



HAL
open science

Le calcul scientifique des expériences LHC. La grille de calcul LCG

F. Malek

► **To cite this version:**

| F. Malek. Le calcul scientifique des expériences LHC. La grille de calcul LCG. 2009. in2p3-00404486

HAL Id: in2p3-00404486

<https://hal.in2p3.fr/in2p3-00404486>

Submitted on 21 Jul 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



15 Juillet 2009
FM-LPSC09



Le calcul scientifique des expériences LHC

La grille de calcul LCG

F. Malek, responsable scientifique du projet LCG-France



15 Juillet 2009
FM-LPSC09



1 - Le défi scientifique de la physique des particules

La physique des particules est la branche de la physique qui étudie les constituants élémentaires de la matière et les rayonnements, ainsi que leurs interactions. On l'appelle aussi parfois physique des hautes énergies car de nombreuses particules élémentaires, instables, n'existent pas à l'état naturel et peuvent seulement être détectées lors de collisions à hautes énergies entre particules stables dans les accélérateurs de particules. La physique des particules recrée à chaque collision de particules, les mêmes conditions de température et de densité que les premiers moments du Big-bang. Ceci permet d'étudier l'univers, ses constituants et sa formation.

Les expériences de physique des particules sont menées par des équipes en collaborations internationales, qui se chargent de la construction des détecteurs spécifiques au genre d'expérimentation souhaité, et les installent auprès d'accélérateurs construits également par des collaborations internationales puissantes.

La physique des particules est décrite par une construction théorique dite « Modèle Standard » qui est lui-même mathématiquement décrit par 12 particules fondamentales et 3 forces. A ce jour, aucune expérience n'a réussi à démentir ce modèle. Par contre, un ensemble de connaissances ou de questionnements ne peuvent être expliqués par ce modèle, comme par exemple :

- L'existence des 12 particules fondamentales de matière ?
- Est-ce que ces particules sont les briques fondamentales ou sont-elles faites d'éléments encore plus basiques ?
- Comment intègre-t-on la gravitation dans le Modèle Standard ?

Et des questions encore plus générales et universelles comme:

- Où est passée l'antimatière de l'Univers ?
- Y-a-t-il des dimensions d'espace supplémentaires ?
- Qu'est-ce que la masse ? Comment apparaît-elle (l'existence ou pas du très célèbre Boson du Higgs qui reste encore un concept non confirmé par l'expérience) ?
- etc.

Pour répondre à ces questions, il va falloir chercher des signaux ténus, noyés dans un bruit de fond assourdissant : partir à la recherche de l'aiguille dans la botte de foin. Cette recherche fait donc face à un fort défi expérimental et calculatoire. En particulier pour ce dernier, la gestion des données présente des difficultés jamais rencontrées.

Lorsque le LHC (Large Hadron Collider, un collisionneur de « protons »), au CERN, sera en fonction à l'automne 2009, les collisions déclenchées en 4 points de l'accélérateur révéleront ce qui est prévu par le modèle, peut-être, ou nous étonneront par ce qui ne l'est pas, nous l'espérons.

Les expériences qui vont opérer sur le LHC sont ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS), CMS (Compact Muon Solenoid experiment), LHCb (la question de l'antimatière) et ALICE (une expérience qui, grâce à des collisions d'ions lourds, recrée les conditions extrêmes de l'Univers juste après le Big-bang). Plus de 10 000 scientifiques de par le monde sont concernés par cette aventure humaine hors du commun.

2 - Le traitement des données en physique des particules

Une collision de particules à très haute énergie se produit au centre du détecteur où les milliers de particules créées vont traverser diverses couches de sous-détecteurs. La configuration classique d'un détecteur en physique des particules est illustrée par le schéma de la Fig.1 où sont décrites les particules habituellement détectées (électrons, muons, photons, protons, neutrons, etc.) et le type de sous-détecteur qui est sensible à leur passage.

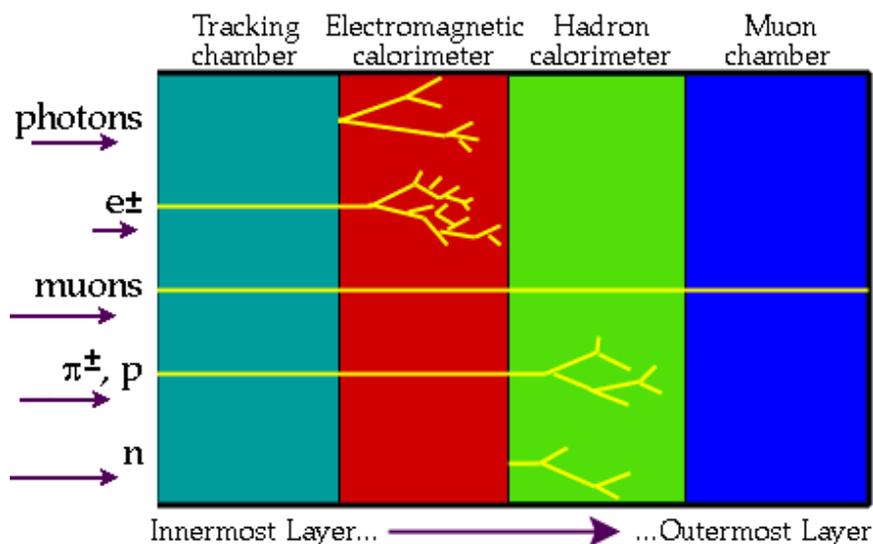


Fig. 1 : Les diverses couches de détection et les types de particules qui les traversent.

Pour résumer, on identifie des traces, donc des trajectoires qui permettent de déterminer des impulsions (en s'aidant du champ magnétique entourant le détecteur) et de l'énergie. Ces deux caractéristiques, impulsion et énergie, sont appelées « paramètres cinématiques » de la particule.

On peut voir par exemple que les électrons, qui sont des particules chargées, sont facilement détectés dans le détecteur à traces (Tracking chamber) qu'on installe habituellement tout près de la collision, au centre du détecteur. Ces particules produisent des gerbes dans le calorimètre électromagnétique qui va ainsi pouvoir mesurer leur énergie. Les particules appelées « muons », ressemblent à des électrons « lourds » qui passent facilement à travers toutes les couches du détecteur en laissant seulement des traces dans le détecteur interne et dans les stations à muons qu'on installe habituellement autour du détecteur.

