

SOMMAIRE

Forums ORAP
Dissolution d'amas stellaires sur carte GPU
Prix Bull – Joseph Fourier 2012
Le rapport 2011 du CSCI
Les activités du « Groupe Calcul »
Nouvelles de GENCI et de PRACE
Blue Waters continue avec Cray
Europe
SC'11
Lire, se former, participer
Nouvelles brèves
Agenda

Forums ORAP

Le 28^{ème} Forum ORAP a eu lieu le 14 octobre 2011 dans l'amphithéâtre du siège du CNRS à Paris. Les deux thèmes centraux de ce Forum étaient:

- Vers le PetaFlops soutenu et au-delà
- Applications du HPC : simulation et « incertitudes »

Les supports des présentations faites dans ce cadre sont disponibles sur le site Orap :
<http://www.irisa.fr/orap>

Le prochain forum aura lieu en mars 2012.

Contact : chantal.le_tonqueze@inria.fr

Dissolution d'amas stellaires sur carte GPU

Florent Renaud, Service d'Astrophysique, CEA-Saclay
florent.renaud@cea.fr

1 Introduction

La majeure partie de la lumière de l'Univers est produite par les étoiles, qui se créent en amas.

Les conditions de formation de ces amas à partir de l'effondrement de nuages de gaz moléculaire sont intensivement étudiées observationnellement et numériquement. Cependant, la dissolution des amas, due à l'évacuation progressive de leurs étoiles, est difficilement observable et est restée très peu explorée.

Cette dissolution intervient par l'effet du champ de marée, c'est-à-dire de la force gravitationnelle de la galaxie hôte de l'amas : de la même façon que la Lune et le Soleil déforment la surface des océans sur Terre, une galaxie modifie la structure des amas qu'elle contient. Cependant, un amas est plus fragile (car moins dense) qu'une planète, de telle sorte qu'une partie de sa matière stellaire peut s'échapper de son puits gravitationnel. Après quelques milliards d'années, l'amas peut ainsi s'être complètement dissous. L'étude de l'évolution des amas passe donc par le couplage galaxie-amas induit par le champ de marée.

L'hétérogénéité des échelles ($\sim 10^{21}$ mètres, 1 milliard d'années pour les galaxies et $\sim 10^{12}$ mètres, 1000 ans pour les amas) rend impossible la simulation d'une galaxie entière à la résolution de l'étoile individuelle. Pour pallier à cela, différentes équipes ont choisi de simplifier la description de la galaxie afin de pouvoir traiter le problème analytiquement : le champ de marée produit par une galaxie ponctuelle et le long d'une orbite circulaire est en effet bien connu (Fukushige & Heggie 2000). Il est donc possible de l'inclure à la simulation d'un amas, en imitant ainsi la présence d'une galaxie.

Cependant, les observations et les simulations cosmologiques nous montrent que toutes les galaxies subissent en permanence des interactions, accrètent des galaxies satellites et du gaz, changent de morphologie, etc (Fig. 1). Ces modifications impliquent une forte dépendance temporelle du champ de marée associé et des orbites des amas. Le cas idéalisé d'une galaxie ponctuelle et d'une trajectoire circulaire n'est donc pas représentatif de la réalité. Conscients de ces limites, quelques auteurs ont néanmoins permis d'améliorer notre compréhension du couplage galaxie-amas dans certains "cas

d'école", laissant ainsi de côté l'aspect évolutif de la galaxie (voir par exemple Baumgardt & Makino 2003, Küpper et al 2010).

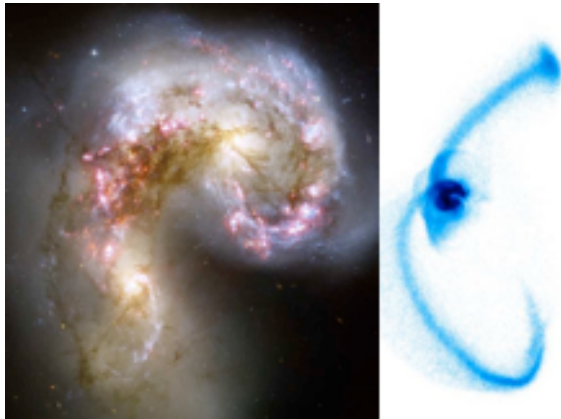


Figure 1 : Gauche: partie centrale des galaxies des Antennes. La collision de deux galaxies massives provoque un sursaut de formation d'amas d'étoiles (ici en rose). Image par B. Whitmore, HST. Droite: modèle numérique des Antennes (dans leur intégralité). Les bras de part et d'autre de la région centrale ont été formés il y a 300 millions d'années, par les effets de marées. Modèle par Renaud et al 2008.

2. Couplage galaxie-amas

Récemment, une nouvelle méthode de simulation, développée en collaboration avec des chercheurs des Universités de Cambridge et Strasbourg, propose de modéliser un amas stellaire à la résolution de l'étoile, tout en intégrant un champ de marée réaliste, levant ainsi les limitations dues à la méthode analytique jusque là employée (Renaud, Gieles & Boily 2011).

Il s'agit, dans un premier temps, d'obtenir une représentation complète du champ de marée le long de l'orbite de l'amas puis, dans un second temps, de résoudre l'amas étoile par étoile et d'ajouter la composante de marée (préalablement calculée) à la dynamique des étoiles de l'amas.

Concrètement, la première étape est la simulation de l'environnement galactique de l'amas. Une ou plusieurs galaxies sont modélisées afin d'obtenir une représentation du potentiel gravitationnel galactique, en trois dimensions, et au cours du temps. Ce type de simulation, largement utilisé depuis près de 40 ans, nous permet par exemple de rendre compte de la migration radiale des amas dans une galaxie isolée, de l'effet d'un bras spiral ou d'une barre, mais aussi de collisions entre plusieurs galaxies (Fig. 1, voir aussi par exemple Teyssier, Chapon & Bournaud 2010). Les techniques numériques peuvent varier d'une simulation à l'autre car les nuances entre les différents codes (nécessaires

à l'étude de la formation stellaire par exemple) importent peu dans le calcul du potentiel gravitationnel aux échelles qui nous intéressent ici. En dérivant spatialement le potentiel au second ordre, on obtient le tenseur (3x3) de marée (Renaud et al 2008) dont l'évolution (en intensité et orientation) décrit le champ de marée le long de la trajectoire d'une particule représentant un amas non-résolu ($\sim 10^{18}$ mètres, 10^{4-5} masses solaires).

