de ses outils de production d'énergie, la gestion du combustible ou encore l'optimisation technico-économiques de ses actifs.

Cette machine complète la panoplie des moyens calculs de EDF R&D qui jusqu'alors se composaient de clusters départementaux (8 machines de 16 à 400 processeurs en 2006) et des machines du centre de calcul CCRT<sup>1</sup> partagées avec d'autres industriels et le CEA. La machine scalaire du CCRT qui sera installée en 2007 atteindra la puissance de 43 Teraflops, dont près de 25% seront réservés aux applications EDF.

La machine BG/L de EDF R&D est, quant à elle, dédiée à la réalisation de simulations sur quelques milliers de processeurs afin, d'une part de s'attaquer à des défis industriels hors de portée des capacités de calculs classiques, mais aussi de préparer les environnements de simulation aux futurs moyens de calcul qui à l'horizon 2010-2015 atteindront pour EDF le Petaflops.

---

## Bull va livrer un supercalculateur au CCRT

Le Centre de Calcul Recherche et Technologie, installé depuis 2003 sur le site du CEA/DAM à Bruyères le Châtel, a commandé à Bull un système d'une puissance crête de 43 TeraFlops qui devrait être installé début 2007.

Il s'agit d'un cluster de serveurs NovaScale incluant 848 nœuds de calcul et 26 nœuds dédiés aux entrées-sorties et à l'administration, chaque nœud comprenant 4 processeurs Intel Itanium 2 double cœur. Le réseau d'interconnexion des serveurs est un réseau Voltaire (technologie Infiniband). L'infrastructure pour le stockage de données offrira une capacité de 420 To fournie par DataDirect Networks.

Exploité au travers de la plate-forme logicielle HPC optimisée par Bull et associant en particulier le système d'exploitation Linux, il sera utilisé par les membres du CCRT, incluant le CEA, EDF et les trois sociétés du groupe Safran (Snecma, Turbomeca et Techspace Aero).

---

<sup>1</sup> Centre de Calcul Recherche et Technologie

---

## HPCS : le vainqueur est ...

Le programme HPCS (High Productivity Computing Systems) de la DARPA avait été présenté dans le numéro 49 de BI-ORAP. La deuxième phase devait se terminer, en été 2006, par la désignation d'un constructeur parmi les trois restant dans la course (CRAY, IBM, SUN), qui recevrait les financements destinés à la réalisation des différentes composantes de la solution répondant aux quatre objectifs :

- Performance soutenue de 1 PetaFlops
- Programmabilité
- Portabilité
- Robustesse, fiabilité

L'été est passé et on pouvait imaginer que le choix serait annoncé dans le cadre de la manifestation SC'06. C'est avec près de cinq mois, après SC'06, que l'agence a annoncé qu'elle avait retenu deux solutions (comme BI-ORAP le prévoyait !), et non une : celle de CRAY d'une part, celle d'IBM d'autre part.

Chacun de ces deux constructeurs a donc quatre années pour finaliser la conception et construire les premiers prototypes de la solution qu'il a proposée dans le cadre de la phase 2 de ce programme.

CRAY va recevoir 250 millions de dollars pour finaliser son programme CASCADE, basé sur plusieurs architectures de processeurs (Opteron, FPGA, accélérateurs, etc) dans son approche appelée « Adaptive Supercomputing ». Certaines technologies développées dans le cadre de CASCADE se retrouvent déjà dans les systèmes « BAKER », dont celui qui sera installé à ORNL.

IBM va recevoir 244 millions de dollars qui lui permettront d'accélérer le développement du POWER7 qui devrait être à la base de sa solution. On parle aussi d'un processeur appelé TRIPS (Tera-op, Reliable, Intelligent adaptive Processing System) sans avoir de précision. IBM ira-t-il aussi vers des architectures hybrides, utilisant, par exemple le processeur CELL ? Rappelons que ces deux constructeurs développent, dans ce cadre, de nouveaux langages de programmation : Chapel (Cray), X10 (IBM).

Chacun de ces constructeurs s'engage à apporter sur ses fonds propres une somme au moins égale à la moitié de la subvention du gouvernement américain pour atteindre les objectifs visés avant la fin de 2010.

Rendez-vous en 2010 !

Jean-Loïc Delhayé

---

## Echos de SC'06 à Tampa

La manifestation (conférence et exposition) SC'06 « The Premier International Conference on High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis » s'est déroulée du 11 au 17 novembre à Tampa (Floride, Etats-Unis). Avec environ 9000 participants, de nouveaux records ont été battus, tant en ce qui concerne les inscriptions à la conférence (1325) que les stands de l'exposition 274 (169 stands « entreprise » et 105 stands « recherche »). 26 « tutoriels » ont été organisés les 12 et 13, avant donc que la conférence proprement dite n'ouvre.

### LA CONFERENCE

Précédée par deux journées consacrées à des workshops et à des tutoriels (26), la conférence a été ouverte le mardi par Ray Kurzweil, inventeur de différentes technologies dans les domaines de la reconnaissance optique de caractères, de la synthèse vocale, etc. Il est considéré comme un « visionnaire » dans les technologies de l'information (titre de son dernier livre : "The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology "). Son exposé, intitulé « The Coming Merger of Biological and Non Biological Intelligence », s'ouvrait sur cette citation d'Albert Einstein, mise en exergue dans cette édition de la conférence :

*"Computers are incredibly fast, accurate and stupid ;  
Humans are incredibly slow, inaccurate and brilliant ;  
Together they are powerful beyond imagination".*

La conférence associait, en plus de 54 « technical papers » sélectionnés par un comité international parmi 239 papiers soumis, des conférences invitées, des tables rondes, des BoF (réunions informelles organisées le plus souvent pas des « communautés ») etc.

