

Inventaire des activités instrumentales envisagées dans le Calorimètre à Tuiles de Super-ATLAS (ATLAS au Super LHC)

Séminaire technique du LPC
14 octobre 2008
François Vazeille

- Le quatrième exposé sur la contribution possible du LPC au SLHC
 - Réunion de prospective pour les Services techniques à la réunion d'Olloix (1^{er} juillet 2005, Intervention orale de FV).
 - Séminaire au LPC (7 juillet 2006, FV),
suite à une réunion IN2P3/CEA "R&D pour ATLAS au SLHC" (7 juin 2006).
 - Exposé lors de l'AG à Saint-Flour (14 décembre 2007, Fabrice Podlyski).
- Respect de l'engagement de l'équipe ATLAS du LPC de ne prendre aucune décision avant le démarrage du LHC.
 - Le moment est venu d'envisager le futur,
avec des échéances à très court terme et moyen terme:
 - Demande commune LHC/LPC à la Région (< fin 2008) **REJETEE PAR LPC**
 - Décision sur la contribution (début 2009), après accord des instances officielles (Conseil scientifique, Conseil de labo, IN2P3...).

- Le SLHC: c'est quoi?
- Le SLHC: pourquoi?
- Le SLHC: comment et quel calendrier?
- Le SLHC:
 - Quel impact global sur les expériences?
 - Quelle est la position du CERN?
 - Quel impact sur ATLAS?
- Le point sur le Calorimètre à Tuiles.
- Quels choix et quel calendrier pour le LPC?
- Conclusions.

Le SLHC: c'est quoi?

C'est multiplier par 10 la Luminosité du LHC (notée \mathcal{L})
→ Avoir 10 fois plus de collisions.
... et peut-être mieux encore que la Luminosité...

\mathcal{L} est proportionnelle aux nombres de protons I_1 et I_2 de chaque faisceau
et inversement proportionnelle à la taille D du faisceau

$$\mathcal{L} \propto \frac{I_1 I_2}{D}$$

Le nombre d'événements N enregistrés/seconde
pour un canal de physique donné est directement lié à \mathcal{L} :

$$N = \mathcal{L} \times \sigma$$

σ est la section efficace du canal (exprimée en cm^2)
en gros: la probabilité de production.
 \mathcal{L} s'exprime en $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$

Si \mathcal{L} est multipliée par 10, N est multiplié par 10

*En fait, le LHC va évoluer progressivement vers le SLHC, et très tôt,
et surtout dans la période 2012-2017.*

Le SLHC: pourquoi?

Pour les besoins de la Physique!

3 intérêts majeurs:

1. Améliorer la précision sur des mesures effectuées au LHC

Tout résultat est sous la forme: $R \pm \Delta R(\text{Statistique}) \pm \Delta R(\text{Systématique})$

↑
Nombre
d'événements

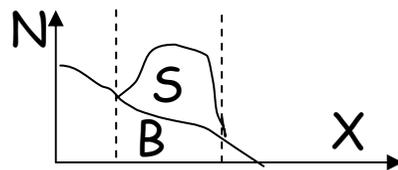
↑
Appareillage et/ou
méthode

SLHC \Rightarrow Diminuer $\Delta R(\text{Stat})$ Garder aussi bon $\Delta R(\text{Syst})$

$$\frac{\Delta R(\text{Stat})}{R} \propto \frac{1}{\sqrt{N}}$$

Dispositif aussi bon

2. Augmenter le potentiel de découverte



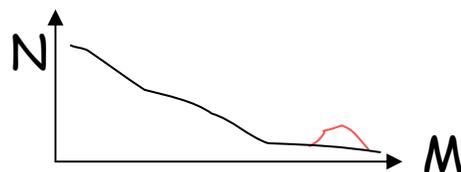
Surface S: Signal
Surface B: Bruit de fond

$$\text{"Significance"} = \frac{S}{\sqrt{B}} \geq 5$$

pour une découverte,
sinon on parle d'"évidence".

La signification varie comme $\sqrt{N} \Rightarrow$ Facteur de gain de 3.3 au SLHC.

3. Produire et examiner des masses plus élevées



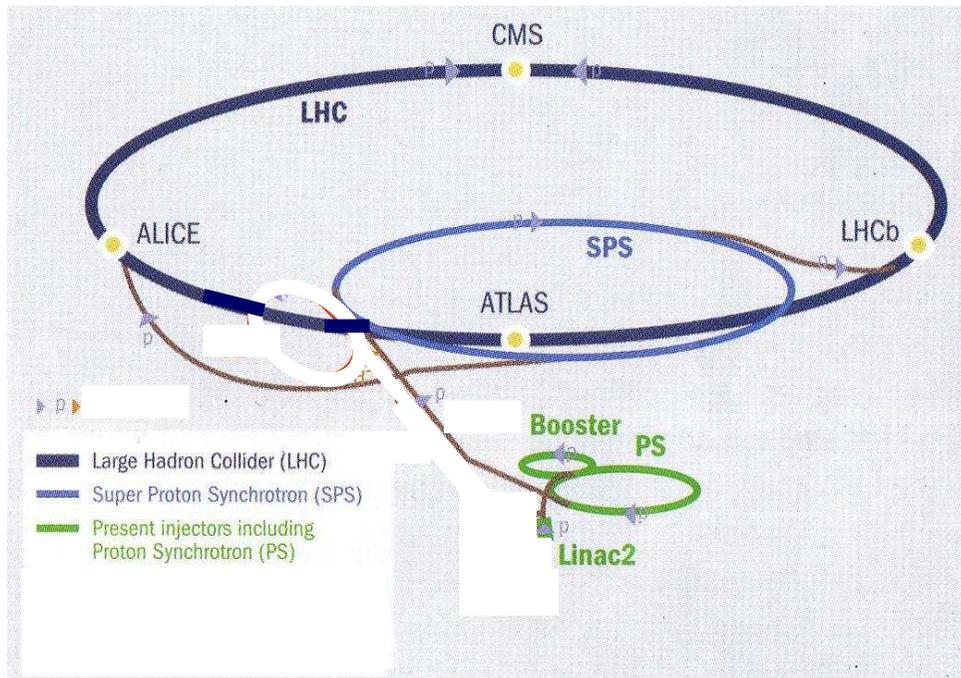
$p \rightarrow$ énergie $\leftarrow p$

donc de la masse \Rightarrow observation de masses non visibles
au LHC.