Concrètement, le passage d'une particule dans un détecteur est signalé par l'émission de signaux électroniques (de brèves impulsions analogiques). Dans le schéma électronique de la Fig.2, est décrite la transmission des signaux du détecteur à Argon liquide qui est un calorimètre électromagnétique destiné à recueillir l'information nécessaire pour la détermination du paramètre cinématique «Energie». Les signaux électroniques arrivent du détecteur, sont transmis au «Front End» ou électronique frontale, de manière brute et sont transformés en signaux numériques (digitisation «ADC», cercle rouge). Ils sont aussi transmis à un autre étage (Tower Builder, cercle pointillé en bleu) où ils vont être soumis à un premier filtre (Level 1 trigger) qui remet son verdict afin de sélectionner les «bons» événements. Ils seront alors transmis à la station d'acquisition de données (Readout Crate, DAQ, format numérique).

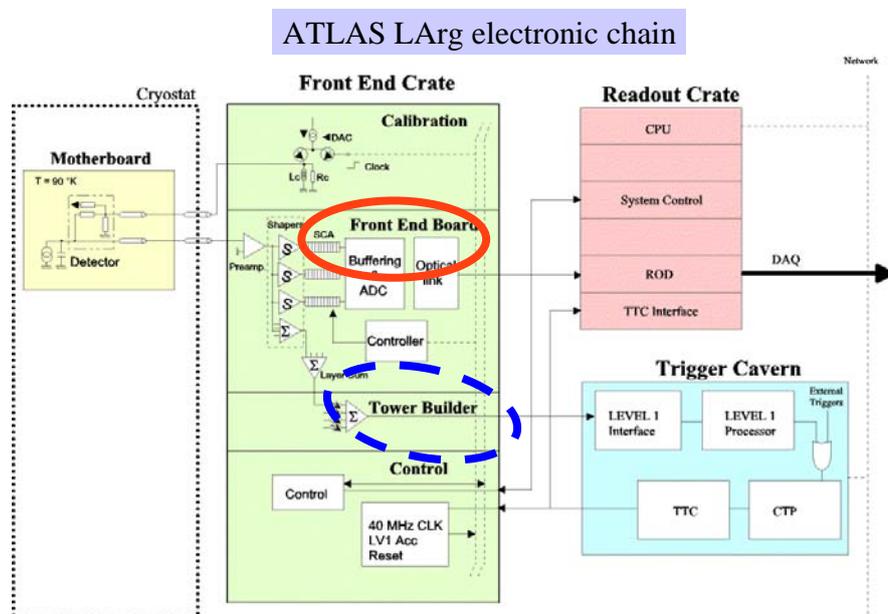


Fig. 2 : Schéma de l'électronique de traitement d'un sous-détecteur de l'expérience ATLAS.

Chacun des sous détecteurs de l'expérience va procéder de cette manière et les signaux transmis vont être mis en commun dans une boîte appelée « Event Builder », en français « constructeur d'événement ». Les événements bruts (RAW) sélectionnés sont reconstruits, puis calibrés et enfin enregistrés en même temps que les données RAW.

Le schéma de la Fig.3 illustre le modèle de flux de données de l'expérience ATLAS (Data Flow). Le format de données initial dit RAW (brut) est un fichier binaire. Les événements RAW vont être reconstruits plusieurs fois dans l'année et stockés dans des fichiers type ESD (Event Summary Data) plus accessibles pour les physiciens afin d'étudier au plus près les spécificités du détecteur, en tirer les paramètres (constantes) de calibration de celui-ci. D'autres types de fichiers vont être construits (pour l'expérience ATLAS ce sera par

exemple les fichiers de type AOD, DPD TAG etc.). Ces fichiers sont des réductions des premiers et contiennent l'information utile pour accomplir des tâches spécifiques.

La taille d'un événement de type « RAW » est de 1 à 2 MOctets pour les expériences ATLAS et CMS. L'opération de réduction des données, fait passer la taille de l'événement à 500 KOctets pour les fichiers type « ESD » et à environ 100 KOctets pour les « AOD ». Au niveau 1 du trigger (Level 1 trigger), l'acquisition de données (DAQ) se fait au taux de 100 KHz (100 000 événements par seconde). Au dernier niveau de déclenchement (HLT trigger), le taux d'événements enregistrés est de l'ordre de 100 Hz (100 événements par seconde) avec une vitesse de l'électronique de traitement de l'ordre de 4 Gbits/seconde pour ATLAS et à peu près 100 Gbits/sec pour CMS.

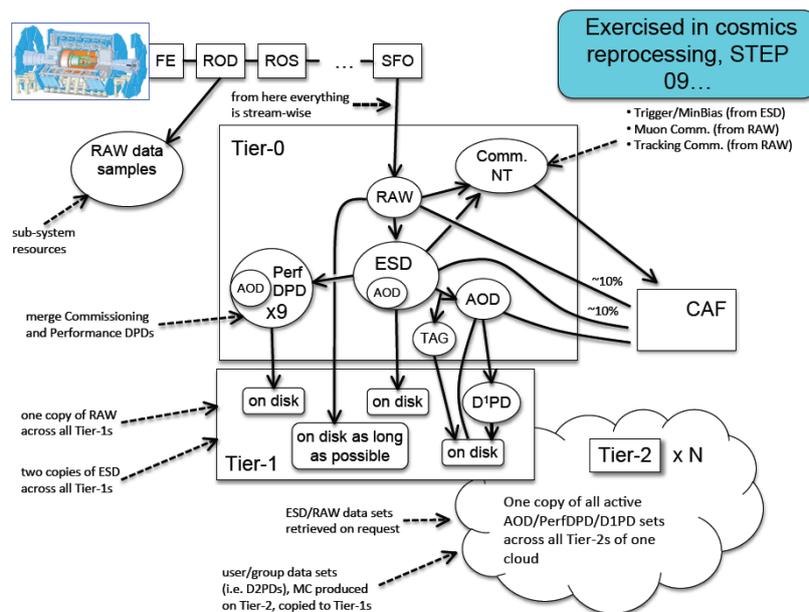


Fig. 3 : Modèle de flux de données de l'expérience ATLAS

Le cycle habituel du traitement des données est illustré en Fig.4 par des schémas simples montrant la conversion des données numérisées (RAW data) en des données de physique contenant les informations cinématiques utiles pour les analyser. Ces derniers sont contenus dans des fichiers de type binaires lisibles par des logiciels de traitement de données très spécifiques à la communauté HEP ou à l'expérience.