La seconde étape est une nouvelle simulation, cette fois-ci à l'échelle de l'amas : chaque particule représente une unique étoile. Du fait de l'aspect collisionnel du problème (menant, par exemple, à la formation d'étoiles binaires ou multiples), la force de gravitation doit être calculée exactement, sans approximation : le code est donc un intégrateur N-corps direct. Chaque étoile subit l'attraction gravitationnelle de la part des N-1 autres étoiles, ce à quoi nous ajoutons la force de marée galactique, précédemment calculée à partir du tenseur. La force totale (interne + galactique) permet alors de mettre à jour la vitesse et la position de chaque étoile suivant un schéma leap-frog. Il est donc possible de suivre l'évolution de la structure de l'amas mais aussi de la perte de ses étoiles lorsque ces dernières acquièrent suffisamment d'énergie pour devenir non-liées.

3. Utilisation des GPU

La première étape de notre méthode (simulation galactique) ne nécessitant pas de très haute résolution, elle peut être conduite sans avoir recours au calcul intensif. Cependant, dans la pratique, nous extrayons le champ de marée d'une simulation préexistante qui le plus souvent, a été dimensionnée en vue de l'étude d'autres phénomènes (la formation stellaire par exemple). Dans ce cas, nous utilisons les codes hautement parallélisés (comme Ramses, voir Teyssier 2002) sur des architectures à (très) grand nombre de CPU (jusqu'à 6000).

Mais c'est principalement la seconde étape (simulation d'amas stellaire) qui requiert de la puissance de calcul. Le code évalue la force de gravitation entre les N étoiles de l'amas (intégrateur N-corps direct, très largement basé sur Nbody6, voir Aarseth 2003), donc le temps de calcul varie en N^2 . De ce fait, les simulations à grand N ($> 10^4$) restent prohibitives. Notons que l'aspect collisionnel de la physique à ces échelles impose la résolution : une particule = une étoile. Un petit N ne correspond donc pas à un calcul peu résolu, mais à un amas peu massif (c'est-à-dire contenant peu d'étoiles).

Cependant, la population stellaire d'une galaxie comprend des amas de quelques 10^2 d'étoiles, à plusieurs 10^5 . Il nous faut donc être capable

de modéliser des amas avec un grand nombre de particules. En ce sens, les GPU permettent d'accélérer considérablement le temps de calcul de la force de gravitation (Fig. 2). Une version GPU de l'intégrateur N-corps a récemment été publiée (Nitadori & Aarseth, en préparation).

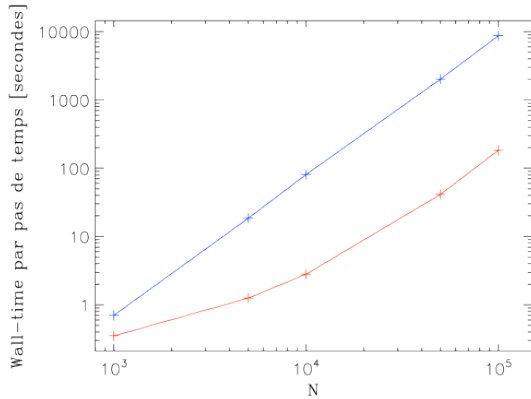


Figure 2 : Temps de calcul (en secondes) d'un pas de temps N-corps en fonction du nombre N d'étoiles dans l'amas, sans GPU (bleu), et avec (rouge). Tests réalisés sur la machine Titane du CCRT.

En ajoutant notre traitement du champ de marée à ce code N-corps, nous pouvons suivre l'évolution réaliste de la plupart des amas stellaires, pour un temps de calcul raisonnable (les amas de plus de 10^5 étoiles restent encore inaccessibles). Notons que le surcoût lié au champ de marée est négligeable devant le calcul de la force interne (en N^2).

De surcroît, les possibilités de calcul offertes par les clusters hybrides CPU+GPU sont pleinement utilisées lors d'étude de populations d'amas : s'il est physiquement intéressant de suivre l'évolution d'un amas unique, comprendre l'influence de l'environnement galactique sur une population entière d'amas reste un enjeu majeur dans le domaine de l'évolution des galaxies. Par exemple, nous cherchons à savoir quel rôle une collision entre deux galaxies joue sur ses amas. Se dissolvent-ils plus vite que dans une galaxie isolée ? Et comment cette dissolution modifie-t-elle les propriétés globales de la galaxie ? Pour répondre à ces questions générales, il est nécessaire de considérer un grand nombre d'amas, aux propriétés et orbites variées, et ce dans plusieurs galaxies, donc de mener de nombreuses simulations et de suivre une approche statistique. L'utilisation d'un cluster de GPU prend alors tout son sens. La parallélisation (MPI) intervient au niveau de la galaxie : chaque GPU est utilisé pour la simulation d'un amas le long d'une orbite dans la galaxie. L'exercice est ensuite répété, en changeant les propriétés de l'amas, de telle sorte qu'un large volume de l'espace des paramètres peut être exploré grâce à l'utilisation simultanée d'un grand nombre de GPU.

Une campagne de calcul en ce sens est actuellement menée sur les nœuds hybrides de la machine Curie du CCRT : nous suivons l'évolution de quelques 300 amas dans une galaxie disque isolée, que nous comparons à leurs équivalents dans deux galaxies en fusion (galaxies des Antennes, Fig. 1), sur une durée de 6 milliards d'année, soit près de la moitié de l'âge de l'Univers.

4. Dissolution accélérée

Un amas isolé (c'est-à-dire sans galaxie, donc sans champ de marée) constitue un cas d'école irréaliste certes, mais servant de référence. De nombreux travaux ont montré que, grâce à la relaxation à deux corps, de l'énergie peut être transférée d'une étoile à l'autre de sorte que cette dernière dépasse la vitesse de libération de l'amas (Hénon 1965). Par le jeu répété de cette relaxation, l'amas perd peu à peu de sa masse (de l'ordre d'une fraction de masse solaire par million d'années). On parle d'évaporation. En incluant un champ de marée, on ajoute une force supplémentaire qui tend à dissoudre l'amas. La perte de masse est donc accélérée. Les taux de dissolution dépendent énormément de l'amas, de sa trajectoire et de sa galaxie hôte mais les temps de survie des amas peuvent être tronqués d'un ordre de grandeur par le simple ajout de la force de marée. Sur l'exemple montré en Fig. 2, la fusion de deux galaxies rend l'orbite de l'amas très elliptique : la perte de masse (en rouge) s'accélère lorsque l'amas approche du centre galactique, et ralentit fortement à l'apocentre. La répétition de cet effet donne lieu à la fonction "en escalier" visible ici. L'amas perd de sa masse plus rapidement que si sa galaxie hôte était isolée (en bleu).

