

LHC Physics: P2IO Projects

from LHC analyses to new developments in theory and detectors



Frédéric Déliot
CEA-Saclay

Journée annuelle du Labex P2IO
3 Novembre 2014

LHC



- Run 1 (2011-2012):
 - 7 - 8 TeV, 5 - 21 fb⁻¹
- Run 2 (2015-2018):
 - 13 TeV, ~ 100 fb⁻¹ attendu
- physique au LHC:
 - au coeur des activités des laboratoires de P2IO
 - support P2IO depuis l'analyse de données jusqu'aux nouveaux développements en théorie et détection

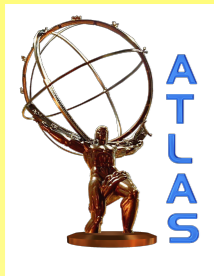
L'analyse de données

- ATLAS

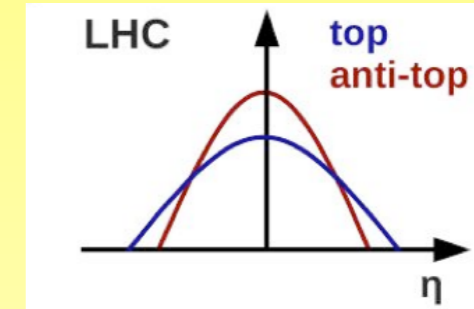
- 2012-2014: mesure de l'asymétrie de charge et de la polarisation des quarks top

- CMS

- 2013-2015: mesure de la parité et des couplages du boson de Higgs dans le canal diphoton



Mesure de l'asymétrie de charge des quarks top



- **asymétrie de charge top-antitop**

→ QCD prédit que les quarks top sont plutôt émis à l'avant/arrière et les antitops plutôt centraux au LHC

→ plusieurs mesures de cette asymétrie au Tevatron étaient plus grandes que les prédictions QCD

- **mesure de l'asymétrie $t\bar{t}$ dans le canal dileptonique dans ATLAS à 7 TeV**

→ asymétries $t\bar{t}$ (nécessite la reconstruction de l'état final) ou à partir des leptons provenant de la désintégration du top (asymétrie diluée)

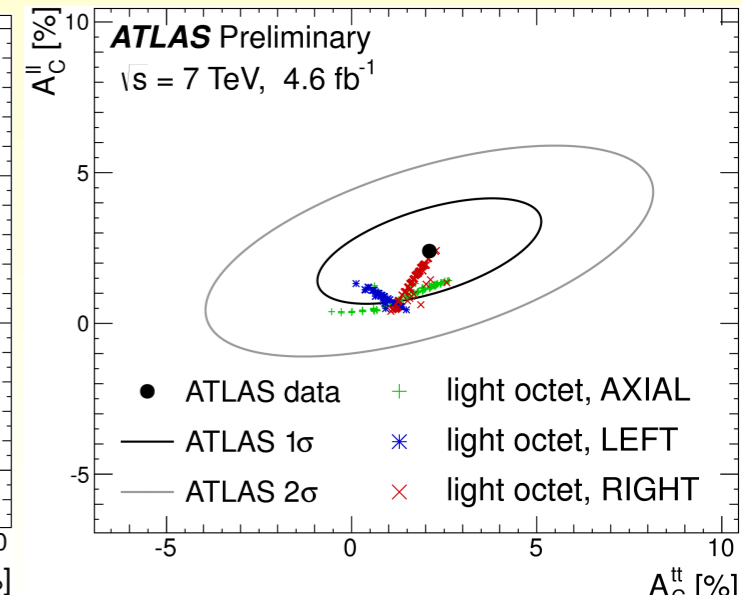
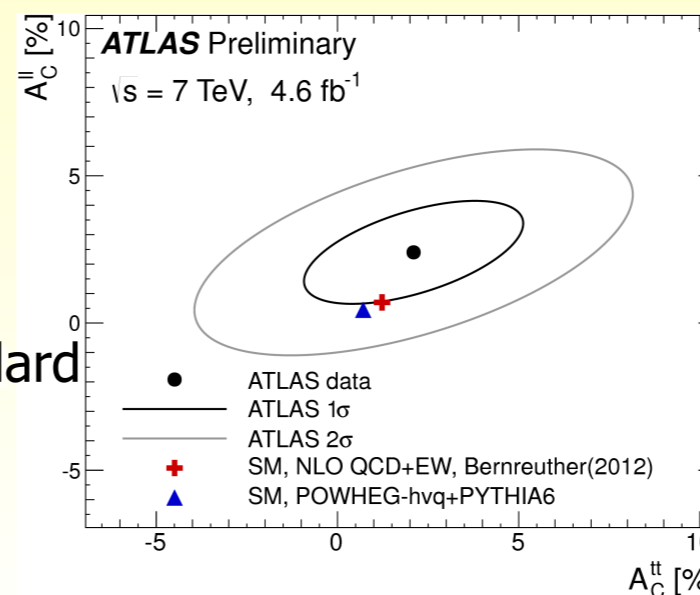
→ « unfolding » des distributions reconstruites pour obtenir les informations partoniques à comparer avec les prédictions théoriques

