



# **Rapport final 2013 du Comité Stratégique du Calcul Intensif**

18 Juin 2013

---

## Sommaire

### PARTIE I : Résumé

<b>1. Recommandations</b>	4
2. Impact du calcul intensif sur la science	5
3. Impact du calcul intensif sur la société	5
4. Les objectifs du CSCI	6
5. Les faits marquants entre Mai 2012 et Mai 2013.	7
5.1. Tendance pour les matériels, les architectures et les logiciels	8
5.2. La place de la France et de l'Europe	9
5.3. La recherche française dispose actuellement de 1,6 Pflops.	10
5.4. Politique scientifique et accès aux ressources du calcul	11
5.5. Contexte national : un agenda stratégique de la recherche	11
6. Le CSCI termine son mandat en Septembre 2013	12

### PARTIE II: Le rapport

7. Membres du CSCI	14
8. Suivi des recommandations de 2011	14
9. Les missions du CSCI	16
10. Les activités du CSCI en 2012-2013	16
10.1. Le Rapport	17
11. Evolution des Machines Nationales	18
12. Le Programme PRACE et les machines du Tier0	18
12.1. Les machines du tier0 dans PRACE	19
12.2. Réponses aux appels d'offre PRACE	22
13. Allocations des ressources du tier1	23
13.1. Campagne d'attribution des ressources de calcul 2012	23
13.2. Distribution des heures attribuées par domaine scientifique	25
13.3. Distribution des heures attribuées par région	25
13.4. Profil de consommation des projets tier1 en 2012	26
14. Le point sur le numérique à l'ANR	26
15. Le programme HPC-PME	26
16. Le co-design et la préparation à l'exascale	27
16.1. International Exascale Scientific Program	28
16.2. European Exascale Software Initiative	28
16.3. Le co-design : le point de vue de ST-Ericsson	30
16.4. Projet Mont-Blanc : premiers résultats	30
16.5. Un exemple de co-design entre TOTAL et Fujitsu	31
16.6. Remarque importante :	32
17. Les nouveaux outils de programmation	32
<b>18. La formation</b>	<b>33</b>
18.1. La formation au CCRT	34
18.2. La formation à l'IDRIS	34
18.3. La formation au CINES	34
18.4. Formation à la Maison de la simulation	34
18.5. Groupe Calcul,	35

---

18.6.	Formation au HPC dans les masters	35
	Le master MIHPS, UVSQ, ECO, ENS Cachan	36
	Le mastère M2S	36
18.7.	Formation au CERFACS	36
18.8.	L'enseignement du Calcul Haute Performance dans les Ecoles d'Ingénieurs	36
19.	Les flots de données	37
19.1.	Données de la génomique	37
	Un hardware spécialisé.	38
19.2.	Données internes aux banques	38
19.3.	Assimilation de données en météo.	39
19.4.	Masse de données et HPC en sciences de la terre.	39
19.5.	Masse de données et physique des hautes énergies.	40
19.6.	Les retombées industrielles	41
20.	L'Avenir du CSCI	42

---

## Partie I. Résumé

### 1. Recommandations

1. En termes de puissance de calcul installée, la France est maintenant en 2<sup>ème</sup> position en Europe. Pour le rester il est impératif d'investir chaque année dans les 3 tiers du calcul au niveau de la croissance mondiale (facteur 2 tous les ans) c'est à dire dans PRACE pour le tier0, GENCI pour le tier1 et les initiatives régionales pour le tier2 (cf §11).
2. Les infrastructures actuelles de stockage et de traitement des données sont en limite de saturation. On ne doit plus dissocier des moyens de calcul, les données et le réseau ; il faut de nouveaux moyens de financements coordonnés (cf §19).
3. Compte tenu de la pénétration encore trop faible du HPC dans l'industrie, PME en particulier, toute initiative donnant accès à la connaissance et aux moyens de calcul est à soutenir(cf.§15).
4. On peut s'attendre à une rupture dans l'architecture des machines vers l'hétérogénéité (multi-cœurs, accélérateur graphique, mémoire hiérarchique) ce qui impliquera une refonte de la pile logiciel et des applications avec les conséquences que cela induit sur les équipes spécialisées et les formations (cf §4).
5. La France manque de formations en HPC au niveau Master. Le CSCI recommande des formations avec un contenu algorithmique, conjointes entre universités, écoles d'ingénieur et organismes de recherche (cf. §18).
6. Le co-design, comme il est pratiqué dans le projet Mont-Blanc, sera un axe de recherche d'avenir et pour s'y préparer il faut constituer des équipes impliquant des informaticiens (logiciels et matériels), des numériciens et des spécialistes des applications. On notera aussi la nature interministérielle de cette recherche (cf.§16).
7. Le CSCI termine son mandat de 6 ans, suite aux recommandations Heon-Sartorius de 2006. Le calcul intensif doit continuer à être soutenu ; un CSCI-2 est indispensable pour une vision indépendante et à long terme de la dynamique du HPC en France (cf.§20).
8. Le futur du HPC est intimement lié à la gestion des grandes masses de données, des nuages de calcul et du réseau. Le CSCI-2 aura donc à élargir ses compétences (cf.§20).

---

## 2. Impact du calcul intensif sur la science

Toutes les conjectures scientifiques sont internationales et concernent donc aussi la recherche française. Ainsi est-il quasi certain que le calcul intensif sera – s'il ne l'est pas déjà - déterminant pour (liste non exhaustive):

- L'étude du cerveau humain et des maladies associées comme les maladies d'Alzheimer et de Parkinson.
- L'optimisation et le contrôle des réseaux (électriques et informatiques et sociaux)
- La compréhension de l'évolution du climat et de la prévision météorologique.
- La mise au point de nouveaux médicaments plus efficaces basés sur le concept de nano médecine et de médecine personnalisée.
- L'optimisation des phénomènes de combustion et de turbulence pour les applications en ingénierie comme l'aéronautique, l'automobile etc.
- La physique des plasmas, notamment pour les points durs de ITER.
- La maîtrise de la supraconductivité aux températures moyennes ainsi que la stabilisation des changements de phase dans un plus large spectre de température.
- Les nouveaux matériaux résistants au bombardement neutronique ou ayant des propriétés optiques nouvelles.
- Des modèles globaux pour l'hydrologie avec des applications à l'agriculture et à la validation des sites de stockage des déchets ou du CO<sup>2</sup>.
- La recherche fondamentale en physique des particules.
- La cryptologie et la cryptanalyse
- Les recherches en astrophysique sur la formation de l'univers et la compréhension des mécanismes de formation des étoiles et des galaxies et surtout la validation des hypothèses sur l'énergie noire et la matière noire par des simulations complémentaires aux observations.

## 3. Impact du calcul intensif sur la société

Le calcul scientifique, et le calcul intensif en particulier, sont créateurs d'emplois car ils élèvent la compétitivité des entreprises, PME comprises, et ils créent de nouveaux marchés comme c'est actuellement le cas dans le domaine médical, et en sécurité informatique et pour tout ce qui touche à la société numérique.

HPC Forecasts: By Verticals				
	2010	2011	2016	CAGR (11-16)
Bio-Sciences	\$1,240,127	\$1,251,665	\$1,722,588	6.6%
CAE	\$1,013,233	\$1,095,398	\$1,714,457	9.4%
Chemical Engineering	\$193,759	\$192,789	\$251,392	5.5%
DCC & Distribution	\$519,549	\$569,026	\$868,925	8.8%
Economics/Financial	\$253,607	\$279,294	\$472,015	11.1%
EDA / IT / ISV	\$594,187	\$662,674	\$1,009,535	8.8%
Geosciences	\$579,355	\$653,859	\$906,900	6.8%
Mech Design and Drafting	\$75,316	\$63,102	\$79,128	4.6%
Defense	\$919,558	\$1,004,632	\$1,380,750	6.6%
Government Lab	\$1,467,110	\$2,078,029	\$2,714,603	5.5%
University/Academic	\$1,762,777	\$1,900,883	\$2,526,773	5.9%
Weather	\$388,735	\$453,999	\$601,585	5.8%
Other	\$108,912	\$94,708	\$137,736	7.8%
<b>Total Revenue</b>	<b>\$9,116,225</b>	<b>\$10,300,058</b>	<b>\$14,386,387</b>	<b>6.9%</b>

Source IDC, April, 2012

#### IDC HPCMarket Update – SC2012

Résultat d'une étude américaine sur les revenus (en milliers de \$) liés aux ordinateurs du top@500 entre 2010 et 2016 (source [www.top500.org](http://www.top500.org)). La dernière colonne affiche une projection du taux de croissance 2011-2016.

## 4. Les objectifs du CSCI

La simulation numérique est donc un outil majeur pour la recherche, sur le même plan que la théorie et l'expérience. La finesse des résultats numériques dépend de la qualité des modèles mathématiques, du talent de l'équipe de recherche pour l'implémentation et, dans de nombreux domaines, elle dépend aussi de l'accès aux meilleures ressources informatiques. La mission du CSCI est de veiller à ce que l'accès des chercheurs français à ces ressources soit au meilleur niveau international et à ce qu'elles soient utilisées le mieux possible.

L'enjeu est de taille puisque les caractéristiques techniques des superordinateurs les plus puissants doublent au moins tous les 12 mois<sup>1</sup>.

Par ailleurs l'optimisation des ressources implique que chaque tâche s'effectue sur une machine adaptée : les calculs extrêmes se font sur des machines dites du tier0, la mise au point et les exploitations lourdes plus routinières sur des machines du tier1, mais la plus grosse partie des calculs et la mise au point de programmes sont fait au laboratoire ou

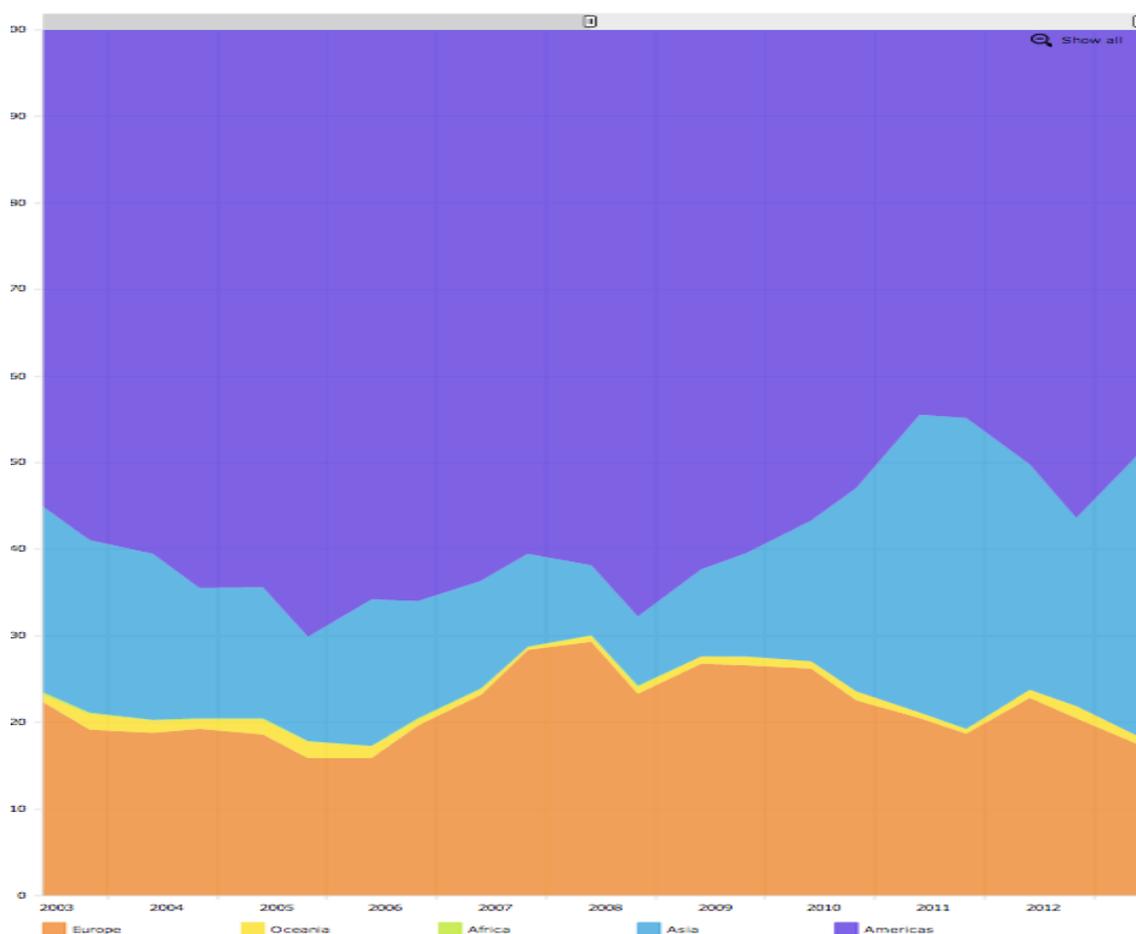
<sup>1</sup> Donc bien plus que la loi de Moore qui observe un facteur 2 tous les 18 mois depuis 1970.

dans des centres régionaux sur des machines d'accès libre dites du tier2.

En Europe, les appels à projets d'allocations d'heures de calcul sur les tier0 sont gérées par PRACE tandis qu'en France, sur les tier1, ils les ont directement par GENCI.. Les machines du tier2 sont dans les méso-centres régionaux ou dans les gros centres de recherche (CERFACS, INRIA, universités,...). Le tier3, machine de bureau, etc, ne nécessite pas actuellement d'attention particulière sauf pour les aspects logiciels.

## 5. Les faits marquants entre Mai 2012 et Mai 2013.

La puissance installée dans le monde continue d'augmenter à un rythme supérieur à celui de la loi de Moore, principalement à cause de l'utilisation du parallélisme massif.



