

## NOUVELLES DU LS2 : PLUS DE PUISSANCE CRYOGÉNIQUE AU POINT 4 DU LHC

Au point 4 du LHC, un réfrigérateur qui fait passer l'hélium de la température ambiante à 4,5 K (-268,65 °C) a subi d'importantes améliorations en vue du HL-LHC



La boîte froide située en surface mesure environ 6 m de long pour 3 m de diamètre. Tous ses éléments sont isolés sous vide pour limiter le rayonnement thermique. (Image : CERN)

Le LHC est l'un des endroits les plus froids de la Terre. La température de fonctionnement de ses principaux aimants, 1,9 K (-271,3 °C), est même inférieure aux 2,7 K (-270,5 °C) de l'espace intersidéral... Pour atteindre une telle température, 120 tonnes d'hélium liquide circulent, en circuit fermé, dans les veines de l'accélérateur.

Le système de réfrigération du LHC est constitué de plusieurs îlots cryogéniques comptant huit réfrigérateurs d'hélium au total. Chaque point pair de l'accélérateur (points 2\*, 4, 6 et 8) est équipé de deux réfrigérateurs, l'un datant du LEP (Grand collisionneur électron-positon), l'autre, plus récent, de la mise en service du LHC.

(Suite en page 2)

## Dans ce numéro

<b>Actualités</b>	<b>1</b>
Nouvelles du LS2 : plus de puissance cryogénique au point 4 du LHC	1
Le CERN fabrique ses propres masques chirurgicaux	2
De la sécurité en cryogénie à la lutte contre la pandémie de COVID-19	3
Le point sur la protection des données au CERN	4
Semaine du Conseil, redémarrage des accélérateurs et mesures COVID-19 : les réponses à vos questions	4
ALICE récompense ses lauréats pour leur thèse	5
CMS sees evidence of top quarks in collisions between heavy nuclei	5
LHCb sees new form of matter-antimatter asymmetry in strange beauty particles	6
Feu vert pour la construction du Portail de la science	7
Sécurité informatique : des nouvelles du front numérique	8
<b>Communications officielles</b>	<b>9</b>
<b>Annonces</b>	<b>10</b>
<b>Hommages</b>	<b>11</b>
<b>Opinion</b>	<b>12</b>
<b>Le coin de l'Ombud</b>	<b>15</b>

# NOUVELLES DU LS2 : PLUS DE PUISSANCE CRYOGÉNIQUE AU POINT 4 DU LHC

Le réfrigérateur LEP est constitué de deux boîtes froides – une en surface et l'autre, en aval, dans le tunnel ; faisant respectivement passer l'hélium de la température ambiante à 20 K (-253,15°C), puis de 20 K à 4,5 K – et d'une unité produisant l'hélium superfluide à 1,9 K, située en caverne.

« Ces réfrigérateurs datent de 1994, mais ils ont depuis subi plusieurs phases d'amélioration, en particulier pour le LHC, en 2006. À cette occasion, leur puissance réfrigérante était passée de 12 kW à 16 kW à 4,5 K », indique Emmanuel Monneret, ingénieur projet réfrigération au sein du groupe TE-CRG.

Pendant le LS2, de nouveaux travaux d'amélioration ont été menés sur le réfrigérateur LEP du point 4, faisant passer sa puissance réfrigérante à 18 kW à 4,5 K en vue du HL-LHC (LHC à haute luminosité) : « Les réfrigérateurs du point 4 sont critiques pour le HL-LHC car, en plus de refroidir les secteurs 3-4 et 4-5, ils doivent aussi refroidir les sections dans lesquelles sont installées les cavités radiofréquence, exigeantes en matière de refroidissement », poursuit Emmanuel Monneret.

Pour gagner ces précieux 2 kW, les quatre turbines et échangeurs de chaleur de chacune des deux boîtes froides du point 4 ont été remplacés par des équivalents

plus performants. Une tâche relativement simple à réaliser pour la boîte froide située en surface, dans laquelle il est possible de pénétrer (voir photo 1), mais plus ardue pour celle dans le tunnel. « Nous n'avions pas anticipé qu'il serait impossible de mettre un pied dans la boîte froide inférieure, beaucoup plus compacte que celle en surface », explique Emmanuel Monneret. « En étroite collaboration avec le fabricant, nous avons finalement trouvé une solution pour remplacer les turbines et échangeurs depuis l'extérieur. »

Grâce à une nouvelle interface (voir photo 2), développée par l'industriel en à peine quelques mois, l'équipe en charge du projet a pu installer les turbines et échangeurs sans avoir à les raccorder depuis l'intérieur de la boîte froide. Ces nouveaux équipements, qui viennent d'être mis en service, seront opérationnels d'ici à la fin du mois.

*\*Pour être tout à fait exact, il y a un réfrigérateur d'hélium au point 2 et un au point 1.8.*

## Le LHC a entamé son refroidissement

Le refroidissement post-LS2 du LHC a commencé le 5 octobre avec le secteur 4-5. Le refroidissement est réalisé en trois étapes : de la température ambiante à 80 K, de 80 K à 4,5 K, et enfin de 4,5 K à 1,9 K. Pour refroidir un secteur jusqu'à 1,9 K, y compris mener les vérifications et réglages

de l'instrumentation et des systèmes de contrôle des procédés, il faut compter environ sept semaines. Les secteurs sont refroidis progressivement, les uns après les autres. Le LHC devrait ainsi avoir atteint sa température nominale au printemps 2021.



Les nouvelles turbines et leurs échangeurs de chaleur, récemment installés sur la boîte froide inférieure du point 4. Les turbines sont fixées sur une interface développée spécialement pour permettre leur installation depuis l'extérieur de la boîte froide. (Image : CERN)

Anaïs Schaeffer

# LE CERN FABRIQUE SES PROPRES MASQUES CHIRURGICAUX

**Le CERN a fait l'acquisition d'une machine pour la fabrication de masques chirurgicaux, une solution plus fiable et économique**



La nouvelle machine du CERN pour la fabrication de masques chirurgicaux. (Image : CERN)

Le CERN a récemment fait l'acquisition d'une machine pour la fabrication de masques chirurgicaux. Cela permet à l'Organisation de fournir des masques à toutes les personnes travaillant sur les sites du CERN et ainsi d'assurer la sécurité de chacun et chacune d'entre nous face au COVID-19.

La machine a été installée dans le bâtiment 947 dans le courant du mois de septembre et plusieurs membres du groupe EN-SMM (Topométrie, mécatronique et mesures) ont

été formés à son utilisation. L'objectif est de pouvoir produire 400 000 masques par mois.

« Le CERN, comme tout le monde, a été confronté à la pénurie de masques chirurgicaux au début de la pandémie de COVID-19 », relate Roberto Losito, chef du département EN. « En avril, heureusement, nous avons pu commander plusieurs centaines de milliers de masques, mais les prix étaient exorbitants. Nous avons alors



*pris la décision de nous équiper de notre propre machine de fabrication : c'est beaucoup plus économique sur le long terme et nous sommes ainsi assurés d'avoir suffisamment de masques – aux normes – pour tout le monde au CERN. »*

Les masques produits au CERN sont en effet en cours de test selon la norme EN 14683 dans un laboratoire français et au-

ront le marquage CE, ce qui garantit leur conformité aux exigences de l'Union européenne en la matière.

Nous vous rappelons qu'au CERN, le port du masque est obligatoire à l'intérieur et à l'extérieur si une distance physique de deux mètres ne peut pas être respectée.

*Pour plus d'informations sur les mesures d'hygiène mises en place au CERN contre le COVID-19, rendez-vous sur cette page (<https://hse.cern/fr/content/mesures-dhygiene>). Toutes les informations relatives au COVID-19 au CERN sont disponibles ici (<https://hse.cern/fr/covid-19-information>).*

Anaïs Schaeffer

## DE LA SÉCURITÉ EN CRYOGÉNIE À LA LUTTE CONTRE LA PANDÉMIE DE COVID-19

**Série sur le transfert des connaissances : portrait d'Andre Henriques, coordinateur technique pour les Règles de sécurité du CERN au sein de l'unité Santé et sécurité au travail et protection de l'environnement (HSE)**



Andre Henriques, leader du projet « Kryolize » (Image : CERN)

De par son statut d'organisation intergouvernementale, le CERN établit ses propres règles de sécurité, nécessaires à son bon fonctionnement. Pour cela, il tient compte des bonnes pratiques et réglementations en vigueur dans ses États hôtes. Après avoir enrichi ses compétences pendant neuf ans au sein de l'unité HSE, Andre Henriques s'attache aujourd'hui à définir les aspects techniques des Règles de sécurité du CERN.

