

Beauté, symétrie
et 116 g de silicium

Presenté par Jérôme Baudot, pour le groupe Belle II de l'IPHC

The suspects

Cadres du réseau



Jérôme Baudot



Giulio Dujany



Christian Finck



Isabelle Ripp-Baudot

Apprentis (docteurs)



Corentin Santos



Mattéo Maushart



Merna Abumusabh



Sahil Saha



Petros Stavroulakis



Pere Gironella

Tout juste innocentés

Comprendre par les symétries

■ Conservation du moment cinétique



Contrôle vitesse de rotation



Effet gyroscopique => stabilité du vélo

Comprendre par les symétries

■ Conservation du moment cinétique



Contrôle vitesse de rotation



Effet gyroscopique => stabilité du vélo

■ Particules élémentaires



Un zoo ?

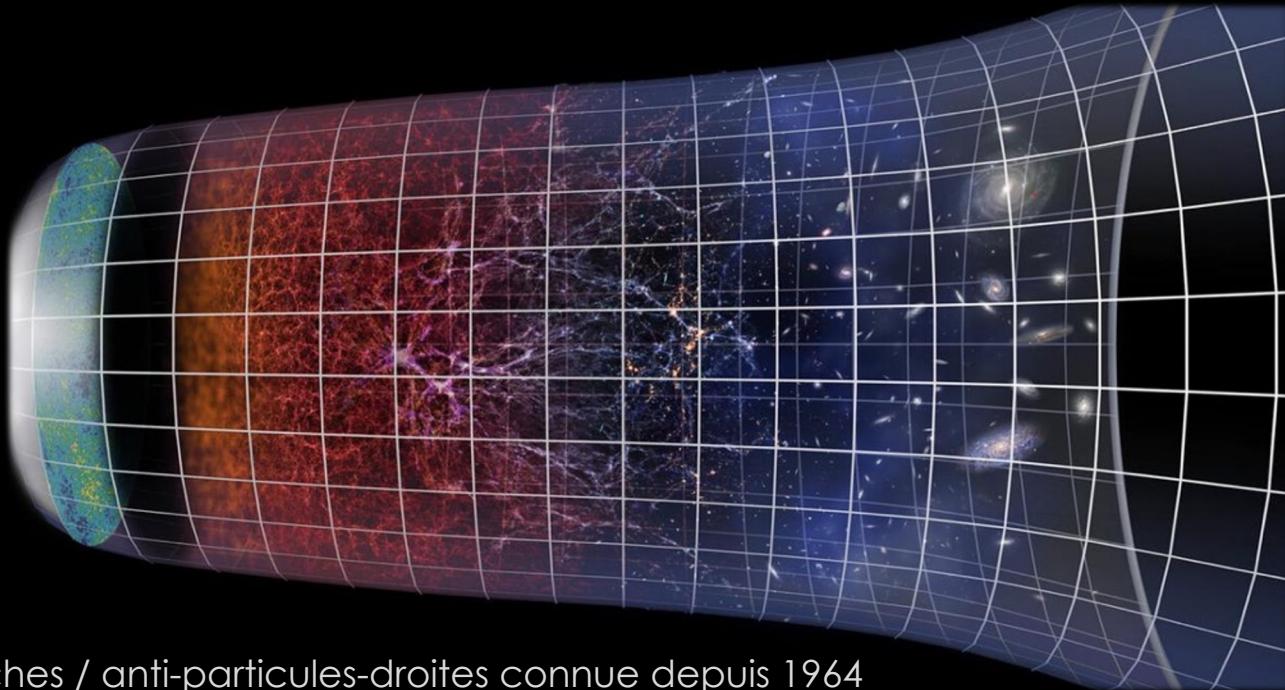
Non, une belle organisation !

Particules de matière (fermions)				Particules d'interactions	boson de masse
QUARKS	I	II	III	t	H
u	2.4 MeV +2/3 1/2 up	1.27 GeV +2/3 1/2 charm	171.2 GeV +2/3 1/2 top	0 0 1 photon	125 GeV 0 0 boson de Higgs
d	4.8 MeV -1/3 1/2 down	104 GeV -1/3 1/2 strange	4.2 GeV -1/3 1/2 bottom	0 0 1 gluon	
e	<2.2 eV 0 1/2 neutrino électronique	<0.17 MeV 0 1/2 neutrino muonique	<15.5 MeV 0 1/2 neutrino tauique	Z0 boson Z	
LEPTONS	511 KeV -1 1/2 électron	105.7 MeV -1 1/2 muon	1.777 GeV -1 1/2 tau	W± bosons W	H boson H
nom spin charge électrique masse symbole					

=> Symétries sous-jacente quantiques

Symétrie gauche-droite, la gardienne de l'univers?