*Evolution de la puissance installée dans les divers continents (Europe en bas, Amérique en haut, Asie en bleu ciel).*

Entre Mai 2012 et Juin 2013 des événements majeurs ont eu lieu :

**Au top 500 de Juin 2013** la machine chinoise Tianhé-2 creuse l'écart avec la plus grosse machine américaine (Titan à l'ORNL) en battant un nouveau record : 34

---

Pflops LINPACK, soit 2 fois mieux que Titan et 15 fois mieux que TianHe-1 en 2007. Cette machine est construite autour de 48.000 processeurs Xeon-Phi de Intel, chacun ayant 61 cœurs x86 (3.120.000 au total). En revanche la consommation électrique est énorme : 24 MegaWatt !

- ✧ **Au top 500 de Novembre 2012** une machine CRAY faite de 299 098 cœurs AMD x86 et 261 632 processeurs GPU nVidia, a été installée au centre ORNL du DoE à Oakridge ; sa puissance théorique de crête est de 27Pflops et 17.6 Pflops ont été obtenus sur LINPACK. Au top500 de Juin 2012, la machine IBM BlueGene/Q Sequoia du Lawrence Livermore Lab atteint la puissance LINPACK de 16,32 Pflops. Le précédent leader, la machine Fujitsu K de Riken affichait une puissance Linpack de 8.16 Pflops en Juin 2011. Sequoia possède 1.572.864 cœurs de calcul et est par ailleurs une des machines les plus économiques en ressource électrique par processeur.
- ✧ **En Décembre 2012** Total a acheté une machine de SGI capable de 2.4Pflops soutenus ; c'est actuellement la machine française la plus puissante et elle sera la machine industrielle la plus importante au top500 de juin 2013.
- ✧ **2012 a été une année spectaculaire en ce qui concerne les machines PRACE.**
  - A Bologne un IBM/Q de 2Pflops a été installé dans le centre de CINECA en Septembre 2012.
  - Le centre de Barcelone (BSC) a renouvelé sa machine par l'achat d'un IBM/Q de 1Pflops.
  - Rappelons aussi que la machine CURIE a été mise à disposition des chercheurs européens de PRACE en Janvier 2012 avec une puissance de 2 Pflops.
  - Enfin l'Allemagne dispose depuis peu d'un système IBM BlueGene/Q de 6 Pflops à Juelich,
  - d'un cluster IBM de 3.2 Pflops à Munich (LRZ) qui sera upgradé à 5.2 Pflops en 2014
  - et d'un Cray XE6 de 1 Pflops à Stuttgart (HLRS) qui sera upgradé en un Cray XC30 de 4 Pflops aussi en 2014.
- ✧ **Le renouvellement des machines de l'Idris** disponibles aux chercheurs depuis Janvier 2013: un IBM BlueGene/Q d'une puissance de 836Tflops constituée de 4 racks de 1024 nœuds de 16 cœurs chacun, ainsi qu'une IBM nœuds larges capable de 233Tflops.

## 5.1. *Tendance pour les matériels, les architectures et les logiciels*

En 2012 les micro-processeurs de pointes d'Intel dominent toujours le marché ; de plus la compagnie propose maintenant un « manycores » à 61 cœurs gravés en 22nm, capable de délivrer 1Tflops, le Xeon Phi.

Une expérimentation est en cours avec des mémoires transactionnelles, avec notamment les machines IBM BlueGene/Q qui disposent de cette fonctionnalité.<sup>2</sup> Les processeurs GPU

---

<sup>2</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Transactional\\_memory](http://en.wikipedia.org/wiki/Transactional_memory)

font aussi des progrès spectaculaires et la carte Kepler double précision de nVidia est attendue pour cet automne.

On notera aussi les progrès du processeur chinois. Enfin la tendance vers un nombre de plus en plus grand de cœurs et une architecture potentiellement hybride avec des GPU est confirmée en 2012 ; on notera que la machine Sequoia n'a pas de GPU.

En 2012 des progrès certains ont été réalisés pour faciliter la programmation des machines massivement parallèles et hybrides, même si la programmation hybride reste un défi scientifique et technique majeur. Pour la programmation d'architecture de type accélérateur, il apparaît maintenant clairement que l'avenir est aux directives dans les langages comme OpenACC, OpenMP, HMPP, et l'intégration en coprocesseurs des GPU diminue l'intérêt de OpenCL et CUDA. Enfin la relative lenteur des accès aux données par rapports aux vitesses de calcul privilégie les méthodes qui calculent beaucoup, comme les méthodes d'approximation de haut degré.

A mi-parcours, vers 2015 les machines devraient être capables d'une centaine de Pflops, ce qui permettra de préciser la faisabilité de l'exaflops ; IBM annonce une machine de 300Pflops pour fin 2015 ; l'exaflops est donc tout à fait envisageable pour 2022. Ces machines devraient avoir une consommation électrique comparable à celle des machines actuelles car d'importants progrès ont été accomplis sur l'empreinte énergétique globale (consommation + refroidissement).

Les nouvelles architectures seront en fait pour le post-exascale et elles font déjà l'objet de recherche, comme dans le projet Mont-Blanc.

## 5.2. *La place de la France et de l'Europe*

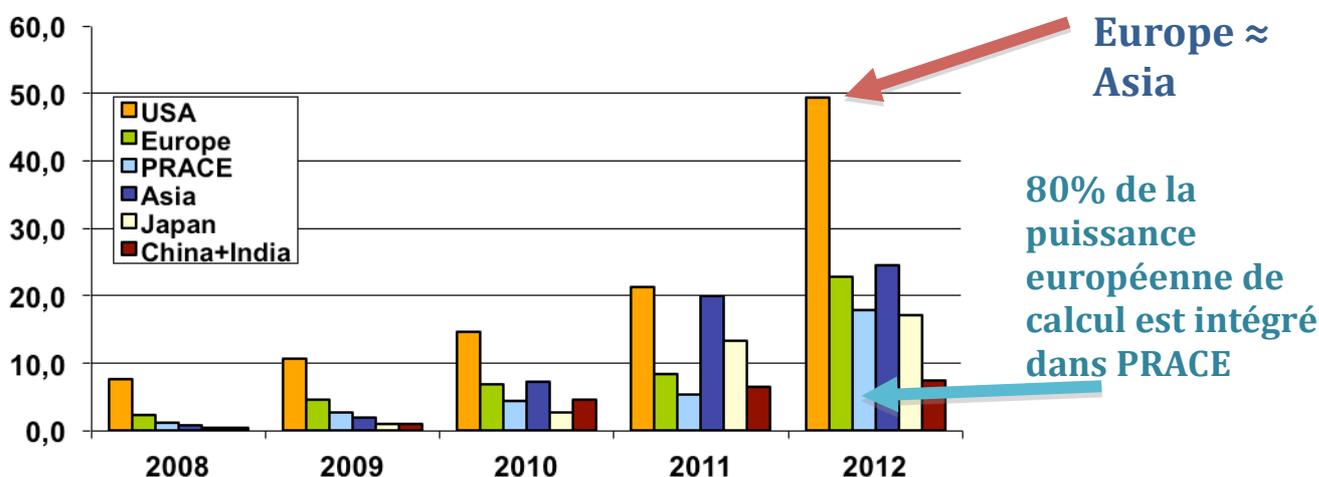
Le site [www.top500.org](http://www.top500.org) liste les 500 machines les plus puissantes en fonction de plusieurs critères dont le pays d'installation. Les premiers sont énumérés dans le tableau suivant :

Countries	Count	System Share (%)	Rmax (GFlops)	Rpeak (GFlops)	Cores
United States	252	50.4	106,815,157	152,700,502	9,058,352
China	66	13.2	47,485,018	85,176,357	4,818,068
Japan	30	6	20,307,189	24,500,641	1,386,354
United Kingdom	29	5.8	8,082,237	11,031,508	639,312
France	23	4.6	8,938,486	10,880,921	722,376
Germany	19	3.8	11,351,754	13,521,056	939,626
India	11	2.2	2,690,461	3,517,536	173,580
Canada	9	1.8	1,772,009	2,288,124	178,792
Russia	8	1.6	2,012,186	3,474,540	177,452
Sweden	7	1.4	1,161,293	1,534,349	117,568

Italy	6	1.2	2,422,982	3,095,500	209,568
-------	---	-----	-----------	-----------	---------

On notera que l'écrasante domination des USA persiste avec plus de la moitié des machines du top 500 sur leur territoire. Cependant, pour les machines destinées à la recherche, la France est cinquième ex-æquo avec le Royaume-Uni, derrière l'Allemagne. Il faut néanmoins prendre garde à certaines hypothèses prises par le Top500, puisque par exemple la machine du Centre européen de météorologie (CEPMMT) est installée à Reading (UK) mais elle ne devrait pas être décomptée sous appartenance britannique. Par ailleurs Total figure à la 11<sup>ème</sup> place avec leur machine SGI, Pangéa, de 2,1 PFlops mais d'autres acteurs industriels ne jugent pas nécessaire de valider leurs machines dans le top500.

Enfin on notera que l'Europe est 3<sup>ème</sup> mondiale dans l'usage académique du HPC (voir figure ci-dessous, crédit GENCI)



Croissance de la puissance installée (system share) par pays.

### 5.3. La recherche française dispose actuellement de 1,6 Pflops.

Une des missions de GENCI est la coordination des équipements des grands centres nationaux civils, c'est à dire, d'une part financer, acquérir et faire évoluer des équipements de calcul à haute performance et, d'autre part, attribuer les ressources informatiques sur ses équipements sur des critères d'excellence scientifique.

Entre le top 500 de Juin 2012 et celui de Juin 2013, avec la nouvelle installation d'IDRIS (BlueGene/Q et IBM nœuds larges), la puissance disponible pour la recherche publique française a considérablement augmentée par rapport à Janvier 2012. Puis il y a eu aussi également une forte augmentation des ressources disponibles sur PRACE.

L'infrastructure de recherche européenne PRACE met à disposition de chercheurs européens sélectionnés sur la base de l'excellence scientifique par un « Access committee », d'importants moyens de calcul via des appels à projets biannuels. En ce sens, GENCI a donc mené une politique d'incitation et d'aide à la préparation des dossiers pour PRACE pour les grands utilisateurs.

Enfin, dans le cadre du projet Equip@meso (equipex pour 10 centres répartis sur tout le territoire) et de ses liens avec les méso centres régionaux, GENCI a encouragé les

---

chercheurs et les décideurs à augmenter la puissance des machines du tier2 dans la pyramide tier0-1-2-3. Ces actions renforcent les capacités des méso centres mais permettent aussi de déployer des services cohérents de formation et de support utilisateurs, indispensables pour accueillir des nouvelles communautés scientifiques.

Les centres participants à Equip@meso se sont aussi engagés à amplifier localement l'initiative HPC PME portée par OSEO, INRIA et GENCI visant à aider les PME françaises à utiliser le calcul intensif.

Notons enfin que quelques (encore trop rares) équipes françaises ont accès, là encore sur la base d'appels à projets compétitif, aux meilleures machines des USA notamment dans le cadre de l'initiative INCITE.

#### **5.4. Politique scientifique et accès aux ressources du calcul**

Fort heureusement, depuis 2007 et jusqu'à aujourd'hui, l'offre correspondait à peu près à la demande sauf dans quelques domaines de la physique théorique ; il faut dire aussi que les utilisateurs connaissent les ressources et se limitent à des demandes raisonnables. Cependant nous avons constaté depuis juin 2011 une forte augmentation du nombre d'excellents dossiers scientifiques sur les moyens nationaux (tier1). Plusieurs demandes classées AA n'ont pas pu être satisfaites entièrement et plusieurs machines du tier1 sont totalement saturées. Cependant ces problèmes ont pu être résolus tant bien que mal en demandant à quelques utilisateurs de basculer sur une autre machine ; par ailleurs chaque renouvellement de matériel dans l'un des 3 centres nationaux apporte chaque fois une bouffée d'oxygène.

Pour les heures PRACE les allocations aux chercheurs français ont été conséquentes. Toutefois il est opportun de rappeler que ces machines européennes dites du tier0 ne remplaceront jamais les machines nationales du tier1. En effet les premières servent un petit nombre d'utilisateurs très intensifs alors que les dernières servent tous les chercheurs français qui sont en butée de ressources sur leurs machines régionales du tier2. On voit ici l'importance de l'équilibre de la pyramide des tiers 0,1,2, à la fois pour optimiser les coûts et pour servir toutes les recherches selon leurs besoins.

#### **5.5. Contexte national : un agenda stratégique de la recherche**

En mai 2013, la ministre de la recherche, Mme. Fioraso, a présenté le premier « Agenda stratégique pour la recherche, le transfert et l'innovation : France-Europe 2020. » Cet agenda a pour ambition de fixer collectivement, au regard des principaux défis auxquels notre pays doit faire face, les axes prioritaires de progrès des connaissances et des technologies et apporter les éléments de leur mise en œuvre. L'agenda est en cohérence avec Horizon 2020 et comporte 9 propositions, dont en première place : « Mobiliser les acteurs sur les grands défis sociétaux », et en 4<sup>ème</sup> « Développer la formation et les infrastructures numériques. » Dans la proposition 1 figure le défi intitulé « Société de l'information et de la communication. » Dans ce cadre, plusieurs sujets sont identifiés comme stratégiques et le séminaire Gouvernemental sur le numérique de février 2013 en a donné confirmation : les big data, la cyber sécurité, l'internet des objets, le calcul intensif et la robotique. Une attention particulière sera par ailleurs portée sur la nécessité de développer d'avantage encore des réseaux numériques à haute performance et les composantes qui seront à la base des futures infrastructures numériques (serveurs, HPC, cloud, Smart Grid). Dans la proposition 4 on trouve l'action « des infrastructures

---

numériques au service de la recherche et du transfert ». Cette action mentionne explicitement GENCI, PRACE et RENATER dans 3 rubriques : (1) l'accès à la puissance de calcul, (2) le stockage et le traitement de données massives et (3) la formation par la numérique.