Les 54 « papiers » étaient regroupés en 18 sessions de 3 papiers : grilles (5 sessions), architectures, systèmes et programmation, applications, performance.

La question qui m'a paru dominer cette édition de Supercomputing est sans doute celle de la performance. Si on observe un certain ralentissement de la croissance de la fréquence des processeurs, la performance des nœuds continue de croître à la même vitesse (la loi de Moore continue de se vérifier) grâce à une amélioration de l'architecture interne des processeurs (dont le multithreading) et à l'utilisation d'accélérateurs de diverses technologies (architectures hybrides). Mais le débit des données entre les processeurs et la mé-

moire reste un frein que les constructeurs (et fournisseurs de technologies d'interconnexion) cherchent à relâcher. Il suffit, pour s'en convaincre, de constater l'importance du public qui a assisté aux deux tables rondes qui ont clôturé cette conférence et qui avaient pour thème : « *Is High-Performance Reconfigurable Computing the Next Supercomputing Paradigm* » et « *Multi-Core for HPC : Breakthrough or Breakdown ?* ».

Le thème « Exotic Technologies », qui apparaît pour la première fois dans cette série de conférences, montre aussi qu'il faut rechercher de nouvelles solutions pour surmonter les limites ou les obstacles de plus en plus sérieux qui sont rencontrés dans la course à la performance. La durée de vie des technologies basées sur les semi-conducteurs ne sera pas infinie et il faudra trouver d'autres technologies comme le transistor a remplacé le tube à vide.

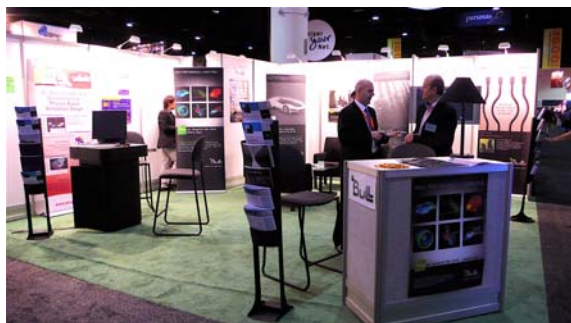
On notera aussi que le prestigieux « Seymour Cray prize for computer technology » de l'IEEE a été décerné à Tadashi Watanabe qui a été l'architecte des séries SX de NEC, du Earth Simulator et est aujourd'hui très engagé dans les projets de superordinateurs de nouvelle génération au Japon.

## L'EXPOSITION

L'exposition comprend traditionnellement des stands « entreprises » et des stands « recherche ».

Dans les stands « entreprises », on retrouvait les « poids lourds » du domaine : grands constructeurs (Cray, Fujitsu, Hitachi, IBM, HP, Nec, SGI, Sun), fabricants de processeurs (AMD et Intel) ou d'accélérateurs, logiciel (Microsoft et sa galaxie de « partenaires »). Mais aussi un nombre toujours croissant de sociétés plus petites, dans des secteurs tels que les clusters, le stockage de données, les réseaux d'interconnexion, les logiciels, etc.

Deux stands français (dans un paysage très largement dominé par les américains) : le stand Bull, et un stand commun CEA-EDF, ces deux stands étant bien aménagés.

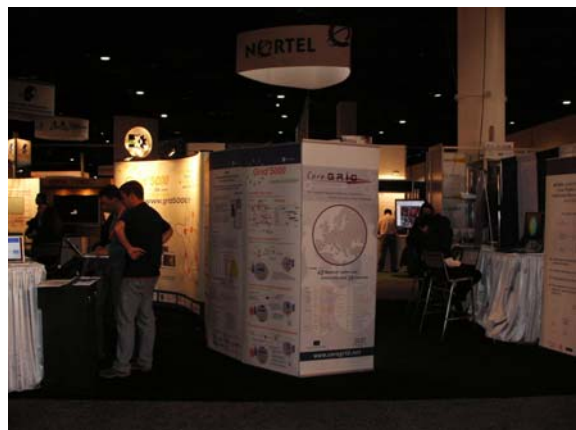


Le stand Bull (photo : François Bodin)



Le stand CEA-EDF (photo : François Bodin)

L'exposition « recherche » était bien entendu également largement dominée par les Etats-Unis. Les organismes nationaux (Argonne, Los Alamos, Oak Ridge, Berkeley, Nasa, etc) et les universités pilotes dans le HPC (NCSA, UC San Diego et SDSC, Ohio Supercomputer Center, Virginia Tech, etc) avaient mis en place des stands impressionnants. Le Japon était très présent avec 18 stands, alors que la Chine avait très fortement réduit sa participation (2 stands). Côté Europe, 21 stands dont 5 pour l'Allemagne et 5 pour la Grande Bretagne. L'Autriche disposait de 2 stands, les autres pays présents se contentant d'un seul stand. C'était le cas de la France, dont la présence « recherche » était assurée par le seul stand de l'INRIA.



