

CERN/SPC/917
CERN/FC/5331
CERN/2834
Original: anglais
2 juin 2009

ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE
CERN EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH

Suite à donner

Procédure de vote

Information	COMITÉ DES DIRECTIVES SCIENTIFIQUES 260 ^e réunion 15-16 juin 2009	—
Recommandation au Conseil	COMITÉ DES FINANCES 325 ^e réunion 17 juin 2009	Majorité simple des Etats membres représentés et votant et au moins 51% des contributions de tous les Etats membres
Approbation	CONSEIL 151 ^e session 19 juin 2009	Majorité simple des Etats membres représentés et votant

Bilan d'activités annuel
de l'Organisation
pour le cinquante-quatrième exercice financier
2008

GENÈVE, février 2009

2009/77/5/f

CERN/SPC/917
CERN/FC/5331
CERN/2834
Original: anglais
12 mars 2009

ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE
CERN EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH

Suite à donner

Procédure de vote

Information	COMITÉ DES DIRECTIVES SCIENTIFIQUES 258 ^e réunion 16 et 17 mars 2009	—
Information	COMITÉ DES FINANCES 324 ^e réunion 18 mars 2009	—
Information	CONSEIL 150 ^e session 19 mars 2009	—

Bilan d'activités annuel
de l'Organisation
pour le cinquante-quatrième exercice financier
2008

GENÈVE, février 2009

2009/77/5/f

Table des matières

I. Résumé analytique	1
II. Bilan d'activités	3
1. Programme LHC	4
1.1. Machine LHC	4
1.2. Physique du LHC	5
1.3. Informatique du LHC	8
2. Autres programmes	9
2.1. Théorie	9
2.2. Physique hors LHC	10
2.3. Appui scientifique général	10
2.4. Accélérateurs et zones (hors LHC)	11
3. Programme non scientifique	12
3.1. Infrastructure	12
3.2. Sécurité, santé et environnement	13
3.3. Services administratifs	13
3.4. Enseignement, sensibilisation et transfert de technologie	13
4. Projets (construction et R&D)	14
4.1. CLIC	14
4.2. Projets d'amélioration du LHC (sLHC)	15
4.3. Consolidation	15
5. Plan des effectifs : point de la situation	16
III. Tableaux financiers et explications	17
1. Résumé des recettes et des dépenses	18
2. Recettes totales	19
3. Dépenses de fonctionnement par programme scientifique et non scientifique	20
3.1. Expériences (part du CERN dans les collaborations et expériences sur site) et accélérateurs	21
3.2. Programme non scientifique (infrastructure et services d'appui)	22
3.3. Projets (construction, R&D)	24
4. Dépenses de fonctionnement par nature	26

I. Résumé analytique

En approuvant les nouveaux principes de gouvernance du CERN, le Conseil a institué une nouvelle pratique consistant à présenter en mars de chaque année un bilan d'activités annuel, qui remplace le document relatif à l'exécution du budget. Le présent document a pour objet de comparer, par activité, les résultats obtenus aux objectifs convenus par le Conseil, ainsi que de comparer, par objectif et par activité, les dépenses avec les ressources prévues.

Avec ce premier bilan d'activités annuel, cet élément du nouveau cycle de rapports est présenté pour la première fois. Le budget 2008 ayant été approuvé avant la mise en place des nouveaux principes de gouvernance, les objectifs pour 2008 n'ont pas été approuvés directement par le Conseil. Cette année doit donc être considérée comme une période de transition. Le présent bilan d'activités annuel se fonde donc sur les faits saillants de 2008 et non sur une comparaison entre les objectifs approuvés et les résultats obtenus comme ce sera le cas dans les bilans à venir.

Les principaux progrès et résultats obtenus sont récapitulés ci-après :

- L'année 2008 a marqué la fin de la construction de la machine, des premiers détecteurs de particules et de l'informatique LHC.
- La mise en service avec faisceaux le 10 septembre a été un grand succès, des faisceaux ayant circulé dans les deux anneaux en l'espace de quelques heures. La couverture médiatique de l'événement fut sans précédent.
- Toutefois, l'incident survenu dans le secteur 3-4 de la machine neuf jours plus tard à peine a empêché le CERN de démarrer l'exploitation normale et l'a contraint à concentrer toutes ses ressources sur les réparations et sur les améliorations à apporter pour un fonctionnement plus fiable du LHC. Cet événement explique pourquoi l'objectif clé de 2008 (collisions de faisceaux dans les détecteurs du LHC et début de la prise de données), n'a pu être atteint.
- La réparation du secteur 3-4 et l'amélioration du système de

protection du LHC ont contraint à un arrêt prolongé du LHC. Les collaborations LHC parachèvent leurs détecteurs et utilisent les rayons cosmiques pour la mise en service.

- Lancement de nouveaux projets : en particulier, génie civil pour le LINAC4 et étude du CLIC amélioré, études de R&D sur le PS2 et le SPL et projet de nouveaux aimants pour les triplets internes du LHC. Toutefois, le LHC ayant mobilisé tous les efforts, les travaux sont moins progressés que prévu.
- Les travaux de génie civil pour l'extension du bâtiment 40 (bâtiment 42) ont également commencé.

La première partie du présent document récapitule les résultats obtenus pour les expériences LHC et hors LHC, puis rend compte des activités relatives au complexe d'accélérateurs ainsi que des activités non scientifiques. La deuxième partie présente le résultat budgétaire final par activité par rapport aux dépenses et aux recettes probables de 2008 telles qu'indiquées dans le budget 2009 final, et au budget 2008 final approuvé.

II. Bilan d'activités

1. Programme LHC

1.1. Machine LHC

Fin de la construction et de l'installation

Les derniers éléments de la machine ont été assemblés début 2008, notamment les « éléments à température ambiante » de l'accélérateur. Le LHC est une machine principalement supraconductrice qui fonctionne à la température cryogénique de 1,9 K (-271°C) ; toutefois, 12% de ses aimants (153 aimants) fonctionnent à température ambiante. Ces aimants « résistifs » se trouvent dans les sections droites de l'accélérateur, qui se situent de part et d'autre des expériences, et dans les zones d'insertion (où les faisceaux sont injectés et éjectés). Quarante-huit de ces aimants à température ambiante ont été fabriqués à Vancouver (Canada), 40 à Protvino (Russie) et 65 à Novossibirsk (Russie).

Les collimateurs (dont 88 ont été installés) sont essentiels pour protéger les aimants supraconducteurs en interceptant (« nettoyant ») les protons qui se trouvent dans le « halo » du faisceau, évitant ainsi que ces particules s'égarer et frappent un aimant supraconducteur, ce qui pourrait entraîner une transition résistive (« quench ») de celui-ci. Ces collimateurs sont constitués de mâchoires de 1 m de long en graphite renforcé par des fibres, qui se resserrent autour du faisceau de manière à réduire localement l'ouverture. Les deux mâchoires peuvent être rapprochées suffisamment pour ne laisser qu'un orifice de 2 à 3 mm pour le passage du faisceau (contre 58 mm quand elles sont grandes ouvertes). De nombreux tests ont été effectués en 2008 pour s'assurer du bon fonctionnement des collimateurs. Chaque collimateur est doté de dix capteurs de position qui mesurent la position des mâchoires au micron près. Les tests ont montré qu'il est possible d'ajuster la position des mâchoires avec une précision et une stabilité supérieure à 30 microns. Le 10 septembre, lorsqu'un faisceau a été mis en circulation pour la première fois dans le LHC, les collimateurs ont été utilisés pour stopper le faisceau en amont des expériences avant qu'il n'effectue un tour complet. En décembre, l'installation de 20 collimateurs supplémentaires a débuté, afin d'avoir l'infrastructure requise pour collecter des données de physique en 2009 et 2010.

Tous les systèmes de vide du LHC ont été achevés et mis en service fin août 2008. La première partie comprenait le vide d'isolation de l'arc et des aimants autonomes (~24 km), le vide d'isolation des lignes de transfert cryogéniques (QRL, ~27 km), ainsi que le vide de faisceau des arcs et des aimants autonomes (~48 km) fonctionnant à température cryogénique, opérationnels aux conditions nominales et mis en service à temps pour le début du refroidissement du LHC. Parallèlement au refroidissement des arcs, les

sections droites longues qui abritent les cavités radiofréquence, l'instrumentation de faisceau et les systèmes de collimation ont été terminées (étuvage et activation des revêtements absorbants non évaporables NEG) fin mai 2008. Les pressions finales étaient conformes aux spécifications techniques ($<10^{-12}$ mbar ou 10^{-10} Pa).

L'installation, le 16 juin 2008, du dernier tube de faisceau de l'expérience ATLAS a parachevé le vide de faisceau du LHC. Les systèmes de vide des expériences allient ce qui se fait de mieux en matière de technologie du vide à des revêtements NEG, des systèmes chauffants d'étuvage très fins (0,2 mm d'épaisseur) et une injection *in situ* de néon ultra-pur de manière à pouvoir intervenir en toute sécurité autour des tubes de faisceaux en béryllium (la ventilation au néon ne sature pas les revêtements NEG). Le béryllium est utilisé pour son excellente transparence aux particules qui s'échappent du point de collision des faisceaux en direction des détecteurs.

Une fois refroidi, chacun des huit secteurs qui constituent l'anneau du LHC a été mis en service sans faisceau. Chaque secteur compte 154 aimants dipôles pour guider les protons dans les parties incurvées de l'accélérateur, 40 aimants quadripôles pour focaliser le faisceau, ainsi que des dizaines d'aimants correcteurs plus petits. Les bobines de ces aimants supraconducteurs sont alimentées par des convertisseurs de puissance (1700 pour toute la machine), qui font circuler dans 200 circuits des intensités allant de 60 A à 13 000 A. L'objectif pour la mise en service du matériel était de tester les circuits des dipôles jusqu'à 9310 A, ce qui correspond à une énergie de faisceau de 5,5 TeV. Il s'agissait également de faire fonctionner ensemble tous les systèmes requis (cryogénie, protection contre les transitions résistives, alimentation électrique, etc.) et de tester tous les systèmes et procédures de sécurité. Les équipes chargées de la mise en service du matériel ont travaillé en roulement de deux fois 8 heures. Une centaine de personnes ont été mobilisées, des ingénieurs étant assistés de spécialistes de chaque discipline (cryogénie, génie électrique, instrumentation, etc.). Ces équipes multiculturelles et pluridisciplinaires ont travaillé selon un programme précis qui a permis d'appliquer les mêmes procédures à chacun des 200 circuits et des huit secteurs. Des outils de traitement des données ont été développés en parallèle et lors des tests afin d'automatiser et d'améliorer le rendement. Il n'aura ainsi fallu que 4 semaines pour mettre en service le dernier secteur, contre 13 pour le premier. De même, le temps de récupération après des arrêts du système cryogénique a pu être considérablement réduit (de trois à un jour, pour finir à quelques heures seulement).

Première phase de la mise en service

Les tests d'exploitation sans faisceau ont été menés en 2008 afin de s'assurer que tous les éléments de la machine fonctionnent ensemble en tant que système et détecter d'éventuels problèmes d'intégration. Ces tests étaient indispensables pour déboguer le système et préparer la machine à recevoir les premiers faisceaux. Quatre tests avec faisceau ont ensuite eu lieu en août et début septembre, juste avant la mise en service du LHC.

Le 10 septembre 2008, un premier faisceau a été injecté dans le LHC à 9 h35 dans le sens horaire. Il a été envoyé à plusieurs reprises, progressant à chaque fois plus avant dans l'anneau, et à 10 h 26 il avait effectué un tour complet du LHC. La trajectoire était corrigée en temps réel à chaque nouvel essai sur une nouvelle section de l'anneau.

Tous les systèmes d'instrumentation de faisceaux ont extrêmement bien fonctionné pendant la phase de mise en service du LHC avec faisceau. Le système BTV, qui permet de visualiser le faisceau grâce à la lumière qu'il crée lorsqu'il heurte un écran, a permis de configurer rapidement les systèmes d'injection. Grâce au système de positionnement du faisceau du LHC, composé de 1054 détecteurs de position du faisceau (BPM) et 2156 canaux d'acquisition, il a été possible de guider le faisceau dans toute la machine, et d'obtenir en quelques heures un faisceau en circulation. Pendant toute la phase de mise en service, le système de contrôle des pertes de faisceau, avec ses 4000 détecteurs, a surveillé en permanence toutes les pertes de particules et a été utilisé pour reconstruire plusieurs transitions résistives d'aimants induites par le faisceau. De nombreux autres systèmes d'instrumentation de faisceau spéciaux ont également été rapidement disponibles et ont contribué au succès de cette première phase de la mise en service.