Le SLHC: comment et quel calendrier?

Curiosité que nous allons découvrir:
l'évolution vers SLHC ... touche peu le LHC

Le LHC "aujourd'hui" pour les protons



Energies:
5 machines en chaîne

LINAC2 → 50 MeV

Booster → 1.4 GeV

PS → 25 GeV

SPS → 450 GeV

LHC → 7 TeV

Luminosité nominale
Pour CMS et ATLAS:

→ $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Le SLHC "demain" pour les protons

$$\mathcal{L} \propto \frac{I_1 I_2}{D}$$

- Augmenter le nombre de protons I_1 et I_2
← Amélioration de la chaîne d'injection
(Certains éléments datent de ... 1959!)
- Réduire la taille D des faisceaux aux points de collision
← Amélioration de la collimation.

Opération en 3 temps:

1. Remplacement du LINAC2 par LINAC4
Utilisation de H^- (moins dilués que H^+)

→ 160 MeV and $\mathcal{L} \times 2$

Echéance: **Commissioning en 2012**

2. Nouveaux aimants triplets focalisateurs
+ améliorations annexes aux points de col.

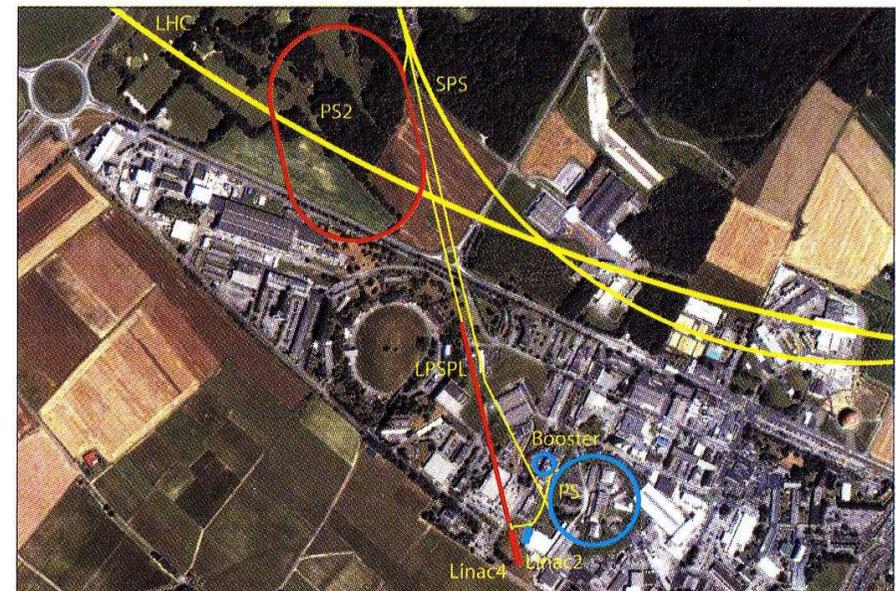
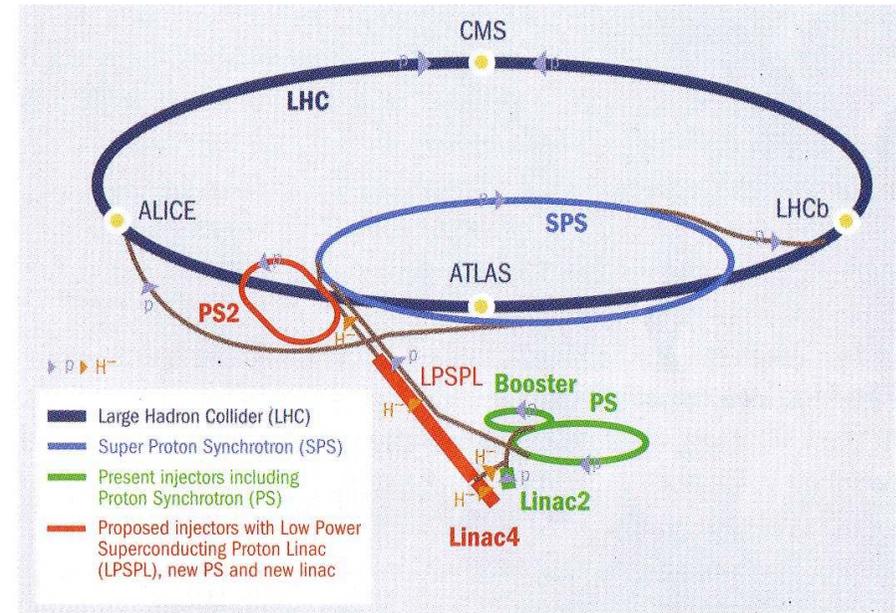
→ $\mathcal{L} \times 2$

Echéance: **Avant "run" de physique de 2013**

3. Extension du LINAC4 en LPSPL → 4 GeV
(Low Power Superconducting Proton Linac)
+ nouveau Synchrotron PS2 → 50 GeV

→ $\mathcal{L} \times 2.5$

Echéance: **2017**



- Phase 1 (2012-21013): un petit et graduel "upgrade" x 2 or x 4
- Phase 2 (2015-2017): grand "upgrade" x 2.5

Certains "upgrades" pour LHC bénéficieront à d'autres types de physique:
Isolde ou Eurisol, Neutrinos...