Le stand INRIA (photo : Yvon Jégou)

## LE STAND INRIA

Le stand de l'INRIA s'améliore chaque année. Une superficie de 60 m<sup>2</sup> permettait d'héberger 13 démonstrations, 14 posters, le tout étant géré par une vingtaine de personnes venues de toutes les unités de recherche. Les principaux thèmes de ces démonstrations et posters :

- Systèmes d'exploitation et outils (compilation, bibliothèques, ...)
- Grilles (dont Grid5000) et clusters (dont Kerrighed et XtremOS)

- Performance et optimisation des applications de calcul numérique intensif

Ce stand a accueilli de nombreux visiteurs et a permis de nouer ou de renforcer des contacts associés à (ou qui pourraient déboucher sur) des collaborations, tant académiques qu'avec des industriels du secteur.

La manifestation SC est aussi une occasion intéressante pour rencontrer les constructeurs du secteur. Voici un résumé des entretiens que j'ai pu avoir.

## BULL

Sans pour autant délaissier les configurations très haut de gamme, Bull va renforcer ses efforts sur les configurations de taille moyenne destinées aux laboratoires de recherche et aux entreprises, là où se trouve le plus gros du marché.

Les architectures vont s'appuyer sur le concept de « *Hybrid Clustering* » qui permet d'associer des architectures SMP, des clusters de processeurs Itanium et des clusters de processeurs Xeon, tout en conservant une gestion unique des données et une gestion globale du système. Bull confirme ainsi le choix des processeurs Intel.

Les SMP : c'est la gamme NovaScale 5000 allant jusqu'à 32 sockets Itanium.

Les clusters de grande taille (jusqu'à des milliers de cœurs) : nœuds de 4 sockets Itanium, puis Xeon. Les clusters de taille moyenne : nœuds de 2 sockets Xeon. Ceci sans négliger les apports possibles des cartes d'accélération (des expériences ont lieu avec ClearSpeed) ou l'utilisation de FPGA.

Prochaine génération de grands serveurs, vers 2008-2009, avec la famille FAME 2G en cours de développement.

## CRAY

Cray poursuit deux voies technologiques en parallèle :

- la voie scalaire massivement parallèle, basée sur les processeurs Operon d'AMD,
- une voie utilisant des processeurs internes (« propriétaires ») ou spécifiques (FPGA, ...) avec des architectures plus originales, dans l'esprit « adaptive supercomputing » mis en avant depuis 2006.

**La voie scalaire MPP** est la ligne XT : XT3 et XT4, dual-core en 2006, XT4 quad-core en 2008. Plus de 500 « cabinets » XT3/4 ont été vendus, surtout dans le cadre de grandes configurations (plus de 5000 sockets) : Sandia,

Oak Ridge, NERSC, CSCS, CSC Finlande, Pittsburgh SC, ...

Le XT4 utilise un interconnect SeaStar2 qui fournit un réseau torique 3D à très large bande passante. Le système d'exploitation global est Unicos/lc ; les nœuds de service disposent d'un OS Linux complet, chaque nœud de calcul étant géré par un « Light Weight Kernel » qui évoluera vers un « Light Weight Kernel » Linux développé par Cray.

A l'horizon 2008/2009, le successeur du Cray XT4, dont le nom de code est « Baker », permettra d'atteindre des performances supérieures dans des systèmes d'une très grande densité. Le laboratoire du DOE, Oak Ridge NL, a déjà commandé un système Petaflops.

**La voie « Adaptive Supercomputing »** commence avec « Rainier » qui va, en 2007, intégrer des processeurs Opteron, multithread, vectoriels, FPGA et peut-être des cartes d'accélération au sein d'une architecture unifiée (environnement logiciel, vue unique du système, ..). Le travail de choix du type de processeurs à utiliser pour chaque partie de l'application est à la charge de l'utilisateur.

L'infrastructure générale (nœuds de service, réseau, entrées-sorties) ainsi que la partie scalaire sont assurées par le XT4.

Pour la partie vectorielle, « Blackwidow », successeur du système X1 actuel, sera disponible fin 2007. C'est un ordinateur « vectoriel massivement parallèle » dont le réseau à très hautes performances est conçu pour offrir des débits élevés sur l'ensemble des processeurs vectoriels propriétaires (20 GigaFlops).

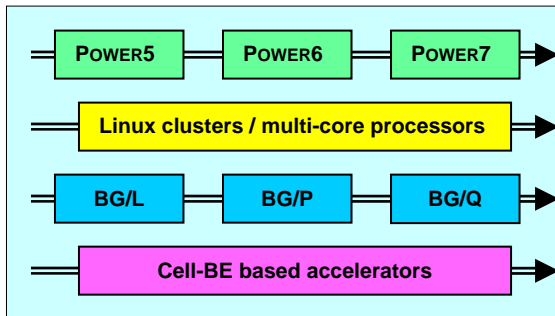
La composante multithread assurée par le système XMT annoncé à SC'06 permet, grâce aux processeurs développés par Cray, l'accès partagé à des très grands espaces mémoire. Cette architecture est particulièrement adaptée aux algorithmes de tri, de recherche, etc.

La seconde génération de l' « Adaptive Supercomputing » est le projet « Cascade » qui intégrera plus étroitement les technologies scalaires, vectorielles, FPGA, etc. Sur Cascade, successeur de Rainier, le compilateur dirigera automatiquement les parties du code vers les unités les mieux adaptées de façon à optimiser la performance de l'ensemble. Cascade a été retenu par la DARPA dans le cadre de HPCS.

## IBM

IBM continue de dominer le TOP500 et en particulier le TOP100. Par ailleurs, il est l'un des deux lauréats du « concours HPCS » de la DARPA. La compagnie a donc des raisons d'être optimiste, et ses projets sont nombreux.

