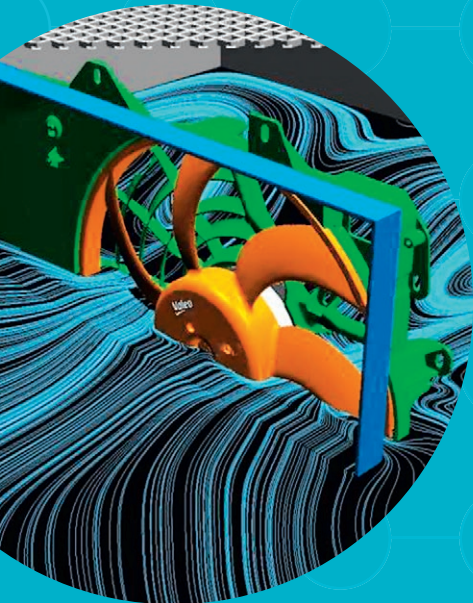
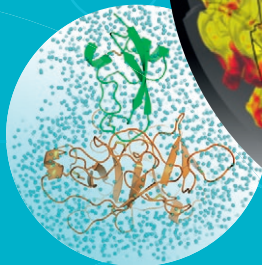
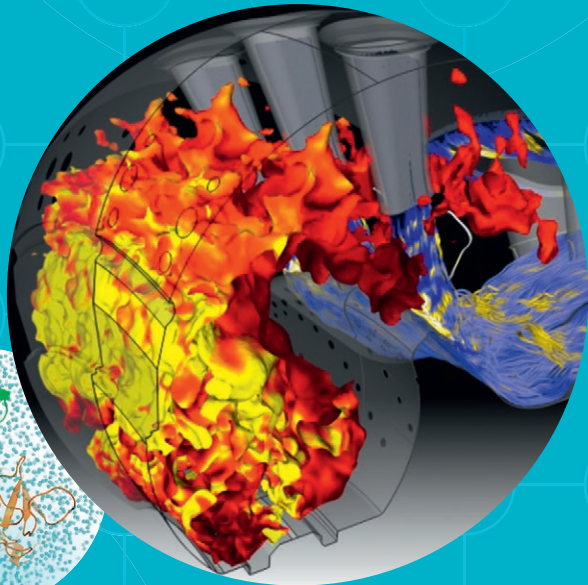




CCRT

CENTRE DE CALCUL RECHERCHE
ET TECHNOLOGIE

AU SERVICE
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INDUSTRIE
DEPUIS 2003



Le Centre de calcul recherche et technologie (CCRT) est né en octobre 2003 au CEA DAM Île-de-France. La décision de bâtir et de partager une plateforme de calcul et de services mutualisés a une double origine. S'il s'agit pour le CEA d'être fidèle à sa devise « de la recherche à l'industrie » en faisant bénéficier l'industrie française de ses travaux dans le domaine du calcul intensif et de la gestion de grands volumes de données, cette décision procède aussi de la conviction qu'en retour ses équipes se nourrissent de la diffusion et du renforcement de la démarche de Simulation dans tous les secteurs industriels du pays.

Bien plus que l'accès à des moyens de calcul, de stockage et de visualisation au meilleur niveau mondial, le CCRT a aussi pour mission d'aider ses partenaires à s'approprier de nouvelles technologies et à préparer les outils de simulation de l'avenir. Des séminaires thématiques et des sessions de formation sont organisés à cet effet.

Depuis 2003, le CCRT a connu quatre générations de supercalculateurs et, ce faisant, une augmentation de sa puissance de calcul qui a été multipliée par plus de 600. De nouveaux services ont été développés. Au calcul se sont ajoutés la gestion de données, la visualisation distante puis, plus récemment avec l'infrastructure mise en place pour le projet France Génomique, le traitement de masses de données (le fameux « Big Data »).

Cette formidable évolution s'est accompagnée d'une extension des domaines applicatifs traités par les partenaires industriels qui sont aujourd'hui d'une très grande diversité : aéronautique, spatial, énergie, transport terrestre, sécurité, environnement, santé, cosmétique... Cette diversité est une richesse dont tous les acteurs et partenaires du CCRT doivent profiter. À nous de faire en sorte que les expertises et les retours d'expérience se croisent et s'enrichissent mutuellement.

En accord avec ses partenaires, le CCRT s'apprête à s'ouvrir à de nouveaux usages via l'accès virtualisé aux ressources. Il se prépare aussi à une nouvelle utilisation des systèmes de calcul haute performance à des fins d'apprentissage automatique.