BIG BANG
Symétrique particules / anti-particules

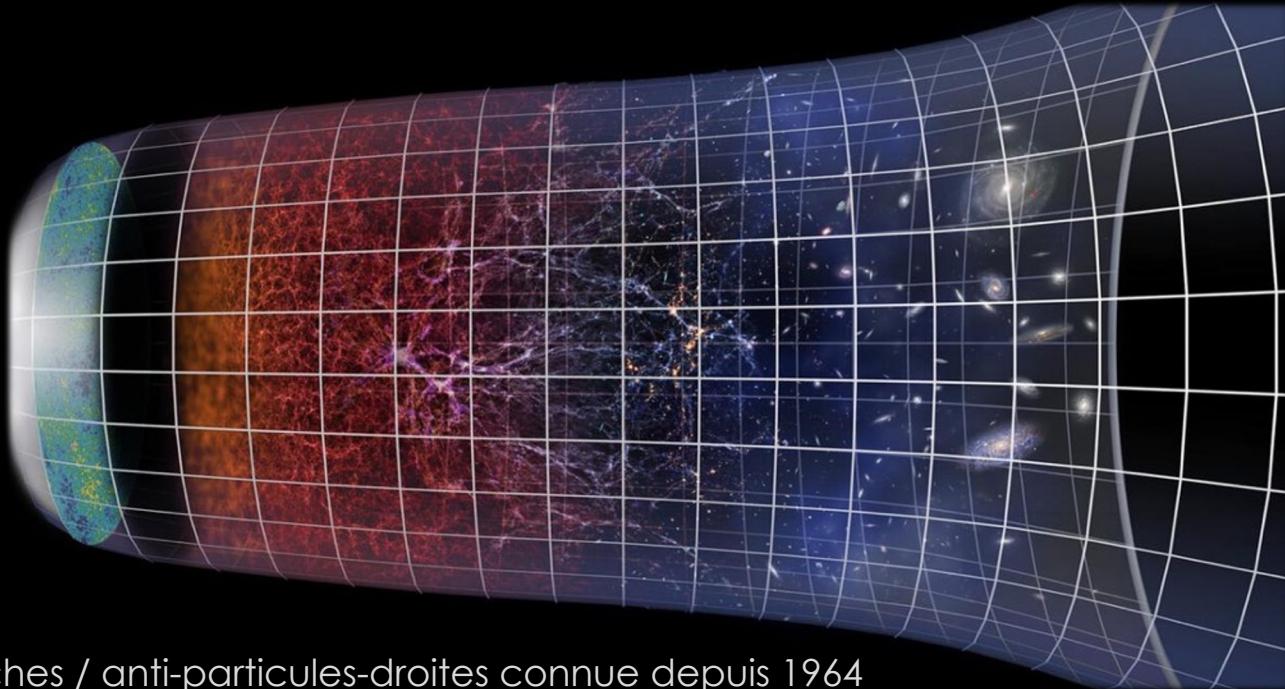


Univers de matière !

Asymétrie particules-gauches / anti-particules-droites connue depuis 1964
Confirmé (2008) avec les particules de **beauté B** ... mais insuffisante !

Symétrie gauche-droite, la gardienne de l'univers?

BIG BANG
Symétrique particules / anti-particules



Univers de matière !

Asymétrie particules-gauches / anti-particules-droites connue depuis 1964
Confirmé (2008) avec les particules de **beauté B** ... mais insuffisante !

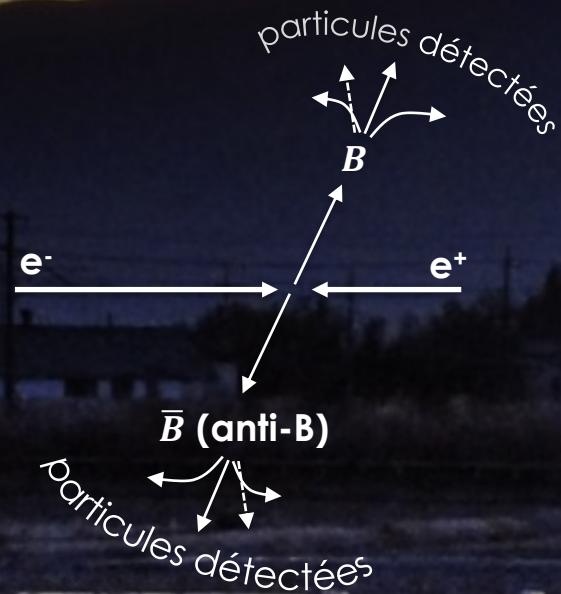
Une asymétrie gauche/droite également observée (1956)

Cette asymétrie est-elle fondamentale, si oui pourquoi ?

Si non, possible restauration symétrie gauche-droite avec une **nouvelle** physique ?

