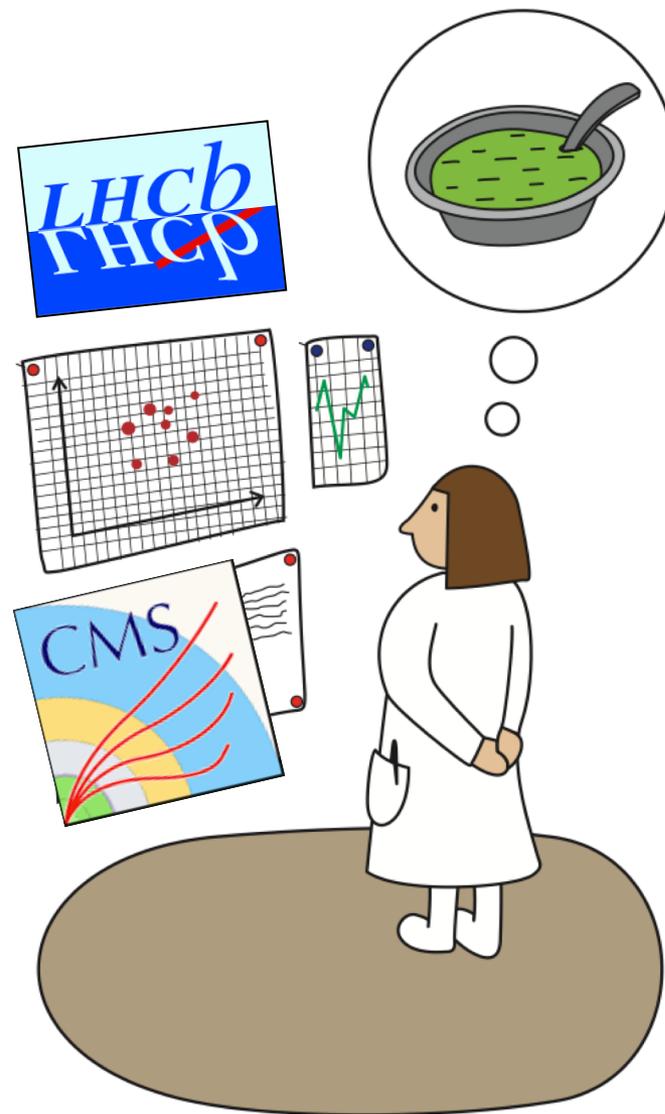




Ions lourds

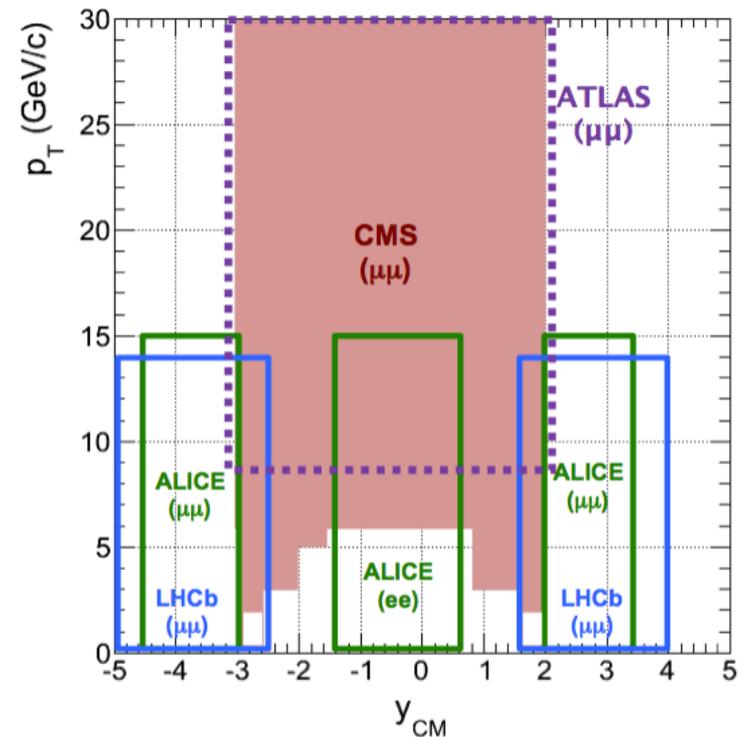
Bilan 2013-2018



Brève histoire du plasma quark-gluon

- < 2000 premiers indices au SPS
+ suppression des charmonia ...
- > 2000 multi-phénomènes à RHIC
+ jet quenching + flot elliptique
+ charme ouvert + étrangeté ...
- > 2010 nouvelles sondes au LHC
+ bottomonia + jets reconstruits
+ beauté ouverte + tops
+ collectivité en pp ...

Complémentarité des expériences LHC



(ici, acceptence J/ψ)

Notre histoire récente

(Frédéric, Olivier, Michel, Raphaël) PHENIX *

(Frédéric) Investigation cibles fixes : CHIC , AFTER



CMS...

ERC (Raphael)

ANR (Matthew)

ANR (François)

**

ANR (François)

Théorie...

LHCb (Frédéric)...