Nous remercions donc les partenaires du CCRT, et ceux qui pourraient les rejoindre, pour leur confiance, grâce à laquelle le CCRT connaît cette formidable dynamique qui nous enrichit collectivement.

Pierre Leca

Chef du Département des sciences de la simulation et de l'information

Christine Ménaché

Responsable du CCRT

CEA DAM Île-de-France

LE CCRT EN BREF

Implanté à Bruyères-le-Châtel (Essonne) sous la responsabilité des équipes du CEA DAM Île-de-France, le CCRT est l'un des rares centres de calcul en Europe ouvert aux industriels. Sa mission est de soutenir l'innovation industrielle et de promouvoir les partenariats industrie-recherche dans le domaine de la simulation numérique haute performance et du traitement de données. Il propose une offre riche en compétences de calcul haute performance (HPC), adaptée aux besoins croissants des partenaires, qui allie sécurité et souplesse dans l'utilisation des moyens.

LES MOYENS DE CALCUL

Les moyens informatiques du CCRT bénéficient des infrastructures exceptionnelles du **Très grand centre de calcul du CEA** (TGCC) et procurent à ses partenaires un outil de travail complet et sécurisé.

L'élément central est le **supercalculateur Cobalt**, un cluster produit et installé par Atos-Bull en 2016.

D'une puissance de calcul initiale de 1.5 petaflops¹ distribués sur 40 000 cœurs, il est dimensionné pour pouvoir répondre aux besoins croissants des partenaires grâce à une architecture évolutive. Le CCRT bénéficie de l'infrastructure de stockage mutualisée du TGCC qui permet d'héberger d'importants volumes de données sur le plus long terme. Des moyens de post-traitement et de visualisation distante complètent la palette des services proposés aux utilisateurs.

Les **accès au CCRT** s'effectuent par des liaisons sécurisées via le Réseau national de télécommunications pour la technologie, l'enseignement et la recherche (Renater).

1 / 1 petaflops : 1 million de milliards d'opérations par seconde.

Robot de stockage des données (à gauche) et le supercalculateur Cobalt (à droite).

SAVOIR-FAIRE ET EXPERTISE

Fortes de l'expertise développée dans le cadre du programme Simulation du CEA, les équipes du Département des Sciences de la simulation et de l'information du CEA DAM Île-de-France mettent leur savoir-faire au service du CCRT. De l'optimisation énergétique du centre de calcul jusqu'au développement de composants Opensource (Lustre, Slurm, WI4MPI, Selfie, Robinhood...) en passant par la mise en place d'un environnement de production et de gestion des données performant et sécurisé, toutes les compétences nécessaires à la conception et à la mise en œuvre de très grandes infrastructures de calculs sont ici rassemblées.

COBALT EN CHIFFRES

PLATEFORME BULLX B700, à refroidissement « Direct Liquid Cooling » (DLC)

39 816 CŒURS DE CALCULS ET TRAITEMENTS Intel® Xeon® E5 2680 V4 (Broadwell), cadencés à 2.4 Ghz (28 cœurs/nœud – 128 Go de mémoire/nœud)

4 NŒUDS GRANDE MÉMOIRE à 3 To/nœud dédiés à France Génomique

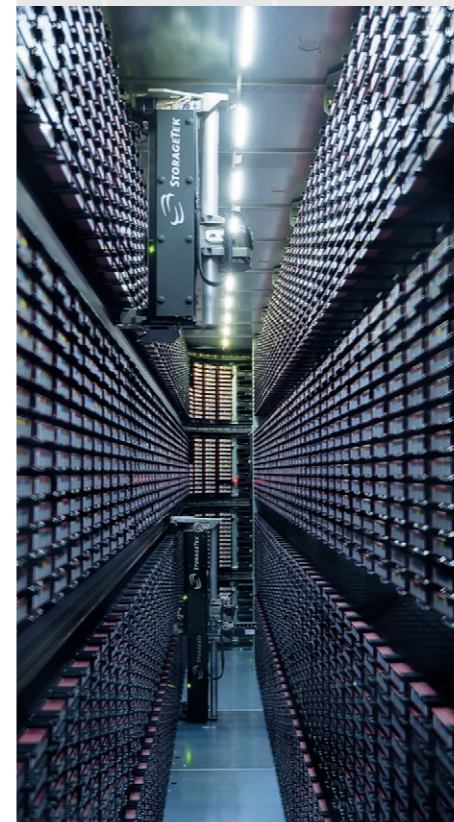
18 NŒUDS HYBRIDES (Intel Broadwell - Nvidia GPU Pascal) avec 256 Go de mémoire/nœud

