

# Rapport d'activités **2024**





GENCI



En charge de **METTRE À DISPOSITION** des moyens performants de calcul et de traitement de données massives, **GENCI** a pour mission, aux niveaux national et européen, de favoriser au bénéfice des **COMMUNAUTÉS DE RECHERCHE** scientifique, académique et industrielle, l'usage du calcul intensif associé à l'Intelligence artificielle et aux dispositifs prototypes de calcul quantique.

### Plus de 237 PFlop/s répartis dans 3 centres de calcul

- 91,6 PFlop/s au CINES (Supercalculateur **ADASTRA**)  
125,9 PFlop/s à l'IDRIS (Supercalculateur **JEAN ZAY**)  
20 PFlop/s au TGCC (Supercalculateur **JOLIOT-CURIE**).
- Pour l'ensemble de l'IR\*, 2117 dossiers de demande de ressources traités dans l'année, avec **plus de 4,4 milliards d'heures cœurs demandées en CPU et 140 millions d'heures GPU.**
- **5156 utilisateurs** issus de la recherche académique et industrielle.
- **11 Comités thématiques.**

\* Infrastructure de Recherche (IR)



## 04. AU CŒUR DES GRANDS DÉFIS

|  |    |
|--|----|
| Le mot de <b>Jean-Luc MOULLET</b> , Directeur général de la Recherche et de l'Innovation, ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche | 04 |
| Le mot de <b>Loïc LOARER</b> , Coordinateur de la Stratégie nationale Quantique  | 05 |
| Le mot de <b>Guillaume AVRIN</b> , Coordinateur national pour l'Intelligence artificielle  | 06 |
| Entretien avec <b>Philippe LAVOCAT</b> , Président directeur général de GENCI  | 07 |
| Le mot des associés  | 08 |
| On parle de nous   | 10 |
| Les centres de calcul  | 12 |

## 16.



### ENJEUX 2024 LE JOURNAL D'UNE ANNÉE

|   |    |
|---|----|
| Retour sur une année riche de progrès et d'avancées |    |
| Vers l'Exascale                                     | 18 |
| La recherche quantique                              | 24 |
| Côté Intelligence artificielle                      | 26 |
| Le calcul haute performance (HPC) durable           | 28 |

## 30. AU SERVICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

|  |    |
|--|----|
| Comment fonctionne GENCI ?                               | 32 |
| La communauté des chercheurs                             | 37 |
| Les résultats des chercheurs des Comités Techniques (CT) | 42 |
| La communauté des industriels                            | 52 |

## 55. L'ENVIRONNEMENT DE GENCI

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| L'écosystème de GENCI en région | 56 |
| L'écosystème de GENCI en Europe | 57 |
| La société civile GENCI         | 60 |



  
**MINISTÈRE  
 DE L'ENSEIGNEMENT  
 SUPÉRIEUR  
 ET DE LA RECHERCHE**  
*Liberté  
 Égalité  
 Fraternité*

**Jean-Luc MOULLET,**

Directeur général de la Recherche et de l'Innovation

2024 a constitué **une nouvelle année clé** pour l'intelligence artificielle et les infrastructures de calcul haute performance en France, dont GENCI est un acteur phare. L'excellence française en la matière, qui n'a cessé de se renforcer ces dernières années, s'illustre notamment à travers le supercalculateur Jean Zay hébergé au CNRS-IDRIS. Grâce à des extensions progressives depuis sa mise en service en 2019 – la dernière opérée en 2025 grâce au soutien de France 2030 a permis de multiplier par quatre sa puissance de calcul – le supercalculateur Jean Zay fait de GENCI un leader incontestable en matière de calcul haute performance et d'intelligence artificielle.

L'intelligence artificielle a également été au cœur de l'actualité au niveau européen. L'année 2024 a été marquée par **le lancement du programme EuroHPC AI Factory**, qui vise à doter l'Europe d'une infrastructure de calcul de pointe pour les besoins de l'intelligence artificielle. Je me réjouis que le projet français, porté par GENCI, ait été sélectionné. Il s'appuiera sur les performances du supercalculateur Jean Zay, et sur le futur supercalculateur Exascale Alice Recoque installé en 2026 au CEA-TGCC. La France parti-

cipe ainsi pleinement, à travers GENCI, à l'attractivité européenne en matière d'intelligence artificielle. Dans ce contexte de développement intensif des infrastructures HPC, l'un des enjeux majeurs auxquels nous devons répondre est de réussir à se doter des moyens numériques les plus performants tout en étant les plus écoresponsables possibles. Aussi, je tiens à souligner les efforts faits en France, et plus largement en Europe, pour **améliorer l'efficacité énergétiques** de nos infrastructures de calcul, efforts qui ont été reconnus par le classement *Green500* 2024 des supercalculateurs. Huit supercalculateurs du top 10 sont ainsi européens, et 2 supercalculateurs français sont dans le top 3, dont ADAstra de GENCI, hébergé au CINES.

Plus que jamais, GENCI constitue donc une infrastructure essentielle pour assurer l'excellence française en matière d'intelligence artificielle et de calcul haute performance, mettant à disposition des acteurs de la recherche et de l'innovation des instruments de très haut niveau technologique. Les années à venir continueront à en être l'illustration, à commencer par la future mise en service du supercalculateur Alice Recoque, qui constituera le deuxième supercalculateur européen de classe exaflopique, qui positionnera ainsi la France au rang de leader européen en la matière.

“  
 La France participe ainsi pleinement, à travers GENCI, à l'attractivité européenne en matière d'intelligence artificielle.  
 ”



  
**PREMIER  
 MINISTRE**  
*Liberté  
 Égalité  
 Fraternité*  
 Secrétariat général pour l'investissement

**Loïc LOARER,**

Coordinateur de la Stratégie nationale Quantique

Dans un monde où la maîtrise des technologies est un enjeu géopolitique majeur, la France et l'Europe ont pris la décision stratégique de placer le quantique au cœur de leur avenir. La stratégie nationale quantique, portée par l'État, vise à **garantir notre souveraineté scientifique, industrielle et numérique**. GENCI, en tant qu'acteur clé, joue un rôle fondamental dans cette ambition.

Au-delà de son rôle d'opérateur pour l'équipement en calcul intensif, GENCI s'engage activement dans la diffusion des technologies quantiques. À travers des conférences et le lancement des **Maisons du Quantique**, GENCI facilite la rencontre entre chercheurs, industriels et territoires, rendant ces technologies accessibles à tous et accélérant leur adoption.

En 2024, **GENCI a franchi une étape importante** en intégrant des ordinateurs quantiques à ses infrastructures, permettant ainsi aux chercheurs français de se préparer à la révolution technologique à venir. Ce travail en profondeur vise à établir une chaîne de valeur nationale et européenne, en renforçant l'écosystème du quantique.

Le calcul quantique est encore à ses débuts, mais les investissements d'aujourd'hui garantiront la position de la France dans l'Europe parmi les leaders mondiaux de demain. GENCI continuera à porter cette ambition, en contribuant à une révolution technologique bénéfique pour l'ensemble de la société.

“  
 L'Europe vise à être le grand gagnant du calcul quantique, moteur de la prochaine révolution technologique.  
 ”



**Stratégie nationale pour l'intelligence artificielle**

**Guillaume AVRIN,**

Coordinateur national pour l'Intelligence artificielle

La Stratégie nationale pour l'intelligence artificielle (SNIA) a placé le développement d'une infrastructure de calcul performante au cœur de ses priorités. À ce titre, **le financement en 2024 de l'extension du supercalculateur Jean Zay** avec des puces de dernière génération s'inscrit pleinement dans notre volonté de renforcer la souveraineté technologique et scientifique de la France et de l'Europe. Opérée brillamment par GENCI, cette installation de pointe offre à nos chercheurs et industriels une puissance de calcul indispensable à l'innovation en IA, positionnant notre pays comme leader européen du domaine.

Cette dynamique s'est concrétisée également au niveau européen par la sélection du projet français comme lauréat de l'appel « *AI Factory* » associé à EuroHPC, soulignant ainsi la mobilisation efficace de l'écosystème national. Cet engagement collectif souligne notre capacité à répondre aux grands défis technologiques et à attirer les meilleurs projets sur notre territoire.

Par ailleurs, le refinancement du réseau d'ingénieurs CNRS dédié au support opérationnel de Jean Zay constitue **un engagement fort envers l'accompagnement des utilisateurs**, indispensable pour tirer pleinement parti des capacités exceptionnelles de ce supercalculateur. En soutenant ces ressources humaines de haut niveau, nous assurons une exploitation optimale des infrastructures au service d'une IA responsable, souveraine et performante.

Ces avancées illustrent notre détermination à bâtir un écosystème robuste, moteur d'une compétitivité durable pour la recherche et l'industrie française dans le domaine stratégique de l'intelligence artificielle.



Jean Zay, une infrastructure de calcul unique pour renforcer la souveraineté française et européenne en IA.



**Philippe LAVOCAT,**

Président-directeur général de GENCI

### COMMENT RÉSUMERIEZ-VOUS L'ANNÉE 2024 ?

**P.L. :** L'explosion des LLM, en France, en Europe et dans le monde, bénéficie désormais du nouveau supercalculateur Jean Zay 4 à l'Idris. Ce sont des moyens exceptionnels qui sont offerts par GENCI à la communauté scientifique IA en France. Cela a été rendu possible par le financement France 2030, en réponse à l'annonce présidentielle de mai 2023.

À l'échelle européenne, EuroHPC a lancé l'initiative « *AI Factory* », à laquelle un consortium français a candidaté. Il est piloté par GENCI, avec l'appui de tous nos associés. EuroHPC, la France et les Pays-Bas ont par ailleurs lancé la procédure d'acquisition de la machine « *Alice Recoque* », qui sera installée au TGCC fin 2026.

Enfin, 2024 aura aussi été marquée par le déploiement des dispositifs de calcul quantique de l'initiative HQI, dont GENCI est partenaire.

### QUEL A ÉTÉ LE PRINCIPAL DÉFI POUR GENCI EN 2024 ?

**P.L. :** Le principal défi a résidé dans un équilibre entre la croissance explosive de l'activité de GENCI en IA et en quantique, et le maintien d'un haut niveau d'exigence dans la satisfaction des scientifiques utilisant nos ressources. Cela créé une tension en termes de ressources

humaines. Car ce sont les femmes et les hommes des équipes support qui accompagnent la triple révolution HPC, IA et quantique.

### COMMENT DÉFINIRIEZ-VOUS L'ANNÉE 2025 ?

**P.L. :** 2025 sera une année charnière et décisive :

- Sélection du fournisseur de la machine « *Alice Recoque* » ;
- Amplification de l'utilisation de Jean Zay 4 à l'IDRIS et d'ADASTRA au CINES, particulièrement pour les projets en IA ;
- Réponse aux ambitions politiques en IA avec la participation de la France au programme européen *AI Factory* ;
- Premiers résultats sur les machines quantiques.

Plus largement, nous souhaitons continuer à répondre par la science et l'innovation aux défis sociétaux dans une période d'incertitudes géopolitiques. En ce sens, GENCI va aussi rester très attentif

à la problématique énergétique des machines (réduire les consommations avec optimisation des matériels et de l'usage (SW) et augmenter toujours l'efficacité), en cohérence avec la mission confiée par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche pour l'élaboration de son bilan de gaz à effet de serre.



Répondre par la science et l'innovation aux défis sociétaux dans une période d'incertitudes.



**LE MOT DES ASSOCIÉS**



**Denis VEYNANTE,**  
Président du Comité directeur  
de la mission Calcul-Données

Un budget exceptionnel a permis de porter en 2024 la puissance du calculateur Jean Zay de 37 à 126 Pflops. Appel d'offres, installation et mise en production ont été menés dans un délai remarquablement court. Les capacités électriques et climatiques du centre ont toutefois requis le démantèlement de plus de la moitié de la partition CPU, suscitant une crainte légitime des utilisateurs. L'action décisive des équipes de GENCI, IDRIS, CINES et TGCC a néanmoins permis la poursuite



des travaux scientifiques sans dommages. Qu'elles en soient très chaleureusement remerciées. Le paysage du calcul évolue aujourd'hui très vite (moyens européens, grands centres privés ou en partenariat public / privé, ...) et nous contrainst à réexaminer notre stratégie. Ce contexte conforte GENCI, outil de dialogue et de mutualisation, pour répondre collectivement au mieux aux besoins de nos communautés scientifiques.



L'importance croissante des demandes d'accès aux calculateurs GENCI pour l'IA s'est confirmée en 2024, représentant près de 66 % des heures de calcul GPU consommées. Les demandes provenant des équipes Inria en IA représentent une part significative de ces heures, de l'ordre de 11 % en 2024. Ces chiffres démontrent la vitalité d'un domaine qui concerne près des 2/3 des 230 équipes de l'Institut.

Nous annonçons l'an dernier le lancement du PEPR NumPEX, co-piloté par Inria, CEA et CNRS, dédié à la conception et au développement des briques logiciels qui équiperont les machines exascales et à préparer les principaux domaines d'application scientifiques et industriels à exploiter pleinement les capacités de ces machines. Le programme a maintenant atteint sa vitesse de croisière et commence à délivrer ses premiers algorithmes, logiciels et méthodes, cf. l'article NumPEX de ce rapport. Par ailleurs, NumPEX a lancé l'initiative *International Post-Exascale workshop séries*, InPEX, qui réunit la plupart des institutions Européennes, Américaines et

Japonaises fortement impliquées dans le développement de l'Exascale et post-Exascale. Retour d'expérience, vision stratégique, feuilles de route ont ainsi pu être partagés au cours des trois workshops organisés depuis juin 2023. L'ensemble des travaux est accessible sur [inpx.science](https://inpx.science).

Enfin, l'année a été marquée par le lancement à l'automne 2024 de l'appel AI Factory. Inria, en tant que coordinateur de la stratégie nationale de recherche en IA, s'est associé à GENCI afin de présenter, en coordination avec un très large écosystème recherche et industrie, une réponse Française. Forte d'une stratégie en IA (la SNIA) unique en Europe, l'équipe projet a fait le choix dimensionnant de consacrer une grande partie de ses efforts au financement d'une équipe de chargés d'affaires, d'ingénieurs et d'experts, issus prioritairement de la recherche publique, afin d'accélérer la structuration de l'écosystème et accompagner ses utilisateurs académiques, industriels et services publics à tirer profit des services qu'elle offrira.



**Jean-Yves BERTHOU**  
Directeur général délégué  
à la politique de site



**Olivier SIMONIN**  
Professeur des Universités  
(Toulouse INP-ENSEEIH)



France Universités se félicite que l'activité de GENCI en 2024 a conduit à un renforcement significatif des capacités nationales dans le calcul haute performance, l'intelligence artificielle et les technologies quantiques. Les faits marquants pour le CINES consistent dans la réception et la mise en fonctionnement de la machine ADASTRA et la réalisation des Grands Challenges. À l'été 2024, ADASTRA a bénéficié de l'ajout d'une partition AMD MI300A, rendant la machine la troisième plus éco-efficace au monde selon le classement Green500. Grâce à ses infrastructures de calcul puissantes et sobres, le CINES constitue une ressource cruciale pour soutenir les

calculs intensifs nécessaires aux projets d'IA en santé, qu'il s'agisse de traitement d'images médicales, de modélisation ou d'analyse de données massives. L'EQUIPEX MesoNet, coordonné par GENCI, a engagé une démarche de préfiguration d'une infrastructure de recherche nationale distribuée (MesoCloud) déployée sur 21 mésocentres pour mettre à disposition des chercheurs des moyens de calcul HPC/IA et d'une capacité de formation et de support aux utilisateurs. Cette dynamique vise à faire émerger un réseau national de calcul intensif, intégré au niveau européen, tout en servant les communautés régionales de recherche et enseignement.



L'année 2024 a été, pour GENCI, riche en initiatives et en succès et pour le TGCC particulièrement dynamique. La signature de l'accord d'hébergement du futur supercalculateur Exascale Alice Recoque marque une nouvelle phase pour la stratégie nationale et européenne du calcul intensif. Le CEA s'est mobilisé pour préparer cette transition avec le lancement de l'adaptation de l'infrastructure mais également des codes scientifiques aux architectures GPU. Parmi eux, Dyablo (IRFU) et Gysela-X (IRFM et Maison de la Simulation) se distinguent. Dyablo, dans le domaine de l'astrophysique et de la géophysique, permet des simulations allant de la cosmologie à la formation de systèmes plané-

taires. Gysela-X, en physique théorique et physique des plasmas, se concentre sur le calcul cinétique d'une turbulence dans un plasma magnétisé. Le TGCC a également finalisé l'installation d'une salle dédiée à l'hébergement de calculateurs quantiques et accueilli en 2024 un premier système Pasqal de 100 qubits, dans le but d'un couplage à Joliot-Curie. Un second système quantique est déjà prévu pour 2025. Ces évolutions illustrent l'engagement du CEA à accompagner la communauté scientifique dans l'exploration de nouveaux usages et à renforcer la position de la France dans le paysage européen du calcul de haute performance.



**Marie-Hélène MATHON,**  
Responsable  
des infrastructures  
de recherche

On parle de nous

DANS  
LA PRESSE/  
SUR LE WEB



02/04/2024

**Supercalculateur Jean Zay : l'extension des capacités de calcul marque « une nouvelle étape pour l'IA souveraine ».**

Le CNRS et GENCI annoncent, fin mars 2024, **une augmentation des capacités du supercalculateur Jean Zay de 36,85 à 125,9 pétaflops/s** en puissance crête de calcul, cette machine devenant ainsi l'une des puissantes de France. L'entreprise Eviden a été retenue pour cette extension, qui marque « *une nouvelle étape pour l'IA souveraine* » (lire sur AEF info), avec une disponibilité de la nouvelle infrastructure à l'été. Techniquement, l'opération permet de multiplier les capacités de calcul disponibles par 3,5 en double précision pour le HPC, et par 13 avec « *une précision réduite ou mixte comme pour l'IA* ».



Ce supercalculateur est aussi parmi les plus « *éco-efficients* » au niveau européen, et alimente en chauffage plus de 1 000 logements sur Saclay. L'extension de ses capacités représente 40 M€ auxquels s'ajoutent 10 M€ du PNRIA, avec le soutien du MESR, du ministère de l'Économie et du SGPI.

Digital & Assurance

18/12/2024

**Modélisation des risques climatiques, la collaboration unique entre Descartes et GENCI**



La puissance de la technologie au service d'une assurance nouvelle génération ? Découvrez comment les supercalculateurs de GENCI ont permis à *Descartes Underwriting* de se constituer un savoir unique sur le risque incendie et devenir un pionnier en matière de couverture des feux de forêts.

Un cas d'usage concret, qui démontre **comment notre pépite du paramétrique** est capable de se démarquer pour imaginer des couvertures d'assurance innovantes autour de menaces qui posent des défis exponentiels à l'écosystème.

L'USINE NOUVELLE

10/06/2024

**Vers l'hybridation quantique-classique : une machine Pasqal à 100 qubits s'unit au supercalculateur Joliot-Curie**



Attendue depuis des mois, **la machine quantique de Pasqal, acquise par GENCI**

est arrivée, fin mai, au Très grand centre de calcul (TGCC) du CEA, en région parisienne. Elle sera raccordée au supercalculateur Joliot-Curie, offrant la possibilité aux chercheurs de tester « pour de vrai » leurs algorithmes, entrelaçant calcul intensif et calcul quantique en vue d'accélérer des premiers cas d'usage industriels.

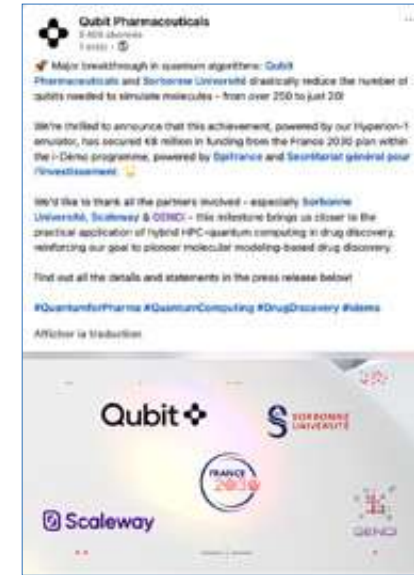
Le Monde

22/04/2024

**L'ordinateur quantique sort des limbes**

Après l'annonce de quelques avancées technologiques en 2023, la course mondiale au calcul quantique est repartie. En France aussi, avec l'annonce, début mars, du lancement du projet *Proqima* par la Direction générale de l'armement. Ce programme vise à disposer de deux prototypes d'ordinateur quantique à l'horizon 2032. Les 5 start-up françaises ont été sélectionnées.

SUR LES RÉSEAUX SOCIAUX



DÉCOUVREZ PLUS D'ACTUALITÉS GENCI

**Les centres de calcul en 2024**

**TGCC**

# Quand l'infiniment grand rencontre l'infiniment petit



← Mise en place des tours aérorefrigérantes du projet Exascale au TGCC.



**Nicolas LARDJANE,**  
Responsable du TGCC (centre de calcul du CEA hébergeant et opérant le supercalculateur Joliot-Curie)

C'est un bon de géant que prépare la France et auquel contribuent le CEA et GENCI pour accueillir, à partir de 2026, *Alice Recoque*, deuxième supercalculateur exaflopique européen d'EuroHPC et pièce maîtresse du projet *AI Factory France*. Pour alimenter cette machine exceptionnelle, la capacité électrique du TGCC a été accrue de 24 MW et le refroidissement revu avec l'installation d'une boucle d'eau tiède dédiée, afin de maximiser l'efficacité énergétique du système. Les équipes d'ingénierie du CEA ont également piloté le renforcement de la dalle béton pour soutenir le poids sans précédent des futures armoires de calcul. Ces travaux d'ampleur, toujours en cours au moment d'écrire ces lignes, se déroulent dans un contexte opérationnel avec un minimum d'impact sur la production.

