



GOVERNEMENT

Liberté
Égalité
Fraternité



Dossier de presse — 24.02.2023

France 2030 : le Gouvernement investit **plus de 40 millions d'euros** dans le programme de recherche NumPEX pour doter la France des briques logicielles nécessaires à l'accueil d'un supercalculateur exascale et au développement des technologies souveraines associées

Changement climatique, crise sanitaire, aéronautique du futur : l'exascale répond aux grands défis sociétaux

Climat, transition énergétique, santé, IA, industrie : le calcul scientifique haute performance est au cœur des grands défis économiques et sociétaux. Mais pour y répondre, des systèmes de plus en plus complexes, capables de traiter de plus grands volumes de données sont indispensables : c'est la technologie exascale.

Lancé le 24 février 2023, le programme de recherche NumPEX (Numérique pour l'exascale) a pour objectif de développer les solutions logicielles permettant d'exploiter les capacités de ces futurs supercalculateurs français et européens. Financé dans le cadre de France 2030 à hauteur de 40,8 millions d'euros, il est co-piloté par le CNRS, le CEA et Inria. Le programme de recherche constitue une des actions que décline le Gouvernement pour développer et se doter de capacités de calcul exascale, mais également préparer les générations de supercalculateurs futurs, en lien avec les technologies quantiques et d'intelligence artificielle.

SOM

MAI

RE

Éditos des ministres.....	4
Quelques mots des établissements portant le programme de recherche	6
Le calcul haute performance, c'est quoi ?	7
Un programme de recherche pour développer des logiciels capables d'équiper les futures machines de calcul exascale européennes.....	16

Éditos des ministres

Sylvie Retailleau, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche



Le calcul haute performance est une filière technologique d'excellence française, et le Gouvernement se mobilise dans le cadre de France 2030 et de la Loi Programmation de la Recherche pour qu'elle le reste.

Le lancement du programme de recherche NumPEX à hauteur de plus de 40 millions d'euros permet de structurer et de fédérer un écosystème de recherche français d'ores et déjà excellent. Le programme de recherche assurera le développement des briques technologiques et logicielles nécessaires au saut générationnel vers la classe Exascale.

Ce saut générationnel est important pour la recherche et une meilleure compréhension des phénomènes scientifiques. Il est essentiel pour l'industrie qui doit rester compétitive en réduisant significativement les cycles d'innovation et les coûts associés, mais surtout, pour nos citoyens. En effet, disposer des infrastructures de calculs et des logiciels est utile pour le décideur public comme pour le quotidien des Françaises et des Français. Prévenir les épisodes climatiques extrêmes, comme par exemple les épisodes cévenols, permet de protéger nos citoyens mais aussi de prendre les bonnes décisions d'aménagement du territoire. Il en est de même en modélisation climatique, pour contribuer au rapport du GIEC et prendre les bonnes décisions face au réchauffement climatique, ou encore en santé pour modéliser les situations épidémiologiques ou identifier des médicaments candidats.

Ce programme scientifique concourt également à la crédibilité scientifique et technologique de la candidature française à l'acquisition d'un supercalculateur de classe Exascale auprès d'EuroHPC, entreprise commune européenne, à horizon 2025. La France mobiliserait dans ce cadre jusqu'à 260 millions d'euros. Disposer de ce supercalculateur de classe Exascale permettra à la France de rester à la pointe en matière de simulation numérique, et de maîtriser son destin technologique.

Enfin, le futur du calcul passera également par d'autres technologies de rupture que nous soutenons dans le cadre de France 2030. Le calcul quantique, s'il n'en est qu'à ses balbutiements présente un potentiel énorme. L'intelligence artificielle présente également des besoins de calcul nouveaux puisqu'il s'agit de traiter des données conséquentes, pour générer les modèles géants.

Parce que disposer d'une capacité de calcul de référence internationale est indispensable, la filière peut compter sur le soutien de l'Etat, dans le cadre de ce programme de recherche NumPEX.

Jean-Noël Barrot, ministre délégué auprès du ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, chargé de la Transition numérique et des Télécommunications



© MINEF

L'intelligence artificielle prend peu à peu une place prépondérante dans notre société. L'irruption fulgurante de ChatGPT dans le débat public n'est qu'un symbole d'une tendance plus profonde. Les développeurs utilisent par exemple déjà ces outils pour les assister dans leur travail, et gagner du temps précieux dans l'écriture de programmes simples.

