

Demande de création d'un Tier 2 à l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien (soumis à la réunion de direction LCG France du 2 Juin 2008)

Motivations :

Après avoir contribué à la construction des trajectographes des expériences CMS et ALICE, les groupes CMS et ALICE de l'IPHC se préparent activement à l'exploitation des premières données. Outre leurs responsabilités dans la phase de mise en route des détecteurs (*commissioning*), les chercheurs sont impliqués dans la mise au point des algorithmes de reconstruction des objets (jets de quark beau, lepton tau, flux de particules) dans CMS, reconstruction des hadrons étranges et des jets dans ALICE) et dans la préparation des études de physique : étude du quark top, recherche et mise en évidence de la supersymétrie pour CMS, recherche et étude du plasma de quarks et de gluons (PQG) pour ALICE. Une ferme de calcul de niveau 3 (*Tier 3*) intégrée à la Grille de calcul LCG (*LHC Computing Grid*) a été mise en place l'an dernier au laboratoire sur son budget propre. Exploité non seulement par CMS et ALICE, mais aussi par plusieurs autres groupes de l'IPHC, notamment pour la simulation de détecteurs, ce Tier 3 atteint maintenant ses limites. Le laboratoire a l'opportunité, grâce à la contribution de la région Alsace, d'accroître les ressources de calcul pour satisfaire aux exigences requises pour un Tier 2. Cette montée en puissance permettra non seulement d'améliorer les besoins des utilisateurs locaux, en préservant un Tier 3 local, mais aussi d'accroître la visibilité des équipes CMS et ALICE de l'IPHC dans leurs collaborations.

Implication de l'IPHC dans CMS et ALICE :

Le groupe CMS de l'IPHC est constitué de 8 chercheurs, 7 enseignant-chercheurs (3 ULP, 4 UHA), 1 postdoc et 3 doctorants. Il est impliqué dans plusieurs activités :

- Commissioning du trajectographe au silicium (*Tracker*) :
 - responsabilités au Cern sur le contrôle rapide de l'acquisition de données et sur la base de données en ligne du Tracker ;
 - développement et mise en place des outils pour visualiser les histogrammes de contrôle du Tracker (*historic Data Quality Monitoring*) ;
 - évaluation de l'efficacité de *tracking* avec les données réelles ($Z \rightarrow \mu\mu$, etc...).
- Identification des jets de quark beau (*b-tagging*) :
 - calibration de la signficance (IP/σ) du paramètre d'impact des traces ;
 - mesure de l'efficacité de *b-tagging* sur les données réelles à l'aide d'événements enrichis en jets $b \rightarrow \mu X$;
 - mesure de l'efficacité de mauvaise identification due aux jets de quarks légers et de gluons, à partir des traces reconstruites dans les données réelles multi-jets.
- Identification des leptons tau (*tau-id*) : plusieurs variables exploitant les propriétés de désintégrations hadroniques des taus sont appliquées à une méthode de maximum de vraisemblance.

- Méthode du flux de particules (*Particle Flow*) et résolution en énergie : l'utilisation combinée de tous les objets reconstruits dans CMS est exploitée pour optimiser la résolution en énergie des jets.
- Observation et mesure de la section efficace de production de paire de quarks top-antitop (*t \bar{t}*) dans le canal di-leptons : plusieurs critères de sélection et plusieurs scénarios sont envisagés pour mettre en évidence les premiers événements *t \bar{t}* dans CMS, puis mesurer leur section efficace. Ce programme de physique devrait se poursuivre par l'étude des propriétés de désintégration du top (couplage V-A, propriétés de spin).
- Recherche et mise en évidence de la supersymétrie, notamment dans les états finals avec des leptons taus.

Le groupe ALICE de l'IPHC est constitué de 3 chercheurs, 1 enseignant-chercheur ULP et 3 doctorants. Il est impliqué dans les activités suivantes :