L'année 2024 a également été marquée par la livraison au TGCC de *Ruby* dans le cadre de l'initiative nationale HQI et du projet européen HPCQS. *Ruby* est le premier simulateur quantique de la startup Pasqal à intégrer un centre de calcul, il complète les émulateurs déjà en place et sera rejoint par d'autres systèmes en 2025 et 2026. C'est une véritable expérience de physique qui entrera bientôt en production : *Ruby* utilise des lasers pour contrôler des atomes de rubidium et résoudre des problèmes complexes d'optimisation ou de physique. Son ouverture aux utilisateurs est prévue mi-2025 et permettra de développer le couplage HPC-quantique.

Si la transition avec les systèmes de demain est enclenchée, les moyens HPC actuellement en place restent toujours très efficaces avec une production record en 2024 pour Joliot-Curie.

**CINES - ADASTRA**

# Extension, aide à la communauté scientifique et collaborations



← Vue de la salle machine Daumas du CINES, avec le supercalculateur ADASTRA.



**Michel ROBERT,**  
Directeur du CINES (centre de calcul de FRANCE UNIVERSITÉS hébergeant et opérant le supercalculateur ADASTRA)

Une année marquée par une dynamique forte et une volonté de rendre le supercalculateur ADASTRA toujours plus accessible, performant et adapté aux besoins scientifiques. Dès le premier semestre, une organisation dédiée a été mise en place pour accueillir la migration de projets DARI de l'IDRIS vers le CINES, suite à l'arrêt de la partition CPU de Jean-Zay.

Cette migration a fait l'objet de nombreuses actions d'accompagnement : sessions de formation hebdomadaire, renforcement du support utilisateurs, documentation enrichie et lancement d'un assistant virtuel pour la prise en main de l'environnement. En septembre, ADASTRA a accueilli sa première extension inaugurée lors des 45 ans du CINES et portant la puissance d'ADASTRA à 90 Pflop/s.

Avec ses nouveaux processeurs instinct MI300A d'AMD, ADASTRA devient une solution puissante et efficace pour les charges de travail en IA et HPC les plus exigeantes tout en étant classé 3<sup>e</sup> au Green500 de Novembre 2024. Les équipes CINES ont été mobilisées lors de Hackathons GPU ADASTRA, réunissant des équipes issues de laboratoires de recherche, accompagnées par 6 experts HPE/AMD !

Enfin, dans le cadre de ses activités autour des enjeux énergétiques actuels, le CINES a accueilli la journée du groupe Calcul du CNRS « *Énergie, infrastructure et calcul, quel équilibre ?* », réunissant des interlocuteurs nationaux reconnus.

**En 2024, le CINES a renforcé les collaborations pour offrir un environnement performant pour les usages HPC et IA d'ADASTRA tout en veillant à la sobriété énergétique. En lien étroit avec les laboratoires et présent lors d'événements majeurs, le CINES anticipe les besoins scientifiques pour garantir un accès durable et responsable aux ressources de calcul, au service de la recherche française.**

**les centres de calcul 2024**

**IDRIS**

# Une 4<sup>ème</sup> extension de Jean Zay, pour répondre à l'accélération des besoins en IA



↑ Tuyaux de la sous-station pour la récupération de la chaleur fatale du supercalculateur Jean Zay.

La procédure d'appel d'offres relative à la quatrième extension du supercalculateur Jean Zay annoncée lors de VivaTech 2023 par le Président de la République, s'est conclue mi-février 2024, avec la sélection de la solution proposée par le constructeur Eviden.



**Pierre-François LAVALÉE,**  
Directeur de l'IDRIS  
(centre de calcul du CNRS hébergeant et opérant le supercalculateur Jean Zay)

Depuis, les équipes de l'IDRIS et d'Eviden ont collaboré étroitement pour adapter l'infrastructure technique (renforcement du faux-plancher, extension des réseaux de refroidissement à eau chaude et d'alimentation électrique) en vue d'accueillir cette nouvelle partition. Celle-ci comprend 14 racks de calcul BullSequana XH3000, intégrant au total 364 nœuds bi-processeurs Intel Sapphire Rapids (48 cœurs, 512 Go de mémoire) chacun doté de 4 GPU NVIDIA H100 80 Go SXM5, interconnectés via 4 liens InfiniBand à 400 Gb/s.

Cette évolution représente un gain de puissance significatif de 100 PFlop/s et multiplie par 4 les capacités de calcul de Jean Zay. En parallèle, l'environnement de stockage a été entièrement repensé. Il se compose désormais d'un premier niveau de 4,3 Po en technologie flash, avec des débits supérieurs à



← Inauguration de la partition H100 de Jean Zay (Jean Zay4) à l'IDRIS, en présence d'Hélène Mouchard Zay, la fille de Jean Zay.

1 To/s en lecture/écriture, et d'un second niveau de 39 Po en disques rapides, offrant plus de 300 Go/s, tous deux sous Lustre et fournis par la société DDN.

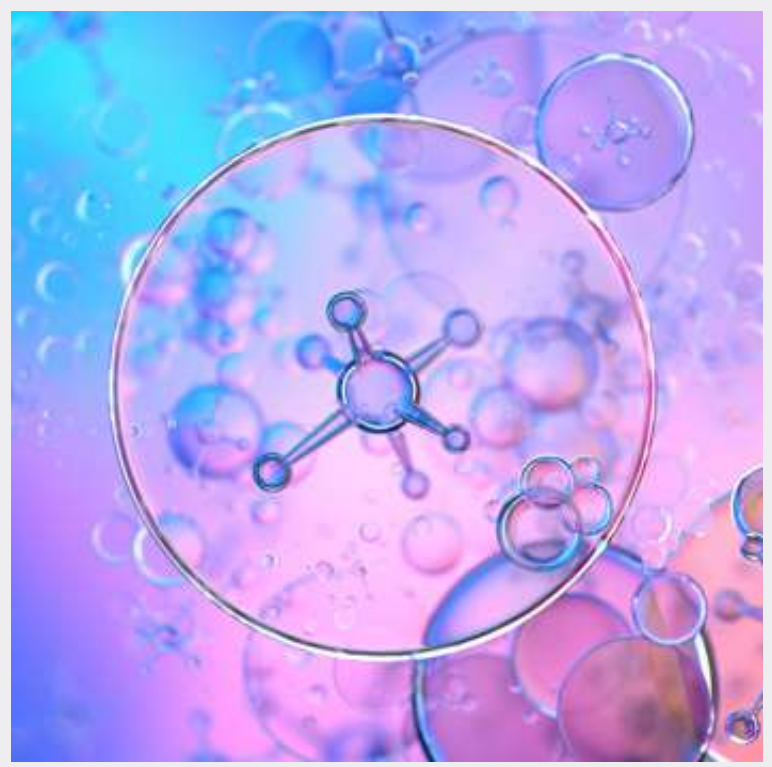
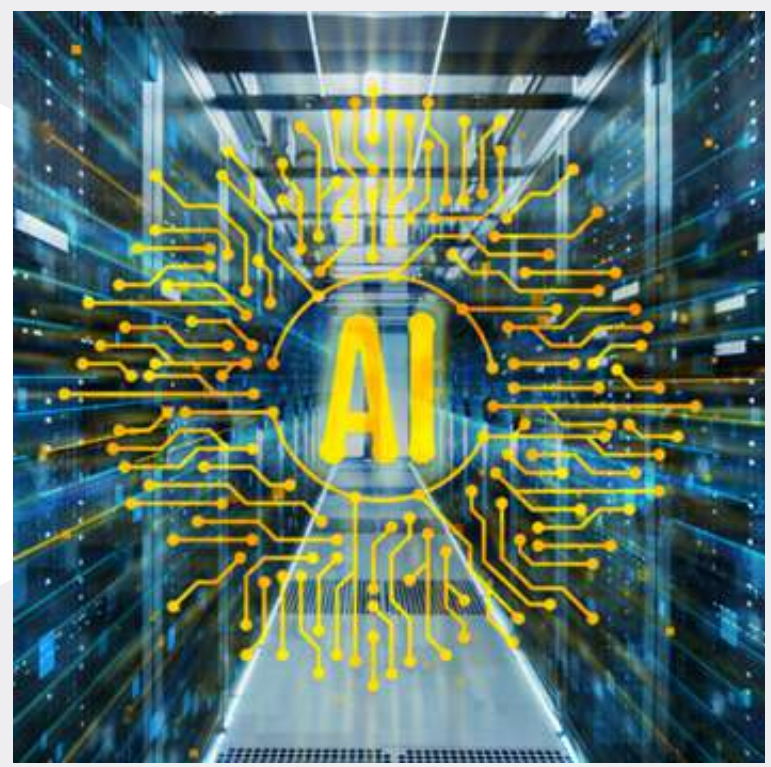
La mise en production de cette extension a débuté en juillet 2024 avec l'ouverture aux 13 projets « Grands Challenges » sélectionnés (3,7 millions d'heures GPU H100 allouées), dont les premiers résultats scientifiques seront présentés prochainement. L'accès s'est élargi à l'ensemble des utilisateurs DARI depuis octobre 2024. Cette infrastructure nationale, essentielle pour les chercheurs tributaires de l'informatique extrême, s'affirme chaque jour comme un outil stratégique au service de la recherche, dont l'adoption et le succès ne cessent de croître. Depuis son ouverture à la mi-2019, son usage s'est considérablement accru, le nombre d'utilisateurs a triplé pour atteindre 3 300 fin 2024, tandis que le nombre de projets scientifiques accompagnés a quadruplé, s'élevant désormais à 1 600, un très bel accomplissement pour l'IDRIS et ses équipes.

Cette quatrième extension a été inaugurée officiellement le 13 mai 2025, en présence de 120 invités dont de nombreux officiels et de la fille de Jean Zay.



↑ Détail des racks de calcul de la quatrième extension du supercalculateur Jean Zay.

# Le journal d'une année



## MINI-SOMMAIRE

**p.18**  
La France se positionne dans l'Europe du calcul

**p.20**  
Un projet exploratoire pour préparer l'Exascale et le Post-Exascale

**p.21**  
Cloud souverain de partenaires publics et privés

**p.22**  
La puissance des MI300 au service de la science

**p.23**  
Jean Zay s'offre une cure de jouvence H100

**p.24**  
Livraison de Ruby par Pasqal et sélection de Quandela pour la fourniture de Lucy

**p.26**  
AI Factories, une offre de services et d'infrastructures unique pour l'IA en Europe

**p.28**  
Maîtriser l'empreinte environnementale du HPC



**Supercalculateur Alice Recoque**

# La France se positionne dans l'Europe du calcul

**EuroHPC et GENCI ont signé en juin 2024 un accord d'hébergement pour l'installation et l'exploitation du supercalculateur exaflopique, *Alice Recoque*, par le CEA. Cette machine ouvrira la voie à de nouvelles découvertes scientifiques et à des services de calcul intensif et d'intelligence artificielle.**

**À** la suite de la notification officielle de la sélection du consortium Jules Verne en juin 2023, EuroHPC, GENCI et ses partenaires dans le consortium ont engagé des discussions afin de contractualiser le projet par la signature d'un accord d'hébergement (*Hosting Agreement*). Ce dernier a été signé le 18 juin 2024, permettant le véritable lancement du projet.

Ainsi, la procédure d'acquisition du calculateur *Alice Recoque* menée par EuroHPC a été lancée début septembre avec l'appui technique de GENCI et du CEA qui ont rédigé la spécification technique. Les caractéristiques principales du calculateur viseront à répondre à l'orientation stratégique d'EuroHPC et des membres du consortium de déployer des architectures HPC

modulaires, économes en énergie et équilibrées, fédérant les ressources de calcul (ressources scalaires et accélérées étroitement couplées), de réseau et de stockage.

**USAGES AMPLIFIÉS**

Ce calculateur répondra aux nouveaux besoins des diverses communautés scientifiques et industrielles qui utiliseront le calculateur *Alice Recoque*. En effet, les usages standards du calcul intensif sont désormais amplifiés par l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA), soit de manière autonome, soit couplée à des charges de travail de simulation numérique.

Ces communautés scientifiques vont de la recherche sur le climat, la science de l'énergie, la biologie et la santé, l'astrophysique et la physique des particules aux domaines émergents tels que les réseaux et villes intelligents, les transports et les nouvelles mobilités, ou l'agriculture 4.0.

GENCI a également mené des actions auprès de représentants de pays



↑ Alice Recoque, une pionnière de l'informatique et de l'IA.

**QUI EST ALICE RECOQUE ?**

Alice Recoque est une informaticienne française et pionnière de l'intelligence artificielle. Née en 1929 en Algérie, elle est diplômée de l'École supérieure de physique et de chimie industrielle (ESPCI) en 1954 et, après s'être spécialisée dans les architectures de calcul, notamment les ordinateurs massivement parallèles, elle a travaillé à la conception des premiers mini-ordinateurs. Dans les années 1980, Alice Recoque est devenue le leader stratégique en IA pour le groupe Bull et a été l'un des premiers scientifiques français dans le domaine de la recherche en IA.

DÉCOUVREZ L'ACTUALITÉ SUR LE SITE GENCI



↓ Signature de l'accord d'hébergement.



“ Alice Recoque permettra de répondre aux enjeux de la convergence entre simulation numérique, intelligence artificielle et calcul quantique hybride.

Corinne BEAL, Cheffe de projets Exascale à GENCI



membres d'EuroHPC, d'organismes de recherche publics français et d'industriels français afin de leur proposer de rejoindre le consortium Jules Verne. Deux organismes de recherches ainsi qu'un industriel nous ont fait part de leur intention de rejoindre le consortium.

**OBJECTIF FIN 2026**

Des travaux d'ampleur sont en cours de réalisation au Très Grand Centre de Calcul du CEA (augmentation de la capacité électrique, modification

du système de refroidissement afin d'améliorer l'efficacité énergétique, renforcement de la dalle béton) pour permettre l'hébergement du calculateur *Alice Recoque*.

Le calculateur exaflopique *Alice Recoque* sera mis à disposition des chercheurs européens principalement pour de la recherche ouverte et aux chercheurs des membres du consortium à partir de fin 2026 et pour une période de 5 ans.

**CRÉATION D'UNE ÉQUIPE DE SUPPORT APPLICATIF**

Au-delà de la machine elle-même, le consortium Jules Verne fournira un support aux chercheurs européens pour le portage et l'optimisation de leurs applications et des offres de formation. Cette équipe support sera mise en place avant l'arrivée de la machine afin de permettre aux communautés scientifiques de s'y préparer.

→ Le TGCC, le centre de calcul du CEA qui hébergera et opérera *Alice Recoque*.



**NumPEX**

# Un projet exploratoire pour préparer l'Exascale et le Post-Exascale

Lancé en 2023, pour 6 ans, Le PEPR NumPEX a pour objectif de contribuer à la conception et au développement de méthodes numériques et composants logiciels qui équiperont les futures machines Exascale et post-Exascale européenne. NumPEX a également pour objectif d'accompagner les applications scientifiques et industrielles pour exploiter pleinement leurs potentiels.

En 2024, NumPEX a été particulièrement actif en vue de préparer l'avenir du calcul Exascale et post-Exascale. **Un appel à projets a été lancé sur 3 axes :**

- 1 • méthodes, algorithmes et logiciels émergents en IA pour le calcul scientifique et HPC pour l'IA,
- 2 • modèles de programmation adaptés aux architectures accélérées,
- 3 • workflows pour l'analyse des données scientifiques notamment avec le projet SKA.

Doté de 4M€ il visera à sélectionner, courant 2025, 1 à 2 projets par axe.

L'initiative InPEX, portée par NumPEX, vise à accélérer l'intégration de l'IA et du HPC/HPDA à l'échelle internationale, dans une perspective post-Exascale. En 2024, **un atelier a réuni à Sitges (Espagne) près de 100 experts européens, américains et japonais** autour de thématiques clés : production logicielle, co-développement, continuum numérique et IA pour le calcul scientifique.

**PRÉPARER DEMAIN**

L'initiative se poursuivra en 2025 avec un nouvel atelier à Kanagawa (Japon), centré sur le couplage HPC-IA, la

convergence des technologies et l'IA générative, dans le but de renforcer les collaborations scientifiques internationales. Enfin, **NumPEX a participé à l'appel d'offre pour la future machine Exascale européenne**, qui sera installée fin 2026 au CEA/TGCC (France). À travers le groupe de travail « *Synergies NumPEX et centres HPC* », l'objectif est de préparer cette arrivée en assurant la cohérence des usages, du développement logiciel et du déploiement technologique. Plusieurs échanges avec le TGCC ont permis d'aborder des enjeux clés comme l'intégration continue, la performance, le déploiement logiciel et l'efficacité énergétique. Ces efforts se poursuivront en 2025 pour garantir la pérennité et l'alignement stratégique des actions NumPEX avec le système Exascale français.



← Photo prise lors du forum international InPEX, coorganisé par NumPEX à Sitges (Espagne).



**POUR EN SAVOIR PLUS SUR NUMPEX**

**Projet CLUSSTER**

# Cloud souverain de partenaires publics et privés



Dans le cadre de la stratégie nationale autour du Cloud, le projet CLUSSTER vise à mettre en place un Cloud souverain d'infrastructures et de services pour l'IA entre acteurs publics et privés.

Le projet CLUSSTER (*Cloud Unifié Souverain de Services, de Technologies et d'infrastructures*) a démarré le 1<sup>er</sup> février 2023 pour une durée de 3 ans. Autour d'un partenariat public/privé, il vise à développer et renforcer une filière souveraine française et européenne du Cloud et à créer point d'entrée unique pour toute la communauté académique et industrielle vers un ensemble d'infrastructures et de services. Il s'inscrit dans la stratégie d'accélération CLOUD de la Direction Générale des Entreprises (PIA4) et bénéficie d'un financement de BPI France.

Lors de cette année 2024, le dossier d'Architecture Technique a été finalisé permettant en particulier de définir les interfaces avec les infrastructures de calcul intensif et la gestion des identités et des accès. Une instance du portail CLUSSTER a été déployée et est accessible par les partenaires depuis le mois de janvier.

GENCI accompagné du CNRS-IDRIS a travaillé sur les spécifications du mini-cluster appelé DALIA qui sera installé hors ZRR (Zone à Régime Restrictif) et à

la mise en place, en attente de son déploiement, d'un premier système.

**MISE EN PRODUCTION EN 2025**

La procédure d'achat a fait l'objet d'une replanification en raison de l'installation à l'IDRIS, sur le premier semestre 2024, d'une extension de Jean Zay annoncée par le Président de la République lors de Vivatech 2023.



Le calculateur DALIA a été acheté fin 2024 et sera mise en production au printemps 2025. DALIA sera instantanément mise à disposition du projet CLUSSTER et fournira à la fois des capacités d'entraînement mais aussi d'inférence de modèles et des offres de formation (via le portail MESONET couplé à CLUSSTER).

DALIA sera composé de 72 GPU nVIDIA nommée Blackwell qui se caractérise par une performance augmentée d'un facteur 2.5 pour les tâches d'entraînement de modèles et presque d'un facteur 30 pour les tâches d'inférences grâce à l'introduction de nouveaux opérateurs flottants 4 bits (FP4). Ce GPU est parfaitement complémentaire aux GPUs déjà disponibles sur Jean Zay (V100, A100 et H100).

← La machine DALIA à l'IDRIS



**POUR EN SAVOIR PLUS SUR CLUSSTER**

**ADASTRA - CINES**

# La puissance des MI300 au service de la science

Cet été 2024, le CINES a franchi une nouvelle étape dans le calcul haute performance avec l'extension de la machine ADASTRA, désormais équipée d'accélérateurs AMD MI300. Ces 112 APU disposent d'une architecture CPU/GPU unifiée permettant de se passer des transferts explicites entre les mémoires CPU/GPU pour une utilisation plus facile pour les chercheurs.

L'intégration d'accélérateurs AMD MI300 au supercalculateur ADASTRA fourni par HPE (EX4000) a permis de rajouter plus de 13 Pflops aux 78 déjà en production. Ces processeurs de dernière génération d'AMD dédiés au HPC et à l'IA, apportent trois innovations majeures :

- Architecture hybride : combinaison de cœurs CPU et GPU pour des simulations complexes et simplifier la programmation
- Efficacité énergétique : réduction de 30 % de la consommation grâce à une gravure en 5 nm.
- Mémoire unifiée : 128 Go de HBM3 par APU pour accélérer les traitements de données massives à un débit de plus de 5 To/s.

**3<sup>e</sup> MACHINE ÉCO-EFFICIENTE**

Comme à l'accoutumée lors de la mise en production d'une nouvelle partition, quelques Grands Challenges ont été réalisés, notamment celui permettant de configurer et entraîner un modèle de langage multilingue efficace de 3 milliards de paramètres (SLM), avec une nouvelle architecture optimisée uniquement pour les encodeurs. Une nouvelle dynamique est observée au CINES, avec 2 à 3 projets par semaine dans le domaine de l'intelligence artificielle. Classée 3<sup>e</sup> machine la plus éco-efficente au monde (Green500) avec 69 Gflops/W, elle sert depuis septembre 2024 des projets en IA et en simulation numérique. Pour optimiser la consommation d'énergie globale, cette nouvelle partition, comme

la 1<sup>re</sup> à base de MI250, utilise un refroidissement liquide direct sans ventilateur via de l'eau chaude permet d'évacuer 97 % de la chaleur générée.

Les premiers retours montrent que l'APU AMD MI300A est légèrement en retrait par rapport au H100 Nvidia, mais qu'il offre 40 % de mémoire en plus (128 Go contre 80 Go sur Jean Zay pour le H100) et une meilleure bande passante mémoire, ce qui est très important pour entraîner de gros modèles. Plus globalement, cet écart est aussi lié au fait que la pile logicielle AMD doit encore progresser et AMD investit actuellement autant dans le *software* que le *hardware* pour rattraper ce retard.

