

# **GT Particules sur Accélérateurs**

# Nature de la thématique

## 1) La frontière en énergie et en intensité:

- Recherche de nouvelle physique au delà du Modèle Standard
  - Recherches directes
  - Recherches indirectes
- Mesures de précisions du Modèle Standard
- Projet principal: LHC et HL-LHC
- Projets futurs à la frontière en énergie: HE-LHC, FCC-hh (long terme)
- Projets futurs à la frontière en intensité: NA62 et SHiP

## 2) Collisions $e^+e^-$

### - A l'échelle électrofaible et au delà

- Mesures de haute précision et production directes des nouvelles particules: ILC, CLIC, CepC, FCC-ee, Muon Collider (long terme)

### - Aux basses énergies

- Haute luminosité: SuperKEKB et expériences dédiées sur les désintégrations rares, violation CP, violation saveur leptonique

## 3) Tests QCD et électrofaible dans les collisions $ep$

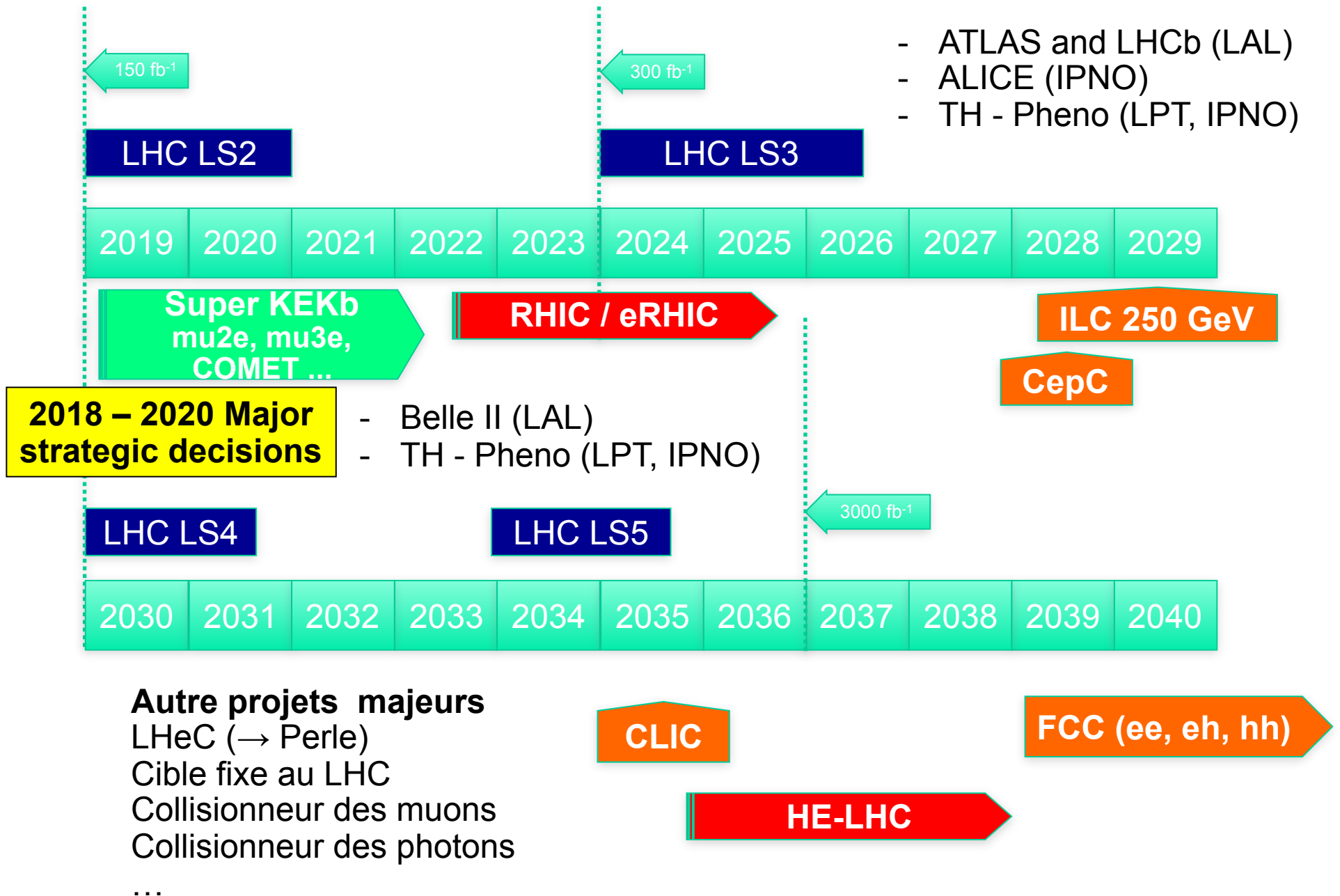
→ LHeC (PERLE), EIC

## 4) Tests de la matière en conditions extrêmes en collisions ou en cible fixe

Collisions ions lourds au LHC (LHCb, ALICE, AFTER), RHIC

## 5) Projets périphériques KOTO, MEG, Mu2e, Muon (g-2)

# Calendrier des (grands) projets



# Contexte I

## Sujets abordés par les groupes de la vallée

- 1- Physique du boson de Higgs (ATLAS et ILC au LAL)
- 2- Mesures de précision électrofaibles (ATLAS au LAL)
- 3- Mesures liées aux quarks top et bottom (ILC au LAL)
- 4- Recherches directes de nouveaux phénomènes, en particulier SUSY (ATLAS au LAL)
- 5- Mesures de violation CP dans les B (LHCb et Belle II au LAL)
- 6- Mesures de désintégrations rares et d'universalité leptonique (LHCb et Belle II au LAL)
- 7- Spectroscopie et quarkonia (LHCb au LAL et ALICE à l'IPN)
- 8- Physique des ions lourds (LHCb au LAL et ALICE à l'IPN)

## Contexte II

- Tous les projets sont fondamentalement internationaux
  - Partenaires internationaux: cf. CERN, DESY, KEK, FERMILAB, SLAC etc.
- Partenaires nationaux IN2P3
- Collaborations naturelles locales élargies au plateau (P2IO - P2I):
  - Partenaires naturels expérimentaux: SPP, LLR, OMEGA
  - Partenaires naturels théoriques: IPhT, CPhT
- Collaborations locales valée:
  - Collaborations ponctuelles entre groupes de physique et LPT
  - Collaboration IPNO-LAL physique hadronique/lons lourds

# Spécificité

La réussite des grands projets portés par les laboratoires de la vallée repose sur le soutien structurel de l'IN2P3, l'implication forte de physiciens expérimentateurs pour concevoir et construire de nouveaux détecteurs, et sur l'ampleur de ses services techniques