RÉSEAU D'INTERCONNEXION HAUTE PERFORMANCE InfiniBand EDR

SYSTÈME DE STOCKAGE PRIVÉ d'une capacité de 2.5 Po pour un débit à 60 Go/s (système de fichiers Lustre)

PLATE-FORME LOGICIELLE HPC OPTIMISÉE Bullx supercomputer suite (SCS5)

GESTIONNAIRE DE BATCH ET DE RESSOURCES Slurm®



TÉMOIGNAGES...

recueillis auprès des représentants des entreprises au Comité de pilotage du CCRT.

INERIS

maîtriser le risque pour un développement durable

Expert national de l'évaluation et de la prévention des risques environnementaux et technologiques, l'Ineris réalise sur le CCRT des calculs pour toutes ses activités de modélisation : prévision de la qualité de l'air, évaluation des dangers des substances chimiques, étude des phénomènes accidentels (dispersion toxique, incendie, explosion).

Grâce au CCRT, l'Ineris effectue en particulier des cartographies inédites du transport des polluants et de leur transformation chimique dans l'atmosphère. Basée sur le modèle de chimie-transport Chimère, les simulations ont par exemple permis de fournir des projections de la qualité de l'air sur l'ensemble de l'hémisphère nord avec une résolution spatiale sans précédent.

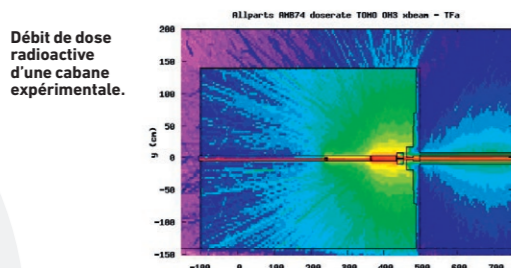
Simulation des concentrations de particules fines sur l'hémisphère nord (10 janvier 2014).

SOLEIL
SYNCHROTRON

Le Synchrotron Soleil utilise des moyens de calcul importants dans différents domaines : analyse, réduction et post-traitement des données expérimentales, calculs de radioprotection, conception de pièces mécaniques et éléments optiques, simulation du faisceau d'électrons et de l'accélérateur.

L'accès au CCRT permet de disposer des meilleures ressources pour améliorer les performances :

- des accélérateurs futurs (ces moyens de calcul parallèles et de nouveaux algorithmes génétiques permettent de simuler la dynamique du faisceau d'électrons, en optimisant son efficacité d'injection et sa durée de vie),
- des calculs de dimensionnement du blindage des cabanes expérimentales,
- des recherches du meilleur positionnement des échantillons à explorer.

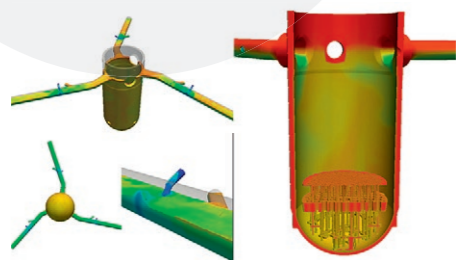


EDF

EDF fait appel à la simulation haute performance dans de nombreux domaines : mécanique des fluides, mécanique, matériaux, réseaux, management d'énergie, etc.

L'accès au CCRT vient compléter nos ressources de calcul propres. Il nous permet d'expérimenter de nouveaux environnements de calcul, de réaliser des études de pointe et de maintenir une dynamique d'échange avec de grands acteurs de la simulation intensive. EDF a réalisé sur le CCRT des simulations de thermohydraulique appliquées à un réacteur à eau pressurisée.

Scénarios réacteurs de choc froid diphasiques.



LES PARTENAIRES DU CCRT

Les partenaires du CCRT accèdent à la puissance de calcul nécessaire à leurs simulations et s'appuient sur la compétence des équipes du CEA dans toutes les disciplines scientifiques liées à la simulation numérique. De la recherche à l'industrie, les simulations numériques réalisées au CCRT touchent des domaines très diversifiés : les études sur la durée de vie des centrales électriques, la conception et la sûreté des réacteurs nucléaires, le développement des moteurs d'avion et d'hélicoptère, l'optimisation des systèmes de ventilation et de climatisation des voitures, la conception des systèmes radars et des satellites, l'analyse des risques environnementaux, l'étude des protéines et le décryptage du génome, la prédiction de la performance de produits cosmétiques ou encore la recherche de nouveaux matériaux...