La maîtrise de l'intelligence artificielle est un facteur majeur de souveraineté nationale, et elle n'est possible que grâce à des capacités de calcul de grande ampleur, puisque les modèles derrière l'intelligence artificielle sont entraînés avec des algorithmes comportant plusieurs dizaines de milliards de paramètres. Il est donc indispensable que nous ayons sur notre sol ces capacités de calcul dites « exaflopiques ».

Pour ce faire, le gouvernement agit et déploie d'ambitieux programmes de financement, via le dispositif France 2030 du Président de la République. La France, via le GENCI, candidate également à l'appel « Exascale » de la Commission européenne. L'annonce aujourd'hui du lancement du PEPR NumPEX est la preuve de notre implication sur ces sujets, et je suis très heureux de le faire avec la Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.

Notre action ne va pas s'arrêter là, et nous allons, avec Bruno Le Maire et Sylvie Retailleau, profiter de l'anniversaire des cinq ans du rapport Villani pour moderniser notre stratégie nationale sur l'intelligence artificielle. Celle-ci doit pleinement s'emparer des nouveaux usages de l'IA, pour s'assurer que la France tienne un rang de leader mondial dans le domaine.

Quelques mots des établissements portant le programme de recherche

Pour François Jacq, Administrateur général du CEA : « Ce PEPR offrira les composants logiciels essentiels aux grands domaines d'applications scientifiques et industrielles pour exploiter pleinement les capacités des futures machines Exascale. Fort de son expertise en tant qu'opérateur d'un grand centre de calcul et développeur de codes applicatifs, le CEA y jouera un rôle central. L'animation scientifique qui nous est confiée favorisera les synergies entre les différents acteurs permettant à la France de rester un des leaders dans le domaine, en développant un écosystème national Exascale coordonné avec la stratégie européenne. »

Pour Antoine Petit, Président-directeur général du CNRS : « Le Calcul haute performance, l'analyse de données à grande échelle et l'intelligence artificielle accélèrent les découvertes et font partie des thématiques de recherche prioritaires du CNRS. De l'exploration spatiale à la prévision de phénomènes météorologiques extrêmes, en passant par la recherche pharmaceutique... la plupart des enjeux scientifiques qui engagent notre souveraineté française et européenne, nécessitent un gain en prévision et en rapidité d'acquisition et de traitement des données. Ce sont des sujets transverses qui s'inscrivent dans le continuum de la connaissance entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée ou industrielle. Les instituts du CNRS sont fortement impliqués dans ce nouveau programme et équipement prioritaire de recherche, en particulier au niveau des démonstrateurs : ils encourageront la convergence des communautés du Calcul Haute performance, de l'IA et de leurs usages pour permettre d'explorer pleinement les capacités des machines exascale.»

Pour Bruno Sportisse, Président-directeur général de l'Inria, « Inria est engagé dans les domaines du calcul haute performance, de la simulation numérique, des sciences des données et de l'intelligence artificielle, à travers ses projets conjoints notamment avec les universités de recherche françaises. Les technologies logicielles qui en résultent conduisent parfois à des standards de fait : je pense par exemple à des composants logiciels comme HwLoc et Scikit Learn qui sont présents dans la première machine exascale installée avec US Frontier. Sur ce socle, le PEPR NumPEX pourra compter sur l'engagement d'Inria, aux côtés du CNRS, du CEA, pour répondre au défi de la constitution d'une pile logicielle exascale européenne, un enjeu majeur pour garantir le développement souverain de nos infrastructures et des applications exascale en Europe. Une des clefs de la réussite de NumPEX tiendra à sa capacité à co-construire et à exécuter une feuille de route avec les industriels. Un défi Inria va être prochainement lancé avec Atos dans le domaine de l'Exascale, en cohérence avec la feuille de route de NumPEX. »

Le calcul haute performance, c'est quoi ?

En permettant de résoudre des problèmes vastes et complexes inaccessibles aux technologies de calcul usuelles, le calcul haute performance (HPC) est depuis plus de trente ans un élément essentiel de la recherche académique et de l'innovation industrielle.