* PHENIX : fin d'activité en 2013, signature automatique de 57 articles sur 2013-18

** Les ANR de François fournissent 1-2 ans de postdoc à CMS

Composition actuelle

- 1,5 ETP permanents :
 - **Vladislav Balagura**, DR2, 50% (luminosité)
 - **Frédéric Fleuret**, DR2, HDR, 100% (charm@smog)
- 1 postdoc :
 - **Émilie Maurice**, P2IO+Prestige+X, 100%, 2016-19 (charm@smog)
- 1 doctorant :
 - **Felipe Garcia**, X/LLR, 100%, 2018-21 (charm@smog)

LHCb
~ 3,5

- 1 permanent :
 - **François Arleo**, CRCN, HDR, 100% (associé à CMS)
 - (**Elena Fereiro**, professeur invitée, 2017-18)
- 1 doctorant :
 - **Charles Naïm**, P2IO/CEA, 50%, 2017-20

Théorie
~ 1,5

- 2 permanents :
 - **Matthew Nguyen**, CRCN, HDR, 100% (jets)
 - **Raphaël GdC**, DR2, HDR, 75% (quarkonia + electroweak)
- 1 postdoc :
 - **Inna Kucher**, ANR, 100%, 2017-20 (jets)
- 2 doctorants :
 - **Batoul Diab**, ANR, 100%, 2017-20 (jets)
 - **Guillaume Falmagne**, normalien, 100%, 2018-21 (quarkonia)

CMS
~ 5

Évolutions récentes (CMS)

- La composante CMS est passée de 10 (au max) à 5 ☹
- 4 thèses soutenues :
 - **André Ståhl**, (Raph), PHENIICS, 2018, (**ewk+qq**) → postdoc Rice, CMS, HIN
 - **Stanislav Lisniak**, (Matt), Idex, 100%, 2016 (**jets**) → privé
 - **Alice Florent**, (Raph) ERC, 100%, 2014 (**ewk**) → postdoc UCLA, CMS, exotica
 - **Nicolas Filipovic**, (Raph) ERC, 100%, 2015 (**qq**) → postdoc CMS → privé
- 9 postdocs :
 - **Javier Martin Blanco**, IN2P3, 100%, 2015-18 (**qq**) → privé
 - **Mihee Jo**, FKPPL+Marie Curie, 100%, 2015-17 (**qq**) → privé (Samsung)
 - **Abdulla Abdulsalam**, X, 100%, 2016-17 (**qq**) → Prof en Arabie Saoudite
 - **Yetkin Yilmaz**, ANR+Marie Curie, 100%, 2013-16 (**jets**) → Postdoc LAL (machine learning)
 - **Émilien Chapon**, ERC+LLR, 100%, 2013-16 (**qq + ewk**) → CERN fellow
 - **Lamia Benhabib**, IN2P3+ERC, 100%, 3,5 ans (**ewk**) → Privé
 - **Camelia Mironov**, Marie Curie+ERC, 100%, 4 ans (**qq + ewk**) → senior postdoc MIT, HDR
 - **Torsten Dahms**, ERC, 100%, 3 ans (**qq + ewk**) → Postdoc d'excellence, Munich, Alice
 - **Sarah Porteboeuf**, Europe, 100%, un an (**qq**) → MdC Clermont Ferrand, Alice
- 3 HDR sur la période → Tous habilités !
 - **François Arleo (12/02/18)** – Perte d'énergie dans la matière froide
 - **Matthew Nguyen (26/01/18)** – Perte d'énergie dans la matière chaude
 - **Raphaël GdC (12/03/14)** – Le plasma dans PHENIX et CMS

Évolutions récentes (de CHIC à LHCb)

- 2014

- Janvier : lors d'un workshop aux Houches, est présenté le système SMOG de LHCb qui permet d'injecter un gaz noble dans l'enceinte du détecteur de vertex. **Frédéric Fleuret** a alors eu l'idée d'exploiter cette potentialité pour réaliser le programme de physique de CHIC (études très précises des quarkonia et saveurs lourdes aux énergies intermédiaires)
- Mars à novembre : preuve de faisabilité avec Patrick Robbe (LHCb @ LAL)

- 2015

- Janvier : Frédéric présente le projet au groupe LHCb du LAL : excellent accueil
- Février : Frédéric rejoint la collaboration LHCb (associé au groupe LHCb du LAL)
- Octobre : premières prises de données pAr@110 GeV

- 2016

- Septembre : **Émilie Maurice** (postdoc P2IO) et **Vladislav Balagura** rejoignent le programme au LLR (asso. LAL)

- 2018

- Première publication de LHCb sur cible fixe
- Début de la thèse de **Felipe Garcia**