Les activités HPC d'IBM sont regroupées sous le terme et dans l'organisation « Deep Computing ». La « feuille de route conceptuelle » peut être résumée par le schéma suivant :



On a donc deux « lignes matures » sur lesquelles s'appuient les offres commerciales, et deux « lignes expérimentales ».

La ligne POWER fournit des systèmes basés sur des clusters « loosely coupled ». Avec la réussite récente dans le programme HPCS, on peut penser que cette ligne va culminer avec le POWER7 qui sera à la base du système PERCS. Les processeurs POWER6 et POWER6+ (2007 et 2009) restent des processeurs double-cœur, le POWER7 devant arriver en 2010.

Quelles sont les perspectives des « lignes expérimentales » ?

#### Blue Gene

Les évolutions de cette architecture, qui fait maintenant partie des « offres commerciales » (EDF étant l'un des premiers clients européens), sont importantes. On peut retenir :

- BG/P : processeur PPC450 à 850 MHz (contre PPC440 à 700 MHz sur BG/L) ; la performance crête sur un système complet passerait donc de 360 TeraFlops à 1 PetaFlops pour 72000 nœuds.
- BG/Q (en 2010) : 10 PetaFlops avec des processeurs quad-core en SMP, une fréquence augmentée de 20% et une mémoire centrale de 2 ou 4 Go par nœud.

#### CELL

Le « blade server » QS20 fait partie de l'offre cluster mais n'est pas encore considéré comme une machine de production. Les limitations sont surtout liées à la mémoire et à des performances très limitées en virgule flottante double précision. Il est donc davantage vu, aujourd'hui, comme un accélérateur dans un cluster. Le système « Roadrunner » de Los Alamos, qualifié « d'hybride », intègre d'ailleurs des processeurs AMD et des processeurs Cell BE avec l'objectif d'arriver le premier au PetaFlops.

Ses évolutions pourraient être les suivantes :

- 2008 : disponibilité de la virgule flottante, et de la double précision, la fréquence

d'horloge restant à 3,2 GHz et la mémoire passant à 32 Go. Un compilateur Fortran arrive avec le système SDK 3.0.

- 2010 : nouvelle génération de processeurs Cell.

#### SUN

Sun confirme son retour dans le HPC avec des offres complètes : serveurs, systèmes de stockage (renforcés après l'acquisition de StorageTek), stations de travail, logiciels. Il appuie son offre HPC sur les processeurs Opteron (quad-core à partir de Juin 2007) pour les architectures MPP, sur les processeurs Sparc (Niagara Multi-thread) pour les architectures SMP.

On retiendra le SunBlade 8000P qui fournit plus de 1,2 TeraFlops sur un seul rack, et bientôt 6 TeraFlops/rack avec le processeur quad-core Opteron AMD.

L'annonce, pendant SC'06, de la conclusion d'un très important contrat avec le TACC (Texas Advanced Computing Center, Université du Texas à Austin) pour la fourniture d'un système d'une performance finale, en 2007 de 420 TeraFlops (qui serait donc n°1 dans le Top500 actuel) confirme ce retour. Le système est basé sur des serveurs lame à base de processeurs Opteron (x86, 64-bit), un interconnect Infiniband, ainsi qu'environ 1.7 Petabyte de stockage utilisant un système de fichier parallèle Lustre. Il comprendra 13.000 processeurs Opteron quad-core. Le financement de ce projet comprend une subvention de 59 millions de dollars de la NSF.

Sun considère qu'il sera peut-être le premier constructeur à fournir un système d'un PetaFlops.

**L'édition 2007 de cette manifestation se déroulera du 10 au 16 novembre à Reno (Nevada).**

Jean-Loïc Delhaye

---

### 28<sup>ème</sup> édition du TOP500

La 28<sup>ème</sup> édition du Top500<sup>2</sup> (liste des 500 ordinateurs les plus puissants installés à travers le monde) a été publiée dans le cadre de la conférence SC'06. En voici les points les plus significatifs.

#### LE TOP10

Le Top10 a sensiblement évolué depuis juin 2006 (date de la dernière liste).

<sup>2</sup> <http://www.top500.org>

- Le n°1 reste la machine IBM BlueGene/L, installée au Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) avec une performance Linpack de 280.6 TeraFlop/s.
- Le système CRAY XT3 « Red Storm » de Sandia prend la deuxième place (101,4 TeraFlops).
- Suivent trois systèmes IBM dont deux aux Etats-Unis (BlueGene/L de IBM Watson, pSeries 575 « ASC Purple » de LLNL) et le cluster JS21 « MareNostrum » du centre de calcul de Barcelone (62,6 TeraFlops).
- La 6<sup>ème</sup> place revient au système Dell PowerEdge 1850 de Sandia (53 TeraFlops).
- On trouve ensuite la machine Bull « Tera-10 » installée au CEA-DAM (52,8 TeraFlops).
- A la 7<sup>ème</sup> place, le système SGI « Columbia » de NASA Ames (51,9 TeraFlops).
- La 9<sup>ème</sup> place est occupée par le cluster du Tokyo Institute of Technology, intégré par NEC et basé sur les Sun Fire X4600 avec des processeurs Opteron (47,4 TeraFlops).
- Enfin, le Cray XT3 « Jaguar » de Oak Ridge (43,5 TeraFlops) clôt cette liste.

#### EVOLUTION GLOBALE

Pour faire partie du TOP500 de novembre 2006, il faut avoir une puissance au moins égale à 2,7 TeraFlops (contre 2 TeraFlops en juin).

