

# GENCI: HPC-Fortschritte in Frankreich und europaweit

**GENCI hat sich zum Ziel gesetzt, den Einsatz von Supercomputing zum Nutzen der französischen und der PRACE-Wissenschaftsgemeinschaft zu fördern.**



## Technische Daten des neuen HPC-Systems Irène von GENCI

- **Technologie:** ATOS/Bullx Sequana X1000-Cluster
- **Maximale Leistung:** 9 Petaflops
- **Prozessoren:** Skalierbare Intel® Xeon® Prozessoren, Intel® Xeon® Prozessor Platinum 8168 und Intel® Xeon® Phi™ Prozessor 7250
- **Anzahl der Rechenkerne:** 79.488 in der Partition mit Intel® Xeon® Prozessor Platinum 8168 und 45.288 in der Partition mit Intel® Xeon® Phi™ Prozessor 7250
- **Speicher:** 400 Terabyte
- **I/O-Bandbreite (knapp 0,5 Terabyte pro Sekunde)**
- **Dateisystem:** Paralleles Multilevel-Lustre\*-Dateisystem

**„Curie ist nicht der größte Supercomputer von GENCI, aber der gefragteste, weil er ein ausgewogenes System mit guter Nutzung von Systemressourcen und Speicher bietet.“**

—Stephane Requena, GENCI CTO

## Kurzübersicht

Bis 2007 mussten französische Wissenschaftler und Forscher häufig in Ländern wie den USA und Japan forschen, weil die Hochleistungsrechner in Frankreich ihrem Forschungsbedarf nicht gerecht wurden. **GENCI (Grand équipement national de calcul intensif)** wurde 2007 gegründet, um den Bedarf von Forschern, Wissenschaftlern und Unternehmen in Frankreich und anderen Ländern Europas im Rahmen von PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) zu decken. Seit seiner Gründung hat GENCI eine Reihe von GENCI-Zentren geschaffen, die erstklassige HPC-Systeme betreiben und den Forschern helfen, ihren Code für die Nutzung der GENCI-Systeme zu optimieren. 2018 hat GENCI ein neues hochmodernes HPC-System in Betrieb genommen, das GENCI an die Spitze der HPC-Zentren bringen soll, um die Forschung in Frankreich und Europa zu unterstützen.



## Problemstellung

GENCI in Frankreich arbeitet daran, die Herausforderungen der Konvergenz von High Performance Computing (HPC), High Performance Data Analytics (HPDA) und bald auch künstlicher Intelligenz (KI) in Europa anzugehen und dafür zu sorgen, dass Forscher mit der neuesten Technologie vertraut sind und arbeiten können.

Laut GENCI-CTO Stephane Requena wurde GENCI 2007 gegründet - als die HPC-Kapazität Frankreichs für die zivile Forschung nur knapp 20 Teraflops betrug -, um Frankreich im HPC-Wettbewerb wieder Geltung zu verschaffen. Damals waren Wissenschaftler gezwungen, Berechnungen in den USA oder Japan durchführen zu lassen. In einigen Fällen wurden auch Papiere abgelehnt, weil sie nicht auf dem neuesten Stand der Technik waren, was zu Zweifeln an der wissenschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit führte.

## Lösung

GENCI wurde gegründet, um den Bedarf an HPC-Systemen in Frankreich zu decken und um an europäischen HPC-Projekten teilnehmen zu können.

## Über GENCI

GENCI (Grand équipement national de calcul intensif) ist ein Privatunternehmen (Société Civile) französischen Rechts und zu 49 % im Besitz des Staates, vertreten durch das französische Ministerium für höhere Bildung, Forschung und Innovation (MESRI). Jeweils 20 % halten die CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives) und das CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), 10 % französische Universitäten über die Conférence des Présidents d'Université und 1 % Inria.