En parallèle, il dirige également le projet Kryolize. Cette initiative vise à harmoniser le dimensionnement des soupapes de sé-

curité destinées aux applications cryogéniques du CERN grâce à un logiciel développé avec l'aide du Fonds pour le transfert de connaissances. Le logiciel va de pair avec des expériences et des systèmes de mesure destinés à améliorer l'état actuel de la sécurité cryogénique grâce à une collaboration de R&D avec l'Institut de technologie de Karlsruhe (KIT). « Nos échanges avec le KIT ont été fructueux. Ils nous ont permis d'assurer le financement du projet et de passer ainsi à l'étape supérieure », explique Andre.

Bien que le Kryolize ait été initialement conçu pour le CERN, la nouvelle s'est répandue au sein de la communauté scientifique et l'outil a suscité l'intérêt de nombreuses autres institutions. Andre a travaillé étroitement avec le groupe Transfert de connaissances pour faire connaître l'outil et nouer des collaborations. Des conseillers juridiques ont ainsi aidé à la conclusion de onze accords de licence avec sept entités institutionnelles et quatre entités commerciales. Afin d'améliorer les paramètres de conception des équipements de sécurité, la phase deux du projet Kryolize commencera en 2021.

Expert au sein de l'unité HSE, Andre jouit de connaissances concernant les activités de transfert qui vont au-delà des logiciels de cryogénie. Il a également participé aux travaux du CERN dans la lutte contre la pandémie de COVID-19 en prenant part aux activités relevant de l'aide à la société. En sa qualité de représentant de l'unité HSE au sein du groupe d'action « CERN against COVID-19 », Andre a contribué aux initiatives telles que le respirateur HEV (« High-Energy Ventilator »). Ce respirateur, conçu grâce aux équipements et aux connaissances du CERN, est destiné aux hôpitaux du monde entier. Des visières de protection faciale et des masques ont également été offerts aux communautés locales et de nouveaux transferts de connaissances sont prévus pour certains modèles grâce à la licence sur le matériel libre (OHL, « Open Hardware Licence »).

**Pour en savoir plus sur les activités de transfert des connaissances du CERN cliquez ici** (<https://kt.cern/cern-community>).

Linn Tvede

# LE POINT SUR LA PROTECTION DES DONNÉES AU CERN

**La Circulaire opérationnelle n°11 décrit les droits et obligations en matière de protection des données au CERN, mais il reste encore beaucoup à faire pour assurer une protection optimale des données à caractère personnel**

En juin 2017, notre directrice générale, Fabiola Gianotti, déclarait que mettre en place toutes les mesures nécessaires pour protéger les données à caractère personnel était « *une nécessité vitale si nous voulons conserver la confiance de tous ceux et celles qui nous communiquent ces informations et prouver aussi que nous appliquons dans tout ce que nous faisons des règles aussi exigeantes que celles que nous appliquons dans la recherche* ». La Circulaire opérationnelle n°11, entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2019, décrit les droits et obligations en matière de protection des données au CERN et constitue une étape importante en la matière. Cependant, il reste encore beaucoup à faire pour assurer une protection optimale des données à caractère personnel.

Créé en 2018, le Comité de coordination sur la protection des données (DPCC) est l'entité spécialisée chargée de coordonner la protection des données au CERN. Il œuvre à définir des approches communes concernant la mise en place des droits et obligations relatifs à la protection des données. Chaque département a nommé un représentant, le coordinateur départemental pour la protection des données (voir la liste (<https://indico.cern.ch/category/11222/attachments/2000380/3561780/Membership.pdf>)). Ces représentants départementaux, ensemble avec des représentants du Service juridique, de l'Association du personnel et du Bureau de la protection des données (ODP), constituent le DPCC.

Depuis sa création en 2018, le DPCC a déjà accompli un travail impressionnant. Un inventaire de tous les services du CERN traitant des données à caractère personnel a notamment été mené en 2019. Ce travail a révélé l'existence de 560 services qui traitent ce type de données. Sur la base de ce catalogue, les membres du DPCC ont pu coordonner le développement et la publication d'avis de confidentialité des données à caractère personnel. Ces avis expliquent dans quel but et comment ces données sont traitées et protégées.

Concernant la gestion au quotidien, le DPCC a développé un ensemble de procédures spécifiques pour guider toute personne confrontée au traitement de données personnelles. Nous pouvons citer par exemple la procédure pour l'organisation d'événements, une tâche que beaucoup d'entre nous sont amenés à faire. Par ailleurs, le site web (<https://privacy.web.cern.ch/fr>) de l'ODP contient des informations détaillées et à jour sur la protection des données ; sa page FAQ (<https://privacy.web.cern.ch/fr/FAQ>) en particulier, répond à des questions spécifiques. L'Admin e-guide (<https://admin-eguide.web.cern.ch/administration-interne>) quant à lui, avec sa nouvelle section consacrée au traitement des données personnelles, liste les procédures s'y rapportant. Ces procédures détaillent la mise en pratique de la circulaire. Les avis de confidentialité des données à caractère personnel peuvent être trouvés sur la page de Service Now.

Le DPCC poursuit son travail pour définir les mesures essentielles à une mise en œuvre efficace de la Circulaire opérationnelle n°11. Parmi les priorités retenues figurent l'élaboration d'une politique de « protection des données dès la conception » (*Privacy by design*), l'actualisation du cours en ligne et la création d'un guide sur la conservation des données.

Le cadre que constitue la Circulaire opérationnelle n°11, avec toutes les mesures connexes, est très précieux ; mais cela ne suffit pas. Nous avons besoin de l'assistance et de la coopération de tous au CERN. C'est pourquoi nous vous invitons à soutenir l'action menée au CERN par l'équipe du DPCC pour protéger les données à caractère personnel.

Anne Kerhoas, Rachel Bray



(Image : CERN)

## SEMAINE DU CONSEIL, REDÉMARRAGE DES ACCÉLÉRATEURS ET MESURES COVID-19 : LES RÉPONSES À VOS QUESTIONS

**La vidéo et les présentations de la réunion d'information du 8 octobre sont consultables en ligne**

Le jeudi 8 octobre, la Directrice générale Fabiola Gianotti s'est adressée à la communauté du CERN aux côtés des membres de la Direction. Ils ont présenté les conclusions du Conseil de septembre et ont exposé la situation actuelle de l'Organisation et son évolution prévue, à la

lumière de la mise à jour de la stratégie européenne pour la physique des particules. La réunion a été diffusée par Webcast et a pris la forme de présentations par Fabiola Gianotti, Frédéric Bordry, directeur des accélérateurs et de la technologie, Eckhard Elsen, directeur de la recherche et de

l'informatique, et James Purvis, chef du département des Ressources humaines. Les présentations ont été suivies d'une session de questions-réponses.

Fabiola Gianotti a présenté la nouvelle direction, fraîchement nommée par le

Conseil du CERN, a abordé la situation financière de l'Organisation, la stratégie scientifique du Laboratoire pour la période 2021-2025, et a annoncé le début imminent de la construction du *Portail de la science* du CERN. La réunion a également été l'occasion de présenter le calendrier de redémarrage des accélérateurs ainsi que les dernières découvertes des expériences, parmi lesquelles la découverte d'une nouvelle forme d'asymétrie matière-antimatière par LHCb et la détection par

ATLAS et CMS de la désintégration d'un boson de Higgs en une paire de muons.

Une grande partie de la réunion a été consacrée aux mesures de ressources humaines liées au COVID-19 dictées par la situation sanitaire actuelle dans les États membres et au-delà. James Purvis et Doris Forkel-Wirth, chef de l'unité HSE, ont réaffirmé l'engagement du CERN à assurer la sécurité de sa communauté, en soulignant qu'aucune preuve d'infection sur site

n'avait été établie depuis le début de la pandémie. Le télétravail, la gestion des congés, la situation dans les restaurants, la quarantaine et les règles de restriction des déplacements ont ensuite été abordés en détail dans la section des questions-réponses.