Energie →

↓ Ordre des machines

LINAC2 → 50 MeV	LINAC4 → 160 MeV	
Booster → 1.4 GeV	LPSPL → 4 GeV	
PS → 25 GeV	PS2 → 50 GeV	
SPS → 450 GeV	SPS inchangé	
LHC → 7 TeV	SLHC focalisation	

$\mathcal{L} \times 10$

SLHC: "Superluminosity" LHC

- Phase 1 (2012-21013): un petit et graduel "upgrade" x 2 or x 4
- Phase 2 (2015-2017): grand "upgrade" x 2.5
- Phase 2' (?): "upgrade" du LPSPL → SPL (Multi-MW beam power)
concerne moins le LHC

Energie →

↓ Ordre des machines

LINAC2 → 50 MeV	LINAC4 → 160 MeV	
Booster → 1.4 GeV	LPSPL → 4 GeV	SPL
PS → 25 GeV	PS2 → 50 GeV	
SPS → 450 GeV	SPS inchangé	
LHC → 7 TeV	SLHC focalisation	

$\mathcal{L} \times 10$

SLHC: "Superluminosity" LHC

Le SLHC:

- Quel impact global sur les expériences?
- Quelle est la position du CERN?
- Quel impact sur ATLAS?

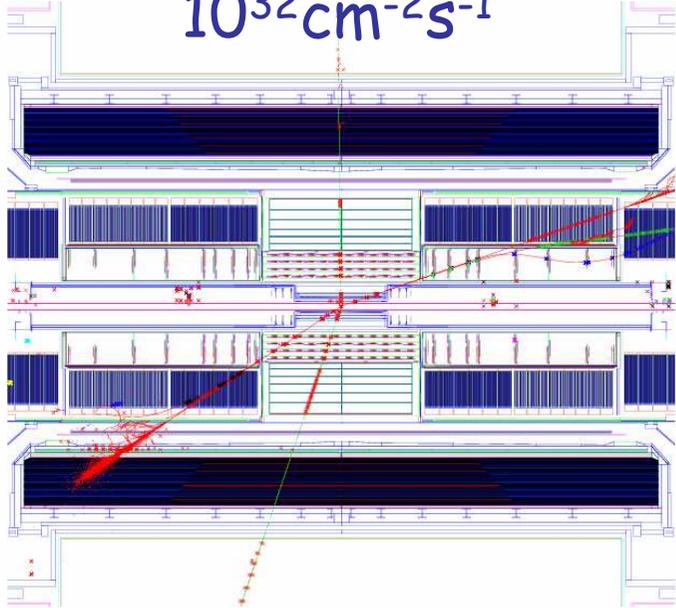
Quel impact global sur les expériences?

Fortes augmentations des taux de comptage et des radiations/Prévisions au LHC
... le LHC ayant été prévu pour 10 ans à pleine Luminosité.

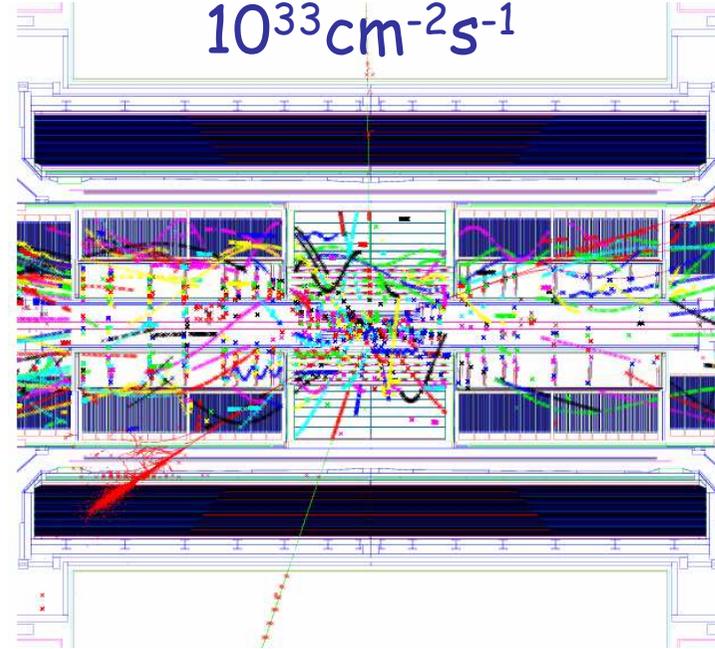
- **Détecteurs à revoir.**
 - Forte augmentation des **taux d'occupation** des cellules de lecture.
 - Forte augmentation de l'**empilement**: passage de 20 à 400 événements par croisement des paquets de protons (*voir 2 exemples pages suivantes*).
 - **Radiations** supérieures aux spécifications de nombreuses cartes électroniques.
 - **Schémas des Triggers** et de **l'acquisition des données à revoir.**
 - **Éléments du tuyau faisceau et des blindages à revoir.**
- + Nombreux composants électroniques ou informatiques (et autres) "**fatigués**"
par le LHC ou même **obsolètes**
et **progrès technologiques/époque de la conception des appareillages.**

H (300 GeV) \rightarrow ZZ \rightarrow $\mu\mu ee$ + minbias evts

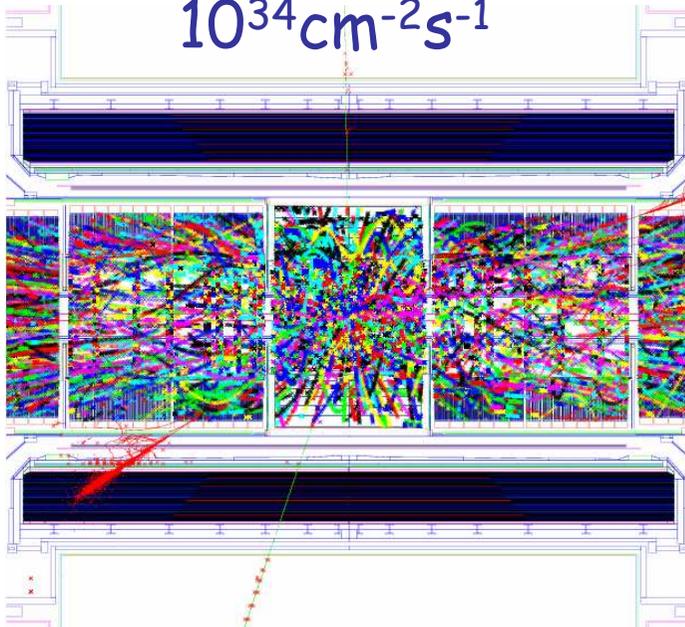
$10^{32} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$