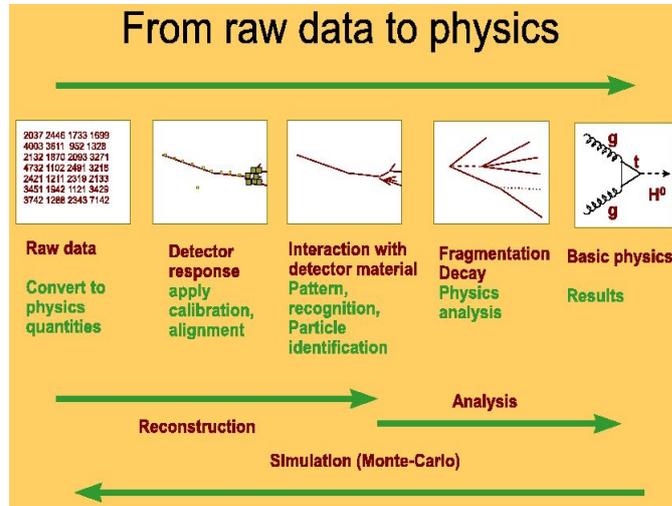


Fig. 4 : Cycle traditionnel du traitement des données en physique des particules.

En résumé, le traitement des données en physique des particules est un processus qui permet de reconstruire une collision (1 événement considéré). Par exemple, une collision proton anti-proton à 2 TeV d'énergie dans le centre de masse, devant produire une paire de quarks top anti-top qui à leur tour se désintègrent en une paire de quarks b et une paires de bosons W, ces derniers se désintégrant à leur tour, est schématisée en Fig.5.

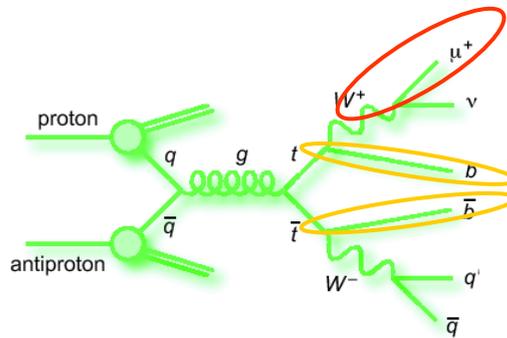


Fig. 5 : Schéma de théorique (Feynman) de la collision proton-antiproton produisant des quarks top.

On peut voir sur le dessin de la Fig.6 une image d'un événement réel, une collision proton anti-proton à 2 TeV sur l'accélérateur du Fermilab (à Chicago), événement reconstruit, traité et analysé par l'expérience D0. Un œil très averti identifiera l'événement du schéma théorique illustré en Fig.5.

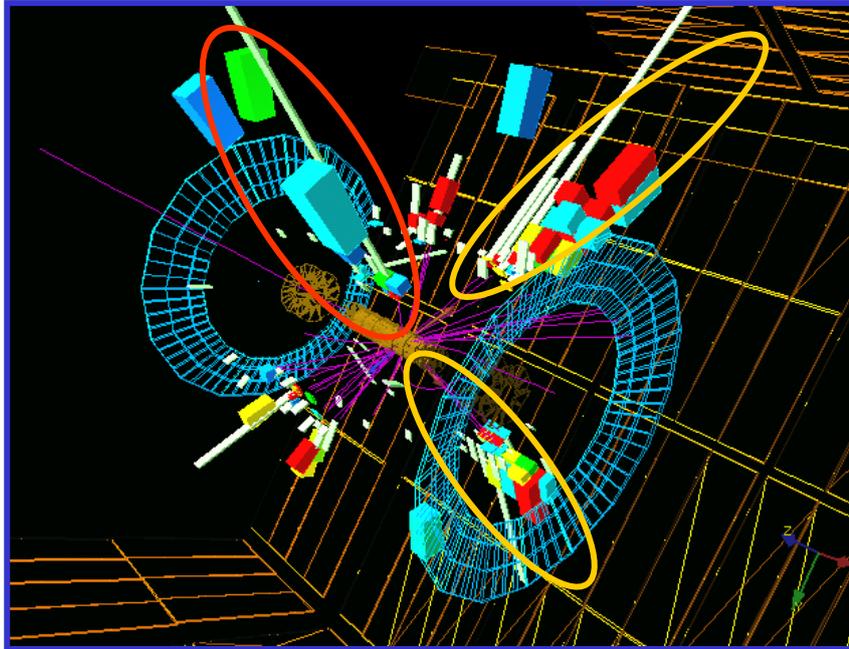


Fig. 6 : Image d'un événement réel de la collision proton anti-proton à 2 TeV sur l'accélérateur du Fermilab (à Chicago)

3 - Le calcul scientifique sur la grille: l'état de l'art

Avec 40 millions de collisions par seconde et 10^{10} collisions enregistrées par an (soit le nombre d'étoiles dans notre galaxie), les données produites par le LHC et leur exploitation représentent un véritable défi informatique par le flux et le volume des données à traiter (quelques dizaines de PetaOctets par an). A tout instant, 8 000 chercheurs (environ 2000 par expérience) pourront solliciter des calculs pour analyser les données fournies par le LHC. Ceci nécessite une infrastructure distribuée et souple. De cette initiative est née la collaboration W-LCG (World Wide LHC Computing and Grid)¹ et donc le projet LCG.

L'infrastructure W-LCG dépend principalement de deux grilles opérationnelles, l'Européenne EGEE (European Grid for EsciencEs) et l'Américaine OSG (Open Science Grid) auxquelles sont associées des organisations régionales ou nationales comme GridPP au Royaume Uni, INFN Grid en Italie et NorduGrid dans les pays nordiques.

La grille de calcul W-LCG est un réseau de centres de calcul répartis dans le monde entier s'appuyant sur des technologies de grille interopérables. Lorsqu'une demande d'accès est énoncée par un utilisateur depuis l'un des nombreux points d'entrée du système, la grille de calcul est capable d'établir l'identité de l'utilisateur, de vérifier ses autorisations,

¹ Le site Web de la collaboration W-LCG : <http://lcg.web.cern.ch/lcg/>

d'identifier les sites disponibles susceptibles de fournir des ressources (stockage sur disque, stockage permanent sur bande, capacité de calcul, logiciels adaptés...), et de les utiliser pour satisfaire la demande de l'utilisateur. L'image de la Fig.7 illustre le fonctionnement des centres de calcul et les échanges de données en temps réel sur la grille W-LCG.