**Abbildung 1:** Das HPC-System Curie bei CEA (TGCC), mit freundlicher Genehmigung durch GENCI.

### **GENCI wurde 2007 als langfristige HPC-Strategie mit einem jährlichen Budget von 30 Millionen Euro mit drei Hauptaufgaben gegründet:**

- Ausstattung von drei nationalen Zentren (CINES für französische Universitäten, IDRIS für CNRS und TGCC für CEA) mit sich gegenseitig ergänzenden HPC- und Speichersystemen, um die Leistung ab 2007 in zehn Jahren von 20 Teraflops auf nahezu 7 Petaflops zu bringen.
- Vertretung Frankreichs durch Schaffung eines europäischen HPC-Systems mit der Forschungsinfrastruktur von PRACE, die HPC-Ressourcen und -Dienste auf europäischer Ebene bündeln soll, um mit Ländern wie den USA, Japan und China konkurrieren zu können und große Forschungsprojekte mit Supercomputerkapazitäten zu ermöglichen, die in ihrem Land sonst nicht verfügbar sind.
- Förderung und Verbreitung des Einsatzes numerischer Simulationen und HPC in Wissenschaft und Industrie mit dem Schwerpunkt auf kleine und mittlere Unternehmen (KMUs).

TGCC betreibt in Bruyères-le-Châtel in der Nähe von Paris ein Curie-HPC-System mit einem 2-Petaflops-Bull-System, das auf Intel® Xeon® Prozessoren basiert. Das Curie-System von GENCI ist nach Marie Skłodowska Curie benannt, einer Physikerin und Chemikerin, die bahnbrechende Forschungen zur Radioaktivität betrieben hat. Sie war die erste Frau, die einen Nobelpreis gewonnen hat, und die erste und bisher einzige Frau, die ihn zwei Mal gewonnen hat. Darüber hinaus hat sie als bisher einzige Person Nobelpreise in zwei verschiedenen Wissenschaftsbereichen gewonnen.

### **GENCI installiert neues Joliot-Curie-HPC-System**

Im Jahr 2018 ersetzte GENCI Curie durch einen neuen Supercomputer zu Ehren von Irène und ihrem Mann Frederic Joliot-Curie, zwei renommierten Nobelpreisträgern. Der Austausch von Curie ist Teil der alle fünf Jahre stattfindenden Aktualisierung der HPC-Systeme durch GENCI, um Forschern die besten Möglichkeiten und Voraussetzungen zu bieten.

Das neue System ist ein 9-Petaflop-ATOS/Bull-System, basierend auf skalierbaren Intel® Xeon® Prozessoren und Intel® Xeon Phi™ Prozessoren. Die Anlage wird für nationale wie für PRACE-Projekte genutzt. Wie Curie, bietet Irène (der Spitzname für das Joliot-Curie-System) eine ausgewogene Architektur zwischen Rechenleistung, Speicherbedarf (400 Terabyte) und I/O-Bandbreite (knapp 0,5 Terabyte

pro Sekunde bei Verwendung eines mehrstufigen Lustre-Paralleldateisystems). Das System ist nach der Installation seit dem 2. Quartal 2018 verfügbar.

### **Irène ersetzt Curie als neues HPC-System bei GENCI**

Das neue Irène-System ersetzt Curie, einen der am häufigsten genutzten Supercomputer von GENCI. Das Curie-HPC-System wird von TGCC gehostet und arbeitet mit 2-Petaflop-Bull-Cluster-Systemen mit Intel® Xeon® Prozessor E5-2680 und 80.640 Kernen für die Thin-Nodes-Partition, Intel® Xeon® Prozessor X7560 mit 11.520 Kernen für die Fat-Nodes-Partition sowie 288 Nvidia-GPUs für die Hybrid-Partition. Das Curie-System besitzt einen Speicher von 320 Terabyte, eine I/O-Bandbreite von 0,25 Petabyte pro Sekunde (PB/s) und arbeitet mit dem Lustre\*-Multilevel-Paralleldateisystem.