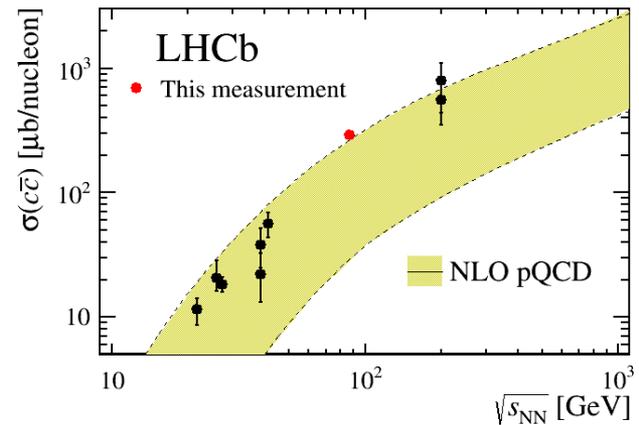
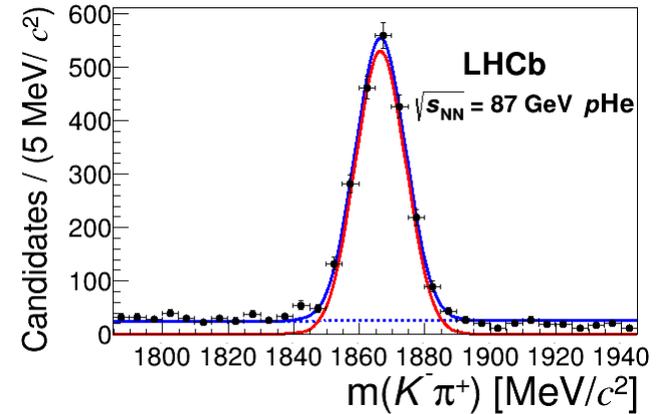
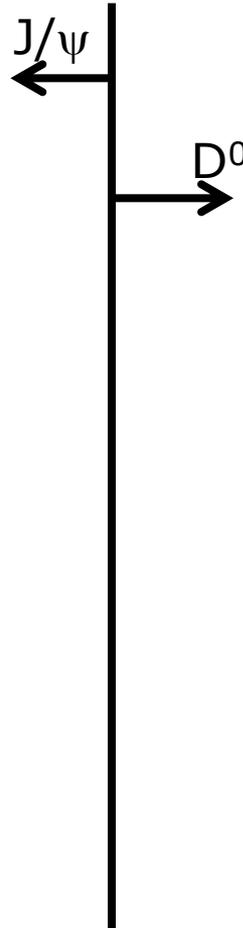
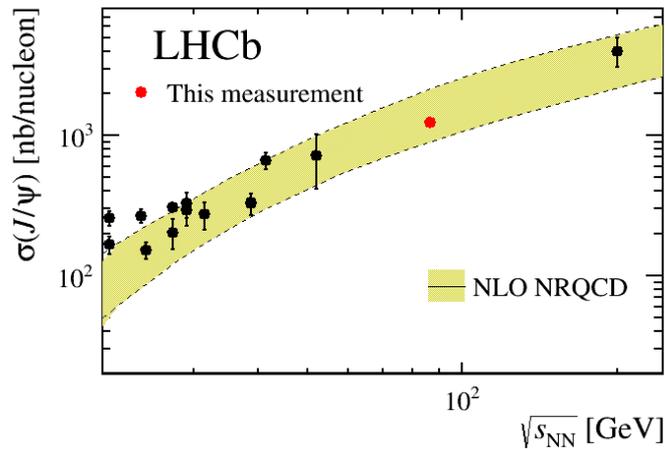
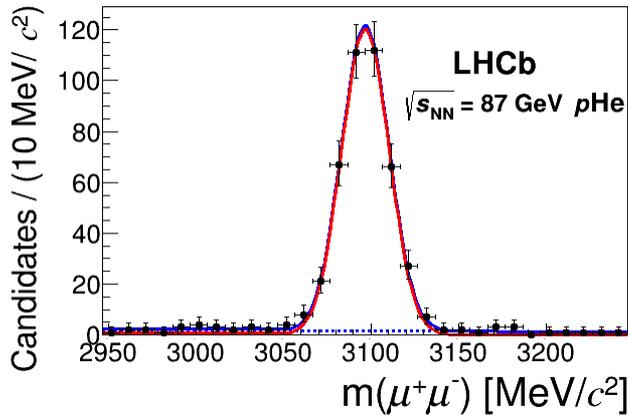
Quasi exclusivement des analyses et des publications
+ Participation aux prises de données ions lourds
Pas d'implication forte dans des projets techniques

NOS FAITS MARQUANTS...

Faits marquants (LHCb) 1/5

Aboutissement* du programme sur cibles fixes initié en 2015

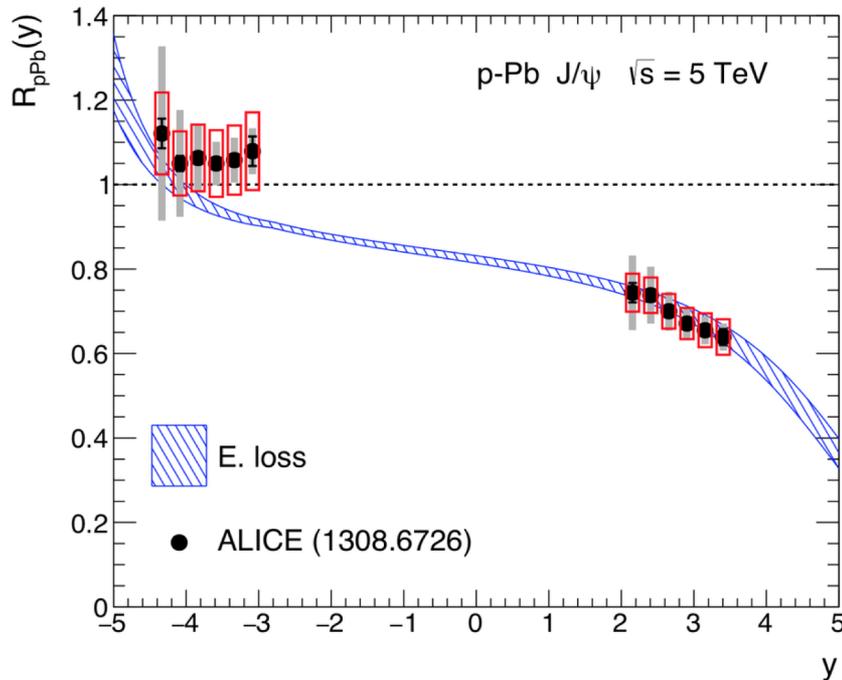
* tous les détails en back-up



[arXiv:1810.07907](https://arxiv.org/abs/1810.07907), soumis à PRL, ©ontact = Émilie

Faits marquants (Théorie) 2/5

Découverte d'un nouveau régime de perte d'énergie partonique
Reproduit toutes les données pA \rightarrow J/ ψ du SPS au LHC



