



Berlin, le 10 décembre 2013

**Rédacteur** : Aurélien Filiali, chargé de mission NTIC et nanotechnologies

**Etat des lieux comparatif dans le domaine des supercalculateurs**

**– Une priorité scientifique de la recherche en Europe –**

## Résumé

Le calcul haute performance constitue un outil fondamental de recherche, poussant l'innovation technologique vers de nouvelles limites. Les simulations permises ne se bornent pas uniquement aux industries traditionnellement friandes en ressources (aéronautique, énergie) mais se révèlent utiles dans d'autres secteurs (simulation de l'activité neuronale ou étude de cosmétiques). Un classement des machines les plus puissantes, actualisé tous les six mois, donne un aperçu de la répartition des ressources de calcul au niveau mondial. La Chine et les Etats-Unis disposent de fortes capacités en comparaison avec les pays européens, lesquels se sont associés dans le cadre du programme PRACE. L'Allemagne a rafraîchi son parc de machines de recherche publique au second semestre 2013. Les superordinateurs français sont principalement situés au CEA ou chez les industriels.

## Sommaire

<b><u>1. La compétition mondiale dans le domaine des supercalculateurs</u></b>	<b>3</b>
<b><u>2. Tendances et défis actuels</u></b>	<b>4</b>
<b><u>3. Les supercalculateurs en Allemagne</u></b>	<b>5</b>
3.1 <u>Gauss Center for Supercomputing</u>	5
3.2 <u>Autres superordinateurs</u>	5
<b><u>4. Les supercalculateurs en France</u></b>	<b>5</b>
4.1 <u>Dans la recherche publique</u>	5
4.1.1 <i>Centres du CEA</i>	8
4.1.2 <i>Machines du CNRS</i>	8
4.1.3 <i>Machines du CINES</i>	8
4.2 <u>Dans l'industrie</u>	9
<b><u>5. Les projets coopératifs en Europe</u></b>	<b>9</b>
<b><u>Annexe 1 : Les acteurs de l'industrie</u></b>	<b>11</b>
<b><u>Annexe 2 : Liste des superordinateurs français du TOP 500</u></b>	<b>12</b>
<b><u>Annexe 3 : Liste des superordinateurs allemands du TOP 500</u></b>	<b>13</b>

## 1. La compétition mondiale dans le domaine des supercalculateurs

Les supercalculateurs sont des ordinateurs conçus pour atteindre les plus hautes performances possibles en termes de vitesse de calcul et de parallélisme notamment, se basant sur les technologies connues au moment de leur conception et dont l'évolution est rapide.

Les superordinateurs sont utilisés pour toutes les tâches qui nécessitent une très forte puissance de calcul comme les prévisions météorologiques, l'étude du climat, la modélisation moléculaire (calcul des structures et propriétés de composés chimiques...), les simulations physiques (simulations aérodynamiques, calculs de résistance des matériaux, simulation d'explosion nucléaire, étude de la fusion nucléaire...), les mathématiques, la cryptanalyse, etc. Les institutions de recherche civiles et militaires comptent parmi les plus gros utilisateurs de superordinateurs.

Tous les six mois, un classement mondial de référence, le "Top500" des supercalculateurs les plus puissants au monde, est publié (voir Tableau 1). Pour réaliser ce classement, les experts internationaux<sup>1</sup> (parmi lesquels Hans Meuer de Nuremberg, pionnier du calcul intensif, à l'origine de cet événement) testent la vitesse de l'ordinateur sur la base d'un programme de résolution de systèmes d'équations. Ce programme, appelé High Performance LINPACK Benchmark, teste l'ensemble du système pendant plusieurs heures.

La Chine conforte sa première place dans le classement biennuel avec une capacité de calcul proche de 34 pétaflop/s<sup>2</sup> (soit 34 millions de milliards d'opérations effectuées chaque seconde) pour la machine baptisée **Tianhe-2**. Cette machine est basée à l'Université nationale de technologie de la défense à Canton. Pour atteindre ces performances, plus de trois millions de cœurs sont nécessaires.

Les capacités ont quasiment doublé par rapport à **Titan**, le nord-américain qui n'aura occupé le sommet du classement que durant six mois, de novembre 2012 à juin 2013. Le projet était initialement prévu pour fin 2015, mais la machine a été déclarée opérationnelle en juin 2013. Il est prévu que l'ordinateur atteigne ses pleines capacités de calcul fin 2013.

A noter l'apparition d'un nouveau leader européen : Piz Daint, basé au Centre suisse de calcul scientifique du Lugano. Avec 6,27 pétaflop/s, cette machine, occupant la première place européenne, est également le système plus économe en énergie du "Top 10".