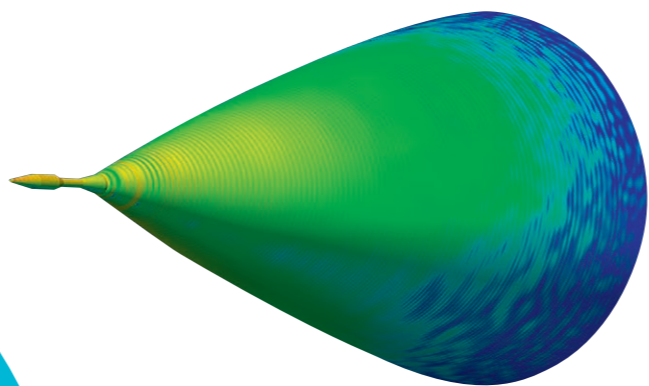
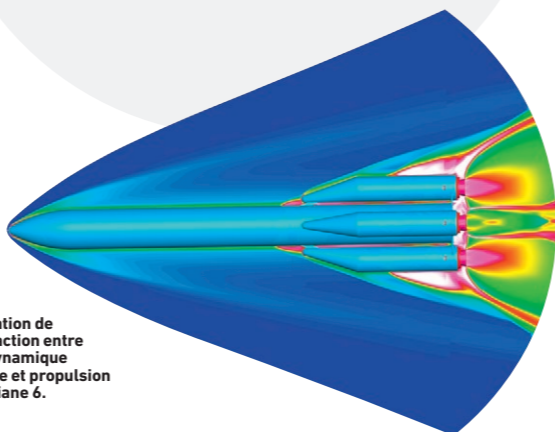
Modélisation physique réaliste de la chevelure. Collaboration L'Oréal-Inria.

L'ORÉAL
Recherche & Innovation

Pour la recherche de L'Oréal, au croisement de plusieurs disciplines, la simulation numérique par le calcul haute performance est en train de devenir un élément-clé dans la réussite de ses principales missions : découvrir de nouveaux territoires d'innovation, prédire dans le domaine de l'évaluation de l'efficacité et de la sécurité des produits, simuler pour anticiper une performance visible.

L'accès au CCRT constitue pour nos équipes une opportunité unique, non seulement de disposer d'une grande puissance de calcul, mais également d'y trouver un réseau de partenaires capables de nous aider pour accélérer le développement de nos outils de simulation. Nous souhaitons également que ce soit une fantastique opportunité de relever de nouveaux challenges en collaboration avec de grands partenaires académiques.

Simulation de l'interaction entre aérodynamique externe et propulsion sur Ariane 6.

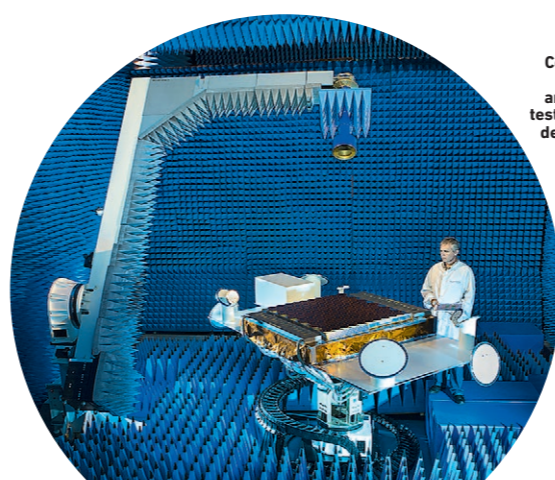


Courant de surface sur un radôme de pointe avant d'avion de combat.

THALES

Pour Thales Systèmes Aéroportés, la simulation électromagnétique fine des objets toujours plus complexes requis par nos systèmes de radars, et un accès facilité à la simulation paramétrique sont les gages d'une conception fiable et robuste.

Le partenariat avec le CCRT offre la possibilité de franchir les limites de nos moyens de calcul. La puissance brute offerte et la flexibilité des conditions d'emploi font que ce moyen de calcul s'intègre idéalement dans notre chemin menant au maquettage virtuel de nos équipements.



Constellation Iridium : antenne sous test et exemple de couverture terrestre.