- Commissioning du SSD (*Silicon Strip Detector*) :
Le groupe est impliqué dans la mise en œuvre et le fonctionnement du SSD qui constitue les deux couches externes du trajectographe interne d'ALICE. Il a la responsabilité du système de *slow control* du SSD et est également impliqué dans le développement et l'application des procédures de QA (*Quality Assurance*) du SSD. Le groupe participe à l'ensemble des tests effectués sur le SSD depuis plusieurs mois au moyen de rayons cosmiques.
- Reconstruction des objets physiques :
hadrons étranges : vertex secondaires (K_S^0 , Λ), cascades (Ξ , Ω) ; et jets.
- Etude du PQG par les hadrons étranges :
L'analyse de la composition chimique des événements (mesure des taux et des rapports de taux de production de particules identifiées) et l'extraction de la température et du potentiel chimique du système au moyen de modèles statistiques devraient permettre de distinguer plusieurs scénarios d'expansion du PQG.
- Etude du PQG par les jets :
Parallèlement, les mécanismes et étapes possibles d'hadronisation de ce système de partons déconfinés constituent un sujet essentiel qui est à rapprocher, d'une part, des phénomènes d'interactions multi-partons que l'on étudiera via l'éventuelle formation de hadrons par coalescence à impulsion transverse intermédiaire et, d'autre part, de la perte d'énergie des partons dans un milieu dense en gluons, i.e. les phénomènes de *jet-quenching*. Ces études nécessiteront d'une part la mesure des rapports de production entre baryons et mésons et d'autre part la mesure des fonctions de fragmentation des jets.
Il sera également primordial d'étudier l'influence de la propagation des jets sur le comportement de la matière traversée : son degré de thermalisation ou encore l'apparition de certains phénomènes prédits tels que la formation d'ondes de choc coniques qui pourraient nous donner un accès direct à la vitesse du son dans le milieu et donc à son équation d'état.

La Grille locale actuelle :

Le Tier 3 est connecté à la Grille LCG via le réseau national Renater et le réseau universitaire local Osiris. Ce dernier assure une bande passante de 1 Gb/s pour l'IPHC. Cette bande passante satisfait aux besoins et devrait également suffire pour le proche avenir. A plus long terme, une augmentation du débit d'Osiris est envisagée.

Actuellement la grille comporte une demi-douzaine de machines dites "de service" et 12 machines de calcul (ce sont des machines 1 U, une unité de hauteur en rack) bi-processeurs bi-cœurs totalisant 96 KSI2k (en unité standard des documents LCG). Les capacités de stockage consistent en 57 TB de disque dur (dont une vingtaine à disposition du groupe Agata du laboratoire) occupant 12 unités (12 U).

Les données de CMS et d'ALICE sont soit récupérées par Phedex via le Tier 1 du CCIN2P3, soit récupérées lors de la soumission de jobs extérieurs sur la Grille, soient créées localement, notamment par la production de simulations par Monte Carlo. Ces données sont également accessibles via la Grille pour des utilisateurs extérieurs.

Utilisation actuelle et à venir du Tier IPHC :

Dans CMS, le Tier IPHC est utilisé pour toutes les activités évoquées ci-dessus, mais notamment pour le b-tagging et la physique du top.

La calibration et la mesure de l'efficacité du b-tagging nécessitent de travailler sur un grand nombre de données multi-jets, actuellement disponibles sous forme de Monte-Carlo en format AOD (*Analysis Oriented Data*). Plusieurs millions d'événements QCD ont ainsi été rapatriés via Phedex sur nos disques, pour plusieurs versions de production des données, totalisant une quinzaine de TB. Ces données sont directement accessibles et analysées par la Grille, éventuellement pour créer des Root-Tuples de taille plus réduites et lisibles sur des PCs.

L'analyse des événements ttbar est plus complexe car elle s'inscrit dans un environnement (*Framework*) officiel de la collaboration (anciennement TQAF, maintenant appelé PAT). Des données brutes sont reconstruites puis filtrées aux Tiers 1 (en demandant 2 leptons reconstruits dans l'état final) avant d'être récupérées via Phedex. Ces données sont ensuite reconfigurées localement avec des couches d'information successives pour l'analyse ttbar. Environ 20 TB de signal et de bruit de fond ont ainsi été exploités, avec des pics d'utilisation, notamment lors de la finalisation récente d'un papier pour la mesure de la section efficace ttbar en di-leptons. Actuellement une simulation rapide d'événements QCD est en cours de production au Tier 3 afin d'affiner l'estimation du bruit de fond QCD pour le top. Environ 30 million d'événements QCD sont produits et reconstruits sur 70 kS12k pendant une vingtaine de jours. Ces données simulées intéressent directement le groupe top de CMS.

Enfin, ouvert à l'extérieur, plusieurs TB de disque ont également été utilisés récemment pour répartir des données CMS créées lors de l'exercice de production massive CCRC08.