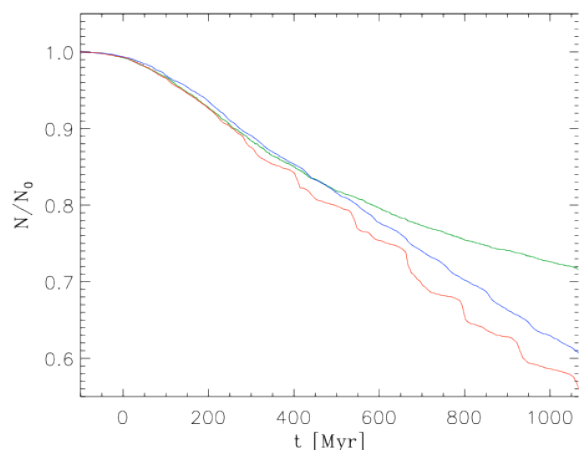


Figure 3 : Première phase de la dissolution d'un amas stellaire, sans galaxie (vert), dans une galaxie disque isolée (bleu) et dans deux galaxies en fusion (les Antennes, voir Fig. 1, en rouge). Les axes représentent le temps en millions d'années (Myr) et le

nombre d'étoiles relativement à la valeur initiale (N/N_0). D'après Renaud, Gieles & Boily 2011

Le cas présenté en Fig. 3 est-il particulier ou reflète-t-il l'évolution de tout les amas d'une galaxie ? L'exploration de nombreuses autres orbites et amas nous renseignera bientôt sur le rôle de la fusion galactique sur sa population stellaire.

Remerciements

Les simulations GPU font partie du Grand Challenge *ESCAP* hébergé par le calculateur Curie du CCRT/CEA/GENCI.

Bibliographie

Aarseth S., 2003, Gravitational N-body simulations. Cambridge University Press
Baumgardt H., Makino J., 2003, MNRAS, 340, 227
Fukushige T., Heggie D., 2000, MNRAS, 318, 753
Hénon, 1965, Annales d'Astrophysique, 28, 62
Küpper A., Kroupa P., Baumgardt H., Heggie D., 2010, MNRAS, 407, 2241
Renaud F., Boily C.M., Fleck J.-J., Naab T., Theis C., 2008, MNRAS, 391, L98
Renaud F., Gieles M., Boily C.M., 2011, MNRAS, 418, 759
Teyssier R., 2002, A&A, 385, 337
Teyssier R., Chapon D., Bournaud F., 2010, ApJ, 720, L149

Prix Bull – Joseph Fourier 2012

N'attendez pas pour vous inscrire au Prix Bull-Joseph Fourier qui récompense un chercheur ou une équipe de recherche pour ses travaux dans le domaine de la parallélisation des applications de simulation numérique.

Date limite de dépôt des dossiers : 27 avril 2012.

<http://www.prix-bull-fourier.fr/>

Le rapport 2011 du CSCI

Rappelons que la mission du Comité stratégique du calcul intensif est de veiller à ce que l'accès des chercheurs français aux meilleures ressources informatiques soit au meilleur niveau international et à ce que ces ressources soient utilisées le mieux possible.

La troisième rapport, publié en juin 2011, fait plusieurs recommandations, en particulier :

- Le CSCI recommande qu'une attention particulière soit portée à l'équilibre de la pyramide tier0-tier1-tier2. Pour le tier1, le CSCI pense que la France se doit de déve-

opper ses trois centres de calcul intensifs nationaux au même rythme que le tier0.

- Le nombre d'utilisateurs du calcul intensif doit continuer à progresser. Il faudra donc encore en 2012 développer de nouvelles formations et encourager les chercheurs à passer du tier2 au tier1 et du tier1 au tier0, leur faciliter l'accès aux machines, récompenser leurs efforts et les inciter à former des équipes.
- L'ANR est un moyen puissant pour les orientations de recherches, mais, sauf pour le programme « Méthodes Numériques », le calcul intensif est dilué dans les actions générales et n'a que peu de visibilité au sein de l'ANR. Comme en 2010, le CSCI recommande que l'ANR prépare l'Exascale en 2018 et la mi-parcours 100 Pflops en 2015 avec plus de visibilité.
- Pour les PME des programmes phares (en particulier le programme GENCI-INRIA-OSEO, déjà présenté dans Bi-ORAP) ont été créés en 2010. De nouveaux programmes d'incitation pourraient être créés pour faciliter l'utilisation du calcul parallèle dans l'industrie au niveau du tier1.
- Pour les grilles de calcul, il conviendrait de faire émerger une infrastructure de nuage (*cloud*) dédiée à la recherche, multidisciplinaire en collaboration étroite avec la communauté des informaticiens, puis d'assurer un financement viable pour les nœuds de la grille française (production et recherche).

Lire le rapport :

<http://www.genci.fr/IMG/pdf/CSCI-2011.pdf>

Les activités du Groupe Calcul

1) Présentation du Groupe Calcul

Le Groupe Calcul (<http://calcul.math.cnrs.fr>) désigne à la fois le *réseau métier* Calcul et le *GDR (Groupement de Recherche)* Calcul. Ces deux structures fédératives, très fortement interdépendantes, s'adressent aussi bien aux chercheurs et ingénieurs intéressés par le calcul scientifique (méthodes numériques, algorithmique, disciplines utilisatrices du calcul) qu'aux personnes et entités en lien avec l'écosystème du calcul scientifique : ingénieurs en administration système de moyens de calcul, responsables de mésocentres, partenaires du privé.

Le Groupe Calcul a un rôle important dans deux principaux domaines :

- l'animation scientifique
- la coordination de terrain

2) Animation Scientifique

L'animation scientifique du Groupe Calcul a été présentée lors du forum ORAP du 14 Octobre 2011. Elle se décline en 4 grands axes :

- organisation de journées thématiques,
- mise en place et participation à des formations,
- participation à des manifestations scientifiques,
- mise à disposition d'outils électroniques très actifs et reconnus dans la communauté.

Journées du Groupe Calcul

Un rapide historique illustre la richesse de l'activité. En effet, depuis 2009, le Groupe Calcul a organisé ou co-organisé de nombreuses manifestations dont 7 journées thématiques et 4 journées dédiées aux mésocentres (voir le paragraphe sur la coordination de terrain).

Les dernières journées du GDR Calcul portaient sur les avancées de la recherche dans le domaine de la discrétisation spatiale. Elles incluaient des tutoriaux afin de rendre accessibles les exposés aux jeunes chercheurs.

Sur des aspects plus technologiques et structuraux, le réseau a proposé récemment deux journées sur le thème de l'animation scientifique et le développement d'applications dans les mésocentres.

Formations et écoles

Depuis janvier 2009, le Groupe Calcul a organisé ou co-organisé 9 écoles ou formations. Parmi celles ayant rencontré un fort succès, on peut citer :

- l'école thématique sur la décomposition de domaine, qui a permis de faire le point sur les avancées scientifiques récentes sur le sujet ;
- l'école « Calcul Parallèle et Application aux plasmas froids », qui associe une composante métier et des éléments très techniques ;
- la formation « Masse de données, structuration, visualisation », qui répondait aux besoins identifiés sur l'accroissement du volume de données à traiter en calcul scientifique ;
- l'école « Python en calcul scientifique », qui a rassemblé une quarantaine de participants.

Ces écoles ont toutes été financées par la formation permanente du CNRS. Ouvertes à l'ensemble de la communauté enseignement/recherche, elles sont **gratuites** pour les participants.