Résultats obtenus :

- Fin de la construction, refroidissement et mise en service du matériel réussis.
- Premier faisceau en quelques heures, puis capture RF quelques jours plus tard à peine.

Incident, début des réparations et consolidation

Avant le premier faisceau, sept des huit secteurs avaient été entièrement mis en service pour l'exploitation à 5 TeV. Le dernier secteur, le 3-4, devait encore l'être pour cette énergie. Le 19 octobre 2008, l'équipe chargée de la mise en service a profité d'un arrêt du faisceau (rendu obligatoire par un transformateur électrique défectueux) pour réaliser l'essai final du secteur 3-4 afin de préparer l'exploitation aux plus hautes énergies. Lors de ce dernier test, un incident

grave s'est produit alors que l'intensité dans les aimants dipôles passait de 7000 A à 9000 A. L'incident, causé par une petite résistance, a montré que les tests de fonctionnement n'avaient pas pu mesurer des résistances aussi infimes. Une cellule de crise a immédiatement été mise sur pied. L'ensemble des systèmes et procédures de sécurité, notamment l'intervention capitale des pompiers du CERN, ont été immédiatement activés et ont parfaitement fonctionné.

Progrès réalisés :

- La cellule de crise a commencé ses investigations. Début 2009, l'incident était intégralement compris.
- Mesures prises :
 - Réparer le secteur 3-4.
 - Consolider le LHC pour éviter de futurs incidents, essentiellement en ajoutant un système de protection renforcé contre les transitions résistives et des soupapes de décharge d'hélium pour éviter les dégâts collatéraux.
 - Réapprovisionner le stock d'éléments de rechange.

1.2. Physique du LHC

1.2.1 ATLAS

La phase de construction initiale est maintenant terminée et le détecteur ATLAS est en cours de préparation pour l'acquisition de données en 2009. La construction du détecteur initial s'est achevée par l'installation de la dernière chambre à muons en juillet 2008. La centrale de refroidissement par évaporation pour les systèmes au silicium du détecteur interne a connu une grave panne de compresseurs début mai 2008 ; la réparation et le nettoyage de cette centrale ont eu un impact non négligeable sur le chemin critique pour la fermeture du détecteur. L'exploitation du système magnétique complet a été un autre grand axe de 2008. Les essais du système magnétique ont culminé en 2008, avec une campagne complète et systématique d'essai des aimants en août 2008, après quelques transitions résistives survenues lors de l'entraînement dans les bobines des toroïdes bouchons. Depuis lors, le système toroïdal a fonctionné couramment à l'intensité nominale de 20,4 kA.

Un fait marquant de 2008 a été l'enregistrement et la reconstitution des premiers événements de faisceau le 10 septembre, à l'occasion du démarrage du LHC. Ces premières « éclaboussures » de faisceau du LHC, de même que les quelques événements venant du halo lors des premières circulations stables de faisceau unique, ont été utilisés de façon très efficace pour les ajustements

de synchronisation initiaux. Après l'incident survenu au LHC le 19 septembre 2008, le détecteur dans sa totalité a fonctionné de façon continue en mode collecte de données cosmiques. Deux cent millions de déclenchements aux rayons cosmiques ont été obtenus avec le détecteur complet ; quelque 100 000 muons ont traversé le détecteur à pixels, le plus petit en volume. Ces événements sont très utiles pour améliorer les procédures de contrôle et la qualité des données, ainsi que les alignements et étalonnages initiaux.

L'infrastructure distribuée au niveau de la Collaboration est pleinement intégrée dans le cadre de la Grille de calcul mondiale du LHC (WLCG). Ces dernières années, les Collaborations ATLAS et WLCG ont réalisé de grands transferts de données des centres de niveau 0 vers tous les centres de niveau 1 et 2. Pour le premier semestre 2008, il faut citer la phase 2 du banc d'essai opérationnel conjugué (CCRC), qui a eu lieu fin mai 2008, en même temps que pour les autres expériences du LHC, et la deuxième phase de la répétition générale interne d'ATLAS, avec de grands échantillons de données de simulation permettant de faire l'essai d'un flux de données complet, différentes étapes d'étalonnage et de qualité des données, et une analyse répartie au moyen de toute la structure de niveau 1, de niveau 2 et de niveau 3. La totalité de la chaîne informatique et logicielle est opérationnelle depuis la prise de données sur rayons cosmiques commencée à l'été 2008, et a démontré son efficacité au cours des premières prises de données de faisceau LHC prises pendant le démarrage du LHC les 10 et 11 septembre 2008.

Principales réalisations en 2008

- Construction du détecteur ATLAS initial finalisée.
- Exploitation avec rayons cosmiques sur une grande échelle, à des fins d'alignement, d'étalonnage et d'essai de la chaîne en direct et en différé.
- Premiers faisceaux utilisés pour la synchronisation et l'essai du système d'acquisition de données.

1.2.2 CMS

Le volume principal de CMS est un cylindre de 21 m de longueur et de 16 m de diamètre, qui pèse au total 12 500 tonnes. Il est construit autour d'un immense aimant supraconducteur de 13 m de longueur et de 6 m de diamètre, qui permettra de déterminer l'impulsion des particules chargées grâce à la courbure de leur trajectoire dans le champ magnétique. Contrairement aux autres détecteurs, CMS a été assemblé en surface, pendant les travaux d'excavation de la caverne souterraine.

En 2008, le détecteur initial de CMS a été achevé, les premiers faisceaux ont été détectés le 10 septembre, et une exploitation d'un mois pour enregistrer les muons des rayons cosmiques a commencé mi-octobre. L'année a commencé avec la descente des deux derniers des onze disques et roues de fer massifs, étape essentielle dans la séquence d'assemblage de CMS. La fermeture et la vérification finales du détecteur, du tube de faisceau et de l'électronique de déclenchement et d'acquisition de données se sont poursuivies tout l'été, y compris pour le trajectographe à semi-conducteurs, le détecteur à pixels et le calorimètre électromagnétique du bouchon, qui mesure l'énergie des électrons et des photons. Début septembre, après près de 20 ans de conception et de construction, CMS a commencé à acquérir des données venant des faisceaux du LHC. CMS a acquis des données de qualité et a réagi rapidement à des conditions de faisceau changeantes, fournissant des images en temps réel des événements de faisceau.

En octobre, avec un aimant solénoïde produisant le champ magnétique nominal (3,8 teslas), CMS a enregistré le passage de muons issus de rayons cosmiques, pendant un mois entier, 24 h sur 24. Quelques 300 millions de muons ont été enregistrés, ce qui correspond à 400 000 giga-octets de données stockées. Ces données ont été utilisées pour tester de nombreux aspects de la chaîne d'analyse de CMS, notamment les transferts de données, la reconstitution d'événements au moyen de millions de lignes de codes informatiques, l'étalonnage et l'alignement d'éléments du détecteur, et l'analyse de haut niveau des trajectoires et des impulsions des muons.

L'énorme quantité de données attendue des détecteurs constitue un défi extraordinaire pour les expériences du LHC. En 2008, la Grille de calcul mondiale pour le LHC (WLCG) a été inaugurée officiellement, et CMS s'est joint aux autres expériences pour des essais qui ont démontré que la Grille est prête pour les données du LHC. Tout au long de l'année, CMS a utilisé en continu les ordinateurs de la Grille pour simuler de grandes séries de données du LHC afin de préparer les programmes informatiques utilisés pour l'analyse, et de s'entraîner à tous les aspects de l'analyse de données réelles.

Principales réalisations en 2008

- Construction du détecteur initial finalisée ;
- Exploitation avec rayons cosmiques sur une grande échelle, à des fins d'alignement, d'étalonnage et d'essai de la chaîne en direct et en différé.
- Premiers faisceaux utilisés pour la synchronisation et l'essai du système d'acquisition de données.

1.2.3 ALICE

La construction et l'assemblage de l'expérience ALICE s'est poursuivie en 2008. Cela a concerné le détecteur à rayonnement de transition (TRD), qui n'a été entièrement approuvé et financé qu'en 2006, et le Spectromètres à photons (PHOS), pour lequel des cristaux de PbWO_4 ont été produits en nombre suffisants dans 3 des 5 modules. La construction du calorimètre électromagnétique EMCAL a démarré à la mi-2008 et les deux premiers modules de l'EMCAL (sur un total de 11) pourront être installés début 2009.

L'intégration et la mise en service des détecteurs ont été la principale activité, avec deux exploitations à l'aide de rayons cosmiques, d'une durée de plusieurs semaines, fin 2007 et début 2008. Depuis mai, et jusqu'à mi-octobre 2008, ALICE a fonctionné en continu (24 h sur 24, 7 jours sur 7) pendant environ 6 mois, pour effectuer des déclenchements sur des rayons cosmiques et sur des données d'étalonnage, en vue de la mise en service, de l'alignement et de l'étalonnage du système. Une partie des détecteurs au silicium ont été alignés au moyen de rayons cosmiques avec une précision d'environ 10 micromètres, et le gain et la vitesse de dérive de la Chambre à projection temporelle (TPC) ont été proches des valeurs cibles. À ce moment-là, jusqu'à 14 systèmes de détecteurs différents ont été lus en parallèle, certaines exploitations durant plusieurs heures. Pour autant que cela a pu être vérifié à l'aide des rayons cosmiques, la performance de tous les sous-systèmes est très proche des spécifications, voire meilleure.

En août, la première configuration pour la physique, consistant en un détecteur à pixels au silicium (SPD), un détecteur à rubans de silicium (SSD), un TPC, un V0, le détecteur de multiplicité à petits angles (FMD) et le calorimètre zéro degré (ZDX), a été testée de façon prolongée au moyen de déclenchements par croisement de paquets et par simulation BPTX. Au cours de la mise en service du LHC en septembre, seul un sous-ensemble de détecteurs a été activé, en raison du flux de particules qui peut être occasionnellement très élevé pendant le réglage du faisceau. Néanmoins, la synchronisation de la plupart des détecteurs de déclenchement a été vérifiée et réglée sur le faisceau. Le SPD, le V0 et le FMD ont servi à contrôler le rayonnement produit dans les différents blocs d'arrêt de faisceau et par le halo du faisceau.

Tous les systèmes en ligne ont fonctionné en continu (24 h sur 24, 7 jours sur 7) à compter de mars 2008. En 2008, ils ont fourni aux 16 détecteurs installés l'équivalent de 309 jours de prise de données en mode autonome (détecteurs individuels) et l'équivalent de 144 jours de prise de données globale (plusieurs détecteurs ensemble). Ont ainsi été recueillies 1,7 pétaoctets de données, dont 260 téraoctets ont été enregistrés. Le trajet de données complet du système de

déclenchement de haut niveau (HLT) a été testé et utilisé, ce qui a permis la reconstitution en ligne, la visualisation des événements et la compression des données.

Principales réalisations et progrès effectués en 2008 :

- Construction et installation poursuivies conformément au calendrier prévu.
- Exploitation avec rayons cosmiques sur une grande échelle, à des fins d'alignement, d'étalonnage et d'essai de la chaîne en direct et en différé.
- Premiers faisceaux utilisés pour la synchronisation et l'essai du système d'acquisition de données.

1.2.4 LHCb

Le programme de la Collaboration LHCb pour 2008 prévoyait de disposer d'un détecteur prêt pour la prise de données, de préparer différentes analyses de physique et d'acquérir des données de physique.

Le détecteur a été mis en service avec succès au moyen des rayons cosmiques. Les systèmes de déclenchement des chambres à muons et des calorimètres ont été utilisés pour enregistrer des trajectoires et effectuer des alignements initiaux dans le temps et dans l'espace. Le détecteur de vertex VELO, le trajectographe de déclenchement et les trajectographes interne et externe (TT, IT et OT), le système à muons et les calorimètres ont été alignés temporellement avec une précision de quelques nanosecondes, les détecteurs Tchérénkov à focalisation annulaire (RICH) avec une précision d'environ 15 nanosecondes.

Le 22 août, au cours de l'essai final de synchronisation avec le LHC, le faisceau de protons du SPS a été arrêté sur le bloc d'arrêt de faisceau TED avant d'être injecté dans la ligne de transfert vers le LHC. Les traces de particules issues de l'interaction de protons dans le TED ont alors été enregistrées immédiatement dans le détecteur de vertex VELO déclenché par les calorimètres. De premiers événements ont également été enregistrés ce même jour par d'autres sous-détecteurs de LHCb.

Au cours des premières injections de faisceau effectuées le 10 septembre 2008, les trajectographes, très sensibles, de LHCb n'étaient pas en fonctionnement, mais les détecteurs de muons, les calorimètres et les détecteurs RICH ont tous enregistré les particules produites par le faisceau. Le système de trajectographie a été activé ultérieurement ce même jour, et a enregistré des traces issues des interactions des faisceaux de protons du LHC. Les détecteurs,

le système de déclenchement et le système d'acquisition de données de LHCb ont fonctionné à la perfection.