- **Etudes de physique**
  - Longue histoire d'analyses et résultats effectués au LAL et l'IPNO, cf. récemment
    - Résultats majeurs au LHC (Higgs, désintégrations rares dans la physique de saveur)
    - QGP, saveurs lourdes et quarkonia dans les collisions d'ions lourds
  - Contributions à la préparation du programme de physique des (futurs) collisionneurs e+e- (Belle II, ILC [CLIC])  
et réflexions sur les expériences cibles fixes (AFTER, ALICE, LHCb et UA9)
- **Accélérateurs: compétences majeures passées et sur accélérateurs futurs**  
(cf. RF-Cavités et RF-coupleur, mais aussi sources de particules, interface machine-détecteur)
- **Détecteurs (Contributions fortes, essentielles à l'implantation des groupes dans les collaborations):**  
Conception, trajectométrie, calorimètres, Identification des particules, détecteurs de vertex

# Objectifs

- **Court terme**
  - Analyse de données et mise à jour des détecteurs du LHC après LS2
  - Démarrage SuperKEKB/Belle II
  - Finalisation de la R&D pour un collisionneur e+e- y compris élaboration du programme de physique
- **Court-Moyen terme (2-3 ans)**
  - Analyse de données LHC (pp et ions lourds)
  - Commissioning et prise de données LHCb après upgrade (lecture complète à 40 MHz)
  - Mise à jour de l'électronique du tracker des muons (ALICE)
  - Construction sous-détecteurs pour la phase HL-LHC (cf.ATLAS: HGTD, Vertex, LAr, Software)
  - Détecteurs e+e-: Module 0 de l'Ecal et préparation de la construction du détecteur (ILD)
  - Adaptation du programme de physique e+e- selon progrès au LHC, Belle II, Astro ...
  - Sondage de la participation à une expérience de LFV selon résultats LHCb, Belle II
- **Moyen-Long terme (10-15 ans)**
  - Analyse de données HL-LHC (pp et ions lourds) et préparation d'un projet CERN "après LHC"
  - Construction de l'accélérateur ILC et ses détecteurs
  - Site pour conditionnement des coupleurs (>> que site pour XFEL)
  - Site pour assemblage Ecal (va occuper ~50% de la Halle IN2P3)

Les objectifs s'appuient sur les compétences acquises dans le passé par les contributions fortes du LAL et de l'IPNO aux expériences cf. au LEP, HERA, LHC et serviront à maintenir ces compétences

# Organisation de la thématique

- Les projets futurs sont préparés dans les instances internationales avec la participation du directeur du LAL (Stratégie européenne, ICFA, CERN, ...)