Le MI300A est aussi très efficace en performance/consommation électrique pour un prix d'acquisition environ deux fois moins élevé. Enfin, l'architecture APU est un facteur clé pour favoriser la migration des codes vers des technologies plus efficaces énergétiquement. La mémoire est commune entre la partie scalaire et la partie accélérée, affranchissant ainsi les codes d'avoir à gérer la localité des données.



← ADASTRA est classé 3<sup>e</sup> au monde par Green500 en termes d'éco-efficience.

- Complément de Description : **Partition accélérée APU**
- Puissance crête en PFlops : **13,7**
- Nombre de nœuds : **28**
- Type d'accélérateur : **AMD MI300A**
- Fréquence de l'accélérateur en GHz : **2,1**
- Type de mémoire de l'accélérateur : **HBM3**
- Mémoire par accélérateur en Go : **128**
- Nombre d'accélérateurs par nœud : **4**
- Mémoire des accélérateurs par nœud en Go : **512**
- Mémoire totale des accélérateurs en To : **14**
- Nombre total d'accélérateurs : **112**
- Réseau d'intercommunication : **Slingshot-11 200**

**JEAN ZAY - IDRIS**

# Jean Zay s'offre une cure de jeunesse H100

En 2024, le supercalculateur Jean Zay à l'IDRIS, opéré par le CNRS, a connu une extension majeure grâce au plan France 2030. L'intégration de puissantes cartes NVIDIA H100 démultiplie ses capacités, notamment pour l'IA, faisant de lui un atout clé pour la recherche française face aux défis computationnels et à l'essor des modèles de fondation.

L'année 2024 a vu une avancée majeure pour le calcul intensif français avec le déploiement effectif de l'extension du supercalculateur Jean Zay à l'IDRIS. Soutenue stratégiquement par le plan France 2030 à hauteur de 40 millions d'euros, cette modernisation vise à consolider la place de la France dans la simulation numérique, le calcul haute performance (HPC) et surtout l'intelligence artificielle (IA). Acquis en 2019, Jean Zay s'était déjà affirmé grâce à son architecture hybride (CPU/GPU), particulièrement efficace pour l'IA et le traitement de grandes masses de données. Face à l'accroissement rapide des besoins pour l'IA de nouvelle

génération, cette quatrième extension, conçue par Eviden, intègre 14 racks BullSequana XH3000 équipés de 1456 GPU NVIDIA H100 (80 Go). Cette extension porte la puissance crête à 125,9 PFlop/s, multipliant les capacités par 3,5 pour le HPC et jusqu'à 13 pour les calculs d'IA.

**PUISSANCE INÉDITE EN FRANCE**

L'objectif central de cette extension H100 est d'offrir aux chercheurs et industriels un outil souverain d'une puissance inédite en France pour l'entraînement de modèles d'IA de grande taille (modèles de fondation, IA générative). Cela ouvre la voie à l'exploration de problématiques complexes en langage naturel, vision, médecine, climatologie ou physique. Une partie significative de ces nouvelles ressources H100 est allouée de manière stratégique. Distinctes des allocations classiques, elles priorisent les projets d'excellence académique ou les collaborations industrielles qui s'alignent avec les objectifs de la stratégie nationale IA de France 2030, visant le développement de technologies souveraines et l'accélération de l'écosystème IA français, y compris les IA-clusters. L'accès est ainsi ouvert aux acteurs académiques et industriels pour stimu-

ler la R&D et le transfert technologique. Au-delà de la puissance de calcul, une infrastructure de stockage haute performance accompagne l'extension, essentielle pour gérer efficacement les volumineux jeux de données de l'IA.

L'IDRIS joue un rôle pivot en assurant l'accueil, l'exploitation et le support de Jean Zay. Ses équipes sont mobilisées pour l'intégration logicielle/matérielle et l'accompagnement des utilisateurs, via formations et ateliers, afin de maximiser l'exploitation de ces nouvelles capacités. Jean Zay se distingue aussi par son approche éco-efficente. L'usage intensif de GPU et un système de refroidissement par eau chaude permettent toujours de récupérer la chaleur fatale, réutilisée pour chauffer des bâtiments sur le campus de Saclay, s'inscrivant dans les enjeux de sobriété énergétique. L'année 2024 marque une transformation majeure pour Jean Zay grâce aux H100. Cette évolution dote la France d'une infrastructure de premier plan, renforçant sa capacité à aborder les défis scientifiques et technologiques futurs et positionnant le supercalculateur parmi les machines les plus puissantes et polyvalentes d'Europe pour la science ouverte et l'innovation.

- Puissance crête en PFlops : **99,9**
- Nombre de nœuds : **364**
- Type de processeur : **Intel Sapphire Rapids**
- Fréquence en : **2,1 GHz avec 48 cœurs par processeur**
- Type de mémoire : **DDR5-4800**
- Nombre de processeurs par nœud : **2**
- Mémoire par nœud en Go : **512**
- Type d'accélérateur : **Nvidia H100 SXM5 avec 80 Go de HBM3**
- Nombre d'accélérateurs par nœud : **4**
- Nombre total de cœurs : **34 944**
- Nombre total d'accélérateurs : **1 456**

**QUANTIQUE – 1<sup>ERS</sup> QPU DE HQI**

# Livraison de Ruby par Pasqal et sélection de Quandela pour la fourniture de Lucy

L'année 2024 a permis à GENCI de voir éclore des projets structurants au sein du programme HQI, avec l'acquisition de Lucy, l'installation de Ruby, la sélection du consortium EuroSSQ-HPC par EuroHPC Joint Undertaking. Cela a également été l'opportunité de faire un premier point d'étape sur les usages de ces technologies.

**E**n 2024, GENCI a travaillé activement sur l'acquisition de nouveaux systèmes quantiques. Au travers d'une participation dans un consortium avec SURF sélectionné par EuroHPC, les utilisateurs disposeront d'un droit d'accès à un ordinateur quantique basé sur des qubits de spin hébergé aux Pays-Bas. Outre l'installation de Ruby (100+ qubits à atomes neutres), l'acquisition de Lucy (12 qubits basés sur le contrôle et l'interaction de photons uniques) a été réalisée au travers d'EuroHPC. Installé au TGCC du CEA, il permettra de donner accès aux utilisateurs au premier ordinateur quantique digital universel de l'initiative HQI.

→ Le calculateur quantique photonique Quandela.



**CINQ PROJETS SÉLECTIONNÉS, LABELLISÉS « MAISONS DU QUANTIQUE »**

Inspirée par le modèle néerlandais de Quantum Delta, l'initiative Maisons du Quantique a pour but de rassembler au sein d'écosystèmes locaux les

différents acteurs du calcul quantique hybride pour fédérer un panel de talents industriels et académiques du domaine sur le territoire national. Cinq projets ont été sélectionnés en régions Grand Est, Auvergne-Rhône-Alpes, Nouvelle Aquitaine, Occitanie et Île-de-France. Ceux-ci s'axent autour

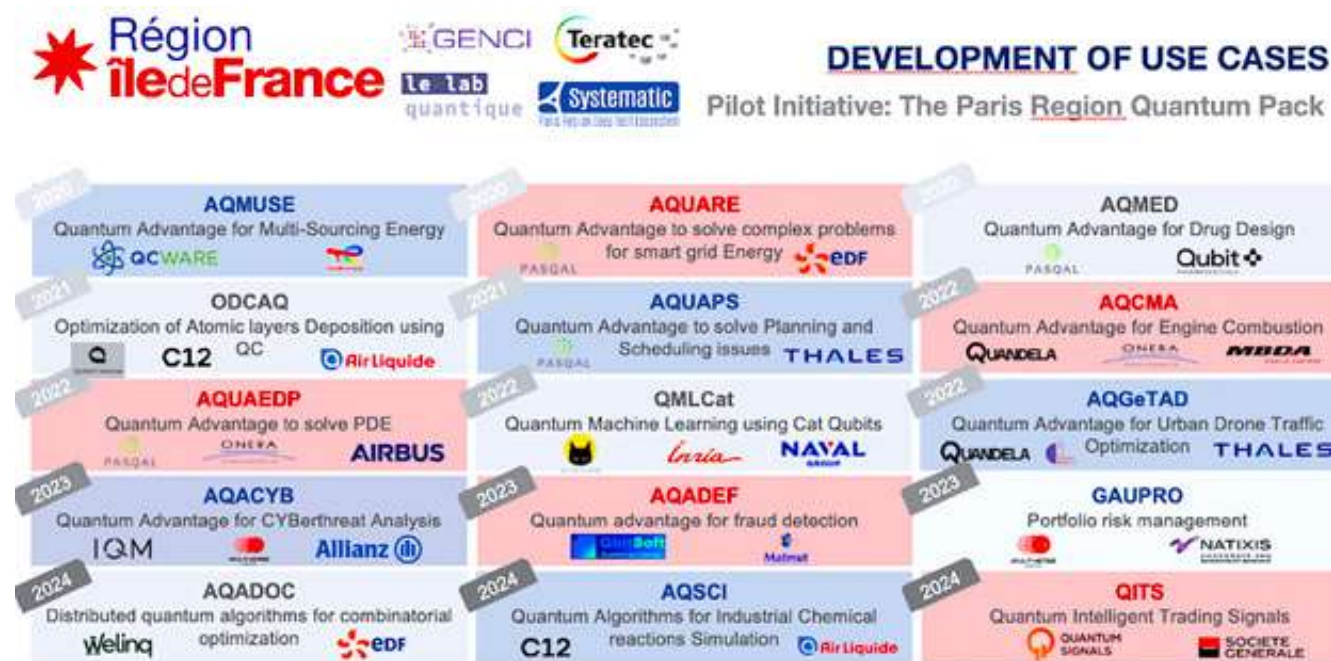
de l'identification de lieux totems permettant de favoriser la formation et la dissémination autour du calcul quantique hybride. Ces projets ont également pour mission l'organisation de collaborations académiques et industrielles pour le développement de cas d'usage. Ce réseau est fédéré

**Zoom sur...**

## JOURNÉE DE RESTITUTION DES PROJETS DU PACK QUANTIQUE ÎLE-DE-FRANCE

Depuis 2020, GENCI accompagne les candidats au co-financement Pack Quantique de la Région Île-de-France dans la soumission de leurs projets. 4 ans et 12 projets plus tard, il était temps de dresser un bilan de ces premières explorations du calcul quantique hybride appliqué à des cas d'usage industriels. Le 24 avril 2024, dans les locaux d'EDF à Palaiseau, Teratec, le Pôle Systematic, le Lab Quantique et GENCI ont ainsi organisé une journée de restitution du Pack Quantique.

POUR EN SAVOIR PLUS SUR LES PAQ QUANTIQUES



au niveau national pour permettre une couverture du territoire et une force de frappe maximale.

**VISIBILITÉ ACCRUE POUR LE PROGRAMME HQI À VIVATECH 2024**

L'édition 2024 a été une très belle cuvée pour le Village Quantique du programme HQI. En tout, ce sont 12 startups françaises et européennes opérant dans les technologies quantiques, qui ont habité le village sur les 4 jours de l'évènement. Le village a reçu la visite, entre autres personnalités, de

Sylvie Retailleau (MESR), Bruno Bonnell (SGPI), Emmanuel Chiva (DGA), Patrick Aafort (AID) et Amandine Reix (DGE). Des entreprises telles qu'EDF, Société Générale, LVMH ou encore L'Oréal ont inclus le village dans les parcours de leurs VIP. Une série de tables rondes sur des sujets comme le lien entre IA et calcul quantique, le rôle de la puissance publique, le financement de l'écosystème, ou encore la place des femmes dans cette industrie, ont complété le programme chargé de cette semaine.

Le Pack Quantique constitue une véritable amorce à l'usage de la plateforme HQI.

Jacques-Charles LAFOUCRIÈRE (CEA) coordinateur du programme HQI

AI FACTORY

# AI Factories, une offre de services et d'infrastructures uniques pour l'IA en Europe

Dans le cadre de l'*AI Innovation Package* lancé par la Commission en début 2024 visant à aider les startups et PME dans leur usage de l'intelligence artificielle (IA) mais aussi suite à la parution du rapport Draghi *'The Future of European Competitiveness'* appelant à un renforcement des capacités européennes en intelligence artificielle, la Commission Européenne a chargé, mi 2024, EuroHPC de mettre en place en Europe un réseau d'AI Factories.

Les AI Factories répondent au triple défi de l'IA calcul – données – compétences en mettant en place une offre de service unique (dite « *one-stop-shop* ») associant à la fois des moyens de calcul optimisés pour l'IA, mais aussi et surtout des services à haute valeur ajoutée comme la formation, l'expertise / support et l'accès à des entrepôts de données, des outils et modèles à destination du monde industriel, de la recherche et des services publics.

→ Des représentants des 13 AI Factories lors du EuroHPC Summit 2025, à Cracovie.



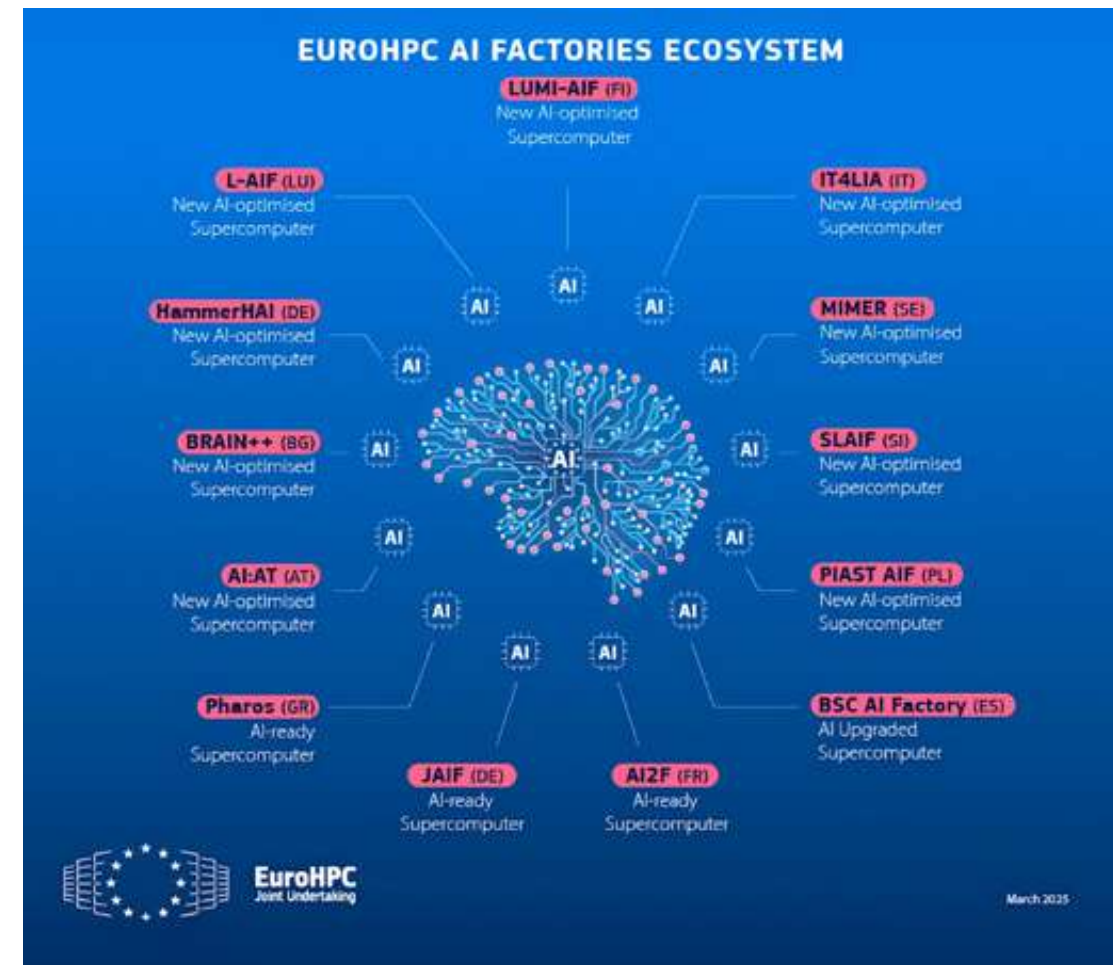
En ce sens, EuroHPC a lancé en octobre 2024 un appel à projet pour sélectionner en 2 à 3 phases un ensemble d'une quinzaine d'AI Factories en Europe. Une première vague de 7 AI Factories a été annoncée par EuroHPC fin 2024 en Allemagne, Espagne, Finlande, Grèce, Italie, Luxembourg et Suède, avec à la clé un renforcement des capacités de calcul d'EuroHPC mais aussi le développement de l'IA dans des verticales métiers comme la santé, l'industrie

manufacturière, la culture, les sciences de la terre, l'énergie ou la finance.

**DÉMARRAGE, RENTRÉE 2025**

En mars 2025, dans le cadre de la 2<sup>e</sup> phase, le projet « *AI Factory France* » porté par GENCI et associant un partenariat public/privé large avec l'AMIAD, CEA, CINES, CNRS, 10

Universités (Grenoble-Alpes, Institut Polytechnique de Paris, Nice Côte d'Azur, Paris-Saclay, Paris Sciences Lettres, Reims Champagne-Ardenne, Rennes, Sorbonne Université, Toulouse, Universités de Lorraine et Strasbourg), mais aussi French Tech, Station-F et le HubFrance IA a été sélectionné par EuroHPC. Doté d'un



POUR EN SAVOIR PLUS SUR AI FACTORY

↑ Le réseau des 13 AI Factories européennes sélectionnées à mi-2025 par EuroHPC.

budget de 30 M€ pour une durée de 3 ans AI Factory France s'appuie sur la stratégie nationale #AIForHumanity avec notamment, coté formation les 9 IA Clusters, mais aussi coté moyens

de calcul la mise à disposition par GENCI de Jean Zay (IDRIS), ADASTRA (CINES), Joliot-Curie (TGCC) et prochainement la machine Exascale EuroHPC *Alice Recoque* (TGCC) et enfin le support et l'expertise apportés par tous les partenaires. Dans un partenariat public/privé renforcé, AI Factory France adressera les besoins de l'industrie, de la recherche et des services publics notamment au sein de 13 verticales métiers (Énergie, aérospatial, santé, défense et cybersécurité, sciences de la Terre, continuum numérique, sciences des matériaux, robotique, agriculture, finance, IA pour l'éducation (*edtech*), mobilité, sciences humaines) illustrant ici la richesse de l'écosystème français de l'IA. Le projet AI Factory France démarrera à la rentrée 2025.



Le projet AI Factory France est organisé autour d'un partenariat unique en Europe, associant organismes de recherche et acteurs de l'innovation au service de l'IA pour l'industrie, la recherche et les services publics.

**Stéphane REQUENA,**  
Directeur Technique et Innovation de GENCI



**HPC DURABLE**

# Maîtriser l'empreinte environnementale du HPC

Entre 2012 et 2025, l'efficacité computationnelle rapportée à l'énergie consommée s'est accrue d'un facteur 20. Dans le même temps, les puissances pour alimenter les systèmes HPC les plus avancés ont augmenté de 8 MW à 30 MW environ (source : Top500.org). Ces niveaux de consommation imposent une gestion responsable.

À partir des années 1940, le calcul haute performance (HPC, pour *High Performance Computing*) s'est imposé comme le troisième pilier de la recherche, aux côtés de la théorie et de l'expérimentation. Aujourd'hui, il constitue un levier essentiel de tous les domaines de la Science. Depuis 2022, les systèmes les plus performants sont entrés dans l'ère Exascale, capables d'exécuter plus d'un quintillion (10<sup>18</sup>) calculs par seconde, avec une forte croissance de la demande énergétique des configurations.

**PLUSIEURS APPROCHES MISES EN OEUVRE**

Les aspects définissant l'empreinte environnementale sont multiples – infrastructure d'accueil, solutions d'intégration et de refroidissement, choix des technologies et architectures, durée de vie des matériels, efficacité des codes de calcul – son optimisation se conçoit donc de manière systémique. Ainsi, GENCI et les centres de calcul nationaux ont entrepris d'étudier et de mettre en œuvre plusieurs approches :

- **Réduction du PUE (Power Usage Efficiency)**, rapport entre l'énergie totale consommée du centre d'exploitation (incluant le refroidissement) et celle des systèmes informatiques, est à son meilleur niveau (au plus proche de 1) avec la généralisation du DLC (*Direct Liquid Cooling*) sans production active de froid : tous les calculateurs de GENCI l'ont adopté.

Parce que les aspects définissant l'empreinte environnementale sont multiples, GENCI et les centres de calcul mettent en œuvre différentes approches.



← Réutilisation de la chaleur fatale de Jean Zay pour contribuer au chauffage de plus de 1500 logements sur le plateau de Paris-Saclay.

**Zoom sur... MÉTRIQUES ADAPTÉES AU HPC**

En partenariat avec **Labos 1point5** (labos1point5.org), collectif issu du monde académique dédié à l'étude et la réduction de l'empreinte carbone des technologies, GENCI a défini des métriques spécifiquement adaptées au HPC. Les utilisateurs des machines de GENCI, peuvent ainsi quantifier l'enveloppe énergétique de leurs simulations numériques et des émissions associées, pour une évaluation précise de l'impact environnemental, base indispensable pour arbitrages et optimisations. Cette collaboration illustre une stratégie proactive au service d'une science durable.