Avec la mise en place d'un Tier 2, l'IPHC pourra accueillir officiellement des données pour les groupes de physique de CMS. Les engagements (*pledges*) déjà envisagés pour Octobre 2008 sont ainsi de 240 kS12k et 120 TB. Le CPU sera réparti pour moitié pour de la production Monte Carlo et pour moitié pour les analyses de physique. Le stockage sur disque dur sera essentiellement réparti entre les groupe de physique top, b-tagging et tau-id, ainsi que pour le commissioning.

Le groupe ALICE de l'IPHC utilise la grille depuis plusieurs mois pour la préparation à la physique de l'étrangeté, c'est-à-dire le développement et les tests des algorithmes de reconstruction et d'analyse des vertex secondaires (particules Λ et K^0_s) et des cascades (particules Ξ et Ω).

Le traitement des données brutes commence par l'étape de reconstruction aboutissant aux ESD (*Event Summary Data*) et se poursuit par l'étape d'analyse opérant sur les AOD. Ainsi, dans un premier temps, les algorithmes de reconstruction des vertex secondaires et des cascades ont été développés et étudiés au moyen de données simulées avec les générateurs Pythia et Hijing (*Physics Data Challenges* PDC06-07-08). Dans un deuxième temps, les codes d'analyses permettant de traiter ces vertex secondaires ont été mis en place, optimisés, testés et finalisés sur ces mêmes données simulées. Ceci a été réalisé non seulement sur la grille mais également sur un regroupement d'ordinateurs dédié au calcul parallèle et localisé au Cern (CAF : *Cern Analysis Facility*).

L'étape ultime consiste à insérer ces codes dans un train d'analyse qui sera piloté de manière centrale (analyse organisée), optimisant ainsi l'accès aux données distribuées sur les différents sites de stockage. Cette insertion, qui nécessite là encore de nombreux tests sur la grille est en cours.

Les études des variations d'efficacité et de pureté en fonction des sélections topologiques et cinématiques appliquées sur les vertex secondaires constituent une grande partie des évaluations effectuées sur ces données simulées: elles sont à la base des développements actuels des outils de corrections d'acceptance et d'efficacité. Néanmoins, une fois les premières collisions enregistrées, il sera indispensable de réitérer ces études en incluant alors des procédures d'injection de données simulées dans les données réelles : de telles méthodes permettront de déduire les efficacités rendant le plus fidèlement compte des propriétés des événements obtenus.

En ce qui concerne la reconstruction des jets, l'insertion des informations provenant du calorimètre électromagnétique d'ALICE est en cours, de même que le développement d'un code de corrélations azimutales à deux particules. Ces codes sont également évalués au moyen de CAF et sur la grille.

D'autres groupes de l'IPHC (CMOS, NEMO, AGATA, RAMSES, IMABIO) utilisent également la grille locale, notamment pour la simulation de détecteurs avec GEANT4 ou pour le stockage de données.

Répartition des ressources entre les groupes :

Environ 10% des ressources sont réservées au Tier 3 pour les besoins locaux, incluant CMS, ALICE et les autres groupes de l'IPHC.

Les 90% restants constituent le Tier 2 proprement dit dont la répartition CMS / ALICE sera environ de 75% / 25% en fonction des demandes à pourvoir.

Investissement d'infrastructure de grille à l'IPHC :

Afin de préparer et accompagner l'achat de nouveau matériel informatique, des travaux d'infrastructure sont nécessaires au laboratoire.

Phase 1 : 2008

Cette phase a déjà été réalisée du 5 au 7 Mai dernier. Elle a consisté à agrandir la salle informatique pour passer de 64 m² à 94 m² aux dépens d'un local attenant qui servait d'atelier informatique et de stockage. Il convenait de mettre aux normes principalement le local servant d'atelier. La réalisation s'est faite en deux parties, la première consistait en divers travaux préalables sans conséquence sur le fonctionnement de l'informatique. La deuxième partie a nécessité un arrêt total de la salle informatique. En raison de l'ampleur des travaux et pour minimiser la durée de l'arrêt il a été nécessaire de faire travailler de nuit certains corps de métiers. Cela a permis de réaliser ces travaux en trois jours.

Durant la même période on a mis en place le système de climatisation pour irriguer l'ensemble des baies informatiques climatisées. Le groupe froid de 100 kW a été installé sur le toit du bâtiment. Le fonctionnement de la climatisation est dit à "voie sèche" donc sans risque de légionellose.