Enfin, le GDR Calcul organise l'édition 2012 du **Centre d'Été Mathématique de Recherche Avancée en Calcul Scientifique** (CEMRACS).

Point de rencontre incontournable des chercheurs en calcul scientifique, le CEMRACS traite une thématique différente chaque année depuis 1996. En 2012, le sujet retenu concerne les « Méthodes numériques et algorithmes pour architectures hautes performances ». Le CEMRACS est une activité récurrente de la SMAI (Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles) et est composé de deux types d'événements :

- une école d'été qui aura lieu du 16 au 20 juillet 2012,
- une session de recherche de cinq semaines (du 23 juillet au 24 août).

L'appel à projets de recherche pour cette session est ouvert, toutes les informations sont sur le site <http://smi.emath.fr/cemracs/cemracs12/>.

Outils électroniques

Le Groupe Calcul, en plus du site web collaboratif <http://calcul.math.cnrs.fr>, gère la liste de discussion calcul@listes.math.cnrs.fr, qui a fêté récemment son 1000ème abonné. Cette liste regroupe chercheurs et ingénieurs, de la recherche publique et privée, et permet d'aborder tous les aspects du calcul scientifique. Elle est ouverte à toutes les personnes intéressées.

Des listes restreintes aux membres de la communauté éducation/recherche et aux responsables de mésocentres sont également actives. Ces dernières sont utilisées pour les actions de coordination de terrain.

3) Coordination de terrain

Le Groupe Calcul organise chaque année (en partenariat avec la CPU et GENCI), des journées dédiées aux mésocentres. Elles permettent de fédérer et de coordonner les actions de l'ensemble des mésocentres français. Un comité de coordination des mésocentres s'est formé. Il a comme missions d'écrire un rapport annuel sur l'état des mésocentres en France et de rencontrer sur le terrain les acteurs des différents mésocentres afin de proposer des actions communes. De plus, il prend en charge le référencement des mésocentres sur le site du Groupe Calcul, ce qui permet une bonne vision du paysage national des mésocentres.

4) Partenariats

Le Groupe Calcul interagit fortement avec les différents acteurs du paysage du calcul scientifique français. Ces collaborations sont très variées : GENCI, la CPU, INRIA, Groupe EcoInfo (<http://www.ecoinfo.cnrs.fr/>), réseaux métiers ResInfo (<http://www.resinfo.org/>), Projet Plume (<http://www.projet-plume.org/>), GDR IM (<http://www.gdr-im.fr/>), GNR MOMAS (<http://www.gdrmommas.org/>), Maison de la

Simulation, ... et prennent différentes formes (co-organisation d'événements scientifiques et techniques, informations, échanges d'expertises ...). Elles permettent de proposer des actions collaboratives multidisciplinaires très riches.

Conclusion

Le groupe Calcul est extrêmement actif sur les aspects d'animation scientifique et de coordination de terrain. Possédant une vue d'ensemble de l'activité calcul en France, il s'agit d'un acteur incontournable dans le domaine.

Web : <http://calcul.math.cnrs.fr>

Liste de discussion : calcul@math.cnrs.fr

Pour le bureau du groupe Calcul :
Romaric DAVID, Françoise BERTHOUD, Laurent DESBAT, Loïc GOUARIN, Violaine LOUVET, Vincent MIELE

Nouvelles de GENCI et de PRACE

Appel régulier de PRACE.

Prace a publié, le 2 novembre, son 4^{ème} appel à projets. Il sera clos le 10 janvier. Les projets sélectionnés pourront utiliser, dès le 1er mai 2012, 6 systèmes Tier-0 :

- « Jugene » en Allemagne : IBM Blue Gene/P (1 PetaFlops)
- « Curie » en France : bullx (1,5 PFlops)
- « Hermit » en Allemagne ; Cray XE6 (1 PFlops)
- « SuperMUC » en Allemagne : IBM System x iDataPlex (3 PFlops)
- « MareNostrum » en Espagne (1 PFlops)
- « Fermi » en Italie (2 PFlops)

Les configurations des deux derniers systèmes n'étaient pas diffusées au moment où ces lignes ont été écrites.

Résultats du 3^{ème} appel à projets de PRACE.

PRACE a attribué 721 millions d'heures de calcul sur les systèmes Tier-0 à 24 projets, sélectionnés parmi 53 projets soumis, dans le cadre du 3^{ème} appel régulier. Parmi ces projets, cinq concernent des équipes françaises :

- *Validating QRPA microscopic calculations of radiative strengths for astrophysics*, Dr Stéphane Hilaire, CEA DAM DIF.
- *On the stability of ordinary matter and related issues*, Dr Laurent Lellouch, CNRS (Institut de Physique) et Université Aix-Marseille II.
- *Pulsation: Petascale multi-grids ocean-atmosphere coupled simulations*, Dr. Se-

bastien Masson, Université Pierre et Marie Curie.

- *Large-eddy simulations of stratified atmospheric turbulent flows with Meso-NH: application to safety in meteorology and environmental impact of aviation*, Dr Roberto Paoli, CERFACS.
- *Meteorites on the Computer*, Mr Laurent Soulard, CEA.

HERMIT rejoint PRACE

Le système HERMIT du HLRS à Stuttgart a rejoint l'infrastructure PRACE en novembre 2011. Il s'agit d'un Cray XE6 d'une performance de 1 PFlops (3552 nœuds équipés de processeurs AMD Interlagos).

XSEDE

Le centre de calcul de Jülich est le seul partenaire non américain du projet XSEDE (*Extreme Science and Engineering Discovery Environment*) piloté par le NCSA (Université de l'Illinois à Urbana-Champaign) et financé par la NSF. Jülich contribuera au développement du logiciel UNICORE, déployé et testé dans PRACE.

<https://www.xsede.org/>

Blue Waters continue avec Cray

Le dernier numéro de Bi-Orap avait présenté le retrait d'IBM du projet Blue Waters qui devait permettre au NCSA (Université de l'Illinois) de disposer d'un système d'une performance crête de 1 PFlops soutenu (10 PFlops crête) sur un large ensemble d'applications. Était-ce la fin de ce projet ambitieux largement financé par la NSF ?

La réponse officielle à cette question est arrivée le 14 novembre par un communiqué de presse publié conjointement par le NCSA et Cray.

Cray a donc été choisi pour reprendre et mener à bien le projet Blue Waters. Le montant du contrat pluri-annuel, comprenant des produits et des services, serait de 188 millions de dollars.

Le système que Cray doit fournir sera composé de 235 armoires XE6 (basées sur le processeur AMD Interlagos) et d'une trentaine d'armoires de la future version du XK6 (système hybride annoncé récemment et comprenant la future génération « Kepler » des GPU Nvidia), avec un « interconnect » propriétaire Gemini.