Vous pouvez consulter les présentations et regarder l'enregistrement complet de la réunion ici (<https://indico.cern.ch/event/962228/>).

## ALICE RÉCOMPENSE SES LAURÉATS POUR LEUR THÈSE

Fabrizio Grosa et Arild Velure sont les jeunes lauréats 2020



Le porte-parole d'ALICE, Luciano Musa (au centre) décerne le prix des meilleures thèses ALICE à Fabrizio Grosa (en bas à droite de l'écran) et à Arild Velure (à droite de l'image) en présence de la présidente du Comité de collaboration Silvia Masciocchi et des présidents du Comité des thèses Giuseppe Bruno et Philippe Crochet (Image : CERN)

Le 23 septembre dernier, la collaboration ALICE a récompensé ses meilleures thèses de doctorat, sélectionnées sur la base du niveau des résultats obtenus, de la qualité du manuscrit et de l'importance de la contribution à la collaboration.

Parmi les onze remarquables thèses reçues par le comité de sélection, deux sont sorties du lot : celle de **Fabrizio Grosa**, intitulée *Strange and non-strange D-meson production in pp, p-Pb, and Pb-Pb collisions with ALICE at the LHC* (Production de mésons D étranges et non étranges lors des collisions proton-proton, protons-plomb et plomb-plomb dans l'expérience ALICE auprès du LHC) et celle d' **Arild Velure**, intitulée *Design, Verification and Testing of a Digital Signal Processor for Particle Detectors* (Conception, vérification et essai d'un processeur de traitement du signal numérique pour des détecteurs de particules).

Le porte-parole d'ALICE, Luciano Musa, la présidente du Comité de collaboration, Silvia Masciocchi, ainsi que les présidents du Comité des thèses, Giuseppe Bruno et Philippe Crochet, ont félicité les lauréats. Luciano Musa a décerné un certificat et un prix à Fabrizio et Arild, qui ont ensuite présenté leurs travaux.

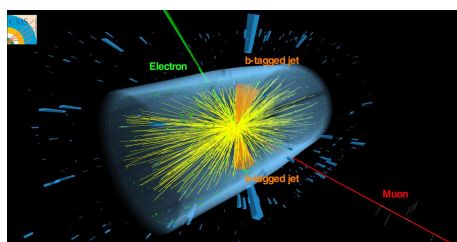
Dans le cadre de ses recherches doctorales, Fabrizio Grosa (École polytechnique de Turin) a analysé de vastes volumes de données concernant la production de plusieurs types de particules dans différents systèmes de collision. Cinq articles

d'ALICE ont été publiés à partir de ses résultats et deux autres sont prévus. De plus, grâce à son travail sur les procédures d'alignement et sur les études de performance pour la physique, Fabrizio a apporté une contribution importante au projet d'amélioration du système de trajectographie interne d'ALICE pour les futures périodes d'exploitation du LHC.

Venu de l'Université de Bergen, Arild Velure a travaillé sur la conception de la dénommée SAMPA ASIC, une puce complexe à signaux mixtes. Cette dernière s'est imposée comme la puce de lecture la plus avancée pour les détecteurs gazeux, tels que la chambre de projection temporelle d'ALICE et les chambres de trajectographie du spectromètre à muons. Arild a joué un rôle essentiel dans la définition des spécifications de l'ASIC, ainsi que dans la conception et la mise en œuvre de cartes frontales pour les détecteurs. De même, ses recherches sont d'une importance capitale pour la réussite de la prochaine campagne de prise de données à grande échelle d'ALICE.

## CMS SEES EVIDENCE OF TOP QUARKS IN COLLISIONS BETWEEN HEAVY NUCLEI

The result opens the path to study in a new and unique way the extreme state of matter that is thought to have existed shortly after the Big Bang



La version française de cet article n'est pas disponible pour le moment. Nous faisons tout notre possible pour la mettre en ligne

CMS candidate event for a top quark and antitop quark producing an electron, a muon and jets originating from bottom (b) quarks. (Image : CERN)

*dans les plus brefs délais. Merci de votre compréhension.*

The CMS collaboration has seen evidence of top quarks in collisions between heavy nuclei at the Large Hadron Collider (LHC).

This isn't the first time this special particle – the heaviest known elementary particle – has « made an appearance » at particle colliders. The top quark was first observed in proton–antiproton collisions at the Tevatron collider 25 years ago, and has since been spotted and studied in proton–proton and proton–nucleus collisions at the LHC. But the new finding, described in a paper just accepted for publication in *Physical Review Letters*, is sure to excite experimentalists and theorists alike, for analysis of top quarks in heavy-nuclei collisions offers a new and unique way to study the quark–gluon plasma that forms in these collisions and is thought to have existed in the early moments of the universe. In addition, such analysis could cast new light on the arrangement of quarks and gluons inside heavy nuclei.

There isn't exactly a shortage of particles, or « probes », with which to investigate the quark–gluon plasma. The LHC experiments have long been using several types of particle to study the properties of this extreme state of matter, in which quarks

and gluons are not confined within composite particles but instead roam like particles in a liquid with small frictional resistance. But all of the existing probes provide time-averaged information about the plasma. By contrast, the top quark, owing to the particular way in which it transforms, or « decays » into other particles, can provide snapshots of the plasma at different times of its lifetime.

« Faster-moving top quarks provide later-time snapshots. By assembling snapshots taken with top quarks at a range of different speeds, we hope that it will eventually be possible to create a movie of the quark–gluon plasma's evolution, » explains CERN-based researcher Guilherme Milhano, who co-authored a theoretical study on probing the quark–gluon plasma with top quarks. « The new CMS result represents the very first step down that road. »

The CMS collaboration saw evidence of top quarks in a large data sample from lead–lead collisions at an energy of 5.02 TeV. The team searched for collisions producing a top quark and a top antiquark. These quarks decay very quickly into a W boson and a bottom quark, which in turn also decay very rapidly into other particles. The CMS physicists looked for the particular case in which the final decay products are charged leptons (electrons or their heavier cousins muons) and « jets » of multiple particles originating from bottom quarks.

After isolating and counting these top–antitop collision events, CMS estimated the probability for lead–lead collisions to produce top–antitop pairs via charged leptons and bottom quarks. The result has a statistical significance of about four standard deviations, so it doesn't yet cross the threshold of five standard deviations that is required to claim observation of top-quark production. But it represents significant evidence of the process – there's only a 0.003% chance that the result is a statistical fluke. What's more, the result is consistent with theoretical predictions, as well as with extrapolations from previous measurements of the probability in proton–proton collisions at the same collision energy.

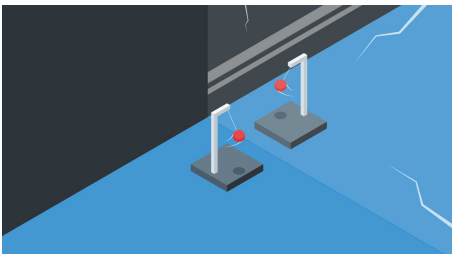
« Our result demonstrates the capability of the CMS experiment to perform top-quark studies in the complex environment of heavy-nuclei collisions, » says CMS physicist Georgios Krintiras, a postdoctoral researcher at the University of Kansas, « and it's the first stepping stone in using the top quark as a new and powerful probe of the quark–gluon plasma. »

*Read more on the CMS website (<https://cms.cern/news/heavy-metal-hits-top>).*

*Ana Lopes*

## LHCB SEES NEW FORM OF MATTER–ANTIMATTER ASYMMETRY IN STRANGE BEAUTY PARTICLES

**The LHCb collaboration has observed time-dependent matter–antimatter asymmetry in the decays of strange beauty particles into charged kaons**



*A CP-symmetry transformation swaps a particle with the mirror image of its antiparticle. The LHCb collaboration has observed a time-dependent breakdown of this symmetry in the decays of the strange beauty meson (red sphere on the left), which oscillates into its antimatter counterpart (oscillation illustrated by the pendulum motion). (Image : CERN)*

*La version française de cet article n'est pas disponible pour le moment. Nous faisons tout notre possible pour la mettre en ligne dans les plus brefs délais. Merci de votre compréhension.*

The observed excess of matter over antimatter in the Universe is an enduring puzzle in physics. The imbalance implies a difference in the behaviour of matter and antimatter particles. This difference, or « asymmetry », is known as CP violation

and is a fundamental part of the Standard Model of particle physics. But the amount of CP violation predicted by the model and observed so far in experiments is too small to explain the cosmic imbalance, suggesting the existence of as-yet-unknown sources and manifestations of CP violation beyond the Standard Model.