Le calcul haute performance représente la capacité d'effectuer des calculs complexes et des traitements de données massives, et ce à très grande vitesse, en combinant la puissance d'un grand nombre de processeurs.

Apparu dans les années soixante pour soutenir la recherche gouvernementale et académique, le calcul haute performance permet d'explorer et de trouver des réponses à certains des plus grands défis mondiaux dans les domaines de la science, de l'ingénierie et des affaires, mais aussi de traiter efficacement des ensembles de données toujours plus nombreux et vastes. Les grandes industries se sont par ailleurs penchées dès les années soixante-dix sur le sujet, pour accélérer le développement de produits complexes dans des secteurs tels que l'automobile, l'aérospatial, le secteur énergétique, les services financiers et l'industrie pharmaceutique.

Comment fonctionne le calcul haute performance ?

Le calcul haute performance repose sur quatre composants principaux : **la machine, le logiciel, les applications et les infrastructures de données très largement réparties.**

Pour construire une architecture de calcul haute performance, les serveurs de calcul sont mis en réseau sous forme de grappes, pour former ce que l'on appelle un *cluster*. Les logiciels et leurs algorithmes sont exécutés simultanément, sur les serveurs d'une même grappe, pour leur permettre d'opérer en parallèle. Le *cluster* est mis en réseau avec le stockage de données afin de sauvegarder les résultats. Ensemble, ces composants fonctionnent de manière coordonnée pour accomplir un ensemble de tâches diverses.

Pour fonctionner au maximum de ses performances, chaque composant doit opérer de manière synchronisée avec les autres. Par exemple, le composant stockage doit être en mesure de transférer les données vers les serveurs de calcul et de les récupérer dès qu'elles sont traitées. De même, le composant réseau doit pouvoir supporter le transfert rapide des données entre les serveurs de calcul et le stockage des données.

Exascale, le futur du calcul haute performance

Aujourd'hui, les superordinateurs sont capables d'effectuer plus de 10^{15} (au moins un million de milliards) opérations par seconde. Une performance appelée petascale. La nouvelle génération, baptisée **exascale**, peut effectuer plus d'un milliard de milliards (10^{18}) de calculs par seconde. Ce changement d'échelle permet de simuler des phénomènes scientifiques nouveaux ou de façon plus précise.

Les simulations scientifiques, des outils indispensables

Les simulations scientifiques permettent de reproduire, de décrire au moyen d'outils mathématiques le fonctionnement du monde qui nous entoure. C'est par exemple Saint Venant qui, au 19^e siècle, décrit, au travers d'équations qui portent son nom, l'écoulement des cours d'eau. Ces équations sont toujours utilisées, par exemple pour dimensionner des ponts ou des barrages hydroélectriques.

Ce sont aussi les équations de Navier-Stokes qui s'appliquent autant à la description des flux atmosphériques qu'océaniques et qui permettent de prédire le comportement futur de l'atmosphère, tout comme l'évolution des océans. Ces outils de simulation sont ainsi indispensables pour les météorologistes, les architectes et les urbanistes qui conçoivent les bâtiments et les villes. Ces mêmes équations permettent aussi de concevoir les éoliennes et les hydroliennes.

La simulation repose sur plusieurs composantes :

- L'observation et l'expérimentation ;
- la modélisation, c'est-à-dire la mise en équation des phénomènes physiques ;
- le calcul, c'est-à-dire la résolution de ces équations sur les données observées et ainsi la reproduction mathématique des phénomènes observés pour les comprendre, prédire et agir, concevoir, décider ;
- La transformation de ces modèles en algorithmes puis en programmes qui sont exécutés par les ordinateurs.

EuroHPC : développer et structurer l'espace de calcul HPC européen

Consciente du besoin de développer et structurer des capacités de calcul haute performance, la Commission européenne a concouru à la création d'une entreprise commune européenne pour le calcul haute performance : EuroHPC JU. EuroHPC est une entité juridique et de financement créée en 2018 qui permet à l'Union européenne et aux pays participants de coordonner leurs efforts et de mettre en commun leurs ressources pour faire de l'Europe un leader mondial du supercalculateur.