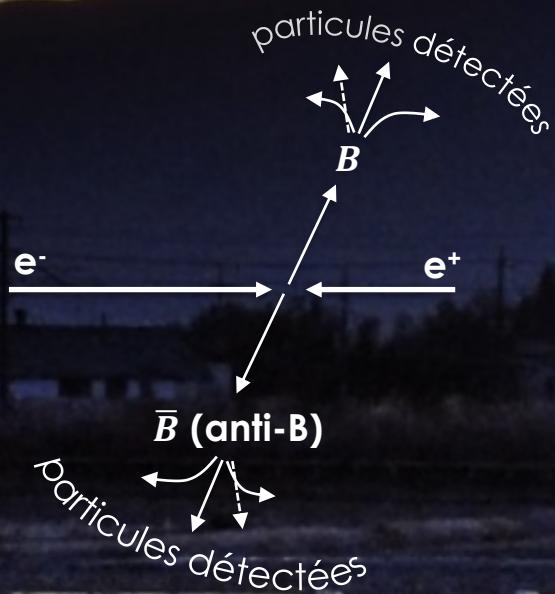
Belle II: the place to be!

- Etat final simple et intriqué
 - idéal pour identifier états finals complexes
- => recherche manifestation symétrie Gauche-Droite



Belle II: the place to be!

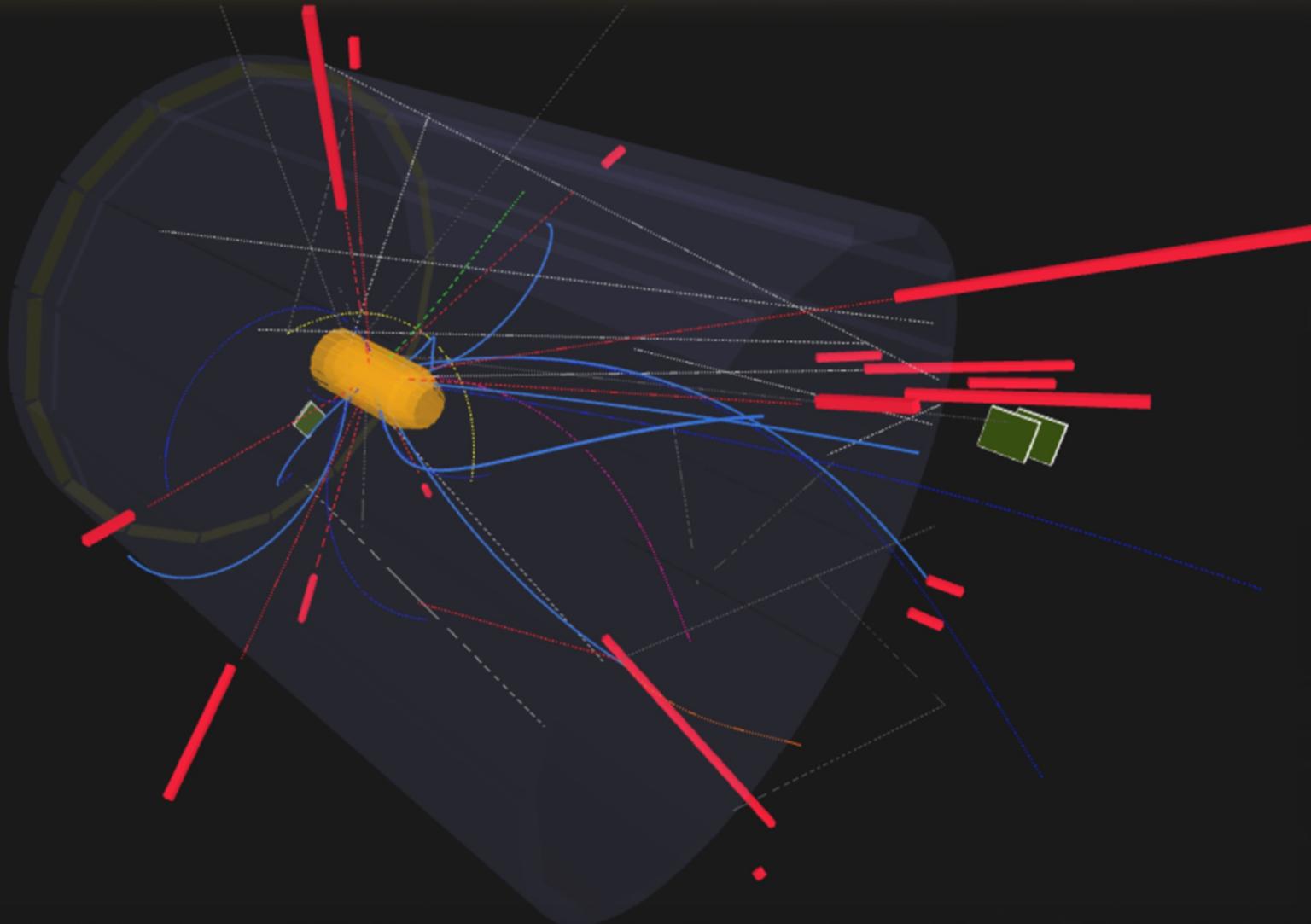
- Etat final simple et intriqué
 - idéal pour identifier états finals complexes
- => recherche manifestation symétrie Gauche-Droite



Condition du succès pour SuperKEKB

luminosité extrême => 50 milliards de paires $B\bar{B}$ attendues
aujourd'hui : 600 millions accumulés

Belle II: the place to be!