Quelques chiffres :

- Plus de 25.000 nœuds de calcul
- Plus de 380.000 cœurs AMD
- Plus de 3.000 GPU
- Plus de 1,5 Petaoctets de mémoire centrale

- Plus de 500 Petaoctets de stockage sur plus de 17.000 disques

Une configuration réduite, permettant de tester diverses applications, sera installée début 2012.

Blue Waters devrait être complètement déployé fin 2012, avec une performance crête de 11,5 PFlops.

Europe

Projet Mont-Blanc

Le projet européen « Mont-Blanc », qui a démarré le 1/10/2011 pour une durée de trois ans, vise à concevoir un nouveau type d'architecture permettant d'atteindre l'ExaFlops avec une efficacité énergétique 20 fois supérieure aux meilleures architectures HPC actuelles.

Ce projet, piloté par le centre de calcul de Barcelone, associe Bull, GENCI, le CNRS (CORIA, LIG, LIRMM et LMA), le centre de Jülich et le LRZ en Allemagne, CINECA en Italie et les sociétés ARM et GNODAL LTD.

Le financement européen, dans le cadre du FP7, représente 8,1 M€.

<http://www.montblanc-project.eu/>

Projet CRESTA

Le projet « *Collaborative Research into Exascale Systemware, Tools and Applications* » a démarré le 1^{er} octobre 2011. Il est coordonné par l'Université d'Edinburgh (EPCC) et associe 12 partenaires dont le constructeur Cray et l'Ecole Centrale de Paris.

<http://www.cresta-project.eu>

Projet APOS

Ce projet associe un consortium européen, financé dans le cadre du FP7, et un consortium russe financé par le Ministère chargé de la recherche. Il s'agit d'analyser et de mettre en place des outils permettant à des applications stratégiques (sismique, mécanique des fluides, fusion ...) de s'adapter efficacement aux caractéristiques des prochaines générations de superordinateurs (parallélisme massif, hétérogénéité). Les partenaires européens sont l'université d'Edinburgh, CAPS entreprise, le HLRS à Stuttgart, TOTAL SA.

<http://www.apos-project.eu>

Une plateforme technologique sur le HPC

Les plates-formes technologiques européennes (ETP) sont pilotées par des industriels et sont composées d'entités qui se regroupent pour

définir un agenda de recherche autour d'un certain nombre de défis stratégiques.

Une nouvelle plate-forme, centrée sur le calcul de haute performance, a été annoncée le 10 novembre. Elle réunit des entreprises du domaine (Allinea, ARM, Bull, CAPS Entreprise, Eurotech, ParTec, STMicroelectronics et Xyratex) et des centres de recherche (BSC, CEA, CINECA, Fraunhofer, centre de recherche de Juelich et LRZ).

Supercomputing 2011

L'édition 2011 de la plus importante conférence mondiale consacrée au calcul de haute performance s'est tenue à Seattle (WA, Etats-Unis) du 12 au 18 novembre. De nouveaux records de participation (plus de 11000 personnes), de présentations et réunions en tous genres, et d'exposants (plus de 340 stands dans l'exposition associée), ont été battus.

Quelques impressions générales

Cette édition n'a pas été marquée par de « grands événements ». Il y eu, comme chaque année, des annonces venant des constructeurs et fournisseurs de solutions dans le HPC. Globalement, on a retrouvé les thèmes « Green computing », efficacité énergétique, cloud, GPU, multi-cœurs, réseaux, et des solutions destinées à faire face à l'explosion des volumes de données.

Sur la route vers l'exascale

C'est sans doute l'un des thèmes qui ont dominé les programmes techniques et l'exposition.

Les principaux acteurs ont marqué la différence entre l'exascale d'une part, et l'exaflops sur benchmark Linpack d'autre part, trop peu significatif des applications réelles. L'importance du volume croissant des données (« *Big Data* ») à manipuler est un des paramètres qui donne à l'exascale une ampleur différente et oblige à faire face à de nombreux défis.

L'exascale pourrait être atteint en 2019. Que sera cette informatique de très haute performance dans 8 ans ? Il est difficile de le prédire clairement, et rappelons nous qu'il était impossible, en 2003, de prévoir ce que serait le HPC en 2011 !

Parmi les défis à relever :

- Des architectures adaptées tant au niveau du système interne qu'un niveau externe (stockage, etc.)
- Des transferts de données à très haut débit.

- La performance des unités de traitement, pour des applications variées (architectures hybrides, accélérateurs, etc).
- Combiner performance, fiabilité, portabilité des codes, et productivité des développeurs.
- Une consommation énergétique maîtrisée (20 MW est considéré comme une limite à ne pas dépasser ; le n°1 du TOP500 actuel consomme près de 13 MW !)
- Une surface au sol qui ne doit pas augmenter significativement par rapport aux systèmes pétaflopiques d'aujourd'hui.

Un autre défi a été rappelé : celui des modèles de programmation. Une table ronde consacrée à ce sujet a montré que l'unanimité est loin d'être faite !

Le « parc » des applications actuelles est énorme et représente un investissement de développement considérable. 90% des applications HPC de la NASA sont écrites en Fortran. Pour certains, il suffit d'adapter les modèles de programmation actuels et d'améliorer les outils existants (compilateurs, bibliothèques, etc.)

A l'autre extrémité, on trouve ceux qui considèrent qu'il faut, tout en prenant en compte l'existant, repenser les modèles de programmation dans la perspective de l'exascale. L'IESP (International Exascale Software Project) entend proposer un modèle de programmation vers 2015, avec implémentation avant 2020. Il y a là un problème de calendrier car les développeurs devront adapter leurs codes avant l'arrivée des machines exaflopiques.

Entre ces deux extrêmes, on trouve des partisans de la création d'un langage destiné à embarquer les consignes qui permettront à l'application d'utiliser dans les meilleures conditions les caractéristiques de l'architecture cible et ses multiples granularités de parallélisme : gros grain (MPI), grain moyen (OpenMP), grain fin pour les accélérateurs de tous types. Un langage de directives spécifiques pourrait être une solution, sous réserve qu'il soit standardisé. C'est le sens de l'initiative OpenACC annoncée le 11 novembre par un groupe formé de CAPS, Cray, Nvidia et PGI.

Principaux « fondateurs »

AMD

AMD équipe 13% des systèmes du TOP500.

AMD a annoncé son nouveau processeur Opteron 6200 « Interlagos » (architecture « Bulldozer ») qui dispose de 16 cœurs.

Les processeurs Interlagos et les APU (*Accelerated Processing Unit*) vont équiper de nom-

breux systèmes de très haute performance, dont de nombreux Cray.

Intel

Intel est toujours le premier fournisseur pour les processeurs installés sur les systèmes classés dans le TOP500 avec 77% des 500 systèmes.

Le nouveau processeur Xeon E5 « Sandy Bridge » va être installé sur un grand nombre de systèmes, dont la machine Curie de GENCI. Selon Intel, le E5-2680 fournit une puissance crête de 172 GigaFlops.