## 6. Le CSCI termine son mandat en Septembre 2013

Le CSCI a été créé pour 6 ans et termine son mandat en Septembre 2013.

Les membres du CSCI pensent que le bilan de ces six années est très positif :

1. Chacun étant membre au titre de son expertise personnelle et non pas au titre de son institution, le CSCI a pu garder un point de vue impartial et libre de toute pression dans ses enquêtes et ses avis.
2. Le retour sur les rapports montre que les avis du CSCI ont été pris en considération et en général suivis par les instances de décision dans la mesure de leurs possibilités.
3. Le CSCI pense que le gouvernement aurait intérêt à garder une telle structure capable de synthétiser les avis des utilisateurs, des industriels et des scientifiques pour émettre des avis généraux et sur le long terme pour l'avenir du calcul de pointe et la politique d'équipement, d'autant que la question de l'intégration de la grande simulation dans la méthodologie scientifique et dans la définition des programmes de recherche ne peut être considérée comme acquise.

Ces travaux et enquêtes du CSCI ont demandé un investissement en temps non négligeable aux experts, soit environ 9 réunions par an d'un conseil de 20 membres, investissement qu'ils ont consenti sans regret, malgré leurs autres occupations.

Par ailleurs le manque de ressources et les difficultés budgétaires pour les missions des membres provinciaux ou étrangers a été inutilement pénalisant.

4. Enfin, pour certaines recommandations, une écoute interministérielle du CSCI aurait été nécessaire, en particulier avec le ministère du redressement productif.
5. GENCI et le MRE pensent aussi que le CSCI a rendu de grands services car c'est le seul comité indépendant pour le calcul intensif. De plus la collaboration étroite du président du CSCI avec GENCI et PRACE a permis une cohérence des politiques d'appels d'offres et des allocations de ressources ; enfin en cas d'arbitrage, le CSCI peut se prévaloir de son in

## **PARTIE II Le rapport**

### **Remerciements**

Le Comité remercie Catherine Rivière et Stéphane Réquena (GENCI), Bertrand Braunschweig (INRIA), Alain Artieri et Patrick Blouet (ST-Ericsson), Dominique Lavernier (Irisa), Jean-François Méhaut (IMAG), Florence Rabier (Météo France), Jean-Pierre Vilotte (IPGP), Catherine Le Louarn (GENCI), François Veillet (Sysfera), Benjamin Depardon (Systema), Frédéric Desprez (ENS-Lyon), Christine Ménache (CEA-CCRT), François Lavallée (IDRIS), Cécile Blitz (CINES), Michel Kern (INRIA), Daniel Egret (CPU), Stéphane Cordier (Université d'Orléans + CPU), Raphael Gueroy (France-Genomique), Jean-Marc Gavery (France-Genomique), François Robin, Pierre Leca, Michel Mazella, Jean-Marie Aury, Nicolas Maurin, Claude Scarpellini (CEA), Luu C. Gustin (Natixis), Pascal Fouillat (DGRI), Michel Jouvin (LAL/Orsay), Edouard Audit (CEA et Maison de la Simulation), Sylvie Jacquemot (Ecole Polytechnique), Raymond Namyst (INRIA), François Bodin (CAPS), Brigitte Duême (INRIA) et Alain Lichnewsky qui ont bien voulu répondre à ses questions, et ont fourni des éléments d'information utiles à ce rapport. Il remercie la Direction Générale pour la Recherche et l'Innovation pour son support logistique, et particulièrement Laurent Desbat et Mark Asch, chargés de mission, pour leur assistance.

## 7. Membres du CSCI

NOR : ESRS1100312A  
arrêté du 5-10-2011  
ESR - DGESIP B2

Par arrêté de la ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche en date du 5 octobre 2011, sont nommés membres du comité stratégique du calcul intensif :

### Au titre des personnalités qualifiées

- **Jean-Claude André**, ancien directeur CERFACS
- **Daniel Benoualid**, directeur du centre de recherche corporate du groupe Hutchinson;
- **Jean-Yves Berthou**, Directeur du département STIC de l'ANR, détaché de EDF R&D;
- **Jacques Blum**, professeur à l'université de Nice Sophia-Antipolis;
- **Dominique Boutigny**, dir. Centre calcul de l'Inst. nat. physique nucléaire et physique des particules ;
- **Henri Calandra**, Expert algorithmique grand calculateurs géosciences chez Total
- **Laurent Crouzet**, responsable du programme « calcul intensif et simulation » au CEA/DSM
- **Bérengère Dubrulle**, Directeur de Recherche (CEA/Saclay)
- **Jean Gonnord**, chef de projet, dir du programme « simulation numérique et informatique » CEA/DAM ;
- **Argiris Kamoulakos**, directeur scientifique, ESI Group ;
- **Petros Koumoutsakos**, Professeur, Ecole Polytechnique de Zurich.
- **Richard Lavery**, directeur de recherche, et dir. du dépt. de Biostructures Moléculaires IBCP-CNRS.
- **Boris Leblanc**, resp. adjoint, équipe de recherche et dev. « Equities & Derivatives » de BNP Paribas
- **Patrick J. Mascart**, dir. École doctorale des sciences de l'univers, de l'espace et de l'environnement;
- **Heiner Müller Krumbhaar**, Académie des Sciences de l'Allemagne, "Leopoldina" ;
- **Olivier Pironneau**, prof. à l'université Paris-VI - Pierre et Marie Curie, Académie des sciences ;
- **Jean Roman**, DR à l'Institut national de recherche en informatique et en automatique ;
- **Franck Tarrier**, chef bureau «Logiciel» min. économie, industrie et emploi, succédé par **Fabien Terrailot** ;
- **Laurent Desbat** succédé en septembre 2012 par **Mark Asch** En qualité de représentant de la ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Olivier Pironneau est nommé président du comité.

## 8. Suivi des recommandations de 2011

1. **Suivi de la recommandation 1** : Le CSCI pense que la France se doit de développer ses 3 centres de calcul intensifs nationaux au même rythme que le tier0. Le plan d'équipement de GENCI pour les 3 prochaines années porte effectivement sur les 3 centres.
2. **Suivi de la recommandation 2** : 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. La mise en place de nouvelles formations se fait à un

---

rythme trop lent, comme le montre notre enquête de 2012.

3. **Suivi de la recommandation 3 :** *En chimie computationnelle et pour les nanotechnologies, Il y a de nombreux utilisateurs mais peu d'équipes à même de contribuer aux progrès des algorithmes. Ces équipes doivent être soutenues. Le deuxième prix Fourier-Bull a été décerné à une équipe de chimistes.*
4. **Suivi de la recommandation 4 :** *Comme en 2010 le CSCI recommande que l'ANR prépare l'Exascale-2018 et le mi-parcours 100 Pflops 2015 avec plus de visibilité. La France est présente dans les instances internationales (IESP et EESI-1&2 entre autres) et un nouveau programme européen FP8 porte sur le co-design.*
5. **Suivi de la recommandation 5 :** *De nouveaux programmes d'incitation pourraient être créés pour faciliter l'utilisation du calcul parallèle dans l'industrie au niveau du tier1. Une cohésion des industriels utilisateurs du tier1 autour de programme nationaux, impliquant éventuellement les chercheurs, permettrait aussi d'éviter ou de remédier à un enfermement potentiellement nuisible aux transferts des savoir-faire. GENCI a lancé un programme de coopération avec les industries et les PME en particulier.*
6. **Suivi de la recommandation 6 :** *Il faut donner aux meilleurs les moyens de développer des équipes aux doubles compétences informatiques et applicatives dans tous les domaines de pointe du HPC et aux industries du calcul haute performance les moyens de coopérer avec eux. Difficile d'évaluer cette recommandation sur le court terme.*
7. **Suivi de la recommandation 7 :** *Il faudrait renforcer les liens entre les centres de calcul sur grilles et la communauté française du calcul intensif afin de mettre en place des modèles de gestion des données performants et pouvant aisément passer à l'échelle. Le « Big data » devrait jouer un rôle fédérateur sur ce problème, dans le cadre des Investissements d'Avenir. GENCI et le CNRS, associés à des laboratoires de recherche, ont déposé deux projets autour de cette thématique. Le premier nommé DIP-HPC porté par GENCI n'a malheureusement pas été sélectionné en 2011, et le second ESPERANCE porté par le CNRS déposé en 2012 n'a pas été retenu non plus.*

## 9. Les missions du CSCI

En 2006 le Ministère de la Recherche a reconnu l'importance de la simulation pour la compétitivité et l'innovation et constaté le retard de la France surtout pour ce qui concerne les simulations extrêmes. Il a donc créé la société civile GENCI pour la gestion et l'harmonisation des moyens de calcul de puissance pour la recherche. GENCI a disposé en 2012 d'un budget de 35 M€. GENCI est doté d'un conseil d'administration pour les décisions à court et moyen terme ; en parallèle et pour la stratégie à long terme le ministère a créé le CSCI en octobre 2007.

La lettre de mission du Ministre de la recherche précise que :

*« Le Comité Stratégique pour le Calcul Intensif est chargé, en particulier, d'organiser le suivi des activités nationales et européennes dans le domaine du calcul intensif et de formuler des propositions sur l'organisation et le renouvellement des équipements de calcul intensif ainsi que les mesures permettant l'utilisation optimale de ces équipements, selon les domaines, en tenant compte notamment des activités d'enseignement supérieur. Il donne un avis sur la participation française aux programmes internationaux utilisant l'infrastructure de calcul ... Sa constitution entre dans le cadre d'une politique ambitieuse, destinée à affirmer la présence française dans le domaine de la simulation numérique et à améliorer en conséquence notre compétitivité dans les domaines scientifique et industriel. »*

Le Comité Stratégique pour le Calcul Intensif a aussi pour mission de

- Donner un avis sur les centres de calcul nationaux, et leur évolution par rapport à l'initiative européenne PRACE, les grilles de calcul et les équipements « mi-lourds » des communautés thématiques.
- S'assurer de la bonne utilisation des ressources en coopération avec GENCI et l'ANR.
- Réfléchir à la manière d'améliorer l'impact industriel de la simulation numérique et du calcul intensif.
- Parallèlement le CSCI pourra aussi donner un avis sur les besoins en calcul intensif en relation avec les projets d'intérêt stratégique (comme ITER, le GIEC, etc), les domaines disciplinaires « en émergence », les besoins de formation initiale ou continue et les perspectives de coopération internationale.

Les membres du CSCI sont, en proportions égales, chercheurs dans des laboratoires universitaires et dans des grands organismes ou dans des industries de pointes. Le CSCI a été renouvelé une première fois par tiers par décret en novembre 2009, puis à nouveau en juillet 2011.

## 10. Les activités du CSCI en 2012-2013

Depuis le rapport 2010/2011, préparé en juin 2011, le CSCI a été renouvelé et, le décret de parution ayant un peu tardé, les réunions n'ont repris que début décembre 2011. Un rapport d'étape a été écrit en septembre 2012. Le présent rapport couvre la période de juin 2012 à juin 2013 et complète donc le rapport d'étape 2012.

---

Le CSCI s'est réuni les 20 juin, 19 septembre, 21 novembre 2012, 16 janvier, 20 février, 10 avril, 15 mai et 19 juin 2013. Les comptes rendus de séance sont disponibles sur demande.

Les sujets abordés au cours de ces réunions incluent :

- Le co-design des super ordinateurs.
- Les formations en calcul intensif.
- Les grands flots de données (big data).
- Les perspectives et le point de vue de GENCI et de PRACE.
- Les grands programmes internationaux pour l'exascale.
- Les grilles de calcul.
- Les outils de programmation pour les manycore.
- La modélisation et le calcul intensif pour les PME.

Enfin, à titres divers, les membres du CSCI ont participé à de nombreuses réunions, ateliers de travaux et colloques sur des sujets touchants au calcul intensif et/ou en liaison avec l'ANR, le CEA, le CNRS, EDF, GENCI, ORAP, Bull, Intel, Cray, IBM, etc. et au niveau international avec IESP, EESI1 et EESI2.

### **10.1. Les Rapports**

*Le premier rapport* du CSCI (décembre 2008) contient, entre autres, des généralités sur le calcul intensif que nous ne répéterons pas ici ; nous renvoyons le lecteur au site <http://www.genci.fr/> pour le téléchargement du document.

*Le deuxième rapport* (avril 2010) traite des points suivants:

- L'évolution des trois grands centres de calcul français et les perspectives qu'ils offrent.
- L'avenir du calcul pour les chercheurs français compte tenu du projet PRACE dans lequel la France est représentée par GENCI.
- L'impact du calcul intensif sur la recherche et l'industrie et le problème du financement de la R&D.
- Le calcul au sein de deux grands programmes de simulation : ITER et le GIEC.

*Le troisième rapport* (juin 2011) traite de :

- L'évolution des moyens de calcul en France : Centres nationaux GENCI (tier1), mésocentres (tier2) et grands centres européens de PRACE (tier0).
- L'objectif Exascale 2018, le point de vue des constructeurs, le problème du co-design, le rôle de l'ANR et de l'Europe.
- L'impact du calcul intensif sur l'astrophysique, la biochimie et les nanotechnologies.

*Le quatrième rapport* (décembre 2012) traite de

- L'évolution du parc de calcul français et européen.
- La formation pour le calcul intensif.