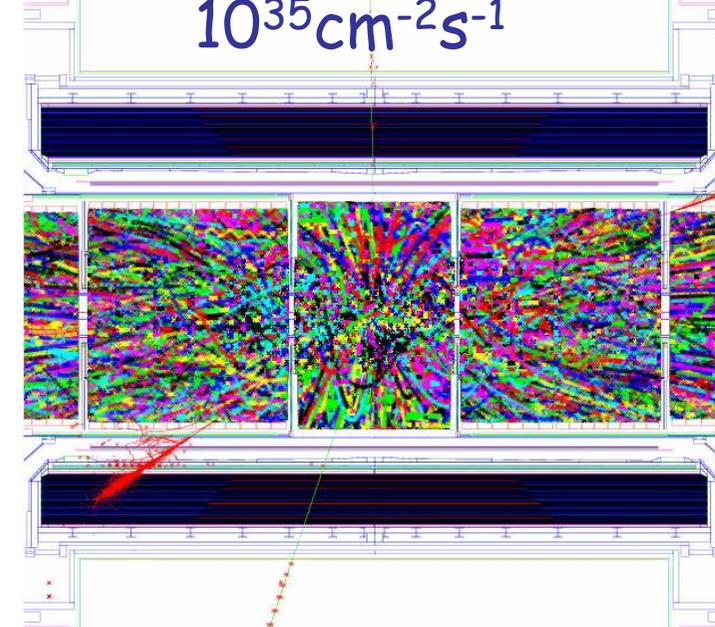
$10^{33} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$



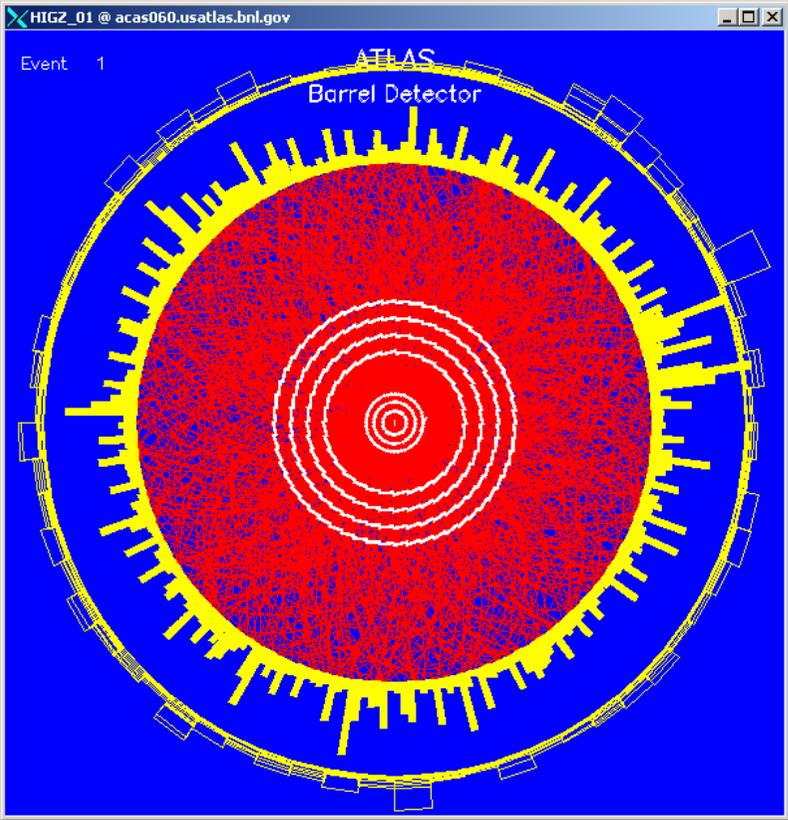
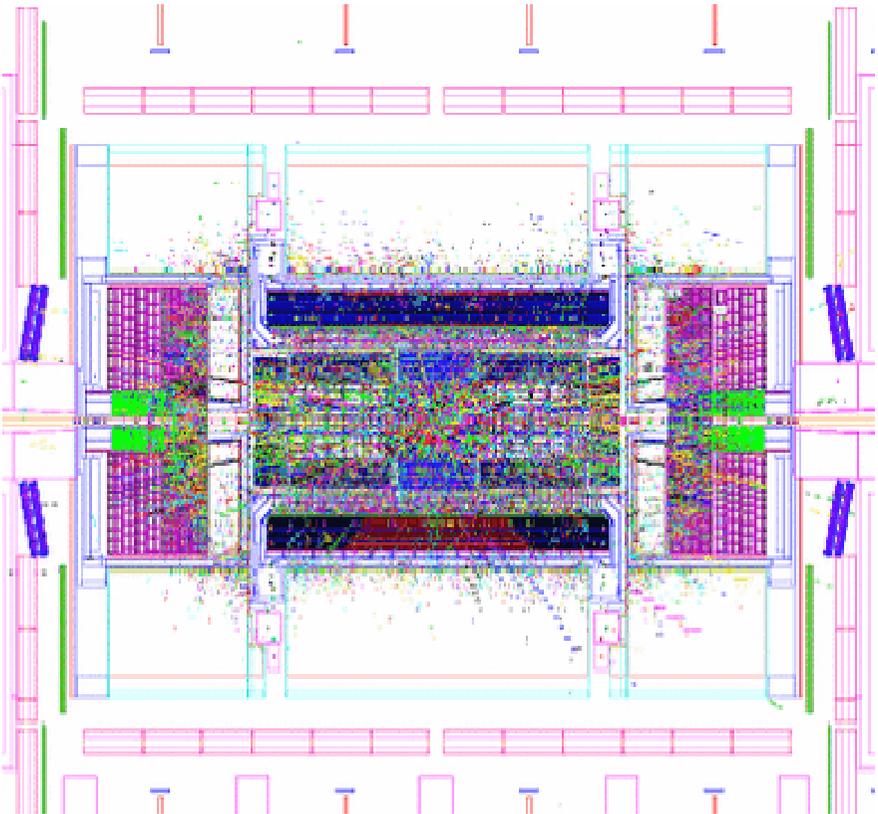
$10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$



$10^{35} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$



Tout venant



Quelle est la position du CERN?