**JUQUEEN**, le récent supercalculateur du Centre de calcul de Jülich (Rhénanie du Nord-Westphalie) prend la huitième place du classement avec 5 pétaflop/s. Il occupe la deuxième place au niveau européen.

En France, le superordinateur le plus puissant a été acquis par la branche Exploration-Production de la société Total au fabricant SGI ; il s'agit de la machine baptisée **Pangea, 14<sup>e</sup> du classement**. Vient ensuite le superordinateur **Curie**, conçu par **BULL** et exploité par les équipes du **Très Grand Centre de Calcul (TGCC) du CEA** à Bruyères-le-Châtel (Essonne).

---

<sup>1</sup> Le TOP500 est réalisé par Hans Meuer de l'Université de Mannheim en Allemagne, Jack Dongarra de l'Université du Tennessee à Knoxville, Erich Strohmaier et Horst Simon du Lawrence Berkeley National Laboratory (LBL). Le logiciel de test est Linpack, dont le test de performance ne fait pas l'unanimité chez les spécialistes mais qui, à défaut de mieux, sert pour le moment à donner un aperçu relativement fiable de la performance des superordinateurs.

<sup>2</sup> FLOP : *Floating Point Operations Per Second*. Dans cette note, les puissances indiquées se réfèrent dans la mesure du possible à la valeur Rmax (performance Linpack maximale pour le plus gros problème tournant sur la machine) du classement TOP500 de novembre 2013.

Rang mondial	Nom	Organisation	Fabricant	Performance (PFlop/s)
1	Tianhe-2	National Supercomputing Center in Guangzhou (Chine, 2013)	NUDT	33,863
2	Titan	Oak Ridge National Laboratory (Etats-Unis, 2012)	Cray	17,590
3	Sequoia	Lawrence Livermore National Laboratory (Etats-Unis, 2013)	IBM	17,173
4	K computer	RIKEN (Japon, 2011)	Fujitsu	10,510
5	Mira	Argonne National Laboratory (Etats-Unis, 2013)	IBM	8,586
6	Piz Daint	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS)	Cray	6,271
7	Stampede	Texas Advanced Computing Center (Etats-Unis, 2013)	Dell	5,168
8	JUQUEEN	Forschungszentrum Jülich	IBM	5,008
9	Vulcan	Lawrence Livermore National Laboratory (Etats-Unis, 2013)	IBM	4,293
10	SuperMUC	Leibniz-Rechenzentrum (Allemagne, 2012)	IBM	2,897

**Tableau 1 - Début de la liste du TOP500 des machines testées les plus puissantes**

Malgré des puissances croissantes, le classement des pays en termes de nombre de superordinateurs répertoriés dans le classement est plutôt stable.

Les Etats-Unis arrivent en tête, suivis de la Chine et du Royaume-Uni et de la France, comme le montre le tableau ci-dessous :

Rang	Pays	Nombre de superordinateurs du TOP500
1	Etats-Unis	265
2	Chine	63
3	Japon	28
4	Royaume-Uni	23
5	France	22
6	Allemagne	20

**Tableau 2 - Classement des pays par nombre de superordinateurs recensés dans le TOP500**

En capacité cumulée, les Etats-Unis occupent la première place avec environ la moitié des performances de calcul mondiales, suivis par la Chine qui à elle seule dépasse l'Europe. La France possède 4% de ces capacités.

Toutefois, concernant les machines destinées à la recherche, la France est cinquième ex-aequo avec le Royaume-Uni, derrière l'Allemagne.

## **2. Tendances et défis actuels**

Depuis un vingtaine d'années, les capacités des superordinateurs sont multipliées par deux tous les ans environ (cf. **Figure 1**).

Une analyse des tendances de ces dernières années révèle que depuis 2008, les premiers systèmes du classement se distinguent très nettement des suivants. Ce phénomène est à rapprocher à l'utilisation de processeurs graphiques en tant qu'accélérateurs (calcul par le GPU), augmentant alors la performance de certaines machines. Ainsi, les 12 premiers superordinateurs ont une capacité de calcul équivalente aux 488 suivants du classement.