At the nineteenth beauty conference last month and at a seminar today at CERN, the LHCb collaboration reported the first observation of so-called time-dependent matter–antimatter asymmetry in particles



known as  $B_s^0$  mesons, which contain a beauty antiquark and a strange quark.

CP violation was first observed more than five decades ago in particles called  $K^0$  mesons, and has since been observed in other types of particle – including in  $B^0$  mesons in 2001 by experiments at the SLAC laboratory in the US and the KEK laboratory in Japan, and recently by the LHCb collaboration in  $D^0$  mesons. The effect can manifest itself in two forms : time-integrated and time-dependent. In the time-integrated form, the number of transformations, or « decays », of a matter particle into certain particles differs from that of the corresponding antimatter particle. In the time-dependent form, the violation varies with the particle's lifetime due to the spontaneous oscillation of the particle into its antiparticle and back.

The new LHCb study provides the first observation of time-dependent CP violation in  $B_s^0$  mesons, in their decays into charged K mesons. The result, obtained by combining data collected during the first and second runs of the Large Hadron Collider, has a statistical significance of 6.7 standard deviations, which is beyond the threshold of 5 standard deviations used by particle physicists to claim an observation.

« The  $B_s^0$  mesons oscillate between particle and antiparticle three thousand billion times per second, but the excellent resolution of our detector made it possible to observe the effect of these oscillations. Our observation of time-dependent CP violation in  $B_s^0$  mesons represents a further milestone in the study of the differences between matter and antimatter, » says LHCb spokesperson Chris Parkes, « adding to

our previous observation of time-integrated CP violation in these mesons. »

The next steps will be to compare the measurement with other measurements of CP violation and with predictions from the Standard Model and beyond. It's only after researchers make these comparisons that they will be able to tell whether or not the new measurement hides any surprises that might help to explain the matter-antimatter imbalance in the universe.

Read more on the LHCb website (<http://lhcb-public.web.cern.ch/Welcme.html#CPBs>).

Ana Lopes

## FEU VERT POUR LA CONSTRUCTION DU PORTAIL DE LA SCIENCE

**La construction du Portail de la science démarrera cette année au CERN suite à la permission officielle accordée par les autorités genevoises. Cet espace unique, en synergie avec le site du CERN et la nature, devrait ouvrir ses portes fin 2022**



Représentation 3D de la « piazza » qui se trouvera au centre du Portail de la science. (Image : ©RPBW)

Le CERN a dévoilé l'année dernière le lancement d'un ambitieux projet intitulé le *Portail de la science*. Cette année, le projet avance vers sa matérialisation : la demande de permis de construire, soumise par le CERN en octobre 2019 auprès des autorités genevoises, a été accordée le 29 septembre, grâce à la précieuse collaboration entre le CERN et le Canton de Genève. Les travaux pourront ainsi démarrer cet automne. Ce nouvel espace dédié à l'éducation et à la communication scientifiques s'inscrit dans l'une des missions du CERN, à savoir l'éducation et la sensibilisation du grand public à la science ainsi que le partage des connaissances et de la technologie avec la société.

Des tunnels, des ateliers, des cavernes d'expérimentation et d'autres espaces et instruments emblématiques de la recherche fondamentale menée au CERN vont trouver un écho dans l'architecture du *Portail de la science*. Conçue et imaginée par l'équipe de Renzo Piano Building Workshop, l'installation comprendra cinq espaces différents qui accueilleront des expositions, des activités éducatives, des laboratoires permettant de réaliser des expériences pratiques, un grand amphithéâtre, une boutique et un restaurant. Tous ces éléments seront reliés par une passerelle passant au-dessus de la route de Meyrin. Ce nouveau bâtiment augmentera considérablement la capacité de communication et d'accueil de l'Organisation et sera en synergie avec le Globe de la science et de l'innovation, ainsi qu'avec la nature environnante.

« Cette installation a l'objectif ambitieux de créer un pôle d'éducation et de culture scientifiques pour inspirer les jeunes générations par la beauté de la science », explique Patrick Geeraert, chargé du projet. « Elle évoque un des traits intrinsèques de l'identité du CERN : la curiosité et le désir d'ouverture et d'innovation. Cette nou-

velle construction vise à devenir, à la fois physiquement et symboliquement, la porte d'accès au CERN et aux connaissances scientifiques. »

L'un des éléments intégrateurs du projet est la « forêt ». Environ 400 arbres d'espèces indigènes de différentes hauteurs entoureront tous les bâtiments du *Portail de la science* et créeront une liaison avec les bâtiments existants du CERN, ainsi qu'avec le parking au nord du Globe. La « forêt » sera visible de toutes les zones principales du projet, renforçant l'identité de la passerelle scientifique et transmettant le message implicite que toute exploration est liée à la nature.

La « piazza », au centre de la composition, sera accessible depuis l'ensemble du site. Aménagée à la façon d'un théâtre naturel avec des escaliers à l'extrémité ouest, cet espace public situé au rez-de-jardin, où se trouveront le restaurant et le foyer de l'amphithéâtre, vise à accentuer la vocation urbaine du *Portail de la science*. Des espaces verts à la végétation riche et diversifiée entoureront l'ensemble architectural et complèteront la « forêt ». L'infrastructure sera d'ailleurs neutre en émission carbone,

grâce à la géothermie et à des panneaux photovoltaïques.

Afin de faciliter la mobilité et l'accès au site, la liaison avec l'arrêt de transports publics existant sera assurée. De plus, un parking de 240 places est prévu au nord du Globe. Il sera relié par des chemins piétons au *Portail de la science* ainsi qu'aux bâtiments de l'Esplanade, du Globe et d'IdeaSquare.

Ce projet est exclusivement financé par des dons à la Fondation CERN & Société. Jusqu'à présent, et grâce à de généreux donateurs, le CERN a réussi à récolter environ 80% du budget total ; il est toujours à la recherche de dons supplémentaires qui permettraient de couvrir l'intégralité des coûts.



Représentation 3D d'un des laboratoires d'expériences pratiques pour les enfants. (Image : ©RBPW, Renzo Piano Building Workshop)

## SÉCURITÉ INFORMATIQUE : DES NOUVELLES DU FRONT NUMÉRIQUE

**Lors d'un récent contrôle portant sur la sécurité informatique au CERN, la question suivante a été posée : combien d'attaques visent le CERN chaque jour ?**

Lors d'un récent contrôle portant sur la sécurité informatique au CERN, la question suivante a été posée : combien d'attaques visent le CERN chaque jour ? Difficile de répondre à une telle question, car il n'existe pas d'étalon universel permettant de définir ou de comptabiliser une attaque. Est-ce qu'une tentative de connexion sur le réseau du CERN constitue une attaque ? Ou faut-il qu'il y ait eu plusieurs connexions depuis la même source ? Ou bien que toutes les connexions se fassent selon le même modèle ? Ou encore qu'elles aient été menées par un même groupe hostile ? Une seule tentative par force brute visant un compte du CERN peut-elle être considérée comme une attaque ? Ou faut-il une série de tentatives d'attaques dites par dictionnaire ? Ou bien une seule attaque par dictionnaire visant plusieurs comptes du CERN ?

Comme vous pouvez le constater, la réponse à cette question ne coule pas de source. Selon d'autres organismes, ce sont 300 à 500 millions d'attaques qui se produisent chaque jour. Ces organismes comptabilisent donc chaque connexion et chaque tentative. Si l'on en croit notre système de détection des intrusions, le CERN est constamment attaqué : c'est un fait. Nuit et jour. À l'instant même où vous lisez ces lignes. Il est rare que les comptes du CERN ne soient pas la cible d'attaques par force brute. Ou que les failles sur le site ou sur les interfaces du CERN ne fassent pas l'objet de tentatives d'exploitation. De même, il est rare que les boîtes mails du

CERN ne reçoivent pas de SPAM ou d'e-mails frauduleux (« *phishing* »). Ou que les ordinateurs du CERN ne soient pas le point de mire de virus, de vers informatiques ou d'autres logiciels malveillants. 300 à 500 millions d'attaques ? Ce n'est pas le chiffre le plus impressionnant.