Curie bietet eine breit nutzbare und ausgewogene Architektur und ist mit bis zu 80 % der für die europäische Forschung im Rahmen der PRACE-Infrastruktur verfügbaren CPU-Zeit einer der gefragtesten Supercomputer für PRACE-Projekte. Frankreich nutzt die PRACE-Rechenressourcen sehr ausgiebig, wobei 20 % davon von einer Reihe wissenschaftlicher Projekte und zugewiesener Ressourcen in Anspruch genommen werden. Seit April 2012 ist es auch das führende Land in Bezug auf die Zahl der industriellen Nutzer (Großunternehmen und KMUs), die auf die PRACE-Ressourcen zugreifen.

### **Die Software ist Teil der HPC-Lösung von GENCI**

Das GENCI-Team verwendet zahlreiche Intel-Softwareprodukte zur Optimierung des Codes, unter anderem Intel® Compiler und Intel® VTune™, um die Systemleistung zu ermitteln und Informationen über den Energieverbrauch bereitzustellen. Darüber hinaus nutzt das GENCI-Team Tools wie OpenMP und Intel® MPI zur Systemoptimierung. GENCI ist Teil des OpenHPC-Konsortiums und unterstützt den Einsatz von Open-Source-Tools oder von Tools, die von Anwendern entwickelt wurden, in Bereichen wie Klima, Astrophysik, Fusion, Teilchenphysik, Chemie, Materialien, Biologie, Verbrennung und Numerische Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics; CFD).

### **GENCI bietet umfassenden HPC-Support**

„Neben unseren Hauptaufgaben beobachten wir gemeinsam mit unseren Partnern täglich die technologische Entwicklung, um Wissenschaftler auf kommende HPC-/Datenkonvergenz-Architekturen vorzubereiten. Und wir geben alle 10 bis 12 Monate Upgrades nationaler Produktionssysteme heraus, um hohe Leistung und Vielfalt zu gewährleisten. Darüber hinaus stellen wir unsere Ressourcen französischen Forschern (Hochschulen, Industrie) zur Verfügung, wobei wir zweimal im Jahr offene Ausschreibungen durchführen und mit unseren europäischen Kollegen in PRACE und anderen europäischen Initiativen zusammenarbeiten. Schließlich arbeiten wir auf regionaler Ebene mit 15 Zentren zusammen, um uns für neue wissenschaftliche Gemeinschaften zu öffnen und auch kleinen und mittleren Unternehmen zu helfen, HPC zu bewerten und zu nutzen, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern,“ erläutert Requena.

## Ergebnis

Requena weiter: „GENCI wurde 2017 zehn Jahre alt, und inzwischen wird HPC in allen wissenschaftlichen und industriellen Bereichen eingesetzt - von der Grundlagenforschung (z. B. Teilchenphysik, Astrophysik, Fusion, Chemie) bis zur angewandten Forschung, einschließlich Verbrennung, Klima/Numerische Wettervorhersage, innovative Materialien, Spalt- und Fusionsüberwachung, neue Energiequellen, personalisierte Medizin und anderer Bereiche. Auch in den Sozial- und Geisteswissenschaften (wie Genealogie, Geschichte, Archäologie, Architektur, Psychologie, Analyse des individuellen und Gruppenverhaltens usw.) wird HPC inzwischen eingesetzt. Schließlich unterstützt HPC auch die behördliche Entscheidungsfindung in Fällen von Naturgefahren, biologischen/industriellen Risiken oder Cyberterrorismus.“