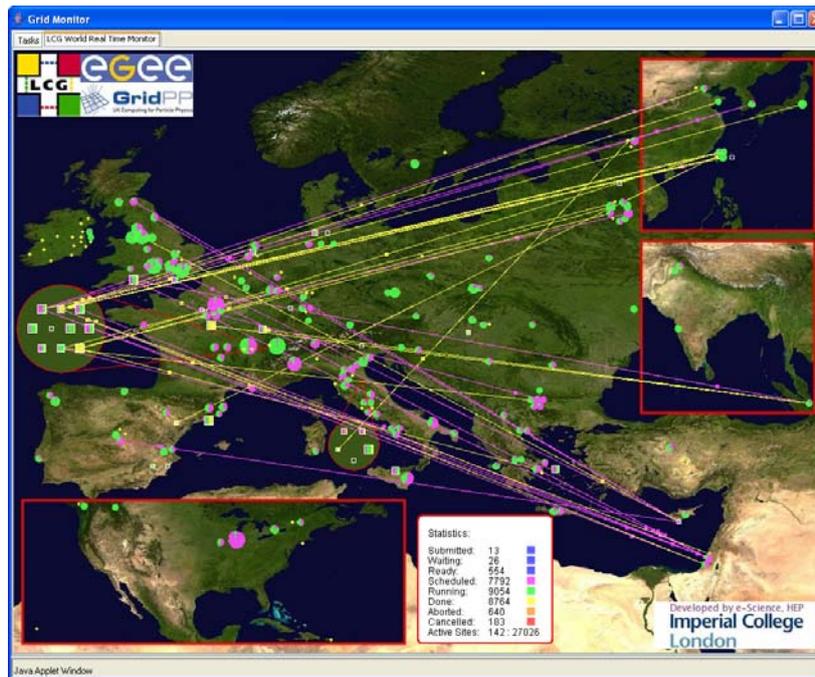


Fig. 7 : Image en temps réel du fonctionnement des centres de calcul et des échanges de données sur la grille W-LCG.

La grille de calcul du LHC est aujourd'hui constituée de 200 sites situés sur 3 continents : Europe, Amérique, Asie. Elle est d'ores et déjà opérationnelle (plus de 50 000 tâches traitées quotidiennement) et produit des données simulées et des données prises en tests avec des particules cosmiques permettant ainsi aux physiciens de se préparer à la prise de données attendue pour l'automne 2009. Les graphiques de la Fig.8 montrent la croissance en nombre de sites et en quantité de ressources de 2004 à 2007.

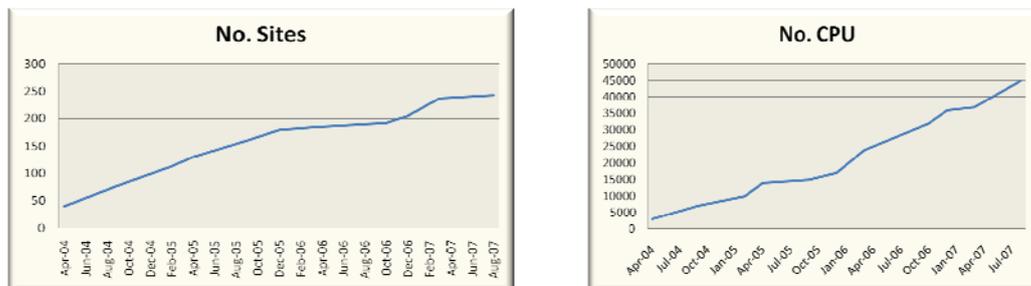
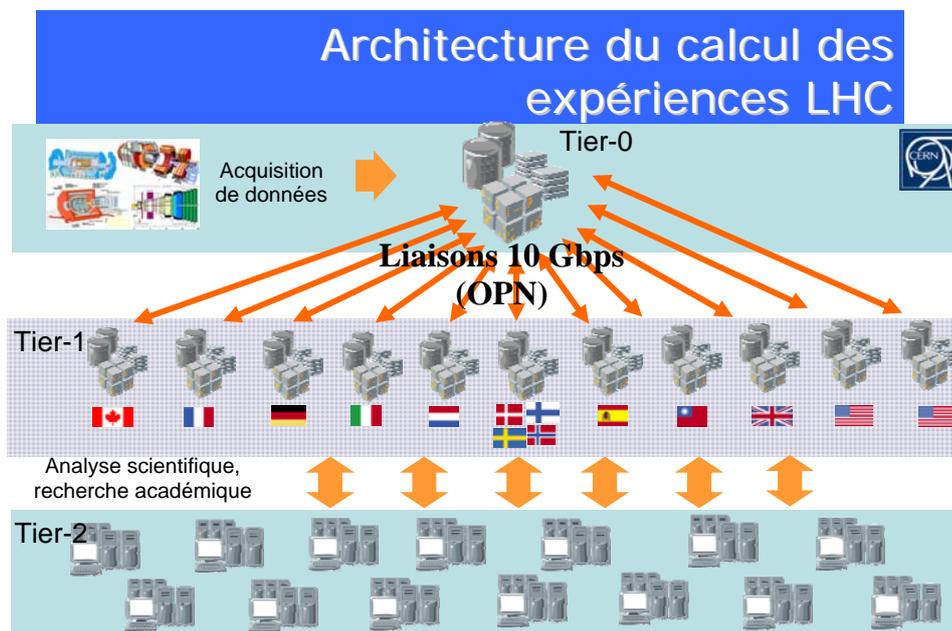


Fig. 8 : Croissance du nombre de sites et des ressources CPU de WLCG de 2004 à 2007.

Cette grille est hiérarchisée en quatre niveaux dont les trois premiers sont liés par un engagement formel de mise à disposition de ressources (W-LCG MoU)². Les centres (TierN) ont les fonctions suivantes :

- le Tier0 situé au CERN est responsable de la pérennisation et de la distribution des données brutes provenant des quatre expériences LHC vers les 11 centres Tier1.
- les Tier1 (grands centres nationaux) assurent la reconstruction et la pérennisation de la fraction des données brutes qui leurs est confiée. Ils centralisent et distribuent les données réduites vers les centres Tier2 existant actuellement.
- Les Tier2 (environ 150) assurent la production d'événements simulés et participent aux tâches d'analyses centralisées et stochastiques.
- Les Tier3 sont des centres de ressources complémentaires aux centres Tier2 assurant des tâches de simulation et d'analyse sur la base du volontariat, sans engagement vis-à-vis de W-LCG.