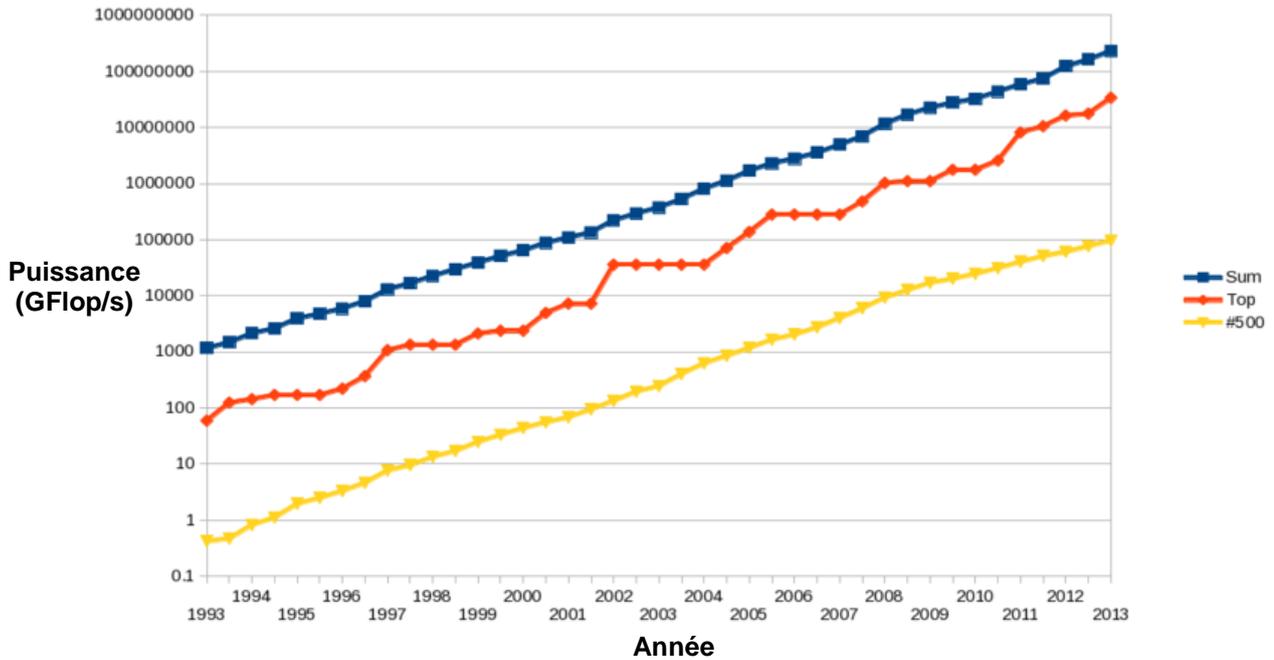


Figure 1 - Evolution des puissances de calcul (1993 – 2013)

Il est à noter que les superordinateurs sont des machines très gourmandes en énergie. Avec cette avancée très rapide des performances, c'est aussi un défi énergétique qui s'impose, la facture électrique s'annonçant être de plus en plus importante pour l'organisme utilisateur.

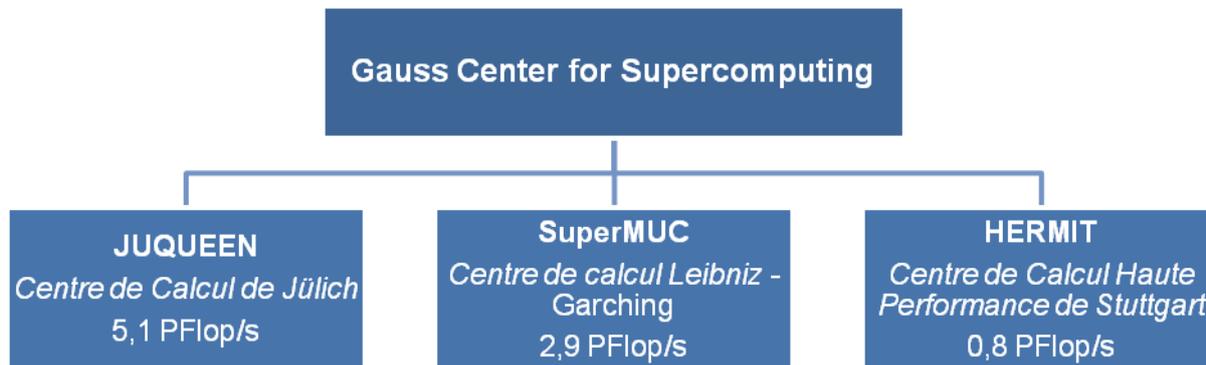
D'après Bill Dally, directeur scientifique du fabricant Nvidia, passer la barrière de l'exaflop/s (soit 1000 pétaflop/s), communément admise comme devant être franchie à l'horizon 2020, nécessitera de développer des processeurs 25 fois plus économiques que ceux disponibles actuellement.