- **résultat:**

→ première mesure en 2D au LHC

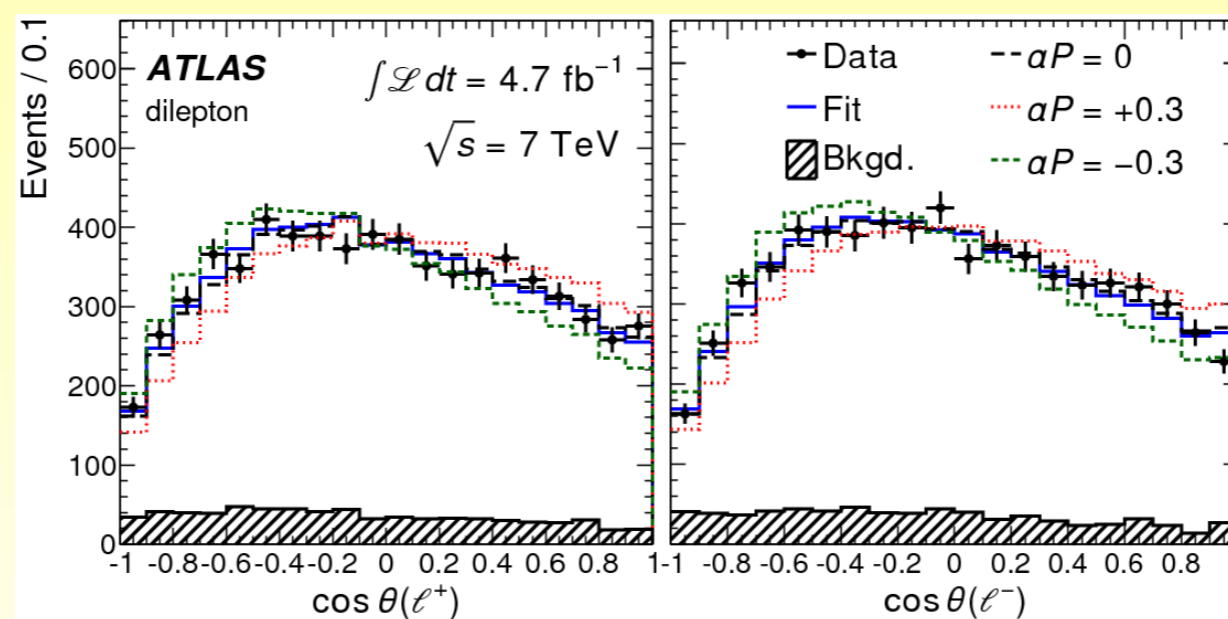
→ limité par l'erreur statistique

→ en accord avec les prédictions du modèle standard



Mesure de la polarisation des quarks top

- polarisation du quark top
 - dans le modèle standard, le quark top est produit avec une polarisation presque nulle
 - des modèles qui peuvent expliquer une grande asymétrie au Tevatron peuvent aussi induire une polarisation pour le quark top
- mesure de la polarisation du quark top dans ATLAS à 7 TeV
 - fit de la distribution d'angle polaire des produits de désintégration du quark top
 - première mesure au LHC : polarisation mesurée compatible avec 0



PRL 111, 232002 (2013)