La puissance électrique actuellement disponible est suffisante pour accueillir en 2008 les 60 premiers serveurs de calcul.

Phase 2: 2009

Les travaux d'infrastructure se cantonneront à l'augmentation de la puissance électrique dans la salle informatique et à l'installation d'un onduleur de 120 kVA dans le sous-sol du bâtiment, à cause du poids des batteries (2500 kg / m²).

Phase 3 : 2010

En raison de l'intérêt névralgique de la salle informatique, un système d'extinction automatique d'incendie devra être installé. Il permettra de "noyer" d'un gaz inerte l'ensemble de la salle. Le gaz sera non destructif sur le matériel et sans conséquence sur les personnes.

Extension vers un Tier 2 :

L'augmentation des ressources prévues à partir de 2008 prend en compte l'augmentation de la luminosité et du nombre de collisions à enregistrer au LHC.

Nous utilisons le modèle d'évolution des coûts pour le calcul (€/ kSI2k) et le stockage (€/ TB) préconisé par LCG France (cf. <https://edms.in2p3.fr/document/I-013175/1>). Nous supposons également que la densité de calcul et de stockage (kSI2k / U et TB / U) double tous les 2 ans environ. Ces hypothèses sont résumées dans le tableau ci-dessous.

année	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CALCUL (€/ kSI2k)	0.26	0.17	0.12	0.08	0.07	0.05
kSI2k / U	8	8	11.3	16	22.6	32
DISQUE (€/ TB)	1.12	0.70	0.48	0.34	0.28	0.22
TB / U	8	8	11.3	16	22.6	32

Montant total du projet :

Pour le calcul du coût global Tier 2 + Tier 3, nous estimons à 200 k€ par an environ l'investissement nécessaire pour acheter du CPU et du disque, auquel s'ajoutent les frais d'infrastructure. A partir de 2010, il faudra sans doute remplacer chaque année les machines de calcul et les disques achetés 3 ans auparavant. Nous avons également réparti le calcul et le disque de manière à atteindre 4 kSI2k / TB dès 2009, en accord avec les spécifications de CMS. Le montant du projet est résumé par année dans les tableaux suivants, d'abord pour le calcul, puis pour le disque et pour l'infrastructure.

année	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CALCUL	kSI2k U	kSI2k U	kSI2k U	kSI2k U	kSI2k U	kSI2k U
Ajout		344 43	890 78	990 62	1110 49	1820 57
Total	96 12	440 55	1330 133	2220 183	2990 190	3920 168
Coût par an (k€)	30	70	140	110	100	120

année	2007	2008	2009	2010	2011	2012
DISQUE	TB U	TB U	TB U	TB U	TB U	TB U
Ajout		170 21	120 11	260 16	370 16	350 11
Total	40+17 12	210 33	330 44	550 48	750 43	980 44
Coût par an (k€)	45	130	60	90	100	80

année	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Infra-structure	installation	extension salle, clim.	onduleur	sécurité incendie		
Coût par an (k€)	10	80	50	60		

année	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Coût total par an (k€)	85	280	250	260	200	200

Il faut y ajouter des frais supplémentaires pour la maintenance des infrastructures et la consommation électrique qui, pour 2010, sont estimés à environ 45 k€.

Personnel technique :

Il est constitué de 3 ingénieurs (Y. Patois, E. Kieffer et J-P. Froberger) totalisant environ 2.2 FTE pour la maintenance et le développement de la Grille locale.

Un autre ingénieur, N. Rudolf, supervise les aspects réseaux et de réalisation des infrastructures.

Un concours IR à l'automne permettra à un nouvel ingénieur grille de rejoindre le groupe de l'IPHC en fin d'année. Un total de 3 ingénieurs FTE sur la grille permettra ainsi d'assurer les tâches de service et de développement du Tier 2.

Conclusion :

La présente demande de création d'un Tier 2 est réalisable dans la limite du budget de l'IPHC et grâce à l'aide du Contrat de Projet État Région. Elle satisfait aux critères des collaborations CMS et ALICE, renforcera significativement l'impact des groupes de l'IPHC dans ces collaborations et permettra également à d'autres groupes du laboratoire de disposer de facilités de calcul conséquentes. De nouvelles collaborations sur le campus sont également envisageables.