- Les perspectives du co-design.
- Le problème des données.

Ce 5<sup>ème</sup> rapport reprend le quatrième et le complète.

Le rapport est organisé de manière à faciliter une lecture rapide des « recommandations » seulement ou des « faits marquants » seulement, ou une lecture complète avec des paragraphes contenant de nombreux rappels destinés aux non spécialistes.

## 11. Evolution des Machines Nationales

En 2012 GENCI a mis à la disposition des chercheurs français 1 Pflops et 1,6 Pflops en 2013. Deux machines IBM (Turing et Ada) ont renouvelé le parc de l'IDRIS (1Pflops total). Le renouvellement du parc du CINES est prévu pour 2014, le renouvellement de Curie fin 2016. L'hypothèse faite est de maintenir les 3 centres nationaux, mais

**une augmentation du budget sera nécessaire pour faire vivre les 3 centres nationaux et soutenir la position française dans PRACE pour assurer le renouvellement du tier0.**

Coté Tier2 (machines régionales), GENCI coordonne avec les centre régionaux l'Equipex [Equipex@meso](mailto:Equipex@meso), en particulier pour relayer localement l'initiative HPC-PME, qu'il convient d'ouvrir à d'autres partenaires (ex : Bordeaux, Orléans, Lille) en leur donnant ainsi une visibilité.

## 12. Le Programme PRACE et les machines du Tier0

PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) a distribué aux scientifiques européens depuis sa création en avril 2010 un peu plus de 3 milliard d'heures calcul sur les 14 PFlops (fin 2012) disponibles ; c'est donc une infrastructure très importante pour la recherche académique mais aussi depuis janvier 2012 pour les industriels européens par la mise en place d'un accès dit OpenR&D à PRACE.

PRACE est une infrastructure européenne gérée sous forme d'une association à but non lucratif basée à Bruxelles nommée PRACE-AISBL. Chaque membre est représenté dans le « Council » dont le premier président était Achim Bachem de Juelich et est depuis juin 2012 Catherine Rivière (PDG de GENCI).

Catherine RIVIERE aura pour mission pendant les 2 ans de son mandat la mise sur les rails de PRACE 2.0 qui, à partir de 2015, marquera une nouvelle étape dans la construction d'un espace de calcul européen.

Ce « council » nomme un conseil scientifique de 20 membres, le « scientific steering committee » ou SSC dont le président est Kenneth Ruud. Les membres français du SSC sont actuellement au nombre de 3. Enfin le SSC nomme un « access committee » pour chaque session d'allocation de ressources sur ses ordinateurs (deux fois par an). Là également, la France est actuellement représentée par 2 scientifiques.

La PRACE-AISBL - dont le siège est à Bruxelles - comprend aujourd'hui vingt cinq membres qui représentent les pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie,

Chypre, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Israël, Italie, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Serbie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie. La France y est naturellement représentée par GENCI. Au sein de ce partenariat, 4 pays ont le statut particulier de membre hébergeur d'un Tier0 - Allemagne, Espagne, France et Italie - et se sont engagés à mettre à disposition de la PRACE AISBL des ressources en temps de calcul Tier0, pour un équivalent de 100M euros pour la période 2010-2015. Le SSC ne prévoit pas d'appliquer un système de quota par pays. Il n'y a donc pas de système de " juste retour ", seule la qualité scientifique des demandes importe pour la sélection des projets retenus.

L'accord entre les partenaires de PRACE régissant la période initiale (2010-2015) se termine à mi 2015, ce qui oblige à terminer les négociations pour une suite de PRACE en 2014 ; il faut donc s'y préparer fin 2013. Les questions sont

- Quelles grandes orientations ?
- Quel budget ?
- Quelles structures ?

Les principes de construction de PRACE 2 sont de fournir une infrastructure pérenne pour le calcul, un service de haute qualité, donc sans doute une diversité de machines pour équilibrer l'écosystème des différents moyens de calcul. Ceci parce que les leçons de PRACE 1.0 ont été de ne pas travailler uniquement sur les machines mais aussi sur les formations, les réseaux et certains services spécifiques comme le stockage des données. Ou le co-développement d'applications scientifiques. Par ailleurs les exigences économiques de la croissance demandent d'intensifier les accès industriels. Tout ceci ne pourra être mené à bien que si PRACE dispose de 700M€ à 850M€ sur 5 ans, dont 600M€ pour les machines.

#### *Recommandation*

***En donnant accès aux chercheurs aux plus puissantes des machines, PRACE joue un rôle très important pour la recherche et le CSCI approuve le programme d'équipement présenté par sa direction.***

Le nombre de projets retenus par PRACE est de l'ordre de quelques dizaines par session<sup>3</sup>. La stratégie légitime sur le tier0 est de ne retenir que les projets excellents scientifiquement et extrêmement intensifs en calcul. La cohérence du système pyramidal allant des Tiers2 aux Tiers0 prend donc ici toute son importance car il faut qu'un nombre suffisant de chercheurs français calculent sur les machines GENCI (tier1) pour qu'une partie d'entre eux - ceux qui sont en butée de ressources – puissent proposer des dossiers scientifiques lors des appels à projets de PRACE. Inversement, aucune équipe ne peut espérer pouvoir calculer à tout instant sur PRACE, il faut donc que GENCI leur assure une continuité en moyens de calcul sur le Tier1.

### ***12.1. Les machines du tier0 dans PRACE***

<sup>3</sup> Voir le « PRACE Annual Report 2012. » [www.prace-ri.eu/](http://www.prace-ri.eu/)

Actuellement les machines de PRACE sont au nombre de six, une en France, 3 en Allemagne, une en Italie et une en Espagne :



L'IBM BlueGene/P « JuGene» a été mise en service en 2009 et a été renouvelée en novembre 2012 par une machine IBM BlueGene/Q nommée JUQUEEN d'une puissance de 5.8 PFlops, 7<sup>ème</sup> machine mondiale et 1<sup>ère</sup> en Europe.



La machine Curie (Bull) de GENCI est installée et opérée par le CEA au TGCC de Bruyères le Châtel (photo ci-dessus). Elle est d'une puissance de 2 PFlops, mise en service intégralement en mars 2012. CURIE a été officiellement inaugurée le 12 juillet par G. Fioraso, Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.



La machine Hermit (Cray research) du HLRS de Stuttgart (photo ci-dessus), d'une puissance de 1,5 Pflops, est entrée en service en 2012 et 30% en sont au service de PRACE. La puissance sera upgradée à 4 Pflops en 2014.



La machine IBM BlueGene/Q Fermi du centre de Bologne est entrée en service en septembre 2012 (2 Pflops) et 30% en sont au service de PRACE.



La machine superMUC d'une puissance de 3 PFlops de l'Université de Munich est un IBM similaire à CURIE dont 30% sont au service de PRACE. Elle a été mise en service en novembre 2011. Elle est à ce jour à la 9<sup>ème</sup> place de la liste top500 de juin 2013. Elle sera upgradée à une puissance de 5.2 Pflops en 2014.



Marenostrum du BCS (Barcelone : un cluster de calcul IBM de 1 Pflops d'architecture similaire à CURIE et SuperMUC dont 70% est au service de PRACE. Il est disponible depuis mars 2013.

Il est à noter que 4 des 6 supercalculateurs figuraient dans « top 10 » du classement mondial « Top500 » de juin 2012 (superMUC, FERMI, JUQUEEN et CURIE), ce qui fut une première pour les calculateurs européens dans l'histoire du top500. Ils ne sont que 2 aujourd'hui (juin 2013) : JuQueen et SuperMUC.

Concernant les appels PRACE, 2 appels à projets ont lieu par an.

L'appel à projets sur les tier0 de juin 2012 proposait 1,2 milliard d'heures de calcul réparties comme suit :

Pays	Organisme	Total heures CPU
Allemagne	JSC (Jülich)	312.000.000
France	GENCI (TGCC)	229.000.000
Allemagne	HLRS (Stuttgart)	160.000.000
Italie	CINECA (Bologne)	300.000.000
Allemagne	LRZ (Munich)	200.000.000

## 12.2. Réponses aux appels d'offre PRACE

En 2012, la PRACE-AISBL a accueilli sur ces moyens, après sélection, les projets suivants :

Le 3<sup>ème</sup> appel (« 3rd call ») : 53 projets soumis, 24 projets sélectionnés pour une allocation de 1 an à compter du 1<sup>er</sup> novembre 2011. Le tableau suivant présente les caractéristiques des résultats de cet appel :

Nombre total projets	53
Temps total demandé (en millions d'heures)	1687
Nombre de projets acceptés	24
Temps total alloué (en millions d'heures)	676
Nationalités des Porteurs de projets acceptés	Français (5), D(4), IT(4), SP(4), UK(2), autres pays (5)

Le 4<sup>ème</sup> appel (« 4th call ») : 78 projets soumis et 43 projets sélectionnés pour une allocation de 1 an à compter du 1<sup>er</sup> mai 2012. Le tableau suivant présente les

caractéristiques des résultats de cet appel :

Nombre total projets	78
Temps total demandé (en millions d'heures)	1927
Nombre de projets acceptés	43
Temps total alloué (en millions d'heures)	1134
Nationalités des Porteurs de projets acceptés	Français(8), D(6), IT(14), SP(3), UK(2), Danemark (3), Belgique(2), autres pays (5)

Le 5<sup>ème</sup> appel a vu 79 projets soumis et 57 projets sélectionnés pour une allocation de 1 an à compter du 1<sup>er</sup> novembre 2012. A noter pour la première fois l'ouverture aux industriels européens via la modèle Open R&D avec deux compagnies : Cenaero (Belgique) et HydrOcean une PME nantaise spécialisée dans la CFD et aidée par l'initiative HPC PME.

Le tableau suivant présente les caractéristiques des résultats de cet appel :

Nombre total projets	79
Temps total demandé (en millions d'heures)	2112
Nombre de projets acceptés	57
Temps total alloué (en millions d'heures)	1334
Nationalités des Porteurs de projets acceptés	Français (12), D(7), IT(20), SP(6), UK(3), Suède (2), Finlande(2), Suisse(2), autres (3)

## 13. Allocations des ressources du tier1

### 13.1. Campagne d'attribution des ressources de calcul 2012

Deux appels à projets sont organisés chaque année pour tout utilisateur (académique ou industriel) souhaitant accéder aux moyens de calcul nationaux pour des travaux relevant d'une mission de service public de recherche ou d'enseignement supérieur. Le dépôt des demandes se fait sur le site [www.edari.fr](http://www.edari.fr). Leur sélection est réalisée sur la base de l'excellence scientifique du projet de recherche, avec obligation d'en publier les résultats, au travers de 10 Comités Thématiques, couvrant l'ensemble des disciplines.

Voici les supercalculateurs ouverts aux utilisateurs via les appels à projets en 2012 :

Maîtrise d'œuvre	Supercalculateurs	Nombre de coeurs
CINES	IBM Power7 - Yoda	256
	SGI ICE - Jade	23040
IDRIS	IBM SP – Vargas	3 584
	IBM BG/P - Babel	40 960

	NEC SX8 - Brodie	80
CCRT		
	Bull Xéon – Titane	7 760
	Partition CPU/GPU	48 serveurs Tesla/192 unités hybrides
TGCC	BULL nœuds larges – Curie (20% de la capacité)	11 520
	Bull nœuds fin Curie (20% de la capacité)	80 640
	Bull nœuds GPU – Curie (20% de la capacité)	144 lames bi GPU

Au terme de la campagne 2012, il apparaît que l'intégralité des ressources disponibles avaient été attribuées. L'ouverture de Curie a permis de disposer d'un volume d'heures supplémentaire pour cette campagne.

Il est également intéressant de noter que la partie hybride GPU de la machine Titane et celle de Curie ont rencontré un succès certain, ce qui est un point positif compte-tenu de la nouveauté de cette architecture.

Afin de traiter au mieux les demandes de la 2<sup>ème</sup> session de 2012, environ 20% des ressources disponibles avaient été réservées pour cette session. De plus des décisions d'arbitrage ont été mises en œuvre, en concertation avec les 3 maîtrises d'œuvre:

- **Application des modalités d'ajustement** à hauteur de 40% de reprise d'heures pour les projets ayant sous-consommé les 5 premiers mois sans justification. Ces ajustements s'appliquent uniquement pour les machines fortement sollicitées (Jade, et Titane).
- **Migration d'heures de calcul entre machines:** sur l'ensemble des deux sessions de la campagne 2012, des transferts entre machines ont été décidés afin d'optimiser les charges et de bénéficier des capacités de Curie.

L'application de ces décisions d'arbitrage a permis d'aboutir à une situation satisfaisante pour les machines et d'optimiser l'utilisation de l'ensemble des ressources disponibles pour l'année 2012.

#### **Recommandation :**

*La croissance des demandes d'heures en 2012 montre qu'il est nécessaire de continuer la dynamique d'investissements engagée pour répondre aux besoins futurs des communautés scientifiques.*

Par ailleurs, les travaux d'évolution engagés par GENCI sur le DARI, en termes d'outils et de procédures, et décidés conjointement avec les représentants des maîtrises d'œuvre et les Présidents de Comités Thématiques en juin 2012, sont en cours en vue de la campagne 2013.

En particulier un lien sera établi avec les centres régionaux afin de favoriser l'arrivée de nouveaux projets sur les centres Tier1 nationaux. Dans ce même objectif, ont été mis en place début 2013 des « accès préparatoires » au Tier 1, similaires à ce que PRACE propose pour les accès au supercalculateurs Tier 0 européens.