EuroHPC vise à développer, déployer, étendre et maintenir dans l'UE un écosystème d'infrastructure de supercalculateurs de premier plan dans le monde, à soutenir le développement et l'adoption de systèmes de supercalculateurs innovants et compétitifs, en s'appuyant sur une chaîne de valeur européenne, et enfin à élargir l'utilisation de cette infrastructure de supercalcul à un grand nombre d'utilisateurs publics et privés.

L'entreprise commune EuroHPC est financée conjointement par ses membres avec un budget d'environ 7 milliards d'euros pour la période 2021-2027, dont 3 milliards d'euros du budget à long terme de l'UE. Les actions françaises de soutien à la filière HPC sont coordonnées en lien avec l'initiative commune EuroHPC pour assurer un cofinancement des lauréats.

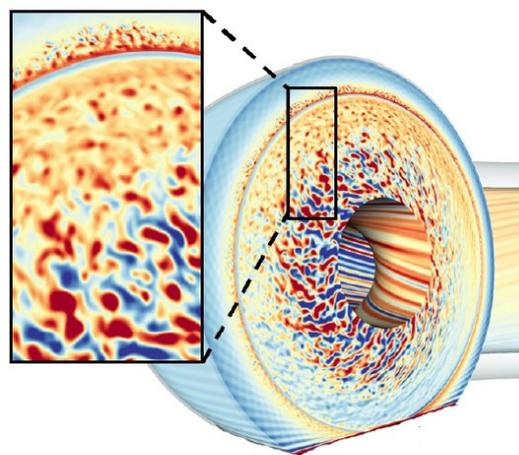
Quels sont les domaines d'application du calcul haute performance?

Du suivi d'une tempête à l'évaluation d'un risque sismique en passant par l'analyse des tests de nouveaux traitements médicaux, de nombreux secteurs peuvent ainsi, aujourd'hui, s'appuyer sur le calcul haute performance pour innover : **l'aérospatial** (aérodynamique et moteurs des avions, moteurs-fusée, etc.), **l'automobile** (apprentissage automatique des voitures à conduite autonome, fabrication et tests de nouveaux produits, optimisation du groupe propulseur ou encore tests de sécurité), **la finance** (analyse de risques complexes, modélisation financière ou bien détection de fraude), **l'énergie** (localisation des ressources, réduction de l'impact climatique et environnemental de la combustion, optimisation de champs d'éoliennes, jumeaux numériques de réacteurs nucléaires) ou encore la **sûreté** (prévention et lutte contre les incendies et les explosions, etc.). Dans le domaine industriel, les applications du calcul haute performance pourront participer à la construction d'une société écologiquement plus vertueuse avec, par exemple, une meilleure maîtrise de productions énergétiques plus durables.

Simulations des plasmas de tokamak, des besoins exascale pour ITER

Auteure : *Virginie Grandgirard – CEA/IRFM*

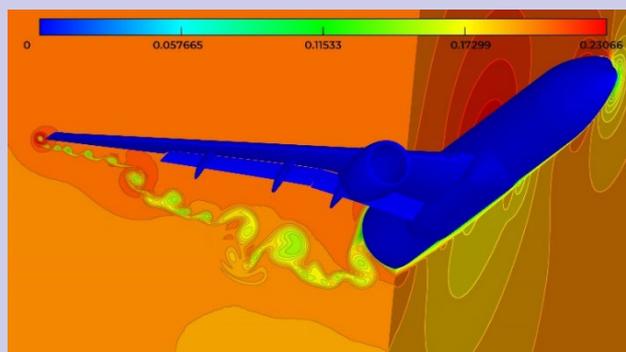
Dans le contexte d'amplification d'énergie au moyen de la fusion par confinement magnétique, la simulation numérique est un soutien majeur au tokamak ITER, machine internationale en construction à Cadarache. Pour que les réactions de fusion se produisent, le plasma doit atteindre quelques 150 millions de degrés. Pour maintenir le plasma à cette température à moindre coût, le transport de chaleur entre le cœur du plasma et son bord doit être réduit au maximum. Or, le transport de chaleur est principalement dû à la turbulence qui se développe à petite échelle (quelques millimètres dans les plasmas chauds d'ITER). L'enjeu du code GYSELA, développé depuis 20 ans à l'IRFM/CEA au travers de collaborations nationales et internationales, est de simuler cette turbulence pour la comprendre et réduire le transport de chaleur associé. La physique nous impose de recourir à une description cinétique 5D: 3 dimensions d'espace et 2 de vitesse. Les larges gammes d'échelles spatiales et temporelles en jeu seraient impossibles à résoudre sans un recours intensif au calcul massivement parallèle. Le code est optimisé jusqu'à 500 000 cœurs. Chaque simulation d'un plasma de WEST, le tokamak en opération à l'IRFM, demande environ 6 millions d'heures de calcul (environ 4 jours sur 65 000 cœurs) pour un maillage 5D de 135 milliards de points. Simuler des plasmas d'ITER (environ 30 fois plus volumineux) nécessitera des ressources Exascale.