- apports de P2IO
 - travail en collaboration entre expérimentateurs et théoriciens (Saclay-LPT)
 - visibilité des expérimentateurs sur les sujets « chauds »



Mesure de la parité et des couplages du boson de Higgs dans le canal diphoton



- boson de Higgs:

- découvert en 2012, highlight du Run 1 du LHC

- but important du Run 2: mesure de ses propriétés pour établir la nature de cette nouvelle particule

- mesure des couplages du boson de Higgs au W et au Z dans CMS

- utilisation du mécanisme de fusion de bosons vecteurs (VBF)

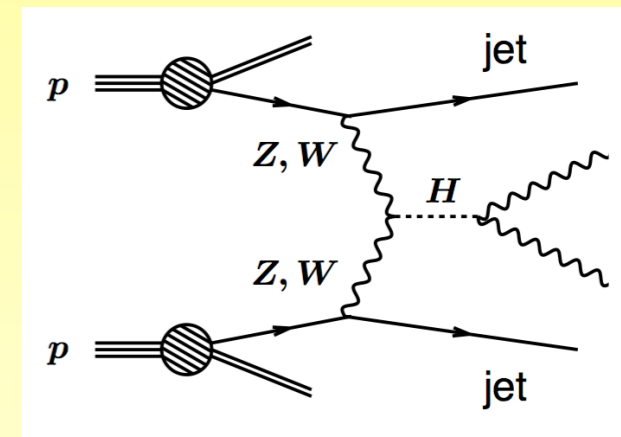
- recherche du boson de Higgs se désintégrant en deux photons:

- faible rapport d'embranchement, signature claire

- étude de sensibilité à 8 TeV:

- fit d'un likelihood pour séparer le signal du bruit de fond et les différentes

- hypothèses de parité du boson de Higgs

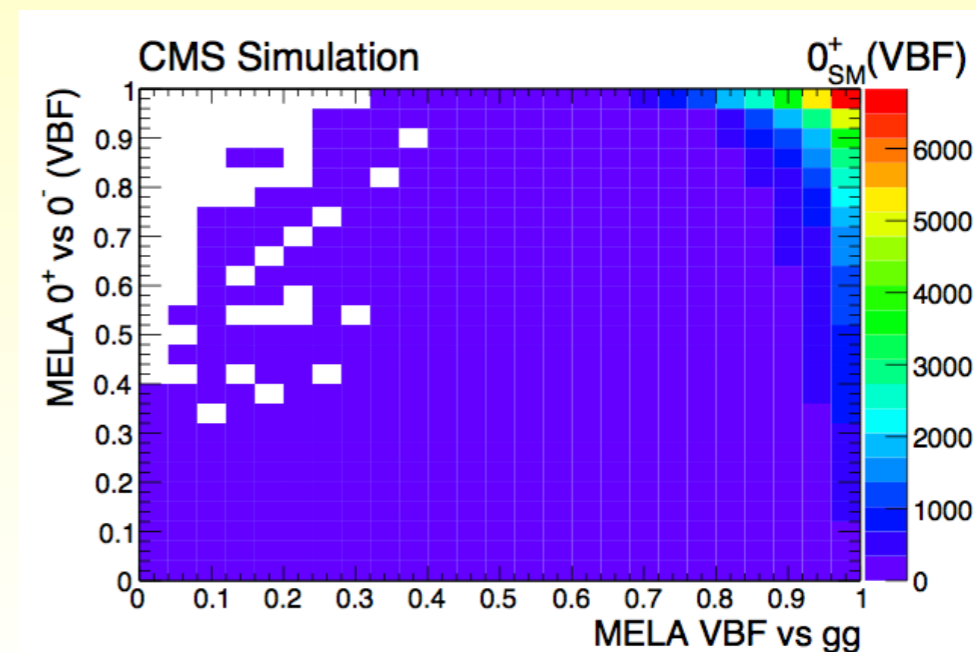


- apports de P2IO

- nouvelle analyse dans CMS complémentaire au

- canal $H \rightarrow ZZ$

- visibilité des expérimentateurs sur les sujets « chauds »