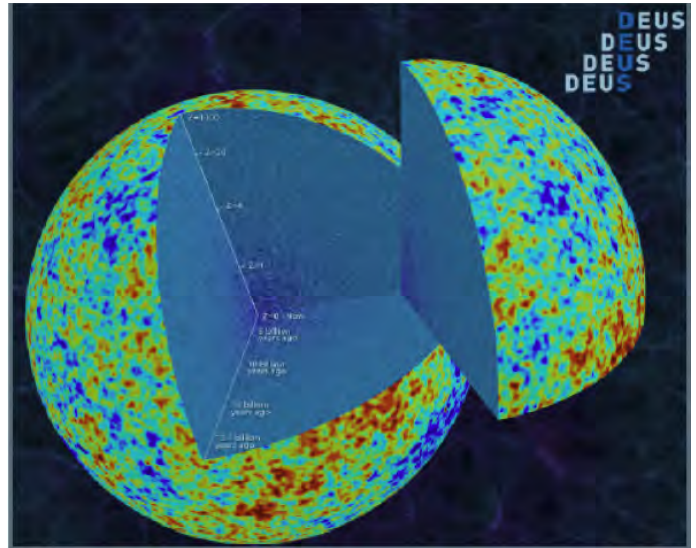
Ohne den Einsatz von Supercomputern wären einige Projekte nicht möglich, darunter DEUS (Dark Energy Universe Simulation) in der Kosmologie oder ein Industrieprojekt des Automobilherstellers Renault. Diese Projekte zeigen, dass GENCI nicht nur in der Grundlagenforschung, sondern auch in der angewandten Forschung Probleme lösen kann.

### DEUS-Studie: Simulation zur Erforschung dunkler Energie in der Kosmologie

2012 zeichnete HPCwire GENCI mit dem Preis „Beste HPC-Nutzung einer Edge-HPC-Anwendung“ für seinen Beitrag mit dem Curie-Supercomputer bei einer weltweiten Simulation dunkler Materie durch Jean Michel Alimi (Observatoire de Paris) und sein Team aus. Zu der Zeit gab es weltweit nur drei Anlagen, die eine so umfangreiche Simulation durchführen konnten: Mira im Argonne National Laboratory (USA), den K-Computer in Riken (Japan) und Curie im TGCC (Très Grand Centre de calcul du CEA, Frankreich).

Die Aufgabe bestand darin, aus drei verschiedenen Verteilungen dunkler Energie die Entwicklung des Universums vom Urknall bis zur Gegenwart zu simulieren, da die dunkle Energie 75 % des Universums ausmacht. Das Team führte in einem Monat drei vollständige Simulationen mit 0,5 Billionen Partikeln durch. Dabei wurden fast 80.000 Kerne von Curie sowie sämtliche 320 Terabyte an verteiltem Speicher eingesetzt. Bei dem Projekt wurden nahezu 150 Petabyte an Rohdaten erzeugt. Eine so große Datenmenge war nicht speicherbar, so dass das Team eine Impromptu-Nachbearbeitung einsetzte, um die Daten um den Faktor 100 auf 2 Petabyte verfeinerte Daten zu reduzieren, die mit einer konstanten Rate von 70 Gigabyte pro Sekunde in das Lustre\*-Dateisystem geschrieben wurden.

Gemäß Requena waren die erstmals möglichen Ergebnisse aus wissenschaftlicher Sicht höchst erstaunlich. Das Team plant, Ergebnisse dieser Art um 2020 als Input für das wissenschaftliche Modell der EUCLID-Satellitenbeobachtung zu nutzen, um die Geometrie des dunklen Universums für



**Abbildung 2:** DEUS-Studie: 3D-Verteilung dunkler Materie im Rotverschiebungsraum als Ergebnis der Entwicklung von Dichte-Materie-Schwankungen. Mit freundlicher Genehmigung von GENCI.

die Europäische Weltraumorganisation (ESA) zu kartieren. Die Studie zeigt, wie numerische Simulationen und HPC große Instrumente speisen können (die Umkehrschleife führt zu einem iterativen Prozess zwischen Beobachtungen und Theorie). Sie zeigt auch deutlich, wie wichtig eine ausgewogene Architektur auf dem Curie-HPC-System ist, da die Rechenleistung, der Speicherbedarf und die I/O-Bandbreite für solche großen Anwendungen nicht nur auf Spitzenleistung ausgerichtet sind.

