



Le Centre de Calcul de l'IN2P3, infrastructure de recherche du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, a pour mission de fournir des moyens de transfert, de stockage et de traitement de données aux expériences de physique nucléaire, des hautes énergies et des astroparticules.

Il conçoit des services informatiques répondant aux besoins particuliers de ces communautés dans un esprit de mutualisation et de maîtrise de l'impact énergétique.

Contact : CC-IN2P3

21 avenue Pierre de Coubertin
CS70202
69627 Villeurbanne cedex
T +33 4 78 93 08 80
Site Internet : <https://cc.in2p3.fr>

Le point de vue du Centre de Calcul de l'IN2P3

EN BREF.

Le CC-IN2P3 apporte son soutien au projet de Futur collisionneur circulaire (FCC) du CERN. Fort de son expérience au service du LHC et du High-Luminosity LHC, il considère que ce projet constitue une opportunité majeure pour consolider en Auvergne-Rhône-Alpes un écosystème numérique scientifique de dimension européenne.

Les volumes et la complexité des données du FCC devraient stimuler l'innovation dans le calcul distribué, le stockage, les réseaux à très haut débit, les logiciels scientifiques, la cybersécurité et l'intelligence artificielle. Ces développements devront s'accompagner d'une maîtrise exigeante de leur empreinte environnementale, fondée sur la mutualisation des moyens, la conception avec les scientifiques et l'amélioration continue de l'efficacité énergétique.

Le FCC offre également l'occasion de prolonger l'engagement du CERN en faveur de la science ouverte, en préservant, documentant et rendant progressivement réutilisables ses données. Les infrastructures et compétences ainsi développées pourront bénéficier à de nombreuses disciplines, des sciences de l'Univers à la biologie, à la climatologie, à la médecine et aux humanités numériques. En mobilisant les partenaires scientifiques, numériques et institutionnels régionaux, le FCC pourrait renforcer durablement les capacités de recherche de l'Auvergne-Rhône-Alpes et contribuer à la souveraineté scientifique française et européenne.



Le projet FCC du CERN : une opportunité pour un numérique scientifique ouvert, efficient et innovant en Auvergne-Rhône-Alpes

Le CC-IN2P3, une expérience construite avec le LHC

L'exploitation du Large Hadron Collider (LHC) a posé un défi numérique inédit : transférer, stocker et analyser, de manière fiable et continue, les volumes considérables de données produits par ses expériences. Pour y répondre, la communauté scientifique internationale a conçu une infrastructure distribuée à l'échelle mondiale, la grille de calcul du LHC. Celle-ci fédère aujourd'hui les ressources de plus de 200 centres de calcul et permet à des milliers de scientifiques d'accéder aux données et de les analyser, quel que soit leur lieu de travail.

Implanté sur le campus LyonTech-La Doua, le Centre de Calcul de l'IN2P3 est l'un des acteurs majeurs de cette infrastructure. Il fournit environ 13 % des ressources internationales mobilisées pour le traitement des données du LHC. En lien étroit avec les équipes scientifiques, il développe et exploite des services spécialisés couvrant l'ensemble du cycle de vie des données : leur transfert, leur stockage, leur traitement, leur sécurisation, leur préservation et leur mise à disposition.

Cette mission a conduit le CC-IN2P3 à acquérir une expertise reconnue dans les données massives, le calcul distribué, les logiciels scientifiques, la cybersécurité et les réseaux à très haut débit. Son partenariat avec RENATER (le groupement d'intérêt public dont la mission est de déployer et opérer le réseau français dédié à l'enseignement supérieur et à la recherche) a notamment accompagné le développement de capacités de transmission atteignant l'échelle du téraoctet par seconde. Ces infrastructures et compétences, construites dans la durée pour répondre aux besoins du LHC puis du High-Lumi LHC (HL-LHC), bénéficient à l'ensemble de l'écosystème scientifique et numérique régional.

Le FCC, moteur d'innovation numérique

Par l'échelle et la complexité des données qu'il produirait, le FCC ouvrirait une nouvelle étape dans le développement des infrastructures numériques scientifiques. Si la quantité de données générée devrait rester la même, le projet imposerait de concevoir de nouvelles solutions pour sélectionner, transporter, traiter et conserver des volumes de données sans précédent, tout en garantissant leur intégrité, leur sécurité et leur disponibilité sur plusieurs décennies.