- **Récupération de la chaleur fatale** à l'IDRIS (<https://www.cnrs.fr/fr/actualite/le-supercalculateur-jean-zay-recycle-sa-chaleur>).
- **Adoption de critères de sélection des calculateurs basés sur l'efficacité énergétique** : le critère EtS (*Energy to Solution*) est prépondérant.
- **Ajustement de la durée de vie des matériels** sur le meilleur compromis.
- **Renforcement des équipes de support des centres de calcul** pour l'évolution vers l'Exascale (avec les « *Application Support Team* ») et faire face aux renouvellements technologiques qui s'accroissent et proposer un soutien au portage et à l'optimisation des codes pour exploiter pleinement ces avancées.
- Les techniques de refroidissement (immersion, liquide à changement de phase) ;
- La technologie photonique ;
- Les architectures spécialisées (*memory on chip*) ;
- Le calcul Quantique, intégré dans une approche hybride avec le HPC ;
- Les approches algorithmiques de rupture (matrices de faible rang, la précision mixte).



Le choix de calculateurs lors des appels d'offres menés par GENCI, repose sur l'engagement « *Energy to Solution* » le plus bas.

**Eric BOYER,**  
Responsable projets HPC/HPDA/AI à GENCI



**PROSPECTIVE POUR UNE PERFORMANCE ÉNERGETIQUE ACCRUE**

Pour cette démarche également, c'est l'approche systémique qui est adoptée, GENCI dans le cadre de la CVT (Cellule de Veille Technologique) suit / soutient :

# AU service de la recherche scientifique



## MINI-SOMMAIRE

**p.32**  
Une offre de services  
complète

**p.34**  
Les modalités  
d'accès aux  
ressources

**p.35**  
Les moyens de calcul  
disponibles en 2024

**p.36**  
Les Grands  
Challenges au CINES,  
à l'IDRIS et au TGCC !

**p.37**  
Le mot de la  
présidente du Comité  
d'évaluation de  
GENCI

**p.38**  
La communauté  
des chercheurs

**p.42**  
Les résultats  
des chercheurs

**p.52**  
La communauté  
des industriels

COMMENT FONCTIONNE GENCI ?

Today SUPERCOMPUTERS

Une offre de services complète

Supercomputer

ADASTRA



HPE Cray EX4000 of 91,60 Pflop/s  
 Scalar and converged architecture, composed of 3 main partitions  
 Scalar nodes: 3,9 Pflop/s – AMD GENOA: 544 nodes – 104 448 cores  
 Converged nodes: 87,7 Pflop/s  
 • AMD MI250X – 74 Pflop/s – 1424 GPUs  
 • AMD MI300A (APU) – 13,7 Pflop/s – 112 GPUs

Supercomputer

JOLIOT CURIE/IRENE



Bull Sequana X1000/XH2000 of 20,00 Pflop/s  
 Multiple partitions offer a wide variety of processors  
 Scalar nodes: 18,9 Pflop/s  
 • ROME: AMD – 2292 nodes  
 – More than 293000 cores  
 • SKL: INTEL – 1656 nodes  
 – More than 79000 cores  
 Converged nodes : 1,1 Pflop/s – V100 – 32v GPUs

Supercomputer

JEAN ZAY



HPE / ATOS SGI 8600 / XH3000 of 125,90 Pflop/s  
 Scalar and converged architecture, composed of 4 main partitions  
 Scalar nodes: 2,3 Pflop/s – CSL: 720 nodes – 28 800 cores  
 Converged nodes: 121 Pflop/s  
 • NVIDIA V100 – 15,5 Pflops/s – 1832 GPUs  
 • NVIDIA A100 – 8,2 Pflop/s – 416 GPUs

Supercomputer

JEAN ZAY 4



The new partition of Jean Zay  
 99,9 Pflop/s, 1456 GPUs  
 NVIDIA H100

Available Soon

RUBY QUANTUM



A 100 qubit analogue quantum computer based on neutral atoms provided by Pasqal (HPCQCS)

LUCY QUANTUM



A 12 qubit digital quantum computer based on photonics provided by Quandela (EuroQCS-France)

SUPERCOMPUTER ALICE RECOQUE

The 2nd EuroHPC Exascale system for addressing HPC and AI (AI Factory) at TGCC end of 2026

DALIA HPC GPU IA



An NVIDIA NVL72 supercomputer for addressing new needs in AI (large scale training, inference, new services)

PROJECTS

AI FACTORY FRANCE AI2F

A federated one-stop-shop of infrastructures and services for the AI community

EPICURE & MINERVA

A panEuropean task force for User support in HPC and AI

EPI2/ EUPEX

Developpement of EU microprocessor technologies

EUROQHPC INTEGRATION

A joint project between the 6 EuroHPC QC Hosting Entities toward HPC and QC integration

CLUSSTER

Implementing a sovereign public/private Cloud of infrastructures and services

- HARDWARE AND SOFTWARE TECHNOLOGICAL WATCH
- ACCESS TO HPC AND HYBRID HPC/QUANTUM COMPUTING SYSTEMS FOR OPEN RESEARCH
- ACCESS TO STORAGE CAPACITIES (FROM FLASH TO LONG TERM STORAGE USING MAGNETIC TAPES)
- USER SUPPORT
- TRAINING
- DISSEMINATION OF SCIENTIFIC RESULTS



**COMMENT FONCTIONNE GENCI ?**

# Les modalités d'accès aux ressources

**Les moyens de calcul nationaux aujourd'hui composés de partitions scalaires et accélérées accueilleront bientôt un ordinateur quantique. Ils sont accessibles à la recherche académique et aux industriels ainsi qu'aux startups.**

Les moyens de calcul et de stockage nationaux sont mis à disposition gratuitement pour un an pour les projets scientifiques en calcul haute performance et en Intelligence Artificielle (IA), émanant des sphères académiques avec un numéro RNSR et industrielles avec un numéro SIRET. Pour être éligibles, les travaux de recherche ouverte doivent donner lieu à publication à l'issue de la période d'allocation. Deux étapes sont nécessaires : faire une demande de ressources sur un ou plusieurs calculateurs et les obtenir, puis faire une demande de compte sur les calculateurs sur lesquels vous avez obtenu des

ressources. Ces deux demandes sont à faire sur le portail [www.edari.fr](http://www.edari.fr), commun aux trois centres de calcul nationaux (CINES, IDRIS et TGCC). Tout accès confondu, 14 % des dossiers sont liés aux industriels, dont 9 % portés directement par des établissements privés tels que des startups.

**RÉGULIÈRES ET DYNAMIQUES**

En 2024, deux types de demande de ressources étaient disponibles en fonction des besoins des utilisateurs : les Allocations Régulières et les Allocations Dynamiques.

Les premières sont ouvertes, 2 fois par

an, aux porteurs de projet qui ont besoin de ressources importantes en calcul : plus de 50 millions d'heures cœurs CPU ou 50 000 heures GPU. Elles nécessitent une évaluation technique avant d'être accordées.

Les deuxièmes, les allocations dynamiques, plus simples à obtenir sont quant à elles disponibles toute l'année et sont dédiées aux projets moins gourmands en heures de calcul. Ce type d'accès était choisi par 78 % des porteurs de projets, tous domaines scientifiques confondus. Les 3/4 de ces AD sont des projets en recherche en IA ou utilisant l'IA. Ils sont aussi accessibles aux doctorants et aux étudiants de Master2, alors que les AR sont eux strictement réservés à des personnels permanents des structures de recherche (enseignant, chercheur, ingénieur, post-doctorant). Ces dossiers de demandes de ressources seront enrichis de vos publications. L'ensemble du processus d'attribution des ressources par GENCI est toujours certifié ISO9001.



**DÉCOUVREZ L'INFOGRAPHIE DES MODALITÉS D'ACCÈS**

## LES INFORMATIONS DISPONIBLES

Toutes les informations sur les dates d'ouverture des campagnes des Allocations Régulières sont disponibles sur le portail [www.edari.fr](http://www.edari.fr). Sont également disponibles, les conditions d'accès, les guides « utilisateurs » et les actualités du moment.

Pour les chercheurs académiques, vous pouvez maintenant vous connecter via la fédération d'identité de Renater pour accéder à votre espace utilisateur et bénéficier de la dématérialisation des procédures de validation des demandes dans la plupart des cas.

Pour tous, vous y trouverez aussi l'ensemble des actions indispensables pour votre projet (suivi de l'ensemble de vos demandes : heures complémentaires, consommation, compte, rajout de collaborateurs, etc.) mais aussi une information sur le coût financier en euro et sur le bilan carbone équivalent CO<sub>2</sub> représentés par les ressources demandées et attribuées dans le projet est fournie à titre indicatif sur le site eDARI toujours sur votre espace utilisateur.

# Les moyens de calcul disponibles en 2024

**Les capacités de calcul GENCI (en Pflop/s) sont apportés à 90 % par des accélérateurs GPU. Tous les calculateurs de GENCI sont accompagnés de partitions pour le pré/post traitement et la visualisation librement accessibles aux utilisateurs des supercalculateurs.**

Supercalculateur **Cray EX4000**

**ADASTRA**



Le CINES accueille un ordinateur du constructeur HPE d'une puissance de 91,6 PFlop/s, avec une partition scalaire de 544 nœuds composés d'AMD EPYC Genoa représentant 104 448 cœurs et de deux partitions convergées, une de 356 nœuds composés de AMD MI250 totalisant 1 424 GPU et une de 28 nœuds composés de AMD MI300 totalisant 112 GPU.



**LE DÉTAIL DES CALCULATEURS EST DISPONIBLE SUR LE SITE [WWW.EDARI.FR](http://WWW.EDARI.FR)**

Supercalculateur **Sequana X1000/XH2000**

**JOLIOT-CURIE**



Le TGCC accueille un ordinateur du constructeur Atos d'une puissance crête de 20 PFlop/s, composé de 3 partitions de production dont 2 partitions scalaires. Une première partition scalaire de 2 292 nœuds AMD Rome pour 12,2 PFlop/s et 293 376 cœurs. Une deuxième partition scalaire de 1 656 nœuds Intel à base de Skylake pour 6,9 PFlop/s et 79 488 cœurs.

Une troisième partition accélérée de 32 nœuds Nvidia à base de V100 pour 1,2 PFlop/s et 128 GPU. S'ajoutent 2 partitions prototypes : La 1ère composée de 80 nœuds équipés d'un processeur ARM v8.2A de 40 cœurs, pour un total de 3 648 cœurs et 0,3 PFlop/s, visant à préparer les codes pour le passage à la machine européenne Exascale. La 2<sup>e</sup>, une QLM d'Atos pour les environnements et émulateur quantique et frontal pour le simulateur et machine quantique.

Supercalculateur **SGI 8600 + ATOS XH3000**

**JEAN ZAY**



L'IDRIS accueille un ordinateur assemblé par deux constructeurs d'une puissance crête de 125,9 PFlop/s composé d'une partition scalaire et de 3 partitions convergées. Une première partition scalaire de 720 nœuds Intel Cascade Lake pour 2,5 PFlop/s et 28 800 cœurs. Une partition accélérée de 15,5 PFlop/s composée de 437 nœuds accélérés à base de GPU Nvidia V100 16/32 Go totalisant 1 832 GPU, d'une autre partition accélérée de 8,2 PFlop/s composée de 52 nœuds accélérés à base de GPU Nvidia A100 80 Go totalisant 416 GPU et d'une dernière partition accélérée de 99,9 PFlop/s composée de 364 nœuds accélérés à base de GPU Nvidia H100 80 Go totalisant 1 456 GPU.

**COMMENT FONCTIONNE GENCI ?**

POUR EN SAVOIR PLUS SUR LES GRANDS CHALLENGES 2024



# Les Grands Challenges au CINES, à l'IDRIS et au TGCC !

La mise en service d'une nouvelle machine débute par une phase de vérification de sa stabilité. L'accès à des capacités de calcul importantes est alors réservé à quelques utilisateurs, qui acceptent en contrepartie les conditions d'utilisation d'une machine en période de « rodage ».



↑ Couvertures des deux revues présentant les Grands Challenges 2024.

Une année dense pour ce qui concerne les Grands Challenges pour GENCI :

• **Au CINES**

Sur les partitions accélérées AMD MI250X (1424) et MI300A (112), particulièrement efficaces énergétiquement (#3 au classement international Green500), onze projets ont mené des simulations sur notamment l'accélération de l'occurrence de tempêtes extrêmes, le rayonnement électromagnétique des sursauts solaires en ondes « radio », ou encore l'usage d'un modèle de fondation pour la conduite autonome. Une journée de restitution a été organisée un cahier est disponible.

• **A l'IDRIS**

La mise en service de la partition NVIDIA H100 (1456) (JeanZay4) a été l'occasion pour 8 projets, ayant tous pour dénominateur commun l'intelligence artificielle (modèles de langage, IA et biologie, conduite autonome) d'avoir accès à 3,8 millions d'heures GPU, les articles et publications sont en préparation.

• **Au TGCC**

En conjonction avec le CINES et pour répondre aux demandes les plus importantes et mobiliser au mieux les ressources présentes, une campagne de grands challenges scalaire a été lancée et a donné lieu à une publication d'un cahier « Grands Challenges Scalaires » conjoint (sur technologies AMD GENOA sur ADASTRA et AMD ROME et Skylake sur Joliot-Curie).

1 - <https://www.genci.fr/evenements/la-journee-de-restitution-des-grands-challenges-sur-les-partitions-accelerees-amd-mi250x>  
 2 - [https://genci.fr/sites/default/files/brique/fichier/02-2025/VF\\_Cahier\\_Grands\\_Challenges\\_Accelerés.pdf](https://genci.fr/sites/default/files/brique/fichier/02-2025/VF_Cahier_Grands_Challenges_Accelerés.pdf)  
 3 - [https://genci.fr/sites/default/files/brique/fichier/01-2025/Cahier\\_Grands\\_Challenges\\_Scalaires.pdf](https://genci.fr/sites/default/files/brique/fichier/01-2025/Cahier_Grands_Challenges_Scalaires.pdf)

**LE MOT DE**

**MARJORIE BERTOLUS,**  
Présidente du Comité d'évaluation de GENCI

En 2024, le Comité d'Évaluation de GENCI a poursuivi sa mission de service aux chercheurs : examiner les demandes de ressources de calcul et proposer des attributions permettant aux chercheurs de disposer des moyens nécessaires à leurs travaux. Le renouvellement de plusieurs présidents de comités thématiques a apporté de nouvelles perspectives et renforcé la dynamique collective.

Grâce à la mobilisation conjointe des présidents de comités thématiques, des directeurs de centres et de l'équipe de GENCI, la grande majorité des projets déposés a pu bénéficier des ressources nécessaires pour leur travail de recherche. Cet engagement collectif illustre la volonté constante de répondre aux besoins croissants et variés des communautés scientifiques, dans un contexte de forte demande sur les machines existantes.

2024 a également été l'occasion d'ouvrir de nouvelles perspectives. L'intégration d'une machine quantique dans l'écosystème de GENCI traduit l'ambition d'explorer des voies de calcul innovantes, qui viendront à terme compléter les approches classiques. Par ailleurs, la préparation de l'arrivée de la nouvelle machine Alice Recoque représente un jalon important : elle offrira des capacités accrues qui permettront de mieux accompagner les chercheurs dans la transition vers l'Exascale.

Au-delà des infrastructures, le dialogue constant avec les utilisateurs reste un pilier de notre action. Après les rencontres en laboratoires initiées les années précédentes, le lancement du programme "GENCI Users" à l'automne 2024, avec un premier webinaire consacré à la plateforme quantique, a ouvert un nouvel espace d'échanges directs avec les communautés de recherche utilisant les ressources du GENCI. Ces rendez-vous en ligne, qui permettent d'approfondir la discussion sur les usages, de partager les expériences et d'anticiper collectivement les besoins liés à l'évolution rapide des architectures, continuent en 2025.



L'intégration d'une machine quantique dans l'écosystème de GENCI traduit l'ambition d'explorer des voies de calcul innovantes.



Les Grands Challenges sont l'occasion de publications de résultats scientifiques de simulations sur les technologies à l'état de l'art.



LA COMMUNAUTÉ DES CHERCHEURS

# Les mots des Présidents des Comités Techniques (CT)

**CT1**  
ENVIRONNEMENT



**Jean-Louis DUFRESNE**  
Président du CT1

La cinquantaine de projets soumis chaque année restent de très grande qualité. Ils concernent essentiellement l'étude de la Terre, son climat, atmosphère, océan, biosphère et cryosphère, mais un projet étudie également d'autres planètes. La moitié des ressources sont allouées à environ 5 projets pour des simulations des climats passés, des évolutions climatiques récentes et futures. L'utilisation des GPU reste encore marginale, et la diminution des heures CPU disponibles à l'IDRIS a conduit les utilisateurs à transférer une grande partie de leurs simulations vers les calculateurs du TGCC et du CINES.

**CT2A**  
ÉCOULEMENTS  
NON RÉACTIFS &  
MULTIPHASIQUES



**Rémi ZAMANSKY**  
Président du CT2a

Le calcul haute performance est une composante essentielle de la recherche en mécanique des fluides. L'augmentation continue des moyens de calcul permet l'exploration des mécanismes fondamentaux des instabilités hydrodynamiques, de la turbulence ou émergents des couplages «multiphasiques» (acoustiques, transferts, rayonnement, rotation, stratification, élasticité...). Les supercalculateurs sont également précieux pour générer des bases de données de simulations de référence utiles aux développements de nouveaux modèles à visées applicatives, plus économes en ressources de calcul. Le nombre et la diversité des projets (66 dossiers en 2024) témoignent que la simulation numérique des écoulements est au cœur des enjeux actuels : énergie, environnement, procédés...

**CT2B**  
ÉCOULEMENTS RÉACTIFS  
& MULTIPHASIQUES



**Stéphane JAY**  
Président du CT2b

Les projets du CT2b se caractérisent par la diversité des thématiques faisant intervenir des écoulements multiphasiques et/ou réactifs principalement dans les domaines de l'énergie et de l'environnement. Cela se retrouve dans les demandes d'attribution 2024 qui visent notamment à la sécurisation des systèmes énergétiques, à la réduction de leur consommation et de leurs émissions pour le développement du transport et de la production d'énergie décarbonée. On souligne comme fait marquant les évolutions permanentes apportées aux codes de calcul et notamment les efforts de portage vers les machines GPU qui sont significatifs pour des codes traitant de nombreux phénomènes physiques complexes et couplés. Par ailleurs le CT2b a également accueilli plusieurs projets de recherche appliquée portés par des industriels ainsi que plusieurs nouveaux sujets en 2024.

**CT3**  
BIOLOGIE & SANTÉ



**Yolanda PREZADO**  
Présidente du CT3

Au cours de l'année 2024, le CT3 (Biologie et Santé) a évalué 11 dossiers en A16 et 8 dossiers en A17. Les projets concernent les thématiques habituelles du domaine : génétique, dynamique moléculaire, dynamique des fluides, biomécanique, imagerie médicale, radiothérapie, etc. Des nombreux projets sont soutenus par des financements nationaux (i.e. ANR, INCA) La plupart des projets s'appuient sur des doctorants et postdoctorants. La plupart des utilisateurs sont des académiques, mais il y a eu aussi 1 projet provenant des industriels. Pour illustration, le nombre d'heures attribués en A16 a été distribué de la façon suivante : 77 kh sur IDRIS Jean Zay H100, 5 kh sur CINES ADASTR A MI250x mais aussi 1 805 kh GPU sur CINES ADASTR A Genoa, 180 kh sur IDRIS Jean Zay A100, 11 000 kh sur TGCC Joliot-Curie/Irene Rome, 1 710 kh sur IDRIS Jean Zay CSL 65 kh sur IDRIS Jean Zay V100, 1500 kh sur TGCC Joliot-Curie/Irene Rome, 10 670 kh sur Joliot-Curie SKL.

**CT4**  
GÉOPHYSIQUE  
& ASTROPHYSIQUE



**Geoffroy LESUR**  
Président du CT4

En 2024, le CT4 (Astrophysique et Géophysique) a évalué un total de 45 dossiers pour 300 millions d'heures demandées sur CPU et 2,5 millions d'heures demandées sur GPU. La migration sur GPU semble marquer le pas et les applications nécessitant de l'adaptation de maillage adaptatif (AMR) pour la cosmologie et la physique galactique restent sur les partitions scalaires Genoa et Rome, mais la prochaine génération de codes AMR arrive en 2025 et devrait changer la donne. La sismologie, et notamment l'inversion d'onde profite en revanche pleinement des portages GPU, de même que les codes à grille fixe utilisés pour les plasmas astrophysiques, avec de très beaux résultats.

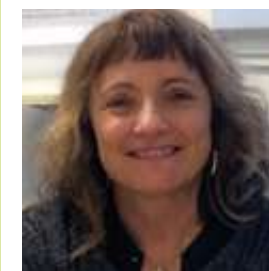
**CT5**  
PHYSIQUE THÉORIQUE  
& PHYSIQUE  
DES PLASMAS



**Virginie GRANDGIRARD**  
Présidente du CT5

En 2024, le volume global de calculs réalisés par notre communauté (fusion thermonucléaire et inertielle, plasma froids, théorie des champs et des particules ...) a connu une augmentation de 15 % par rapport à l'an dernier pour un nombre de projets resté constant (30 projets dont 5 nouveaux). Avec une allocation totale de 850 millions d'heures sur CPU et 3 millions d'heures sur GPU, le CT5 est l'un des plus gros consommateurs de temps de calcul GENCI (~30 % des heures CPU et ~15 % des heures GPU). Il consomme à lui seul 50 % des heures disponibles sur la partition Irene-Rome qui reste sa partition de prédilection. Les efforts de portage des codes sur GPU se poursuivent mais les principaux consommateurs restent les codes de QCD (ChromoDynamique Quantique) qui ont réussi à s'adapter aussi bien aux GPUs NVIDIA qu'aux GPUs AMD allant jusqu'à représenter plus de 35 % de la consommation sur ADASTR A MI250X. Les projets embarquant de l'IA restent marginaux, mais nul doute que cette tendance devrait s'accroître dans le futur.