Nouveau développement théorique

- LPT-Orsay
 - 2012-2014: le problème du boson de Higgs localisé sur une brane

Le problème du boson de Higgs localisé sur une brane

- le problème de hiérarchie

- Le boson de Higgs a été découvert mais le mécanisme de brisure de la symétrie électrofaible reste à comprendre: échelle électrofaible \ll échelle de Planck, hiérarchie de la masse des fermions
- plusieurs modèles pour expliquer ces faiblesses dont les modèles de dimensions supplémentaires

- implication des modèles de dimensions supplémentaires sur la physique du Higgs

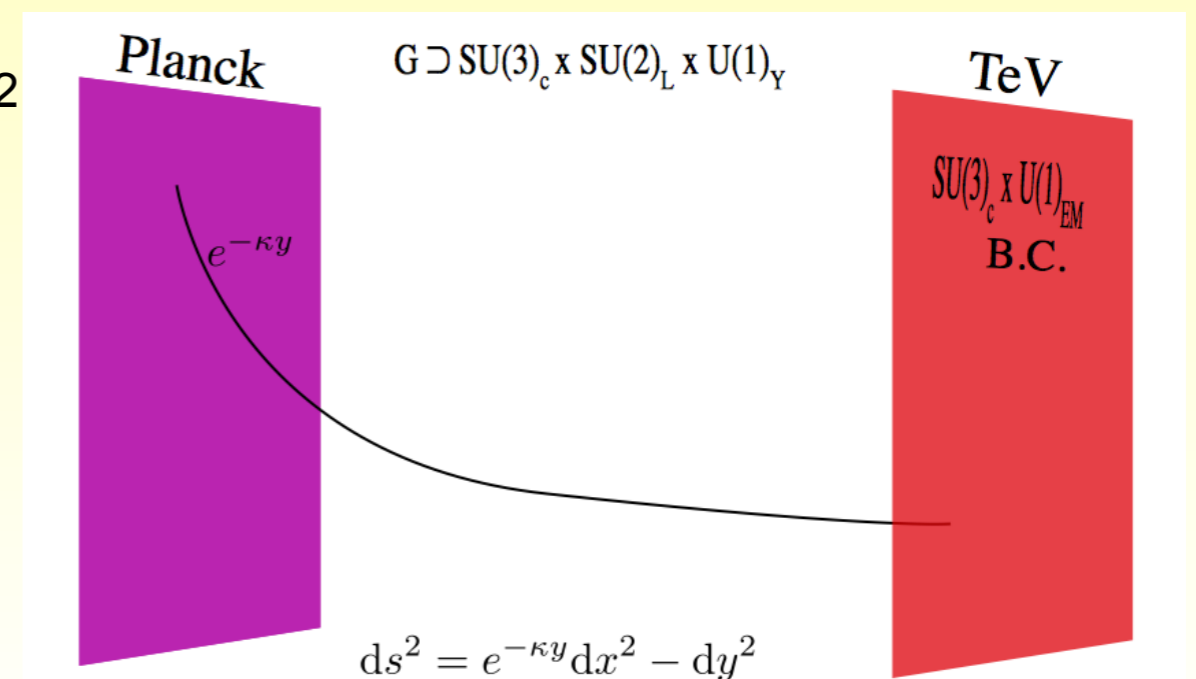
- influence des fermions de Kaluza-Klein sur la production $pp \rightarrow H \rightarrow VV$
- implémentation des termes de Yukawa dans ces lagrangiens pour résoudre les équations du mouvement
- 2 calculs en 4D donnent des résultats différents

non commutativité: localisation du Higgs sur la brane vs somme des niveaux de KK infinis

- apport de P2IO

- réunir un groupe d'experts en dimensions supplémentaires pour travailler sur ces paradoxes difficiles

arXiv:1408.1852



R&D détecteur

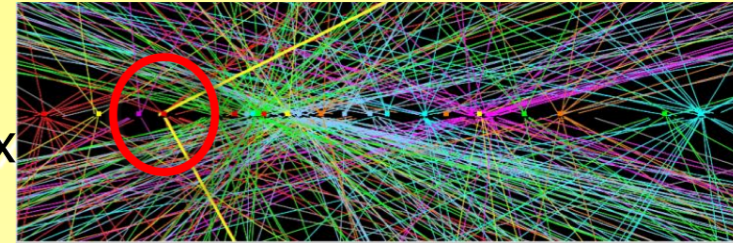
- **SAMPIC**
 - 2012-2014: réalisation d'un système électronique de mesure de temps absolu basé sur une nouvelle puce
- **ATLAS**
 - 2013-2014: upgrade du trigger de niveau 1 du calorimètre électromagnétique d'ATLAS