Simuler pour concevoir les avions du futur décarbonés

Auteurs : Susanne Claus, Laurent Cambier, Eric Savin – ONERA

L'ONERA participe à NumPEx pour l'évaluation des performances exascale à travers un démonstrateur correspondant à un prototype d'avion à hydrogène. La propulsion des aéronefs est au cœur des enjeux de décarbonation de l'aviation. Elle nécessite une refonte complète des concepts actuels (par exemple, par l'étude du recours à l'hydrogène) et requiert en outre des processus de certification rigoureux pour que de nouveaux avions puissent, à terme, voler en toute sécurité. Dans ce contexte, le calcul exascale offre d'incroyables opportunités d'étudier les performances d'une conception radicalement nouvelle d'avion par la simulation numérique. Le comportement de l'avion pour des configurations d'écoulements très variées peut être étudié en détail à partir d'essais numériques virtuels, qui ont en outre le potentiel de guider les essais physiques. L'ONERA, en étroite relation avec les grands industriels du secteur aéronautique national, a une longue expérience d'étude de nouveaux concepts d'aéronef, en utilisant à la fois des simulations à grande échelle et ses installations d'essais en soufflerie. Les simulations numériques sont toutefois encore trop souvent limitées aujourd'hui à l'analyse de parties de l'avion seulement, en raison du coût élevé de la résolution des écoulements turbulents. Ce projet exascale permettra à l'ONERA d'améliorer ses capacités d'essais numériques virtuels pour de nouveaux concepts, et ainsi de contribuer au développement accéléré et indispensable d'une aviation durable.



© INRIA – simulation d'un avion au décollage

La médecine et le climat sont deux domaines dans lesquels le calcul haute performance montre des résultats probants. Dans le premier, il permet aujourd'hui de tester plus rapidement de nouveaux médicaments, de contribuer au développement de vaccins, de développer des traitements innovants ou encore de comprendre les origines et l'évolution des épidémies afin de mieux lutter contre la diffusion des virus. Dans le second, le calcul haute performance est utilisé pour prévoir et simuler, avec d'autres modèles mathématiques plus gourmands en capacités de calcul, l'évolution à court, moyen et long terme du climat, pour permettre à la société d'être mieux préparée aux crises et aux changements environnementaux.

La **simulation météorologique et du climat** a débuté il y a près de 70 ans, quand les machines étaient capables de réaliser de l'ordre d'un millier de calculs par seconde. La science météorologique et celle du climat ont énormément progressé depuis, ainsi que les ordinateurs qui ont gagné un facteur 1000 en puissance tous les 10 ans. Les programmes de la météo tournent maintenant sur des machines capables de réaliser un million de milliards d'opérations par seconde. La simulation du climat est également extrêmement consommatrice de puissance de calcul car elle nécessite la prise en compte d'un très grand nombre de phénomènes physiques qui interagissent entre eux.

Prédire le climat pour les siècles à venir, c'est prendre en compte des phénomènes aussi divers que :

- **L'évolution des océans** : courants, température, salinité ;
- **L'évolution de l'atmosphère** : formation des nuages, précipitations (dus en partie à l'évaporation des océans) ;
- **La formation et la fonte des glaces** ;
- **L'impact de l'activité humaine, de la végétation et des phénomènes chimiques associés.**

Ces objectifs reposent sur des dizaines, des centaines d'équations, liées les unes aux autres, qu'il convient de résoudre, et cela à l'échelle de la planète toute entière.