Un autre défi est celui de la programmation, dans l'optique d'être optimisée pour des ordinateurs à l'architecture parallèle permettant de traiter plusieurs informations de manière simultanée. Elle devra également permettre l'utilisation de systèmes hétérogènes (GPU-CPU).

### 3. Les supercalculateurs en Allemagne

#### 3.1 Gauss Center for Supercomputing

Le "**Gauss Center for Supercomputing**" (GCS), fondé en avril 2007 sous l'impulsion de la Ministre de la recherche allemande de l'époque Annette Schavan, représente l'infrastructure réunissant les compétences de trois des plus grands centres informatiques allemands, à savoir le **FZJ** (Jülich), le **HLRS** (Stuttgart) et le **LRZ** (Garching - Bavière). Le GCS a son siège à Berlin.



**Figure 2 - Moyens de calcul du GCS**

Il est financé par le Ministère fédéral de l'enseignement et de la recherche (BMBF) à hauteur de 30 millions d'euros par an, en collaboration avec les Ministères de la recherche du Bade-Wurtemberg, de Bavière et de Rhénanie du Nord-Westphalie ainsi qu'avec la communauté des centres de recherche Helmholtz et Leibniz.

- *Centre de Calcul de Jülich (FZJ)*

Le dernier supercalculateur du **Forschungszentrum Jülich** (**JUQUEEN**, également construit par IBM et succédant à JUGENE) passe avec 5,1 Pflop/s à la **8<sup>ème</sup> place du classement mondial** (et deuxième européenne) de novembre 2013 des supercalculateurs.

Le FZJ et NVIDIA, leader américain des cartes graphiques, collaborent dans le développement de processeurs graphiques optimisés (GPU). Leur alliance s'est concrétisée par l'ouverture d'un laboratoire d'application NVIDIA, « NVIDIA Application Lab », au sein du centre de recherche en juillet 2012. Les travaux portent principalement sur l'imagerie cérébrale et la dynamique des fluides. Il s'agit aussi d'améliorer des applications de simulation graphique dans d'autres domaines tels que l'astrophysique, la physique des particules et les sciences des matériaux. L'utilisation de processeurs graphiques optimisés doit permettre une accélération significative du traitement de données par les superordinateurs, ceux-ci étant basés sur des tâches hautement parallélisables tels que les calculs 3D, qui demandent en temps normal beaucoup de puissance. Afin d'améliorer leur performance pour les calculs scientifiques, des modèles de programmation spécifiques tels que les CUDA (Compute Unified Device Architecture) sont développés, permettant d'exécuter des parties de programme directement sur le GPU.



**Figure 3 - Localisation des centres de calcul du GCS**

Outre JUQUEEN, le centre dispose d'autres superordinateurs de puissance moindre (machines JUROPA, QPACE, JUDGE, DEE), également utilisables par les chercheurs allemands et européens dans le cadre de projets académiques ou industriels.

- *Centre de calcul Leibniz (LRZ) de Garching*

"**SuperMUC**", le supercalculateur du **Centre de calcul Leibniz (LRZ) à Garching** (Bavière) était, lors de sa mise en marche en 2012, la machine la plus puissante d'Europe, avec près de 150.000 cœurs de traitement et près de 3 pétaflop/s en pointe. IBM et le LRZ ont annoncé l'ouverture de ce centre en Bavière qui utilise un système innovant de refroidissement à l'eau chaude permettant la fixation de nouvelles normes en matière d'efficacité énergétique, problème majeur de ces machines particulièrement gourmandes en électricité. Le résultat obtenu est le fruit d'un long projet coopératif entre IBM et le LRZ, ce dernier voulant se doter d'un équipement ultra-performant et écologique, et IBM cherchant le moyen technologique d'optimiser le refroidissement de ses serveurs et supercalculateurs. La solution du refroidissement par "fluide caloporteur" a été retenue par les ingénieurs et chercheurs d'IBM. Ce système permet de tenir la charge de l'ensemble des cœurs de traitement tout en consommant 40% d'énergie en moins, comparativement à un système basé sur un refroidissement à air. L'économie pour le LRZ représenterait près d'un million d'euros chaque année.

Le LRZ précise que la chaleur en sortie du système, qui peut monter jusqu'à 70°C, sera également utilisée pour chauffer les espaces de travail et les bâtiments à proximité, ce qui réduira d'autant la facture énergétique du système.