Intel a présenté, pendant SC'11, le prototype de son co-processeur surnommé « Knights Corner » (32 cœurs, avec une évolution prévue au delà de 50 cœurs), premier produit commercial adoptant sa nouvelle architecture MIC. Ce serait le premier chip « *général purpose* » de l'histoire à atteindre le TeraFlops. Concurrent du futur GPU « Kepler » de Nvidia ?

Intel a rappelé qu'en 1997, pour fournir la même puissance de calcul, la machine ASCI Red avait besoin de 9298 processeurs Pentium II et consommait 800 KW !

Constructeurs

Tous les constructeurs, ou presque, sont présents dans l'exposition associée à la conférence. Voici un résumé des projets de ceux avec lesquels j'ai pu avoir des entretiens directs ou qui m'ont invité à participer à des réunions d'information sur leur stratégie.

Appro

La société Appro a doublé, en une année, sa présence dans le TOP500 avec 13 systèmes, dont la machine « Zin » au Lawrence Livermore National Lab. qui est à la 15^{ème} place. Le Xtreme-X a été l'objet de plusieurs annonces : Lockheed Martin (6576 cœurs AMD Interlagos et 204288 cœurs de GPU Tesla de Nvidia) ; SDSC (San Diego Supercomputing Center) pour un cluster de 280 TFlops (16384 cœurs) utilisant les processeurs Sandy Bridge d'Intel.

Bull

Bull continue de renforcer sa présence dans le HPC. Le dernier TOP500 comprend 15 machines Bull (contre 10 il y a six mois), dont un système « pétaflopique » (Tera100 du CEA) à la 9^{ème} place. Deux autres systèmes pétaflopiques très bientôt : « Curie » de GENCI dont l'installation de la phase 2 est pratiquement terminée et l'IFERC (International Fusion Energy Research Center) au Japon dont la machine va évoluer.

Bull a annoncé le 10 novembre le lancement de la série bullx B700 DLC (pour « *Direct Liquid Cooling* »), nouvelle gamme de serveurs dont les lames sont refroidies par de l'eau à tempé-

rature ambiante ce qui permet de réduire d'environ 40% la consommation énergétique. Le refroidissement se fait à l'intérieur de la lame elle-même. Les premières livraisons devraient avoir lieu au deuxième trimestre 2012.

Cette série a aussi été conçue pour pouvoir intégrer des technologies nouvelles. En particulier, il sera possible d'intégrer des GPU ou des processeurs MIC d'Intel. Par exemple, une lame B710 DLC peut intégrer 4 processeurs Intel ou 2 processeurs et 2 GPU.

Cray

Cray a 27 systèmes dans le TOP500 et reste incontournable dans le très haut de gamme (3 systèmes dans le TOP10) ; la reprise du projet Blue Waters, annoncée pendant SC'11, en est une confirmation supplémentaire.

Les livraisons de XE6, dont le premier a été livré il y a un an, et très récemment les commandes de XK6, représentent 36 PFlops. Rappelons que le XK6 est un système hybride associant des processeurs Opteron et des GPU de Nvidia, avec évolution vers le nouveau GPU « Kepler ». La configuration maximale du XK6 fournit une performance crête de 50 PFlops.

Cray a développé le système de stockage « Sonexion » qui a une capacité de 1,15 Petaoctets et un débit de 20 Go/s par armoire. Le futur système Blue Waters devrait disposer de 30 armoires de ce type.

Pour Cray, son interconnect « Gemini » est un facteur clé dans la performance de ses systèmes haut de gamme. Le futur système « Cascade », qui est développé dans le cadre du programme HPCS, aura un nouvel interconnect appelé « Aries » qui sera disponible fin 2012. Cascade associera des processeurs Sandy Bridge, ou leur successeur, et des accélérateurs ; Cray étudie plusieurs solutions, tant chez AMD que chez Intel et chez Nvidia.

Fujitsu

Le « K Computer » a atteint une performance de 10,51 PFlops sur le benchmark Linpack, dans sa configuration finale de 864 armoires (88.128 processeurs), avec une efficacité de 93,2%. Rappelons qu'il a été développé par RIKEN et Fujitsu, dans le cadre du programme HPCI (High-Performance Computing Infrastructure) piloté par le MEXT (ministère japonais chargé de la recherche et de la technologie).

Il n'était pas destiné à être commercialisé. Fujitsu a annoncé son successeur qui, lui, devrait être commercialisé avec des versions allant d'une centaine de TFlops à plus de 23 PetaFlops ! Le PRIMEHPC FX10 utilisera le nouveau processeur SPARC64 IXfx, un chip à 16 cœurs fournissant 236 GFlops crête (le double de la puissance du processeur SPARC du K

Computer) et aura la même architecture globale que le système de 10 PFlops. La configuration maximale de 1024 armoires comprendra plus de 98000 processeurs. Disponibles dès le début 2012, Fujitsu prévoit de vendre une cinquantaine de machines dans les trois ans qui viennent, tant au Japon que dans le reste du monde. La première installation (4.800 nœuds, 1,1 PFlops) serait faite en avril 2012 à l'université de Tokyo.

Fujitsu revient donc dans le marché du calcul de très haute performance.

IBM

IBM est toujours le numéro 1 dans le TOP500 avec 45% des systèmes installés, largement devant HP (28%).

Les trois lignes de produits de haute performance sont :

- Le System x iDataPlex composé de nœuds intégrant des processeurs Intel Xeon (et des GPU en option).
- La ligne Power
- La ligne Blue Gene

La présence des clusters iDataPlex dans le Top500 est importante. On peut signaler la récente annonce du NCAR (National Center for Atmospheric Research) qui a commandé un cluster équipé de processeurs Sandy Bridge (74592 cœurs) d'une puissance de 1,6 PFlops.

Le haut de gamme de la ligne Power est le 775. Il peut disposer de 3072 cœurs par armoire et la configuration maximale (524288 cœurs) fournit une performance crête de plus de 17 PFlops. Le Power8, futur successeur du processeur Power7, utilisera une technologie 22 nm (contre 45 nm pour le Power7).

Le 15 novembre, IBM a annoncé la troisième génération de la famille Blue Gene, le BG/Q équipé de processeurs PowerPC A2 (64 bits) à 16 cœurs de calcul (contre 4 pour le BG/P) avec une fréquence de 1,6 GHz. Avec 1024 nœuds par armoire, la performance crête est de 209,7 TFlops. Un système de 96 armoires délivre donc une puissance de 20 PFlops ; c'est la configuration qui sera déployée au Lawrence Livermore National Lab en 2012 (système « Sequoia »). Un autre système, « Mira », de 10 PFlops sera installé à Argonne.

Le BG/Q a une remarquable efficacité énergétique : 2 GFlops/W. La famille Blue Gene semble être la principale voie d'IBM vers l'exascale, le constructeur prévoyant 200 PFlops en 2016 et 1 EFlops en 2020.