Symétrie Gauche-Droite pour $B^0 \rightarrow K_S^0 \pi^+ \pi^- \gamma$?

Nombreuses étapes

Reem Rasheed thèse 2017-20

Sviatoslav Bilokin postdoc 2017-2019

Tristan Fillinger thèse 2019-22

Varghese Babu postdoc 2021-23

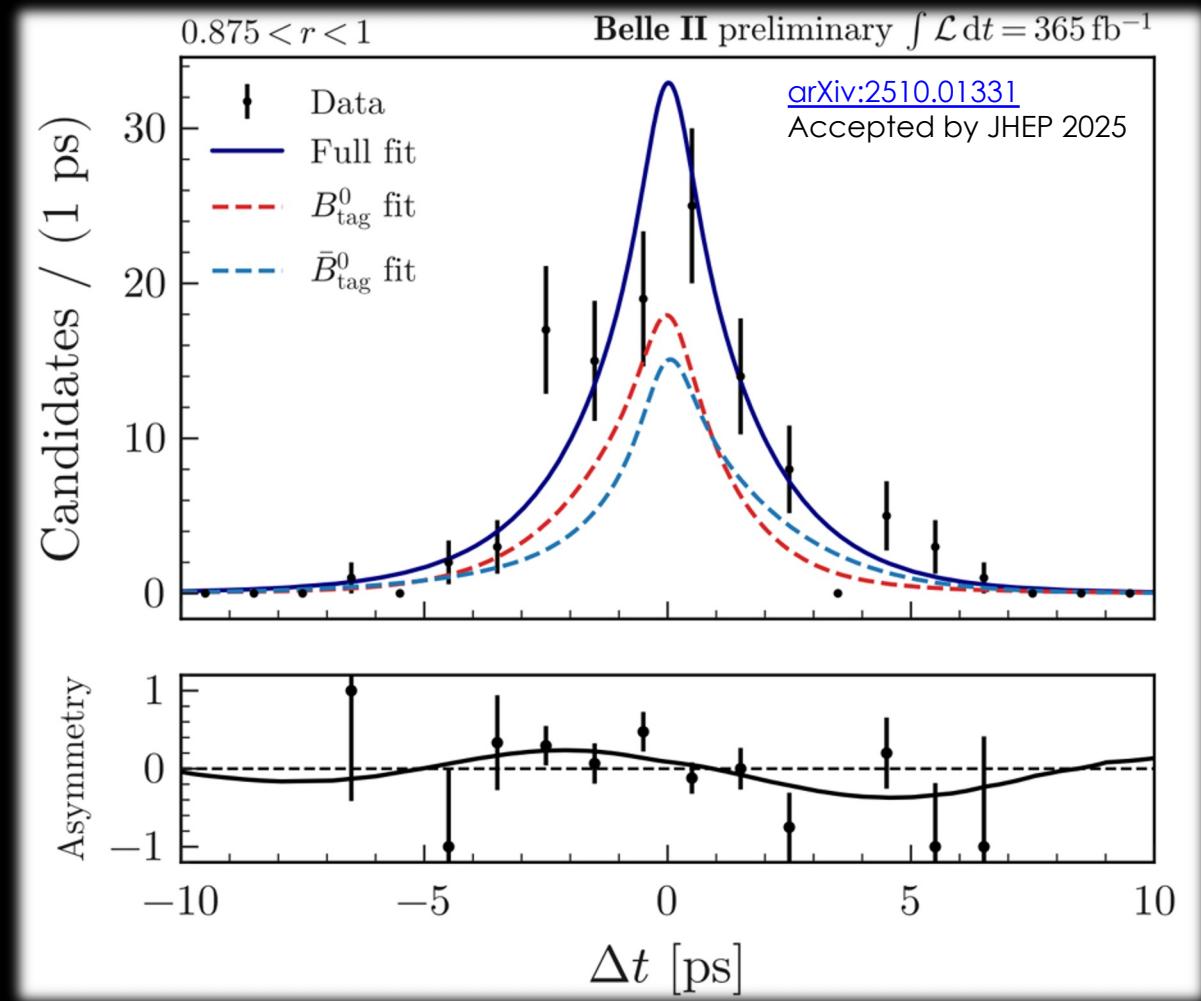
Petros Stavroulakis thèse 2022-25

Pere Gironella postdoc 2023-25

Résultat publié ... avant-hier !