Principales réalisations en 2008

- Construction du détecteur LHCb initial finalisée.
- Exploitation avec rayons cosmiques sur une grande échelle, à des fins d'alignement, d'étalonnage et d'essai de la chaîne en direct et en différé.
- Premiers faisceaux utilisés pour la synchronisation et l'essai du système d'acquisition de données.

1.2.5 TOTEM

En 2008, le Télescope T1, le Télescope T2 et le détecteur à pots romains ont été testés avec l'électronique finale, et, pour chaque sous-détecteur, une ligne de production a été établie et des essais finaux menés. Le but est d'installer la totalité de l'expérience TOTEM avant l'été 2009, avec une exception : les pots romains des stations à haut rayonnement (147 m du point d'interaction) ne seront que partiellement équipés afin qu'on puisse acquérir une expérience préliminaire du rayonnement et éviter des dommages pour les détecteurs au silicium en cas de niveaux de rayonnement plus élevés que prévu. En août 2008, le premier quart du télescope T1 a été installé dans le volume du détecteur CMS, afin d'obtenir de premiers résultats issus des collisions du LHC. Toutes les stations à pots romains de TOTEM ont été montées et intégrées dans les tubes de faisceau de sortie de part et d'autre d'IP5.

Les prototypes des cartes de lecture du détecteur ont été complètement testés en 2008. La mise au point des versions préliminaires requises des micrologiciels et des logiciels a pris beaucoup plus de temps que prévu, ce qui a retardé la production de masse, terminée fin 2008. Certaines cartes de circuits imprimés (par exemple la carte répéteur et optocoupleur) qui seront nécessaires ultérieurement pour les exploitations en tandem avec CMS, sont encore en cours de conception.

Des problèmes de production ont été rencontrés pour plusieurs cartes de lecture, notamment un problème de métallisation sur une proportion importante d'hybrides, ce qui a nécessité un nouveau lancement de série.

Principales réalisations en 2008

- Toutes les stations à pots romains situées à 147 et 220 m du point d'interaction ont été installées dans le tunnel du LHC.

1.2.6 LHCf

LHCf est une expérience du LHC approuvée, sans participation financière directe du CERN. L'expérience est consacrée à la mesure des particules neutres émises dans les très petits angles lors des collisions au LHC.

LHCf utilise deux détecteurs indépendants, installés de part et d'autre d'IP1 (zone ATLAS), à 140 m du point d'interaction. Les deux détecteurs ont été installés dans le tunnel du LHC en janvier et février 2008. Le contrôle et le recueil de données de la salle de comptage d'ATLAS (USA15) via des câbles de signalisation de 200 m et des fibres optiques ont été effectués avec succès. Une salle de contrôle spéciale pour LHCf a été mise en service en septembre 2008.

Pendant la première circulation de faisceau, les principaux calorimètres de LHCf étaient en position de garage pour éviter tout dommage accidentel. Toutefois, les compteurs frontaux de LHCf (sous-détecteurs composés de scintillateurs plastique fins, situés à l'avant des principaux calorimètres) étaient en position nominale, permettant le suivi des effets liés au faisceau. Le 12 septembre au matin, les compteurs frontaux ont enregistré des signaux provenant d'interactions faisceau-gaz, avec une fréquence d'événements compatible avec ce qui était escompté étant donné l'intensité du faisceau et le gaz résiduel à l'intérieur du tube de faisceau du LHC. L'étalonnage de synchronisation de toute l'électronique de LHCf a été effectué au moyen de ces événements réels synchronisés à l'aide de l'horloge de la machine.

Principales réalisations en 2008

- Détecteurs définitifs prêts à recevoir le faisceau.
- Premiers faisceaux utilisés pour la synchronisation et l'essai du système d'acquisition de données.

1.3. Informatique du LHC

En 2008, la Grille de calcul mondiale pour le LHC (WLCG) a organisé et exécuté les deux phases du banc d'essai opérationnel conjugué (CCRC) 2008, en février et en mai, montrant que la Grille avait la capacité d'absorber des transferts de données et des charges de travail à l'échelle nécessaire pour les premières années de l'exploitation du LHC. La Grille est à présent en pleine production ; ses charges de travail continuent à s'accroître, avec les simulations des expériences ainsi que l'analyse des données réelles en provenance des rayons cosmiques. Tous les flux de gestion des données ont été testés avec succès, avec réplique des données de l'expérience dans les 11 centres de niveau 1 via le centre de calcul du CERN. Toute l'architecture a été examinée pour préparer la stratégie à long terme de préservation des données

du LHC et faire en sorte que le modèle informatique en cours soit suffisamment flexible pour satisfaire aux besoins très pointus de l'analyse des résultats de physique au LHC. Du fait du nouveau calendrier du LHC, une réévaluation des besoins des expériences pour 2009 et 2010 est en cours. Nous devons veiller à ce que la prise des premières données ne se trouve pas limitée par les ressources informatiques disponibles. Les défis restants sont d'assurer la fiabilité des services essentiels de grille et de tester complètement les cas d'utilisation d'analyse.

Le niveau 0 a évolué, avec le retrait de ~3000 machines et l'installation de 2500 nouvelles machines (plus économes en énergie). À ce jour, la capacité pour les lots de physique du Centre de calcul du CERN comprend ~1500 machines, 3000 CPU, 10 000 cœurs, 5 pétaoctets de stockage sur disque et 35 pétaoctets de stockage sur bande.

Des travaux ont commencé pour résoudre les problèmes de limitation des capacités électriques et de refroidissement du Centre de calcul du CERN d'ici à 2011 ; une étude portant sur 4 conceptions préliminaires possibles d'un nouveau Centre de calcul à Prévessin a été entreprise.

La WLCG est étayée par le projet EGEE (Enabling Grids for E-Science - réalisation de grilles pour la science en ligne) : EGEE, cofinancé par la Commission européenne et coordonné par le département IT du CERN, gère la plus grande infrastructure de grille scientifique multidisciplinaire du monde ; le projet rassemble plus de 140 institutions du monde entier. En 2008, EGEE a commencé la transition vers un nouveau modèle pour les infrastructures de grille européennes, en étroite coopération avec le projet EGI_DS (European Grid Initiative Design Study). EGEE est en train de définir le plan directeur pour le futur des grilles de recherche en Europe. Le CERN est également un partenaire essentiel de GridTalk, projet de communication visant à faire connaître et promouvoir les projets de calcul de grille, qui publie un bulletin hebdomadaire, *International Science Grid this Week*.

Le département IT du CERN joue un rôle d'appui actif dans différents autres projets de calcul de grille et fait partie, en tant que coordinateur, des équipes d'exploitation et de développement de ces projets et d'EGEE. Parmi ces projets, on peut citer BalticGrid-II, D4Science (DIstributed colLABoratories Infrastructure On Grid ENabled Technology 4 Science), ETICS2 (e-Infrastructure for Testing, Integration and Configuration of Software Phase 2), Health-e-Child et SEE-GRID-SCI (SEE-GRID for e-Infrastructure for Regional e-Science). En 2008, entre autres, le CERN a apporté un savoir-faire essentiel au déploiement, au fonctionnement et à l'appui de gLite et a participé aux activités d'intégration et d'essai du système gCube.

Principales réalisations en 2008

- Grille de calcul pour le LHC pleinement en service.
- Essais de prise de données de cosmiques menés avec succès.

2. Autres programmes

2.1. Théorie

Les membres et visiteurs de l'Unité Théorie, qui ont produit quelque 250 publications en 2008, ont mené des recherches dans plusieurs domaines de la physique théorique.

Analyse de la sûreté des collisions au LHC – Des membres de l'Unité Théorie ont étudié les rapports existants concernant les conséquences possibles du point de vue de la sûreté de la production de nouvelles particules ou de nouveaux états de la matière au LHC. Les travaux ont porté essentiellement sur les strangelets et les micro-trous noirs stables. Les résultats ont confirmé que les effets des collisions au LHC ne présentent aucun risque et les documents finaux ont été examinés et approuvés par le Comité des directives scientifiques du CERN.

La CDQ dans les collisionneurs – L'axe principal a été l'élaboration de nouvelles idées et de nouveaux outils pour des calculs d'un ordre plus élevé de processus à transfert d'impulsion élevé, pour la description des états finaux au moyen de générateurs d'événements et pour l'étude de quelques processus de production qui devraient s'avérer très importants pour la physique du modèle standard et au-delà du modèle standard auprès du LHC.

Physique des saveurs – L'activité a été axée sur les désintégrations de mésons B, principal objet de l'expérience LHCb. Celles-ci représentent un moyen de sonder le modèle standard, et de rechercher une nouvelle physique complémentaire des recherches à haute énergie menées à ATLAS et CMS.

Physique au-delà du modèle standard – Dans les théories supersymétriques, une attention spéciale a été portée au rôle possible des opérateurs de dimensions supérieures. Dans les théories prédisant des secteurs cachés aux interactions du modèle standard, il a été proposé que le boson de Higgs pourrait avoir un accès direct aux nouveaux secteurs.

Physique des ions lourds au LHC – Pour caractériser les jets dans un environnement de grande multiplicité, les équipes ont développé des outils Monte Carlo qui codent la propagation dans le milieu des partons dans la production des gerbes de partons. Le groupe continue à explorer les techniques

liées à la théorie des cordes pour mieux comprendre les caractéristiques génériques des plasmas non-abéliens fortement couplés. La perte d'énergie des quarks tests de haute énergie, et la fonction spectrale des mésons dans le plasma chaud ont été étudiées en détail.

CDQ sur réseau – Le régime non-perturbatif de la CDQ est étudié au moyen de la CDQ sur réseau, à l'aide de simulations numériques. S'appuyant sur l'observation réalisée l'année dernière selon laquelle la symétrie chirale CDQ à deux saveurs se brise spontanément de la façon attendue, les membres du groupe ont proposé de nouveaux observables pour étudier le régime chiral de la théorie. Les premières études numériques ont montré que les projecteurs spectraux permettent une détermination très précise du condensat chiral CDQ, paramètre qui détermine la brisure spontanée de la symétrie chirale. De nouvelles techniques permettant d'atteindre des masses de quarks encore plus légères dans les simulations de fermions dynamiques ont également été proposées.

Astrophysique et cosmologie – La recherche sur l'astrophysique et la cosmologie a porté sur de nombreux sujets : exploration des sursauts gamma, propriétés des anisotropies du fond cosmologique diffus et structure à grande échelle de l'Univers, exploration des énigmes cosmologiques que sont la matière et l'énergie noires. Plusieurs modèles de physique des particules de haute énergie au-delà du modèle standard, tels que la supersymétrie et la physique des dimensions supplémentaires, ainsi que des théories modifiant la gravité, ont été confrontés à ces différentes questions.

Théorie des cordes – Le groupe a axé ses recherches essentiellement sur la théorie des situations extrêmes de forte courbure ou de couplage fort, et sur la mise en application d'idées résultant de la phénoménologie en physique des particules. Les techniques de théorie des cordes topologiques ont fourni de nouvelles informations sur les effets non perturbatifs résultant des instantons de feuille d'univers et d'espace-temps. La physique des trous noirs s'avère étroitement liée à la phénoménologie des systèmes fortement couplés dans les théories de jauge. Il a été suggéré que les phénomènes critiques d'effondrement gravitationnel et de formation de trous noirs sont dus aux phénomènes de saturation de gluons dans la limite Regge de la CDQ.

2.2. Physique hors LHC

ISOLDE (séparateur d'isotopes en ligne) a pour objet la production, l'étude et l'utilisation de noyaux exotiques situés loin de la stabilité. En 40 ans, cette installation a accumulé une expérience exceptionnelle s'agissant des faisceaux radioactifs. Plusieurs centaines de scientifiques du monde entier utilisent la large gamme d'isotopes disponibles pour étudier la structure du noyau,

l'astrophysique nucléaire, la physique atomique et de l'état solide ainsi que les applications aux sciences de la vie, dans le cadre de plus de 50 expériences approuvées.

Au cours de la campagne 2008, un nouvel isotope du radon, le ^{229}Rn , a été découvert au moyen du système de piège de Penning ISOLTRAP, et sa masse atomique a été mesurée avec une grande précision. La spectroscopie laser colinéaire a été utilisée pour mesurer les rayons de charge des noyaux à durée de vie courte tels que le ^{11}Be , améliorant notre compréhension des halos de neutrons, qui sont un sujet de recherche de longue date à ISOLDE. Au moyen d'ions ^{30}Mg post-accélérés par REX, les collisions entre un faisceau radioactif et une cible au tritium radioactif ont été étudiées pour rechercher l'insaisissable excitation monopole du ^{32}Mg , en utilisant à la fois des rayons gamma multi-éléments et des détecteurs de particules chargées. En ce qui concerne l'application des nucléides exotiques à la biophysique, de nouvelles informations concernant la toxicité des métaux lourds dans les protéines ont été obtenues par l'application de la spectroscopie nucléaire hyperfine au moyen de faisceaux de mercure et de plomb.