NEC

Les processeurs vectoriels ont marqué un tournant dans l'histoire du HPC (Cray 1, Cray 2,

IBM/VF, Fujitsu...). Les architectures parallèles ont pris le dessus pour des raisons techniques et économiques.

NEC est le dernier constructeur à proposer, à côté des solutions scalaires, une architecture vectorielle, et entend continuer dans cette voie. Le SX-9 commercialisé actuellement aura un successeur, appelé pour le moment SX-X. Avec des sockets à 4 cœurs et un socket par nœud fournissant 256 GFlops crête, et une bande passante mémoire de 256 Go par nœud. Une armoire (64 nœuds) fournira donc 16 TFlops. La configuration maximale pourrait avoir une performance crête de plusieurs PFlops. Disponibilité : fin 2014.

A moyen terme (2017 ?), NEC devrait proposer une machine ayant une architecture hybride vectorielle/scalaire. Les économies d'énergie et d'occupation au sol seraient très importantes. Les processeurs vectoriels ont sans doute un nouvel avenir dans cette recherche d'efficacité avec des architectures hétérogènes.

SGI

SGI place 17 systèmes dans le TOP500, dont Pleiades à la NASA en 7^{ème} position.

SGI dispose d'une large gamme de solutions. On peut retenir :

- La famille UV, dont la caractéristique principale est de fournir un système à mémoire partagée jusqu'à 16 To et 2560 cœurs Intel Xeon (24,6 TFlops). Son architecture permet d'aller jusqu'à 327680 cœurs. Architecture bien adaptée aux applications « *data intensive* ».
- La famille ICE, avec le dernier né : l'ICE X, annoncé pendant la conférence SC11 et destiné au calcul intensif. Il utilise les processeurs Sandy Bridge d'Intel et intègre les architectures MIC. Il peut avoir jusqu'à 2304 cœurs (22 TFlops) par armoire. SGI prévoit des configurations de 50 PFlops en 2013, 200 PFlops en 2015, 1 EFlops en 2020. C'est la route vers l'exascale.
- Les clusters de Rackable intégrant des accélérateurs (MIC, GPU).

Par ailleurs, SGI propose diverses solutions destinées à la gestion de très grands volumes de données, dont ArcFiniti, « solution d'archives actives » qui peut être configurée jusqu'à 1,4 Po dans un seul rack.

Enfin, SGI a annoncé le ICE Cube Air, conteneur modulable refroidi par air.

TOP500

La nouvelle édition du TOP500 n'a pas apporté de bouleversements. La liste des 10 ordinateurs les plus puissants dans le monde est in-

changée ; le n°1, le K-Computer de Fujitsu a augmenté sa performance à 10,5 PFlops sur Linpack.

Si les Etats-Unis restent largement en tête, en terme de systèmes installés (263, dont 5 dans le TOP10), la Chine arrive maintenant en deuxième position (74, dont 2 dans le TOP10) devant le Japon (30, dont 2 dans le TOP10), le Royaume-Uni (27), la France (23, dont 1 dans le TOP10) et l'Allemagne (20).

Jean-Loïc Delhayé

Lire, se former, participer

Lire

- Le numéro 5 de la « PRACE Newsletter »
http://prace-ri.eu/IMG/pdf/PRACE_1ip_nl_5.pdf
- Le supplément spécial du magazine La Recherche dédié aux applications et aux technologies du calcul intensif :
<http://www.bull.com/p/register.php?id=22&lng=fr>
- Le numéro d'automne 2011 de la revue InSlide : Innovatives Supercomputing in Deutschland.
<http://inside.hlrs.de>

Se former

Le CERFACS a mis en place un cycle de formations avancées en calcul scientifique destinées aux étudiants, doctorants, ingénieurs et chercheurs, des secteurs académiques et appliqués. Les formations sont données par les chercheurs et ingénieurs du CERFACS.

<http://www.cerfacs.fr/18-25708-Accueil.php>

NOUVELLES BREVES

→ Etats-Unis : cloud computing

Après deux ans de débats et la publication d'une quinzaine de brouillons, le National Institute for Standards and Technology (NIST), mandaté par le Congrès américain, vient de publier la version finale de sa définition du Cloud Computing (Informatique dans le nuage).

Selon le NIST, le cloud computing doit posséder 5 caractéristiques essentielles :

- Le service doit être en libre-service à la demande.
- Il doit être accessible sur l'ensemble d'un réseau.
- Il doit y avoir une mutualisation des ressources.

- Il doit être rapidement élastique (adaptation rapide à une variation du besoin).
- Le service doit être mesurable (mesure et affichage de paramètres de consommation).

Le NIST distingue 3 niveaux de service et 4 modèles de déploiement.

<http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>

Source : BE Etats-Unis n°264

→ ACM et HPC

L'ACM (*Association for Computing Machinery*) a lancé, le 1^{er} novembre 2011, un *Special Interest Group* dédié au calcul de haute performance : SIGHPC. Adhérer est un excellent moyen de se tenir informé de l'actualité autour du HPC.

<http://sighpc.org/>

→ Appro

Appro va fournir à l'université de Tsukuba (Japon) un système ayant une performance crête de 800 TeraFlops. Il s'agit d'un système hybride basé sur la future famille E5 de processeurs Xeon d'Intel ; chaque nœud comprend 2 CPU et 4 GPU, avec un total de 4288 cœurs CPU et 548864 cœurs GPU.

→ Bull

BSC, le centre de calcul de Barcelone, a triplé sa capacité de calcul avec l'installation d'un système Bull composé de 128 nœuds Bullx équipés chacun de deux processeurs Intel E5649 (6 cœurs) et de deux GPU 2090 de NVIDIA. Ce système serait en 90^{ème} position dans le TOP500 de juin 2011 avec une performance de 186 TeraFlops.

→ ClusterVision

ClusterVision a mis en service le nouveau cluster HPC du MCIA (Mésocentre de calcul intensif aquitain) à Bordeaux. Il est composé de 528 processeurs Intel Xeon X5675 fournis par Dell, pour un total de 3168 cœurs (38,8 TFlops crête) et d'un réseau Infiniband de QLogic.

→ Cray

Cray a signé un contrat avec le DoE américain pour faire évoluer le XT5 « *Jaguar* » de ORNL (Oak Ridge National Lab.) vers un XK6, surnommé « *Titan* », dont la performance crête se situerait entre 10 et 20 PetaFlops. Le nouveau système devrait être opérationnel avant la fin 2012. Rappelons que le XK6, annoncé en mai 2011, associe des processeurs Opteron « *Interlagos* » d'AMD et des GPU Tesla de NVIDIA, avec un interconnect Cray « *Gemini* ».