ThalesAlenia Space
A Thales / Finmeccanica Company

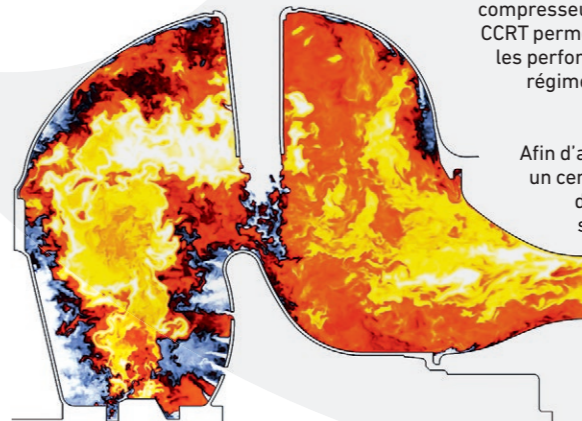
AIRBUS SAFRAN LAUNCHERS

Airbus Safran Launchers s'appuie sur le CCRT pour qualifier ses lanceurs. De nombreuses disciplines sont étudiées par la simulation numérique : l'aérodynamisme, l'électromagnétisme, etc.

Au travers des machines accessibles et du partage d'informations, le partenariat avec le CCRT permet de développer plus efficacement les codes de demain, de réaliser certaines très grosses simulations et de faire des plans de paramétrage étendus par simulation numérique. Les avancées technologiques obtenues contribuent aujourd'hui directement au développement d'Ariane 6.

SAFRAN

Dans un environnement hautement compétitif entre les motoristes aéronautiques, l'utilisation du calcul haute performance à Safran contribue à faire jeu égal avec les meilleurs acteurs mondiaux. En effet, le HPC permet de prendre en compte les phénomènes multiphysiques et de reproduire fidèlement les effets technologiques tout en réduisant les temps de conception, dans le domaine de la conception et de la réalisation des moteurs d'avions et d'hélicoptères. Ces dix dernières années, la croissance de l'utilisation du HPC dans l'entreprise a été exponentielle. La simulation numérique ouvre des opportunités en investiguant de nouvelles architectures sans avoir à attendre les essais. Quatre sociétés du groupe Safran sont partenaires du CCRT.



Aube de turbine HP (Safran Tech).

SAFRAN HELICOPTER ENGINES utilise la simulation numérique lors de la conception des compresseurs, turbines à gaz et chambres de combustion pour hélicoptères. L'accès au CCRT permet aux concepteurs d'accroître l'innovation technologique tout en sécurisant les performances, l'opérabilité des moteurs en toute situation (allumage, extinction, régimes d'urgence), la réduction de la masse, des émissions polluantes et de la consommation (de l'ordre de 15 % de réduction en 15 ans).

Afin d'amplifier les efforts de recherche, Safran a créé en 2015 SAFRAN TECH, un centre de recherche transverse au groupe, qui a notamment pour objectif de mettre au point les modèles, algorithmes et codes de calcul qui seront ensuite utilisés dans les bureaux d'étude. À ce titre, Safran Tech utilise massivement les infrastructures du TGCC pour valider et améliorer ses outils de simulation.

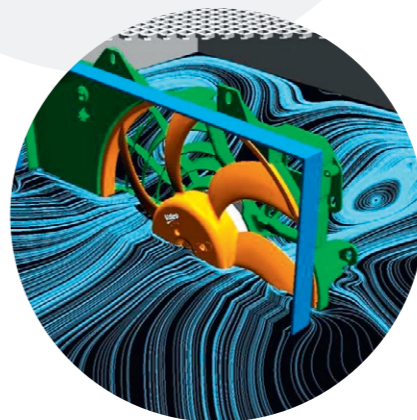
Champ de température instantanée dans une chambre de combustion (Safran Helicopter Engines).

Valeo

Le prototypage virtuel est intégré dans les processus de développement de l'industrie automobile et permet de fournir, dès les phases initiales d'études, les prédictions de performances et les analyses de validation.

Après avoir développé pour nos produits des chaînes de calculs et d'optimisation qui tirent parfaitement profit des supercalculateurs du CCRT, nos simulations s'ouvrent à de nouvelles thématiques du calcul haute performance : le modèle instationnaire pour des temps physiques importants, le multi-échelle et les analyses de fiabilité ou de robustesse sont parmi les perspectives qu'autorise la nouvelle puissance de calcul. En prenant en compte plus de réalité physique, les produits étudiés numériquement sont mieux adaptés à leur usage réel dans la durée et dans la diversité des usages automobiles.