**CT6**  
INFORMATIQUE  
ALGORITHMIQUE  
& MATHÉMATIQUES



**Hélène BARUCQ**  
Présidente du CT6

Le CT6 est un petit comité (12 demandes en 2024) qui rassemble essentiellement des projets de simulation à grande échelle exigeant un accès aux grands calculateurs. Les domaines applicatifs représentés sont assez variés : santé, interaction fluide-structure, imagerie sismique, modèles de langage, géométrie algébrique pour ne citer qu'eux. On peut observer une évolution lente mais nette de la demande en ressources GPU, les ressources CPU étant toutefois toujours très majoritaire quand il s'agit de simulations. On peut citer quelques projets utilisateurs de l'IA qui demeurent en minorité ainsi que quelques demandes pour du calcul quantique. On peut apprécier des initiatives ambitieuses utilisant des données réelles, ce qui donne beaucoup de visibilité aux projets concernés.

**CT7**  
**MODÉLISATION**  
**MOLÉCULAIRE**  
**APPLIQUÉE À**  
**LA BIOLOGIE**



**Patrick FUCHS**  
 Président du CT7

Le nombre de dossiers évalués par le CT7 en 2024 a été de 52. Les heures CPU s'élevaient à environ 143 millions d'heures, et les heures GPU (équivalent V100) à 9,11 millions d'heures. Le nombre de dossiers et d'heures CPU et GPU sont maintenant assez constants depuis 2 ans. Les GPU sont devenus le principal moyen de calcul de notre communauté. Les utilisateurs se sont rapidement appropriés les nouvelles partitions GPU H100 de l'IDRIS et Mi300 du CINES. La dynamique moléculaire de systèmes membranaires tient toujours une part importante des activités du CT7. On peut également citer les interactions acides nucléiques / protéines et petites molécules / protéines. Quelques projets utilisent par ailleurs le programme AlphaFold pour prédire la structure de protéines. Les moyens du GENCI restent toujours essentiels aux utilisateurs du CT7.

**CT8**  
**CHIMIE QUANTIQUE**  
**& MODÉLISATION**  
**MOLÉCULAIRE**



**David LOFFREDA**  
 Présidente du CT8

Au cours de l'année 2024, la granulométrie des projets soumis au CT8 a évolué avec un nombre globalement moindre de demandes, avec en parallèle quelques projets qui se sont étoffés et dont les volumétries annuelles ont nettement augmenté. Le succès des accès dynamiques demeure fort pour notre comité, et ceux-ci continuent de permettre à de nombreux chercheurs d'accéder aux ressources de calcul du GENCI, afin de développer des activités de recherche de qualité. Les applications et les développements de méthodes et de codes continuent à couvrir de nombreux domaines depuis les interfaces réactives, à la science des matériaux, les systèmes homogènes et bio-inspirés, en passant par la description d'états excités et des systèmes de corrélation électronique forte. Les chimistes progressent dans la connaissance fondamentale des systèmes qu'ils explorent et cela grâce également au soutien constant des équipes du GENCI et du support applicatif des centres techniques.

**CT9**  
**PHYSIQUE, CHIMIE**  
**& PROPRIÉTÉ DES MATÉRIAUX**



**Michele RAYNAUD**  
 Présidente du CT9

Le CT remercie chaleureusement Thierry Deutsch qui a assuré la présidence du comité depuis 2017. Les demandes de ressources au CT9 sont nombreuses : 88 projets en 2024 pour un volume d'heures attribuées de 429 millions, de tailles très diverses allant de quelques centaines de milliers à plusieurs dizaines de millions d'heure. Malgré une augmentation significative des capacités de calcul et le recours croissant à l'AI (31 % des demandes de ressources en 2024), on ne note pas de diminution du nombre d'heures demandées car les moyens croissants sont mobilisés pour des études de systèmes de plus en plus complexes. Les projets déposés sont très variés couvrant les domaines de la physique, la chimie et les propriétés d'une vaste gamme de matériaux (matériaux 2D, matériaux quantiques, nano matériaux et matériaux poreux) pour une vaste gamme d'applications potentielles pour des enjeux environnementaux ou de sobriétés énergétiques. Les principales méthodes utilisées sont des approches ab-initio de calculs de structure électronique utilisant principalement le formalisme de la théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT) et de la dynamique moléculaire couplés aux techniques de *machine learning*. Elles permettent le calcul de propriétés spectrales, de propriétés physico chimiques et thermodynamiques et de phénomènes de transport.

**CT10**  
**APPLICATIONS TRANSVERSES**  
**& NOUVELLES APPLICATIONS**

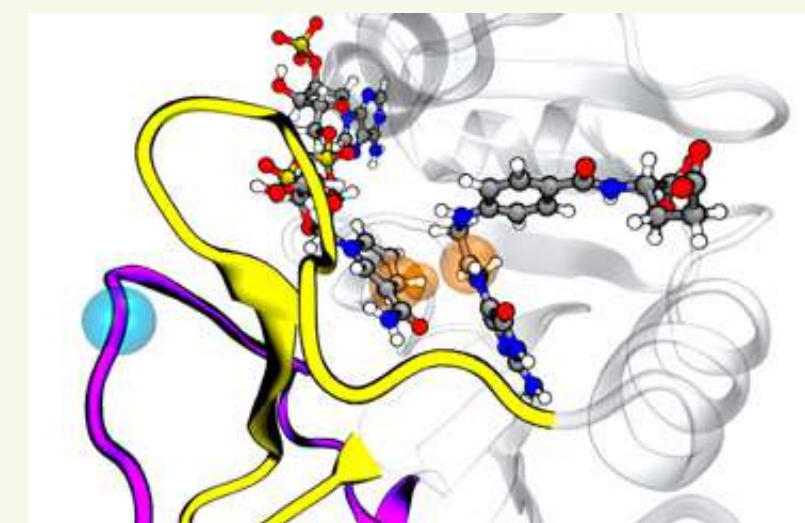


**Michaël KRAJECKI**  
 Président du CT10

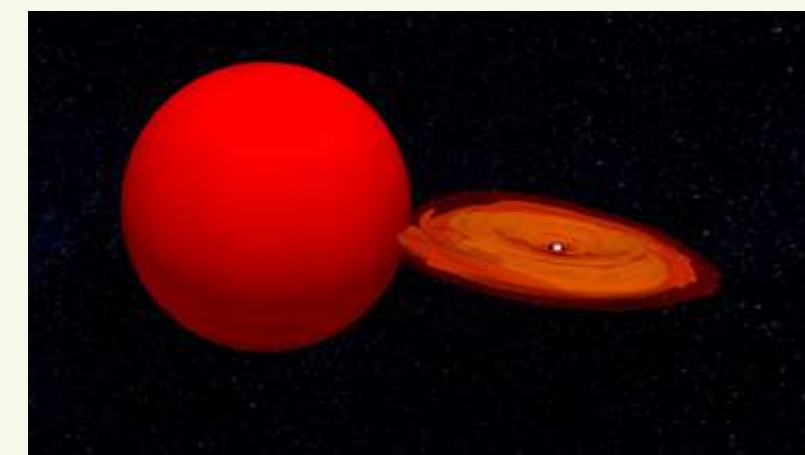
En 2024, le CT10 a évalué de l'ordre de 60 projets dans le cadre des accès réguliers, ce qui constitue un nouveau record, montrant le dynamisme de notre communauté. Sans surprise, cet accroissement du nombre de projets s'accompagne d'un croisement en nombre d'heures sur les trois centres nationaux. La nouvelle extension de Jean Zay a donc été la bienvenue ! Malgré ce nouvel effort national, nous pouvons déjà anticiper une saturation des moyens nationaux à court terme. Il est aujourd'hui indispensable d'accompagner les chercheurs français à soumettre des projets dans le cadre des appels EuroHPC qui ont vocation à étendre les résultats obtenus au niveau national.

# Exemples de simulations

↓  
 Effet allostérique de la mutation d'un résidu (boule bleue) sur la réactivité d'une enzyme. (Guillaume STIRNEMANN - ENS et CNRS, UMR8640 Pasteur) - Grands Challenges ADASTRA.



↓  
 Simulations globales de disques d'accrétion à des températures extrêmes. (Marc Van den Bossche - IPAG, CNRS, Université Grenoble Alpes) - Grands Challenges ADASTRA



CT1

Environnement

CNRS, LOCEAN-IPSL, SORBONNE UNIV.



Julie Deshayes  
Directrice de recherche



Gurvan Madec  
Directeur de recherche



Martin Vancoppenolle  
Directeur de recherche

David Kamm  
Doctorant

Casimir de Lavergne  
Chargé de recherche

Clara Burgard  
Post-doctorante

Birte Gülk  
Post-doctorante

LOCEAN-OSU, SORBONNE UNIV.

Sébastien Masson  
Physicien Adjoint

## LES RÉSULTATS DES CHERCHEURS

• Supercalculateur Jean Zay/Jean Zay V100 : 500 000 heures CPU / 5 000 heures GPU • Joliot-Curie/Rome : 1,5 million d'heures CPU

# Modéliser l'océan mondial pour étudier le climat

**L'océan régule le climat terrestre en absorbant chaleur et carbone, et en les redistribuant en profondeur. Modéliser les transports verticaux dans l'océan est donc essentiel pour déchiffrer le climat présent et les futurs possibles. Nos simulations océaniques progressent en fiabilité et efficacité.**

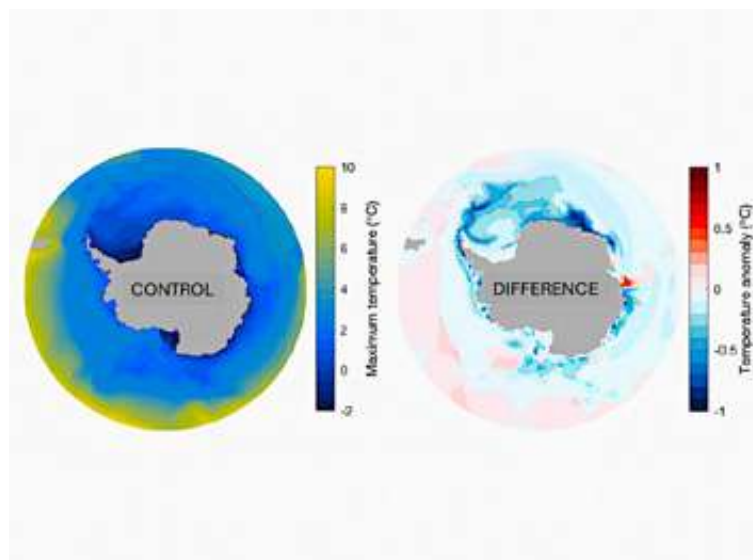
L'océan constitue le réservoir dominant de chaleur, carbone et nutriments dans le système climatique. Il est traversé dans toutes ses dimensions par de grands courants interconnectés, et parsemé de tourbillons et filaments dont la taille varie entre 100 km et 1 m. L'ensemble de ces structures dynamiques contribue à échanger chaleur et substances dissoutes entre la surface océanique et les grandes profondeurs, et ainsi à réguler le climat mondial. Les structures turbulentes de petite échelle spatiale jouent un rôle particulièrement important dans les transports verticaux, et représentent un défi majeur pour la modélisation du climat. En effet, la puissance de calcul disponible ne permet pas de simuler explicitement la turbulence océanique sur les milliers d'années

que requièrent les simulations climatiques. Le défi est donc d'établir des modèles simplifiés qui miment l'effet de la turbulence de petite échelle (< 100 km) sur les plus grandes échelles.

### MIEUX SIMULER L'OcéAN TURBULENT

Nous avons développé de nouveaux modèles simplifiés de la turbulence océanique et optimisé nos simulations numériques de l'océan mondial réalisées avec le code communautaire NEMO. Trois avancées peuvent être soulignées. D'abord, les échanges verticaux dus aux ondes internes de marée sont désormais représentés de manière exhaustive. Nos simulations montrent qu'ils jouent un rôle clef dans l'équilibre thermique des mers qui encerclent l'Antarctique (Figure 1). Ensuite, des représentations émergentes de la macro-turbulence océanique (10-100 km), certaines issues d'apprentissage machine, ont été évaluées et comparées dans une configuration allégée de l'océan mondial. Enfin, le coût calcul de nos simulations a été réduit d'un facteur deux grâce à une optimisation en profondeur du code NEMO.

← **Figure 1** : Température maximale de la colonne d'eau dans l'Océan Austral. À gauche, le maximum sur la verticale de la température de l'eau de mer, telle que simulée par une configuration de l'océan mondial utilisant NEMO. À droite, l'impact d'une représentation plus exhaustive de la turbulence due à la marée sur cette même température. Le maximum de température est plus faible autour de l'Antarctique à cause d'un mélange vertical accru.



CT4

Géophysique 6 astrophysique

INST. RECHERCHE EN ASTROPHYSIQUE & PLANÉTOLOGIE, UMR 5277 - CNRS & UNIV. TOULOUSE



Jean Kempf  
Doctorant



François Rincon  
Chargé de recherche

## LES RÉSULTATS DES CHERCHEURS

• Supercalculateur ADASTRA : 150 000 heures GPU MI250

# Résoudre la dynamique magnétisée dans les amas de galaxie

**L'évolution cosmologique des amas de galaxie est contrainte par la dynamique du plasma chaud qu'ils hébergent. Des simulations 3D à haute résolution de turbulence magnétohydrodynamique stratifiée, dans des régimes de magnétisation typiques des environnements astrophysiques de haute énergie, sont nécessaires pour comprendre ces effets.**

La dynamique du milieu intra-amas (ICM), un plasma chaud ( $T \sim 10^8$  K) et diffus qui émet en rayons X et constitue 15% de la masse des amas de galaxie, joue un rôle clé dans l'évolution des grandes structures cosmologiques. Sa compréhension nécessite de caractériser une turbulence multi-échelle interagissant avec le champ électromagnétique. L'ICM étant magnétisé et peu collisionnel, la conduction thermique s'y fait principalement le long des lignes du champ magnétique dynamique. Cela donne notamment lieu à une instabilité magnéto-thermique (MTI), semblable à de la convection thermique, qui pourrait rendre turbulents les halos d'amas.

Pour décrire finement cette turbulence MTI et en comprendre les effets, nous avons développé un modèle numérique à haute résolution, basé sur le code de dynamique des fluides astrophysiques IDEFIX, d'amas sphérique stratifié, dans un cadre de magnétohydrodynamique de Braginskii anisotrope.

### TRANSPORT DE L'ÉNERGIE ET EFFET DYNAMO

Nous avons montré que l'échelle spatiale et l'intensité de la turbulence MTI augmentent avec la conduction thermique (Fig. a), et conclu à la détectabilité marginale de ces fluctuations turbulentes par le futur observatoire européen X NewAthena/X-IFU (Kempf, Rincon, Clerc, A&A 2023). Nous avons également caractérisé les propriétés du transport radial d'énergie associé, offrant ainsi de nouveaux éclairages sur la thermodynamique des amas (Kempf et Rincon, A&A 2025).

Nous abordons à présent la problématique de l'amplification du champ magnétique par cette turbulence. Nos premières simulations 3D, inédites, d'un tel effet dynamo dans un amas stratifié dans des régimes typiques de très faible résistivité magnétique, sont réalisées sur 256 GPUs pour atteindre des résolutions de 10243 nécessaires à la résolution de plis magnétiques et couches de courant (Fig. b). Elles doivent contribuer à déterminer si une dynamo turbulente dans l'ICM peut amplifier, sur des temps inférieurs à l'âge de l'Univers, des graines cosmologiques minuscules de champ magnétique jusqu'à équipartition énergétique ( $\sim 10 \mu\text{Gauss}$ ) avec la turbulence.



↑ **Figure a.** À gauche : variation de l'échelle d'injection de la turbulence MTI avec la conductivité thermique "κ" (rouge/bleu : chaud/froid). La géométrie dynamique des lignes de champ magnétique délimite des fronts thermiques complexes en raison de la conduction thermique anisotrope. **Figure b.** À droite : intensité du champ magnétique dans une simulation 3D d'effet dynamo MTI. L'anisotropie radiale des structures résulte du forçage par flottaison de la MTI (gravité orientée vers le centre).

CT2a

Écoulements non réactifs & multiphasiques

LABORATOIRE LEGI

Eliott Alloin  
Chercheur post-doctorant



Guillaume Balarac  
Professeur Grenoble-INP/UGA  
Olivier Métais  
Professeur Grenoble-INP/UGA

LES RÉSULTATS DES CHERCHEURS

• Supercalculateur Jean Zay/CSL : 10 millions d'heures de calcul CPU

# Le HPC pour la flexibilité de l'hydroélectricité

**Les pompes-turbines hydroélectriques sont un élément essentiel pour accroître la part d'énergie renouvelable. Des simulations haute-fidélité ont permis d'atteindre un niveau de détail inédit des écoulements mis en jeu, et ainsi mieux comprendre les instabilités limitant leur utilisation.**

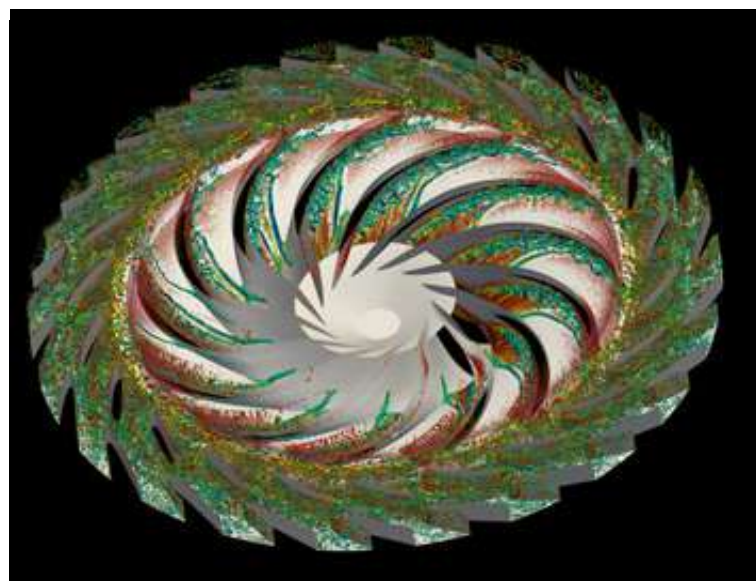
Les pompes-turbines assurent l'équilibre du réseau électrique en stockant l'énergie électrique sous forme d'énergie potentielle en cas de surplus de production et de réinjecter cette énergie en cas de surplus de consommation/déficit de production. Mais à charge partielle en sens pompe, une zone instable apparaît, limitant leur plage de fonctionnement. Comprendre précisément les origines de cette instabilité est essentiel pour élargir les conditions d'utilisation de ces machines. C'est un élément clef pour permettre l'introduction d'une part plus importante de sources d'énergie renouvelable intermittente (éolien, solaire) sans compromettre la stabilité du réseau.

UNE DESCRIPTION EXPLICITE DE LA DYNAMIQUE TURBULENTE

Les simulations statistiques usuelles échouent à capturer cette zone instable. Ainsi, en collaboration avec GE Vernova, des simulations avancées ont été réalisées avec le code HPC YALES2. Ces simulations permettent de décrire explicitement une part importante de la dynamique tourbillonnaire (approche LES). L'originalité a été de simuler l'ensemble de la machine en s'appuyant sur des approches de maillage dynamique pour tenir compte de la rotation de la roue. Des critères physiques d'adaptation de maillage ont également été utilisés pour garantir la validité des simulations. Ces simulations, considérant différents régimes de fonctionnement, ont nécessité près de 10 millions d'heures sur le supercalculateur Jean-Zay (IDRIS).

Ces simulations ont ainsi permis de reproduire les performances mesurées lors de tests expérimentaux, démontrant la pertinence de l'approche. Surtout, elles ont donné accès à une description complète de la dynamique de l'écoulement pour les différents régimes de fonctionnement. L'étude de la dynamique tourbillonnaire à proximité de la roue a ainsi permis de mieux comprendre l'origine des instabilités de fonctionnement apparaissant à charge partielle.

← Structures tourbillonnaires générées à proximité de la roue d'une turbine-pompe hydroélectrique.



CT2b

Écoulements réactifs & multiphasiques

LABORATOIRE EM2C



Stéphane Q. E. Wang  
Doctorant



Christophe O. Laux  
Professeur



Benoît Fiorina  
Professeur

LES RÉSULTATS DES CHERCHEURS

• Supercalculateur ADASTRA/Genoa : 3 millions d'heures CPU

# Comprendre la combustion assistée par plasma

**Les simulations aux grandes échelles de flammes turbulentes stabilisées par plasma, à l'aide d'un modèle phénoménologique de décharges nanosecondes, permettent de reproduire, prédire et comprendre la multiphysique derrière la combustion assistée par plasma, en complément des études expérimentales.**

Répondre au défi climatique nécessite de décarboner les systèmes de combustion et réduire les émissions d'oxydes d'azote. Une approche consiste à brûler des e-carburants, produits à partir de sources d'énergie renouvelables, à une richesse de mélange plus pauvre. Néanmoins, cela mène à des instabilités et extinctions de flammes. Une solution prometteuse pour stabiliser ces flammes pauvres prémélangées consiste à générer des décharges plasma haute tension à la base de la flamme, qui interagissent avec la combustion. En particulier, les décharges Nanosecondes Répétitives Pulsées (NRP), dont l'impact sur la combustion est étudié au laboratoire EM2C, constituent une technique peu énergivore.