F. Arleo et S. Peigné, PRD95 (2017) 011502

F. Arleo, R. Kolevatov, et S. Peigné, PRD93 (2016) 014006

F. Arleo et S. Peigné, JHEP 10 (2014) 073

F. Arleo et al, JHEP 05 (2013) 155

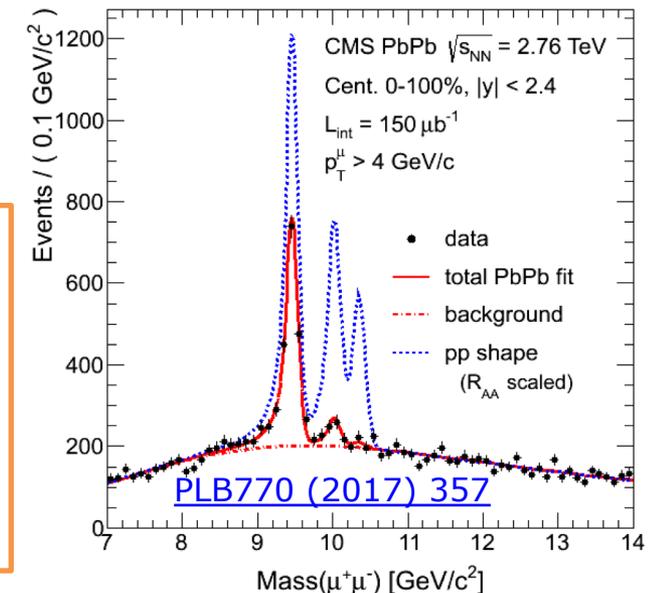
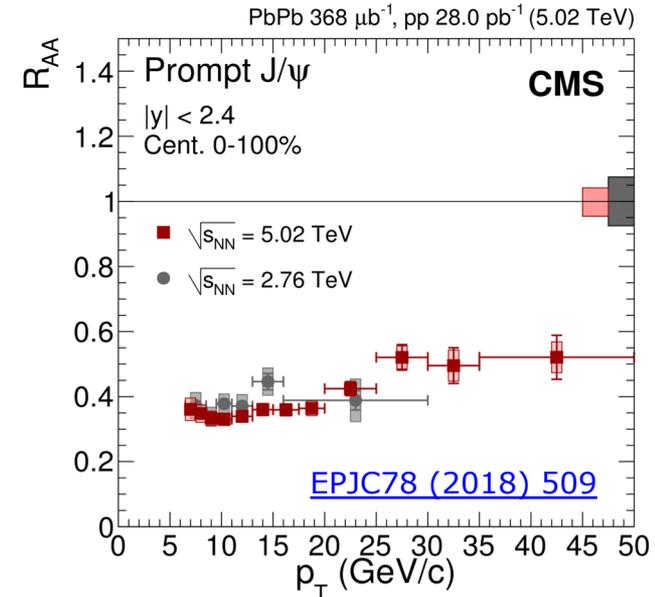
F. Arleo et S. Peigné, JHEP 03 (2013) 122



Faits marquants (CMS, quarkonia) 3/5

Longue tradition du laboratoire :
NAXX @ SPS, PHENIX @ RHIC

1. J/ψ et ψ' fortement supprimés ($p_T > 3$ GeV)
2. Incluant les J/ψ déplacés \rightarrow première observation du quenching du b
3. (Première) observation des Upsilon



$Y(nS)$ pPb & pp in [JHEP04 \(2014\) 103](#), © Camelia
 $Y(nS)$ legacy in [PLB770 \(2017\) 357](#), © Nicolas \rightarrow Thèse !
 $\psi(2S)$ in [PRL113 \(2014\) 262301](#), © Torsten
 J/ψ legacy (incl. v_2) in [EPJ C77 \(2017\) 252](#), © Mihee
 $\psi(2S)$ @5TeV in [PRL118 \(2017\) 162301](#), © Émilien
 J/ψ @5TeV in [EPJ C78 \(2018\) 509](#), © Javier \rightarrow Thèse (André)

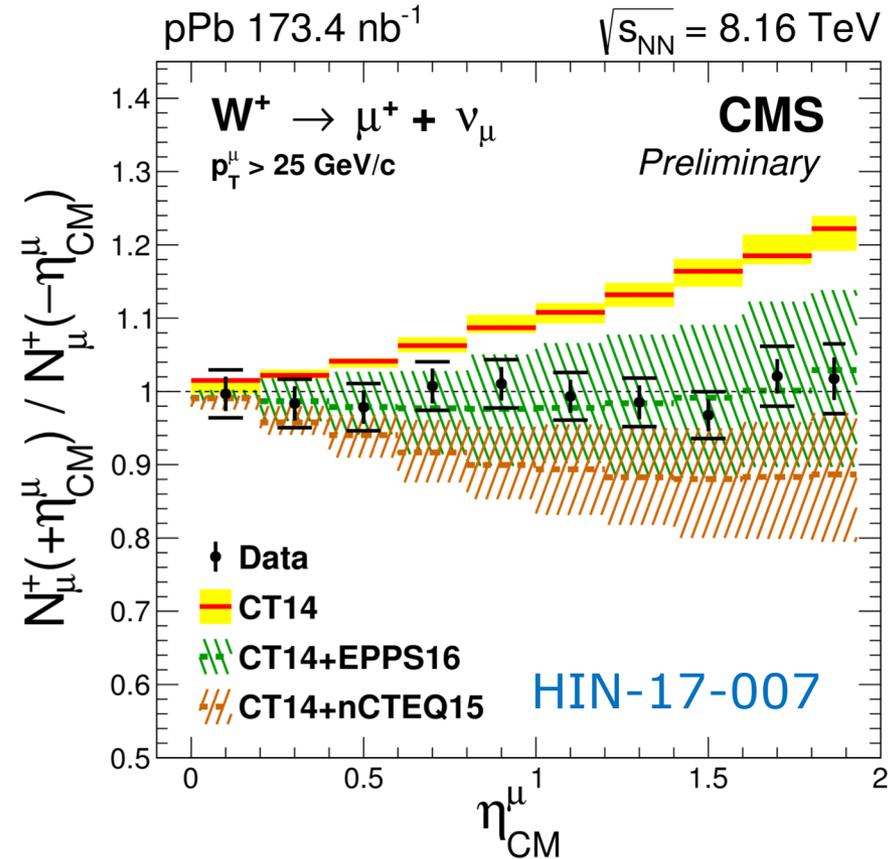
Faits marquants (CMS, EWK) 4/5

Leadership des analyses "dileptons"
(muon, électron, neutrino)