- *Centre de Calcul Haute Performance de Stuttgart (HLRS)*

Le système informatique **HERMIT** du **Centre de Calcul Haute Performance de Stuttgart (HLRS)**, le troisième site du Centre Gauss de Supercomputing (GCS) a été inauguré en février 2012. D'une puissance de calcul de 831 Tflop/s, il est classé 39<sup>ème</sup> du classement de juin 2013. Il est destiné à des applications de recherches dans les domaines de la santé, énergie, environnement et mobilité. HERMITE est conçu pour des applications hautement évolutives.

A côté de ce système, le HLRS dispose des installations Laki et Laki 2, de performance largement inférieure à HERMIT.

### 3.2 Autres superordinateurs

L'Alliance de calcul haute performance du nord de l'Allemagne (HLNR) s'est renforcée en 2013 par la mise en place de deux nouvelles machines d'environ 300 Tflop/s chacune, l'une à l'Université d'Hanovre et l'autre sur le campus de l'Université libre (FU) de Berlin.

A noter que la société Max-Planck s'est équipée en 2013 de deux nouvelles machines de très haut niveau (l'une dépassant le pétaflop/s) permettant aux chercheurs des différents centres de son réseau d'effectuer des simulations dans les meilleures conditions.

En dehors de ces regroupements des principales capacités de calcul allemandes, un certain nombre d'universités ou instituts de recherche ont acquis des machines de puissances variées. Les universités de Francfort (Hesse), Mayence, Aix-la-Chapelle et Darmstadt possèdent chacune des capacités comprises entre 200 et 300 TFlop/s (cf. **Annexe 3**).

## 4. Les supercalculateurs en France

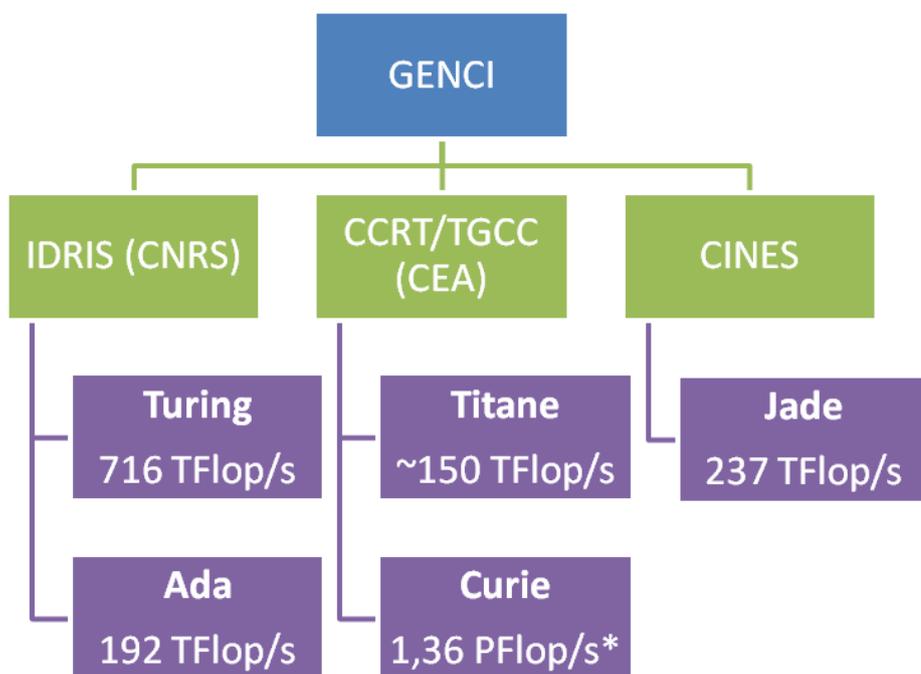
### 4.1 Dans la recherche publique

En matière de recherche publique, la France a adopté depuis 2007 une politique d'ouverture en matière de calcul intensif en créant le **GENCI (Grand Equipement National de Calcul Intensif)**. Il s'agit d'une société civile détenue à hauteur de 49 % par l'Etat (représenté par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche), 20 % par le CEA, 20 % par le CNRS, 10 % par les Universités et 1% par l'INRIA. Elle a pour mission de mettre en place et assurer la coordination des principaux équipements et de promouvoir l'organisation d'un espace européen du calcul intensif. Les équipements sont ainsi ouverts à toutes les communautés scientifiques intéressées, académiques ou industrielles, nationales, européennes ou internationales<sup>3</sup>.

Les moyens de calcul nationaux du GENCI sont répartis entre le CNRS, le CEA et le CINES (*Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur*) (cf. **Figure 4**).