La répartition 2012 des projets par comité thématique est décrite ci-dessous :

Comité thématique	Nombre total de projets en 2012	Nombre de projets 2012 renouvelés en 2011	Nombre de nouveaux projets en 2012
CT1 Environnement	55	50	5
CT2 Mécanique des fluides	142	115	27
CT3 Biomédicale et santé	7	5	2
CT4 Astro et Géophysique	60	40	20
CT5 Physique théorique et plasmas	48	31	17
CT6 Informatique, algorithmique	22	16	6
CT7 Syst. Moléculaires et Biologie	58	43	15
CT8 Chimie quantique	114	77	37
CT9 Physique Chimie et matériaux	108	72	36
CT10 Nouvelles applications	6	5	1
<b>Total</b>	<b>620</b>	<b>454</b>	<b>166</b>

Au total, 620 dossiers ont obtenu des heures en 2012, dont 26,8% de nouveaux dossiers.

Pour information, 620 dossiers avaient obtenu des heures lors de la campagne 2011, avec un taux de nouveaux dossiers de 23%. Le nombre de dossiers est donc stable mais la demande d'heures moyenne est en augmentation continue. Par ailleurs, 233 projets bénéficient d'un soutien ANR, soit 38% du total des projets 2012.

### **13.2. Distribution des heures attribuées par domaine scientifique**

La répartition par grande thématique scientifique est proche de celle observée lors de la campagne 2011. On peut cependant observer une ouverture à de nouveaux domaines scientifiques sur la machine BlueGene de l'IDRIS (Babel).

### **13.3. Distribution des heures attribuées par région**

Cette analyse porte sur une distribution des heures de calcul attribuées (tous types de machines confondus) par appartenance régionale du porteur du projet, et ne tient donc pas compte du caractère potentiellement réparti des projets sélectionnés.

Cette analyse pour 2012, indique clairement une forte utilisation des ressources dans 7 régions principales : Ile de France (157 Mh), Provence-Alpes -Côte d'Azur (102,6 Mh), Rhône-Alpes (58,7 Mh), Haute-Normandie (52,9 Mh), Midi-Pyrénées (34 Mh), Aquitaine (26,2 Mh) et Nord-Pas-de-Calais: 21,3 Mh. Par contre, les régions Limousin, Franche-Comté et Corse sont très peu utilisatrices.

---

La Corse utilise aussi les moyens nationaux mais nous notons l'absence des départements d'outre-mer. Certaines actions de communication permettraient certainement de mieux sensibiliser les équipes de recherche concernées aux moyens disponibles.

#### **13.4. Profil de consommation des projets tier1 en 2012**

Les informations figurant ici concernent la campagne 2012, les taux de consommation sur 2013 ne seront disponibles qu'en fin d'année.

Les taux de consommation 2012 (heures consommées vs heures allouées) sont les suivants :

Ces taux de consommation sont satisfaisants et leur analyse permet de déterminer les taux de sur-allocations raisonnables à appliquer lors de l'attribution initiale des heures de calcul.

Le taux de consommation sur Titane GPU a été d'environ 50% sur 2012, chiffre stable par rapport à 2011.

Le taux de consommation au regard des heures disponibles DARI sur l'ensemble des machines de l'ordre de 100%, toutes les heures allouées ont donc été consommées.

Le taux de disponibilité des machines est très satisfaisant, démontrant une très bonne stabilité de fonctionnement, et leur charge globale est importante (sauf pour Titane GPU), en particulier pour Jade et Titane.

## **14. Le point sur le numérique à l'ANR**

La baisse de budget de l'ANR a conduit à ne proposer le lancement en 2012 que de 3 AAP thématiques STIC sur 4 (CONTINT, MN et INS, INFRA n'ayant pas été publiés) pour un financement de l'ordre de 50 M€ auquel il faut ajouter 15 M€ de financement de projets présentés dans les appels non-thématiques (dit blancs). Tous programmes ANR confondus, blancs et thématiques, ce sont près de 100 M€ par an qui ont été dédiés en moyenne entre 2010 et 2012 au financement de projets traitant de simulation. On rappellera que les programmes blancs représentent plus de la moitié des projets utilisant GENCI.

Les taux de sélection sont inférieurs à 18 % pour les Blancs et de 25 % pour les thématiques. Cette année il pourrait y avoir 20 % de soumissions en moins. Ceci peut être dû à la règle des 30 % maximum de non permanents dans les laboratoires, le coordinateur devant aussi être impliqué de son côté à 40 % de son temps. Par ailleurs les industriels hésitent beaucoup devant le faible taux moyen de réussite.

## **15. Le programme HPC-PME**

Le calcul intensif n'est pas bien équilibré en France entre la recherche et l'industrie car ce sont essentiellement certains grands groupes industriels de pointe qui l'utilisent. Sur la base de ce constat et du rapport France-Numérique 2012, un consortium GENCI-OSEO-INRIA a créé le programme HPC-PME en 2011. Le but est d'aider les PME à prendre conscience de l'apport du HPC et à monter des projets de faisabilité. Ce sont maintenant 5 pôles de compétitivité (Aerospace-vallée, Axelera, Cap digital, Mineallogic, Systematic) qui ont rejoint le consortium, avec par ailleurs le soutien du CNRS, de l'IFPEN, ONERA, un partenariat avec le labex AMIES, les instituts Carnot, la Maison de la simulation et Ter@tec.

Pour GENCI Une trentaine de PME de tailles diverses (entre 2 personnes et un millier) bénéficient du programme.

Il consiste principalement à aider les PME co-développer un projet industriel nécessitant de la simulation numérique et du HPC et démontrer concrètement un ROI pour les PME. Cela passe donc par dimensionner son projet, trouver du financement, des moyens de calcul, à paralléliser leurs codes, leurs donner les bonnes adresses...

Pour cela il faut comprendre leurs besoins et parler leurs langages. Il faut donc trouver des gens qui ont les doubles compétences.

Par exemple, une entreprise de 120p, qui fait des moteurs prototypes pour l'automobile a bénéficié d'une aide pour acquérir des compétences en calcul de combustion, d'aérodynamique et en optimisation. OpenFOAM est utilisé ainsi que du conseil en combustion de l'IFP et un logiciel d'optimisation. Une aide à l'achat et à la configuration d'une machine de 200 processeurs a aussi été donnée ainsi leur donnant ainsi une opportunité à l'international, impliquant 4 recrutements. Et un retour sur investissement en 3 ans.

Une autre entreprise, qui développe des codes pour les ruptures de barrage d'aquaplaning est passée grâce au programme à l'hybridation avec openACC et avec l'aide de CAPS. Ils sont devenus un utilisateur de PRACE en complément de leur utilisation du Tier2 Crihan, leur donnant ainsi une visibilité en Europe et notamment sur le marché automobile allemand (ils calculent à HLRS à Stuttgart). Et ils ont embauché une personne.

Comme troisième illustration prenons le cas de cette entreprise d'ingénierie biomédicale qui est passée du PC à de gros calculs et à aussi gagné un ordre de grandeur en compétitivité pour l'étude des stents.

HPC-PME 2.0 sera organisé en région et donnera un rôle prépondérant aux centres régionaux du Tier2.

Lyon ,Toulouse, Marseille Reims Rouen ont déjà démarré.

## 16. Le co-design et la préparation à l'exascale

Le co-design consiste à associer très tôt les utilisateurs finaux aux développements d'une machine. Airbus pratique le co-design quand il enquête sur les besoins des compagnies aériennes pour définir ses avions futurs. Toutefois, en informatique, le dialogue se fait pendant toute la durée du développement et des recherches, et il associe aussi les mathématiciens de l'algorithmique et les informaticiens. Le co-design peut aller jusqu'à la fabrication de circuits dédiés (asic) comme pour la machine Anton de D.E. Shaw pour la dynamique moléculaire.

Passer à l'échelle exascale ( $10^{18}$  opérations par seconde) représente un facteur 1000 par

---

rapport au Pflops. Rappelons que le Pflops a été obtenu en 2008 et que la puissance double tous les ans. Par simple extrapolation, ceci amène à 10Pflops début 2012, à 100Pflops en 2015, et à 1000Pflops en 2020. Les constructeurs sont toutefois plus optimistes et pensent atteindre cette performance peut-être dès 2018 grâce à des ruptures technologiques. Par ailleurs la puissance de crête de la 1<sup>ère</sup> machine du Top500 a doublé tous les 12 mois et non pas 16.

Pour unir leurs efforts les acteurs internationaux ont créé deux programmes de coopérations : IESP et EESI, financés respectivement par le DOE et la Commission Européenne.

### **16.1. International Exascale Scientific Program**

La transition à l'Exascale est un défi global. Si l'organisation en termes de « matériels » est prise en mains par les constructeurs, les aspects concernant le développement des logiciels (généraux et applicatifs) le sont encore trop peu. Tous les acteurs demandent que ces développements soient conduits en « open source » et qu'ils soient l'objet de coopérations internationales ; l'objectif du programme IESP est de proposer une liste de priorités et des modalités de développement pour ces logiciels (middleware), voire pour les logiciels applicatifs.

IESP a été principalement soutenu par le DOE avec des contributions plus limitées de la NSF et de la DARPA. Un comité international *ad-hoc* a été créé pour proposer une feuille de route. Mais, au-delà de cette feuille de route maintenant disponible, il sera nécessaire de préparer un plan de mise en œuvre (« implementation plan »).

IESP a organisé une série d'ateliers (les actes sont disponibles sur le site IESP) traitant de tous les sujets concernés, scientifiques comme techniques et managériaux. Les défis sont relatifs au parallélisme massif et aux machines hybrides. Les initiatives structurantes aux USA ont concerné la création de 4 centres de co-design (combustion, matériaux, fusion, nouveaux réacteurs), et d'un projet de centre de logiciels pour l'exascale.

Selon les analyses conduites les machines suivront 2 tendances d'architecture:

- architectures homogènes, 10<sup>6</sup> nœuds de 1000 processeurs,
- machines hybrides/hétérogènes avec des GPU.

Les machines exascale seront fortement hiérarchisées, avec des réseaux qui seront déterminants. En conséquences il y aura 10 fois moins de mémoire par cœurs qu'actuellement. Les conséquences de l'hétérogénéité seront difficiles à prendre en compte, sachant qu'il faut 5 à 10 ans pour développer de nouveaux algorithmes.

IESP a permis de constituer un groupe international de sorte que chacun soit informé des autres projets et que donc la complémentarité, ou la compétition, puisse s'organiser en pleine connaissance de cause ! Les recommandations concernent l'amélioration des compilateurs, des logiciels transversaux aux applicatifs, de la tolérance aux pannes... Le plan de mise en œuvre reste toutefois à bâtir. A noter que les USA semblent délaissé certaines voies, sans qu'il soit toujours aisé de savoir ce qui se passe en détails ! De même pour le Japon.

### **16.2. European Exascale Software Initiative**

L'initiative concrétise un effort européen pour participer plus efficacement à la réflexion IESP, avec toutefois une importance beaucoup plus grande portée aux applications

scientifiques et industrielles. Les réunions organisées en groupes de travail comprenaient tant des chercheurs que des industriels dans des domaines tels que la chimie, la géophysique, l'aéronautique, le climat, l'astronomie, ... Très rapidement les discussions ont porté aussi sur les flots de données (big data). Des études de cas ont été faites : nouveau médicaments (meilleurs ciblage), avion vert (consommation bruit) etc.

Selon les analyses conduites les machines suivront 2 tendances d'architecture:

- architectures homogènes,  $10^6$  nœuds de 1000 processeurs,
- machines hybrides avec des GPU.

Les machines exascale seront fortement hiérarchisées, avec des réseaux qui seront déterminants. En conséquence il y aura 10 fois moins de mémoire par cœur qu'actuellement. Les conséquences de l'hétérogénéité seront difficiles à prendre en compte, sachant qu'il faut 5 à 10 ans pour développer de nouveaux algorithmes.

Une feuille de route a été produite et des groupes de travail ont été formés pour les méthodes transversales et les applications. Chaque groupe a répondu aux mêmes questions : autour des défis à relever, des forces et faiblesses, des besoins en formation, des sources de compétitivité potentielles, des besoins de financement. Ils ont aussi commencé à prioriser les actions de R&D.

Le tout a été synthétisé dans un rapport disponible à l'adresse :

<http://www.eesi-project.eu/pages/menu/publications/final-report-recommendations-roadmap.php>.

Quelques points forts de ces réflexions :

- PRACE est très structurant
- Le HPC est déjà bien utilisé dans l'industrie, ne serait-ce que pour la prospection pétrolière et l'aéronautique, et bien sûr dans le domaine académique (climatologie, mécanique des fluides, astrophysique, sciences de la vie, chimie/matériaux, ...).
- 80 % des applicatifs sont produits en Europe, c'est un actif très fort dans ce domaine.
- L'Europe a les moyens de relancer une industrie de matériel HPC.
- L'Europe est en pointe en mathématiques (modélisation, algorithmique) et en simulateur pour les *runtimes*.