Regardons de plus près nos statistiques :

- chaque jour, le Centre d'opérations de sécurité (SOC) passe en revue les activités douteuses et malveillantes et traite ainsi de 3 à 5 To d'historique de données ;
- le pare-feu du CERN analyse à la vitesse de 40 Gbit par seconde le trafic entrant et sortant et essaie de refuser tout paquet non demandé ou non autorisé. Très prochainement, l'équipe chargée du réseau CERN remplacera son pare-feu par une solution plus puissante qui permettra de filtrer à une vitesse de 200 Gbit par seconde le réseau entrant et sortant et de contrer des attaques élaborées, sophistiquées et ciblées ;
- généralement, le filtre anti-spam du CERN bloque près de 70 % des deux millions de mails reçus chaque jour au CERN. Quant aux mails qui passent entre les mailles du filet, chaque jour, les filtres de détection de logiciels malveillants développés mettent en quarantaine des courriels envoyés lors d'une cinquantaine de campagnes d'hameçonnage et d'une vingtaine

de campagnes utilisant des pièces jointes malveillantes ;

- chaque mois, le Centre d'opérations de sécurité envoie des dizaines de messages à des collègues dont l'adresse e-mail du CERN ou l'adresse e-mail externe, ainsi que les mots de passe externes et d'autres informations personnelles, ont été divulguées du fait de failles dans les services en nuage sur Internet. D'une façon plus générale, nos outils automatiques alertent également des centaines d'organisations, d'instituts et d'universités sur la probable exposition de centaines de leurs adresses e-mails et de leurs mots de passe ;
- chaque année, l'équipe en charge de la sécurité informatique organise des dizaines de campagnes visant à informer les membres du personnel et ceux qui gèrent les services informatiques du CERN de l'existence de nouvelles failles (par exemple : TeamViewer, RDP, SMBv1, WordPress, iOS, Flash) et à faire en sorte, lorsque cela est nécessaire, que ces failles soient corrigées aussi vite que possible, avant que les systèmes, les équipements et les comptes ne soient compromis par des personnes malveillantes ;
- de même, nous recevons chaque année des dizaines de rapports externes de personnes et d'étudiants bienveillants qui participent au projet « CERN WhiteHat Challenge » et qui repèrent des configurations



mal protégées ou des installations vulnérables. Ces dernières méritent toutes un suivi afin d'être améliorées ;

- concernant la prévention, le département IT dirige une série de projets (renforcement des PC grâce à un nouveau système de gestion de l'identité comprenant une authentification à plusieurs facteurs, déploiement d'une nouvelle solution antivirus et de meilleurs outils pour les programmeurs visant à améliorer la cyber-sécurité du CERN.

Malgré le nombre impressionnant d'attaques, ce qui importe réellement c'est le pourcentage d'attaques réussies, qui, espérons-le, restera bas. Dans les cas les

plus graves, l'équipe de la sécurité informatique du CERN intervient directement cinq à dix fois par an pour comprendre comment des personnes malveillantes (telles que RockeGroup ou des acteurs financés par un État) ont réussi à pénétrer les systèmes du CERN et quels sont leurs motivations et leur mode d'attaque. Trois personnes ont été licenciées du CERN l'année passée du fait de violations graves des règles informatiques du CERN. De plus, nous aidons divers autres centres de physique des hautes énergies (HEP) et de calcul haute performance (HPC), ainsi que la Grille de calcul mondiale pour le LHC, l'Infrastructure de grille européenne (EGI) et le réseau EOSChub dans nos interventions. Au cours des derniers mois, la communauté institutionnelle a en effet été

victime de rançonnage informatique. Enfin, nous aidons énergiquement les institutions de santé suisses afin qu'elles se protègent contre les attaques utilisant le COVID-19 comme prétexte.

---

*Pour en savoir plus sur les incidents et les problèmes en matière de sécurité informatique au CERN, consultez notre rapport mensuel, en anglais. Si vous souhaitez avoir plus d'informations, poser des questions ou obtenir de l'aide, visitez notre site ou contactez-nous à l'adresse [Computer.Security@cern.ch](mailto:Computer.Security@cern.ch).*

*L'équipe de la sécurité informatique*

## Communications officielles

### CERES : NOUVELLE BASE DE DONNÉES CENTRALISÉE POUR L'INVENTAIRE DES PRODUITS CHIMIQUES

**En avril 2020, l'unité HSE a lancé un nouvel outil en ligne : CERES, le registre des produits chimiques du CERN pour l'environnement, la santé et la sécurité**

En avril 2020, l'unité HSE a lancé un nouvel outil en ligne : CERES, le registre des produits chimiques du CERN pour l'environnement, la santé et la sécurité. Celui-ci s'appuie sur les travaux du groupe de travail pour la prévention des pollutions liées aux agents chimiques liquides (PoLiChem) et sur les inventaires de produits chimiques à réaliser selon les règles de sécurité chimique du CERN. Cet outil a été développé par l'unité HSE en étroite collaboration avec les départements concernés, ainsi qu'avec leurs délégués à la sécurité.

L'objectif était de créer un outil en ligne, facile d'utilisation, permettant de centraliser, de partager et d'assurer une traçabilité totale des produits chimiques du CERN. Les informations disponibles sur les produits chimiques concernent les solides, liquides et gaz. L'outil, qui permet d'avoir une vue d'ensemble, peut également montrer l'évolution de la note de risque d'un cas sur plusieurs années. La base de données comprend toutes les informations relatives à la sécurité des produits chimiques, leur

emplacement précis, ainsi que des données sur les évaluations des risques chimiques et environnementaux et les mesures de mitigation mises en place.

CERES propose un catalogue des produits chimiques facilitant les mises à jour et le suivi des produits utilisés au CERN. Lors de la saisie d'un nouveau cas dans la base de données, l'outil exige certaines informations générales. Il est ensuite possible d'entrer des informations complémentaires sur l'environnement, la sécurité chimique, la santé et la sécurité au travail, et, dans certains cas, des renseignements pour les interventions du Service de secours et du feu du CERN. Chaque demande d'accès à CERES est traitée par le représentant désigné du département.

CERES permet d'indiquer l'emplacement exact des produits chimiques grâce au portail GIS, ce qui est très utile au Service de secours et du feu du CERN lorsqu'il doit intervenir en urgence. Cette fonctionnalité sert également aux délégués à la sécurité

territoriale (TSO) pour évaluer les risques à l'intérieur d'un bâtiment ou d'une zone.

Sur le plan de la sécurité chimique, la base de données est essentielle en tant que première étape d'une gestion efficace des risques chimiques visant à :

- repérer les produits chimiques particulièrement toxiques ou dangereux afin d'évaluer les risques ;
- identifier et éliminer les substances inconnues ou les produits chimiques obsolètes ;
- stocker séparément les produits chimiques incompatibles afin de prévenir tout accident.

Le groupe de protection de l'environnement peut utiliser CERES pour identifier les activités et les zones sensibles du CERN d'un point de vue environnemental, et mieux interagir avec les départements de l'Organisation afin d'améliorer les mesures de prévention.

CERES peut également servir à la sécurité opérationnelle de tous les départements du CERN, tant celle du personnel que de l'environnement, en améliorant l'accès à l'information pour tous les délégués à la sécurité.

Pour toute question sur la sécurité chimique, contactez [safety-chemistry@cern.ch](mailto:safety-chemistry@cern.ch)

Pour toute question sur la protection de l'environnement, contactez Env-

[Prevention@cern.ch](mailto:Prevention@cern.ch)

Pour toute question d'ordre général sur le logiciel CERES, contactez [ceres-software-support@cern.ch](mailto:ceres-software-support@cern.ch)

Plus d'information sur le site de l'unité HSE.

---

## CAISSE DE PENSIONS DU CERN - RÉUNION ANNUELLE D'INFORMATION 2020 : 20 NOVEMBRE

Tous les membres et bénéficiaires de la Caisse de pensions sont invités à la réunion d'information annuelle le vendredi 20 novembre 2020 de 15h00 à 15h45 en visioconférence (<http://indico.cern.ch/event/960443/>).