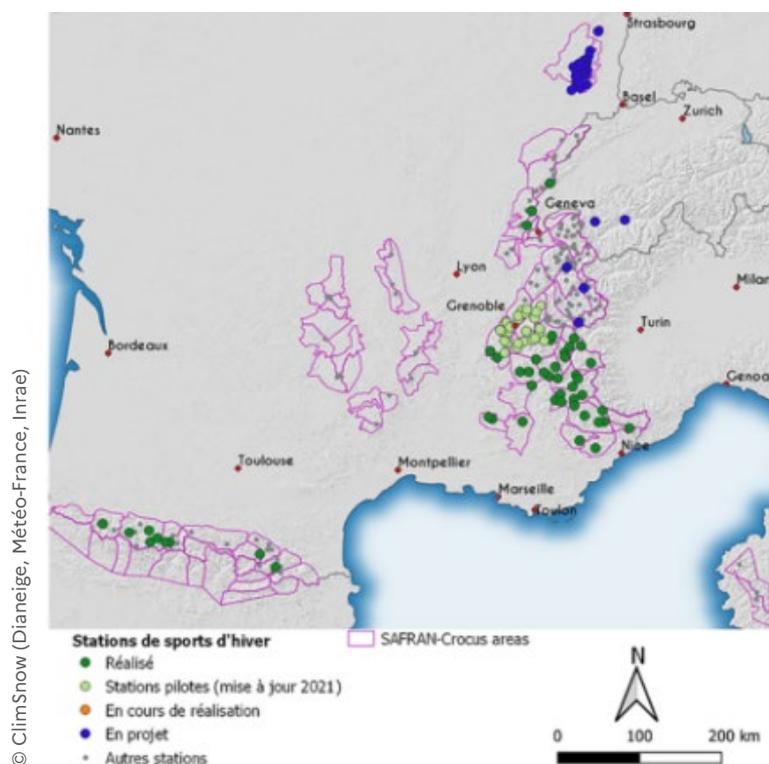
Il est encore difficile de simuler et de prédire des phénomènes locaux comme les épisodes cévenols. Et pourtant, il est crucial de comprendre ces phénomènes qui opèrent à une échelle de l'ordre du kilomètre pour gagner en précision dans les prévisions météorologiques et surtout apporter à la société et aux politiques les réponses aux questions qu'ils se posent sur l'évolution du climat à 50, 100 ou 200 ans. La nouvelle génération de supercalculateurs exascale permettra de prédire ces phénomènes locaux.

Développement des usages et simulations numériques

Le développement de technologies exascale ouvre de nouvelles possibilités en matière de simulation, à l'image de la modélisation des épisodes cévenols. Pour autant, cela nécessite la mise à niveau des codes de calcul existants ainsi que le développement de briques de code de calcul supplémentaires.

Pour accompagner ce besoin, le Gouvernement soutient, dans le cadre de France 2030 et du programme de recherche TRACCS (TRANSformer la modélisation du Climat pour les services Climatiques), l'adaptation des codes informatiques aux nouvelles architectures de calcul. Ces adaptations permettent de saisir les opportunités offertes par l'exascale afin de monter en résolution spatiale et de mieux représenter la complexité du système climatique. Les usages qui en découlent sont multiples, en particulier pour prévoir des événements météorologiques extrêmes ou localisés, et permettent d'offrir un service de meilleure qualité au décideur public : anticipation des gels pour les agriculteurs, épisodes neigeux ou cévenols pour la sécurité civile, etc.

Cartographie actuelle des études ClimSnow (service climatique opéré par Dianeige, Météo-France et en lien avec le CNRS) dans les stations de sport d'hiver françaises.



Simulation des grilles des modèles océaniques, atmosphériques, et de surfaces continentales

© 2019 - CEA - CNRS - Météo
France/Animéa Studio



D'autres usages sont soutenus, comme par exemple dans le cadre du programme de recherche DIADEM, sur les matériaux innovants, pour accélérer la conception et l'arrivée sur le marché de matériaux plus performants et durables, notamment grâce à l'intelligence artificielle.