La performance cumulée des 500 systèmes est de 2,8 PetaFlops contre 2 il y a six mois.

Le point d'entrée du TOP100 est passé de 4,7 à 6,7 TeraFlops en six mois.

Les Etats-Unis sont toujours les premiers utilisateurs de systèmes de haute performance avec 306 des 500 systèmes. La part de l'Europe remonte légèrement (95 systèmes) et est à nouveau supérieure à celle de l'Asie (79 systèmes).

Les pays asiatiques dominants sont le Japon avec 30 systèmes (29 en juin) et la Chine avec 18 systèmes (en baisse : 28 en juin).

#### LES CONSTRUCTEURS

IBM reste le leader incontesté du TOP500 avec 47,8% des systèmes (inchangé depuis six mois) et 49,9% de la performance installée (53.9 percent en juin).

HP est en seconde position avec 31,2% des systèmes (inchangé) et 16,5% de la performance (17.8 percent en juin).

Les autres constructeurs avec plus de 5% dans une catégorie sont : CRAY (8,2% de la performance), Dell (7,3% de la performance), et SGI (5,4%), chacun d'eux profitant des grands systèmes qu'ils ont dans le TOP10.

#### ARCHITECTURES, PROCESSEURS

261 systèmes (52,2%) utilisent des processeurs Intel, ce qui représente une baisse sensible en un an (333 systèmes, soit 66,6%, en novembre 2005).

La famille AMD Opteron dépasse les processeurs Power d'IBM et est maintenant la seconde famille de processeurs la plus utilisée avec 113 systèmes contre 55 systèmes il y a un an. 93 systèmes utilisent les processeurs IBM Power contre 73 systèmes il y a un an.

Les processeurs double-cœur deviennent très répandus. 75 systèmes utilisent des processeurs Opteron dual core et 31 systèmes utilisent le nouveau chips Intel Woodcrest dual core.

359 systèmes sont qualifiés de "clusters", et c'est donc l'architecture la plus importante du TOP500 (72%).

Gigabit Ethernet reste la technologie d'interconnexion la plus répandue (211 systèmes, contre 256 il y a six mois). Myrinet est utilisé dans 79 systèmes (87 il y a six mois). La technologie InfiniBand est en forte progression : 78 systèmes contre 36 il y a six mois.

#### DOMAINES D'APPLICATION

L'analyse plus fine des domaines d'application n'est pas possible car cette catégorie n'est pas précisée pour 275 systèmes !

On peut cependant noter que près de la moitié des systèmes (246) sont installés dans des entreprises et que 133 sont dans la catégorie « recherche » et 86 dans la catégorie « académique ». Ces chiffres varient assez peu depuis quelques années.

#### EN EUROPE

La Grande Bretagne domine avec 30 systèmes, soit un tiers des systèmes installés en Europe de l'Ouest. 15 de ces systèmes sont situés dans des organismes financiers (banques, ...), et 5 dans le secteur académique.

L'Allemagne vient en deuxième position avec 19 systèmes dont 8 dans le secteur académique. Deux constructeurs automobiles (Opel et BMW) font partie de cette liste.

Le système le plus puissant situé en Europe est celui du centre de calcul de haute performance de Barcelone (cluster IBM).

Le tableau de l'Europe de l'Ouest est le suivant :

Pays	Nb systèmes	GigaFlops
Grande Bretagne	30	186420
Allemagne	19	148295
France	12	99870

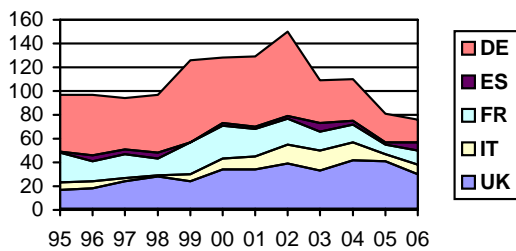


Italie	8	39172
Espagne	7	91600
Suisse	5	47682
Norvège	3	17473
Pays Bas	2	31114
Finlande	1	8200
Suède	1	4999
Belgique	1	4493
Irlande	1	3142
Danemark	1	2791

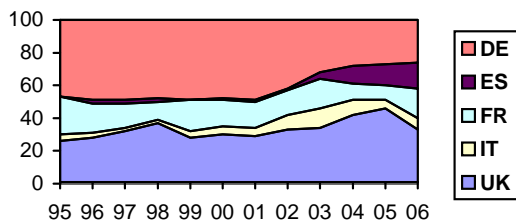
Finances	IBM, BladeCenter LS20, 3861 GF
Calyon (finances)	HP, Blade Cluster BL-20P, 3649 GF
Calyon (finances)	HP, Blade Cluster BL-20P, 3649 GF
BNP	HP, Blade Cluster BL-20P, 3549 GF
HBSC	HP, Blade Cluster BL-25P, 2952 GF
IN2P3	IBM, eServer 326 cluster, 2791 GF

On notera l'absence des centres académiques nationaux dont la mission est de fournir les moyens de calcul de haute performance à la communauté scientifique, ainsi que celle des grands industriels.

Nombre de systèmes installés



Distribution de la puissance Rmax (%)



La puissance installée fait plus que doubler entre novembre 2005 et novembre 2006 ; l'installation de grands systèmes (dont celui du CEA-DAM et celui de Barcelone) modifie la distribution de cette performance, la croissance de la performance en Allemagne et en Grande Bretagne ne suivant pas le même rythme.