Après plusieurs années d'investigations plus ou moins officielles, au CERN et dans les expériences (LPC Clermont-Ferrand présent depuis ...)
→ 2 dates clefs:

- **Juillet 2006**: Stratégie officielle de l'Europe "European Strategy for Particle Physics" adoptée à l'unanimité par le Conseil du CERN.
- **9 avril 2008**: Coup-d'envoi officiel de la R&D ("SLHC kick-off meeting") s'intégrant dans la Phase préparatoire de l'upgrade du LHC (SLHC-PP project) CERN + Europe + Instituts extérieurs (USA...)
⇒ Grande réunion publique au CERN.

Voir Courrier du CERN de Juillet/aout 2008:

"The Super-LHC is on the starting blocks"

« Alors que la planète entière a les yeux rivés sur les faisceaux du LHC et les collisions à venir, les travaux préparatoires de l'étape suivante, le Super LHC (SLHC) ont déjà commencé...

Le remplacement de plusieurs accélérateurs de la chaîne d'injection et des améliorations des régions d'interactions du LHC ainsi que des détecteurs ATLAS et CMS. »

- Le premier objectif est l'approbation du projet SLHC **en 2011**.
- Définition de 8 "Work Packages" avec échéances et livraisons ("Deliverable")

Work Package No	Work Package Title	Type of Activity	Leading beneficiary No	Person-months	Start month	End month
WP1	SLHC-PP project management	MGT	1	42	M1	M36
WP2	Coordination for the SLHC accelerator implementation	COORD	1	48	M1	M36
WP3	Coordination for the S-ATLAS experiment implementation	COORD	1	102	M1	M36
WP4	Coordination for the CMS2 experiment implementation	COORD	1	90	M1	M36
WP5	Radiation protection and safety issues for accelerator and experiments	SUPP	1	116	M1	M36
WP6	Development of Nb-Ti quadrupole magnet prototype	RTD	1	187	M1	M36
WP7	Development of critical components for the injectors	RTD	1	181	M1	M36
WP8	Tracking detector power distribution	RTD	14	183	M1	M36
TOTAL				949		

S-ATLAS et CMS2 sont prioritaires

Pourquoi? { - Besoins de la physique.
 - Les 2 seuls expériences travaillant au LHC à pleine Luminosité et tout le temps (mis à part l'arrêt hivernal).

- Signification des 2 "Work-Packages"

- Un calendrier sur 3 ans pour fournir les documents habituels:

- . LoI (Letter of Intent) → Lettre d'intention.
- . TDR (Technical Design Report) → Document technique.
- . Initial MoU (Initial Memorandum of Understanding)
→ Partage des tâches et responsabilités.

- Modifier les perspectives initiales:

passer d'une durée de vie de 10 ans LHC → projet au-delà de 202(n)
dans des conditions plus difficiles (Radiations et autres).

- Trouver de nouvelles ressources (Manpower et finances).

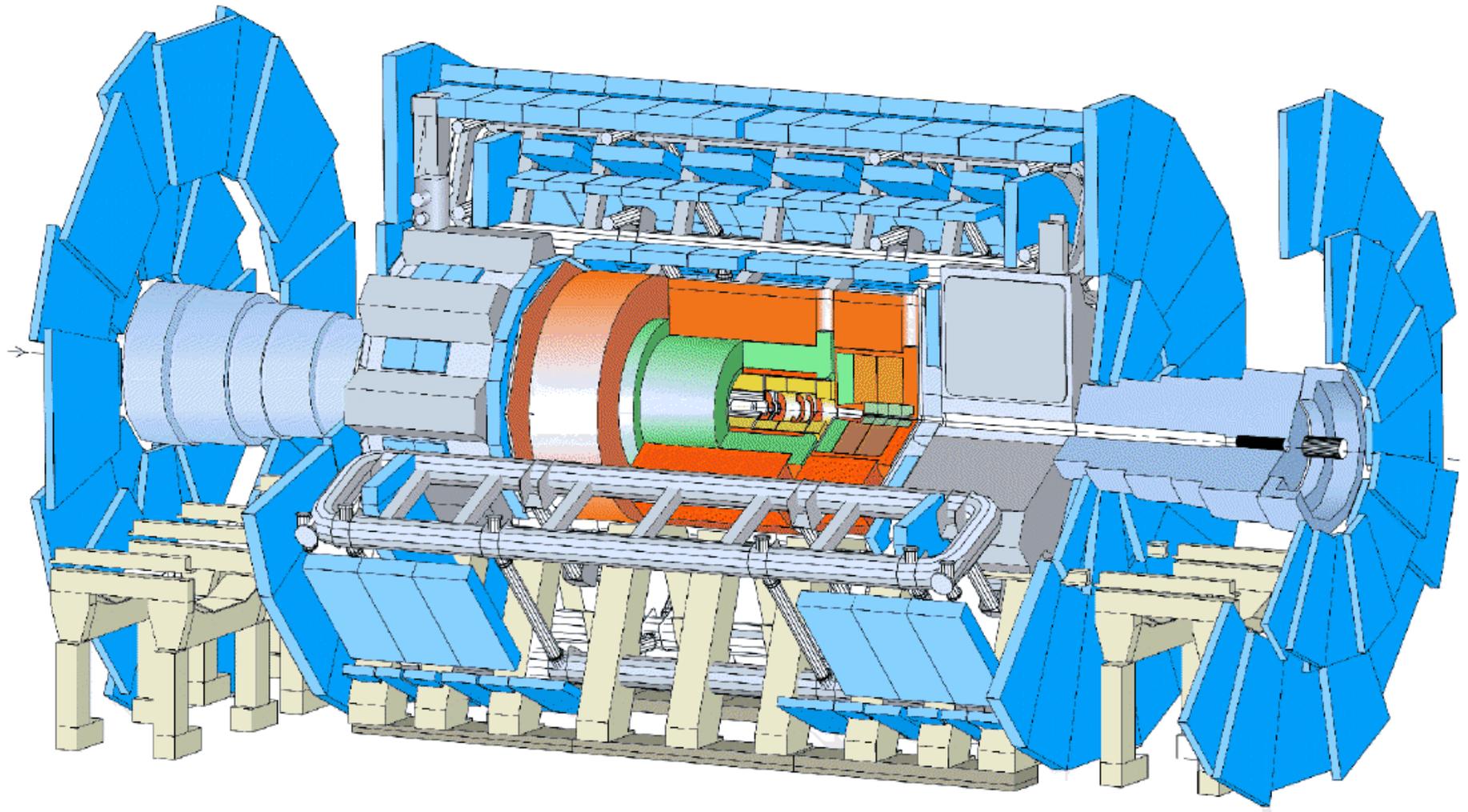
- Procéder à des "upgrades" substantiels (Trajectographes internes en premier).