4. (Première) observation des Z

5. (Première) observation des W

→ Maîtrise de l'état initial,
contraintes sur les PDFs



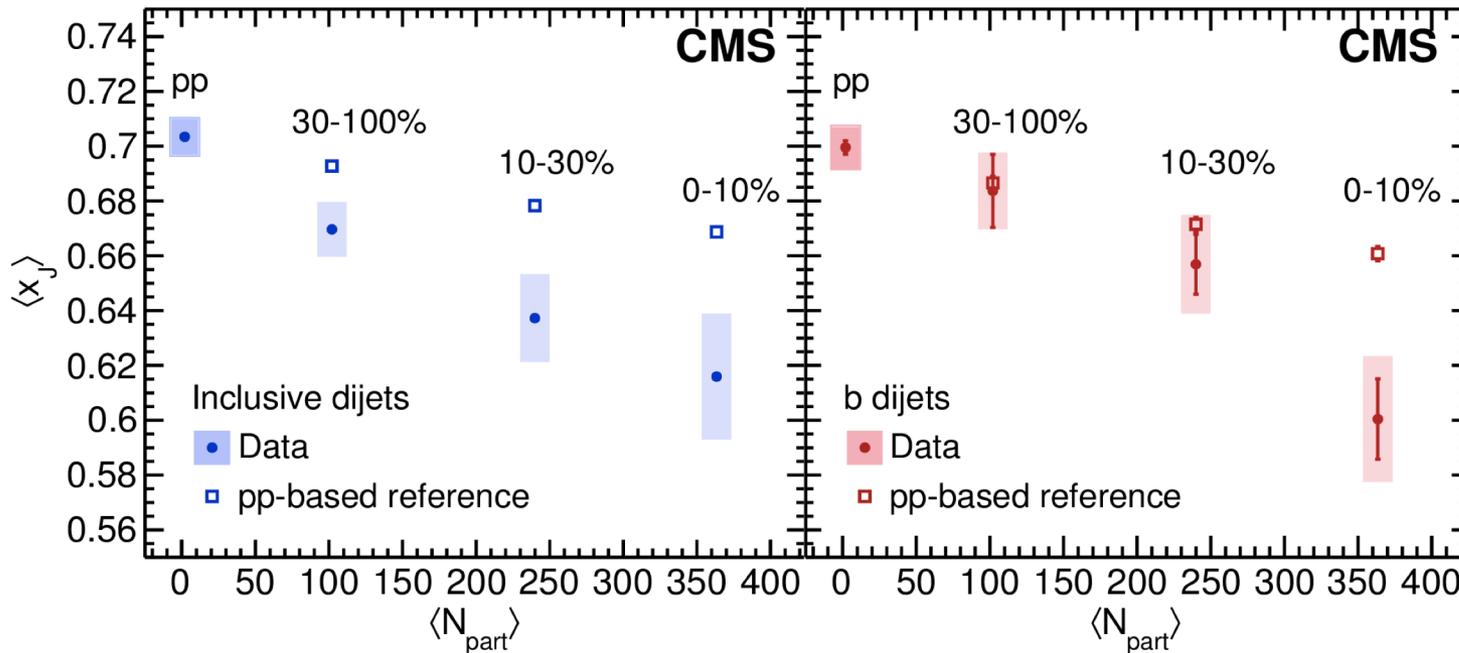
... [JHEP 03 \(2015\) 022](#), Z → muons+électrons, @ontact = Lamia
[PLB 750 \(2015\) 565](#), @ontact = Alice → Thèse !
[EPJC 76 \(2016\) 214](#), Arleo, Chapon, Paukkunen ← Phéno !
[HIN-17-007](#), @ontact = André → Thèse !



Faits marquants (CMS, jets) 5/5

Aux premières loges pour la découverte du quenching des jets reconstruits

6. (Première) observation des jets issus de quark b (tagging)



[PRL 113 \(2014\) 132301](#), ©ontact = Matt
[JHEP03 \(2018\) 181](#), ©ontact = Stas → Thèse
[HIN-18-012](#), ©ontact = Batoul



ORGANISATION, PRODUCTION, RESPONSABILITÉS...

Organisation et fonctionnement

- Chaque composante du groupe a ses propres réunions...
- Un « journal club » au labo de temps en temps
 - CMS + LHCb + théorie (incl. CPhT)
- Un séminaire commun à Orsay une fois par mois
 - Orsay (IPNO&LAL) + Saclay + LLR = ALICE + CMS + LHCb + Théorie
 - (un postdoc/thésard de chaque entité à l'organisation)
- CMS = pas de distinction pp / ions lourds
 - Profite de l'excellente implantation du groupe pp historique
 - Raphaël est l'adjoint de Yves (vu depuis CMS)
 - Liens avec la Corée (FKPPL) et le Liban (PICS)
- LHCb
 - Tous les membres du groupe sont membres LHCb associés au LAL
 - Forte synergie LAL (mode collisionneur) / LLR (mode cible-fixe)

Production scientifique

Bilan des Publications 2013-2018

CMS = contributions majeures à 12 publications (21 depuis le début)

- 4 bosons électrofaibles (dont une préliminaire)
- 3 jets (dont une préliminaire)
- 6 quarkonia

→ 4 thèses...

LHCb = signataires associés au LAL de toutes les publications

- [arXiv:1810.07907](https://arxiv.org/abs/1810.07907), soumis à PRL
- (+3 publications phénoménologiques avant LHCb)

Théorie = 9 articles dont

- 5 sur la perte d'énergie
- 1 sur les bosons électrofaibles (avec un exp)
- 1 PRL sur l'universalité du jet quenching

Autres

- Participation à 4 revues (Françoisx3, Raphaëlx2, Matthewx2)
- Éditions de 2 actes de conférence (François, Raphaël)

Visibilité et rayonnement

- 50+ présentations à des conférences et séminaires (membres, postdocs et doctorants), en particulier:
 - 2018: Hard Probes (Émilie*, Guillaume, Batoul, François, Frédéric), Quark Matter (André, Batoul), Hot ...
 - 2017: EPSHEP (Matthew*, André), Quark Matter (Émilie, Javier), SQM (Javier), LHCP (Émilie)...
 - 2016: Hard Probes (François*, Émilien, Mihee), Hot Quarks (André)...
 - 2015: EPSHEP (Raphaël*), Quark Matter (Matthew*, Émilien, Mihee), Hard Probes (Nicolas)...
 - 2014: Quark Matter (Raphaël*), Hot Quarks (Émilien, Nicolas), LHCP (Alice)...