## Une visibilité à préserver

- La plupart des projets sont organisés dans les grandes collaborations internationales
  - Soutien assuré par les TGIR de la France avec une politique de recrutement centralisée
  - Contribution substantielle requiert une implication dans les fondamentaux (construction, électronique, computing, ...)
  - Très souvent proche collaboration avec labos de voisins (typiquement hors vallée) - d'où la nécessité d'une structure telle que l'IN2P3 avec des engagements nationaux (e.g. Calorimètre d'ATLAS).
- La R&D Détecteur est organisée dans
  - ... dans les collaboration des grandes expériences
  - ... les collaborations R&D CALICE, RDXX,
  - ... les projets locaux (cf. P2IO HIGHTEC), nationaux (cf. ANR)
  - ... les projets internationaux (AIDA-2020, LIA, Campus France)
- Analyses/interprétation des données
  - Dans les collaborations
  - Mais aussi dans les projets d'analyse (cf. projets ANR)
- GDR en France (QCD, Terascale et Intensity Frontier)



# Formation et valorisation

- **Formation :**

- Master-2 NPAC
- Cours de M2 a l'ICFP, PHE
- Initiation physique des particules (L2)
- Stages L3, M1, M2
- Thèses

- **Valorisation**

- Initiatives individuelles avec une portée importante (cf. Coordinatrice “outreach” d'ATLAS est au LAL)
- Promue dans le cadre des projets européens (cf. AIDA-2020)
- Proche collaboration avec experts en machine learning (Data challenges, Higgs ML day, voire aussi GT Computing)
- Insertion très réussie de plusieurs anciens étudiants vers le “Data Mining”
- Master class du CERN, exposition LHC Palais de La Découverte, Visite des sites expérimentaux au CERN
- Magazine scientifique ELEMENTAIRE

# Elements statistiques

- Grace au HL-LHC et Belle II
  - la taille totale des groupes de la physique des particules va rester constante sur 10 ans
- Taille des groupes expérimentaux (permanents)
  - ALICE: 3.5 FTE
  - LHCb: 7 FTE
  - Belle II: 1 FTE
  - ILC: 4.5 FTE
  - ATLAS: 23 FTE
  - Théorie: 12 FTE (physique hadronique et particules)
- Démarrage de cf. l'ILC susceptible d'augmenter le nombre de personnes travaillant sur la thématique
- HL-LHC et Belle II fera appel au soutien technique soutenu entre maintenant et ~2025
- Un ILC (ou projet pareil) ferait appel à des forces techniques considérables (~40 ITA)  
Besoin croissant entre  $t_0$  et  $t_0+3$  et stable entre  $t_0+3$  et  $t_0+10$  ans

# Conclusion

- “Physique sur accélérateur” est un pilier de la recherche dans les labos de la vallée
  - Concentrée au LAL mais contributions importantes de l'IPNO
  - Proche collaborations avec labos du “paysage” Paris-Saclay
  - (Le directeur du) LAL joue un rôle essentiel dans la stratégie de la discipline au niveau local, national et international
- Labos de la vallée mondialement reconnus pour leurs compétences en réalisation des accélérateurs, détecteurs et interprétation/exploitation des données
- Programme bien défini pour les 10 ans à venir grâce à LHC et Belle II
  - Décisions sur les projets majeurs attendues dans les deux prochaines années
- Une refondation ne s'impose pas naturellement mais pourrait aider aux réalisations majeures de l'avenir.  
(cf. ILC, CLIC, FCC)
- Dans le cas où le projet de refondation serait basé sur une grande structure unique, un statut dérogatoire pourrait être considéré.
- Nouvelle structure dans la vallée doit tenir en compte des initiatives du département P2I de l'Université Paris-Saclay