41 des 91 systèmes classés en Europe de l'Ouest relèvent du secteur « entreprises », dont 25 pour le secteur financier. On trouve plus d'un système dans les autres secteurs suivants : pétrole, construction automobile, télécommunications.

#### EN FRANCE

Les douze systèmes présents en France sont :

Site	Système, performance GigaFlops
CEA	Bull, NovaScale 5160, 52840 GF
EDF	IBM, Blue Gene/L, 9933 GF
Finances	IBM, BladeCenter LS20, 4925 GF
Total SA	IBM, pSeries p5 575, 4307 GF
CEA	HP, AlphaServer SC45, 3980 GF
Wincor Nixdorf	HP, Blade Cluster BL-25P, 3935 GF

### ClusterVision s'implante en France

ClusterVision se spécialise dans la conception, la mise en œuvre et le support de clusters de calcul à haute performance. Ses clusters sont construits sur la base de serveurs industriels standards et de ClusterVisionOS, un système d'exploitation et environnement logiciel basé sur Linux. Les clusters de ClusterVision sont utilisés par des ingénieurs et scientifiques d'universités, d'instituts de recherche, et de sociétés commerciales. Son siège social est basé à Amsterdam, ses bureaux de ventes et de support se trouvent à Londres, Munich et depuis 6 mois, à Paris.

ClusterVision est la seule société Européenne couvrant plusieurs pays européens et se spécialisant purement dans le marché des grappes de calcul. Les opérations de ClusterVision, que ce soit en vente, en production ou en support, sont mises en place spécifiquement pour répondre aux besoins du domaine du cluster.

Indépendant des fabricants de matériel, ClusterVision a livré des clusters basés sur du matériel « boîte blanche » tel Supermicro et Tyan, mais aussi sur les technologies d'IBM, de Dell, de Sun Microsystems, de Silicon Graphics et de Cray. Les fondateurs ainsi que plusieurs des employés de ClusterVision détiennent des doctorats en Informatique ou sont diplômés dans des domaines scientifiques relatifs au calcul scientifique. Cette approche est cruciale pour bien comprendre les problématiques scientifiques et concevoir les meilleurs clusters possibles pour répondre aux besoins du client.

ClusterVision a construit certains des plus grands et des plus complexes clusters d'Europe. A titre d'exemple, le cluster nouvellement installé à l'université de Cambridge par ClusterVision, en partenariat avec Dell, fait partie du TOP20 mondial des supercalculateurs en Novembre 2006. ClusterVision a toujours été à la pointe des nouvelles technologies, ayant été le pre-

mier au Royaume-Uni à livrer un cluster de production basé sur l'architecture Opteron (simple- cœur, double- cœur, et quadri-cœur) et le premier en Europe à livrer un cluster Infiniband, ainsi que le premier en Europe à livrer un cluster contenant les cartes accélératrices de ClearSpeed.

### *ClusterVisionOS*

La plus grande valeur ajoutée de ClusterVision est le système d'exploitation « ClusterVisionOS » basé sur Linux. Une équipe de développeurs basée à Amsterdam travaille à plein temps sur ClusterVisionOS, pour assurer la mise à jour de celui-ci avec les derniers développements technologiques des matériels et des logiciels.

ClusterVisionOS est conçu pour alléger la gestion de clusters de petites ou grandes tailles et tourne sur presque tous les clusters livrés par ClusterVision. ClusterVisionOS est basé sur 5 piliers principaux : 1) une distribution Linux, telle que SuSE, Red Hat, Debian ou Scientific Linux ; 2) plusieurs changements et configurations appliqués à la distribution Linux ; 3) des logiciels « open source » tels que des bibliothèques MPI et des systèmes d'attente ; 4) des logiciels payants tels des compilateurs ; 5) les outils de gestion de cluster développés par ClusterVision.

### *ClusterVision en France*

Chargé des opérations pour ClusterVision en France, Christopher Huggins continue aujourd'hui de bâtir son équipe avec en 2006 deux embauches d'ingénieurs français, spécialistes en grappes de calcul, et au moins 5 recrutements de plus prévus pour 2007. «L'enjeu est simple: offrir en France les meilleurs clusters et assurer un niveau de support local et supérieur.»

Au titre de ses premières références françaises, ClusterVision a livré en décembre 2006 un cluster basé sur des processeurs Opteron au Département de la Recherche sur l'Etat Condensé au CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) à Saclay. L'unité de recherche INRIA-Futurs a choisi ClusterVision pour livrer un cluster à base de 186 processeurs double-cœur Opteron au LaBRI (Bordeaux).

Avec une offre extrêmement compétitive, le but de la nouvelle équipe française de ClusterVision est d'offrir un support personnalisé et professionnel sur toute la France.

<http://www.clustervision.com>  
christopher.huggins@clustervision.com

---

## LIRE, VISITER, PARTICIPER

### **Building Grids for Europe**

Brochure réalisée par l'unité F2 de la DG Info de la Commission européenne :  
[http://cordis.europa.eu/ist/grids/welcome\\_page.htm](http://cordis.europa.eu/ist/grids/welcome_page.htm)

**Le rapport du groupe "Calcul scientifique"** de l'Académie des Sciences, publié le 6 décembre :

[http://www.academie-sciences.fr/comites/groupe\\_ics.htm](http://www.academie-sciences.fr/comites/groupe_ics.htm)

**Le rapport de la NSF** : « *Revolutionizing Engineering Science through Simulation* » (mai 2006) :

[http://www.irisa.fr/orap/Publications/sbes\\_final\\_report.pdf](http://www.irisa.fr/orap/Publications/sbes_final_report.pdf)

« *Parallel Combinatorial Optimization* », édité par Talbi El-Ghazali (LIFL)

Le site du « **IBM HPC User Group** » français :  
<http://akah.westcast.fr/IBM/hpc/player/index.html>

**MultiGrid Course**, organisé par University of Applied Sciences Bonn-Rhein-Sieg, du 12 au 14 mars :

[http://fb03.fh-bonn-rhein-sieg.de/Multigrd\\_Course.html](http://fb03.fh-bonn-rhein-sieg.de/Multigrd_Course.html)

**L'École Jeunes Chercheurs Informatique Mathématique** (ex École Jeunes Chercheurs en Algorithmique et Calcul Formel) se tiendra cette année à Nancy, au LORIA du 19 au 23 mars 2007.