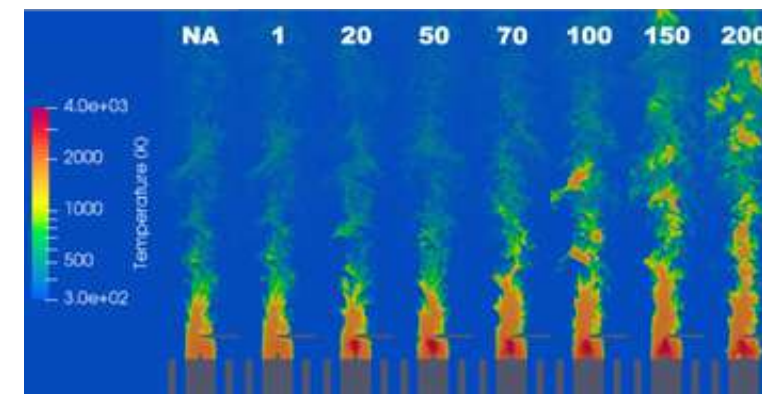
SIMULATION HAUTE-PERFORMANCE ET HAUTE-FIDÉLITÉ

Le calcul haute-performance est complémentaire aux expériences pour explorer les questions fondamentales soulevées par la combustion assistée par plasma. Cependant, du fait de la diversité

d'échelles spatiales et temporelles entre le plasma, la combustion et la turbulence, simuler fidèlement leurs interactions est un enjeu. Les effets thermochimiques induits par les décharges NRP, tels que le chauffage et la dissociation ultra-rapides, impactent fortement le comportement des flammes turbulentes.

Pour réaliser des simulations aux grandes échelles avec des coûts raisonnables, l'effet du plasma sur la combustion est décrit par un modèle phénoménologique développé par les équipes combustion et plasma du EM2C. L'écoulement turbulent et ses interactions avec la chimie complexe de la combustion et le plasma sont alors résolus par le code CFD YALES2 développé au laboratoire CORIA. Les simulations du brûleur Mini-PAC, étudié au EM2C, avec cette modélisation ont permis de quantitativement reproduire les expériences et d'expliquer le mécanisme d'interactions flamme-plasma à l'origine de la stabilisation.

→ Une simulation aux grandes échelles du brûleur Mini-PAC avec le modèle de décharges NRP de Blanchard : champ instantané de température à différents nombres de décharge entre 1 et 200. Les décharges sont appliquées entre les deux électrodes. La flamme non-assistée (NA) est aussi représentée à titre de référence.



CT5

Physique théorique & physique des plasmas

SORBONNE UNIV. - LULI



Anna Grassi  
Maîtresse de conférences



Caterina Riconda  
Professeur



Arseny Mironov  
Chercheur CNRS

CNRS - LULI



Mickael Grech  
Chercheur

UNIV. PLYMOUTH



Anthony Mercuri-Baron  
Postdoctorant

## LES RÉSULTATS DES CHERCHEURS

• Supercalculateur Joliot-Curie/Rome & SKL : 2 millions d'heures

# Cascades QED en lumière extrême

Les simulations aux grandes échelles de flammes turbulentes stabilisées par plasma, à l'aide d'un modèle phénoménologique de décharges nanosecondes, permettent de reproduire, prédire et comprendre la multiphysique derrière la combustion assistée par plasma, en complément des études expérimentales.

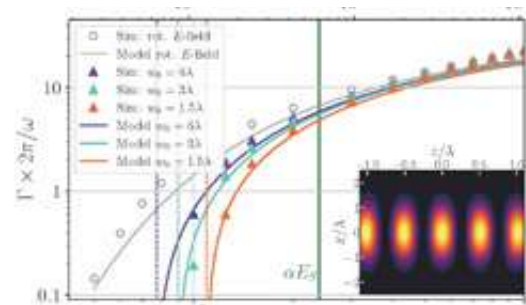
Les plasmas de paires électron-positron relativistes, ou plasmas QED, sont liés à des phénomènes astrophysiques spectaculaires encore mal compris, près des trous noirs ou des étoiles à neutrons. Leur étude en laboratoire pourrait fortement améliorer notre compréhension de ces environnements, ainsi que des effets QED dans l'Univers. Produire de tels plasmas reste cependant un défi car il faut confiner les particules afin d'obtenir une densité suffisante pour que les effets

collectifs dominent les interactions individuelles. Les lasers multi-petawatts comme Apollon (France) ou ELI-beamlines (République Tchèque), avec des intensités  $>10^{23}$  W/cm<sup>2</sup>, ouvrent la voie à ces recherches. Leurs champs peuvent déclencher des processus QED non linéaires – émission de photons  $\gamma$  (Compton) ou création de paires (Breit-Wheeler) – pouvant mener à des avalanches où le nombre de paires croît exponentiellement. Du fait du caractère unique des systèmes laser nécessaires, une modélisation numérique rigoureuse des expériences et des prédictions précises des phénomènes observables sont indispensables pour guider les futures études.

### PLASMAS & QED EN CHAMPS FORTS

Ce travail s'appuie sur le code cinétique SMILEI\* et les ressources de calcul du TGCC. Combinant simulations multidimensionnelles et modélisation analytique, nos études récentes\*\* ont permis de progresser sur la question fondamentale du taux de croissance des avalanches dans des configurations de champs réalistes. Nous avons identifié les critères pour le déclenchement des avalanches et démontré l'existence d'un seuil en intensité. Nos simulations, qui révèlent une dynamique des particules riche, ont permis de déterminer les conditions pour l'obtention d'effets collectifs induits par le plasma de paires comme l'écrantage du champ laser.

\*<https://smileipic.github.io/Smilei/>  
\*\* <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/ac1975> ;  
<https://journals.aps.org/prx/abstract/10.1103/PhysRevX.15.011062>



↑ **Figure** : À gauche, représentation schématique d'une avalanche QED se développant au point focal de deux faisceaux laser contre-propagatifs. À droite, dépendance du taux de croissance de l'avalanche avec le champ laser  $E_0$  et l'intensité laser pour une avalanche se développant dans l'onde stationnaire formée par deux faisceaux gaussiens contre-propagatifs. Les résultats des simulations 3D pour trois largeurs de faisceau ( $w_0$ ) sont représentés par des marqueurs triangulaires. Les lignes pleines représentent notre modèle. Les lignes verticales en pointillés correspondent au champ seuil  $E_0$  pour chaque valeur de  $w_0$  (avec la couleur correspondante). L'encadré montre un instantané du champ électrique (les couleurs les plus claires correspondent à des valeurs de champ plus élevées).

CT9

Physique, chimie & propriété des matériaux

GRENOBLE-INP-UGA/ SIMAP



Noël Jakse  
Professeur  
Sébastien Becker  
Chercheur

CNRS-LIG/UGA

Émilie Devijver  
Chercheuse

INSTITUT FOURNIER, UGA

Rémi Molinier  
Chercheur

## LES RÉSULTATS DES CHERCHEURS

• Supercalculateur Jean Zay, Irene et ADASTRA : 4,3 millions d'heures CPU

# L'IA pour la compréhension de la solidification

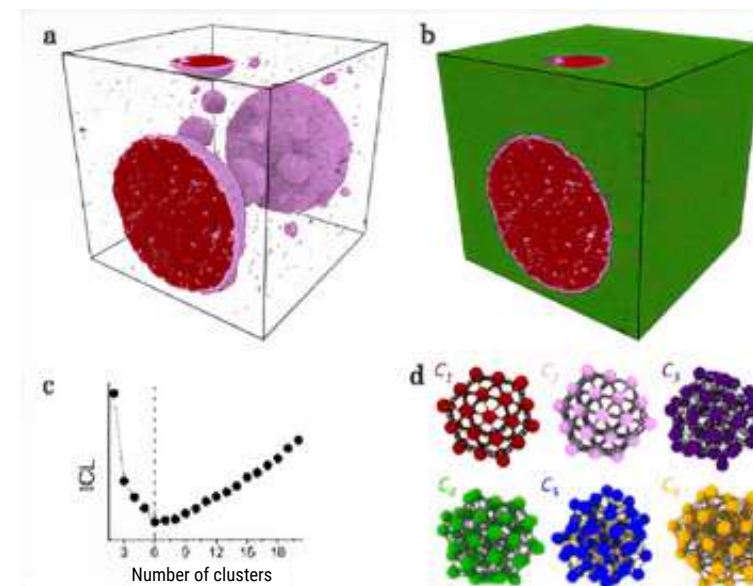
Nous avons développé des méthodes d'apprentissage machine non supervisé combinés à des descripteurs topologiques pour accéder à la compréhension des phénomènes de nucléation cristalline dans les métaux et alliages métalliques.

Les phénomènes de nucléation revêtent une importance fondamentale, technologique et sociétale mais leurs mécanismes les plus intimes restent à élucider. La nucléation cristalline, c'est-à-dire les premières étapes de la transition du liquide vers le solide lors d'une surfusion, débute à l'échelle atomique, sur des échelles de longueur nanométriques et de temps inférieures à la picoseconde, et implique des mécanismes multidimensionnels complexes avec rupture de symétrie, difficilement observables expérimentalement. La dynamique moléculaire avec plusieurs millions d'atomes combinée avec l'IA, révèle des caractéristiques allant au-delà des hypothèses de la théorie classique de la nucléation avec une précision inégalée.

### MÉTHODE & RÉSULTATS

1. Le réalisme de ces simulations intensives repose sur des champs de forces classiques ayant la précision quantique, rendu possible par un apprentissage machine avec des réseaux de neurones de haute dimension sur des simulations ab initio.
2. Les données générées requièrent en post-traitement l'utilisation de méthode de "clustering" pour extraire de façon autonome les structures locales. Elles sont représentées topologiquement par homologie de persistance.

L'un des résultats marquant pour plusieurs alliages est que le liquide est très hétérogène et que la nucléation s'initie dans des zones du liquide possédant l'ordre chimique proche de celui de la structure cristalline. L'étude de la morphologie des germes et leur cinétique croissance deviennent ainsi des enjeux atteignables.



← **Apprentissage non supervisé de la nucléation homogène.** Capture instantanée d'une simulation de dynamique moléculaire : (a) les germes en formation (b) tous les atomes en fonction de leur classification obtenue en clustering, Critère bayésien pour déterminer de manière autonome le nombre optimal de clusters pertinents (c), illustrés en (d). *Scientific Reports (Nature)* **12** 3195 (2022)

CT8

Chimie  
quantique &  
modélisation  
moléculaire

INST. MINÉRALOGIE,  
PHYSIQUE DES  
MATÉRIAUX &  
COSMOCHIMIE –  
SORBONNE UNIV.



Line Mouaffac  
Doctorante



Fabio Pietrucci  
Maître de conférences

MAX PLANCK INST.  
OF BIOPHYSICS



Karen Palacios-  
Rodriguez  
Post-doctorante

## LES RÉSULTATS DES CHERCHEURS

• Supercalculateur Joliot-Curie/ROME : 1 million d'heures CPU • Jean Zay : 500 000 heures CPU

# Prédiction du taux de dissociation des protéines

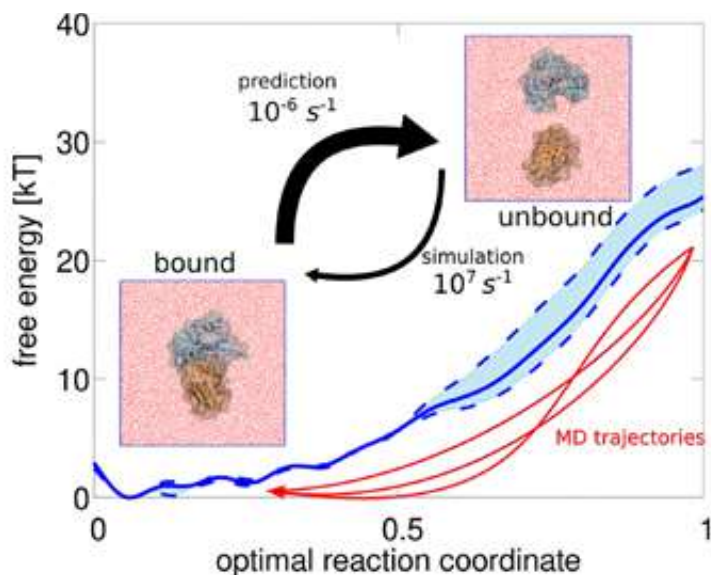
La formation et dissociation de complexes de protéines assure le fonctionnement des cellules et la réponse aux agents pathogènes. Simulations de dynamique moléculaire d'association spontanée du complexe barnase-barstar ont permis, pour la première fois, de prédire la cinétique du processus inverse.

La modélisation des interactions protéine-protéine représente un défi majeur en biophysique, notamment afin de prédire les paramètres cinétiques, cruciaux pour le fonctionnement de la cellule. La possibilité de modifier la cinétique de formation ou dissociation des complexes, en revanche, revête un grand intérêt pharmaceutique. Le complexe barnase-barstar, qui a été largement étudié, sert de modèle pour ces interactions. Le taux d'association expérimental est de l'ordre de 1/100 nanosecondes, alors que le temps de dissociation est de 1/jour, totalement inaccessible aux simulations de dynamique moléculaire classique.

### UNE MÉTHODE CONTRE-INTUITIVE

Pour surmonter ce défi, nous avons généré et exploité 175 trajectoires d'association spontanée, irréversibles *in silico*, pour prédire la dissociation. Notre modèle du complexe barnase-barstar dans l'eau comporte 100,000 atomes, pour un temps total de simulation qui s'élève à 30 microsecondes. Les trajectoires, une fois projetées sur une série de coordonnées de réaction, ont permis la paramétrisation de modèles stochastiques (équations de Langevin) qui fournissent le paysage d'énergie libre et le profil de diffusion représentant la dynamique du système. Les modèles, en s'appuyant sur un récent théorème variationnel, permettent de calculer le taux cinétique pour le processus inverse de celui simulé, c'est-à-dire la dissociation, en accord raisonnable avec les expériences. Cette avancée ouvre la voie à l'étude systématique des mécanismes fondamentaux d'interaction dans de nombreux complexes protéine-protéine, ainsi qu'à une meilleure prédiction quantitative de la cinétique des systèmes biologiques d'intérêt pharmaceutique.

← Paysage d'énergie libre en fonction d'une coordonnée optimale de réaction. La transition simulée est le passage de l'état dissocié (1) à l'état associé (0) du complexe barnase-barstar. Cette transition est asymétrique du point de vue cinétique, avec une barrière d'environ 30 kT et une différence de 13 ordres de grandeur entre les taux d'association et de dissociation. Néanmoins, en exploitant des trajectoires de dynamique moléculaire d'association et une approche d'inférence statistique développée dans notre groupe, on peut prédire avec précision le taux de dissociation.



CT7

Modélisation  
moléculaire  
appliquée à  
la biologie

CNRS



Paulo C.T. Souza  
Chargé de recherche



Luís Borges-Araújo  
Chargé de recherche



Mariana Valério  
Chercheuse  
post-doctorante

## LES RÉSULTATS DES CHERCHEURS

• Supercalculateur Joliot-Curie/ROME : 1 349 760 heures CPU

# Nanoparticules lipidiques, santé et HPC

Grâce à des simulations de dynamique moléculaire multi-échelle sur supercalculateurs, nous avons développé des modèles et outils pour favoriser la conception et l'optimisation *in silico* des nanoparticules lipidiques, clés pour la délivrance de vaccins et thérapies géniques.

Les nanoparticules lipidiques (LNPs) sont des vecteurs essentiels pour la délivrance d'ARN messager, en particulier dans les vaccins ou les thérapies géniques. Leur efficacité dépend d'un équilibre précis entre plusieurs lipides aux rôles distincts.

La conception rationnelle reste difficile en raison de leur sensibilité structurelle aux environnements biologiques, tels que le pH ou les interactions avec la membrane de la cellule cible pour la délivrance. Grâce au calcul intensif, notre équipe a modélisé l'autoassemblage des LNPs et leur organisation structurelle, en utilisant le champ de force *coarse-grained* Martini 3.

### CONSTITUTION D'UNE LIBRAIRIE VALIDÉE

Nous avons réalisé des centaines de microsecondes de simulation, en testant près de 1000

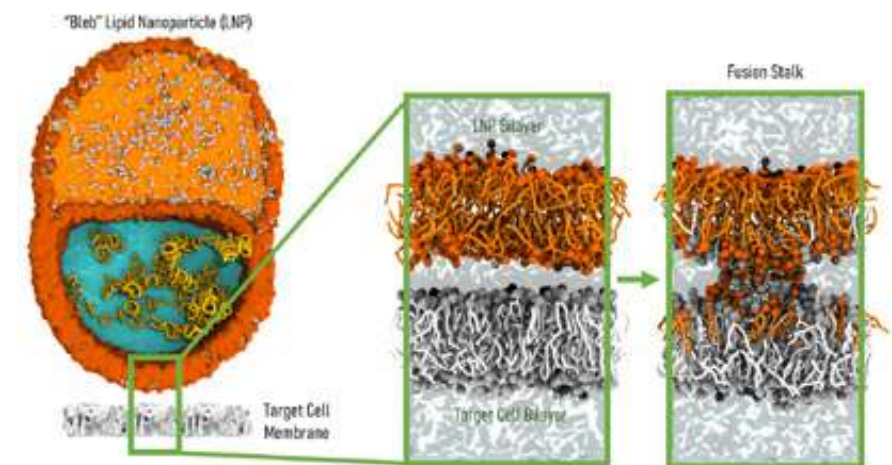
compositions de LNPs, en variant le composant lipidique ionisable. Ces données ont permis de constituer une librairie validée de propriétés lipidiques, corrélables à l'efficacité expérimentale de la délivrance d'ARN. En simulant le comportement des LNPs dans divers environnements physiologiques, nous avons observé des mécanismes critiques comme la fusion membranaire induite par acidification, première étape importante de la délivrance cellulaire.

Ces résultats offrent une base quantitative pour guider l'ingénierie de formulations LNP plus sûres et plus efficaces pour les applications biomédicales. À terme, l'intégration d'approches basées sur l'IA accélérera encore la découverte et le criblage de formulations, en s'appuyant sur des collaborations étroites entre l'industrie et le monde académique.

### Structure et mécanisme de fusion d'une nanoparticule lipidique (LNP) « bleb » à phase séparée.

(Gauche) Une LNP « bleb » présente une compartimentation interne : un noyau aqueux contenant l'ARN (jaune) et des ions (cyan), ainsi qu'un compartiment lipidique riche en lipides ionisables neutres (orange clair) et en cholestérol (blanc), entouré d'une coque de lipides ionisables chargés (orange foncé). La LNP s'approche de la membrane cellulaire cible (gris, en bas).

(Droite) Vues rapprochées des bicouches de la LNP (haut) et de la membrane cellulaire (bas) avant (gauche) et après (droite) la fusion. La fusion est déclenchée dans l'endosome acide par la protonation des lipides ionisables et débute par la formation d'un col de fusion.



CT3

Biologie et santé

ASCII CMAP-  
INRIA-ÉCOLE  
POLYTECHNIQUE

Denis Talayv  
Directeur de recherche  
INRIA

Carl Graham  
Chargé de recherche  
CNRS

Quentin Cormier  
Chargé de recherche  
INRIA

Maxime Colomb  
Ingénieur

Josselin Garnier  
Professeur

UMR LASTIG-UGE-  
IGN-ENSG-EIVP

Julien Perret  
Directeur de recherche  
IGN

TRiBE INRIA

Aline Carneiro Viana  
Directrice de recherche  
INRIA

Razvan Stanica  
Professeur associé  
(INSA Lyon)

GRESS-INSERM

Philippe Ravaud  
Professeur

Raphael Porcher  
Professeur

Viet-Thi Tran  
Professeur

## LES RÉSULTATS DES CHERCHEURS

• Supercalculateur Joliot-Curie/ROME : 1 million d'heures

# Contrôler les épidémies grâce à des jumeaux numériques

**Générer d'une façon précise et réaliste une population, ses trajets, et les contaminations entre individus, afin de simuler la diffusion de divers pathogènes et permettre aux pouvoirs publics d'évaluer et comparer les effets des différentes mesures sanitaires ciblées.**

Selon D. Adam (*Nature*, 2020), parmi toutes les recherches menées pendant la pandémie de COVID-19, les modélisations épidémiologiques ont probablement eu l'impact le plus direct et le plus significatif sur les politiques de santé et sur la vie des citoyens. Cependant, si le moment des décisions a souvent reposé sur des modélisations, les modalités et la nature des décisions ont, pour la plupart été prises sur la base de preuves faibles ou inexistantes et avec peu d'information quantifiée sur leurs bénéfices, leurs risques, et sur les alternatives possibles.

Le projet *ICI* construit des jumeaux numériques de territoires et de leurs populations. En intégrant des données multiples sur la population (densité, composition, etc.), les individus (âge, profession, liens sociaux, etc.) et l'environnement (géographie, organisation urbaine, transports, etc.), le modèle individu-centré d'*ICI* permet de simuler des propagations d'épidémies au sein d'une ville ou d'une région.

### ÉVALUER L'EFFICACITÉ DES POLITIQUES DE SANTÉ

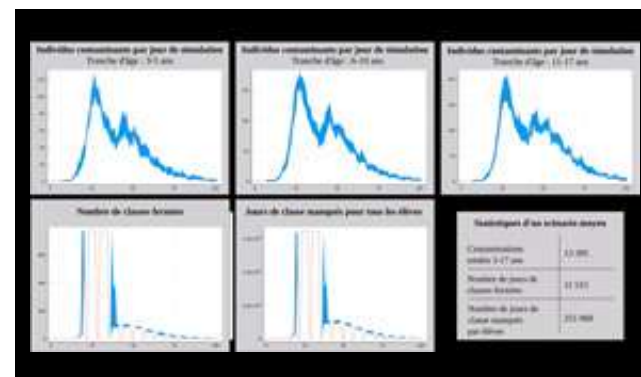
*ICI* a l'ambition de permettre aux autorités de santé d'évaluer de manière différenciée l'efficacité de politiques de santé durant les épidémies, d'estimer les effets de différentes interventions de santé publique de manière ciblée par territoire et par sous-population, de guider finement les décisions sanitaires, et de préparer des offres de soin adaptées aux prochaines pandémies.

L'allocation GENCI a permis de réaliser des simulations massives de propagation d'épidémies par aérosols sur les 20 arrondissements de Paris. Les résultats de nos campagnes de simulations Monte Carlo sont consultables sur l'application web <https://ici.saclay.inria.fr/dist/>.