La Fig .9 ci-dessous illustre l'architecture et le modèle de calcul du LHC.



Le Tier0 doit être connecté aux grands centres de calcul de type Tier1 grâce à une liaison réseau de 10 Gbits/sec (ou plus) afin d'assurer les transferts de données du CERN à des taux nominaux qui atteignent, pour l'ensemble des quatre expériences LHC, 800 Mbits/sec. Les centres de type Tier1 sont, à leur tour reliés entre eux par le même réseau, spécialement conçu pour le LHC, appelé LHCOPEN, pour assurer les transferts des données brutes et reconstruites entre le Tier0, les Tier1 et assurer la relève (Tier1 de secours) d'un Tier1 défaillant. Les centres de type Tier2 doivent avoir une bonne connexion réseau, au moins de l'ordre de 1 Gbits/sec avec les Tier1.

Les différents centres, selon leur niveau dans l'architecture de la grille de calcul, s'engagent par le biais de l'accord de collaboration ou MoU signé entre le CERN et les différentes institutions, notamment le CNRS/IN2P3 et le CEA/Irfu pour la France, et doivent impérativement fournir un certain nombre de services en plus de leur engagement à fournir des capacités de calcul et de stockage.



La capacité de calcul requise par les expériences atteint près de 100 000 CPU (des ordinateurs les plus puissants de nos jours) et un stockage de l'ordre de 15 PetaOctets par an, soit l'équivalent de 20 millions de CD empilés.

L'accord de collaboration (WLCG MoU) inclus aussi un management centralisé au CERN, son organisation est illustrée par le schéma en Fig.10.



Fig. 10 : Organisation administrative et managériale de la collaboration W-LCG

La France héberge l'un des 11 centres Tier1 de l'organisation W-LCG, au centre de calcul de l'IN2P3 (CNRS) situé à Villeurbanne dans la région Lyonnaise, voir la Fig.11. Elle héberge aussi plusieurs sites de niveau Tier2 et Tier3 (Ile-de-France, Clermont-Ferrand, Lyon, Nantes, Annecy, Grenoble, Strasbourg, Marseille).

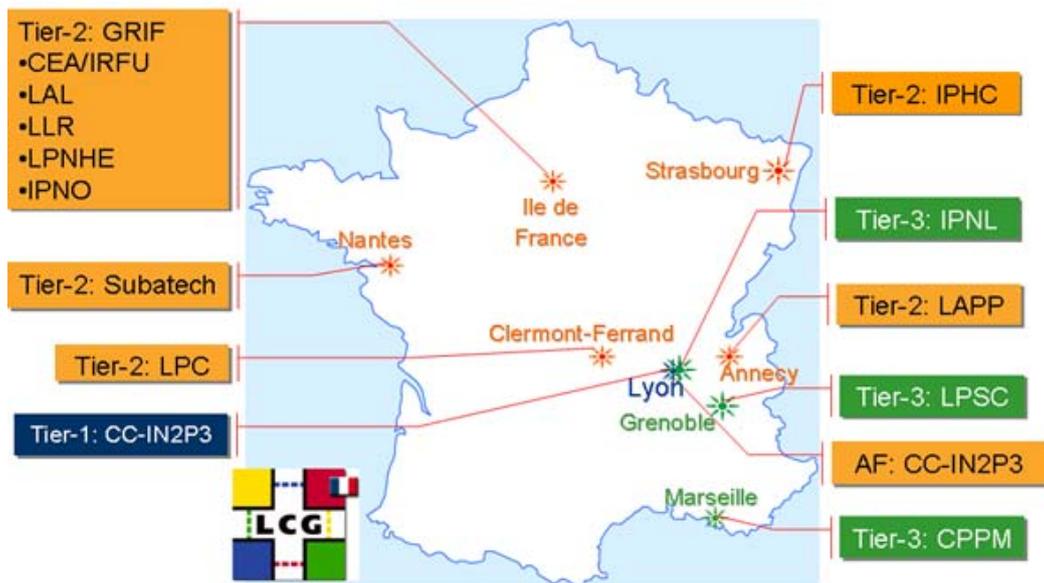


Fig. 11 : L'infrastructure LCG-France, en 2009

L'IN2P3/CNRS et le CEA/Irfu sont conjointement engagés dans le financement du Tier1 au CC-IN2P3 qui sert les quatre expériences LHC et dont la contribution à l'effort W-LCG Tier1 est voisine de 15%. Ceci concerne environ 360 chercheurs en France. A cela viennent s'ajouter une facilité d'analyse intégrée au CC-IN2P3, cinq centres Tier2 et trois Tier3 répartis sur la France, comme montrés plus haut, situés dans les laboratoires de l'IN2P3 et celui du CEA engagés dans les expériences LHC. La contribution globale de la France à l'effort W-LCG Tier2 est voisine de 10%. Cependant, il est important de noter que les utilisateurs des ressources françaises ne seront pas exclusivement français (ou de laboratoires français), tel qu'établi par l'accord de collaboration (W-LCG MoU)². Réciproquement, les chercheurs des laboratoires français ont accès aux ressources mondiales de LCG.

Les premières expériences de validation de la grille LCG ont été lancées en 2003. Un travail indispensable qui a « éprouvé », par des données de simulation, le logiciel des expériences et les capacités de gestion des diverses technologies de grilles associées au LHC. Ce type d'opération « d'épreuve par les données », « *data challenge* » en anglais, ont eu lieu très régulièrement avant la mise en service du LHC. D'autre part, une série de Service Challenge (SC) a démarré en 2005 et s'est poursuivi jusqu'en Janvier 2008. Ont pris le relai

² CERN-C-RRB-2005-01 : <http://lcg.web.cern.ch/LCG/MoU/Goettingen/MoU-Goettingen-18MAR09.pdf>

de ces divers tests, des exercices entrepris avec les données simulées ou acquises naturellement comme les rayons cosmiques et de manière concomitante avec les quatre expériences LHC en associant les sites Tier0, Tier1 et Tier2 de W-LCG. Ces exercices se sont déroulés dans un premier temps entre février et mai 2008 et ont permis de vérifier et de mesurer le degré de maturité et de disponibilité de l'infrastructure pour le démarrage du LHC et entre fin mai et mi-juin 2009, de manière intensive en testant la reconstruction des données dans les Tier1 et l'analyse des données dans les Tier2. Ce dernier exercice a permis d'identifier quelques points bloquants comme le « pre-staging », l'écriture sur bande et a évalué la capacité des Tier2 à être à la hauteur des exigences des scientifiques pour l'analyse des données.