L'expérience NA48/2, menée au CERN, étudie le comportement des kaons, une famille de particules dont les membres neutres ont révélé les premiers signes d'un effet de violation de CP en 1964. En 2007, NA48/2 a mesuré avec précision un mode de désintégration des K^+ et des K , ce qui a permis de mener en 2008 une étude très approfondie de la diffusion des paires de pions chargés et neutres produits dans ces désintégrations. Deux tests distincts de la théorie de la perturbation chirale sont ainsi devenus possibles, ce qui a permis de confirmer la validité des calculs – eux-mêmes améliorés – de la théorie avec une précision trois fois supérieure aux résultats précédents.

En 2008, l'expérience DIRAC a été améliorée pour pouvoir détecter, en plus des pions, les kaons chargés. Elle a pour la première fois livré des indices d'un état lié d'un pion chargé et d'un kaon chargé, ce qui a ouvert la voie à l'étude de leur diffusion.

2.3. Appui scientifique général

Tous les services de communication ont fonctionné efficacement tout au long de l'année, malgré des travaux de rénovation important. En particulier, les installations d'infrastructure des expériences du LHC sont maintenant achevées ; la plupart sont gérées par le département IT ; la rénovation de l'infrastructure de réseau généraliste est presque achevée (des milliers de dispositifs ont été remplacés) et le cœur de réseau technique, utilisé en particulier pour le contrôle des accélérateurs, sera complètement refait d'ici à fin avril 2009. Les connexions entre niveau 0 et niveau 1 se sont révélées

capables de soutenir les débits attendus. L'infrastructure téléphonique d'urgence du LHC a été encore renforcée, et le contrôle en continu a été amélioré.

2.4. Accélérateurs et zones (hors LHC)

ISOLDE

ISOLDE a connu une très bonne année, sans incident majeur, et la disponibilité et la qualité des faisceaux fournis aux utilisateurs de l'installation ont été élevées. Le démarrage et l'exploitation avec le nouveau quadripôle radiofréquences refroidisseur a été extrêmement stable et performant. La limitation de l'intensité imposée en 2007 en raison de l'activation de l'air était encore d'actualité. Les efforts conjugués des groupes AB/ATB et SC/RP ont permis de fixer convenablement le seuil d'intensité pour les deux équipements frontaux et plus aucune alarme pour rayonnements ne s'est déclenchée.

L'exploitation de l'installation REX-ISOLDE (ensemble composé d'une source de surionisation et d'un accélérateur linéaire, permettant d'étudier les propriétés nucléaires au moyen de réactions de transfert et d'une excitation coulombienne d'espèces nucléaires exotiques) s'est également bien déroulée, sans problèmes majeurs. D'importants travaux de consolidation se poursuivent pour mettre l'installation REX en conformité avec les normes CERN et le système de contrôle est en train d'être revu dans une large mesure.

Injecteur du PS

L'injecteur du PS a connu une très bonne période d'exploitation en 2008, sans incident majeur. L'alignement de la machine durant la période d'arrêt 2007/2008 s'est révélé extrêmement bénéfique sur le plan des performances. La priorité la plus élevée a été accordée à la fourniture des différents types des faisceaux pour le LHC (faisceaux pilotes, sondes, faisceau à un paquet pour la physique, 25/50/75ns). Les premiers faisceaux pour le LHC ont été fournis sur demande et conformément aux spécifications relatives aux essais de synchronisation et à la mise en service du LHC. En dehors du LHC, une très grande quantité de faisceaux a été fournie, avec une disponibilité élevée et des intensités records, à l'installation ISOLDE ($4,25 \times 10^{13}$ protons par impulsion) et à l'installation CNGS (Neutrinos du CERN vers le Gran Sasso) ($3,8 \times 10^{13}$ protons par impulsion). Concernant le développement de machines, outre la production de faisceaux à cette fin dans le PS et le SPS, (p. ex. extraction multi-tours dans le PS, mesures de l'impédance dans le SPS), diverses études ont été effectuées au moyen de l'injecteur. Un fait marquant a été le premier essai, réussi, de transfert en un seul lot du LHC vers le PS, mode de fonctionnement proposé pour la période du Linac4.

PS

Après une autre campagne de rénovation des aimants visant à garantir leur bon fonctionnement pour leurs utilisateurs, y compris pour le LHC, le Synchrotron à protons, âgé de près de 50 ans, a été redémarré en 2008. Tous les faisceaux nécessaires pour la mise en service du LHC ont été préparés de façon précoce, de même que les faisceaux destinés à la production d'antiprotons, les neutrinos en direction du Gran Sasso et le faisceau à extraction lente pour les expériences et les essais de la zone Est. Tous ces faisceaux ont été produits et envoyés avec succès tout au long de l'exploitation pour la physique.

Le 10 septembre, l'équipe du PS a noté avec satisfaction que le PS fonctionnait de façon efficace, produisant un faisceau pour le LHC sans manquer une seule injection. Les caractéristiques des faisceaux ont été réglées à la demande pour répondre aux besoins du LHC : faible intensité, faibles dimensions transversale et longitudinale.

Fin octobre, un mois avant la fermeture hivernale, l'installation nTOF (temps de vol des neutrons), client du PS qui a cessé d'utiliser le faisceau du PS fin 2004, a été remise en service avec succès. Le faisceau comportant 7×10^{12} protons en un seul paquet avec une longueur de 25 ns a été envoyé dans la ligne de transfert en direction de la cible nTOF nouvellement construite pour produire des neutrons d'énergies différentes. Ces neutrons ont été utilisés par les expériences qui ont reproduit rapidement certains des résultats obtenus précédemment.

Le 12 novembre, le PS a été arrêté pour la physique, mais il a poursuivi des essais sur un nouveau système principal de régulation de convertisseur de puissance qui constituera le premier pas vers un système de convertisseurs de puissance entièrement nouveau. Ce nouveau système devrait être opérationnel en 2010 et remplacera l'ensemble moteur-générateur actuellement utilisé pour alimenter les principaux aimants du PS.

Le 1^{er} décembre, la machine a été arrêtée pour la fermeture hivernale, au cours de laquelle sera effectué le dernier cycle de rénovation des aimants principaux. En avril 2009, avec 50% de ses aimants principaux rénovés et un nouveau système de régulation de convertisseurs de puissance, le PS sera à nouveau prêt à fournir des faisceaux à ses clients, y compris le LHC.

SPS

Au 1^{er} juin 2008, le SPS a fourni du faisceau à la zone Nord et à CNGS. L'exploitation CNGS s'est achevée le 11 novembre, après avoir envoyé $2,78 \times 10^{19}$ protons sur la cible. La zone Nord a été arrêtée plus tôt que prévu

initialement (le 6 octobre) afin d'avancer les travaux de fermeture annuelle, pour que le SPS puisse être prêt à fournir du faisceau en mai 2009 pour le redémarrage du LHC. En 2008, COMPASS, l'un des gros utilisateurs de protons, a fonctionné selon un mode différent, requérant moins d'intensité que d'habitude, ce qui a conduit à une intensité modérée de 2×10^{13} protons par cycle sur la cible fixe tout au long de l'exploitation. Avec cette intensité, des transmissions de 97% ont pu être obtenues. Le SPS a également fourni des faisceaux au LHC lors des essais d'injection et de la mise en service du faisceau initial, en une occasion en mode entrelacé, les cycles du SPS envoyant de façon alternée des faisceaux de sens horaire et de sens anti-horaire dans les anneaux du LHC.

AD

La période de démarrage du Décélérateur d'antiprotons (AD) a été fortement réduite en raison d'une défaillance d'un dipôle de la ligne d'injection survenu pendant les essais de matériel initiaux. Après une remise à neuf rapide de la pièce de rechange, suivie de son installation dans la zone de la cible, l'exploitation avec faisceau a pu reprendre et le programme de physique a commencé une semaine plus tard. Des antiprotons ont été collectés à 3,57 GeV/c puis, après décélération à 100 MeV/c éjectés en un seul lot vers les expériences ATRAP et ALPHA, qui ont pu faire la démonstration du piégeage des antiprotons et de la formation d'un grand nombre d'atomes d'antihydrogène. Les deux expériences sont à présent en bonne voie de piéger de l'antihydrogène dans leurs pièges Penning-Joffé mis au point récemment. ASACUSA, qui comporte un programme plus varié avec plusieurs sous-groupes se partageant le temps de faisceau a également connu une exploitation satisfaisante, avec la mise en service de plusieurs nouveaux appareils. Pour que les conditions restent stables pour tous les utilisateurs, la Collaboration ACE, pour laquelle l'éjection a lieu à 500 MeV/c, a eu l'usage exclusif de l'AD pendant 7 jours à raison de 24 heures par jour pour des essais d'irradiation de cellule. À la fin de l'année, 3200 heures de physique ont été enregistrées avec un temps de disponibilité total de 81% et un temps de disponibilité de 93% pour la machine AD.

Fonctionnement des infrastructures techniques

Le fonctionnement des services d'infrastructure technique (TI) en 2008 a été dominé par l'intégration des systèmes LHC restants, tels que sécurité, contrôles d'accès et ventilation. TI supervise à présent un total de plus de 50 000 paramètres au moyen du système de suivi de l'infrastructure TIM, qui transmet environ 2 millions de nouvelles données par jour aux opérateurs de salle de contrôle et aux bases de données d'enregistrement. TI a enregistré 54

« grands événements » en 2008 (contre 41 en 2007 et 30 en 2006). L'augmentation du nombre d'événements peut s'expliquer par un nombre croissant de systèmes opérationnels liés au LHC. Plus de 300 interventions sur site ont été effectuées par les opérateurs de TI au cours de la période de fermeture 2007-2008, grâce au détachement d'opérateurs d'accélérateurs aux consoles TI pendant la période de fermeture.

3. Programme non scientifique

3.1. Infrastructure

Pour les Services généraux d'infrastructure, l'année 2008 a surtout été marquée par la participation au démarrage du LHC, couronnant de nombreuses années d'efforts dans des domaines allant de la gestion des données sur l'ingénierie et les équipements au génie civil, en passant par les ateliers centraux, les systèmes de contrôle d'accès et de sécurité et les systèmes d'information administrative.

Dans le domaine du génie informatique, les activités ont porté sur la migration du système EUCLID vers le système CATIA, sur l'élaboration d'une version web du système de gestion destiné au suivi du contrôle des installations électriques (GESMAR) et sur une mise à jour du système de contrôle (SCADA).

Les services chargés des installations générales et de la logistique ont achevé les travaux d'agrandissement du jardin d'enfants, assuré l'appui aux événements liés au LHC, terminé la construction de la station de traitement des eaux (bâtiment 676) et commencé la construction du bâtiment 42 (extension du bâtiment 40).

L'informatique couvre l'infrastructure de bureautique et de calcul et les services d'informatique administrative et d'information scientifique. Les services d'informatique administrative ont préparé le système EVM pour les nouveaux projets (p. ex. quadripôles de focalisation et LINAC 4). Les initiatives sur le libre accès (OpenAccess) lancées en 2007 ont pris de l'ampleur, le CERN jouant un rôle essentiel dans ce mouvement, qui vise à assurer un accès plus équitable, plus simple et plus économique aux informations scientifiques.

Malgré un environnement de plus en plus hostile, les mesures prises pour renforcer la sécurité des systèmes informatiques ont permis de maintenir le nombre de machines compromises à un niveau constant et modéré. En outre, aucune machine reliée au réseau technique n'a été compromise depuis que celui-ci est distinct du réseau général.

3.2. Sécurité, santé et environnement

Les principaux résultats obtenus en 2008 dans ces domaines sont l'avancement du projet RAMSES (Radiation Monitoring System for the Environment and Safety the LHC machine), la mise en œuvre réussie de la politique de sécurité par les services responsables (inspections régulières des équipements mécaniques et techniques et des bâtiments) et le lancement de trois projets environnementaux :

- Système d'évaporation des eaux radioactives (bâtiment 378).
- Conduite d'évacuation des eaux usées traversant le site de Prévessin.
- Nouvelle station de traitement des eaux usées (la construction a commencé en 2008 et se terminera en avril 2009).