<http://ejcim2007.loria.fr/>

**EGPGV07** : Eurographics Symposium on Parallel Graphics and Visualization. 20 et 21 mai à Lugano (Suisse).

<http://www.egpgv07.org>

---

## NOUVELLES BREVES

### → EDF et l'Open Source

Après *Aster* en 2001 (mécanique des structures), *Open Turns* en 2006 (calcul d'incertitudes), *SALOME* en 2000 (plate-forme de simulation), la mise en libre de *Saturne* en 2007 confirme l'importance que EDF attache à la démarche Open Source. *Code\_Saturne* est le logiciel généraliste d'EDF pour la mécanique des fluides numérique.

### → Allemagne

- L'équipe de Formule 1 BMW Sauber a mis en service un nouveau superordinateur, dont le nom de code est Albert2, pour la conception de ses futures voitures, notam-

ment pour l'aérodynamisme des véhicules. Ce cluster, qui serait le plus puissant utilisé dans une entreprise européenne, comprend 256 nœuds de 2 processeurs Intel Xeon 5160 dual-core (soit un total de 1024 cœurs) et a une performance crête de 12,3 Teraflops. L'architecture de ce système a été développée par la société suisse DALCO. <http://www.bmw-sauberf1.com/en/index.html>

- Mercury Computer Systems Inc. a signé un accord de coopération avec l'IMP (Institute of Medical Physics) de Erlangen qui vise à développer et commercialiser des technologies d'imagerie médicale déployées sur le processeur Cell Broadband Engine (BE).

#### → Finlande

Le centre national de calcul (CSC) pour la recherche va acquérir un système CRAY de 70 Tflops (*Hood*, successeur du XT3) dont l'installation sera échelonnée entre la fin 2006 et le début 2008. Ce projet est réalisé grâce aux financements du Ministère de l'éducation et du Conseil d'état finlandais. En même temps, le CSC augmente la configuration de son cluster HP CP4000BL ProLiant (2048 processeurs AMD Opteron, performance crête 10,6 Tflops).

#### → Etats-Unis :

- La NSF va apporter 59 millions de dollars sur 5 ans au TACC (Texas Advanced Computing Center) dans la cadre du programme « *High Performance Computing System Acquisition* » (voir Bi-Orap n° 49). Ce financement est destiné à l'acquisition d'un système fourni, par SUN, dont la puissance dépassera 400 TeraFlops à la fin de 2007, au financement des coûts de fonctionnement pendant quatre ans. Il doit aussi contribuer à financer diverses opérations qui seront conduites en collaboration avec Arizona State University et Cornell University, dans le domaine de l'optimisation des applications, la gestion de très grands volumes de données, évaluation d'outils systèmes, et à la formation des utilisateurs. La diffusion de l'utilisation des superordinateurs.
- Sous les auspices du programme I/UCRC (Industry/University Cooperative Research Centers) de la NSF, le centre pour le calcul reconfigurable de haute performance (CHREC) est un nouveau centre national dédié à la recherche sur le calcul reconfigurable. Il regroupe une douzaine d'organismes (universités, entreprises, gouvernement).  
<http://www.chrec.ufl.edu>

#### → Cray

- Cray va fournir deux systèmes de très grande puissance à l'armée américaine : un doublement de la configuration du XT3 du ERDC Major Shared Resource Center par le passage en double-cœur des processeurs Opteron et le doublement de la mémoire ; la configuration sera complétée par un XT4 de 80 TeraFlops fin 2007.
- Le Pittsburgh Supercomputing Center a annoncé qui va faire évoluer, dès la fin 2006, la capacité de son système CRAY XT3 de 10 Teraflops vers 21,5 Teraflops en remplaçant les 2090 processeurs AMD Opteron à 2,4 GHz par des Opteron dual-core à 2,6 GHz.

<http://www.psc.edu/>

#### → IBM

- Harvard University (Division of Engineering and Applied Sciences) a annoncé l'acquisition du plus puissant système BlueGene/L dans le monde académique américain : 4096 processeurs dans deux racks (11 Tflops).
- Dix universités ont été retenues par IBM, dans le cadre des Shared University Research (SUR) awards pour recevoir des systèmes Cell BE et contribuer au développement des applications et des outils disponibles sur cette plate-forme. Six de ces universités sont américaines, deux sont européennes : Barcelona Supercomputing Center et Dublin Trinity College.

#### → NEC

NEC a annoncé le lancement de son nouveau système dans la gamme des SX : le modèle SX-8R. Pour NEC, il s'agit de l'ordinateur vectoriel le plus performant avec une crête de 144 Tflops (4096 processeurs). Par rapport au SX-8, ce nouveau modèle contient deux fois plus de pipelines pour l'addition et la multiplication dans ses unités vectorielles. En ajoutant une fréquence améliorée de 10%, il apporte un doublement de performance.