* Présentations plénières

- *Highlights récents:*
 - Bourse L'Oréal-Unesco (Émilie)

• Organisations...

- Organisation et gestion de QGP France (François et Frédéric)
- Organisation de Hot Quarks (Raphaël)
- Conveners de sessions en conférence (tous les permanents)

Responsabilités (2013-2018)

- LHCb

- Co-convener du PPWG luminosity (Émilie, 2017-18)
- Co-convener du PAWG Ions and Fixed Target (Frédéric, 2018-19)

- CMS

- (L2) ECAL trigger manager (Inna)
- (L2) Co-convener du PAG « ions lourds » (Matthew, 2014-15)
 - Raphaël en 2010-11, ex-postdocs : Camelia en 2017-18, Émilien 2019-20
- Convener de sous groupe (Torsten, Yetkin, André)
 - Tous les conveners du groupe « dilepton » sont passés par le laboratoire...
- Coordinateur du heavy-ion software (Matthew)
- Member of the career, international and heavy-ion publication committees (Raphaël)

Responsabilités administratives et d'enseignement

Enseignements :

- François (new, master PCHE)

Implications dans la vie de l'École polytechnique :

- Direction adjointe de l'école doctorale PHENIICS (Frédéric → François)
- Valorisation (« Science et Jeu vidéo » Raphaël)

Implications au niveau national :

- Frédéric co-responsable du GDR-QCD
- Raphaël président de la section 01 (20%)

Implications dans la vie du laboratoire :

- CL (Raphaël et Frédéric), CS (François), séminaires (François)
- Vulgarisation (Émilie, François...)

Demandes financières :

- Une ERC et trois ANR obtenues (trois demandes ERC infructueuses...)
- Un package dans le réseau européen STRONG (Raphaël et al.) = heavy-ion combination working group @ LHC

PROJETS

Ce qu'on a appris

- 1) Y states acting as a “thermometer” of QGP
- 2) W constraining nuclear parton distributions
- 3) Energy loss looking increasingly important for the description of J/ψ suppression
- 4) Energy loss of b -quarks in the QGP
 - a) Nonprompt: indication of flavor hierarchy
 - b) b -jets: no sign of quark/gluon difference yet

© Matt @ conseil scientifique IN2P3

Projets scientifiques

À court terme

- Analyser le run 2
- Prise de données en cours →

À moyen terme

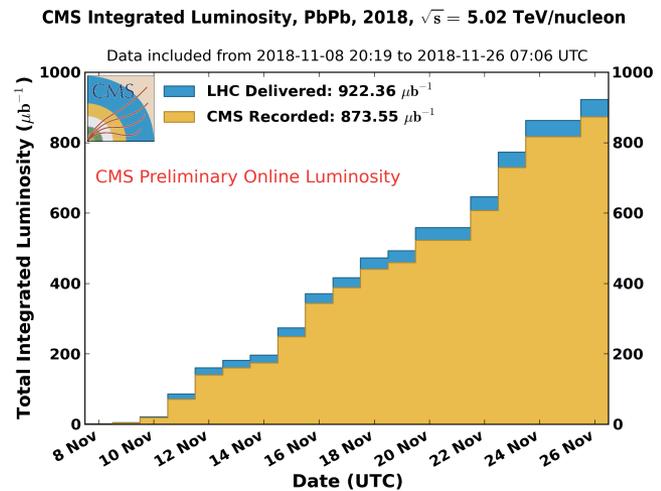
- Potentiel de physique démontré pour les runs 3 et 4
- LHCb = densité de gaz x100 (SMOG2) + upgrades
- CMS = luminosité x10 + upgrades

Nos sujets d'intérêt

- **LHCb**, la précision = toutes saveurs lourdes (J/ψ , D , Λ_c , ψ' , $Y(nS)$, χ_c ...)
- **CMS**, la nouveauté = dépendance de la suppression des trois $Y(nS)$, mesure de leur flot elliptique, photons associés à un jet de saveur lourde, quarks tops, mésons exotiques comme le B_c ...