Systeme électronique de mesure de temps absolu à la picoseconde

- mesure de temps de vol à la picoseconde en physique des particules

- étude des protons diffractifs à très petit angle (qq mm du faisceau)

- résolution de qq ps pour rejeter le b.d.f et associer l'événement au bon vertex

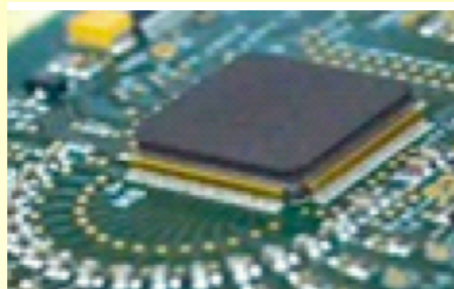


- SamPic: Sampler for Picosecond time pick-off

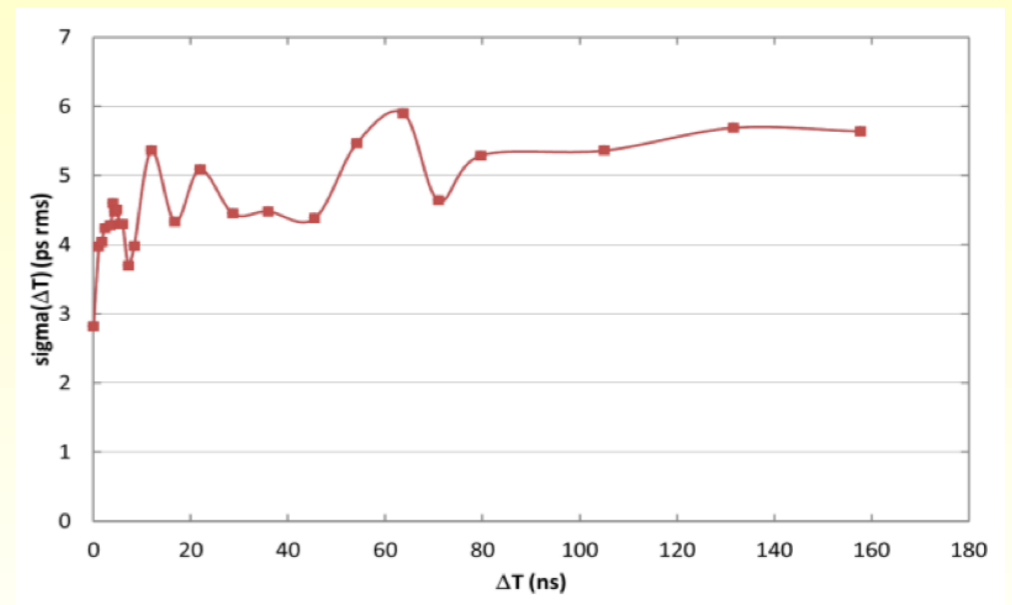
- basé sur un capteur CMOS

- principe: détection d'un événement d'intérêt, échantillonnage et estimation du temps, conversion analogique-numérique et readout de la région d'intérêt

- excellents résultats de la version prototype du chip



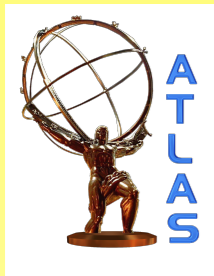
résolution sur la mesure de la différence de temps de 2 impulsions de durée 0,85 ns en fonction de leur distance temporelle



- apports de P2IO

- projet difficilement réalisable sans l'apport de P2IO

- collaboration Saclay-LAL



Upgrade du trigger de niveau 1 du calorimètre électromagnétique d'ATLAS



- Run 3 du LHC (2019-2021):

 - phase haute luminosité: $2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 300 fb^{-1} attendu, trigger EM: 20 kHz