Au cœur des enjeux sociétaux et industriels

Alors que la société doit accélérer la transition écologique et énergétique, faire face à des événements climatiques extrêmes ou des crises sanitaires, l'informatique et les mathématiques sont donc des disciplines clés pour modéliser, simuler, analyser des données massives. Le calcul scientifique haute performance est au cœur de ces enjeux. Ses applications tentent d'apporter des réponses à ces défis sociétaux et économiques, mais nécessitent une maîtrise des infrastructures extrêmes de calcul et de données (exascale) afin d'exploiter au mieux ces nouvelles possibilités. Cette maîtrise pose de nouveaux défis scientifiques. Le calcul haute performance est également devenu un outil stratégique pour soutenir la compétitivité scientifique tout en favorisant l'innovation et en soutenant l'aide à la décision publique.

En effet, l'utilisation efficace de systèmes de calcul de plus en plus complexes et de très grande taille (de l'ordre de la dizaine de millions de cœurs de calcul, soit l'équivalent d'1 million de PC portables), avec un volume de données à traiter en augmentation très rapide, conduit à un changement de paradigme. Il est d'autant plus nécessaire de poursuivre la coordination des recherches en informatique/mathématiques, sur les technologies logicielles et matérielles et sur les domaines applicatifs, et de renforcer la collaboration entre académiques et entreprises.

L'usage de la puissance de calcul est en plein essor car, d'une façon générale, il est devenu utile pour le traitement de données massives, en particulier en lien avec les modèles d'intelligence artificielle qui nécessitent d'être entraînés sur des bases de données. Exploiter et valoriser autant de données dans des temps raisonnables et compétitifs n'est plus possible à partir des moyens de calculs existants, conduisant au développement de l'analyse de données haute performance (HPDA) soutenue par de nouvelles techniques bénéficiant de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique (machine learning).

Enfin, l'essor des technologies quantiques et des avancées substantielles ouvre la voie à la conception de nouveaux algorithmes quantiques puissants. Cela confirme le potentiel de l'informatique quantique en tant que technologie de rupture avec applications transformatives. Si ces technologies quantiques ne sont pas encore mûres, il convient d'en assurer le développement pour en comprendre le potentiel et les usages possibles et de construire l'hybridation entre technologies de calcul quantique et HPC.

Au niveau français, la stratégie dans le domaine s'exprime à travers deux axes complémentaires :

- Le premier est **l'hébergement d'un supercalculateur de classe exaflopique sur le territoire national**. Via la société civile GENCI (Grand Équipement National de Calcul Intensif), la France s'est portée candidate à l'appel à manifestation d'intérêt (AMI) d'EuroHPC, en vue d'accueillir et d'exploiter au Très Grand Centre de Calcul, basé sur le centre CEA DAM Île-de-France, l'une des deux machines exascale européennes prévues en Europe à l'horizon 2025.
- Le second est **la recherche en amont** qui est soutenue via les PEPR des stratégies d'accélération connexes du domaine numérique (intelligence artificielle, quantique, cloud, microélectronique) et les PEPR exploratoires de France 2030. C'est dans ce cadre-là qu'a été sélectionné le PEPR exploratoire NumPEX, centré sur le sujet du développement de l'exascale.

Un programme de recherche pour développer des logiciels capables d'équiper les futures machines de calcul exascale européennes

Le PEPR exploratoire NumPEX

Financé par le Gouvernement à hauteur de 40,8 millions d'euros sur 6 ans dans le cadre de France 2030, le programme de recherche (PEPR exploratoire) NumPEX vise à développer des solutions logicielles qui équiperont les futures machines exascale européennes et à préparer les grands domaines d'applications scientifiques et industrielles à bénéficier pleinement des capacités de ces machines.

Des programmes de recherche ambitieux (les PEPR), portés par les organismes de recherche, sont mis en œuvre par le Gouvernement pour consolider le leadership français dans des domaines clés, liés ou susceptibles d'être liés à une transformation technologique, économique, sociétale, sanitaire ou environnementale et qui sont considérés comme prioritaires au niveau national ou européen.