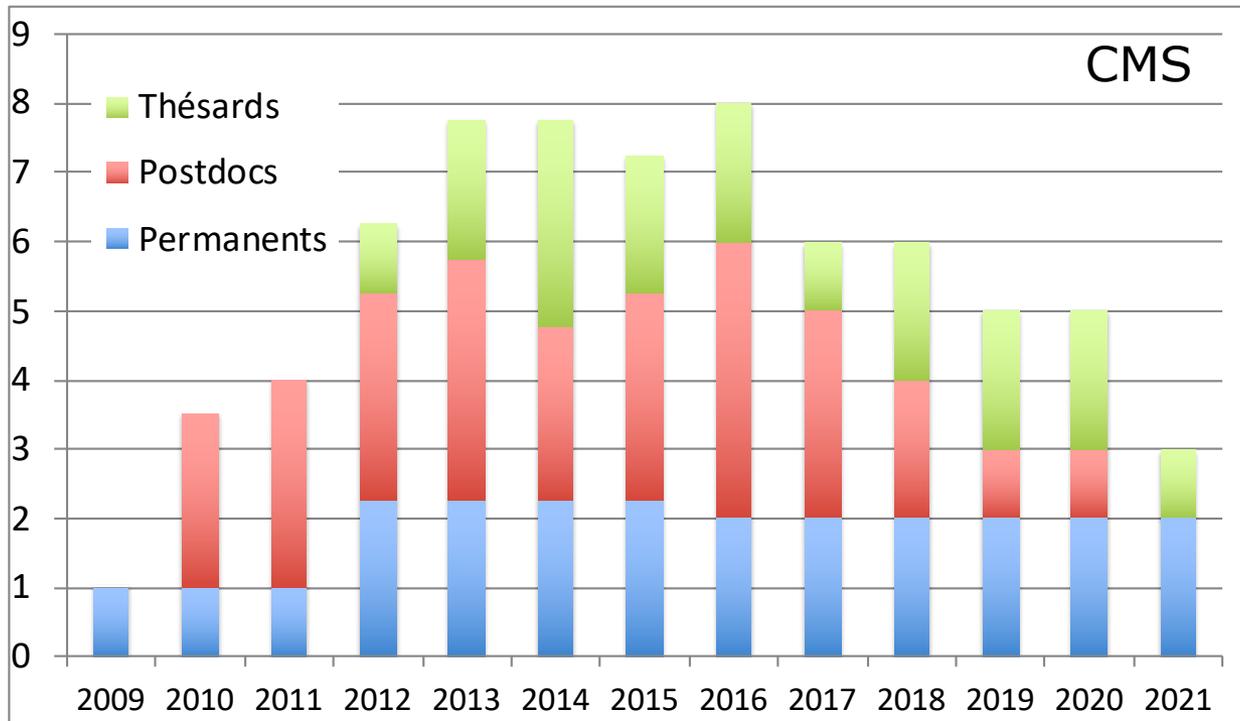
Nous ferons le maximum avec les forces disponibles...

- Tout thésard, postdoc, permanent aura un sujet, des responsabilités...



Evolution du groupe à venir (FTE estimés)

CMS = peu d'espoir de revenir à l'âge d'or (qqs mois à 10 personnes...)
→ Il faudrait recruter un permanent force de proposition (ERC...)



LHCb = désir de maintenir l'équipe actuelle

Auto analyse du groupe

- **Points forts:**
 - Expertises internationalement reconnues (quarkonia, jets...);
 - Attractivité envers étudiants et postdocs (Marie Curie...);
 - Interface avec la théorie, présence d'un théoricien associé;
- **Points faibles:**
 - Rapport permanents / non-permanents;
 - Manque d'implication dans les upgrades;
- **Opportunités:**
 - Haute luminosité du run 3, et au-delà;
 - Excellentes performances des détecteurs CMS & LHCb;
 - Dynamisme d'une petite communauté (responsabilités...);
- **Risques:**
 - Tarissement des sources de financement;
 - Rapport de forces entre expériences.

BACK UP SLIDES

Faits marquants & timeline (LHCb)

- **Origines**

- *Expression of Interest for an Experiment to study charm production with proton and heavy ion beams* - F. Arleo, F. Fleuret, F. Ferreiro, P.-B. Gossiaux, S. Peigné (CERN-SPSC-2012-031 ; SPSC-EOI-008):
- *Physics opportunities of A Fixed-Target Experiment using the LHC beams* - S.J. Brodsky, F. Fleuret, C. Hadjidakis, J.P. Lansberg, SLAC-PUB-14878, Phys. Rep. 522 (2013) 239-255

- **2014**

- **Janvier**: 1^{er} contact avec LHCb pour un possible programme cible-fixe
- **Mars-novembre**: étude de faisabilité avec P. Robbe/LAL

- **2015**

- **janvier**: présentation du projet « mesure de la production du charme dans les collisions d'ions lourds en mode cible-fixe dans LHCb »
- **Février**: FF rejoint LHCb comme membre associé LAL
- **Avril**: LHCb s'engage dans un programme « Ions Lourds » au LHC
- **Juin**: *Proposal for LHCb Participation to the Heavy Ion Runs* - LHCb-INT-2015-019
- **Octobre**: première prise de données PbPb (collisionneur) et pAr (cible-fixe)

- **2016**

- **Janvier**: création du groupe de physique « Ion and Fixed Target » dans LHCb
- **Septembre**: Emilie Maurice (postdoc P2IO) rejoint le programme au LLR (asso. LAL)
- **Octobre**: Vladislav Balagura rejoint le programme au LLR (asso. LAL)
- **Novembre**: prise de données pPb (collider) et pHe (cible-fixe)
- **Décembre**: fin de l'analyse préliminaire pAr 2015 -> CONF-NOTE -> Présentation QM

- **2017**

- **Janvier**: EM devient co-convener du groupe « luminosity »
- **Septembre**:
 - EM reçoit le prix l'Oréal-Unesco pour les femmes et la science
 - Elena Ferreiro (théoricienne, professeur Santiago) rejoint le LLR pour un an (programme d'Alembert Paris-Saclay)

- **2018**

- **Janvier**: FF devient co-convener du groupe IFT
- **Septembre**: Analyse finale des données pAr et pHe, arXiv:1810.07907

Visibilité et rayonnement (LHCb)