 - avec le trigger L1 actuel: seuils sur les électrons/photons: 40-45 GeV (perte d'efficacité inacceptable)

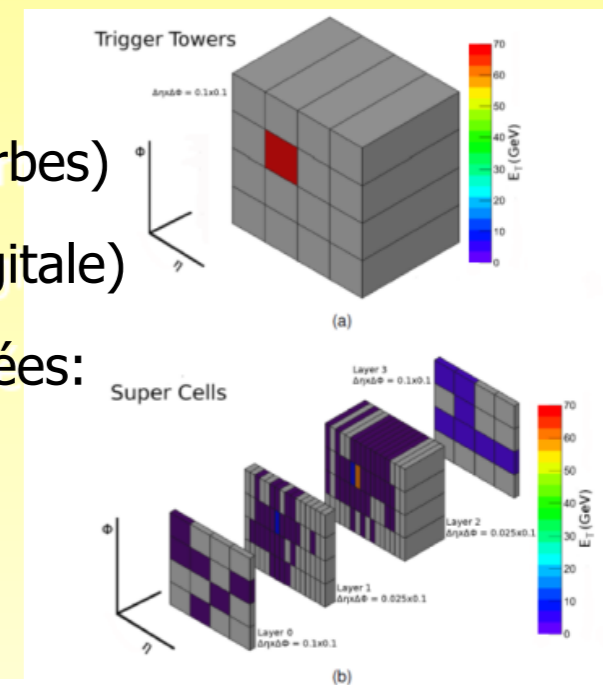
- Upgrade du trigger de niveau 1 d'ATLAS

 - augmentation de la granularité (optimisation de l'isolation et de la forme des gerbes)

 - compatibilité entre le nouveau et l'ancien système (partie analogique - partie digitale)

 - prototype intégré avec succès dans ATLAS l'été dernier prêt à prendre des données:

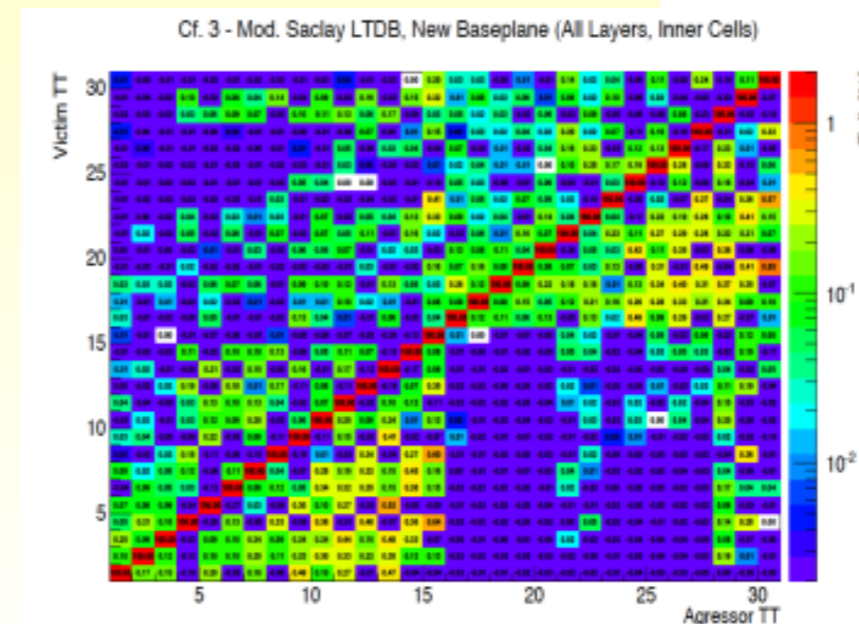
 - parties analogiques et numériques validées (bruit, cross-talk, linéarité)



- apports de P2IO

 - projet difficilement réalisable sans l'apport de P2IO

 - collaboration Saclay-LAL





Conclusion

- P2IO et la physique au LHC
 - P2IO a supporté/supporte plusieurs projets LHC:
analyses de physique, développements théoriques, R&D détecteurs
 - au sein de grosses collaborations internationales, le support de P2IO a permis des avancées portées par les laboratoires du Labex
- Le Run 2 du LHC va ouvrir de nouvelles perspectives