Le président du PFGB et l'Administrateur de la Caisse souhaiterait également répondre à toutes vos questions. Comme

ils ne pourront malheureusement pas répondre aux questions en direct, ils invitent les membres et les bénéficiaires à envoyer leurs questions avant la réunion par courrier à l'adresse postale suivante :

M. Matthew Eyton-Jones  
« Réunion d'information annuelle »  
Administrateur  
Caisse de pensions du CERN

Bureau 5-5-012, Postbox C23800  
CH- 1211 Genève 23 - Suisse

ou par courriel à : [pension-fund@cern.ch](mailto:pension-fund@cern.ch)

Des exemplaires du Rapport annuel et des états financiers 2019 de la Caisse de pensions sont d'ores et déjà disponibles en version PDF imprimable sur le site internet de la Caisse de pensions.

## Annonces

## COLLOQUE WRIGHT POUR LA SCIENCE À L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE DU 2 AU 6 NOVEMBRE

Le 19<sup>e</sup> colloque Wright pour la Science intitulé « L'Art des Maths » aura lieu du 2 au 6 novembre au campus Dufour de l'Université de Genève et en ligne.

Au rythme d'une conférence par jour – tous les soirs de la semaine à partir de 18h30, des mathématiciens présenteront des aspects de leur recherche pour mettre en lumière la beauté des mathématiques. Au programme :

- « Le chaos : imprévisible mais compréhensible » par Etienne Ghys (CNRS, ENS Lyon) le 2 novembre ;

- « Le désordre, le hasard et les grands nombres » par Laure Saint-Raymond (ENS Lyon) le 3 novembre ;
- « Le voyage mathématique de l'infiniment petit à l'infiniment grand » par Martin Hairer (Imperial College London, médaillé Fields) le 4 novembre ;
- « La musique des formes », par Alain Connes (Paris-Saclay, Université d'Etat de l'Ohio, médaillé Fields) le 5 novembre ;
- « Les mathématiques : art ou science ? », par Stanislav Smirnov

(Université de Genève, médaillé Fields) le 6 novembre

L'accès aux conférences individuelles, sur le campus comme en ligne, est gratuit après inscription en ligne sur le site de l'Université de Genève. Des interprétations en français et anglais seront disponibles pour les conférences.

**Du lundi 2 au vendredi 6 novembre - 18h30**

**Uni Dufour – Rue du Général Dufour 24 - 1204 Genève  
Auditoire Piaget**

# LIVRES DE ROGER PENROSE DISPONIBLES À LA BIBLIOTHÈQUE ET À LA LIBRAIRIE

Une sélection de livres de Roger Penrose, prix Nobel de physique 2020, est disponible à la bibliothèque et en vente à la librairie (bâtiment 52/1-052) :

- The emperor's new mind : concerning computers, minds, and the laws of physics, *Oxford University Press*, 2016
- Fashion, faith, and fantasy in the new physics of the Universe, *Princeton University Press*, 2016

- The nature of space and time, together with S. Hawking. *Princeton University Press*, 2015
- Cycles of time : an extraordinary new view of the universe, *Vintage*, 2011
- The road to reality, *Vintage*, 2005

La librairie offre une large variété de livres sur des sujets pertinents pour le CERN. N'hésitez pas à nous rendre visite en ligne ou en personne.

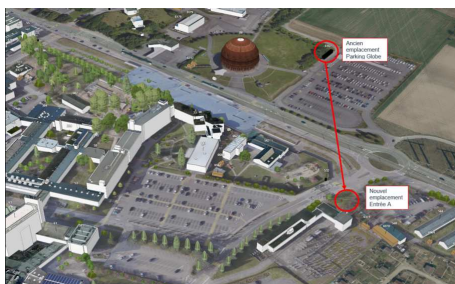
La librairie est ouverte du lundi au vendredi de 8h30 à 18h.

Bonne lecture et bon retour à la bibliothèque !

CERN Library

## RÉOUVERTURE DU CENTRE DE MOBILITÉ DANS SES NOUVEAUX LOCAUX

Le Centre de mobilité a changé d'emplacement, il est maintenant à côté de l'entrée A



(Image : CERN)

Le Centre de mobilité a rouvert ses portes le 1<sup>er</sup> octobre après un hiatus de quelques mois. Il est désormais situé proche de l'entrée A (voir image).

Notre équipe continuera à répondre à vos besoins liés à la mobilité dans ce nouveau bâtiment.

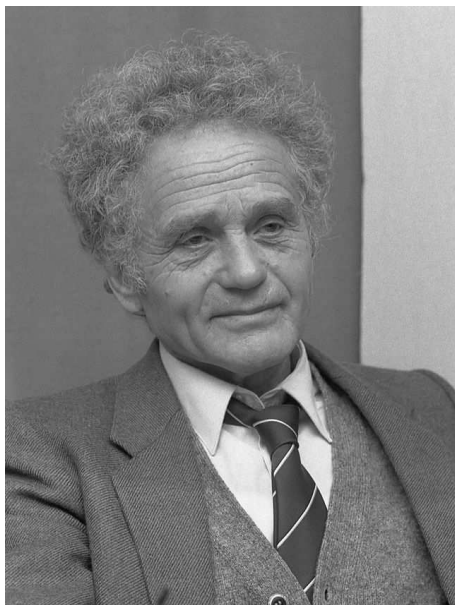


Nouveau bâtiment du Centre de mobilité. (Image : CERN)

Services de mobilité du CERN

## Hommages

### YURI ORLOV (1924 – 2020)



(Image : CERN)

Yuri Orlov, physicien des accélérateurs de renommée mondiale et figure de proue de la campagne mondiale pour les droits humains en Russie soviétique, est décédé fin septembre à l'âge de 96 ans.

Yuri est né à Moscou en 1924. Il y a étudié et travaillé jusqu'en 1956 lorsque, suite à un discours retentissant en faveur de la démocratie qu'il a prononcé à l'Institut de physique théorique et expérimentale, il a été licencié avec interdiction de mener des travaux scientifiques dans la ville. Il re-

joint alors l'Institut de physique d'Erevan, en Arménie, où il obtient en 1958 son premier doctorat. Pendant son séjour à Erevan, il invente le synchrotron à électrons de 5 GeV, est nommé directeur du laboratoire d'interaction électromagnétique, et est élu à l'Académie arménienne des



sciences. En 1963 et 1964, il travaille au prestigieux Institut de physique nucléaire Budker à Novossibirsk, en Sibérie, où il obtient un deuxième doctorat.

En 1973, Youri retourne à Moscou et rejoint l'influent mouvement dissident aux côtés d'Andreï Sakharov, d'Alexandre Soljenitsyne, et d'autres encore. Après la signature en 1975 de l'acte final de la Conférence d'Helsinki sur la sécurité et la coopération en Europe, Youri fonde le Groupe Helsinki de Moscou visant à faire pression sur les autorités de l'Union soviétique afin qu'elles respectent les droits humains, en vertu des accords d'Helsinki. Son activisme lui vaut d'être arrêté en 1976. Jugé en 1978 au cours d'un simulacre de procès politique, Youri est condamné à sept ans de travaux forcés à Perm.

Dès que la nouvelle de la condamnation de Youri Orlov parvient en Europe et en Amérique du Nord, des physiciens

s'érigent contre le traitement réservé à leur collègue. Au CERN, où plusieurs physiciens avaient eu des contacts personnels avec le scientifique, est fondé le Comité Youri Orlov, dont Georges Charpak est l'un des membres fondateurs. La longue et fructueuse collaboration scientifique avec l'Union soviétique est alors remise en question et le soutien d'importantes personnalités politiques des États membres du CERN est sollicité.

Après avoir survécu sept ans aux conditions extrêmes du camp de travail de Perm, Youri est déporté en Sibérie pour une durée indéterminée. Il est finalement exilé aux États-Unis en 1987 grâce à une pression internationale sans relâche. En 1988 et 1989, Youri est en congé sabbatique au CERN, en tant que visiteur scientifique de l'Université Cornell ; il travaille au sein de la division des accélérateurs pour développer l'idée des « agitateurs d'ions ». À Cornell, il participe à l'expérience g-2 du muon, collabore sur des propositions visant à me-

surer les moments dipolaires électriques des protons, des électrons et des deutérons, et donne des conférences sur la physique des accélérateurs et la question des droits humains. Youri a reçu de nombreuses distinctions, parmi lesquelles le prix *Wilson* pour ses réalisations exceptionnelles dans le domaine de la physique des accélérateurs de particules, et le prix *Andreï Sakharov 2006* de la Société américaine de physique « pour sa distinction en tant que physicien créatif et fervent défenseur, tout au long de sa vie, des droits humains internationaux et de leur développement, ainsi que de la justice et de la liberté d'expression des scientifiques. »

L'exemple de Youri, en tant que scientifique engagé pour la liberté de la science et la défense du droit d'exprimer ses convictions, est une source d'inspiration pour nous tous. Merci Youri.