Parmi les faiblesses

- Le HPC n'est pas reconnu comme grand équipement comme les autres grands équipements scientifiques (télescopes, satellites, séquenceurs, ...)
- Une dispersion des efforts, et un manque de participation dans les commissions concernées, vis-à-vis de l'établissement des standards.
- L'industrie pharmaceutique est très forte mais toutes les bases de données sont américaines.
- Un grand nombre de logiciels, dont bon nombre d'applications scientifiques doivent être réécrits.
- L'Europe ne s'implique pas assez dans le développement de logiciels Open Source

Les recommandations de EESI sont de

- Conduire un effort européen soutenu, à long terme, et coordonné dans le domaine du développement des technologies et des applications Exascale; éviter l'éparpillement et renforcer la coopération internationale sur les points bloquants.
- Demander aux centres tier0-tier1 d'assurer une aide au développement et au support de logiciels et d'applications scientifiques. S'appuyer sur les sociétés savantes (SMAI...) et sur les communautés scientifiques structurées (ENES, EBI, CECAM, ...)
- Proposer une aide financière au développement, et soutenir des centres de co-

- 
- développement (co-design centers).
- Renforcer la formation.
  - Renforcer les dispositifs de transferts technologiques
  - L'Europe est globalement assez bien placée mais la Chine risque de la prendre de vitesse. Le budget global pour développer l'écosystème logiciel Exaflopique les applications disciplinaires, et construire 2 ou 3 machines Exaflopiques est de l'ordre de 2 à 3 milliards d'euros sur 10 ans.
  - Sans initiative à bon niveau il existe un fort risque de perte de l'avantage compétitif scientifique et industriel actuel dans un certain nombre de domaines clefs en France et en Europe. Le risque est ainsi élevé pour des secteurs industriels, tels que l'aéronautique, l'automobile, l'industrie pharmaceutique et l'énergie, de perdre leur leadership mondial, sans parler de la défense dont la dépendance technologique au Calcul Haute Performance est majeur.

Toujours dans le cadre du FP7, une suite nommée EESI2 a démarré en septembre 2012 : 1,36M€ sur 30 mois, directeur Philippe Ricoux (TOTAL) qui a succédé à Jean-Yves Berthou (EDF), coordinateur d'EESI.

### **16.3. Le co-design : le point de vue de ST-Ericsson**

STEricsson est une co-entreprise de STElectronics et Ericsson avec 3 produits phares : Nova-Thor-NovaThor, Nova pour les téléphones portables et les tablettes, Thor pour les réseaux et NovaThor pour les plateformes. Le concurrent principal de ST-Ericsson est Qualcomm

Une plateforme est très semblable à un PC (CPU+GPU+hiérarchie mémoire, etc) ; la distance architecturale entre le PC et la tablette est devenue ténue. L'objectif est de distribuer un maximum de performance pour une énergie minimale : le critère est le mips par milliwatt. Une plateforme regroupe la partie énergie, la partie multimédia (3D, vidéo) sur des multi-cœurs en 32bits (aujourd'hui dans la fourchette 1-2GHz). Tous les standards de communication sont utilisés : 2G, 3G, Bluetooth, wi-fi.... La partie logiciel (les OS, applications, ...) est très importante. Elle dialogue avec les *providers* en particulier pour suivre les marchés. Il a été décidé de rendre accessible toutes les dernières technos par internet au travers de la plate-forme IGLOO (et une communauté de développement s'est formée). La société intègre et fait fabriquer des processeurs ARM et ses clients sont les grands de la téléphonie (Alcatel, Samsun, etc).

Depuis peu la société s'intéresse au HPC. L'écart de performance entre le monde HPC et les produits grand public de la téléphonie mobile est de 10 ans, or la puissance de calcul est aussi très importante pour le particulier dans le monde mobile. Par contre, l'expertise de STEricsson dans l'efficacité énergétique est grande et résulte de vingt années de développement. Aujourd'hui la puissance crête d'un GPU dans une tablette ou un smartphone est de plusieurs centaines de Gflops et un rapport 10 en faveur du smartphone pour l'efficacité électrique.

Les successeurs du 8500, le haut de gamme actuel seront le 9500 en 45nm, le A9540 en 32nm double cœur à 1.85GHz, puis en développement le 28nm en technologie FDSOI avec un quad-cœurs dont la puissance graphique sera multipliée par 20 (en 32 bits mais le 64 bits serait aussi possible).

### **16.4. Projet Mont-Blanc : premiers résultats**

---

Font partie du projet Mont-Blanc, BSC, ARM, Bull, Gnodal, Genci (avec le support des équipes CEA/LETI et CEA INAC), CINECA, Jüelich, LRZ, CNRS (LIRMM, LIG et CORIA). Le projet ANR-INFRA « SONGS » (2011) accompagne Mont-Blanc pour la modélisation et la simulation de plates-formes exaflopiques.

Le projet européen Mont-Blanc est piloté par BSC - Barcelone et a démarré en 2011 fort de l'expérience des partenaires sur l'embarqué où le co-design est fondamental car il faut décider ce qu'on met dans le matériel et ce qui doit rester dans le logiciel.

Une des contributions françaises dans Mont Blanc réside dans le portage d'applications scientifiques (GENCI coordonne un sous projet dans lequel notamment les équipes LIG, CORIA et CEA/INAC portent leurs codes), dans le design de system on chip (SoC par les équipes CEA/LETI) et l'études de modèles de programmation hybrides OpenCL (par le LIRMM).

A noter la forte implication de BULL qui est en charge des études prospectives autour du design d'une lame de calcul « low power » optimisée.

Dans Mont Blanc, on fait des hypothèses sur les architectures, on définit des objectifs et on étudie une solution optimale. Il s'agit d'arriver à 50Pflops pour moins de 7MW en 2014 et d'être en tête du classement green500. Ultérieurement (2017 ?) l'objectif est de concevoir une machine de 200 Pflops consommant moins de 10MW avec ces nouvelles technologies de l'embarqué.

Les challenges viennent de la lenteur des processeurs basse consommation pour lesquels le point optimal de fonctionnement est très bas en vitesse. On aura aussi une faible bande passante (mémoire et réseau). Il faudra donc au moins 2 millions de cœurs ce qui pose évidemment des problèmes de programmation et d'environnement d'exécution.

Une première plateforme a été mise à disposition des partenaires pour une action de des portage de 11 applications scientifiques significatives (dont Yales2, Specfem3D et BigDFT). Cette plateforme hébergé par BSC à Barcelone est à base de chipset Nvidia avec des processeurs Tegra 2 et de l'Ethernet performant puis sera complétée par des chipsets Tegra 3 couplé à des GPUs mobiles en 2013..

Les premiers résultats obtenus sur la plateforme sont encourageants : BigDFT et SpecFEM 3D tournent bien. Le premier passe à l'échelle un peu moins bien ; Yales2 tourne 25 fois moins vite pour 0.5W par rapport à un x86 Xeon [X5675@3.0GHz](#) (6 cœurs) et 95W.

Cette plateforme est plutôt orienté portage et évaluation des environnements de programmation, elle n'est pas ciblée performance encore.

Le projet Linaro qui a pour objectif un Linux optimisé pour les plates-formes ARM accompagne le projet Mont-Blanc.

### ***16.5. Un exemple de co-design entre TOTAL et Fujitsu***

Dans le cadre de leur politique de R&D en HPC et simulation numérique pour les géosciences, TOTAL et Fujitsu ont signé un MOU<sup>4</sup> en 2009. Cet accord permet aux deux compagnies d'échanger des informations confidentielles, de donner l'accès aux équipes des deux parties des ressources technologiques : algorithmes métiers géosciences,

---

<sup>4</sup> Memorandum Of Understanding

---

logicielles (compilateurs, bibliothèques) et Hardware.

Pour TOTAL les objectifs sont :

- Mieux comprendre l'apport de la technologie HPC Fujitsu.
- Connaître la « Roadmap » du constructeur.
- Interagir avec les équipes logicielles et hardware du constructeur pour évaluer l'apport de la technologie Fujitsu dans les algorithmes de TOTAL utilisés pour la recherche et l'exploitation des réserves d'hydrocarbures.
- Anticiper l'évolution des algorithmes pour tenir mieux compte de l'évolution technologique HPC mais également donner des indications sur les « fonctionnalités » souhaitées, à la fois hardware et software.

Pour Fujitsu les objectifs sont similaires :

- Mieux comprendre les algorithmes utilisés par l'industrie pétrolière dans le cadre de leurs études en imagerie sismique et leur mise en œuvre dans un environnement de production haute performance.
- Comprendre comment ces algorithmes vont évoluer et quelles seront les méthodes utilisées dans les prochaines années.
- Comprendre comment optimiser leur système en intervenant sur les solutions software (compilateurs, bibliothèques, ...) mais également sur les composants Hardware.

Le bilan intermédiaire de ce MOU est très satisfaisant. Les tests réalisés ont permis :

- D'optimiser le comportement des composants Hardware à partir des noyaux de calculs utilisés dans les algorithmes
- De faire évoluer les composants software comme les compilateurs et « scheduler ».
- De donner des indications précises pour adapter les algorithmes applicatifs.

Mais le résultat le plus important obtenu est l'établissement d'une relation de confiance entre les partenaires de ce projet qui permet d'atteindre un très haut niveau technique durant les réunions de travail et ce, dans toute la chaîne de conception: Hardware, software et applicative.

### **16.6. Remarque importante :**

Un exposé supplémentaire était prévu au CSCI sur le co-design au CEA/DAM mais il n'a pu avoir lieu, faute de temps, ce qui est regrettable car les machines TERA fabriqués par Bull sont conçues, développées et exploitées en commun avec Bull depuis plus de dix ans. L'expérience en co-design du CEA/DAM est donc exemplaire.

## **17. Les nouveaux outils de programmation<sup>5</sup>**

L'exascale a d'abord pour objectif le calcul scientifique et les scientifiques qui écrivent des codes de calcul n'ont pas les mêmes objectifs que les industriels dans la mesure ou les

---

<sup>5</sup> Ce paragraphe est une synthèse des exposés de François Bodin (CAPS technologies) et Raymond Namyst (université de Bordeaux et INRIA).

---

programmes ont une vie plus courte et sont utilisés par peu de personnes.

CAPS propose de rendre accessible la programmation des GPU par l'utilisation de directives, d'où open-hmpp et openACC. On fait un minimum d'hypothèse sur l'architecture : parallélisme massif, mémoire hiérarchique, résidence maximale en mémoire et on raisonne en opération de base:

- allocation de ressource.
- transfert de donnée

**Open-hmpp** manipule la notion de codelet grâce auquel on ne perd que 10 % par rapport au natif lorsqu'on sait ce que l'on fait.

Les problèmes non abordés actuellement sont, les bibliothèques, les « multi-devices », le parallélisme récursif, etc. A noter que CAPS gère le problème des bibliothèques avec des proxy.

Les problèmes sont multiples... surtout si une partie du runtime est intégré au code par exemple.

**OpenACC** est un effort commun Intel CAPS et al. Le principe est le même que OpenMP sauf qu'on gère aussi des data par des directives. La hiérarchie est assurée par les « Gang, Worker » et « Vectors ».

**OpenMP Accelerator Extension** est une alternative à peu près sur le modèle de OpenACC avec « region », et « team »... au lieu de « Gang » et « Worker ».

D'après CAPS cette approche est efficace, compatible avec l'auto-tuning et souple par rapport aux changements d'architecture.

**Pour Raymond Namyst (université de Bordeaux et INRIA)** la tendance actuelle est de simplifier les processeurs élémentaires mais d'en mettre plusieurs sur une puce. Dans l'avenir nous aurons des puces avec une couche processeurs surplombée de plusieurs couches de mémoire « 3D » avec des caches sans cohérence. Quel avenir pour les outils de programmation tels MPI et openMP ? Il faudra qu'ils deviennent « NUMA aware » et « topology aware » ? Les processeurs graphiques sont venu compliquer le problème avec l'« heterogeneous computing » (machines hybrides).

Il est important de rendre les bibliothèques de base comme BLAS, FFTW etc accessibles en version optimisée pour la machine.

Pour R.N. aussi il est préférable d'utiliser des langages de programmation fondés sur des directives (comme openACC, openMPC, HMPP...) même pour les machines hybrides.

Il faudrait aussi des runtimes qui s'adaptent dynamiquement à la machine comme StarPU.

Le scheduler sera sans doute critique et différent pour chaque « contexte », un programme étant fait de plusieurs « contextes ».

Les machines du futur pourraient avoir  $10^9$  cœurs. Elles devront être programmées par des milliards de « threads ». Il faudra sans doute envisager de programmer par assemblage de blocs réutilisables (voir les recommandations de l'IESP et de l'EESI.)

## 18. La formation

La formation en calcul intensif est assurée par les centres nationaux sous forme de cours thématiques techniques de courte durée et par les universités dans les programmes de Master et au niveau doctoral (le site <http://calcul.cnrs.fr/> onglet formations en recense un certain nombre).

En 2010 l'université de Versailles St Quentin, le CEA et le laboratoire mixte Intel ont lancé une formation modèle sous la direction de William Jalby. Il serait souhaitable qu'il y ait

---

d'autre formation de ce type en France.

Dans le rapport n°2 nous avons insisté sur le manque de formation mixte au sein ou à côté des masters applicatifs et aussi sur le manque de projets de doctorats conjoints avec une composante calcul. Ceci reste d'actualité.

### **18.1. La formation au CCRT**

Les formations aux CCRT sont destinées aux utilisateurs des centres de calcul liés à GENCI et au CEA, y compris les industriels partenaires. Le CCRT est aussi impliqué dans les écoles d'été EDF-CEA-INRIA qui viennent en complément. Typiquement les cours consistent en MPI, OpenMP : 3j une à 2 fois par an.

Les prestataires sont pris parmi le personnel du CEA avec, parfois, des spécialistes extérieurs (NVIDIA par exemple) ; le niveau de certains auditeurs trop novices en HPC est parfois faible (c'est une des difficultés de la formation au HPC)

### **18.2. La formation à l'IDRIS**

La formation a commencé dès la création de l'IDRIS. Les cours sont gratuits pour les membres du CNRS. Les cours sont limités à 20 personnes, niveau thésards et plus. Les formations durent de 1 à 4 jours. Elles sont très appliquées. L'IDRIS dispose d'environ 8 intervenants pour préparer, construire et dispenser ces formations. Les sujets : Cours de base sur les langages (Fortran 2003 , C++,...), cours sur la parallélisme . Une centaine d'étudiants par an sont formés sur chaque thème. Par exemple, 900 personnes en 15 ans ont été formées à MPI, 1500 à FORTRAN. . Les supports de cours sont très populaires (8000 accès par mois [hors robots] aux supports de cours).