#### → Terra Soft

Terra Soft construit le premier superordinateur basé sur le processeur Cell, à la suite d'une commande émise par Sony Computer Entertainment, Inc. Exploité sous Linux, il sera essentiellement utilisé par des universités et des laboratoires nationaux (LBNL, LANL, ORNL) pour la recherche dans les sciences de la vie.

<http://terrasoftsolutions.com>

---

## AGENDA

28 au 30 janvier – **HIPEAC 2007** : 2007 International Conference on High Performance Embedded Architectures & Compilers (Ghent, Belgique)

7 au 9 février - **PDP2007** : 15<sup>th</sup> Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and network-based Processing (Naples, Italy)

10 au 14 février – **HPCA 13** : 13<sup>th</sup> International Symposium on High-Performance Computer Architecture (Scottsdale, Arizona, Etats-Unis)

4 au 9 mars - **ICCGI'07** : The second international multi-conference on Computing in the Global Information Technology (Guadeloupe)

11 au 14 mars – **CGO-5** : Fifth Annual IEEE/ACM International Symposium on Code Generation and Optimization (San Jose, Ca, Etats-Unis)

12 au 15 mars - **ARCS 2007** : 20<sup>th</sup> International Conference on Architectures of Computing Systems (Zurich, Suisse)

14 au 17 mars – **PPoPP 2007** : ACM SIGPLAN 2007 Symposium on Principles and Practice of Parallel Programming (San Jose, Ca, Etats-Unis)

15 mars – **DRS 2007** : 4th Workshop on Dynamically Reconfigurable Systems (Zurich, Suisse)

21 au 23 mars - **EuroSys** : 2nd European Conference on Computer Systems (Lisbonne, Portugal)

26 au 30 mars - **PerCom 2007** : fifth annual conference on pervasive computing and communications (New-York, NY, USA)

26 au 30 mars - **IPDPS 2007** : 21<sup>st</sup> IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium (Long Beach, Ca, USA)

26 au 30 mars - **CAC 2007** : The Workshop on Communication Architecture for Clusters (Long Beach, Ca, USA)

26 au 30 mars - **NIDISC'07** : The 10<sup>th</sup> International Workshop on Nature Inspired Distributed Computing (Long Beach, Ca, USA)

26 mars - **HCW'07** : 16<sup>th</sup> International Heterogeneity in Computing Workshop (Long Beach, Ca, USA)

26 mars - **HiCOMB'07** : 6<sup>th</sup> IEEE International Workshop on High Performance Computing Biology (Long Beach, Ca, USA)

27 au 28 mars - **RAW 2007** : 14<sup>th</sup> Reconfigurable Architectures Workshop (Long Beach, Ca, USA)

27 au 29 mars - **ARC 2007** : International Workshop on Applied Reconfigurable Computing (Rio de Janeiro, Brazil)

3 au 5 avril - **HPCC 2007** : Supercomputing: Innovation, Imagination and Application (Newport, RI, USA)

3 au 6 avril - **RTAS 2007** : IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium (Bellevue, WA, USA)

8 au 10 avril - **ISPASS 2007** : International Symposium on Performance Analysis of Systems and Software (San Jose, Ca, USA)

2 au 4 mai : **GPC 2007** : The Second International Conference on Grid and Pervasive Computing (Paris, France)

7 au 9 mai : **Computing Frontiers 2007** : 2007 ACM International Conference on Computing Frontiers (Ischia, Italy)

7 au 9 mai : **NOCS'07** : IEEE International Symposium on Networks-on-Chips (Princeton, NJ, USA)

12 mai - **RCeducation** : The 2nd International Workshop on Reconfigurable Computing Education (Porto Alegre, Brazil)

13 au 16 mai – **OSCAR'07** : The 5<sup>th</sup> Annual Symposium on Open Source Cluster Application Resources (Saskatoon, Sk, Canada)

14 au 17 mai - **CCGrid 2007** : IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid (Rio de Janeiro, Brazil)

14 au 17 mai – **LCI 2007** : The 8th LCI International Conference on High-Performance Clustered Computing (South Lake Tahoe, Ca, USA)

20 au 21 mai - **EGPGV 07** : Eurographics Symposium on Practical Graphics and Visualization (Lugano, Suisse)

27 au 30 mai - **PAPP 2007** : Fourth International Workshop on Practical Aspects of High-Level Parallel Programming (Beijing, China)

27 au 30 mai - **ICCS 2007** : International Conference on Computational Science (Beijing, China)

4 au 6 juin - **SIES 2007** : IEEE Second Symposium on Industrial Embedded Systems (Lisbonne, Portugal)

Les sites de ces manifestations sont accessibles depuis le serveur ORAP.

---

Si vous souhaitez communiquer des informations sur vos activités dans le domaine du calcul de haute performance, contactez directement Jean-Loïc.Delhay@irisa.fr

Les numéros de BI-ORAP sont disponibles en format pdf sur le site Web d'ORAP.

ORAP est partenaire de



### ORAP

Structure de collaboration créée par le CEA, le CNRS et l'INRIA

Secrétariat : Chantal Le Tonquèze  
Irisa, campus de Beaulieu, 35042 Rennes  
Tél : 02 99 84 75 33, fax : 02 99 84 74 99  
[chantal.letonqueze@irisa.fr](mailto:chantal.letonqueze@irisa.fr)  
<http://www.irisa.fr/orap>