Asymétrie $B\bar{B}$ non nulle => symétrie Gauche-Droite

=> $-0.29 \pm 0.11 \pm 0.05$ compatible avec 0



Symétrie Gauche-Droite pour $B^0 \rightarrow K_S^0 \pi^+ \pi^- \gamma$?

Nombreuses étapes

Reem Rasheed thèse 2017-20

Sviatoslav Bilokin postdoc 2017-2019

Tristan Fillinger thèse 2019-22

Varghese Babu postdoc 2021-23

Petros Stavroulakis thèse 2022-25

Pere Gironella postdoc 2023-25

Résultat publié ... avant-hier !

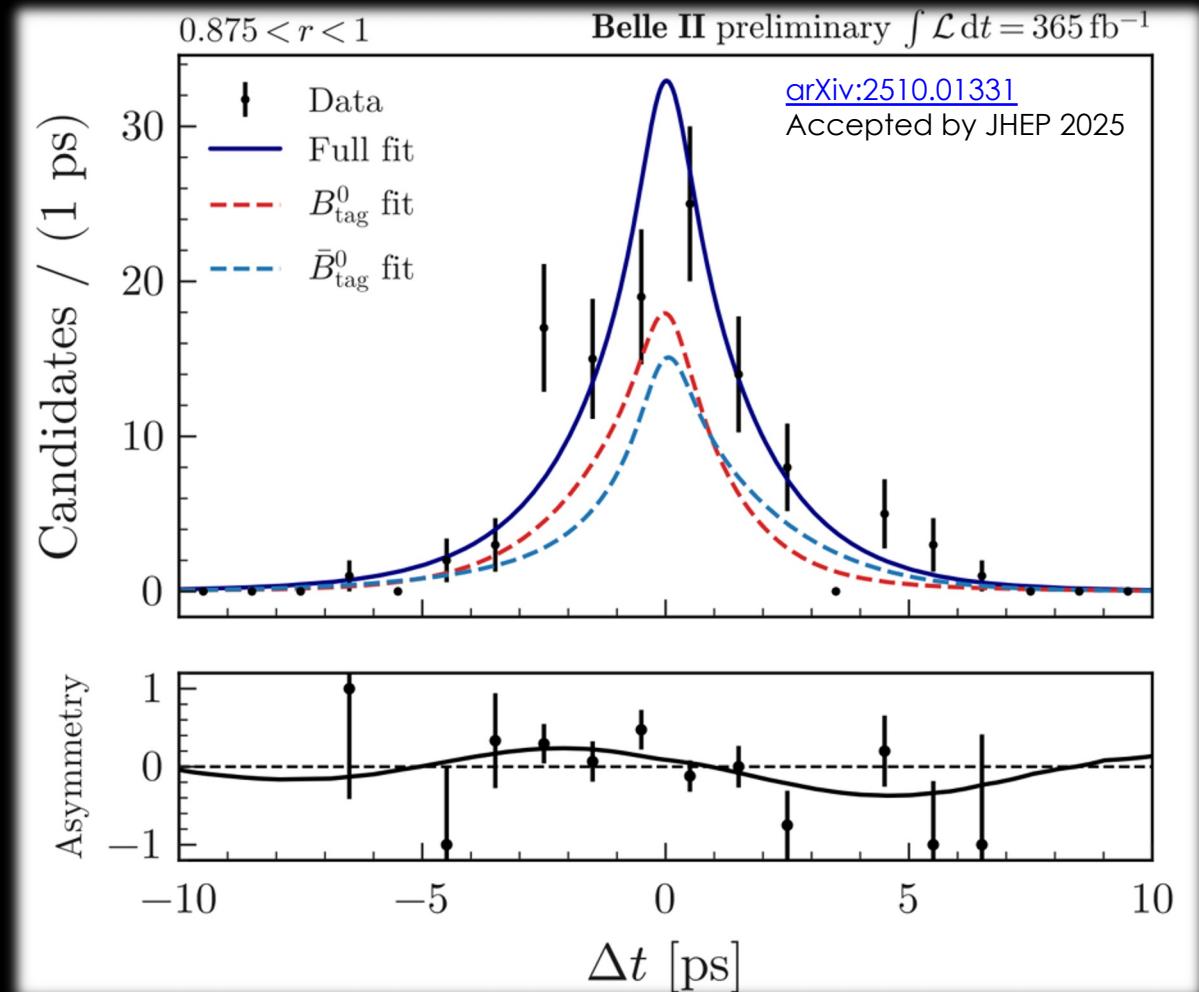
Asymétrie $B\bar{B}$ non nulle => symétrie Gauche-Droite