L'IDRIS est aussi intervenu dans HPC European training, DEISA, PRACE, Participation à des formations dans des écoles d'ingé (ECP, ISTY,...), des écoles doctorales (astrophysique Iles de France), HPC Guadeloupe 2004, CEMRACS 2012, participation aux formations de la MdS.

### **18.3. La formation au CINES**

Le CINES met en place actuellement des formations comme les autres centres mais aussi des cours plus ciblés sur ses activités (grands défis, archivage, individuels pour HPC-Europa, etc.).

Le CINES organise aussi des séminaires pour que les utilisateurs puissent transmettre leurs savoir faire. Les formations sont mises en place en fonction de résultats de sondages. Ainsi, en Juin il y aura un cours sur les architectures, un sur l'optimisation et un sur la parallélisation, suite aux demandes des utilisateurs. Le CINES songe aussi à faire des formations dites de « veille technologique » comme par exemple sur les GPU.

Le CINES dispose d'une salle de 20 personnes pour les travaux pratiques et de 50 pour les cours. En moyenne, 300 personnes sont formées par an au CINES.

### **18.4. Formation à la Maison de la simulation**

---

La maison de la simulation est un laboratoire commun au CEA, au CNRS à INRIA et aux Universités de Paris-Sud et de Versailles. Son objectif est de travailler en collaboration avec les communautés scientifiques afin de promouvoir l'usage du calcul intensif et de maximiser le retour scientifique des grandes infrastructures de calcul, notamment par le co-développement ou l'optimisation de codes. Elle organise également des formations pour accompagner, stimuler et soutenir les communautés scientifiques. La MdS planifie ses formations en concertation avec les autres acteurs des domaines et notamment les méso-centres et les centres nationaux. Elle est responsable de la formation au sein du projet Equip@meso qui réunit 10 méso-centres. Elle porte également un des six PATC (PRACE Advanced Training Center) établis par PRACE, en lien étroit avec les centres de calcul nationaux et INRIA.

### **18.5. Groupe Calcul,**

Le groupe calcul est un GdR + un GdS (groupe de service des ingénieurs informaticiens). Calcul a organisé 7 journées de formation en 2011, 10 écoles, un cycle pour le Maghreb et participe au CEMRACS. Par exemple l'école sur python d'une semaine a réuni 40 participants (gratuit) à Autrans. Les méso-centres et les ingénieurs CNRS participent activement. Il y a eu aussi des formations au GPU, à *totalview*, à la génération de traces d'applications et à l'optimisation de code, à la bio-informatique, à linux, à EGEE...

### **18.6. Formation au HPC dans les masters**

Une liste des formations a été donnée dans le rapport du CSCI n°3. Toutefois Il est très difficile de comptabiliser les formations en calcul parallèle car ce sont souvent des filières dans des formations plus générales. Au vu du faible nombre de formations, en 2012 nous constatons à nouveau qu'il faut inciter les formateurs, les enseignants pour qu'ils fassent évoluer leurs formations analytiques vers des formations incluant la simulation numérique.

La CPU a beaucoup soutenu la genèse et la construction de l'équipex [equip@meso](http://equip@meso). Tout ce qui œuvre à la construction de la pyramide calcul, la coordination des formations par exemple, sera soutenue par la CPU. La CPU a fait les recommandations suivantes en 2008 :

- intervenir dès la licence.
- Faire un label pour les formations et les thèses.
- Recenser les offres d'emplois.
- Revaloriser les carrières.
- Communiquer avec les jeunes sur les débouchés.
- Proposer une action type « SCIDAC »

etc.

Depuis le problème de la labélisation des masters reste entier ! AMIES va faire une action de visibilité à l'usage des entreprises. Le master MoCaHP d'Orléans (Modélisation et Calcul Haute Perf, math-info-stat) sera une expérience intéressante mais le marché du travail n'est pas clair. Remarquons que tout le monde n'a pas les idées claires sur les débouchés du HPC : Il faudrait faire de « zooms » sur les métiers du Calcul Intensif.

A titre d'illustration nous donnons le descriptif de deux de nos Masters 2 en HPC :

### **Le master MIHPS, UVSQ, ECO, ENS Cachan**

C'est un mastère multidisciplinaire (Maths/info et applications) en relation avec l'école Centrale et entièrement dédié au calcul haute performance. Il est marqué par ses liens avec l'industrie et la recherche. Il couvre les notions suivantes : architectures des ordinateurs, algorithmique et programmation des systèmes informatiques parallèles, méthodes numériques, modélisation et simulation, mise en œuvre et mise en production, ainsi qu'une ouverture sur les marchés et perspectives du calcul à haute performance.

Cette formation est née de l'initiative conjointe de deux grands établissements académiques de la région parisienne (Ecole Centrale Paris et Supélec) et du pôle Européen de compétences en simulation numérique haute performance (Teratec), et a été conçue avec le soutien de plusieurs industriels leaders dans le calcul à haute performance.

### **Le mastère M2S**

Le master « modélisation et simulation » (M2S) est caractérisé par des intervenants de toutes origines (Université, Grandes Ecoles, Organismes de recherche), il est co-habilité par l'ECP, l'ENS Cachan, l'ENSTA, l'INSTN et l'UVSQ.. Les cours comprennent des remises à niveau, des enseignements sur l'environnement de programmation, les architectures des grands codes, la visualisation. La théorie du calcul parallèle ainsi que les langages et bibliothèques de base (OpenMP, MPI), les méthodes de décomposition de domaine, la programmation hybride, sont enseignés. La formation est largement ouverte aux élèves de l'ENSTA en 3ème année. 100 stages sont offerts chaque année. 32% des étudiants sont embauchés directement à la sortie, 50% font une thèse. Actuellement, 20 à 25 étudiants par an suivent les cours du M2S dédiés au calcul intensif.

## **18.7. Formation au CERFACS**

Le CERFACS propose un cycle de formation avancée s'adressant aussi bien en interne qu'en externe (laboratoires du CNRS, INRIA, PME, ...) aux doctorants, aux post doctorants, aux ingénieurs et aux chercheurs. Cette activité de formation s'appuie, en plus du support administratif et de suivi du site web, sur les compétences des équipes ALGO-EMA, CFD et GLOBE. Le contenu de la formation concerne l'utilisation de logiciels spécifiques (AVBP, CESC, OASIS, OpenPalm), les langages de programmation séquentielle et parallèle, les solveurs d'algèbre linéaire et enfin les méthodes numériques pour des domaines comme la CFD, l'électromagnétisme, la propagation d'ondes et l'assimilation de données. En 2011/2012, 18 sessions de formations sont prévues pour une durée totale de 56 jours. Le CERFACS a mis en place un site web complet de diffusion de ces formations<sup>6</sup>.

## **18.8. L'enseignement du Calcul Haute Performance dans les Ecoles d'Ingénieurs**

L'enseignement consiste souvent en des parcours de spécialisation en deuxième ou en troisième années d'école. Cela est en général présent dans des écoles ayant des cursus en informatique et en mathématiques appliquées avec des passerelles d'une

<sup>6</sup> <http://www.cerfacs.fr/training>

formation à l'autre, ceci étant souvent lié au fait que ces écoles se trouvent au sein d'un Institut Polytechnique. C'est le cas par exemple à l'ENSEEIH (INPT), à l'ENSEIRB-MATMECA (IPB) et à l'ENSIMAG (INPG). Les volumes horaires sont plus ou moins importants et cela peut aller jusqu'à une troisième année complète comme c'est le cas de l'option PRCD à l'ENSEIRB-MATMECA (un peu plus de 350 heures). L'option Parallélisme, Régulation et Calcul Distribué (PRCD) a pour objectif de former les élèves aux techniques du calcul parallèle et distribué sous toutes ses formes. Cela recouvre aussi bien les techniques du calcul hautes performances incontournables aujourd'hui pour les applications industrielles grandes consommatrices de puissance de calcul, que celles orientées pour le traitement de grandes masses de données. Cette formation traite donc un panel complet de domaines à la fois

- fondamentaux : algorithmique parallèle; problèmes de distribution de données et de calculs; ordonnancement de tâches; gestion des communications,
- techniques : architectures des plates formes parallèles et distribuées allant des réseaux de machines SMP jusqu'aux infrastructures de grilles de calcul; architectures multi-cœurs et accélérateurs de calcul; réseaux hautes performances; programmation parallèle et distribuée utilisant MPI, OpenMP, le multithreading, CORBA, et plus généralement les techniques d'objets distribués et les composants logiciels,
- et applicatifs : problèmes de calcul scientifique, de bases de données parallèles, de couplage de codes, de visualisation distribuée, et mettant aussi en valeur les structures de grille.

Des travaux pratiques pour un tiers du volume total sont réalisés sur un cluster de multiprocesseurs interconnectés par un réseau haut débit. Dans le cadre du dernier semestre, des projets à finalité entreprise sont alors proposés chez des industriels où ces techniques sont utilisées; c'est le cas régulièrement pour IBM, le CEA, EDF, l'IFP, EADS, THALES et TOTAL. Cette option débouche alors naturellement sur des métiers d'ingénieurs de R & D dans ce type de grands groupes industriels.

Il faudra donc encore en 2013 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'université française, partie prenante de GENCI, et représentée par la CPU, est relativement dépourvue pour ce type d'action. Le MESR devrait étudier ce problème.

## 19. Les flots de données

### 19.1. Données de la génomique

A titre d'exemple, en 2011, 300 millions de séquences ont été générées, correspondant à plusieurs Tera octets (To), sachant que France-Génomique ne génère que 50% des séquences produites en France. En Chine ils en sont au Pflops et Po (Péta-octets).

La partie calcul est très élevée mais complètement parallèle. Chaque machine fait les

---

calculs premiers en local (control d'erreur, filtrage, démultiplexage, compactage) et génère 400Gbytes par semaine ; il y en a 22. Les autres calculs sont faits sur des machines plus puissantes sachant qu'il faut au moins 6Go de mémoire vive par cœur. Les données sont disponibles pendant 3 ans environ ; ensuite elles sont envoyées dans des grands centres d'archivage internationaux. France-Génomique a participé à un grand challenge et a montré que GENCI était à même de résoudre les problèmes de calcul et d'archivage du génome, même s'il n'est pas question de faire reposer tout le système sur cette structure.

### Un hardware spécialisé.

Génome et séquençage : on extrait l'ADN d'un organisme et on le met dans un séquenceur qui extrait l'information contenue dans l'ADN. Les technologies de séquençage ont fortement progressé et le coût s'est effondré. Le coût de l'analyse par contre augmente. Le premier séquençage du génome humain a mobilisé 400 laboratoires pour 3 milliards de dollars. Aujourd'hui, ça coûte quelques jours à une petite équipe pour dix mille dollars. Les algorithmes ne passent plus à l'échelle. Les nouvelles applications (médecine personnalisée, méta génomique, etc.) vont faire exploser les besoins en stockage et en traitement.

Les solutions viendront des processeurs multi-cœurs, accélérateurs matériels, parallélisme, puces dédiées.

Ainsi la comparaison de deux séquences. La réponse est souhaitée en quelques secondes. On peut avoir besoin de comparer deux séquences, une séquence à une banque de séquences, deux banques entre elles, etc. Pour accélérer les comparaisons, l'algorithme de base a été câblé dans un ASIC de 128 processeurs en SIMD (1995). Une accélération de 100 avait été obtenue. L'industrialisation n'a pas été trop concluante car peu de laboratoires pouvaient se le payer (marché de niche). Par ailleurs l'algorithmique faisait des progrès rapides. Enfin mettre à jour les bases de données demande aussi beaucoup de ressources. Et finalement l'algorithmique était limité par les taux d'accès aux données. Nous avons donc conçu un FPGA pour accélérer la recherche sur un disque. Récemment on a remplacé le disque par un flash. Le GPU a été testé avec un gain de 10. Ce qu'on peut retenir : ce matériel dédié était très performant mais l'adaptation des algorithmes est difficile et la proximité des données est toujours très importante.

Pour d'autres thèmes, le GPU est bien adapté ; sur le problème du repliement des protéines une accélération de 150 a été obtenue (démontrant au passage que le code de départ n'était pas optimisé ; après réécriture le gain est retombé à 15). Le Bilan : Le GPU est intéressant mais il faut qu'il soit en 64bits. Le FPGA est une bonne expérience, l'ASIC est trop cher pour ce marché étroit.

Conclusion : Les connaissances sont archivées dans un graphe qu'on a de plus en plus de mal à garder en mémoire centrale. Idéalement il faudrait une machine à plusieurs téra octet de mémoire et des milliers de processeurs. L'algorithmique ne suit pas non plus. Il faudrait une bande passante mémoire énorme. Si les mémoires étaient capables de faire du tri en local une grande partie du problème serait résolu.

Les recherches en architecture pour le traitement de données génomique doivent être centrées sur les mémoires. La mesure de performance des calculateurs HPC pour la génomique devrait être le nombre d'accès mémoire aléatoire par seconde, par opposition au HPC classique qui s'intéresse au FLOPS.

## 19.2. Données internes aux banques

Les grandes banques calculent chaque jour plusieurs dizaines de milliers de produits

dérivés dont certains comme les options paniers sont vectoriels et peuvent demander jusqu'à 10 minutes de calcul. Principalement la méthode de Monte-Carlo est utilisée et les calculateurs sont adaptés à cet algorithme. De plus chaque nuit des calculs de sensibilité et des « stress tests » sont effectués. Tout ceci donne plusieurs millions de tâches chaque nuit.