Phase 1: certains sous-détecteurs pourront être conservés,
mais dans ATLAS la première couche de Pixels sera changée (c'était prévu).

Phase 2: c'est pire!

Toutes les parties internes CMS et ATLAS à changer,
et d'autres choses encore.

→ Prévission d'un long arrêt (shut down) de 18 mois (1 année sans faisceau):
ATLAS et CMS doivent s'accorder sur la date ~2015.



Quel impact global sur ATLAS?

- Nouvelle organisation propre au SLHC: **tous les Instituts ne participent pas.**

- ATLAS standard et Super-ATLAS
- "Upgrade Steering Groups" **USG** (Groupes de direction pour SLHC) pour chaque système.

→ Le Tilecal est en est un bon exemple (*voir plus loin*)

- **Respect de phases successives:**

R&D → Approbation USG → Aperçu → Prototypes → Construction

→ FDR ("Final Design Report") et présérie → PRR et production en série

→ Et enfin Intégration et installation dans ATLAS

- Nombreuses R&D soumises:

Chambres à muons de divers types, Calorimétrie Argon liquide, Blindages et radiations, Triggers et DAQ, Détecteurs internes...

Et déjà 2 EoI (Expressions of Interest):

- Trigger EoI

- Tilecal EoI (Avec le LPC Clermont-Ferrand) → *voir plus loin* particulièrement appréciée par les instances du CERN, mais qui recommandent des discussions communes Tuiles/Argon/Trigger.

- Un calendrier global

2009: LoI ("Letter of Intent") Super-ATLAS
TDR pour le remplacement de la couche interne des Pixels
(IBL: "Insertable B-layer")

2010: TP ATLAS ("Technical Proposal")

2011: TDR ATLAS ("Technical Design Report")

Fin 2012: Changements Phase 1

Fin 2016: Changements Phase 2

- Quelle participation IN2P3 ... à ce jour?

- Avec des financements IN2P3: tous les labos ATLAS ... sauf Clermont-Fd.

- Des actions bien définies sur les Pixels:
Marseille, Paris-6-7, Annecy, Orsay

- Des actions sur le Calorimètre Argon liquide: communauté Argon IN2P3
et autres sur électronique en général (Orsay)

- Sans financement ... par choix jusqu'au démarrage du LHC: Clermont-Fd.

Le point sur le Calorimètre à Tuiles.

- Nombreuses réunions depuis 2004, avec participation LPC (Dominique Pallin 2004-2005, FV depuis 2005).

→ La première EoI: des évolutions à l'upgrade SLHC

	Expression of Interest: R&D on Tile Calorimeter Electronics for the sLHC		
<i>ATLAS Upgrade Document No:</i>	<i>Institute Document No.</i>	<i>Created: 15/04/2008</i>	<i>Page: 1 of 8</i>
		<i>Modified: 16/05/2008</i>	<i>Rev. No.: 1.94</i>

Abstract

The increased radiation levels expected at the sLHC will exceed the levels for which many Tile Calorimeter electronics components were designed. In this Expression of Interest we outline the R&D necessary to replace those components, as well as to accommodate the changes in architecture and core infrastructure systems likely to be required by modifications in the LAr and TDAQ systems. It appears likely that a large part of the readout electronics for the Tile Calorimeter will need to be redesigned and replaced.

Contact Person: Lawrence Price (lprice@anl.gov)

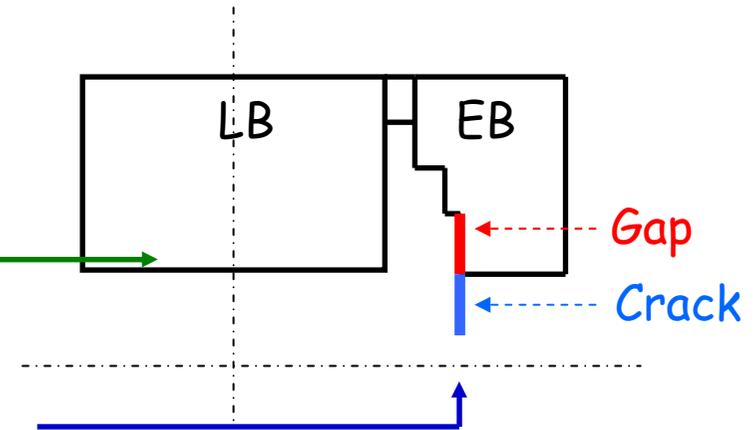
⇒ Actions majeures sur l'électronique.

Remarque: l'évolution du Laser est traitée ... pour ceux qui l'ignorent!

- Détecteur: remplacements mineurs de l'optique

- Le Détecteur peut survivre → fin SLHC même si la première couche de Tuiles perdra 50-65% de sa lumière.

- Les scintillateurs "Cracks" (peut-être "Gaps") devront être changés tous les 5 ans.