=> $-0.29 \pm 0.11 \pm 0.05$ compatible avec 0

Perspective: contraindre nouvelles théories

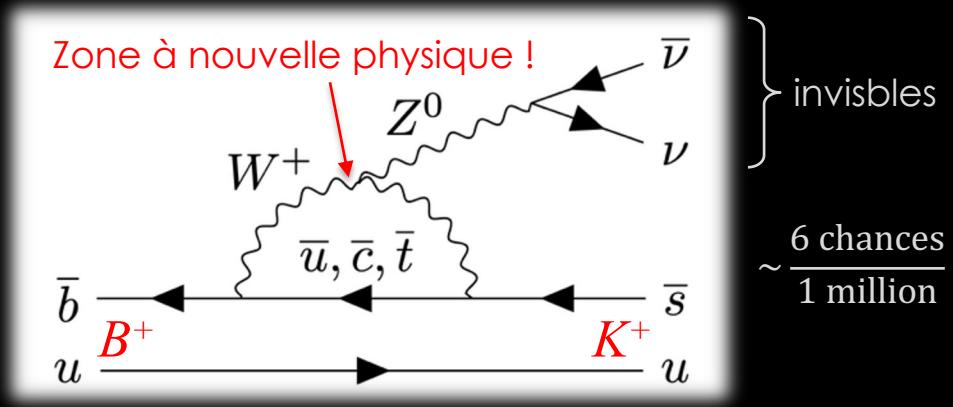
Compréhension fine transitions $B^0 \rightarrow K^* \gamma \rightarrow K_S^0 \pi^+ \pi^- \gamma$

Thèses Mattéo Maushart & Sahil Saha, 2024-



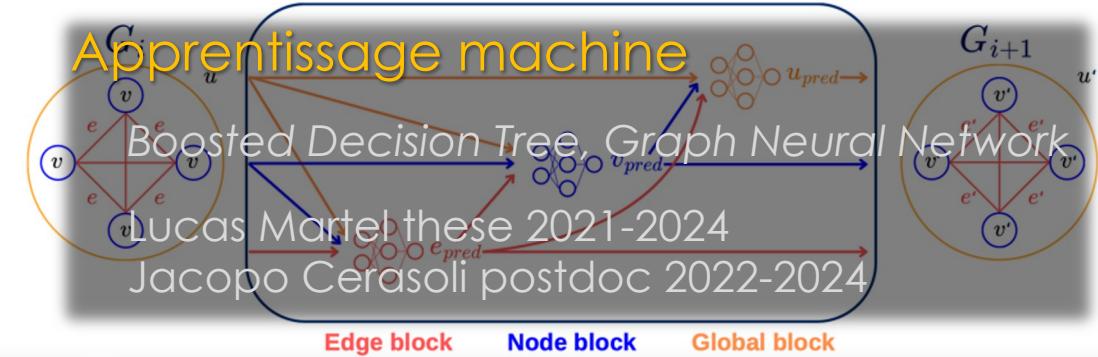
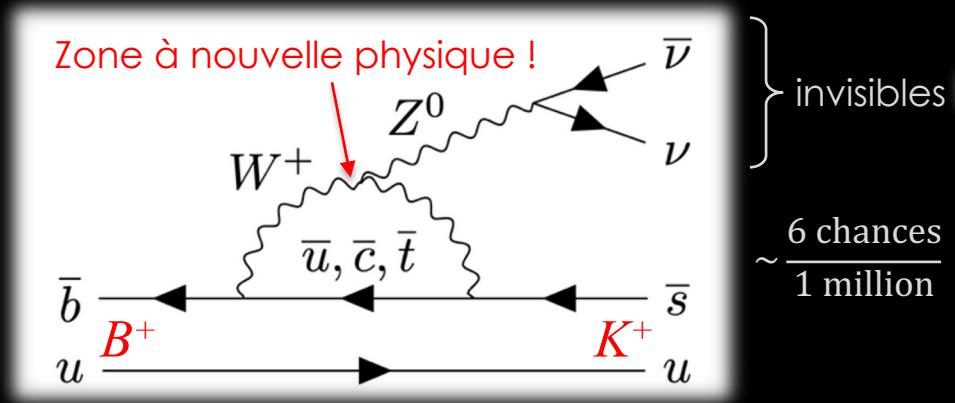
Une famille bien étrange

Une transition très rare & fantomatique



Une famille bien étrange

Une transition très rare & fantomatique



PHYSICAL REVIEW D 109, 112006 (2024)

Evidence for $B^+ \rightarrow K^+ \bar{\nu} \nu$ decays

Résultat inattendu !