### Schnelle multiphysikalische Optimierung eines Fahrzeugs bei Renault

2014 zeichnete HPCwire PRACE für Arbeiten von Marc Pariente von Renault SAS in Frankreich mit dem Preis für die „Beste Nutzung von HPC in der Automobilindustrie“ aus. Die Aufgabe bestand darin, das Design künftiger Fahrzeuge zu optimieren und gleichzeitig höhere Sicherheitsrichtlinien aus mehr als 200 Parametern in Gruppen von 20 Millionen Elementen zu berücksichtigen. Die Forscher nutzten 42 Millionen Kernstunden von Curie, weil sie diese Forschungsarbeit nicht auf ihren eigenen Computersystemen durchführen konnten. Renault betonte, dass ihnen die Möglichkeit, Curie als Teil von PRACE zu nutzen, über fünf Jahre Forschungs- und Entwicklungszeit erspart hat. Requena ist überzeugt, dass HPC nicht nur für die Wissenschaft wichtig ist, sondern auch der Wirtschaft große Vorteile bringt. Dieses Beispiel zeige, wie wichtig HPC für die industrielle Wettbewerbsfähigkeit sei.

## Lösungszusammenfassung

Requena glaubt, dass es in Zukunft immer mehr Aufgaben für High Performance Computing gibt: „Im Hinblick auf die Aufgaben in Wissenschaft und Wirtschaft rechnen wir mit einer hohen Auflösung (1 km weltweit) bei Klima-/Wettersimulationen zur Bewertung von Extremereignissen

wie Wirbelstürmen, mit hoch genauer Verbrennung zur Reduzierung von Fahr- und Flugzeugemissionen, mit der Entwicklung innovativer Materialien mit Hilfe der Quantenchemie sowie mit der Entwicklung von personalisierter Medizin und neuen Energieformen (erneuerbare Energien, Fusion). In Bezug auf Technologie und deren Nutzung wird die nächste Grenze Exascale heißen und sie soll um das Jahr 2022 erreicht werden. Sie wird HPC-Systeme liefern, die in der Lage sind, eine 50-mal bessere Leistung in realen Anwendungen mit einem begrenzten Energieverbrauch von 20 bis 30 Megawatt zu liefern.

Darüber hinaus werden wissenschaftliche Instrumente und numerische Simulationen riesige Datenmengen erzeugen, die vom Menschen gar nicht mehr nachbearbeitet werden können. All dies erfordert HPC, HPDA und künstliche Intelligenz, um die Wissenschaft aufzuwerten und neue Erkenntnisse in einer wettbewerbsorientierten Zeit zu gewinnen.

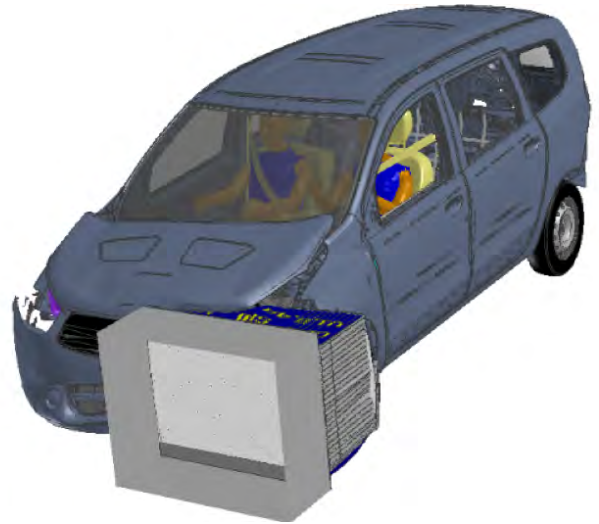
Eine der Herausforderungen besteht darin, diese Anlagen nutzbar zu machen - daher sind Themen wie Programmierbarkeit, Leistung und Entwicklung von Fähigkeiten (HPC, HPDA und KI) entscheidend. Diese Konvergenz von HPC, HPDA und KI wird für uns in der Zukunft eine echte und sehr herausfordernde Aufgabe sein.“

Mit der Installation des Irène-Supercomputers bleibt GENCI auch weiterhin Teil der Lösung und unterstützt die HPC-Forschung in Frankreich und europaweit. Darüber hinaus bieten die hochmodernen HPC-Systeme von GENCI Wissenschaftlern, Industrie und KMUs die notwendige Unterstützung für Arbeiten an KI und HPDA sowie in anderen aufstrebenden Bereichen.