Les deux figures ci-dessous, FIG.12, illustrent l'utilisation de la grille de calcul pour les expériences LHC. On peut voir que le record de plus de 500 000 tâches par jour est atteint et que l'activité de tous les sites a augmenté très fortement à partir de Janvier 2009.

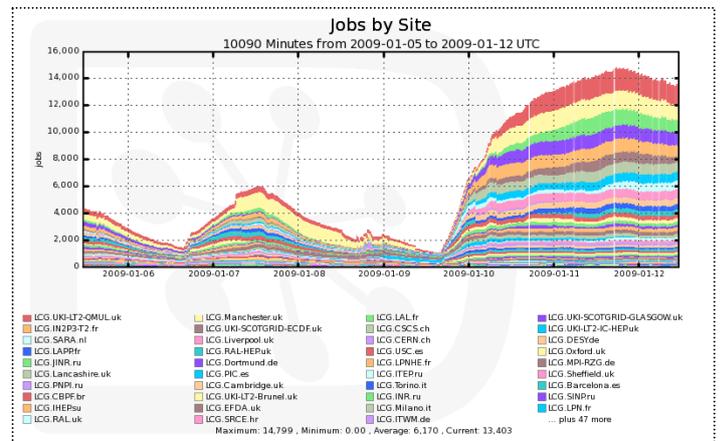
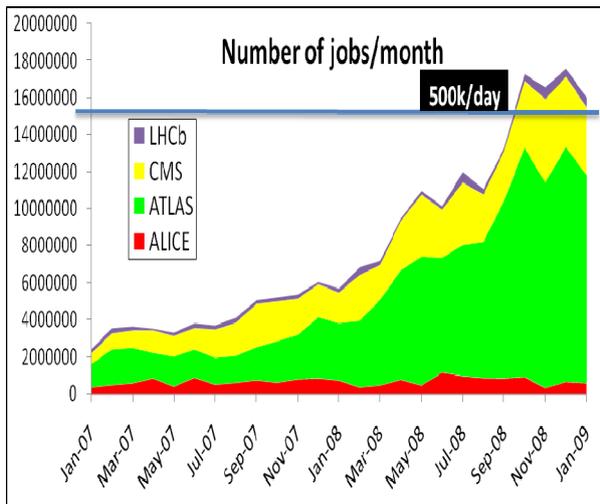


Fig. 12 : (à gauche) L'augmentation du nombre de tâches réalisées sur la grille de calcul par les 4 expériences LHC depuis Janvier 2007 et pendant 2 ans. (à droite) Illustration de l'augmentation du nombre de tâches réalisées sur la grille de calcul par site participant en l'espace d'une semaine en Janvier 2009.



15 Juillet 2009
FM-LPSC09



4 - LCG-France³ : le projet, son organisation

LCG-France est le partenaire français de W-LCG et a pour but premier de mettre en place le Tier1 au CC-IN2P3 et de fédérer les Tier2 et Tier3 de France pour que les données soient distribuées efficacement et afin que la contribution française aux expériences LHC soit la plus efficace possible en termes d'impact scientifique. Ce projet est né en 2004 et est dirigé par un responsable scientifique et un responsable technique. Le mandat des responsables est d'une durée de 4 ans renouvelable.

Depuis plus de 4 ans, le projet travaille en étroite collaboration avec les expériences et tient compte des changements ou modifications des modèles de calcul et des quantités de ressources qui, parfois, en fonction des tâches et tests à effectuer, peuvent doubler d'une année à l'autre. Depuis plus de 4 ans, le projet doit faire face à plusieurs défis : innover ou imaginer des solutions aux verrous technologiques pour pallier à la demande, trouver des solutions pour la mise à niveau des logiciels et surtout leur mise à l'échelle en fonction des ressources qui ne peuvent qu'augmenter, trouver les personnes compétentes et motivées pour participer et maintenir l'infrastructure d'une manière durable. D'autre part, la grille de calcul étant un ensemble de centres de calcul distribués, il est indispensable d'établir des relations soutenues et structurées avec les pays partenaires, c'est-à-dire une grande partie du monde. La gestion du projet est complexe car elle doit intégrer la dimension des relations internationales, l'administration avec diverses partenaires tels les régions, les départements, les établissements publics et privés.

Les responsables scientifique et technique du projet ont la charge de représenter la France aux diverses instances de W-LCG et en particulier au "Project Overview Board" qui se tient une fois tous les 2 mois ainsi qu'au « Computing Resource Review Board » du CERN qui se tient 2 fois par an.

Le statut et le périmètre d'action du projet sont décrits dans un document fondateur⁴ mis en place en 2004 à la genèse du projet. En 2007, un protocole d'accord entre les sites français a été proposé afin de mutualiser les compétences et aussi pour offrir des ressources communes à la France⁵. Le but étant bien entendu de favoriser le terrain de collaboration dans la communauté française, la rendre la plus visible et à la hauteur de l'ambition des scientifiques. Ce protocole prévoit aussi la gestion commune des ressources et par la-même un plan de partage globalisé des ressources budgétaires de LCG-France. Il prévoit aussi une réflexion sur les besoins en ressources humaines et émet des recommandations aux laboratoires en termes d'embauches par exemple. Cette collaboration entre sites impacte sur tous les laboratoires de l'IN2P3 et celui du CEA (irfu) qui sont impliqués dans les expériences LHC du CERN.

³ Le site Web du projet LCG-France : LCG-France : <http://lcf.in2p3.fr/>

⁴ <https://edms.in2p3.fr/document/I-003682/1>

⁵ <https://edms.in2p3.fr/document/I-011763/1>



15 Juillet 2009
FM-LPSC09



Le CC-IN2P3, et donc le Tier1, est la colonne vertébrale sur laquelle viennent s'appuyer tous les autres sites de plus petits niveaux. Il est en particulier en charge de la reconstruction des données brutes, de leur distribution et du stockage des données de simulation provenant des sites Tier2. Avec l'aide du responsable technique du projet et en collaboration avec les responsables nationaux des projets LHC-France, nous établissons la stratégie du projet, le planning budgétaire pluriannuel et l'évaluation du fonctionnement du Tier1 et du centre d'analyse.