---

<sup>3</sup> Voir "Inauguration du supercalculateur CURIE", communiqué du CEA – 12.07.2012 – [http://www.cea.fr/le\\_cea/actualites/inauguration\\_du\\_supercalculateur\\_curie-85101](http://www.cea.fr/le_cea/actualites/inauguration_du_supercalculateur_curie-85101)



**Figure 4 - Moyens de calcul du GENCI**

\*CURIE est en réalité constitué de trois machines, la plus puissance étant de 1,36 Pflop/s.

#### 4.1.1. Centres du CEA

On distingue au **CEA** les superordinateurs à usage civil de ceux à usage militaire.

Le premier superordinateur français de recherche publique arrive en 15<sup>ème</sup> position mondiale grâce à l'ordinateur **CURIE** développé par **BULL** et le **CEA**. Il atteint une performance de 1,36 Pétaflop et est mis à la disposition de la communauté scientifique française et européenne. CURIE a été conçu par Bull pour le compte de **GENCI**. Sa puissance de calcul est destinée à la recherche dans les domaines de la climatologie, l'astrophysique et la combustion dans les moteurs et turbines. Le superordinateur est également ouvert à la communauté scientifique dans le cadre de l'association européenne PRACE. Les machines à usage civil du CEA sont situées au **Très Grand Centre de Calcul (TGCC)** et au **Centre de calcul pour la recherche et la technologie(CCRT)**, tous deux situés à Bruyères-le-Châtel (Essonne).

Le CEA dispose par ailleurs du 3<sup>e</sup> superordinateur français pour ses applications défense (projet **Tera-100**), avec une puissance de 1,05 PFlop/s.

#### 4.1.2. Machines du CNRS

Le **CNRS** dispose de l'Institut du développement et des ressources en informatique scientifique (**IDRIS**), dont la recherche concerne autant les aspects applicatifs (simulations aux grandes échelles) que ceux liés aux recherches inhérentes au calcul de haute performance (infrastructures de calcul, méthodes de résolution et algorithmiques associées, traitement des grands volumes de données, etc.). L'IDRIS dispose dans ce cadre des machines **Turing** et **Ada**.

#### 4.1.3 Machine du CINES

Le **Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur (CINES)**, basé à Montpellier, est placé sous tutelle du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Il a acquis un ensemble de machines dont **Jade** (237 TFlop/s), destinée aux enseignants-chercheurs sur des thématiques très variées.

## 4.2 Dans l'industrie

Dans le même classement de référence Top-500, le **premier superordinateur français** atteint la **14<sup>e</sup> place** avec **Pangea** acquis par l'entreprise **Total** à **SGL**. 15 fois plus puissant que son prédécesseur, il est situé au **Centre scientifique et technique Jean Féger à Pau**. Il faut toutefois garder à l'esprit que d'autres acteurs industriels ne jugent pas nécessaire de valider leurs machines dans le TOP500.

EDF et Météo France disposent pour leur part d'ordinateurs de très grande puissance, figurant dans le TOP 100 (cf. **Annexe 2**).

## 5. Les projets coopératifs en Europe

Les pays d'Europe se devaient d'investir dans ce domaine s'ils voulaient rester en compétition avec les meilleurs supercalculateurs mondiaux situés en Asie et aux Etats-Unis, l'objectif étant pour tous d'arriver à l'exaflop/s, soit une capacité de calcul de 1000 PFlop/s. C'est dans ce contexte que s'inscrit l'association **PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe)** regroupant les capacités individuelles de six principaux centres de calcul situés en France, Allemagne, Espagne et Italie.

Nom du système	Centre hôte	Date de lancement	Architecture	Puissance (Rmax)
CURIE	Grand équipement national de calcul intensif (GENCI) / CEA	Q2 2011	Bull Bulix cluster	1,36 PFlop/s
Hermit	Gauss Centre for Supercomputing (GCS) / High Performance Computing Center (HLRS Stuttgart)	Q3 2011	Cray XE6	0,83 PFlop/s (upgrade prévu pour 2014)
FERMI	CINECA - Bologne	Q2 2012	IBM BlueGene/Q	1,79 PFlop/s
SuperMUC	Gauss Centre for Supercomputing (GCS) / Leibniz-Rechenzentrum (LRZ)	Q2 2012	IBM iDataPlex	2,90 PFlop/s
JUQUEEN	Gauss Centre for Supercomputing (GCS) / Forschungszentrum Jülich	Q4 2012	IBM BlueGene/Q	5,01 PFlop/s
MareNostrum	Barcelona Supercomputing Center (BSC)	Q4 2012	IBM iDataPlex	0,93 PFlop/s

**Tableau 3 - Liste des systèmes du réseau**

Créé en avril 2010 sous la forme d'une association internationale à but non lucratif, **PRACE** (Partenariat pour le calcul de haute performance) est un projet qui regroupe 24 pays européens, dont la France et l'Allemagne. Son but est de promouvoir les infrastructures distribuées de calcul intensif. PRACE dispose aujourd'hui de trois sites haute performance :

- JuQUEEN, installé à Jülich, ouvert à hauteur de 30 % dans le cadre de PRACE
- CURIE, installé au Très Grand Centre de Calcul du CEA à Bruyères-le-Châtel et mis à la disposition de PRACE à hauteur de 80 % depuis janvier 2011
- HERMIT, installé à HLRS (Stuttgart) et ouvert à hauteur de 30 % dans le cadre de PRACE.