*Les membres de l'ancien Comité Youri Orlov*

## Opinion

### UNE FEUILLE DE ROUTE POUR L'AVENIR

**La Directrice générale du CERN, Fabiola Gianotti, et le chef du département Théorie du CERN, Gian Giudice, évoquent la vision et les priorités scientifiques définies pour la discipline dans la nouvelle stratégie européenne pour la physique des particules**

Quels sont les futurs objectifs et les priorités scientifiques de la physique des particules ? Quels instruments offrent le meilleur potentiel pour la réalisation de ces objectifs ? Et quelles technologies est-il nécessaire de développer pour construire ces instruments ? Il s'agit là des principales questions abordées par la stratégie européenne pour la physique des particules, déterminées par la communauté scientifique, à partir d'une approche partant de la base.

Le processus de mise à jour de la stratégie repose sur l'état des connaissances en physique au moment de la mise à jour, les résultats obtenus par les installations existantes, telles que le Grand collisionneur de hadrons (LHC) au CERN, l'état d'avancement des technologies pertinentes et les perspectives de développe-

ment, les propositions et les études techniques concernant les expériences et installations futures, et enfin les nouvelles pistes d'investigations les plus prometteuses.

Les contributions de la communauté scientifique sont évaluées par le Groupe sur la stratégie européenne, qui comprend des représentants de tous les États membres du CERN ainsi que les directeurs des grands laboratoires européens de physique des particules. La stratégie européenne pour la physique des particules expose la vision et les priorités scientifiques de la discipline à court, moyen et long termes, et aborde également des questions plus générales, telles que l'éducation et la communication grand public, les perspectives de carrière pour les jeunes scientifiques, le transfert de technologie, et

l'impact sociétal et environnemental de la physique des particules. La mise à jour de la stratégie est un processus approfondi et rigoureux, engageant la communauté de la physique pendant près de deux ans.

En juin 2020, le Conseil, organe directeur du CERN, a adopté à l'unanimité la résolution portant sur la mise à jour de la stratégie européenne, qui définit une approche réaliste et prudente pour la réalisation d'objectifs scientifiques visionnaires et ambitieux.

#### **Le boson de Higgs comme point de départ**

Des résultats d'expérience récents, en particulier au LHC, ont profondément bouleversé le paysage de la physique des particules ; c'est sur cette base que s'appuient les futurs axes de recherche. La décou-

verte du boson de Higgs a été un tournant, révélant une particule aux caractéristiques inédites et permettant de mieux comprendre un phénomène présentant des similitudes surprenantes avec le comportement de certains matériaux supraconducteurs au-dessous d'une température critique.

Il a été fascinant de découvrir à l'échelle cosmique le même phénomène, à travers lequel l'Univers primordial est passé par une transition de phase qui a transformé la nature du vide. Néanmoins, il serait trop simple de penser que la découverte du boson de Higgs met un point final à l'étude de ce phénomène complexe. Au contraire, cette particule très spéciale est loin d'avoir livré tous ses secrets : s'agit-il d'un objet élémentaire ou composite ? Comment expliquer la configuration si particulière des masses des quarks et des leptons ? Qu'est-ce qui détermine la stabilité du vide ? Et qu'est-ce qui a déclenché la transition de phase dans l'Univers primordial ?

Ces questions restent encore très peu étudiées sur le plan expérimental et soulèvent de profondes interrogations conceptuelles sur le plan théorique. C'est pourquoi l'étude approfondie du boson de Higgs est considérée par la stratégie mise à jour comme la priorité absolue pour la discipline. Depuis la découverte du boson de Higgs en 2012, les expériences LHC polyvalentes, ATLAS et CMS, ont réalisé des progrès extraordinaires dans l'identification des caractéristiques de cette particule et, d'ici à la fin de l'exploitation du LHC, en 2028 — grâce aux améliorations qui auront été apportées au collisionneur et aux détecteurs au titre du projet HL-LHC — elles devraient être en mesure de mesurer les propriétés du boson de Higgs avec une précision bien plus grande.

Afin d'obtenir des éléments encore plus précis sur le boson de Higgs et sur son rôle dans la physique fondamentale, la stratégie européenne pour la physique des particules recommande que la prochaine installation soit un collisionneur électron-positon, suivi, à plus long terme, d'un collisionneur proton-proton de haute énergie.

### Une stratégie pour l'avenir

La physique des particules a toujours été motivée par la soif de connaissances, la curiosité et le besoin d'explorer qui caractérisent l'humanité. Sans surprise, plus nous explorons de nouveaux territoires, plus il est difficile de prédire ce que les expé-

riences seront capables de découvrir dans l'avenir. Il s'agit là de l'essence même de la recherche : si nous savions avec certitude ce que les futures expériences vont découvrir, nous n'aurions pas besoin de les construire.

L'intérêt d'explorer l'inconnu ne réside pas dans le nombre de découvertes qui sont susceptibles d'être faites, mais dans les connaissances qui seront acquises au fil des explorations et dans les nouvelles voies qui se feront jour. La science nous apprend, depuis plus d'un siècle, que c'est dans l'infiniment petit que la nature cache ses lois fondamentales — c'est ce qui nous a incités à explorer la structure la plus profonde de la matière.

C'est pourquoi la mise à jour 2020 de la stratégie européenne pour la physique des particules considère que l'outil le plus puissant pour l'exploration de nouveaux territoires est un collisionneur proton-proton produisant les énergies les plus élevées que la technologie permettra d'atteindre. Même s'il est difficile de prévoir ce que révéleront les futures recherches, nous pouvons être certains qu'elles étendront le territoire de la connaissance dans de nombreux domaines.

Par exemple, il est certain que nous obtiendrons un résultat sur la matière noire. Un collisionneur de protons fonctionnant à des énergies au voisinage de 100 TeV permettra de déterminer de façon probante l'existence de particules de matière noire d'origine thermique interagissant faiblement. Cela conduira, soit à une découverte sensationnelle, soit à une exclusion expérimentale qui influencera profondément la physique des particules et l'astrophysique. Autre exemple, la mesure de précision de l'auto-interaction du boson de Higgs qui, en confirmant ou réfutant la théorie sous-jacente — le Modèle standard — fera grandement progresser notre compréhension de la transition de phase qui s'est produite dans l'Univers primordial.

### Mise en œuvre de la stratégie

Compte tenu de l'ampleur, de la complexité et du coût d'un tel projet, la stratégie européenne pour la physique des particules recommande en premier lieu d'évaluer sa faisabilité technique et financière. Si l'évaluation s'avère concluante, le projet pourrait être approuvé d'ici à la fin de la décennie. La construction se fera très probablement par phases, et le coût d'environ 30 milliards de dollars, couvrant la construction d'un tunnel de 100 km, le

collisionneur proton-proton et une usine à Higgs et de production électrofaible, sous la forme d'une machine électron-positon qui pourrait constituer une première phase du projet, serait réparti sur au moins 50 années.

Un projet si ambitieux ne peut être mis en œuvre que dans le cadre d'une collaboration entre scientifiques du monde entier. Il exigera le développement de technologies de pointe dans plusieurs domaines : aimants supraconducteurs de nouvelle génération, cryogénie, vide, électronique et traitement des données massives, avec d'importantes retombées technologiques pour la société.

Au cours des 70 dernières années, les accélérateurs ont contribué considérablement à façonner notre compréhension de la physique fondamentale et de la structure et de l'évolution de l'Univers, et cela, par des découvertes fascinantes, mais aussi par des mesures de précision de particules, de forces et de phénomènes connus. Les mesures de précision sont non seulement un moyen de mettre à l'épreuve et de consolider les théories connues, mais aussi un outil extrêmement efficace pour détecter des indices de nouveaux phénomènes, qui vient en complément de l'exploration directe, et même, dans certains cas, va encore plus loin.