3.3. Services administratifs

L'année 2008 a été marquée par la mise en œuvre des nouveaux principes de gouvernance du CERN, selon lesquels la planification est axée sur des objectifs par activité. Conséquence directe de cette réforme, le cycle de planification a été avancé, ce qui permet au Conseil d'approuver en juin le Plan à moyen terme et le projet de budget pour l'année suivante. Le CERN a donc présenté le Plan à moyen terme sous sa nouvelle forme en juin 2008. Dans ce contexte, les services administratifs ont mis en œuvre un certain nombre de changements importants :

- Les normes comptables IPSAS ont été appliquées aux comptes annuels 2007.
- Les processus de planification et de contrôle des ressources ont été améliorés afin de les adapter aux nouveaux principes de gouvernance du CERN et au nouveau cycle de planification ; une stratégie cohérente a pu ainsi être appliquée à l'ensemble du CERN.
- Le Règlement financier et les Règles financières intérieures du CERN ont été entièrement révisés et la nouvelle version (Règlement financier du CERN et Modalités d'application du Règlement financier du CERN) a été approuvée par le Conseil en décembre.
- Les questions en suspens de l'examen quinquennal ont été réglées et les modifications correspondantes ont été intégrées dans les Statut et Règlement du personnel. Étaient notamment concernées les règles régissant les heures de travail par roulement et dans le cadre d'un service d'astreinte, essentielles pour préparer l'Organisation au démarrage de l'exploitation du LHC.
- Les travaux sur la mise en œuvre des indicateurs de performance essentiels ont progressé, mais seule la version destinée aux services

financiers a été établie, en raison surtout de la charge de travail importante des autres services concernés, notamment des services d'informatique administrative, et de la qualité médiocre des résultats présentés par la société de consultants extérieure.

3.4. Enseignement, sensibilisation et transfert de technologie

L'année 2008 a principalement été marquée par les événements publics liés au LHC, en particulier la journée portes ouvertes, l'injection du premier faisceau du LHC, qui a fait l'objet d'une couverture médiatique sans précédent, et l'inauguration de la machine. Grâce à d'importantes contributions et sources de financement extérieures, les coûts assumés par le CERN ont été réduits de près de 50%.

En 2008, le programme du CERN pour les professeurs de l'enseignement secondaire a organisé 24 cours nationaux suivis par plus de 900 participants de 15 États membres, ainsi que des cours internationaux dispensés par des professeurs de 10 autres pays. Des conférences ont été données essentiellement par des scientifiques du CERN ou de ses États membres, dans le but de stimuler l'enthousiasme des jeunes étudiants pour la science moderne et d'augmenter le nombre d'étudiants choisissant des disciplines scientifiques. Durant l'été a eu lieu le programme international des professeurs de l'enseignement secondaire (High School Teacher Programme), d'une durée de trois semaines, auquel ont participé 40 professeurs de 20 pays différents, dont 5 États non-membres.

L'intérêt pour les programmes des étudiants du CERN est démontré par le fait que le nombre d'étudiants d'été inscrits est, d'année en année, toujours plus élevé que le nombre de places disponibles. Le nombre d'États membres mettant en place des programmes nationaux pour des étudiants au CERN a encore augmenté en 2008.

L'activité de transfert de technologie a pris de l'ampleur : à ce jour, 24 contrats ou partenariats ont été conclus (contre 18 en 2007) et les recettes extérieures en 2008 s'élèvent à 2,4 MCHF contre 2 MCHF en 2007 (en raison de la mise en place des normes IPSAS, les recettes obtenues avant 2007 et déclarées en 2007 n'ont pas été comptabilisées).

4. Projets (construction et R&D)

4.1. CLIC

Le projet CLIC a pour objet d'évaluer la faisabilité d'un collisionneur électron-positon avec une énergie de 3 Tev dans le centre de masse. Ce collisionneur, qui pourrait mesurer à terme 48 km de long, repose sur un nouveau principe d'accélération bifaisceau : un faisceau d'entraînement fournit l'énergie à une structure accélératrice entrant en résonance à une fréquence élevée (12 GHz) et accélérant ainsi le faisceau principal au moyen de champs électriques élevés (100 MV/m). La Collaboration CLIC s'est fixée pour objectif de présenter une étude de faisabilité en 2010.

En 2008, la Collaboration s'est étendue à 27 nouveaux instituts de 15 pays différents. L'intérêt qu'elle suscite a été démontré lors de l'atelier qui s'est tenu en octobre 2008 (Atelier CLIC08) et qui a attiré quelque 215 participants provenant de 57 instituts de 18 pays différents. Au cours de l'année, le projet CLIC a par ailleurs officialisé sa collaboration avec le projet ILC. Les deux collaborations ont établi sept groupes de travail afin de coopérer sur les questions donnant lieu à des synergies importantes entre les deux projets, notamment les détecteurs, la dynamique des faisceaux, la production de positons, la production de faisceaux de faible émittance et leur focalisation à des dimensions de l'ordre du nanomètre, le génie civil, les études de coût et les calendriers.

Le développement technique du projet CLIC a beaucoup avancé en 2008.

L'installation d'essai CTF3 est achevée, à l'exception de certains équipements propres aux expériences, qui seront terminés en 2009 et 2010. CTF3 se compose d'un accélérateur linéaire de 150 MeV haute intensité et haute efficacité, suivi de deux anneaux qui multiplient l'intensité et la fréquence du faisceau d'entraînement : la boucle de retard et l'anneau de recombinaison. Le faisceau d'entraînement de 30 A est ensuite envoyé à un banc d'essai bifaisceau, où il circule parallèlement au faisceau principal généré par un photo-injecteur. Le faisceau d'entraînement est décéléré dans une série de structures radiofréquence spécialement conçues pour générer une puissance RF haute fréquence (12 GHz) permettant d'accélérer le faisceau principal au moyen de champs électriques de 100 MV/m.

Le 3 septembre, un faisceau a pour la première fois circulé d'un bout à l'autre de l'installation. Un faisceau d'entraînement a été amené jusqu'aux structures décélérateurs fournissant la puissance radiofréquence. Par ailleurs, un faisceau principal a été mis en circulation dans une nouvelle installation, CALIFE, fruit d'une collaboration avec le CEA de Saclay et l'IN2P3 au LAL. De même, les

équipes ont testé l'anneau de recombinaison et démontré, comme prévu, une multiplication de l'intensité et de la fréquence du faisceau par un facteur 2 dans la boucle de retard et par un facteur 4 dans l'anneau de recombinaison.

Une autre avancée technique a porté sur les structures accélératrices, qui doivent produire un champ d'accélération de 100 MV/m. Une nouvelle structure accélératrice, construite et testée en 2008, a atteint la valeur nominale de gradient accélérateur à la longueur nominale d'impulsion RF avec une fréquence de décharge très faible. Cette structure de 29 cm de long, qui a été testée au CERN, fabriquée au Laboratoire KEK (Japon) et testée à nouveau au Laboratoire SLAC (États-Unis), est le fruit d'une collaboration internationale très réussie.

Une structure d'extraction et de transfert d'énergie, qui permettra d'extraire l'énergie du faisceau d'entraînement pour alimenter en puissance RF les structures accélératrices, a été fabriquée dans les ateliers du CERN et a subi des tests préliminaires encourageants au SLAC et dans les zones d'essai CFT3 spécialement mises en place par le laboratoire d'Uppsala (Suède), avec le soutien financier du CIEMAT (Espagne).

Enfin, le système photo-injecteur, qui produira un faisceau principal de forte brillance, a été testé pour la première fois. Le développement de ce système est le fruit d'une collaboration, financée par l'Union européenne au titre du 6^e programme-cadre, entre le CERN et les Laboratoire LAL (France), RAL (Royaume-Uni) et Frascati (Italie).

Collaboration CLIC/ILC :

Conformément à la recommandation formulée par l'ICFA en 2001, l'installation qui aura le plus de chances de compléter le LHC dans l'avenir sera un collisionneur linéaire électron-positon dont l'énergie de collision dépendra grandement des résultats de la physique du LHC.

Deux études complémentaires sont en cours :

- Le Collisionneur linéaire international (ILC) reposant sur la technologie RF supraconductrice dans la gamme du TeV.
- Le Collisionneur linéaire compact (CLIC) reposant sur un système novateur d'accélération bifaisceau et visant à porter l'énergie des futurs collisionneurs linéaires à plusieurs TeV.

Même si, sur le plan technologique, les systèmes centraux de ces deux installations, à savoir les linacs accélérant les deux types de particules, sont différents, les autres systèmes présentent de nombreux points communs. Ainsi, les équipes responsables des deux études ont décidé à la fin de 2007 de collaborer autant que possible sur les questions pour lesquelles les deux études

présentent d'importantes synergies, ceci afin de tirer le meilleur parti des ressources disponibles, de limiter au maximum les différences entre les deux études, de créer une base de connaissances commune et de préparer l'évaluation future de ces technologies en vue de retenir l'installation la mieux adaptée aux caractéristiques expérimentales qui découleront des résultats de la physique du LHC. Sept groupes de travail communs, qui ont été récemment créés sur des sujets donnant lieu à des synergies importantes, collaborent à présent activement.

Cette collaboration fructueuse a été extrêmement bien accueillie par des organismes internationaux comme les comités consultatifs du CLIC et de l'ILC et le Groupe des organismes de financement des grands collisionneurs (FALC), considérant qu'elle marque une première étape vers l'établissement d'une communauté pour un collisionneur linéaire commun dans l'intérêt de la physique des hautes énergies.

4.2. Projets d'amélioration du LHC (sLHC)

La phase initiale du projet sLHC vise à relever la luminosité nominale du LHC d'un facteur deux à trois d'ici à 2013. Pour cela, il est nécessaire de consolider la chaîne d'injection du LHC.

Le projet sLHC porte aussi sur les études relatives aux futures améliorations à apporter aux injecteurs du LHC, telles que les études PS2 et SPL (Superconducting Proton Linac), qui ont avancé en 2008.

Linac 4

La première grande étape de la consolidation de la chaîne d'injection consiste à remplacer l'accélérateur linéaire, constituant le premier maillon de la chaîne. La construction du Linac 4, un accélérateur de 80 mètres de long qui produira des faisceaux de 160 MeV contre 50 MeV pour le Linac 2 actuel, a été approuvée en juin 2007 par le Conseil dans le cadre du programme-cadre des activités supplémentaires. En 2008, les travaux de génie civil pour ce nouvel accélérateur linéaire ont commencé sur une zone inoccupée du site principal du CERN, à Meyrin. Ils consistent à raser une petite colline, puis à creuser sur 12 mètres de profondeur, car le Linac 4 sera enterré pour être positionné au même niveau que le PS. Environ 40 000 mètres cubes de terre vont être évacués. Parallèlement, le développement de l'accélérateur a progressé. Une infrastructure d'essai allant jusqu'à 3 MeV (correspondant à la première phase d'accélération du Linac), composée de la source d'ions et d'une ligne chopper, toutes deux réalisées dans les ateliers du CERN, a été mise en place et est actuellement soumise à des essais. Un des klystrons récupérés du LEP, qui fournirent la puissance RF, a été testé en mode pulsé. La conception du

quadripôle RF (RFQ), le premier maillon de la chaîne d'accélération, s'est achevée et la fabrication a commencé dans les ateliers du CERN. Un linac à tubes de glissement (DTL) prototype a été assemblé et testé à faible puissance. Les plans du prototype de « structure pi-mode » (PIMS, Pi-Mode Structure) ont été établis et celui-ci est également en cours de construction au CERN. Un accord avec les instituts russes de Novossibirsk et Snezhinsk pour la fabrication de la structure d'accélération CCDTL (Cell-Coupled Drift Tube Linac) a été élaboré et signé en décembre 2008.

Triplets internes

Un autre grand volet du projet sLHC concerne la modification des régions d'insertion IR1 et IR5 du LHC, de manière à accroître la focalisation du faisceau avant la collision dans ATLAS et CMS. Les aimants de focalisation, dénommés « triplets », seront remplacés par des aimants quadripolaires de focalisation plus puissants et de plus grande ouverture. Leur système d'alimentation électrique et les dipôles situés dans cette zone seront également modifiés. En 2008, la conception de ces nouveaux aimants a été achevée. Ces derniers seront dotés d'une bobine de 120 mm d'ouverture (contre 70 mm pour les aimants actuels), mais utiliseront toujours la technologie des supraconducteurs en niobium-titane refroidis à 1,9 K. Les câbles des dipôles du LHC pourront ainsi être réutilisés. Leur longueur sera augmentée, passant de 5 m actuellement à 10 m. De nouveaux aimants correcteurs seront ajoutés. Outre la conception, les équipes ont travaillé sur l'outillage nécessaire à la construction d'un aimant prototype ainsi que sur l'outillage destiné aux aimants en série. Plusieurs collaborations avec le CERN ont été établies pour la construction des nouvelles régions d'interaction. Les travaux de conception sont actuellement mis en œuvre dans le cadre du projet SLHC-PP au titre du 7^e programme-cadre de l'Union européenne. La contribution spéciale de la France permet de financer la fabrication de tous les éléments des cryostats (CNRS) ainsi que des éléments spéciaux des quadripôles et de tous les correcteurs (CEA). Les laboratoires américains participeront aux travaux de conception et réaliseront les dipôles et une grande partie des systèmes d'alimentation à froid dans le cadre du projet APUL. Une cinquantaine de personnes a participé à ce projet en 2008, mais celui-ci a été retardé après l'incident survenu dans le secteur 3-4 du LHC, qui a mobilisé une grande partie des équipes.