Avec ces investissements, la **France et l'Allemagne tiennent leurs engagements auprès de l'infrastructure européenne de calcul intensif PRACE, dont ils sont les membres fondateurs**. Le temps de calcul des infrastructures est ainsi réparti entre les projets européens de simulation (coordonnés par le PRACE) et des projets d'envergure nationale.

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 mené une politique d'incitation et d'aide à la préparation des dossiers pour PRACE pour les grands utilisateurs français.

L'initiative PRACE sera renforcée par des centres nationaux et régionaux avec lesquels des collaborations seront établies et soutenues par des technologies de grille (ou mise en réseau informatique intelligent, "Smart Grid", afin de mutualiser des performances). Le projet PRACE est financé par le 7ème PCRD et publie régulièrement les résultats de ses appels à projets<sup>4</sup>. Le 6 juin 2012, le Conseil de gestion de PRACE, qui comprend aujourd'hui 24 pays membres, a désigné Catherine Rivière, PDG de GENCI, comme son nouveau président pour deux ans.

Un accord de coopération de recherche sur les supercalculateurs a également été signé entre **l'Allemagne et la Russie**, en marge de la conférence de clôture de l'année germano-russe 2011-2012 pour l'enseignement, la science et l'innovation<sup>5</sup>. Du côté allemand sont associés les Centres Helmholtz de recherche en physique fondamentale DESY (synchrotron allemand d'électrons – Hambourg) et XFEL, ainsi que le Centre de recherche de Jülich. Du côté russe, cette coopération implique l'Institut Kurchatov de Moscou ainsi que l'entreprise T-Platform. Les thématiques de recherche communes concernent plus particulièrement l'accès, la gestion, le stockage et l'analyse de grandes quantités de données. En particulier, les implémentations open source mises à disposition par T-Platform doivent permettre d'augmenter à long terme les performances des applications en calcul des grappes de serveurs « JUROPA » de Jülich.

---

<sup>4</sup> A consulter sur le site du GENCI : <http://www.genci.fr/spip.php?article167>

<sup>5</sup> "Lancement de l'année germano-russe 2011-2012 pour l'enseignement, la science et l'innovation", BE Allemagne 528 – 01/06/2011 – <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/66909.htm>

### **Annexe 1 : Les acteurs de l'industrie**

IBM <a href="http://www.ibm.com/fr">http://www.ibm.com/fr</a>	International Business Machines Corporation (IBM) (Armonk, NY, USA) fabrique et vend le matériel de pointe, les logiciels, les services d'infrastructure et les services de conseil.
HP <a href="http://www.hp.com">http://www.hp.com</a>	L'une des plus grandes sociétés de technologie de l'information au monde. En 2002, Hewlett-Packard a fusionné avec Compaq, une décision controversée prévue pour permettre à l'entreprise de devenir le chef de file du calcul personnel.
Dell <a href="http://www.dell.com">http://www.dell.com</a>	Compagnie américaine de matériel hardware. Il développe, fabrique un éventail de PC, serveurs, dispositifs de stockage de données, commutateurs de réseau, aides numériques personnels (PDAs), logiciel, périphériques.
NEC <a href="http://www.nec.com">http://www.nec.com</a>	Compagnie multinationale de technologies de l'information siégeant au Japon. NEC fournit des solutions en matière de technologies (IT) et de réseau de l'information aux entreprises, aux fournisseurs de services de communications et au gouvernement
SGI <a href="http://www.sgi.com">http://www.sgi.com</a>	Silicon Graphics, Inc. fournit des serveurs, supercalculateurs, cartes graphiques et clusters
Cray <a href="http://www.cray.com">http://www.cray.com</a>	Fabricant de supercalculateur basé à Seattle (Washington). Cray Inc. a été constitué en 2000 après le rachat par Tera Computer Company de la branche recherche de SGI
Bull <a href="http://www.bull.com">http://www.bull.com</a>	Fournisseur français de supercalculateurs, serveurs, systèmes de stockage d'information, logiciels...
Intel <a href="http://www.intel.com">www.intel.com</a>	Multinationale américaine leader sur le marché des microprocesseurs et circuits intégrés spécialisés
AMD, Advanced Micro Devices, Inc. <a href="http://www.amd.com">http://www.amd.com</a>	Fabricant américain de circuits intégrés fondé en 1969, deuxième plus grand fournisseur de processeurs de x86-compatible, principal fournisseur de mémoire instantanée non-volatile/