*ICI* ayant été retenu parmi les projets prioritaires du programme Inria-IGN-Cerema de jumeau numérique de la France et de ses territoires, les simulations vont désormais être étendues à de multiples territoires avec leurs populations diverses et à des épidémies variées.



Scénario peu strict de fermeture des écoles sur le 11<sup>ème</sup> arrondissement de Paris, Classes fermées pour 10 jours quand le taux d'incidence est > 770.



CT10

Modélisation moléculaire appliquée à la biologie

INRIA

Pierre-Yves Oudeyer  
Directeur de recherche

Clément Romac  
Doctorant

Thomas Carta  
Doctorant

Loris Gaven  
Doctorant

Julien Pourcel  
Doctorant

Grgur Kovac  
Doctorant

Marko Cvjetko  
Doctorant

Olivier Clerc  
Post-doctorant

Sina Khajehabdollahi  
Post-doctorant

Ludovic Matar  
Ingénieur de recherche

Gauthier Hamon  
Doctorant

Jeremy Perez  
Doctorant

Timothée Boulet  
Doctorant

Clément Moulin-Frier  
Chargé de recherche

## LES RÉSULTATS DES CHERCHEURS

• Supercalculateur Jean Zay/CSL : 300 000 heures CPU • Jean Zay/A100 : 200 000 heures • Jean Zay/V100 : 200 000 heures  
• Jean Zay/H100 : 220 000 heures • ADASTRA/MI250X : 45 000 heures

# Agents curieux en IA générative

**Notre projet développe des agents IA autonomes basés sur les LLMs. Grâce aux ressources GENCI, nous avons créé un agent capable d'apprendre par interaction avec un monde virtuel et de sélectionner ses propres tâches d'apprentissage via des modèles de curiosité.**

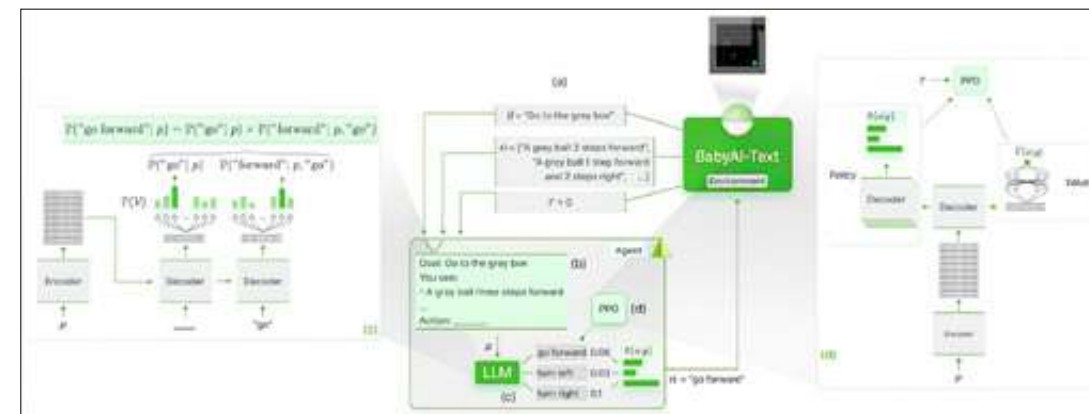
Un défi majeur de l'IA est de concevoir des agents capables d'apprendre et d'explorer de manière autonome, tout en étant guidés et compris par des humains via des interactions riches en langage naturel. Bien que les agents curieux soient étudiés depuis longtemps, ils restent très limités, tant dans leur guidage par l'humain. L'arrivée récente des LLMs ouvre cependant une nouvelle perspective : capables de résoudre des tâches complexes et de communiquer en langage naturel, ils apparaissent comme d'excellents candidats pour des agents curieux. Néanmoins, rendre ces agents LLM véritablement curieux reste un défi ouvert.

### CHALLENGES ET AVANCÉES

Les méthodes permettant à des agents curieux d'explorer et d'apprendre de manière autonome reposent sur l'exploration d'un vaste espace de tâches. Or, intégrer des LLMs – déjà très gour-

mands en ressources de calcul – dans de tels agents curieux exige un accès massif à des GPUs. Grâce à l'utilisation des ressources de GENCI, nous avons réalisé plusieurs travaux pionniers dans le développement d'agents LLM curieux. Nous avons notamment proposé la première méthode permettant à un agent LLM d'apprendre, en interagissant de manière autonome avec un monde virtuel, à réaliser des tâches et à ancrer ses connaissances sur les règles physiques régissant cet environnement. Cette année, nous sommes allés plus loin en permettant à un tel agent LLM de choisir lui-même, via nos modèles de curiosité, les tâches qu'il souhaite apprendre. De plus, nous avons développé un agent capable de générer et résoudre des problèmes de programmation de manière variée, en s'appuyant sur nos modèles de curiosité.

<https://proceedings.mlr.press/v202/carta23a.html>  
<https://arxiv.org/abs/2502.07709>



Détail de la méthode GLAM (*Grounded LLanguage Models*) permettant le développement d'agents IA autonomes basés sur les LLM via un environnement d'apprentissage par renforcement (RL) textuel interactif nommé *BabyAI-Text*.

LA COMMUNAUTÉ DES INDUSTRIELS

# Projet ARDNA, une collaboration au service du stockage géologique long terme des déchets radioactifs

**Le projet ARDNA est le fruit d'une collaboration entre recherche publique et privée. Dans son Laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne, l'Andra étudie le potentiel de l'intelligence artificielle (IA) pour améliorer le suivi de l'état de la roche autour des démonstrateurs d'ouvrages de stockage après leur creusement.**

Le projet ARDNA (*AI Research on Data for Nuclear Application*), sélectionné fin 2021 par l'État dans le cadre du plan France Relance en tant que lauréat de l'appel à projets de soutien à l'investissement et à la modernisation de la filière nucléaire, a été mené en partenariat avec Aquila Data Enabler, cabinet de conseil et de R&D spécialisé en IA et pilote du projet, l'Andra (*Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs*), établissement public chargé de la gestion à long terme des déchets radioactifs produits en France, et SpotLight, startup DeepTech lauréate de l'appel à projets I-Nov 2020, spécialisée dans l'analyse de données sismiques pour le monitoring prédictif des sites de stockage du CO<sub>2</sub> (*CO<sub>2</sub> CCS – Carbon Capture and Storage*).

Soutenu par les pôles de compétitivité Avenia (géosciences) et Nuclear Valley (nucléaire), le projet avait pour objectif d'évaluer l'intérêt de l'IA pour le contrôle non destructif de la réponse mécanique des argilites lors

du creusement, en complément des méthodes classiques d'inversion sismique, particulièrement coûteuses en temps de calcul. Plus précisément, les travaux ont porté sur la capacité de l'IA à estimer la distribution spatiale des vitesses de propagation des ondes sismiques dans la roche à partir d'enregistrements acquis à l'aide de capteurs tels que des géophones, des accéléromètres ou des fibres optiques DAS. Ces vitesses de propagation sont liées aux propriétés mécaniques des argilites et constituent l'un des paramètres utilisés pour caractériser l'état de la roche autour des ouvrages. Le suivi de la réponse mécanique des argilites au creusement, qui peut modifier localement leurs propriétés constitue un aspect essentiel des recherches menées sur le stockage géologique profond.

**AIDE À LA SURVEILLANCE DES OUVRAGES SOUTERRAINS**

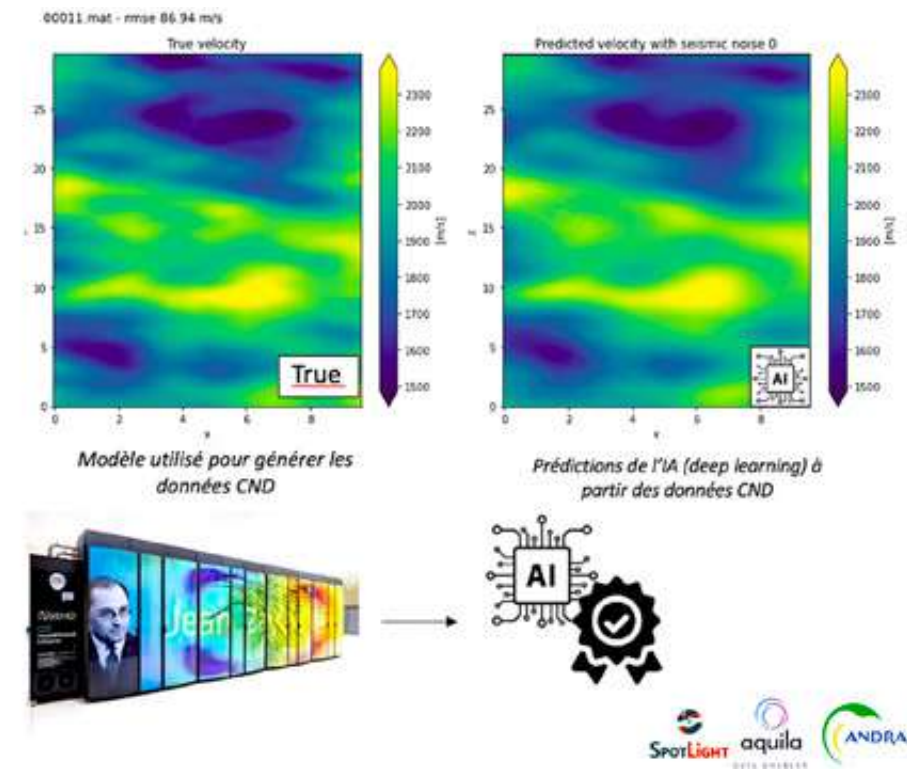
Les développements se sont appuyés sur les expériences géophysiques menées au sein du laboratoire afin de dé-

montrer la faisabilité d'un outil d'aide à la surveillance des ouvrages souterrains, dans la perspective industrielle de Cigéo (*Centre industriel de stockage géologique*), futur site d'enfouissement profond, situé à environ 500 m de profondeur, destiné au stockage des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue (HA et MAVL) produits par l'ensemble des installations nucléaires françaises.

Dans le cadre du projet ARDNA, une base d'apprentissage constituée de plusieurs milliers de modèles 2D



→  
Comparaison entre le modèle de référence (à gauche) et les prédictions obtenues par l'IA (à droite).



(images) représentant la distribution spatiale des vitesses de propagation des ondes P dans la roche a été générée à l'aide d'un simulateur de champs gaussiens aléatoires. Pour chacun de ces modèles, la propagation des ondes sismiques a été simulée à l'aide d'une méthode numérique basée sur les différences finies, permettant de calculer la réponse sismique complète du milieu. Les sorties de ces simulations correspondent à des enregistrements temporels équivalents à ceux qui seraient enregistrés au laboratoire souterrain de l'Andra. Ces enregistrements simulés ont été utilisés pour entraîner un modèle d'apprentissage profond reposant sur une architecture U-Net, afin d'apprendre à reconstruire les champs de vitesses à partir des signaux sismiques. L'entraînement a été réalisé sur des ressources de calcul intensif, notamment la machine Jean Zay (GENCI – IDRIS), en raison du volume important de données et de la complexité du modèle. Les résultats obtenus sur données simulées

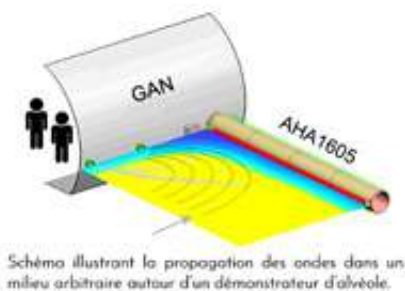
indiquent que les champs de vitesses prédits par le modèle d'IA sont cohérents avec ceux issus des méthodes d'inversion sismique classiques, les évaluations ayant été réalisées sur des jeux de données indépendants, distincts de ceux utilisés pour l'apprentissage.



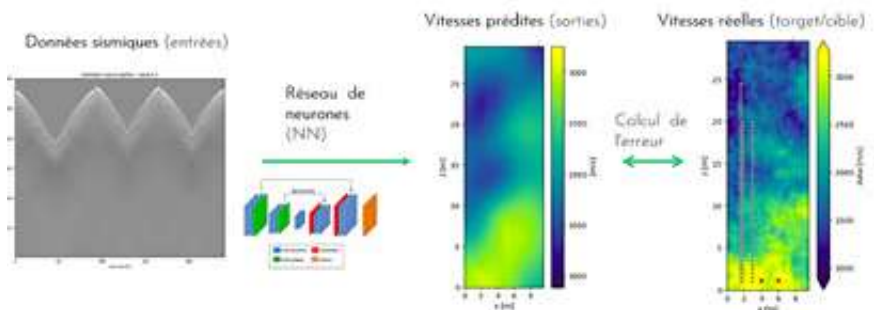
L'apprentissage profond sur Jean Zay nous permet ensuite d'inférer des cartes de vitesses de propagation sismique avec la même précision que les méthodes classiques, mais en une fraction de seconde.

**Julien COTTON,**  
Chef du service Chaîne de Données et Digital  
à la Direction scientifique et technique de l'Andra





←  
**En haut à gauche** : Photo prise au Laboratoire souterrain de l'Andra, devant un démonstrateur d'Alvéole HA.  
**En haut à droite** : Schéma conceptuel illustrant la propagation des ondes dans la roche autour du démonstrateur.  
**En bas** : Principe de l'entraînement du modèle d'IA.



Ces résultats permettent de considérer que la méthodologie développée est validée dans le cadre des simulations et qu'un modèle d'apprentissage profond peut être utilisé comme méthode rapide d'inversion des vitesses de propagation des ondes P à partir d'enregistrements sismiques. Toutefois, cette conclusion reste limitée aux jeux de données synthétiques.

**MÉTHODOLOGIE DÉVELOPPÉE VALIDÉE**

Les essais menés sur données réelles n'ont pas permis d'obtenir des résultats pleinement satisfaisants, ce qui était en partie anticipé. Plusieurs facteurs expliquent ces difficultés. D'une part, l'illumination du milieu est limitée en raison du faible nombre de capteurs, du nombre restreint de points sources et de la couverture azimutale réduite, ce

qui ne permet pas de sonder correctement le volume de roche investigué. D'autre part, la présence de bruit dans les enregistrements réels, incluant notamment des phénomènes d'aliasing, dégrade le rapport signal sur bruit et complique la reconstruction précise des champs de vitesses. De plus, l'utilisation de simulateurs 2D pour générer les données d'apprentissage, alors que la propagation des ondes est tridimensionnelle sur le terrain, introduit un écart entre les conditions simulées et les conditions réelles. Enfin, la représentation de l'ondelette source dans les simulations reste une approximation, ce qui peut également limiter la capacité du modèle à se généraliser.

En dépit de ces difficultés, le projet ARDNA, achevé en mai 2025, a permis

de valider la méthodologie développée pour l'estimation rapide des champs de vitesses à partir d'enregistrements sismiques. Les résultats obtenus sur jeux de données simulées montrent que, dans un cadre contrôlé, l'apprentissage profond permet d'obtenir des performances comparables à celles des approches d'inversion classiques, avec des temps de calcul nettement réduits. Ces travaux ouvrent également des perspectives opérationnelles pour la planification des campagnes d'acquisition : la méthodologie pourrait être utilisée pour évaluer, en temps quasi réel, différentes configurations de sources et de capteurs, afin d'optimiser l'illumination du milieu et de préparer les futures acquisitions.



**POUR EN SAVOIR PLUS SUR LE PROJET**

# L'environnement de GENCI



**MINI-SOMMAIRE**

**p.56**  
 Vers la création d'une infrastructure de recherche

**p.58**  
 GENCI participe à EPI-SGA2 et à EUPEX

**p.64**  
 Notre organisation interne

**p.57**  
 EPICURE, service support à l'échelle européenne

**p.60**  
 Vers une gestion renforcée, éthique et dématérialisée des processus internes

**p.65**  
 Les membres des comités et des commissions

**p.66**  
 GENCI EN 2025

**GENCI EN RÉGION / Projet Mesonet**

POUR  
EN SAVOIR PLUS  
SUR MESONET



# Vers la création d'une infrastructure de recherche

**Le projet Mesonet (2021-2027) consiste en une fédération de mesocentres régionaux. Objectif : renforcer la structuration des offres nationales et régionales en simulation numérique, par le calcul haute performance (HPC), associé à l'intelligence artificielle (IA) et au calcul quantique. La spécificité : l'accompagnement de proximité.**

Le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche soutient la création d'une Infrastructure de Recherche ayant la vocation de structurer et porter dans la durée une Offre de service numérique de calcul et de traitement des données scientifiques pour l'ESR Français, insérée dans une offre à l'échelle internationale. Cette solution aurait l'avantage d'une part de rationaliser les investissements publics en moyens humains et financiers pour le secteur du numérique dans l'ESR et d'autre part, d'offrir aux utilisateurs nationaux et européens via EGI et EOOSC un catalogue de services unique et lisible auquel les initiatives locales pourront s'associer.

HTC, HPC et IA pour un public large. L'objectif est de mettre en place d'une offre complète, en mode cloud, via une structure opérationnelle fédérée (mutualisée, rationalisée, avec un principe de dévolution) qui couvre les besoins des utilisateurs en traitement massif de la donnée HPC, HTC, IA et Quantique, depuis l'accès à des ressources de calcul et stockage régionales et des accompagnements, jusqu'à l'accès aux ressources nationales et européennes. Il s'agit également de contribuer à pallier l'insuffisance du vivier national de compétences dans le domaine du numérique en offrant des services nécessaires aux formations initiales et continues et en maintenant un groupe d'experts répartis sur tout le territoire, et en développant interactions, complémentarités.

**MISE EN PLACE D'UNE OFFRE COMPLÈTE**

Une proposition a été travaillée durant l'année 2024 par les partenaires de Mesonet et de France Grilles afin de mettre en commun des services complémentaires au bénéfice des communautés scientifiques et enseignantes. Ces acteurs portent historiquement les services de type Cloud ou grille, de stockage distribué et les services de type

## LIEN AVEC LES ENTREPRISES

Le *Compétence Center français (CC-FR)* s'appuie sur les ressources des mésocentres de MesoNET participants pour proposer la réalisation de preuves de concept (PoC) sur les moyens de calcul (cf. illustration). Le CC-FR est également très actif sur les actions de sensibilisation et sur la dissémination de formations et de webinaires en direction des entreprises et du secteur académique.

Liste des partenaires MesoNET.



Un réseau de 21 partenaires régionaux coordonné par GENCI

**GENCI EN EUROPE**

# EPICURE, service support à l'échelle européenne

**EPICURE (*Eurohpc aPpLiCation sUpport pRojEct*) est un projet financé par EuroHPC. Sa mission est de mettre en place un service de support applicatif (Application Support Team) distribué à l'échelle européenne pour le calcul haute performance.**

Le projet a débuté le 01 février 2024 pour une durée de quatre ans. Il réunit des chercheurs et des experts venant de tous les centres de calculs d'hébergeant actuellement ou dans les prochains mois des calculateurs EuroHPC.

Un second volet du projet EPICURE est l'organisation de formations spécifiques sur les architectures machine, de hackathons, de webinaires et d'ateliers. Dans la perspective de l'arrivée du calculateur Alice Recoque, GENCI est partenaire du projet EPICURE, le CINES participe également au projet en tant que partenaire tiers de GENCI.

POUR  
EN SAVOIR PLUS  
SUR LE PROJET



Réunion de lancement du projet EPICURE

## COMMENT OBTENIR UN SUPPORT DES EXPERTS D'EPICURE ?

Vous avez besoin d'optimiser votre code sur les supercalculateurs EuroHPC ? EPICURE peut vous proposer ses services.

- **QUI PEUT EN BÉNÉFICIER ?**  
Un projet peut obtenir du support d'EPICURE s'il bénéficie d'une allocation de ressources sur un calculateur d'EuroHPC.
- **QUELLE EST LA DURÉE DU SUPPORT ?**  
Il peut durer entre 3 et 12 mois en fonction des actions à mener.
- **COMMENT FAIRE LA DEMANDE ?**  
Les porteurs de projets peuvent faire une demande de support à travers le portail développé par EPICURE (<https://pm.epicure-hpc.eu/support/request>).