Ces défis stimuleraient l'innovation dans de nombreux domaines : architectures de calcul distribuées, stockage à grande échelle, réseaux à très haut débit, logiciels scientifiques, automatisation des opérations, cybersécurité et intelligence artificielle. L'analyse des données du FCC pourrait notamment favoriser le développement de méthodes plus performantes pour détecter les événements pertinents,

optimiser l'utilisation des ressources et accélérer les traitements. Comme le LHC avant lui, le FCC constituerait ainsi un démonstrateur grandeur nature pour des technologies appelées à bénéficier à d'autres infrastructures de recherche.

Le CC-IN2P3 dispose de l'expérience et des compétences nécessaires pour contribuer à cette dynamique. Sa proximité avec les équipes scientifiques lui permet de coconcevoir des services adaptés à leurs besoins plutôt que de simplement déployer des solutions informatiques généralistes. Cette démarche favorise des innovations plus efficaces, réutilisables et maîtrisées dans la durée.

En mobilisant les établissements d'enseignement supérieur et de recherche, les infrastructures numériques, les entreprises technologiques et les acteurs publics du territoire, le FCC offrirait à l'Auvergne-Rhône-Alpes l'occasion de consolider un écosystème d'innovation autour des données scientifiques. Il renforcerait l'attractivité de la région, la circulation des savoir-faire et la capacité de ses acteurs à participer aux grandes infrastructures numériques européennes.

Des infrastructures numériques efficientes et mutualisées

L'évolution attendue des modèles de traitement de données du FCC entraînerait des besoins importants en calcul, en stockage et en transmission. Leur consommation énergétique et leur empreinte environnementale doivent donc être considérées dès la conception du projet, et non comme une conséquence secondaire de son exploitation. Pour le CC-IN2P3, l'ambition scientifique du FCC doit aller de pair avec une utilisation responsable des ressources numériques.

L'expérience acquise avec le LHC montre que la croissance des capacités informatiques ne se traduit pas nécessairement par une augmentation équivalente de la consommation d'énergie. La mutualisation des moyens, l'amélioration continue des équipements et la co-conception des architectures avec les équipes scientifiques permettent d'accroître fortement la quantité de données traitées pour chaque unité d'énergie consommée. Ainsi, depuis 15 ans, le CC-IN2P3 a multiplié par 8 ses capacités de calcul et de stockage, sans dépasser son niveau maximal de consommation électrique enregistré en 2011.

Cette maîtrise repose également sur une exploitation attentive des infrastructures : optimisation de l'utilisation des équipements, réduction des ressources inutilisées, adaptation des logiciels, allongement raisonné de la durée de vie des matériels et choix de solutions proportionnées aux besoins scientifiques. La concentration de compétences et la mutualisation des services évitent par ailleurs la multiplication d'installations dispersées, moins efficacement utilisées.

En intégrant ces principes dès sa conception, le FCC pourrait devenir une référence en matière d'infrastructure numérique scientifique responsable. Le CC-IN2P3 entend mettre son expérience au service de cette démarche et contribuer, avec ses partenaires régionaux, à définir des objectifs mesurables d'efficacité énergétique et environnementale. L'Auvergne-Rhône-Alpes pourrait ainsi accueillir non

seulement des capacités numériques de premier plan, mais aussi des méthodes et des savoir-faire exemplaires pour en maîtriser durablement l'impact.

Préserver, documenter et ouvrir les données

Les données produites par une grande infrastructure scientifique constituent un patrimoine dont la valeur dépasse la durée des expériences qui les ont générées. Leur conservation et leur ouverture permettent de vérifier et de reproduire les résultats, de conduire de nouvelles analyses et de développer des usages qui n'avaient pas nécessairement été envisagés au moment de leur acquisition.

Le CERN et les expériences du LHC ont progressivement construit une politique de science ouverte. Celle-ci prévoit la mise à disposition de données scientifiques après une période permettant leur exploitation prioritaire par les collaborations, ainsi que la publication des logiciels et de la documentation nécessaires à leur réutilisation. Ces ressources peuvent bénéficier aux scientifiques extérieurs aux expériences, mais aussi à la formation, à l'enseignement et au développement de nouvelles méthodes d'analyse.