4.3. Consolidation

On entend par consolidation les travaux de réparation et d'amélioration importants effectués sur l'accélérateur et les zones, ainsi que sur l'infrastructure technique, informatique et générale.

Les travaux de consolidation qui ont mobilisé beaucoup de personnel durant la période d'arrêt 2007-2008 ont été achevés comme prévu. Toutefois, en raison de la mise en service retardée du LHC et de l'incident survenu dans le secteur 3-4, certains groupes chargés du matériel ont concentré leurs efforts sur la réparation de la machine. Par conséquent, l'acquisition de matériel nécessaire à de nombreux travaux de consolidation, prévus au titre du thème 1, pour améliorer la fiabilité du LHC, est reporté à 2009.

Il convient de noter que les ressources prévues pour la consolidation de l'infrastructure générale ont été limitées aux réparations les plus urgentes.

5. Plan des effectifs : point de la situation

En octobre 2006, le CERN a présenté deux documents de travail, l'un sur les activités à moyen et long termes et l'autre sur le plan des effectifs correspondant.

À l'époque, la phase d'achèvement du LHC correspondant au début de la collecte de données de physique était programmée pour 2007, mais ce calendrier n'a pas pu être respecté pour plusieurs raisons (opérations de mise en service, réparation des triplets internes, problèmes avec les « doigts » RF durant le réchauffement). Le plan des effectifs a porté essentiellement sur les prévisions de personnel et notamment sur la question du passage de la phase de construction à la phase d'exploitation des détecteurs, de l'informatique et de l'infrastructure du LHC.

La Direction s'est engagée à réduire de 170 ETP les effectifs dans les domaines administratif et mécanique sur la période du plan à moyen terme dans le cadre de la contribution budgétée aux dépenses de personnel nécessaires pour mener à bien les nouveaux projets.

En 2007, le Conseil a approuvé le plan des effectifs visant à ramener le nombre d'ETP à 2250 en 2008 (financés par les contributions des États membres au budget du CERN).

Le plan des effectifs préconisait en outre la mise en place d'une rotation plus importante du personnel et la diminution du nombre de contrats de durée indéterminée attribués, notamment pour le personnel des catégories 2, 4 et 5 (spécialistes des sciences appliquées et ingénieurs, ouvriers, gens de métier et personnel administratif), privilégiant ainsi le personnel de la catégorie 3.

En comparant le plan des effectifs de 2006 avec la situation à la fin de 2008, on parvient aux constats suivants :

- Réduction globale des effectifs : abstraction faite des titulaires rémunérés par des ressources de l'UE dans le cadre de projets européens, les effectifs totaux en ETP pour 2008 s'élèvent à 2255, ce qui est proche de l'objectif de 2250 ETP que l'on s'était fixé pour les titulaires rémunérés par les contributions des États membres.
- Réduction dans les catégories 4 et 5 : en prenant comme base 100 les effectifs totaux de ces deux catégories à la fin de 2006, la part du personnel administratif et du personnel technique est respectivement de 83% et 85% à la fin de 2008 ; cette réduction disproportionnée a permis ainsi de redéployer comme convenu, dans le cadre du plan à moyen terme actuel, 170 ETP vers le domaine technique.
- Finalisation retardée de la construction du LHC : la première exploitation avec faisceau a commencé en septembre 2008 au lieu de 2007. En outre, l'incident survenu dans le secteur 3-4 a nécessité d'importants travaux de génie civil supplémentaires pour la réparation et l'amélioration du système de protection de la machine. Par conséquent, un nombre plus élevé que prévu d'ingénieurs et de personnel de formation universitaire travaillent encore sur le LHC. Le véritable transfert de personnel n'interviendra pas avant que le faisceau soit stable et que la collecte de données de physique soit possible, c'est-à-dire pas avant fin 2009.
- En 2007 et 2008, le recrutement a essentiellement concerné la catégorie 3 (techniciens) en vue du démarrage de l'exploitation du LHC. Le personnel chargé de l'infrastructure technique a été renforcé (15 postes pour la distribution électrique et pour le refroidissement et la ventilation).
- Conversion en contrats de durée indéterminée : les taux de conversion en 2007 et 2008 ont été de 43% pour les ingénieurs et les spécialistes des sciences appliquées, 59% pour les techniciens et 46% pour le personnel administratif, donc très proches des objectifs du plan de 2006.
- Dans le cadre des projets EGEE 3 et SLHC-PP, des bourses Marie-Curie et du programme *CERN Openlab*, le CERN a réussi à obtenir d'importantes ressources supplémentaires pour une cinquantaine d'ETP additionnels (titulaires ou boursiers).

III. Tableaux financiers et explications

1. Résumé des recettes et des dépenses

Tableau 1 : Résumé des recettes et des dépenses

(en MCHF, arrondi)

Budget 2008 CERN/FC/5169 (prix 2008)		Recettes et dép. probab 2008 CERN/FC/5304/Rév. (prix 2008)	Bilan 2008 CERN/FC/5331 (prix 2008)	Variations du bilan par rapport aux recettes et dép. prob.
1 140,3	RECETTES	1 160,4	1 168,7	8,3
1 075,9	Contributions ordinaires totales	1 075,9	1 075,9	0,0
23,7	Contributions supplémentaires des États hôtes	24,2	24,2	
12,3	Contributions UE	15,3	16,5	1,2
*	Personnel payé sur les comptes Équipes de visiteurs	** 7,6	9,9	2,4
*	Personnel en détachement	0,2	0,2	0,0
23,7	Imposition interne	23,7	24,2	0,5
2,5	Transfert de technologie	2,5	2,4	-0,1
2,2	Autres recettes (y compris produits financiers)	11,0	15,3	4,3
910,9	DEPENSES DE FONCTIONNEMENT	890,4	863,4	-27,0
796,8	Fonctionnement des programmes scientifiques et support	786,7	773,1	-13,6
468,6	Programmes scientifiques	460,6	454,6	-6,0
337,1	LHC (y compris les nouveaux projets en support aux détecteurs)	323,5	324,7	1,2
45,8	Appui scientifique et physique hors-LHC	47,3	43,7	-3,7
85,8	Accélérateurs et zones	89,7	86,2	-3,5
328,2	Infrastructure générale et services	326,2	318,6	-7,6
175,1	Infrastructure & services	177,6	175,7	-1,9
31,2	Budget centralisé du personnel	31,2	27,5	-3,7
23,7	Imposition interne	23,7	24,2	0,5
67,9	Assurance & Communications, énergie & eau	65,3	63,4	-1,9
30,4	Intérêts et charges financières	28,4	27,6	-0,8
	Personnel en détachement		0,2	0,2
114,2	Projets, R&D et consolidation	103,7	90,3	-13,4
22,4	CLIC	23,4	19,5	-3,8
11,2	LINAC 4	4,5	6,5	2,0
	Quadripôles de focalisation (NbTi)	0,9	0,9	0,1
17,1	Études R&D (PS2, SPL, détecteurs)	15,1	13,0	-2,1
6,4	Informatique R&D (UE)	7,8	7,9	0,1
57,0	Consolidation	52,0	42,3	-9,7
*	AUTRES DÉPENSES ***	10,5	39,3	28,8
	SOLDE			
229,3	Solde annuel	259,5	265,9	6,5
-13,1	Remboursement de capital alloué au budget (Fortis, FIPOI)	-13,1	-13,1	
216,3	Solde annuel alloué au déficit budgétaire	246,4	252,9	6,5
-817,6	SOLDE CUMULÉ	-787,5	-781,0	6,5
	Pour information:			
243,0	Remboursement de capital à BEI	243,0	243,0	
*	Amortissement budgétaire des charges à payer au titre des prestations liées au personnel ****	13,2	13,2	

* Non précisé dans le budget 2008 (CERN/FC/5169).

** Dépenses probables pour 2008 (CERN/FC/5304/Rév.) Ce montant ne comprend que le personnel.

*** Personnel payé sur les comptes Équipe de visiteurs, Fonds de logement, activité magasin, charges d'amortissement, réconciliation IPSAS

**** Ce montant ne comprend pas les charges à payer pour la compensation du travail par roulement. Il est prévu de les comptabiliser dans le PMT 2009 (budget 2009 révisé inclus), après la clôture des comptes 2008.

2. Recettes totales

Tableau 2 : Recettes totales

(en MCHF, arrondi)

Budget 2008 CERN/FC/5169 (prix 2008)		Recettes probables 2008 CERN/FC/5304/Rév. (prix 2008)	Bilan 2008 CERN/FC/5331 (prix 2008)	Variations du bilan par rapport aux recettes probables
1 140,3	RECETTES	1 160,4	1 168,7	8,3
1 075,9	Contributions ordinaires totales	1 075,9	1 075,9	0,0
23,7	Contributions supplémentaires des États hôtes	24,2	24,2	
12,3	Contributions UE	15,3	16,5	1,2
*	Personnel payé sur les comptes Équipe de visiteurs	** 7,6	9,9	2,4
*	Personnel en détachement*	0,2	0,2	0,0
23,7	Imposition interne	23,7	24,2	0,5
2,5	Transfert de technologie	2,5	2,4	-0,1
2,2	Autres recettes	11,0	15,3	4,3
2,0	<i>Ventes et divers</i>	3,7	*** 7,5	3,8
*	<i>Recette Openlab</i>	1,1	1,5	0,4
0,2	<i>Produit financier</i>	0,2	0,2	0,0
*	<i>Fonds de logement</i>	6,0	6,1	0,1

* Non précisé dans le budget 2008 (CERN/FC/5169).

** Dans les dépenses probables pour 2008 (CERN/FC/5304/Rév.), ce montant ne comprend que le personnel.

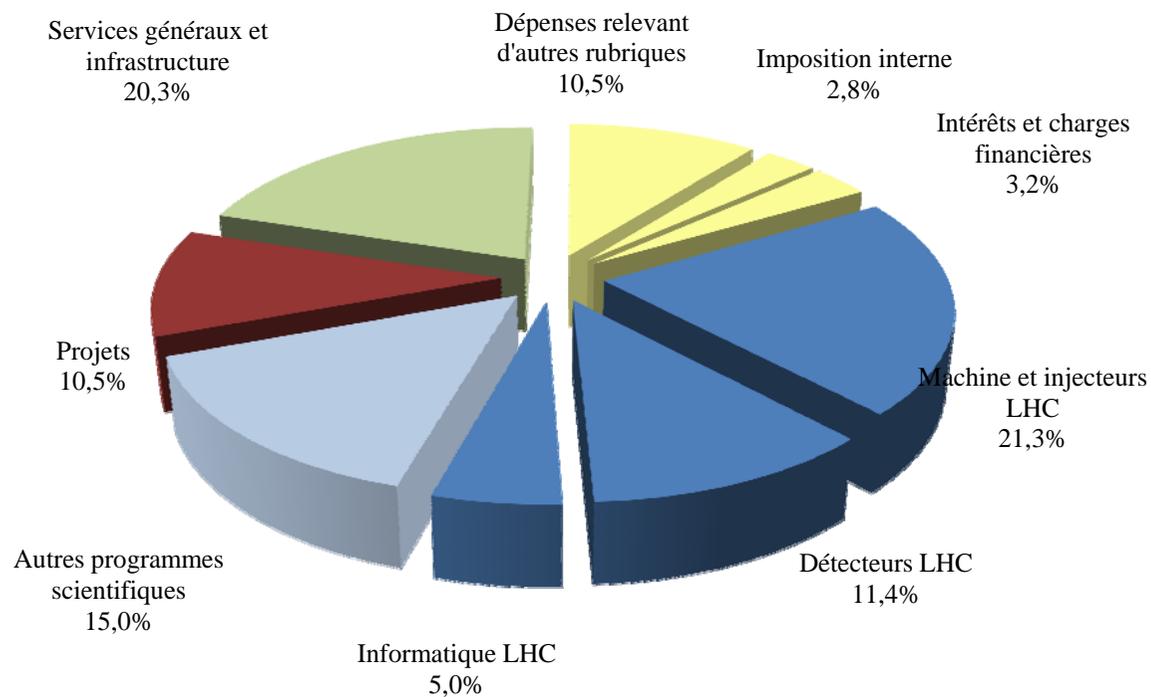
*** Y compris la parrainage des événements LHC 1,3 MCHF.