**Annexe 2 : Liste des superordinateurs français du TOP500**

<b>FRANCE</b>						
<b>Rang mondial</b>	<b>Nom</b>	<b>Organisation</b>	<b>Fabricant</b>	<b>Année</b>	<b>Segment</b>	<b>Rmax (TFlop/s)</b>
14	Pangea	Total Exploration Production	SGI	2013	Industry	2098
20	Curie thin nodes	CEA/TGCC-GENCI	Bull SA	2012	Research	1359
29	Tera-100	CEA	Bull SA	2010	Research	1050
45		CNRS/IDRIS-GENCI	IBM	2012	Academic	716
46	Zumbrota	EDF R&D	IBM	2012	Industry	716
61		Météo France	Bull SA	2013	Research	500
91	Athos	EDF R&D	IBM	2013	Industry	353
96	airain	CEA/CCRT	Bull SA	2012	Research	346
151	romeo	ROMEO HPC Center - Champagne-Ardenne	Bull SA	2013	Research	255
161		Airbus	Hewlett-Packard	2011	Industry	244
169	Jade	GENCI-CINES	SGI	2010	Academic	238
209	Ada	CNRS/IDRIS-GENCI	IBM	2012	Academic	192
238		Government	Hewlett-Packard	2009	Government	180
257	Ivanhoe	EDF R&D	IBM	2010	Industry	169
299	Tera-100 Hybrid	CEA	Bull SA	2011	Research	154
359		Financial Institution	IBM	2013	Industry	140
360		Financial Institution	IBM	2013	Industry	140
361		Financial Institution	IBM	2013	Industry	140
381		Banking	Hewlett-Packard	2013	Industry	134
454	Manny	Bull	Bull SA	2011	Vendor	126
477		Banking	Hewlett-Packard	2013	Industry	122
492		IDRIS	IBM	2008	Academic	119

**Annexe 3 : Liste des superordinateurs allemands du TOP500**

**ALLEMAGNE**

<b>Rang mondial</b>	<b>Nom</b>	<b>Organisation</b>	<b>Fabricant</b>	<b>Année</b>	<b>Segment</b>	<b>Rmax (TFlop/s)</b>
8	JUQUEEN	Forschungszentrum Juelich (FZJ)	IBM	2012	Research	5009
10	SuperMUC	Leibniz Rechenzentrum	IBM	2012	Academic	2897
31		Max-Planck Society MPI/IPP	IBM	2013	Academic	1033
39	HERMIT	HWW/Universität Stuttgart	Cray Inc.	2011	Industry	831
49		Max-Planck Society MPI/IPP	IBM	2013	Academic	710
117	LOEWE-CSC	Universität Frankfurt	Clustervision/Super micro	2011	Academic	299
120	Gottfried	HLRN at Universität Hannover / RRZN	Cray Inc.	2013	Acedemic	296
121	Konrad	HLRN at ZIB/Konrad Zuse-Zentrum für Informationstechnik	Cray Inc.	2013	Acedemic	296
136	JUROPA	Forschungszentrum Juelich (FZJ)	Bull SA	2009	Research	275
159	CASE-2	T-Systems	SGI	2013	Industry	246
181	MOGON	Universität Mainz	Megware	2012	Academic	226
185	RWTH Compute Cluster (RCC)	Universität Aachen/RWTH	Bull SA	2011	Academic	220
190		Technische Universität Darmstadt	IBM	2013	Academic	214
210	Emmy	Universität Erlangen - Regionales Rechenzentrum Erlangen	NEC	2013	Academic	192
224	OCuLUS (Owl CLUSter)	Universität Paderborn - PC2	ClusterVision	2013	Academic	189
226		Max-Planck Society MPI/IPP	IBM	2012	Research	187
262		Logistic Services	Hewlett-Packard	2013	Industry	167
337		IT Service Provider	Hewlett-Packard	2013	Industry	144
384		Deutscher Wetterdienst (service allemand de météorologie)	Cray Inc.	2013	Industry	134
385		Deutscher Wetterdienst (service allemand de météorologie)	Cray Inc.	2013	Industry	134