## Weitere Informationen

Weitere Informationen zu GENCI: [genci.fr/en/](http://genci.fr/en/)

Weitere Informationen zur Intel® Architektur: [intel.de/hpc](http://intel.de/hpc)



**Abbildung 3:** Aufprallsimulation eines Fahrzeugs bei Renault mit Hilfe des HPC-Systems Curie. Mit freundlicher Genehmigung von GENCI.



In Leistungstests verwendete Software und Workloads können speziell für die Leistungseigenschaften von Intel-Mikroprozessoren optimiert worden sein. Leistungstests wie SYSmark® und MobileMark® werden mit spezifischen Computersystemen, Komponenten, Softwareprogrammen, Operationen und Funktionen durchgeführt. Jede Veränderung bei einem dieser Faktoren kann abweichende Ergebnisse zur Folge haben. Als Unterstützung für eine umfassende Bewertung Ihrer geplanten Anschaffung sollten Sie noch andere Informationen und Leistungstests heranziehen – auch im Hinblick auf die Leistung des betreffenden Produkts in Verbindung mit anderen Produkten. Weitere Informationen finden Sie unter <http://www.intel.com/performance/datacenter>.

Durch dieses Dokument werden weder ausdrücklich noch stillschweigend oder auf andere Weise irgendwelche Rechte an geistigem Eigentum gewährt. In Verbindung mit Rechtsverletzungen oder anderen rechtlichen Untersuchungen auf hier beschriebene Intel® Produkte dürfen Sie dieses Dokument weder verwenden noch dessen Verwendung durch Dritte ermöglichen. Sie stimmen zu, Intel eine nicht exklusive, gebührenfreie Lizenz auf jeglichen Patentsanspruch, der zu einem späteren Zeitpunkt aufgesetzt wird und hier behandelte Themen umfasst, zu gewähren.

Die normierte Leistung erhält man, indem man die jeweiligen Benchmarkergebnisse für jede der Plattformen durch das entsprechende Ergebnis für das Vergleichssystem dividiert.

Durch Technologien von Intel ermöglichte Funktionsmerkmale und Vorteile hängen von der Systemkonfiguration ab und können entsprechend geeignete Hardware, Software oder die Aktivierung von Diensten erfordern. Die Leistungsmerkmale variieren je nach Systemkonfiguration. Kein Computersystem bietet absolute Sicherheit. Informieren Sie sich beim Systemhersteller oder Fachhändler oder auf [www.intel.de](http://www.intel.de).

Die beschriebenen Produkte können konstruktionsbedingte Defekte oder Fehler (Errata) enthalten, die zu Abweichungen der Produkteigenschaften von den angegebenen Spezifikationen führen. Eine Liste derzeit bekannter Errata ist auf Anfrage verfügbar.

Intel schließt sämtliche ausdrücklichen oder impliziten Garantien aus, einschließlich der impliziten Garantie der Marktgängigkeit oder der Eignung für einen bestimmten Zweck sowie der Nichtverletzung von Rechten, sowie Garantien, die aus einer Leistungserbringung, aus dem Handel oder der Verwendung im Handel entstehen.

Copyright © 2017 Intel Corporation. Alle Rechte vorbehalten. Intel, das Intel-Logo, Xeon, Xeon Phi und Nervana sind Marken der Intel Corporation in den USA und/oder anderen Ländern.

\*Andere Marken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

102017/RJM/J/PDF

♻️ Gedruckte Exemplare nach Gebrauch bitte recyceln.

337636-001US