Observé à 3.5 écart standard
2.7 écarts standards / probabilité attendue
=> 199 citations

Perspective de découverte

Diversification états finals $K^{(*)}$

Thèses Corentin Santos 2023-
Merna Abumusabh 2024-

La prise de données au Japon

Détecteur silicium

- Contrôle en ligne ~ milliers de paramètres

Développeurs: Christian Bonin, Christian Finck, Jean-Sébastien Pelle

Shifteurs: Giulio Dujany, Isabelle Ripp

- Calibrage

Giulio Dujany

- Experts sur place

Christian Finck, Jérôme Baudot



Production des données de l'expérience

- Supervision pour tout Belle II

Giulio Dujany, Pere Gironella,
Merna Abumusabh, Sahil Saha

- Contribution de la plateforme SCIGNE

Jérôme Pansanel, Isabelle Ripp



Les multiples vies d'une expérience

2032: arrêt pour upgrade SuperKEKB

Pour 50 milliards $B\bar{B}$ => Luminosité $6 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

10x fois plus que HL-LHC

Nouveaux aimants => hauteur faisceau $\sim 60 \text{ nm}$



Installation aimant existant dans Belle II, 2019

Une luminosité aveuglante ?

collisions
élémentaires

émissions parasites
/ champs faisceau



Taux de particules plus élevées

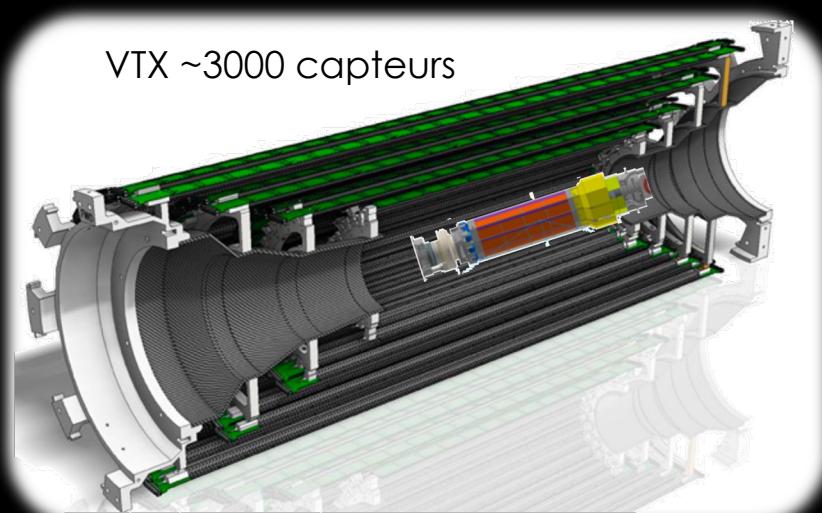
Plus de radiations

Nouvelles couches de detection au Coeur de Belle II

situation similaire au futur collisionneur circulaire
FCCee du CERN

Le projet VTX

Proposé et piloté par l'IPHC, grâce à la technologie du C4Pi
21 laboratoires sur 8 pays

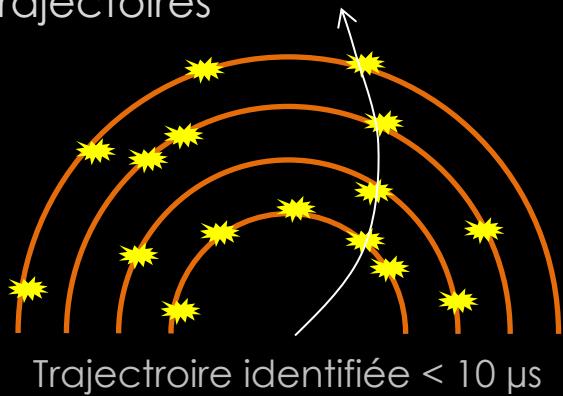
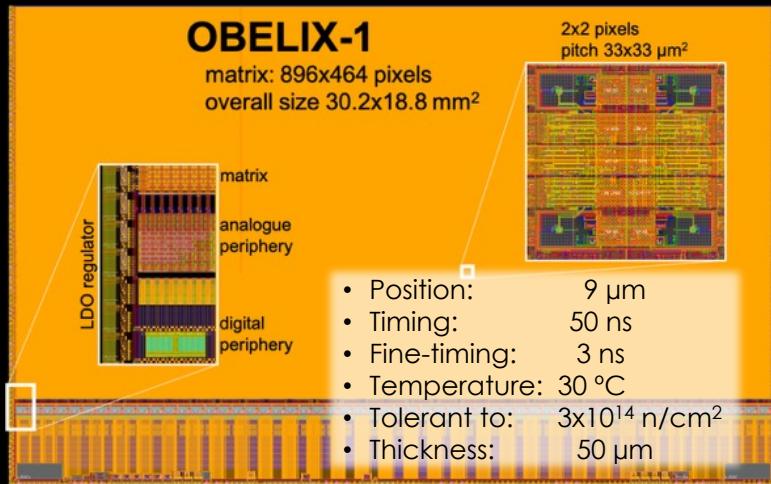