* Présentations plénières

- Présentations à des conférences et séminaires (membres et **doctorants**):
 - 2015:
 - **FF: rencontres QGP-France - Etretat** - Heavy quarks and QGP with LHCb/SMOG
 - 2017:
 - **EM: Quark Matter – Chicago** - New high resolution measurements of open and hidden charm production in proton-nucleus collisions at $\sqrt{s} = 110$ GeV with the LHCb detector
 - **EM: LHCP – Shanghai** - Fixed-target physics at LHCb
 - **EM: ICNFP – Kolympari – Heavy ion physics at LHCb**
 - **VB: INSTR'17 – Novosibirsk – LHCb luminosity**
 - **VB: French-Ukrainian workshop – LAL – LHCb luminosity**
 - **FF: Workshop on LHCb Heavy Ion and Fixed Target Physics – CERN** - SMOG data and heavy flavours
 - **FF: XSCRC2017 – CERN**: Charm production with SMOG at LHCb
 - **FF: Rencontres QGP-France – Etretat** - Charm production with SMOG at LHCb
 - 2018:
 - **EM: Hard Probes* – Aix-les-bains: results on heavy ion and fixed-target collisions at LHCb (plenary)**
 - **EM: séminaire – CENBG** - La physique des ions lourds à LHCb: du mode collisionneur à la cible fixe (nov. 18)
 - **FF: Moriond QCD – La Thuile**: hardprobes with pPb and PbPb collisions and fixed target results at LHCb
 - **FF: LHCP – Bologne**: new results on hard probes in heavy-ion collisions with LHCb
 - **FF: Hard Probes – Aix-les-bains**: charm production in fixed-target mode at LHCb
- **Highlights récents**:
 - **EM: Bourse de la fondation L'Oréal-Unesco** pour les femmes et la science - octobre 2017
 - **EM**: Publication d'une news dans le **courrier du CERN** (octobre 2018): fixed target physics in collider mode at LHCb
 - **EM: Co-convener** de la session Electroweak physics, heavy flavor production, implications for (n)PDFs, and exotica searches – LHCb implication workshop 2017
 - **FF: Co-convener** de la session Heavy-Ion de LHCP 2018

Projet scientifique

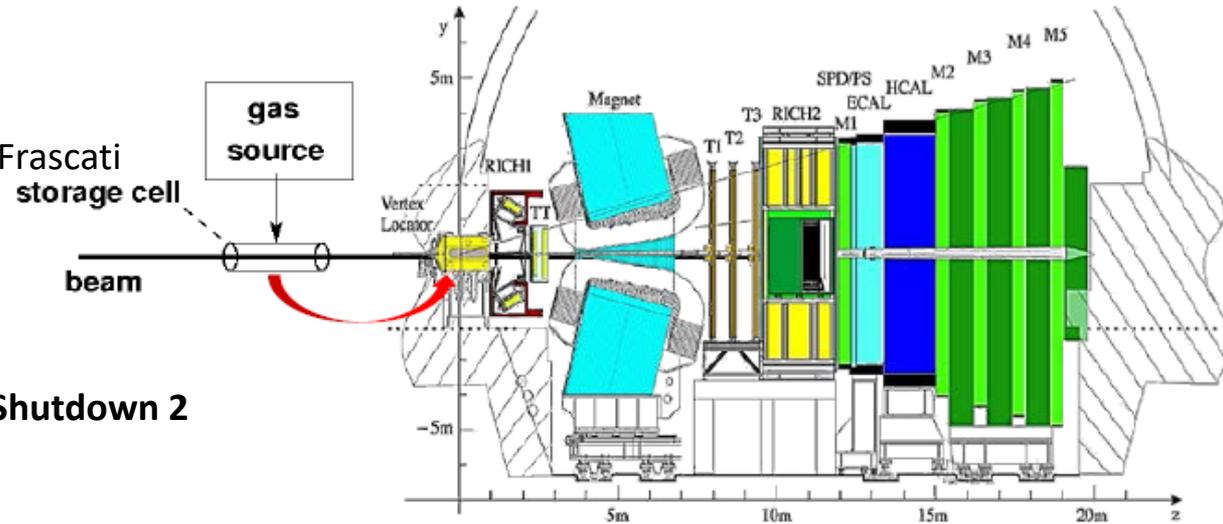
- **La première analyse produite par le groupe a démontré la faisabilité du programme ions-lourds en mode cible-fixe que nous avons proposé en 2015**
- **À court terme:**
 - Analyse des données **pNe@69 GeV** (acquises en **nov. 2017**) comme référence pour l'étude des données **PbNe@69 GeV** (qui seront acquises en **nov. 2018**):
 - Statistique plus grande que pAr et pHe (y' et cc accessibles)
 - **Sujet principal de la thèse de Felipe Garcia**
 - Mesure des J/ψ , ψ' et χ_c , et saveurs lourdes ouvertes (D^0 , D^\pm , ...)
 - Participation à la prise de données Pb nov. 2018 et analyse
 - PbNe @ 68 GeV \rightarrow objectif: 1^{ères} mesures noyau-noyau avec SMOG
 - 2^{ème} sujet pour la thèse de Felipe Garcia
- **A moyen terme:**
 - Le système d'injection du gaz devrait être amélioré pendant LHC-LS2 \rightarrow SMOG2
 - Augmentation de la densité locale de gaz jusqu'à un facteur 100 par rapport à SMOG

	Current SMOG result pHe@86 GeV	SMOG largest sample pNe@68 GeV	SMOG2 example pAr@115 GeV
Int. Lumi.	7.6/nb	~ 100 /nb	~ 10 /pb
syst. error on J/ψ x-sec.	7%	6 - 7%	3 - 4 %
J/ψ yield	400	15k	3.5M
D^0 yield	2000	100k	35M
Λ_c yield	20	1k	350k
ψ' yield	negl.	150	35k
$\Upsilon(1S)$ yield	negl.	10	3k
DY $\mu^+\mu^-$ yield ($5 < M < 9$ GeV)	negl.	10	3k

Futur – moyen terme (2021 – 2025)

- **L'upgrade SMOG2**

- R&D en cours
- NIKHEF, INFN-Ferrara, INFN-Frascati



- **Upgrade de LHCb pendant Long Shutdown 2 (LS2: 2 ans, fin 2018)**

- Remplacement du VELO
 - Strips → pixels
- Installation d'une storage cell
 - Diamètre = 1cm, longueur = 20 cm
 - Placée en amont du VELO (-50 à -30 cm par rapport à IP)
 - Augmentation de la densité locale de gaz jusqu'à un facteur 100
 - Augmentation de la luminosité jusqu'à un facteur 100 par rapport à SMOG