Explications relatives au tableau 2:

Les recettes totales ont encore augmenté depuis la publication des recettes probables, essentiellement du fait des contributions supplémentaires de l'UE et des autres recettes. L'augmentation du poste Autres recettes est due au parrainage des événements LHC et à des ventes supplémentaires. Avec la mise en œuvre des normes IPSAS, les comptes du Fonds de logement, comptabilisés séparément auparavant, sont désormais inclus dans ceux du CERN.

3. Dépenses de fonctionnement par programme scientifique et non scientifique ¹

Figure 3 : Budget 2009 (Personnel, matériel, intérêts & charges financières)



* Y compris Dépenses centralisée de personnel (3,2%),
Énergie et eaux (6,6%), assurance & communication (0,7%)

¹ Cette section ne détaille que les dépenses de fonctionnement. Les dépenses non liées aux programmes scientifiques et non scientifiques sont récapitulées au tableau 1

3.1. Expériences (part du CERN dans les collaborations et expériences sur site) et accélérateurs

Tableau 4 : Programme scientifique

Budget 2008 CERN/FC/5169 (prix 2008)			Activité	Dépenses probables 2008 CERN/FC/5304/Rév. (prix 2008)			Bilan 2008 CERN/FC/5331 (prix 2008)			Variations du bilan par rapport aux dépenses probables
kCHF				kCHF			kCHF			
Personnel	Matériel	Total		Personnel	Matériel	Total	Personnel	Matériel	Total	
191 120	145 935	337 055	Programme LHC (y compris les projets)	191 955	131 590	323 545	189 805	134 914	324 719	1 174
96 100	89 115	185 215	Machine et injecteurs LHC	97 320	84 290	181 610	97 383	85 762	183 145	1 535
77 090	30 255	107 345	Détecteurs LHC	76 665	19 405	96 070	75 436	22 975	98 411	2 341
23 875	4 245	28 120	Détecteur ATLAS	24 045	3 285	27 330	23 319	4 328	27 647	317
24 500	3 535	28 035	Détecteur CMS	24 715	3 395	28 110	25 437	4 495	29 932	1 822
11 800	2 865	14 665	Détecteur Alice	11 800	2 925	14 725	10 979	3 254	14 233	-492
11 120	3 235	14 355	Détecteur LHCb	11 120	2 800	13 920	10 139	2 650	12 789	-1 131
4 820	1 540	6 360	Eléments communs, autres exp. (y compris Totem)	4 820	2 000	6 820	5 562	1 881	7 444	624
975	14 835	15 810	Amélioration des détecteurs	165	5 000	5 165	6 366	6 366	6 366	1 201
17 930	26 565	44 495	Informatique LHC	17 970	27 895	45 865	16 986	26 177	43 162	-2 703
88 870	42 645	131 515	Autres programmes	88 740	48 300	137 040	87 576	42 280	129 856	-7 184
4 400	1 360	5 760	Physique hors-LHC	4 430	1 920	6 350	2 998	1 622	4 620	-1 730
31 770	8 220	39 990	Appui scientifique général	32 445	8 540	40 985	32 509	6 546	39 055	-1 930
21 735	6 545	28 280	Appui scientifique	22 260	7 030	29 290	22 024	4 951	26 975	-2 315
10 035	1 675	11 710	Théorie	10 185	1 510	11 695	10 485	1 595	12 080	385
52 700	33 065	85 765	Accélérateurs et zones	51 865	37 840	89 705	52 069	34 112	86 180	-3 525
5 680	3 305	8 985	ISOLDE, AD, n-Tof	5 660	2 785	8 445	5 767	2 437	8 204	-241
17 170	8 440	25 610	Complexe PS	16 310	5 990	22 300	15 546	5 771	21 316	-984
16 665	15 400	32 065	Complexe SPS (y compris CNGS)	16 665	11 995	28 660	13 523	11 948	25 471	-3 189
13 185	5 920	19 105	Services techniques des accélérateurs	13 230	17 070	30 300	17 233	13 956	31 189	889
279 990	188 580	468 570	Total général	280 695	179 890	460 585	277 381	177 194	454 574	-6 011
24,6%	16,5%	41,1%	% des recettes totales	24,2%	15,5%	39,7%	23,7%	15,2%	38,9%	

Explications relatives au tableau 4:

La construction de la machine LHC s'est terminée avec un coût à la date d'achèvement (CtC) révisé. La différence pour le matériel est due au projet d'installation pour les aimants de secours, qui est comptabilisé dans les services techniques des accélérateurs.

Le poste Amélioration des détecteurs se réfère aux 24 MCHF alloués pour les nouveaux projets en 2008 et 2009. En 2008, les crédits de la partie CERN ont été transférés vers CMS (ECAL, DAQ) et vers ALICE. Le solde de la dotation initiale de 2008 est reporté à 2009.

La mise en service avec faisceau en septembre 2008, suivie de l'incident dans le secteur 3-4, a conduit à un transfert de la dotation en personnel vers les services techniques des accélérateurs pour la réalisation des réparations. L'incident a aussi entraîné un retard dans le démarrage des nouveaux projets comme l'amélioration des expériences.

La concentration des ressources sur le LHC et son infrastructure a entraîné une augmentation des dotations en personnel et en matériel pour l'appui scientifique général ainsi que pour les services techniques des accélérateurs (crédits pour l'installation pour les aimants de secours inclus), alors que les dotations pour la physique hors LHC et l'augmentation de la luminosité du LHC ont été réduites, ces activités ayant été reportées.

3.2. Programme non scientifique (infrastructure et services d'appui)

Tableau 5 : Infrastructure et services

Budget 2008 CERN/FC/5169 (prix 2008)			Activity	Dépenses probables 2008 CERN/FC/5304/Rév. (prix 2008)			Bilan 2008 CERN/FC/5331 (prix 2008)			Variations du bilan par rapport aux dépenses probables
kCHF				kCHF			kCHF			
Personnel	Matériel	Total		Personnel	Matériel	Total	Personnel	Matériel	Total	
164 640	163 550	328 190	Infrastructure et services	166 480	159 675	326 155	167 022	151 551	318 573	-7 582
55 840	40 770	96 610	Infrastructure	56 510	40 070	96 580	58 101	38 766	96 866	286
11 045	470	11 515	Installations de fabrication	11 130	1 305	12 435	10 641	1 851	12 492	57
21 205	28 910	50 115	Installations générales et logistique	21 505	28 615	50 120	23 764	28 737	52 501	2 381
23 590	11 390	34 980	Informatique	23 875	10 150	34 025	23 695	8 178	31 873	-2 152
16 245	8 110	24 355	Sécurité, santé et environnement	17 415	7 845	25 260	19 044	4 673	23 716	-1 544
30 390	8 210	38 600	Administration	30 300	7 030	37 330	30 223	5 864	36 087	-1 243
7 295	8 245	15 540	Sensibilisation et TT	7 385	11 065	18 450	7 730	11 286	19 015	565
54 870	98 215	153 085	Dépenses centralisées	54 870	93 665	148 535	51 925	90 963	142 888	-5 647
31 160		31 160	Dépenses centralisées de personnel	31 160		31 160	27 495		27 495	-3 665
23 710		23 710	Imposition interne	23 710		23 710	24 208		24 208	498
	58 325	58 325	Énergie et eaux		58 325	58 325		57 362	57 362	-963
	9 535	9 535	Assurances & communications		6 985	6 985		6 001	6 001	-984
	30 355	30 355	Intérêts et charges financières		28 355	28 355		27 601	27 601	-754
			Personnel en détachement				221		221	221
14,4%	14,3%	28,8%	% des recettes totales	14,3%	13,8%	28,1%	14,3%	13,0%	27,3%	

Explications relatives au tableau 5:

Alors que le montant total des dépenses d'infrastructure est conforme aux prévisions, la variation des dépenses pour les installations générales et la logistique est due à des besoins supplémentaires en maintenance, qui ont été compensés par une diminution des achats d'équipements informatiques en 2008, ainsi qu'à la mise en application d'une règle comptable exigeant de comptabiliser le paiement de licences de manière anticipée par rapport à l'exercice budgétaire concerné. Cet engagement ouvert entraînera un report budgétaire conformément au nouveau Règlement financier.

Les dépenses de personnel pour la sécurité, la santé et l'environnement ont augmenté principalement du fait du versement des allocations pour travail par roulement au personnel exerçant son droit au départ en retraite anticipée.

Les dépenses de matériel pour la sensibilisation ont augmenté significativement en raison d'événements liés au LHC comme les journées portes ouvertes, le premier faisceau et l'inauguration du LHC. À noter que le CERN a reçu un parrainage d'un montant de 1,3 MCHF, limitant ainsi ses dépenses à 1,5 MCHF.

Les dépenses centralisées ont diminué essentiellement en raison d'une réduction du budget centralisé du personnel, les indemnités de fin de contrat étant désormais imputées aux activités du personnel quittant l'Organisation, et de la variation négative de la provision pour congés non pris. Le montant de l'imposition interne est égal aux recettes.

Les dépenses d'énergie ont légèrement diminué du fait de l'arrêt de l'exploitation après l'incident dans le secteur 3-4. La plupart de l'énergie pour le LHC étant liée à la cryogénie, la diminution n'est pas significative puisqu'une grande partie du LHC doit rester froid.

Les dépenses d'assurance et les charges financières (intérêts, frais bancaires) ont diminué, la diminution des charges financières étant due principalement à la baisse des taux d'intérêts des banques nationales.

Le personnel en détachement correspond au personnel inscrit sur le rôle de paye CERN et imputé à d'autres organisations. Cette dépense est égale à la recette correspondante.

Tableau 6 : Énergie et eaux

(en MCHF, arrondi)

Budget 2008 CERN/FC/5169 (prix 2008)	Activité	Dépenses probables 2008 CERN/FC/5304/Rév. (prix 2008)	Bilan 2008 CERN/FC/5331 (prix 2008)	Variations du bilan par rapport aux dépenses probables
20,5	Énergie et eau (charge de base)	20,5	22,3	1,8
8,9	Electricité	8,9	9,9	1,0
4,3	Gaz et mazout de chauffe	4,3	5,0	0,7
7,3	Eaux et divers *	7,3	7,4	0,1
37,8	Énergie pour les programmes de base	37,8	35,1	-2,7
1,8	Physique des particules	1,8	1,9	0,1
1,1	Traitement des données	1,1	1,1	0,0
11,1	Accélérateurs:	11,1	11,2	0,1
0,4	AD	0,4	0,4	0,0
2,0	PS	2,0	2,0	0,0
8,7	SPS	8,7	8,8	0,1
23,4	LHC	23,4	20,5	-2,9
0,4	CNGS	0,4	0,4	0,0
58,3	Total général programme énergie	58,3	57,4	-0,9

* La "taxe de pompage" n'est pas incluse (non acquittée en 2008).

Explications relatives au tableau 6 :

La réduction globale des dépenses d'énergie montre une augmentation de la consommation de base (électricité pour les bureaux et ateliers durant la mise en service du LHC, hausse du prix du mazout, du gaz et de l'eau au premier semestre 2008). Cette augmentation est compensée par une diminution de la consommation d'énergie et des dépenses pour le LHC suite à l'incident dans le secteur 3-4, qui a contraint à arrêter l'exploitation plus tôt que prévu.

3.3. Projets (construction, R&D)

Tableau 7 : Projets

Budget 2008 CERN/FC/5169 (prix 2008)			Activité	Dépenses probables 2008 CERN/FC/5304/Rév. (prix 2008)			Bilan 2008 CERN/FC/5331 (prix 2008)			Variations du bilan par rapport aux dépenses probables
kCHF				kCHF			kCHF			
Personnel	Matériel	Total		Personnel	Matériel	Total	Personnel	Matériel	Total	
44 935	69 230	114 165	Projets	46 470	57 225	103 695	48 196	42 071	90 267	-13 428
12 270	10 105	22 375	CLIC	12 410	10 960	23 370	10 205	9 339	19 544	-3 826
1 000	10 230	11 230	Linac 4	765	3 705	4 470	3 897	2 617	6 513	2 043
			Quadripôles de focalisation (NbTi)	185	690	875	735	198	933	58
17 345	6 195	23 540	R&D	17 810	5 135	22 945	17 378	3 559	20 937	-2 008
10 375	3 220	13 595	R&D Accélérateurs (RF, coll., SPS, PS2, SPL,...)	9 345	2 380	11 725	8 805	1 518	10 324	-1 401
5 500	920	6 420	R&D informatique (UE)	6 720	1 100	7 820	6 921	974	7 895	75
1 470	2 055	3 525	R&D Détecteurs (Thème 3)	1 745	1 655	3 400	1 651	1 066	2 718	-682
14 320	42 700	57 020	Consolidation	15 300	36 735	52 035	15 982	26 358	42 340	-9 695
3,9%	6,1%	10,0%	% des recettes totales	4,0%	4,9%	8,9%	4,1%	3,6%	7,7%	

Explications relatives au tableau 7 :

Les ressources en personnel allouées au CLIC ont été moins importantes que prévu en raison des efforts consentis pour le LHC et le démarrage des projets Linac 4, triplets internes du LHC et quadripôles de focalisation.