L'ouverture des données ne consiste toutefois pas à déposer des fichiers sur une plateforme. Elle suppose de les sélectionner, de les décrire, de préserver les logiciels et les environnements nécessaires à leur interprétation, de garantir leur intégrité et de maintenir des capacités permettant de les consulter et de les traiter dans la durée. Elle exige donc des infrastructures numériques robustes et des compétences pérennes en gestion des données.

Le FCC offre l'occasion d'intégrer ces exigences dès la conception de son écosystème numérique. Fort de son expérience dans le stockage, le traitement et la préservation de données scientifiques, le CC-IN2P3 peut contribuer à rendre les futures données du FCC accessibles, compréhensibles et réutilisables. Cette ambition renforcerait la portée collective du projet : les connaissances produites grâce à un investissement scientifique international pourraient ainsi continuer à bénéficier, sur le long terme, à la recherche et à la société.

Un écosystème régional de partenaires

Le développement des infrastructures numériques nécessaires au FCC ne pourrait reposer sur un acteur isolé. Il suppose une coopération durable entre les organismes de recherche, les établissements d'enseignement supérieur, les opérateurs de réseaux, les centres de calcul, les entreprises technologiques et les collectivités territoriales. L'Auvergne-Rhône-Alpes dispose déjà d'un environnement favorable pour organiser cette coopération.

Implanté à Villeurbanne sur le campus LyonTech-La Doua, le CC-IN2P3 travaille avec RENATER au développement des réseaux

scientifiques à très haut débit et entretient des relations étroites avec les acteurs académiques régionaux et nationaux. Fort de ces relations, il constitue un « hub » où plusieurs opérateurs de télécommunications (SFR, Orange, Lyonnix, Amplivia...) s'interconnectent, favorisant la circulation des données scientifiques et renforçant la résilience numérique du territoire.

Le FCC permettrait de franchir une nouvelle étape en fédérant ces partenaires autour de besoins communs : accroissement des capacités de transmission, mutualisation du calcul et du stockage, sécurisation des échanges, préservation des données et expérimentation de nouvelles architectures numériques. Les solutions développées pour le projet pourraient ensuite être mises au service d'autres communautés scientifiques et infrastructures de recherche présentes dans la région.

Les infrastructures et les compétences développées pour la physique des particules ne bénéficient pas à cette seule discipline. La gestion de données massives, le calcul distribué, les réseaux à très haut débit et la préservation de données sur le temps long répondent également aux besoins de nombreux autres domaines scientifiques. Les méthodes mises au point dans le cadre du LHC et du projet FCC s'il se concrétise sont transposables à l'astronomie, à la climatologie, à la biologie, aux sciences des matériaux ou encore à la recherche médicale. En renforçant les infrastructures mutualisées et les expertises présentes autour de Lyon, le FCC créerait des conditions favorables à de nouvelles collaborations entre ces communautés.

L'enjeu dépasse donc la seule augmentation des capacités informatiques consacrées à la physique des particules. Il s'agit de consolider en Auvergne-Rhône-Alpes un socle numérique scientifique susceptible de servir, dans la durée, un ensemble diversifié de disciplines et de projets de recherche.

En consolidant ce réseau de partenaires, le FCC renforcerait la position de l'Auvergne-Rhône-Alpes comme pôle numérique scientifique de dimension européenne. Il contribuerait également à une meilleure répartition territoriale des grandes infrastructures de données, en affirmant l'existence, autour de Lyon, d'un pôle complémentaire aux capacités historiquement concentrées en Île-de-France.

Une ambition régionale au service de la France et de l'Europe

En renforçant les infrastructures et les compétences numériques présentes en Auvergne-Rhône-Alpes, le FCC produirait des effets dépassant largement les frontières régionales. Les capacités développées pour transférer, traiter, sécuriser, préserver et ouvrir les données contribueraient à l'ensemble de la recherche française et européenne.

Dans un contexte de dépendance croissante aux technologies et aux infrastructures numériques, conserver en Europe la maîtrise de la chaîne de traitement des données scientifiques constitue un enjeu stratégique. Cette maîtrise ne signifie pas agir de manière isolée : elle repose au contraire sur des coopérations internationales, des standards ouverts et des infrastructures distribuées, tout en garantissant que l'Europe dispose durablement des compétences et des moyens nécessaires à ses ambitions scientifiques.