Simulation de moteur-ventilateur.



Simulation des transitions de phases dans un alliage fer-nickel (CEA/DAM).



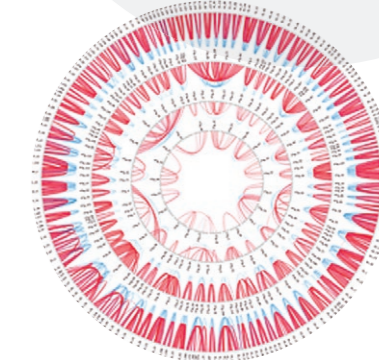
cea
DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

L'essor de la simulation numérique est une priorité et un enjeu majeur pour le CEA, qui travaille à sa diffusion, participe à la structuration nationale et européenne des infrastructures et développe des partenariats avec l'industrie.

Le CEA a été à l'origine de la création du CCRT qui est aussi un formidable outil pour la diffusion de logiciels, et facilite l'élaboration de nouvelles collaborations scientifiques. Le CEA s'est appuyé sur le CCRT pour caractériser le réacteur Astrid, prototype de réacteur nucléaire de 4^e génération. Le CCRT a également contribué à la mise au point de nouveaux outils de prédiction de fonction enzymatique, au développement des calculs multi-échelles dans le domaine des matériaux, etc.

FRANCE GÉNOMIQUE

L'infrastructure France Génomique, financée par les « Investissements d'Avenir », a pour ambition de maintenir la recherche française au plus haut niveau de compétitivité et de performance dans la production et l'analyse des données de génomique, à la pointe de l'état de l'art à l'échelle internationale. Le CCRT a été choisi pour être l'e-infrastructure de stockage et de traitement de ces données. Depuis 2012, cette e-infrastructure permet aux utilisateurs de France Génomique de bénéficier d'un espace de stockage de plusieurs pétaoctets (stockage moyen terme pour des projets scientifiques de plusieurs années), connecté à plusieurs milliers de cœurs de traitements par une interconnexion à haute performance.



Duplications du génome de *Paramecium tetraurelia* (CEA/DRF).

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

LES PLUS DU CCRT

Un environnement fiable et sécurisé

Le CCRT fonctionne 24h sur 24 hors période de maintenances planifiées. Un support sur site du constructeur Atos-Bull, des équipes d'administration expertes et un système d'astreinte permettent d'optimiser la disponibilité du service de calcul.

Assurer la sécurité des accès et la confidentialité des données est une préoccupation majeure du CCRT. Une cellule d'experts CEA en sécurité informatique pilote un système de supervision qui surveille, détecte et analyse les alertes et permet aux responsables de la sécurité de réagir très rapidement.



L'assistance aux utilisateurs

- Un point d'accueil unique pour les utilisateurs : hotline.tgcc@cea.fr – tél. : +33 1 77 57 42 42. Ce centre d'appels accompagne les partenaires dans leur utilisation du centre de calcul et prend en compte leurs demandes et les incidents remontés.
- Un site web dédié aux utilisateurs (<https://www-ccrt.ccc.cea.fr>) : « bonnes pratiques », informations et actualités techniques.
- Un support applicatif : une équipe de spécialistes informatiques apporte son expertise au portage et à l'optimisation des codes utilisateurs sur les machines du CCRT.



Une offre de formation

- Des formations sont régulièrement proposées pour permettre aux utilisateurs de tirer pleinement parti des architectures mises en œuvre sur le CCRT. Ces formations portent sur la programmation parallèle (MPI, OpenMP, vectorisation...), sur les environnements de développements, mais aussi sur de nouvelles technologies en avance de phase par rapport à leur intégration dans les machines de production.
- Des sessions de « prise en main » du CCRT sont proposées aux nouveaux utilisateurs.



Une dynamique d'échanges entre partenaires

Afin de faire partager l'expertise de ses équipes à ses partenaires et de profiter plus généralement des stratégies et compétences de chacun, le CCRT propose régulièrement des workshops technologiques ou thématiques :

- Programmation Haute performance en C++,
- Développement de nouveaux services au CCRT afin de répondre aux besoins des utilisateurs,
 - Apprentissage de solutions de type deep-learning,
 - Mise à disposition de machines virtuelles au CCRT...

Cette liste s'enrichit des propositions des partenaires qui partagent des problématiques communes.

Le CCRT organise également, chaque année, une journée scientifique ouverte à tous, l'occasion pour les utilisateurs de présenter leurs résultats scientifiques.