Comme prévu par les statuts du projet, il existe depuis 2004 un comité de direction et un comité de pilotage présidé par le directeur scientifique de l'IN2P3. Les prévisions budgétaires, l'exécution du budget et les performances du projet sont discutés régulièrement.

Le projet LCG-France est, depuis plus de 4 ans, une vraie communauté qui a développée des réseaux de compétences.

5 - La dimension budgétaire et humaine : en préparation au démarrage du LHC

Le budget (matériel) de LCG-France est estimé à environ 5 M€ par an pour la partie Tier1 et le centre d'analyse situés au CC-IN2P3. Le CEA y contribue à hauteur de 12%. Ce budget (matériel) est augmenté de 1 M€ à partir de 2009 pour soutenir l'effort des centres Tier2 et Tier3 de France pour atteindre un niveau acceptable de performance. Grâce à ce budget, la France devrait pouvoir assurer le calcul des 4 expériences LHC, au Tier1, au centre d'analyse et aux Tier2 et Tier3, à hauteur de plus de 10% des ressources mondiales.

On peut observer dans le tableau Tab.1 la répartition des ressources CPU en unités KSI2K⁶, disque en unités TeraOctets et Stockage de masse en unités TeraOctets selon les expériences et conformément à ce qui a été convenu dans le cadre du MoU W-LCG. En 2009, on a atteint une capacité totale en CPU de l'ordre de 8000 KSI2K et 9 PetaOctet en disque et stockage de masse. On devrait atteindre en 2013, près de 30 000 KSI2K (~10 000 cœurs) en CPU et 50 PetaOctets de disque et stockage de masse.

En 2004, les ressources LCG au Tier1 atteignaient 20% des ressources (CPU, disque et stockage) du calcul total délivré par le CC-IN2P3 à toute la communauté. En 2009, elles atteignent près de 70% du centre.

A cela se rajoutent, en 2009, environ 4 000 KSI2K (1000 cœurs) de CPU pour l'analyse et près de 14 000 KSI2K (~3500 cœurs) en 2013 qui s'accompagnent de 1 PetaOctets en besoin disque, des accès rapide pour l'analyse.

⁶ 4 KSI2K = 1 processeur (1 cœur) des ordinateurs les plus performants de nos jours.

Tab. 1 : Ressources requises pour le Tier1 au CC-IN2P3
Conformément au MoU W-LCG

		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Alice	CPU [k SI2000]	840	1 592	2 115	3 050	3 970	5 157
	Disque [TB]	316	544	1 080	1 660	2 240	3 037
	Stockage [TB]	481	992	1 773	2 700	3 370	4 015
Atlas	CPU [k SI2000]	2 066	3 240	5 651	8 063	10 474	15 400
	Disque [TB]	1 133	2 244	4 502	6 504	8 408	13 200
	Stockage [TB]	877	1 704	3 272	5 301	7 477	8 910
CMS	CPU [k SI2000]	864	1 824	3 828	4 642	5 533	6 457
	Disque [TB]	648	1 067	1 765	2 223	2 693	3 163
	Stockage [TB]	882	1 650	2 552	3 553	4 532	5 401
LHCb	CPU [k SI2000]	481	1 342	1 847	2 200	2 483	2 765
	Disque [TB]	277	745	878	935	1 058	1 725
	Stockage [TB]	230	829	1 583	2 203	2 977	6 525
Σ Toutes Expériences	CPU [k SI2000]	4 251	7 998	13 441	17 955	22 460	29 779
	Disque [TB]	2 375	4 600	8 224	11 322	14 400	21 125
	Stockage [TB]	2 470	5 175	9 180	13 756	18 356	24 851

Cette demande en ressources a un coût qui est estimé par les modèles de coûts établis par la communauté en tenant compte de l'évolution technologique. Il est représenté dans le tableau Tab.2. Les années 2007, 2008 et 2009 ont doré et déjà été budgétisés, les années 2010 à 2013 représentent les prévisions. Au total, pour être à la hauteur requise par les expériences et répondre aux exigences de W-LCG, la France devrait pouvoir assumer un budget de l'ordre de 5 M€ par an entre 2010 et 2013.

La planification des ressources CPU, disque et stockage de masse ainsi que du budget sont pluriannuelles comme montré et sont difficilement modifiables. D'après le « MoU » de W-LCG, la disponibilité du hardware (matériel informatique) est due au 1^{er} avril de chaque année ce qui implique des achats en avance d'une année à l'autre. Ceci est pris en compte dans la planification pluriannuelle.

Tab. 2 : Budgets requis pour le Tier1 et AF au CC-IN2P3
Conformément au MoU W-LCG

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2007-2013
CPU	0,94	1,34	1,22	1,27	1,18	1,04	1,05	8,04 M€
Disque	1,23	1,82	1,67	1,57	1,35	1,54	1,94	11,12 M€
Stockage de masse	0,87	1,32	1,51	1,26	1,39	1,58	1,67	9,59 M€
Σ coût Equipment (acquisition + operation)	3,04 M€	4,48 M€	4,41 M€	4,10 M€	3,92 M€	4,15 M€	4,66 M€	28,75 M€
Contingences (15% du coût d'équipement)	0,46 M€	0,67 M€	0,66 M€	0,62 M€	0,59 M€	0,62 M€	0,70 M€	4,31 M€
Total Requis	3,49 M€	5,15 M€	5,07 M€	4,72 M€	4,51 M€	4,78 M€	5,36 M€	33,06 M€

La croissance de la capacité installée au CC-IN2P3 pour le Tier1 et le centre d'analyse est illustrée par le graphe en Fig.13. On peut constater que, hormis la forte croissance en 2008, due à la mise à disponibilité des capacités de calcul pour le démarrage prévu cette année là, on devrait prétendre à un budget stable et récurrent à partir de 2009.