Les données d'entrée sont achetées à Reuter ; la gestion des données est sous-traitée à Oracle ; les serveurs de données communiquent avec les machines à une vitesse entre 40 et 150Mb/s. Au total on arrive à des taux de transfert de 1To/s.

### **19.3. Assimilation de données en météo.**

Pour la prévision du temps Météo-France et les chercheurs disposent d'une cascade de modèles : AROME, modèle local à mailles fines pour une prévision à 30 heures couplé avec ARPEGE, modèle global pour une prévision à courte échéance (jusqu'à 4 jours). Ce modèle est développé avec le Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen terme, ou ECMWF, qui est responsable des prévisions à moyen terme.

Les modèles sont calés tous les 6 heures sur les données. De nombreuses données sont disponibles pour la météorologie. Elles sont variées et de distributions très hétérogènes. Les données traditionnelles sont obtenues avec des ballons de radio-sondage, des bouées marines, des stations terrestres, des satellites, etc.

L'assimilation de données se fait par estimation statistique linéaire, type filtre de Kalman, mais les calculs sont faits par une approche variationnelle et la minimisation d'une fonctionnelle quadratique. La méthode 4Dvar utilise un adjoint et un état linéarisé. Le but est de corriger l'état initial. Les champs atmosphériques sont décomposés en harmoniques sphériques avec une résolution moyenne de 25km. Le calcul est fait en multi-niveaux. Le nombre de degrés de liberté est  $10^8$ , mais la minimisation est effectuée dans un sous-espace de résolution plus faible ( $10^7$  au maximum). Le nombre d'observations utiles toutes les 6 heures est de l'ordre de  $10^6$  (elles sont issues d'un bien plus grand nombre de données disponibles). On n'exploite pas toutes les données car actuellement d'une part ça coûte trop cher en temps (par exemple les 8461 canaux de l'interféromètre IASI sont condensés en 200-300 valeurs) et d'autre part les données sont entachées d'erreurs qui sont corrélées entre elles, ce qui n'est pas pris en compte dans les schémas d'assimilation.

### **19.4. Masse de données et HPC en sciences de la terre.**

En sciences de la terre, l'objectif est d'améliorer les connaissances sur les risques naturels, les ressources d'énergie, la détection des tests nucléaires, la variation du champ magnétique, etc. Les formats pour les données sont régis par des standards internationaux. L'Europe s'est coordonnée autour du projet EPOS et du projet VERCE. Les réseaux de données volcanologiques sismologiques et géologiques en général sont intégrés dans ces 2 projets européens qui assurent une interopérabilité des données.

Un exemple en sismologie illustre bien le changement de point de vue. Le réseau des capteurs de données s'est densifié. L'acquisition se fait en continue. Par ailleurs on sait maintenant extraire de nouvelles informations pertinentes d'une partie des données qui étaient négligées auparavant. Toutefois l'extraction est coûteuse, mais on peut ainsi voir des phénomènes invisibles antérieurement. On a aussi de nouvelles techniques d'imagerie qui permettent par exemple de détecter de nouvelles sources d'énergie. Une application

typique en géologie comportera un réseau de 1000 stations enregistrant plusieurs composantes, soit un stockage en 100 et 20To. Du coup, les données sont communiquées par disques durs car elles ne passent pas sur le réseau. Ceci pose les problèmes suivants : stockage des données ; extraction des données (manipulation de 60To en ligne) ; Ré-échantillonnage, extraction des corrélations. Tout est « *embarrassingly parallel* » mais l'équilibre des charges est difficile et il s'agit d'avoir les disques avec des accès très performants.

Les applications de modélisation avec ces données sont très gourmandes en temps CPU (comme le stockage du CO<sub>2</sub>). La gestion du *workflow* est très difficile ; on est à plusieurs centaines de millions de degrés de liberté.

Par exemple pour la compréhension du noyau terrestre, l'observation du champ magnétique crée une explosion des données d'observation. La tendance est d'avoir une assimilation de données bayésienne et d'ensemble. Il faut que l'on soit capable de faire tout cela du début à la fin ; il faut savoir faire des maillages et de la décomposition de domaine. Enfin l'analyse des résultats se fait par les mêmes méthodes que pour les données.

Le problème principal vient de ce que les données ne sont pas générées au voisinage des centres HPC. Par ailleurs pour avoir un environnement collaboratif il faut avoir un environnement de développement unifié indépendant des machines et des moyens de mesure. Enfin il faut avoir un système de stockage compatible avec la vie des données, certaines allant de quelques semaines d'autre plusieurs années.

Aujourd'hui les données sont là (des 100aines de TO). Les cycles de vie vont de quelques semaines à quelques années. Il faut un bon équilibre dans la pyramide des infrastructures de gestion de ces données. Il faut renforcer la synergie entre informatique, maths applis, physique des hautes énergies, bio-informatique, etc., pour mettre en place des solutions efficaces et adaptées aux besoins des communautés scientifiques (projet ANR communs par exemple).

Les tier0 arrivent à s'adapter mais les centres tier2 ont beaucoup de mal. Au niveau européen la communauté est bien structurée. L'initiative EUDAT sur la concentration des données aura une influence sur notre communauté et résoudra peut être le problème lié aux grandes distances entre les grands instruments de mesure et les centres HPC.

### **19.5. Masse de données et physique des hautes énergies.**

Au CC-N2P3 les données ne viennent pas que du LHC, de nombreuses autres expériences utilisent les infrastructures comme l'Observatoire Pierre Auger en Argentine, le satellite Planck, les images des supernovas du Télescope Canada France Hawaï (CFHT). Le LHC génère 15Po de données brutes chaque année. Celles-ci doivent être traitées et analysées. Le centre de niveau 0 (au CERN) reçoit les données, il y a 11 centres de traitement niveau 1 (dont leCC-IN2P3). Les données sont archivées, retraitées et redistribuées vers des centres de niveau 2 et 3 pour analyse. Le traitement des données de physique des hautes énergies repose sur une utilisation massive des réseaux à haut débit.

Les grilles EGEE (devenue EGI) et LCG (sa déclinaison pour le LHC) ont été développées pour cela ; les traitements sont facilités par le fait que les collisions de particules sont indépendantes les unes des autres et peuvent donc exploiter des architectures de clusters distribués géographiquement. Les centres de niveau 2 simulent 3 à 10 fois plus d'expériences virtuelles, ce qui augmente énormément le nombre de données à traiter et à archiver.

Pour accéder aux données, il a fallu développer des logiciels dédiés. Au CC-IN2P3 il y a 8Po de disques dédiés au LHC (14 Po au total) et un réseau privé dédié pour la liaison

---

avec le LHC à 2x10Gbit/sec vers l'international et à 10 Gb/s au niveau national. Cette situation perdurera pendant 15 ans au moins tout en profitant des améliorations que la technique apportera.

Lors de l'annonce de la découverte d'un boson de Higgs au LHC durant l'été 2012, le DG du CERN a salué la performance du modèle de traitement de données basée sur la grille LCG au même titre que celles de l'accélérateur et des détecteurs. C'est en effet la première fois en physique des hautes énergies que le traitement informatique des données atteint un tel niveau de complexité. Cette performance confirme la pertinence du modèle de grille de calcul pour le traitement massif de données.

Pour le futur télescope LSST en construction au Chili, les 15 à 30 To de données générées par nuit posent un problème qui aura certainement une solution avec la mise en œuvre de systèmes de bases de données parallèles ou d'autres développements de bases de données pour les très grands volumes de données tels que le projet SciDB. Les recherches dans ce domaine se cristallisent autour de la communauté XLDB (<http://www.xldb.org/>)

L'arrivée des technologies de virtualisations permet de fiabiliser et de rendre plus flexibles les architectures de calcul distribués. D'ores et déjà les grilles de calcul intègrent de plus en plus de services virtualisés et vont évoluer vers des infrastructures de clouds spécialisés dans la gestion et le traitement des grandes masses de données.

(cf., le projet Helix Nebula) ; la coopération avec l'industrie paraît incontournable ainsi qu'avec la recherche afin de faire émerger des solutions innovantes. La génomique a le même type de problème.

En France, un prototype de cloud académique partiellement financé par France-Grille et s'appuyant sur l'infrastructure du CC-IN2P3 est maintenant opérationnel. Plusieurs communautés scientifiques dépassant le cadre de la physique des hautes énergies (notamment le biomédical) l'utilisent de manière régulière. L'intégration de diverses solutions de stockage dans ce cloud va permettre de diversifier l'offre de services d'ici à la fin 2013.

## 19.6. Les retombées industrielles

Le big data peut venir de sources multiples. Ce peut être des images, de la musique... On suppose qu'il est difficile d'extraire de l'information des données et qu'on a des problématiques de vitesse, de volume et de variété des formats. On suppose que les fichiers sont distribués sur plusieurs machines mais on cherche à être performant sur les gros fichiers.

Les systèmes disponibles sont :

- des systèmes de fichiers distribués tels que HDFS ou Lustre
- des bases de données classiques et depuis quelques années des bases de données NoSQL (Not Only SQL), soit de simples clés/valeurs, soit orientées colonnes, document ou graphes... Le prix à payer étant une certaine perte d'atomicité et de persistance.
- de nombreux providers offrent des solutions de stockage (Amazon, Microsoft, Sysfera...)

Le chercheur souhaite en général rechercher les données pertinentes, les analyser et les visualiser ; mais ses problèmes sont liés au volume de données, aux nombres de sites, à la taille du réseau. Il a aussi le problème des données incertaines, des données hétérogènes et de l'interopérabilité.

Il manque un langage de spécification du « work flow » et un langage de haut-niveau pour le parallélisme (C-MPI sont trop bas niveau L'utilisation du nuage pose des problèmes qui seront spécifiques à chaque communauté et qui demanderont des solutions personnalisées.

L'interopérabilité entre nuages et même les approches hybrides cloud-grid-peer2peer poseront aussi des problèmes.

Toutes ces difficultés sont communes à tous les domaines scientifiques et laissent donc le champ aux industriels pour proposer des solutions globales mais adaptables à chaque domaine.

#### Recommandations :

*Renforcer les liens entre les Centres de Calcul sur grilles ou proposant des services de cloud et la communauté française du calcul intensif afin de mettre en place des modèles de gestion des données performants et pouvant aisément passer à l'échelle.*

## 20. L'Avenir du CSCI

La situation du Calcul Intensif en France en 2003 a rendu nécessaire la mise en place d'une politique du Calcul Intensif, exposée dans le rapport Héon-Sartorius, impulsée au niveau ministériel au travers des discours de F. Fillon et F. d'Aubert au printemps 2005.

Contrairement aux demandes des acteurs, limitée à une demande de moyens financiers, cette politique publique vise à agir sur plusieurs axes de progression :

1. Le développement de l'innovation dans les domaines de la défense, de l'économie et des risques naturels.
2. Le développement d'applications de simulation à grande échelle innovantes, scientifiques ou technologiques, académiques ou industrielles.
3. La maîtrise de la mise en œuvre des très grandes infrastructures.
4. Les nouvelles architectures de calculateurs destinés au calcul intensif.
5. L'apport industrielle de conception et de commercialisation des logiciels et matériels. »

Le CSCI a été créé pour 6 ans et son mandat se termine en septembre 2013. Il s'agit donc de réfléchir à l'avenir d'un possible CSCI 2.

Les membres du CSCI pensent que le bilan de ces six années est très positif :

1. Chacun étant membre au titre de son expertise personnelle et non pas au titre de son institution, le CSCI a pu garder un point de vue impartial et libre de toute pression dans ses enquêtes et ses avis.
2. Les retours des lecteurs des rapports montrent que les avis du CSCI ont été pris en considération et en général suivis par les instances de décision dans la mesure de leurs possibilités.

**Il apparait clairement que le CSCI a été utile et que le gouvernement aurait intérêt à garder une telle structure capable de synthétiser les avis des utilisateurs, des industriels et des scientifiques.** D'autant que la question de l'intégration de la grande simulation dans la méthodologie scientifique et dans la définition des programmes de recherche ne peut être considérée comme acquise. Il s'ensuit que des actions de soutien sont toujours requises<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Why the DOE Thinks, Supercomputing Will Change Our Energy Future, Forbes, 08/05/2012,

---

Cependant les enquêtes du CSCI ont demandé un investissement en temps non négligeable aux experts, soit environ 9 réunions par an d'un conseil de 20 membres, investissement que tous ont consenti sans regret malgré leurs autres occupations.

Par ailleurs le manque de ressources et les difficultés budgétaires pour les missions des membres provinciaux ou étrangers a été inutilement pénalisant.

Si une nouvelle structure prend le relai du CSCI, il serait souhaitable d'élargir son domaine de compétence en intégrant explicitement dans ses missions les thématiques liées au traitement des masses de données, au calcul distribué (grille, cloud), aux réseaux et à la recherche en informatique. Un développement cohérent de l'ensemble de ces axes est en effet indispensable pour renforcer l'écosystème du calcul intensif et exploiter au maximum ses possibilités.

Enfin pour certaines recommandations, une écoute interministérielle du CSCI aurait été nécessaire, en particulier avec le ministère du redressement productif.

GENCI pense que le CSCI a rendu de grands services car c'est le seul comité indépendant pour le calcul intensif. De plus la collaboration étroite du président du CSCI avec GENCI a permis une cohérence des politiques d'appels d'offres et des allocations de ressources ; enfin, en cas d'arbitrage, le CSCI peut se prévaloir de son indépendance.

Le CSCI est aussi présent via son président dans le Scientific Steering Committee de PRACE, ainsi que dans d'autres instances d'information et de décision ; il joue donc un rôle dans la diffusion de l'information et la compatibilité des décisions de diverses instances, en ayant toujours à l'esprit la qualité scientifique et les intérêts des chercheurs.