→ Dell

TACC (Texas Advanced Computing Center) et Dell ont annoncé un programme devant déboucher, avant la fin 2012, sur un système de 10 PetaFlops, surnommé *Stampede*, fourni par Dell. Il comprendra des processeurs Intel Sandy Bridge série E5-2600 associés à des accélérateurs de calcul Intel MIC (Many Integrated Core, connus aussi sous le nom de code *Knights Corner*) avec un réseau d'interconnexion Infiniband.

L'ensemble de la configuration comprendra :

- Plus de 100000 cœurs Intel Sandy Bridge pour une puissance de 2 PetaFlops crête.
- Plus de 6000 accélérateurs Intel MIC pour une puissance de 8 PetaFlops crête.
- 14 Petaoctets de stockage Lustre.

→ HP

Airbus a doublé sa capacité de calcul sur des POD (HP Performance Optimized Datacenters) containerisés. Installés à Toulouse et à Hambourg, la performance globale place cet ensemble à la 40^{ème} position du TOP500 de novembre 2011, et est la deuxième installation la plus puissante dans le monde industriel. Cet ensemble est particulièrement intéressant en termes de place au sol et en consommation énergétique.

→ IBM

- L'agence japonaise de recherche sur les hautes énergies a signé la commande d'un cluster composé de 370 systèmes IBM iDataPlex.
- L'université de Canterbury (Nouvelle Zélande) a multiplié par 10 sa puissance de calcul avec un système Power 7 et un Blue Gene/P.
- IBM va fournir un système Blue Gene/Q au Rensselaer Polytechnic Institute (Etat de New York). La NSF a subventionné cette opération à hauteur de 2,65 M\$.
- IBM a racheté Platform Computing, société canadienne qui est l'un des leaders dans les logiciels de gestion des clusters et grilles de calcul.

→ SGI

L'université de Sherbrooke (Canada) va recevoir un système équipé de 39600 cœurs Opteron AMD ainsi que de 57 To de mémoire. Il entrerait à la 41^{ème} place du TOP500.

AGENDA

16 au 20 janvier – **LION6** : « *Large Scale Parallelism in Search* » within *LION6, the 6th Learning and Intelligent OptimizatioN Conference* (Paris, France)

22 au 23 janvier – **VDA 2012** : *SPIE 2012 Conference on Visualization and Data Analysis* (San Francisco, CA, Etats-Unis)

23 au 25 janvier – **HIPEAC'12** : *7th International Conference on High Performance Embedded Architectures and Compilers* (Paris, France)

23 au 25 janvier – **HLPGPU'12** : *High-level programming for heterogeneous and hierarchical parallel systems* (Paris, France)

23 au 25 janvier – **Multiprog'12** : *Programmability Issues for Heterogeneous Multicores* (Paris, France)

23 au 25 janvier – **Rapido'12** : *4th Workshop on Rapid Simulation and Performance Evaluation: Methods and Tools* (Paris, France)

30 janvier au 2 février – **ICNC 2012** : *International Conference on Computing, Networking and Communications* (Maui, Hawaii)

15 au 17 février – **PDP 2012** : *20th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Computing* (Garching, Allemagne)

15 au 17 février – **PDP 2012** : *Session Spéciale sur le GPU Computing et le calcul hybride* (Garching, Allemagne)

15 au 17 février – **MSOP2P 2012** : *6th International Workshop on Modeling, Simulation, and Optimization of Peer-to-peer Environments* (Garching, Allemagne)

25 au 29 février – **PPOPP 2012** : *17th ACM SIGPLAN Annual Symposium on Principles and Practice of Parallel Programming* (New Orleans, LA, Etats-Unis)

25 au 29 février – **HPCA** : *International Symposium on High-Performance Computer Architecture* (New Orleans, LA, Etats-Unis)

26 février au 2 mars – **ISGC 2012** : *International Symposium on Grids and Clouds* (Taipei, Taiwan)

28 février au 2 mars – **ARCS 2012** : *Architecture of Computing Systems* (Garching/Munich, Allemagne)

28 février au 2 mars – **PacificVis 2012** : *The 5th IEEE Pacific Visualization Symposium* (Songdo, Corée)

12 au 13 mars – **BICB 2012** : *Bioinformatics and Computational Biology* (Bangkok, Thaïlande)

25 au 29 mars – **Energy'12** : *The Second International Conference on Smart Grids, Green Communications and IT Energy-aware Technologies* (St Maarten, Antilles Néerlandaises)

31 mars au 4 avril – **CGO 2012** : *Code Generation and Optimisation* (San Jose, CA, Etats-Unis)

10 au 13 avril – **Eurosys 2012** : *The European conference on computer systems* (Berne, Suisse)

16 au 17 avril – **CCV 2012** : *Third International Conference on Cloud Computing and Virtualisation* (Bali, Indonésie)

29 avril au 4 mai – **Pesaro'12** : *The Second International Conference on Performance, Safety and Robustness in Complex Systems and Applications* (Chamonix/Mont Blanc, France)

13 au 14 mai – **InPar 2012** : *Innovative Parallel Computing : Foundations and Applications of GPU, Manycore, and Heterogeneous Systems* (San Jose, CA, Etats-Unis)

13 au 16 mai – **CCGRID 2012** : *12th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Grid and Cloud Computing* (Ottawa, Canada)

14 au 17 mai – **GTC 2012** : *GPU Technology Conference* (San Jose, CA, USA)

14 au 17 mai – **AHPC 2012** : *Los Alamos National Laboratory Accelerated High Performance Computing (AHPC) Symposium* (San Jose, CA, USA)

21 au 25 mai – **IPDPS 2012** : *26th IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium* (Shanghai, Chine)

9 au 13 juin – **ISCA 2012** : *International Symposium on Computer Architecture* (Portland, OR, Etats-Unis)

11 au 13 juin – **IWOMP 2012** : *8th International Workshop on OpenMP* (Rome, Italie)

12 au 13 juin – **CloudWF 2012** : *4th Cloud Computing World Forum* (Londres, UK)

18 au 21 juin – **ISC'12** : *International Supercomputing Conference* (Hamburg, Allemagne)

18 au 21 juin – **ICDCS 2012** : *32rd International Conference on Distributed Computing Systems* (Macao, Chine)

18 au 22 juin – **HPDC'12** : *The 21st International ACM Symposium on High-Performance Parallel and Distributed Computing* (Delft, Pays-Bas)

25 au 29 juin – **HPC 2012** : *International Advanced Research Workshop on High Performance Computing, Grids and Clouds* (Cetraro, Italie)

25 au 29 juin – **ICS** : *International Conference on Supercomputing* (Venise, Italie)

Les sites de ces manifestations sont accessibles sur le serveur ORAP (rubrique Agenda).

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

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

ORAP est partenaire de



Europe on-line Information Service

<http://www.hoise.com/primeur>

ORAP

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

Secrétariat : Chantal Le Tonquèze

INRIA, campus de Beaulieu, 35042 Rennes

Tél : 02 99 84 75 33, fax : 02 99 84 74 99

chantal.le_tonqueze@inria.fr

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