Planned annual increase rate of the installed capacity
(Tier-1 + Analysis Facility)

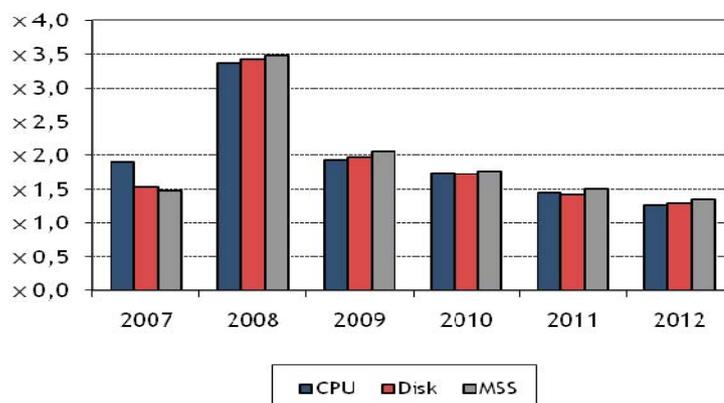


Fig. 13 : Croissance de la capacité installée au CC-IN2P3 pour le Tier1.



15 Juillet 2009
FM-LPSC09



Le Tier1 et le centre d'analyse au CC-IN2P3 occupent près de 35 ingénieurs (ETP) et environ 20 physiciens. Il est à noter que la ressource humaine qualifiée n'est pas facile à trouver. L'ensemble de la ressource humaine issue des laboratoires de recherche en faveur des Tier2 et Tier3 de France s'évalue à environ 30 ingénieurs (ETP). Au total, le projet LCG-France peut compter sur environ 65 ingénieurs en informatique et physiciens experts issus des laboratoires du CNRS et du CEA pour faire fonctionner et maintenir l'infrastructure à un bon niveau de production.

Ce projet est extrêmement complexe par son envergure géographique et par la difficulté de planification financière pluriannuelle (le CNRS fonctionnant sur une base annuelle comme l'exige la LOLF). Il est en particulier difficile d'évaluer la pérennité de l'infrastructure et surtout de sa mise à l'échelle au niveau logiciel par l'augmentation des ressources. Il est aussi extrêmement complexe d'envisager l'avenir technologique à long terme. La stratégie du projet se fait par extrapolation de l'évolution technologique constatée à un moment donné et cette stratégie doit être révisée fréquemment.

6- Conclusions

La communauté de physique subatomique bien que historiquement pionnière sur les grilles de production devrait connaître dans les prochaines années, avec le démarrage du LHC et les études poussées de faisabilité de l'ILC (projet d'accélérateur linéaire international), un accroissement continu des utilisateurs.

D'autre part, le pouvoir attractif d'une grille de production arrivée à maturation et permettant de mutualiser facilement des ressources va dynamiser les utilisateurs des disciplines connexes telles que l'astro-particule et la physique nucléaire. Globalement en 2012 nous escomptons que 85% des ressources de calcul dans notre vaste discipline seront utilisées au travers de la grille de production.

Dans le même laps de temps la communauté représentée par l'IN2P3 au CNRS et l'Irfu au CEA, dite HEP (environ 1000 chercheurs), passera de 45% d'utilisateurs de la grille actuellement à 65% soit un accroissement de 10% par an.

La Fig.14 illustre les cas d'utilisation de la grille de calcul pendant une année, toutes disciplines confondues (LHC, non LHC mais HEP et non HEP) de Mars 2008 jusqu'en Février 2009.

L'avènement de la grille de production comme un outil de référence pour de très grandes infrastructures de recherche comme le LHC aux très grandes constantes de temps, nécessite une pérennisation tant à l'échelle européenne que nationale.

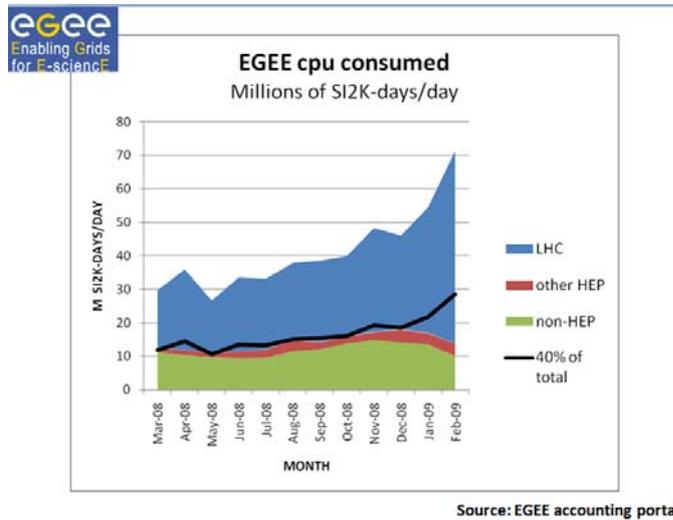


Fig. 14 : Cas d'utilisation de la grille de calcul pendant année (Mars 2008-Février 2009), toutes disciplines confondues.

L'effort entrepris jusque là pour mettre sur pied une grille de production en France doit être vigoureusement poursuivi avec une attention particulière pour les ressources dédiées au LHC afin de placer nos chercheurs dans une situation leur permettant de relever le défi de l'analyse des données du LHC dans un contexte de très forte compétition internationale. Les ressources LCG s'appuyant sur la grille EGEE, il est particulièrement important que la transition entre le projet EGEE qui se termine à l'hiver 2010 et la nouvelle infrastructure EGI (European Grid Initiative) qui devrait démarrer en 2010, soit transparente aux utilisateurs. Le projet EGI repose sur des initiatives nationales (NGI) dont l'Institut des Grilles du CNRS en est le représentant français. La transition d'EGEE-France vers l'Institut des Grilles du CNRS est programmée mais n'est, à ce jour, pas prête. Il y a donc quelques soucis de la part de la communauté française du LHC mais aussi de la collaboration W-LCG quant à la mise en place rapide et transparente de cette transition. Pour cette raison W-LCG et le CERN réfléchissent sur la mise en place de solutions « de secours ».

En France, les grilles de production sont devenues en quelques années un outil indispensable à la communauté nationale dans plusieurs domaines scientifiques très importants : physique subatomique, sciences du vivant, sciences de la planète principalement. Les grilles de production apparaissent très clairement comme la ressource informatique, complémentaire des grands supercalculateurs, qu'il faut mettre à la disposition du plus grand nombre.

La communauté de physique subatomique représente aujourd'hui 2/3 de l'utilisation totale des grilles mais ce chiffre devrait descendre à 50% si les autres disciplines continuent à s'impliquer autant que ces deux dernières années. Le besoin total pour la France peut être estimé à un environ 100 MSI2k (25 000 coeurs)⁶ et 75 PétaOctets de disque d'ici 2012⁷.

⁷ Rapport de prospective sur les grilles de production, Ministère de la recherche, 2008.