**GENCI EN EUROPE**

# GENCI participe à EPI-SGA2 et à EUPEX

**L'enjeu des projets EPI-SGA2 ET EUPEX : la définition d'une deuxième génération de processeur européen et de son accélérateur, véhicules vers l'Exascale pour la France.**

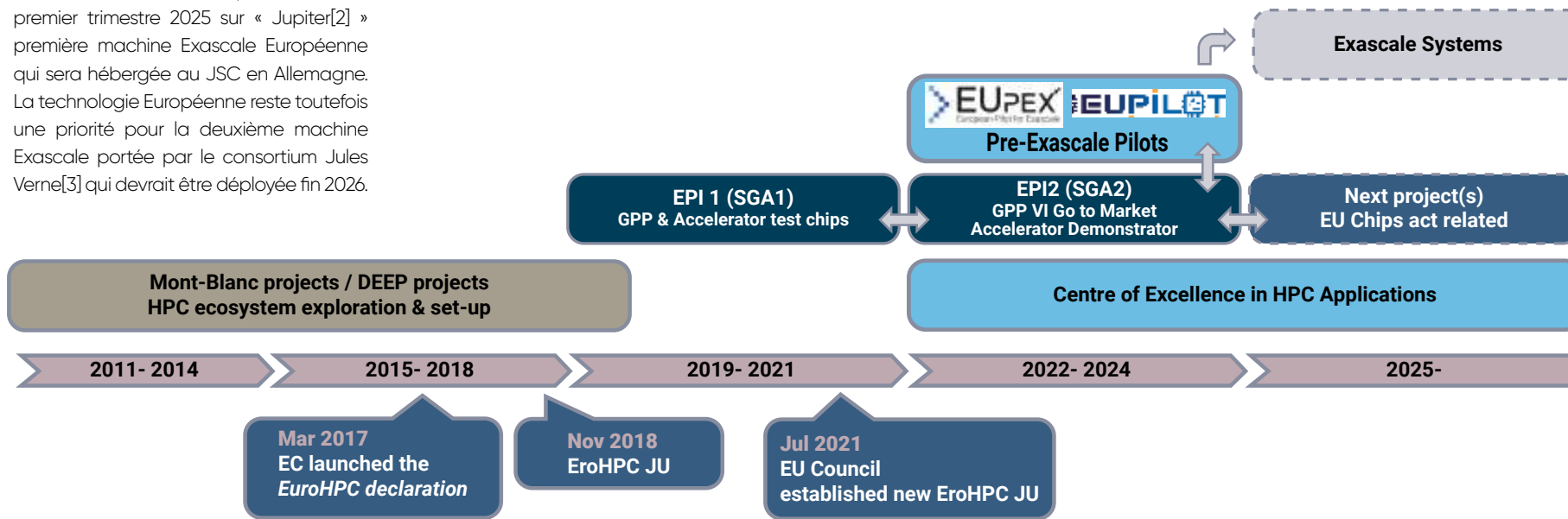
Dans la continuité du 1<sup>er</sup> volet du projet EPI (European Processor Initiative) dit SGA1, l'Europe poursuit son support à la définition de la deuxième génération du processeur européen et de son accélérateur en engageant un financement de 70 M€ dans le projet EPI SGA2 qui a démarré en février 2022 pour une durée de 3 ans. EPI-SGA2 s'inscrit dans la vision du « Chip Act » européen[1]. Le retard de feuille de route de SiPearl s'est aggravé en 2024 et la disponibilité de RHEA1 est compromise pour le déploiement annoncé dans le rapport d'activité 2023 de 4000 processeurs au premier trimestre 2025 sur « Jupiter[2] » première machine Exascale Européenne qui sera hébergée au JSC en Allemagne. La technologie Européenne reste toutefois une priorité pour la deuxième machine Exascale portée par le consortium Jules Verne[3] qui devrait être déployée fin 2026.

**OBJECTIF SOUVERAINETÉ TECHNOLOGIQUE**

Le projet EUPEX (*EUropean Pilot for Exascale*) démarré début 2022, s'inscrit dans la vision du développement de technologies souveraines qui pourront équiper les futures architectures Exascale européennes. Cofinancé par la Joint Undertaking EuroHPC ainsi que la France (via Bpifrance), l'Allemagne, l'Italie, la Grèce, la République tchèque et la Croatie, il est doté d'un budget de 40,8 M€ sur 4 ans et regroupe industriels et académiques (dont en France Atos, le CEA, Inria, GENCI et la PME

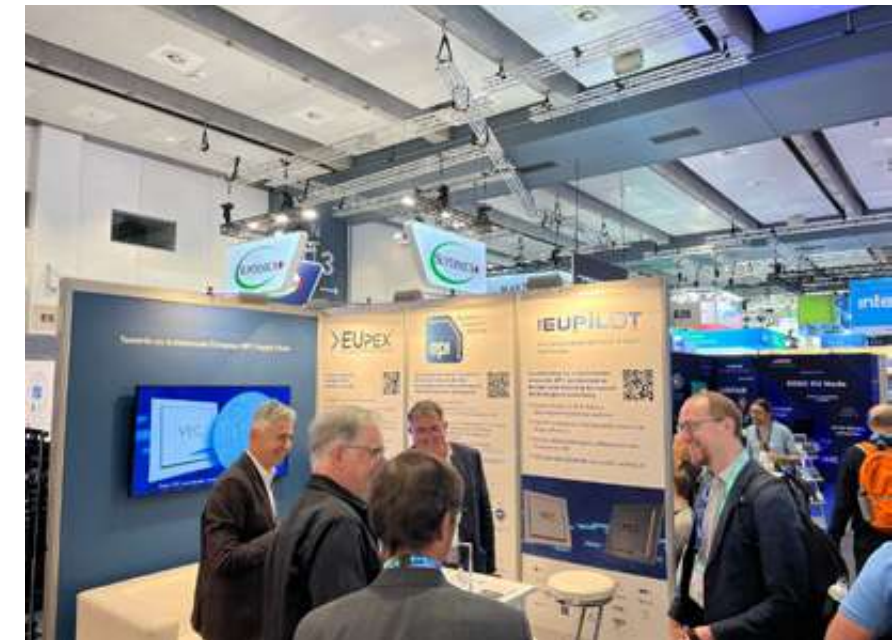
CybeleTech). EUPEX a pour objectif de déployer les premiers systèmes pilotes pour le HPC intégrant notamment le processeur issu du projet EPI. C'est dans cette perspective que le processeur RHEA de la société européenne SiPearl est attendu. EUPEX, EPI et EUIPLOT[4] (projet connexe) œuvrent de concert dans un objectif de souveraineté (le stand commun à ISC24 en atteste !).

- 1 - [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/STATEMENT\\_22\\_891](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/STATEMENT_22_891)
- 2 - <https://www.fz-juelich.de/en/ias/jsc/jupiter>
- 3 - <https://www.genci.fr/exascale>
- 4 - <https://eupilot.eu/>



← Workshop EUPEX à Heraklion.

↓ EUPEX, EPI et EUIPLOT ont fait stand commun lors d'ISC24.



**LA SOCIÉTÉ CIVILE GENCI**

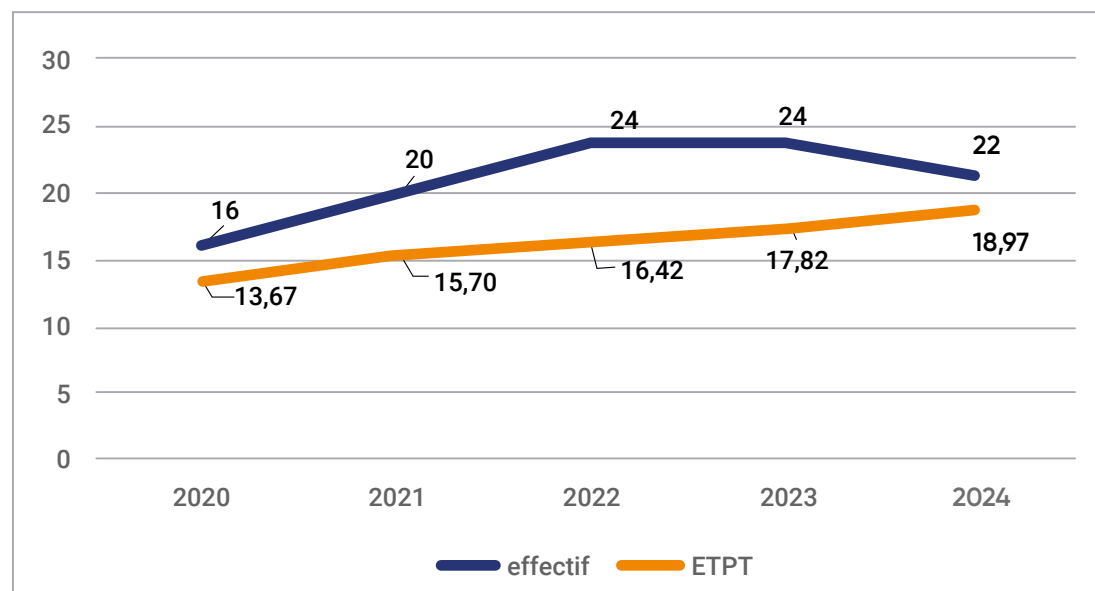
# Vers une gestion renforcée, éthique et dématérialisée des processus internes

**GENCI a poursuivi les efforts engagés depuis 2020 sur la voie de la dématérialisation des processus internes et leur amélioration continue et la mise en place de chartes internes.**

Dans le même esprit que la mise en place des outils de signatures électroniques pour les différents engagements de GENCI, un travail approfondi a été mené afin d'organiser la chaîne des engagements de dépenses avec les différents responsables de budgets en la faisant reposer sur des délégations de pouvoirs permettant d'engager GENCI selon un cadre précis

et un niveau de dépenses adapté dans le respect des règles de la commande publique. Ce dispositif dont l'objectif de déploiement est prévu pour le début d'année 2025 sera précédé par des sessions de formation du personnel. Dans cet engagement de l'amélioration et la sécurisation des processus internes, deux nouvelles chartes internes sont entrées en vigueur fin 2024 :

- **Une charte relative aux bonnes pratiques des processus achats** dans l'objectif d'assurer la conformité juridique des procédures de passation et garantir le respect des grands principes de la commande publique, de veiller à la bonne utilisation des deniers publics, de promouvoir des achats responsables (intégrant notamment le développement durable,



← Évolution des effectifs de GENCI depuis 2020



Avec la mise en place de nouveaux outils et processus, GENCI s'engage encore plus pour des achats responsables et une conduite éthique, au service de la transparence et de la confiance.

**Edouard BRUNEL**  
Secrétaire Général de GENCI



l'insertion sociale...) et de protéger GENCI et ses salariés, en favorisant l'adoption de bonnes pratiques.

- **Une charte de déontologie afin de rappeler les règles de bonne conduite** à respecter par le personnel afin de prévenir tout type d'infraction, de fraude ou de délit dans leurs interactions avec les partenaires externes et de prévenir les possibles conflits d'intérêts. Elle s'adresse à tous les salariés GENCI, à tous niveaux de responsabilité, en les invitant à agir avec éthique et probité dans le cadre de leur activité professionnelle, tout en préservant l'image de GENCI.



**COMPTE ÉPARGNE TEMPS ET PLAN D'ÉPARGNE RETRAITE SALARIÉ**

À la demande des Associés, GENCI a revu sa politique de report de congés payés en mettant en place une charte relative aux règles de prise des congés payés appliquant strictement à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2024 les stipulations de la convention Collective des Bureaux d'Études Techniques, Cabinets d'Ingénieurs Conseils et Sociétés de Conseils du 15 décembre 1987, étendue par arrêté du 13 avril 1988.

Pour accompagner ce changement de paradigme, GENCI a mis en place un compte épargne temps permettant de placer un certain nombre de congés non utilisés dans l'année concernée. Ce dispositif a été couplé avec un plan d'épargne retraite dans l'objectif de fidéliser le personnel et de lui permettre de constituer un complément de revenus.

## LA SOCIÉTÉ CIVILE GENCI

L'activité juridique et financière de GENCI a connu une forte inflation en 2024.



Sur le plan des ressources humaines, les activités autour des projets CLUSTER, DALIA, EUPEX, HPCQS, EUROQCS et HQI, au montage juridique et financier parfois complexe, ont très fortement mobilisé les équipes GENCI au niveau technique, administratif, juridique et financier avec notamment les installations en cours ou à venir des machines quantiques.

Les équipes de GENCI ont été également fortement impliquées sur le projet Exascale avec les négociations techniques, juridiques, fiscales et financières sur les documents contractuels avec EuroHPC (*Hosting Agreement, Administrative Agreement, Grant Agreement, Consortium Agreement*) et la rédaction des documents de consultation des entreprises dans le cadre du dialogue compétitif lancé en fin d'année afin de choisir le prochain fournisseur pour la machine exaflopique française qui sera installée au CEA.

À ces grands projets s'ajoute celui de la rationalisation du dispositif eDARI dont il a été demandé que la gestion et le fonctionnement soient sécurisés. L'ensemble des activités techniques et juridiques présentées ci-dessus s'ajoute aux activités récurrentes de GENCI particulièrement soutenues sur l'année. GENCI a multiplié les projets juridiques avec les différents centres entraînant

une inflation de l'activité juridique et financière : conventions avec les centres, notamment pour l'accueil de la machine exaflopique au CEA et phases de recettes associées dans le cadre de renouvellement des moyens de calcul des centres (calculateur ADAstra au CINES et Jean Zay à l'IDRIS). Une intense réflexion juridique et fiscale a été menée pour d'une part préparer les conditions d'accueil et de ventes d'heures des moyens de calcul de GENCI auprès des utilisateurs privés et d'autre part, réinterroger son modèle fiscal au regard de la TVA. Ces activités variées et intenses sou-

lignent la charge de travail toujours importante à laquelle les équipes de GENCI sont soumises.

**GENCI a connu 1 départ et 1 arrivée, pour un effectif de 22 personnes.** En 2024, GENCI a recruté un nouveau salarié pour le poste de « Chef de projet Infrastructure » au Pôle Opération. Un salarié au pôle Technique et Innovation a quitté la société en avril 2024. Ainsi, en tenant compte des arrivées et des départs en cours d'année et des absences pour maladie (à partir d'une durée minimum d'un mois), le nombre d'ETPT (équivalent temps plein travaillé)



En 2024, GENCI a renforcé sa communication en défendant sa marque, son image et sa renommée face à des dépôts de marques concurrentes et à des campagnes de dénigrement en ligne. Parallèlement, l'organisation a poursuivi ses actions de conformité, notamment en matière de protection des données personnelles et de respect du RGPD.

**Marieke PODEVIN,**

Déléguée à la protection des données (DPO) de GENCI



s'établit à 18,97. Le tableau ci-dessous présente une vue de l'évolution des effectifs de GENCI de 2020 à 2024.

### DÉFENSE DE LA MARQUE, PROTECTION DE SA RENOMMÉE ET SON RAYONNEMENT

GENCI a été particulièrement sollicité sur les aspects communication, poursuit la défense de sa marque et surveille, accompagnée par son CPI (Conseil en propriété Industrielle), tout au long de l'année les dépôts de marques potentiellement concurrentes et forme régulièrement des oppositions.

Dans le cadre de ses activités de communication et notamment de sa présence au titre du programme HQI au salon VivaTech, GENCI a par ailleurs été amenée à défendre son image et sa renommée face à une campagne de dénigrement en ligne menée par une structure de droit américain contestant un usage par la société civile de l'appellation « Quantum village », regroupant des start-up du quantique hébergées par GENCI sur son stand.

Dans le cadre de ses obligations de conformité en matière de données à caractère personnel, outre ses actions

internes de suivi et de mise à jour de la conformité, GENCI poursuit par ailleurs le suivi de l'attribution des accès aux calculateurs dans le cadre des accords de sous-traitance au regard du RGPD signés avec chacun des trois centres de calcul.

En 2024, GENCI a notamment poursuivi ses actions en matière d'obligation de conformité.



# Notre organisation interne

## COMITÉ DE DIRECTION



**Philippe LAVOCAT**  
Président-directeur général



**Édouard BRUNEL**  
Secrétaire général



**Jean-Philippe PROUX**  
Responsable des Opérations et de la Sécurité



**Stéphane REQUENA**  
Directeur Technique & Innovation



**Marie-Hélène VOUETTE**  
Responsable de partenariats  
Conseiller relations institutionnelles

## FONCTIONS SUPPORTS ET ADMINISTRATIVES



**Maïté CAMPEAS**  
Assistante de direction



**Jason LAFRENIÈRE**  
Responsable administratif et financier



**Célia LAGIÈRE**  
Juriste d'affaires



**Christèle COCHARD**  
Office manager



**Marieke PODEVIN**  
Responsable juridique déléguée à la protection des données



**Rasa VAICIEKAUSKAITE FALLAHZADEH**  
Chargée administrative de projets

## COMMUNICATION



**Nicolas BELOT**  
Responsable Communication et relations européennes



**Annabel TRUONG**  
Chargée de communication



## SUPPORTS TECHNIQUES ET OPÉRATIONNELS



**Éric BOYER**  
Chef de projets HPC/HPDA/IA



**Anna RIVET**  
Chef de projets Opérations



**Sabine MEHR**  
Responsable Calcul quantique



**Corinne BEAL**  
Chef de projet Exascale



**Félix GIVOIS**  
Ingénieur Calcul quantique



**Guillaume LECHANTRE**  
Chef de projets infrastructure

# Les membres des comités et des commissions

(au 31.12.2024)

## CONSEIL DE GENCI

**Représentant l'État et le MESR :**  
M. Laurent CROUZET - Mme Karen AMRAM  
**Représentant le CEA :**  
Mme Marie-Hélène MATHON - M. Hervé DESVAUX  
**Représentant le CNRS :**  
Mme Adeline NAZARENKO - M. Denis VEYNANTE  
**Représentant les Universités :**  
M. Guillaume GELLÉ - M. Olivier SIMONIN  
**Représentant Inria :**  
M. Jean-Yves BERTHOU.

## COMITÉ CONSULTATIF ADMINISTRATIF ET FINANCIER (CCAF)

**Représentant l'État et le MESR :**  
M. Antoine PERRANG, Président du CCAF  
**Représentant le CNRS :**  
M. Anthony CEKIC  
**Représentant le CEA :**  
Mme Louise JULIEN-TAMISIER  
**Représentant Inria :**  
Mme Catherine SUPPER  
**Représentant les Universités :**  
M. Michel DELLACASAGRANDE.

## COMMISSION DES MARCHÉS (CM)

**Représentant l'État :**  
M. Philippe AJUELOS, *Administrateur ministériel des données des algorithmes et des codes sources – direction du numérique pour l'éducation du Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse, Président de la Commission des Marchés*  
**Représentant le CEA :**  
M. Lara MONTANTIN, *Juriste au service de la performance, du financement et de la contractualisation avec les organismes de recherche Département de l'appui au pilotage des organismes et de la réglementation*  
**Représentant le CNRS :**  
M. Sébastien TURCI, *Directeur délégué aux achats et à l'innovation du CNRS*  
Mme Marie-Laure COLIN, *Responsable Pôle Droit public économique et Réglementation du CNRS.*

## COMITÉ TECHNIQUE (CT)

**Représentant l'État et le MESR :**  
M. Guillaume AULANIER, *Chargé de mission calcul de haute performance au Département Services et Infrastructures Numériques*  
**Représentant le CEA :**  
Mme Valérie BRENNER, *Direction de la Recherche Fondamentale,*  
M. Émeric BRUN, *Direction de l'Énergie Nucléaire*  
M. Nicolas LARDJANE, *Responsable du TGCC*  
**Représentant le CNRS :**  
M. Michael KRAJECKI, *Délégué Scientifique*  
M. Pierre-François LAVALLÉE, *Directeur de l'IDRIS*  
**Représentant France Universités :**  
M. François BODIN, *Professeur Université de Rennes 1*  
M. Michel ROBERT, *Directeur du CINES*  
**Représentant Inria :**  
M. Lucas NUSSBAUM, *Responsable du programme plateformes d'expérimentation à la Direction Générale Déléguée à l'Innovation*  
M. Frédéric DESPREZ, *adjoint au directeur scientifique, en charge du domaine « Réseaux, Systèmes et Services ».*

## COMITÉ D'ORIENTATION STRATÉGIQUE DES INVESTISSEMENTS (COSI)

Comité en charge de conseiller et d'apporter une assistance à GENCI dans sa stratégie d'investissements en produisant notamment un plan pluriannuel d'investissements à partir des orientations du comité des besoins scientifiques du MESRI et orientant les travaux du CT et du CCAF.  
**Représentant l'État et le MESR :**  
M. Laurent CROUZET, *Chef du Département Services et Infrastructures Numériques*  
**Représentant le CEA :**  
M. Christophe CALVIN, *Direction de la Recherche Fondamentale*  
**Représentant le CNRS :**  
M. Denis VEYNANTE, *Président du comité directeur de la mission Calcul-Données*  
**Représentant France Universités :**  
M. Olivier SIMONIN, *Président de l'Institut National Polytechnique de Toulouse*  
**Représentant Inria :**  
Pas de représentant.

# GENCI EN 2025

En 2025, l'activité de GENCI sera marquée par de nombreux défis

## Infrastructures, utilisateurs & projets

- ▶ Inauguration et mise en service du supercalculateur Jean Zay 4
- ▶ Inauguration et mise en service du calculateur quantique Ruby de Pasqal (TGCC)
- ▶ Mise en œuvre des Maisons du Quantique
- ▶ Installation du calculateur Lucy de Quandela
- ▶ Sélection du fournisseur pour la machine Alice Recoque
- ▶ Journée Grands Challenges Jean Zay 4
- ▶ Appels à projets A18 et A19
- ▶ Résultats scientifiques

Un grand merci aux rédacteurs et aux contributeurs pour le temps et l'énergie que vous avez consacrés à ce rapport retraçant l'ensemble de l'activité de GENCI pendant l'année 2024.

C'est grâce à tous les acteurs présents dans ce rapport et à bien d'autres encore que GENCI peut atteindre ses objectifs et voir de nouvelles perspectives se dessiner chaque année.

## Événements

**EuroHPC summit Week 2025** **ISC**  
**Forum ORAP**  
**Vivatech** AI Action Summit  
**France Quantum**  
 Supercomputing

Et bien d'autres encore...

**Directeur de la publication** : Philippe LAVOCAT – **Coordination** : Annabel TRUONG – **Conception & réalisation** : [l'axe des mots](#) – **Photos & illustrations** : AEF Info ; Agence Oblique/ Cyril Marilhacy ; Guillaume BALARAC ; Bureau/CRA/photo ; CINES ; Maxime COLOMB/ICI ; Casimir DE LAVERGNE/CNRS-LOCEAN-IPSL-Sorbonne Université ; Digital & Assurance ; DR ; Cyril FRESSILLON/IDRIS/CNRS Images ; Anne GRASSI ; iStock ; Noël JAKSE ; Jean KEMPF ; Le Monde ; L'Usine Nouvelle ; François RINCON ; TGCC/CEA – **Impression** : Quarante Six –

GENCI : 6 bis, rue Auguste Vitu 75015 Paris - France – Tél. : +33 1 42 50 04 15 © GENCI – octobre 2025



Le calcul intensif au service de la connaissance

**GENCI** – 6 bis, rue Auguste Vitu 75015 Paris – France

Tél. : +33 1 42 50 04 15

**[www.genci.fr](http://www.genci.fr)**



Suivez GENCI