Le projet VTX

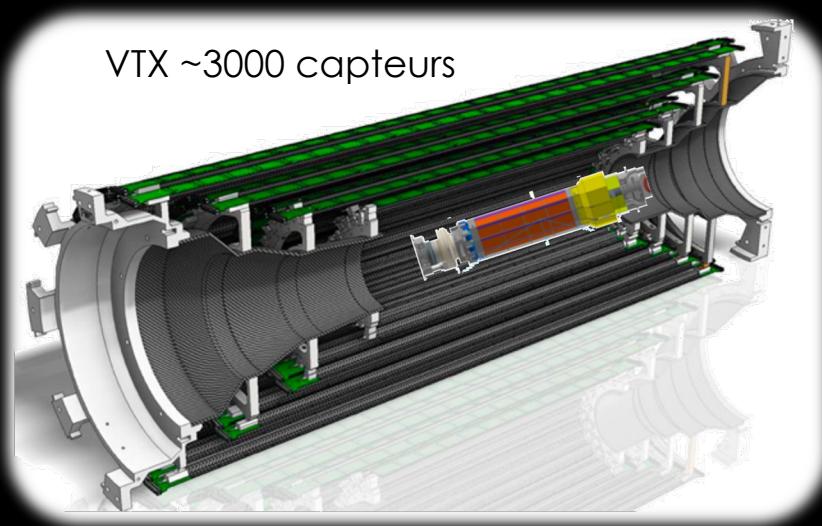
Proposé et piloté par l'IPHC, grâce à la technologie du C4Pi
21 laboratoires sur 8 pays

OBELIX: 1 capteur CMOS et 4 défis

- **Rapide:** 120 millions particules/seconde
- **Intelligent:** reconnaissance en ligne des trajectoires
- **Radio-tolerant** à température ambiante
- **Léger:** 116 g de silicium sur 1 m²



Gregory Bertolone, Andrei Dorokhov,
Luca Federici, Fadoua Guezzi-Messaoud,
Kader Himmi, Hung Pham,
Elio Sacchetti, Rachid Sefri, Isabelle Valin

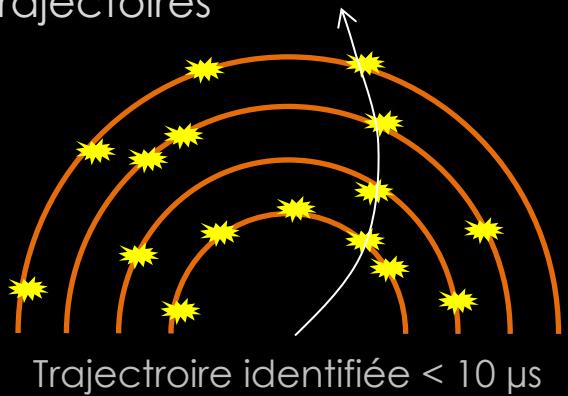


Le projet VTX

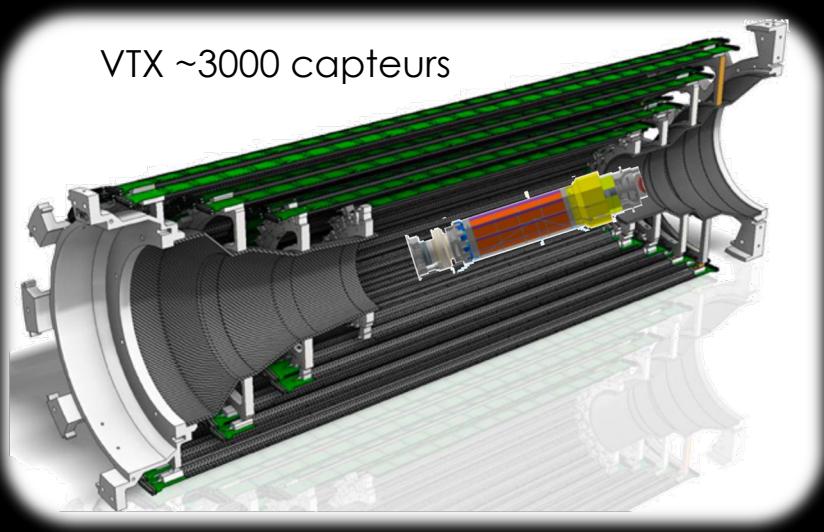
Proposé et piloté par l'IPHC, grâce à la technologie du C4Pi
21 laboratoires sur 8 pays

OBELIX: 1 capteur CMOS et 4 défis

- **Rapide:** 120 millions particules/seconde
- **Intelligent:** reconnaissance en ligne des trajectoires
- **Radio-tolerant** à température ambiante
- **Léger:** 116 g de silicium sur 1 m²



Gregory Bertolone, Andrei Dorokhov,
Luca Federici, Fadoua Guezzi-Messaoud,
Kader Himmi, Hung Pham,
Elio Sacchetti, Rachid Sefri, Isabelle Valin



Groupe Belle II de l'IPHC

- Analyses de physique
- Opération du détecteur
- R&D instrumentation avec C4Pi
- Bientôt construction d'un nouveau détecteur

MERCI pour le support /

- Voyages au Japon
- Informatique
- Achats
- Demandes stagiaires
- Demandes FSD

The Belle II collaboration, O(1000) people