Le personnel de la R&D générale sur l'accélérateur a été redéployé vers le Linac 4. La réduction des dépenses de matériel est due au démarrage tardif du génie civil par rapport au calendrier 2007.

L'augmentation du poste R&D informatique est due à un changement de profil des recettes et à de nouveaux projets de l'UE accompagnés des recettes correspondantes.

Le poste Consolidation recouvre les réparations majeures pour l'infrastructure, les remplacements et mises à jour de l'infrastructure informatique, ainsi que la consolidation essentielle de l'accélérateur et de l'infrastructure technique. Les ressources en personnel ont été mises à disposition comme prévu pour la réalisation des réparations pendant la fermeture. Toutefois, en raison de la mobilisation du personnel du CERN pour la mise en service du LHC, puis pour les réparations, l'acquisition de matériel pour les travaux de consolidation a été retardée. La plupart de ces ressources sont néanmoins allouées (remplacement des convertisseurs de puissance du PS p. ex.) et les crédits des projets inutilisés pour ces engagements seront reportés à 2009.

Tableau 8: Dépenses pour les projets d'immobilisations

(en kCHF)

Budget 2008* CERN/FC/5169 (prix 2008)			Projet	Dépenses probables 2008 CERN/FC/5304/Rév. (prix 2008)			Bilan 2008 CERN/FC/5331 (prix 2008)			Variations du bilan par rapport aux dépenses probables
Personnel	Matériel	Total		Personnel	Matériel	Total	Personnel	Matériel	Total	
31 420	111 875	143 295	Projets	27 790	96 780	124 570	35 934	78 922	114 856	-9 714
5 400	23 370	28 770	Zones d'expérimentations et machines LHC	5 400	22 775	28 175	9 520	20 060	29 580	1 405
280	3 155	3 435	Détecteurs LHC	-	2 085	2 085	831	2 020	2 851	766
100	350	450	<i>Détecteur CMS</i>	-	240	240	2	276	278	38
90	1 210	1 300	<i>Détecteur Alice</i>	-	800	800	829	755	1 585	785
90	1 595	1 685	<i>Détecteur LHCb</i>	-	1 045	1 045	-	989	989	-56
955	405	1 360	Injecteurs LHC	955	420	1 375	713	351	1 064	-311
4 725	21 610	26 335	Informatique LHC	4 725	21 610	26 335	3 961	20 005	23 966	-2 369
12 270	10 105	22 375	CLIC	9 185	5 440	14 625	7 607	8 984	16 591	1 966
4 905	8 715	13 620	Consolidation des accélérateurs	4 905	8 925	13 830	3 397	7 546	10 943	-2 887
-	11 995	11 995	Consolidation de l'infrastructure	-	9 285	9 285	614	5 570	6 184	-3 101
-	-	-	Installation pour les aimants de secours	-	6 270	6 270	1 378	3 811	5 189	-1 081
-	2 045	2 045	Extension du bâtiment 40	-	750	750	175	556	730	-20
1 080	3 395	4 475	Gestion des déchets radioactifs	950	3 390	4 340	95	949	1 044	-3 296
-	15 215	15 215	Amélioration du LHC	-	10 390	10 390	2 316	5 526	7 842	-2 548
-	-	-	Amélioration des triplets internes du LHC	-	500	500	529	177	706	206
1 000	10 230	11 230	LINAC4	765	3 705	4 470	3 897	2 617	6 513	2 043
805	1 635	2 440	Amélioration des détecteurs LHC	905	1 235	2 140	902	752	1 654	-486

* Les projets UE sont inclus dans les montants du budget 2008.

Explications relatives au tableau 8:

Le tableau 8 récapitule les activités spécifiques et les projets approuvés. Ne sont pas inclus les dépenses couvertes par les projets UE et les recettes afférentes. La plupart de ces postes figurent au tableau 7. Les postes LHC et Installation pour les aimants de secours figurent au tableau 4, le poste Gestion des déchets radioactifs au tableau 5.

Les variations concernent essentiellement l'informatique LHC en raison d'une politique consistant à acheter au dernier moment afin de profiter de réductions générales des prix pour les équipements informatiques. Les dépenses de personnel pour le CLIC varient entre les rubriques spécifiques et non spécifiques. Comme indiqué dans les explications relatives au tableau 7, les dépenses de matériel pour la consolidation ainsi que les nouveaux projets et les projets du génie civil ont été retardées du fait de la mobilisation du personnel pour la mise en service du LHC

4. Dépenses de fonctionnement par nature

Tableau 9: Dépenses de matériel par nature (y compris intérêts et charges financières)

Budget 2008 CERN/FC/5169 (prix 2008)	Nature	Dépenses probables 2008 CERN/FC/5304/Rév. (prix 2008)	Bilan 2008 CERN/FC/5331 (prix 2008)	Variations du bilan par rapport aux dépenses probables
391 005	<u>Charges opérationnelles</u>	368 435	372 208	3 773
298 520	<i>Fournitures et consommables</i>	279 210	257 380	-21 830
184 495	Marchandises, fournitures et consommables	157 540	140 765	-16 775
58 325	Électricité, gaz de chauffage et eaux	58 325	57 877	-448
55 700	Services industriels (contrats de service)*	63 345	58 738	-4 607
92 485	<i>Autres charges opérationnelles</i>	89 225	114 828	25 603
46 940	Maintenance et réparation (autres contrats de services industriels)*	36 585	33 272	-3 313
23 570	Paiements à des tiers et consultants	24 815	26 113	1 298
21 975	Autres frais généraux **	27 825	55 442	27 617
30 355	<u>Charges non opérationnelles</u>	28 355	27 601	-754
30 355	<i>Intérêts et charges financières</i>	28 355	27 601	-754
14 995	Banque Fortis	14 995	14 994	-1
6 600	BEI	6 560	6 545	-15
8 555	Intérêts à court terme	6 595	5 811	-784
205	Frais bancaires	205	251	46
421 360	TOTAL MATÉRIEL en kCHF	396 790	399 809	3 019

* Variation du total des services industriels: -7,919 kCHF

** Y compris assurances et communication, les contributions CERN aux collaborations, les charges d'amortissement.

Figure 10: Répartition des dépenses de matériel par nature

Fournitures et consommables: 64,4%
Autres charges opérationnelles: 28,7%
Intérêts et charges financières: 6,9%

* Total des services industriels : 14,7% + 8,3% = 23%

** Y compris assurances et communication, les contributions CERN aux collaborations, les charges d'amortissement.

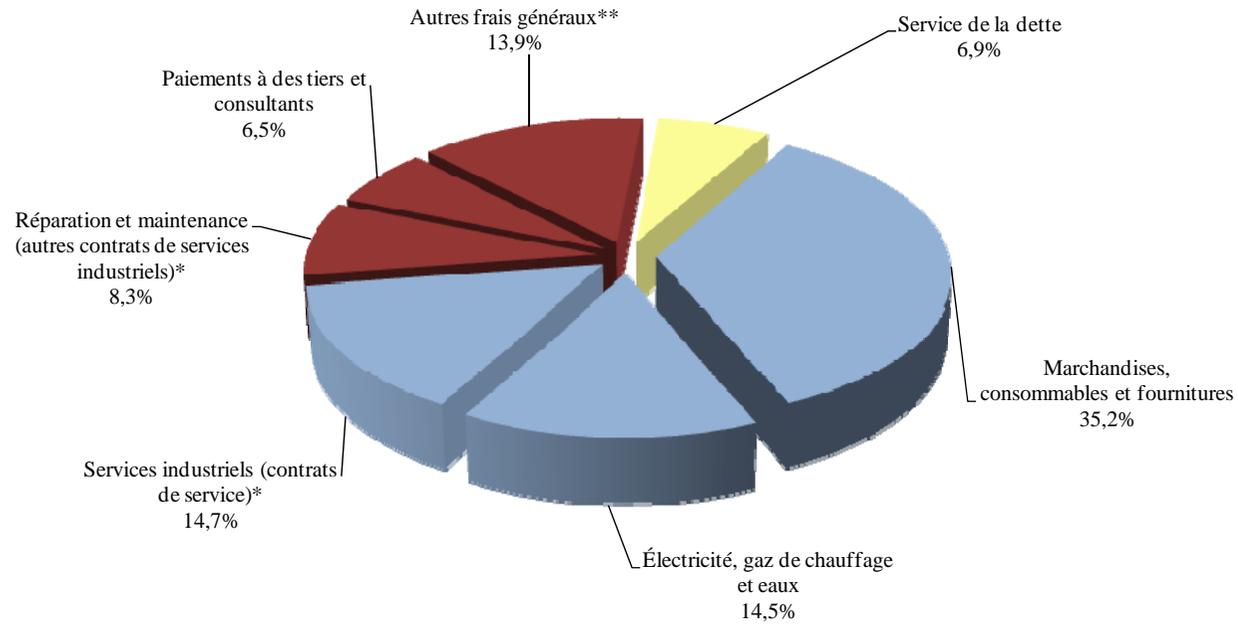


Tableau 11: Dépenses de personnel par nature

Budget 2008 CERN/FC/5169 (prix 2008)	Nature	Dépenses probables 2008 CERN/FC/5304/Rév. (prix 2008)	Bilan 2008 CERN/FC/5331 (prix 2008)	Variations du bilan par rapport aux dépenses probables
454 050	Titulaires	457 500	459 265	1 765
254 595	Traitements de base *	256 790	259 130	2 340
61 090	Allocations	61 610	63 556	1 946
19 780	Non-résidence	19 965	19 830	
20 550	Allocations de famille	20 740	21 151	
8 595	Allocations spéciales (y compris prime LHC) **	8 625	7 486	
1 900	Heures supplémentaires	1 915	2 175	
10 265	Allocations et indemnités diverses	10 365	10 092	
	Indemnités de fin de contrat ***		2 822	
83 495	Cotisations sociales	84 230	84 875	645
65 125	Caisse de pensions	65 695	66 527	
18 370	Assurance maladie	18 535	18 349	
31 160	Budget centralisé du personnel	31 160	27 495	-3 665
8 155	Installation, recrutement et fin de contrat	8 155	7 502	
4 200	Bonifications d'annuités à la Caisse de pensions pour travail par roulement	4 200	4 239	
18 805	Contribution à l'assurance maladie des pensionnés	18 805	19 415	
	Variation des congés payés ****		-3 661	
23 710	Imposition interne	23 710	24 208	498
34 985	Boursiers et attachés (y compris frais généraux pour étudiants)	35 615	33 295	-2 320
530	Apprentis	530	423	-107
489 565	TOTAL PERSONNEL en kCHF	493 645	492 984	-661

* Y compris le traitement retenu pour la participation au SLS à court terme.

** Des 5 000 kCHF initiaux, 4 130 kCHF ont été versés sous forme de prime et 826 kCHF ont été alloués sous la forme de 307 échelons d'une valeur moyenne de 90 CHF par mois.

*** Dans le Budget 2008 et les Dépenses probables pour 2008, sous le poste "Installation, recrutement et fin de contrats".

**** Poste lié aux normes IPSAS.

Explications relatives au tableau 11:

Les dépenses totales de personnel CERN ont été supérieures à l'enveloppe budgétaire, le retard dans la mise en service du LHC et les réparations du secteur 3-4 ayant nécessité de prolonger certains contrats de durée limitée. De plus, le besoin en ingénieurs supplémentaires pour les infrastructures techniques et les opérations de cryogénie ont conduit à avancer des recrutements prévus à l'origine pour 2009.

La diminution du budget centralisé du personnel est due essentiellement à la variation négative de la provision pour congés non pris et aux indemnités de fin de contrat qui sont désormais imputées aux activités du personnel quittant l'Organisation.

La réduction des dépenses pour les boursiers s'explique par un retard dans les programmes des nouveaux projets, notamment pour les activités de R&D ciblée au titre du thème 3.

Figure 12: Répartition des dépenses de personnel par nature