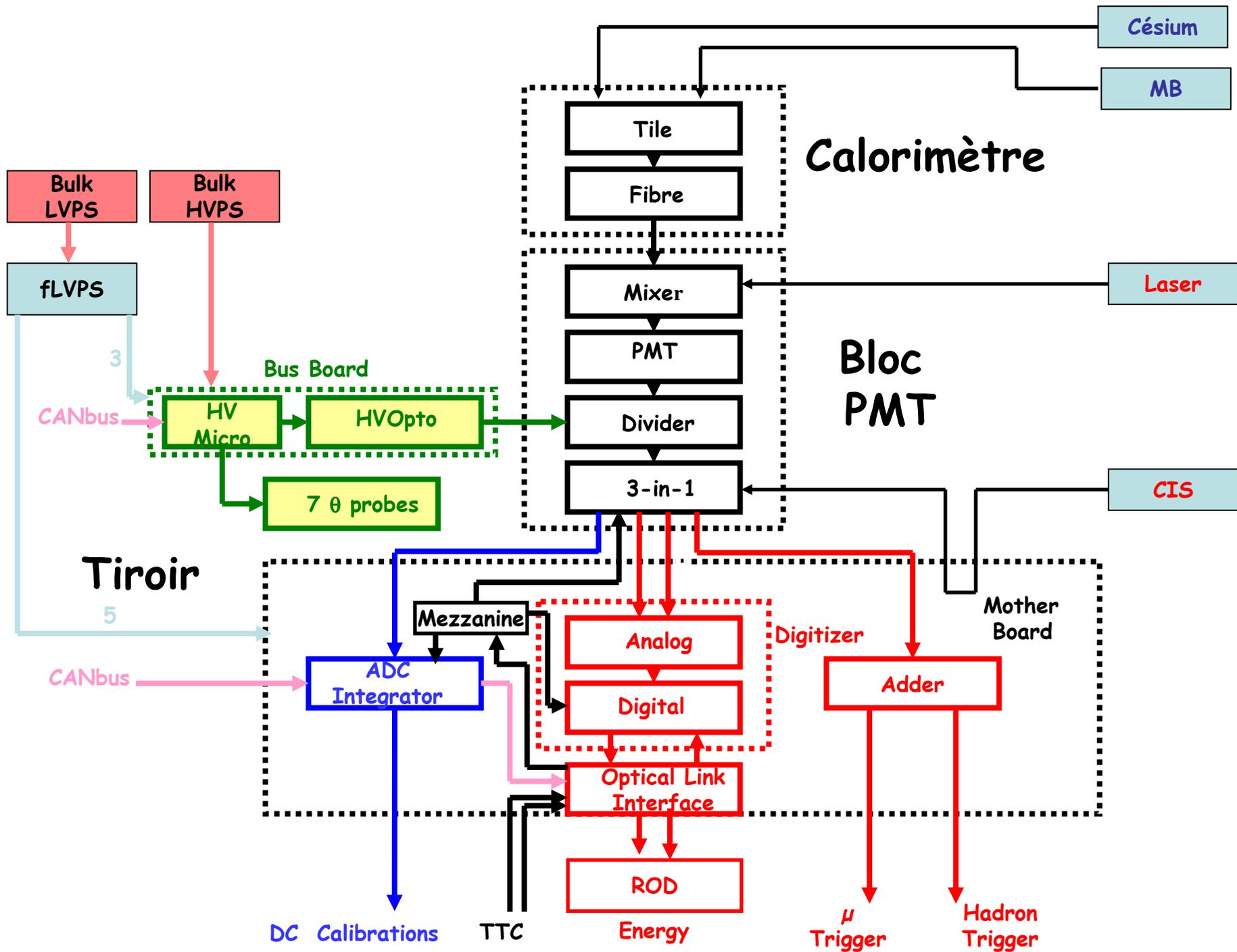
- Changements majeurs sur l'électronique Front End et Back End

- Electronique Front End:

- ◆ Les Tiroirs

- Radiations induites au SLHC.
- Obsolescence de nombreux éléments.
- Nouvelle approche du Trigger avec Argon liquide:
 - Trigger actuel analogique imposé par Argon liquide... alors que le Tilecal a une digitisation in-situ!
 - Changement d'attitude de la Communauté Argon vers un Trigger digital: → Possibilité d'un Trigger digital complètement déporté (Back end).
- Meilleure connaissance des défauts de la conception actuelle, et une intégration plus compacte (moins de cartes et de connecteurs).

- ◆ Les Alimentations Basses Tensions dans les Fingers: les radiations et autres.



- Electronique Back End

En relation avec les communautés Argon et Trigger, et même DAQ et DCS

- Les RODs ("Read Out Drivers").
- Le projet GBT ("Gigabit transceiver").
- Les liens optiques.

• Nombreuses R&D programmées

- Optique: tests de radiation et vieillissement

- Guides de lumière et PMTs.

- Electronique

- Optimisation de la linéarité des PMTS avec nouveaux Ponts Diviseurs en raison de l'empilement.
- Laisser les Digitizeurs dans les Tiroirs et migrer pipeline et Trigger dans le Back end.
- GBT et liens optiques ultra rapides pour remplacer TTC, CANbus et DAQ readout.
- Comment traiter les Hautes Tensions?
- Revoir les Basses Tensions Finger.
- Revoir l'architecture ROD.

- Mécanique: Comparer les options Tiroirs/Mini-Tiroirs.

- Organisation et calendrier

- Nombre d'Instituts Tilecal manifestant de l'intérêt: 18 sur 22
+ 1 nouveau.

- Tilecal USG ("Upgrade Steering Group")
 - Christian Bohm (Stockholm)
 - Larry Price (Argonne)
 - Juan Valls Ferrer (Valence)
 - François Vazeille (Clermont-Ferrand)

- Calendrier Tilecal:

- Cet après-midi, 16h : réunion téléphonique Tuiles/Argon/Trigger pour préparer le Workshop commun au CERN des 13-14 novembre 2008.
 - 2 autres réunions du même type ou élargies prévues en 2009.
 - 2 ans de R&D à partir de maintenant: Octobre 2008-Octobre 2010
 - Prototypes
 - Planning de production

en accord avec calendrier global ATLAS:

2009: LoI

2010: TP

...