En témoignent le Grand collisionneur électron-positon, au CERN, et le Collisionneur linéaire de Stanford, au SLAC, qui ont fait considérablement progresser notre compréhension du Modèle standard, sans que de nouvelles particules y soient découvertes. La mise à jour 2020 de la stratégie européenne pour la physique des particules réaffirme l'importance cruciale des mesures de précision en tant qu'outils pour la réalisation de découvertes. Un vaste programme expérimental doit ainsi être réalisé, non seulement auprès de collisionneurs de haute énergie, mais également dans le cadre de divers projets à plus basses énergies, capables d'étudier des phénomènes connus ou nouveaux, par exemple, les processus de désintégration rare ou de transition.

La stratégie européenne pour la physique des particules recommande également un soutien à des projets sur les neutrinos basés sur des accélérateurs aux États-Unis et au Japon, mais aussi des travaux de recherche théorique et des recherches relatives à des particules très légères interagissant faiblement avec la matière.

Parmi les autres priorités de la mise à jour 2020 de la stratégie européenne pour la physique des particules figure un programme renforcé de recherche et de développement sur les accélérateurs, offrant de vastes perspectives d'applications futures en physique des particules et dans d'autres domaines et axé sur une nouvelle génération d'aimants supraconducteurs à champ élevé et sur diverses autres technologies telles que les structures d'accélération à gradient élevé, l'accélération par champ de sillage plasma, les faisceaux de muons de forte brillance ou encore les accélérateurs linéaires à récupération d'énergie. Par ailleurs, la stratégie européenne pour la physique des particules préconise l'intensification de travaux de recherche et développement en matière d'instrumentation, de détecteurs, d'informatique et de logiciels.

Une collaboration poursuivie et renforcée entre laboratoires européens, avec des partenaires d'autres régions du monde et des disciplines voisines, comme la physique nucléaire et l'astrophysique des particules, est considérée dans la mise à jour de la stratégie comme un moyen indispensable pour aborder des questions scientifiques extrêmement complexes. Enfin, dernier aspect et non des moindres, la protection de l'environnement fait également partie des priorités de la stratégie, laquelle recommande que l'impact de tous les futurs projets sur l'environnement soit évalué avec soin, et limité autant que possible, et que les efforts menés pour économiser et réutiliser l'énergie soient intensifiés.

### Perspectives

À l'heure actuelle, l'humanité fait face à des défis cruciaux, allant du changement climatique à la lutte contre les épidémies et la pauvreté, en passant par le manque d'eau et d'aliments dans de nombreuses régions du monde, la production

d'énergie propre et durable, et la protection de l'environnement. La science joue un rôle essentiel pour affronter ces défis et bien d'autres, et doit ainsi être soutenue dans tous ses aspects. Les investissements dans la science sont relativement faibles au niveau macro-économique, alors que leur incidence sur l'avenir de l'humanité est considérable. En particulier, l'histoire montre que la recherche fondamentale est un moteur pour l'innovation, et que la physique des particules basée sur les accélérateurs a permis de nombreuses avancées technologiques qui ont profité à la société ; on citera notamment le World Wide Web, les technologies d'imagerie médicale et les techniques utilisées pour le traitement du cancer. Les travaux de recherche menés auprès des futurs collisionneurs favoriseront des développements technologiques dans de nombreux domaines d'une manière qui serait inimaginable sans le recours à la science fondamentale, véritable moteur de l'innovation.

Notre compréhension de la physique des particules et de la cosmologie a atteint aujourd'hui un niveau de maturité sans précédent, et les objectifs de la recherche ont ainsi radicalement changé. Bien que nous disposions d'équations décrivant la plupart des phénomènes observés, nous ne comprenons pas encore véritablement les principes qui sous-tendent ces équations ainsi que l'origine physique de leurs nombreux paramètres libres. Par ailleurs, un grand nombre de questions encore irrésolues concernant le monde microscopique et le cosmos semblent être intimement liées. Par exemple, certaines des énigmes concernant l'accélération de l'expansion de l'Univers, laquelle aurait probablement commencé lors des premières phases de la formation de l'Univers, présentent des similitudes particulièrement intéressantes avec des aspects inexpliqués liés au boson de Higgs.

La physique des particules s'est donc progressivement orientée vers des questions structurelles concernant l'espace-temps, les interactions fondamentales et l'origine de l'Univers. Certaines de ces questions sont aussi anciennes que la civilisation, et le fait que nous ayons atteint aujourd'hui la maturité nécessaire pour pouvoir les étudier, grâce notamment aux technologies que nous avons développées, est tout à fait fascinant. Le besoin de trouver les réponses à ces questions est inhérent à la nature humaine. La tâche ambitieuse qui nous attend suppose l'instauration d'une collaboration mondiale autour d'un projet audacieux, axé notamment sur les aspects suivants : collisionneurs de haute énergie, tests de précision à basses énergies, cosmologie observationnelle, rayons cosmiques, recherches sur la matière noire, ondes gravitationnelles, et neutrinos terrestres et cosmiques.

De nombreux domaines différents vont s'enrichir mutuellement par un échange d'enseignements et de techniques expérimentales, les frontières qui les séparaient jusqu'ici s'effaçant progressivement. Dans ce contexte mondial, les collisionneurs de haute énergie resteront des instruments indispensables et irremplaçables pour examiner la nature aux échelles les plus petites, apportant des connaissances qui ne peuvent être obtenues par d'autres moyens.

---

*L'article « A roadmap for the future », par Fabiola Gianotti et Gian Francesco Giudice, est publié sous la licence Creative Commons Attribution 4.0 International. Il a été initialement publié le 24 septembre 2020 dans la revue Nature Physics 16, 997–998 (2020) avec un bandeau différent.*



# Le coin de l'Ombud

## LEADERSHIP, UNE QUESTION DE COMPÉTENCES OU DE QUALITÉS HUMAINES ?

*« Mon chef a d'évidentes qualités humaines, mais il n'est malheureusement pas très compétent dans son domaine. Cela le rend peu crédible. »*

*« Et le mien est reconnu comme expert dans son domaine, mais il manque cruellement de compétences sociales, personne ne veut travailler avec lui. »*

Des études récentes ont démontré que, parmi la multitude de qualités requises pour un bon leadership, deux prédominent largement : les qualités humaines et les compétences professionnelles. Rares pourtant sont les leaders qui réunissent les deux.

Bien que ces qualités aient une égale importance, l'ordre dans lequel elles entrent en jeu joue un rôle essentiel : un bon leader fait d'abord appel à ses qualités humaines pour gagner la confiance de son équipe ; il s'appuie ensuite sur ses compétences pour asseoir son autorité.

Pourquoi ?

Nous avons tous et toutes tendance à mettre en avant nos compétences techniques : être au fait de notre métier, être innovant, se former, trouver les meilleures solutions. C'est ce que nous apprenons à l'école et, plus tard, dans l'enseignement supérieur. Cependant, si ces compétences ne s'accompagnent pas d'un minimum de qualités humaines, l'équipe fera certes ce qu'on lui demande, mais sans trop de conviction.

Une étude a analysé les qualités de leadership de 50 000 personnes occupant un poste de direction. Parmi celles-ci, seules 27 manquaient de compétences sociales. En d'autres termes, il n'y a qu'une chance sur 2 000 pour qu'une personne ayant des compétences humaines limitées obtienne un poste de direction !

Par contre, si le responsable d'équipe obtient l'adhésion de ses collègues par sa simplicité, sa capacité d'écoute, son intégrité, l'intérêt réel qu'il leur porte et la confiance qu'il leur accorde, il jette les bases d'un bon et solide leadership.

Comment l'expliquer ? C'est simple : il va conquérir le cœur avant l'esprit, reconnaître l'importance de l'émotionnel avant le cognitif. Quand on apprécie son chef en tant que personne et en tant que professionnel, on est d'autant plus motivé dans son travail.

Être un bon leader ne s'improvise pas. Il faut garder à l'esprit qu'en plus des connaissances techniques, scientifiques et administratives, la capacité de fédérer les membres de son équipe par une approche humaine est essentielle. Et pour ceux et celles qui dirigent déjà une équipe, sachez qu'il est possible, même si cela est plus difficile, d'acquérir des compétences sociales, ne fût-ce que par une prise de conscience.

*Pierre Gildemyn*

*Si vous souhaitez réagir à mes articles, n'hésitez pas à m'envoyer un message à [Ombuds@cern.ch](mailto:Ombuds@cern.ch). De même, si vous avez des suggestions de sujets que je pourrais traiter, n'hésitez pas non plus à m'en proposer.*