Les PEPR des stratégies d'accélération de France 2030 (2 milliards d'euros) constituent le volet amont. 25 ont déjà été lancés. Les PEPR exploratoires (1 milliard d'euros) visent des secteurs scientifiques ou technologiques en émergence. 17 ont été lancés.

Co-piloté par le CNRS, le CEA et Inria, ce programme contribuera à la constitution d'un ensemble souverain d'outils, de logiciels, d'applications mais aussi de formations. Cette mobilisation permettra à la France de rester un des leaders dans le domaine en développant un écosystème national exascale coordonné avec la stratégie européenne, et de permettre à l'Europe d'être à la pointe de la compétition internationale et de renforcer sa souveraineté.

À ce titre, NumPEX occupera une place centrale dans la stratégie nationale et européenne pour le calcul haute performance. Il renforcera la réponse du consortium Jules Verne, porté par GENCI (Grand Équipement National de Calcul Intensif) à l'appel à manifestation d'intérêt (AMI) d'EuroHPC, en vue d'accueillir et d'exploiter au Très Grand Centre de Calcul, basé sur le centre CEA DAM Île-de-France, l'une des deux machines exascale européennes prévues en Europe à l'horizon 2025.

Candidature à l'acquisition d'un supercalculateur de classe exascale

Au-delà du développement des technologies logicielles nécessaire au fonctionnement de capacités de calcul exascale, l'objectif est d'équiper la France d'un ordinateur pour le calcul haute performance (HPC) de classe exaflopique en 2025.

La France s'est ainsi portée, mi-février, candidate à l'acquisition d'un supercalculateur de classe exascale au travers d'un appel à candidature émis par EuroHPC. Le projet est porté par l'intermédiaire de GENCI en tant que *Hosting Entity*, secondé par le CEA avec le TGCC en tant que *Hosting Site*. EuroHPC financera à hauteur de 50 % le projet retenu.

La candidature française engagera jusqu'à 260 millions d'euros de contribution, dans le cadre de France 2030 et de la Loi de Programmation de la Recherche pour garantir la classe exascale du supercalculateur candidat. Le Gouvernement des Pays-Bas a également confirmé sa participation au consortium à hauteur de 8 millions d'euros.

La candidature valorise l'implication d'autres partenaires : académiques, industriels ou institutionnels, ainsi que le continuum entre calcul haute performance, intelligence artificielle et technologies quantiques, et illustre la volonté de la France de se doter d'un supercalculateur de classe exascale à même de répondre au développement des usages et des besoins, en lien avec des partenaires industriels et institutionnels, ancrée dans une offre de calcul nationale et européenne.

Le programme NumPEx se décline en cinq projets, portant sur :

- Les méthodes mathématiques et les algorithmes qui traduisent les phénomènes simulés en équation : **projet ExaMat** ;
- La pile logicielle qui équipe les futures machines exascale (compilateurs, modèle de programmation et d'exécution, outils de monitoring et d'optimisation et de management de l'énergie : **projet ExaSoft** ;
- Les méthodes et outils de traitement de données volumineuses, complexes et réparties, dont l'IA : **projet ExaDost** ;
- Les outils logiciels et les infrastructures de calcul et de données permettant de concevoir et piloter les applications complexes réparties (exemple workflow SKA) : **projet ExaAToW** ;
- De nouvelles générations d'applications ou l'évolution des applications existantes afin qu'elles puissent tirer parti des capacités des infrastructures exascale : **projet ExaDIP**.

Il comporte également un important volet formation afin de maintenir le savoir-faire français en termes de développement et d'intégration logiciel pour le calcul haute performance : écoles d'été, workshops, encadrements de doctorants, etc.

Enfin, des collaborations public-privé seront établies dans le cadre du programme afin d'irriguer le processus de recherche et développement aux applications industrielles du calcul haute performance.

Pour mener à bien ces actions, le CEA, le CNRS et Inria, co-pilotes du PEPR, s'entoureront de partenaires académiques : Université de Strasbourg, Université de Rennes 1, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, Université de Bordeaux, Bordeaux INP, Université de Picardie, Université de Toulouse 3, École Polytechnique, Télécom SudParis, ENS Paris, Observatoire de Paris, Observatoire de la Côte d'Azur.



GOUVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