Quels choix et quel calendrier pour le LPC?

- Premières réflexions ... et décisions

Le choix raisonné de l'équipe ATLAS du LPC de ne prendre aucune décision avant le démarrage du LHC

→ A fermé toutes les portes d'accès à d'autres sous-détecteurs que le Tilecal.

⇒ 3 décisions à prendre "maintenant":

1. Le LPC veut-il participer à de l'instrumentation pour S-ATLAS?

2. Le LPC veut-il rester parmi les 19 Instituts qui veulent contribuer au Tilecal?

3. Si oui, est-il prêt à rentabiliser plutôt ses compétences sur le Tilecal?

- Dans l'inventaire (succinct dans cet exposé) des possibilités, que voudrait-on faire ... et ne pas faire? ⇒ Nouvelles décisions sans tarder.

◆ NE PAS FAIRE

- Assembler de nouveau des Tiroirs à Clermont-Ferrand.
- Dépendre d'une quinzaine d'autres laboratoires.

Laser et MobiDICK mis à part:
Consomment peu de physiciens

◆ REGARDER LES PISTES SUIVANTES

- Le Laser 2 et son environnement.

⇒ Travaux d'optique, de mécanique, d'électronique, d'informatique on-line.

- Les mini-Tiroirs?

Nous sommes quelques-uns au LPC à être hostiles à cette solution, mais si elle était retenue:

pourquoi pas en fabriquer assez pour lancer l'opération (une centaine) les autres étant coupés en deux.

⇒ Travaux de mécanique + bien entendu MobiDICK et al.

- Les Ponts Diviseurs: exploiter la solution avec transistors sur les dernières dynodes → conserver les performances des PMTs (Linéarité sur toute la dynamique).

⇒ Travaux d'électronique, de mécanique et info. on-line (Banc Test à rénover), + tests de radiation.

- Les Hautes Tensions: où les placer?

• Encore dans les Tiroirs?

• Dans la salle d'électronique: cartes actuelles ... mais câbles à "faire tirer."

⇒ Travaux d'électronique, de mécanique (un peu), d'informatique on-line.

- Et la nouvelle électronique des Tiroirs ou en dehors:

N'y aurait-il pas de la place pour de la belle micro-électronique analogique et digitale?

- Quel calendrier pour le LPC?

Cela dépend bien entendu des choix que NOUS
(Physiciens et Services techniques)
ferons!

Il y a cependant des dates déjà connues:

- 4 Novembre 2008: CSP sur Laser 2.

- 12 décembre 2008: Conseil scientifique dédié aux expériences LHC et à ILC.

Pour l'équipe ATLAS, le Super-ATLAS sera évoqué.

- Après? Selon l'accueil de nos propositions au LPC et au CS,
nous nous tournerons vers l'IN2P3,
en espérant de ne pas revivre les années 1993-2000.

⇒ Si l'accueil est positif (avec en plus des recrutements à la mesure des enjeux:
notre calendrier sera celui d'ATLAS et de Super-ATLAS
⇒ La meilleure physique jusqu'à l'année 202(n)
avec $n \geq 5$

Conclusions

1. D'abord une page d'histoire

- **Mars 1984**: conférence de Lausanne
Alors que Le LEP n'est pas encore en fonctionnement
→ Premières études pour un futur LHC.
- **Décembre 1989**: Collège de France puis LPC Clermont-Ferrand
→ Premières discussions en vue de proto-collaborations
- Puis Aix-la Chapelle (1990), Evian (1992), décision du Conseil du CERN (1994)...
- 1993-1994: Défense du Tilecal pour ATLAS par LPC Clermont-Fd.
- Etc....

*Que de critiques, d'obstacles (nationaux et même locaux):
« Le CERN, ou nous, faisons n'importe quoi »
« Nous sommes des mauvais français: des traitres! »...*

*Aujourd'hui encore, préparer le SLHC est considéré ici ou là
comme un mauvais message vis-à-vis des autorités locales!*

Remarque: Histoire assez voisine de notre Grille de calcul issue d'une initiative locale.

2. Le LHC a démarré,
il y a des soucis techniques logiques.

⇒ Il est considéré par les plus grands physiciens comme étant la première machine, dans l'histoire, promise aux plus grandes découvertes.

⇒ Nous y sommes et comme nous couvrons tous les champs scientifiques, par notre présence dans ALICE, LHCb et ATLAS, aucune grande découverte ne nous échappera.

3. Le Super-LHC est presque sur les rails:

La décision officielle sera prise en 2011, et l'échéancier est bien établi, avec comme toujours des retards éventuels.

4. En fait, il commence maintenant

← La Luminosité va croître progressivement au LHC, puis progresser encore pour aboutir au facteur 10 du SLHC.

5. Il est même envisagé de doubler l'énergie avec le DLHC.

⇒ De la Physique unique bien au-delà de 2025!

6. Qu'allons-nous faire au LPC de Clermont-Ferrand?

⇒ 4 décisions à prendre "maintenant":

1. Le LPC veut-il participer à de l'instrumentation pour S-ATLAS?
2. Le LPC veut-il rester parmi les 19 Instituts qui veulent contribuer au Tilecal?
3. Si oui, est-il prêt à rentabiliser plutôt ses compétences sur le Tilecal?
4. Sommes-nous retenir tout ou partie des propositions issues de l'inventaire, y compris une participation (nouvelle) au read-out
à travers de la micro-électronique?

- La R&D va couvrir 2008-2009: il y a au moins 2 urgences
 - **Le Laser 2**
 - **Les Ponts Diviseurs** (Notre expert n'est pas là pour toujours).
- Nous devons examiner également tout le reste.

*Ma position personnelle: anticiper LHC comme nous l'avons fait,
et maintenant anticiper SLHC sont des attitudes responsables:
Je ne retiens pas le discours inverse.*