



The diagram shows three lines originating from a single point at the top center of the slide. The leftmost line is labeled  $B^0$ , the middle line is labeled  $\tau^+$ , and the rightmost line is labeled  $D^0$ . These lines extend downwards towards the title area.

# **L'expérience Belle II et le démarrage de SuperKEKB**

plan :

- motivations scientifiques
- dispositif expérimental
- mise en route du collisionneur
- sensibilité des mesures

# Motivation scientifique : les mesures de précision

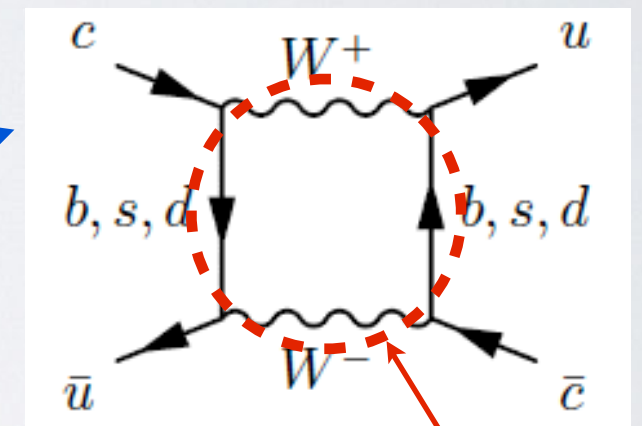
- Physique au-delà du MS : où ? quoi ? Très peu d'indications expérimentales :
  - saveur leptonique non conservée,
  - nouvelle source de violation de CP,
  - matière noire et énergie noire,
  - quelques signaux  $\sim 3\sigma$  troublants, généralement dans le secteur des saveurs :  
muon g-2,  $\sin^2\theta_W$ ,  $B \rightarrow \tau \nu$ ,  $B \rightarrow D^{(*)} \tau \nu$ ,  $V_{ub}$ ,  $\sin 2\beta$  (arbre vs. pingouin),  
CPV directe dans  $B^0 \rightarrow K^+ \pi^-$  vs.  $B^+ \rightarrow K^+ \pi^0$  ...

Découvrir et comprendre la NP ne sera pas facile !

→ un effort global basé sur différents programmes :

- La voie quantique (frontière de l'intensité)
- La voie relativiste (frontière de l'énergie)

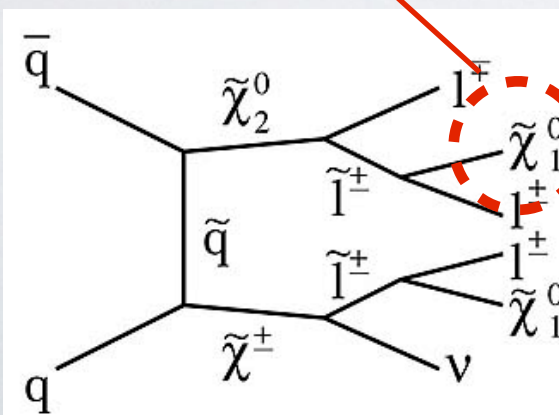
Belle-II,  
LHCb



new physics?

new physics?

ATLAS, CMS



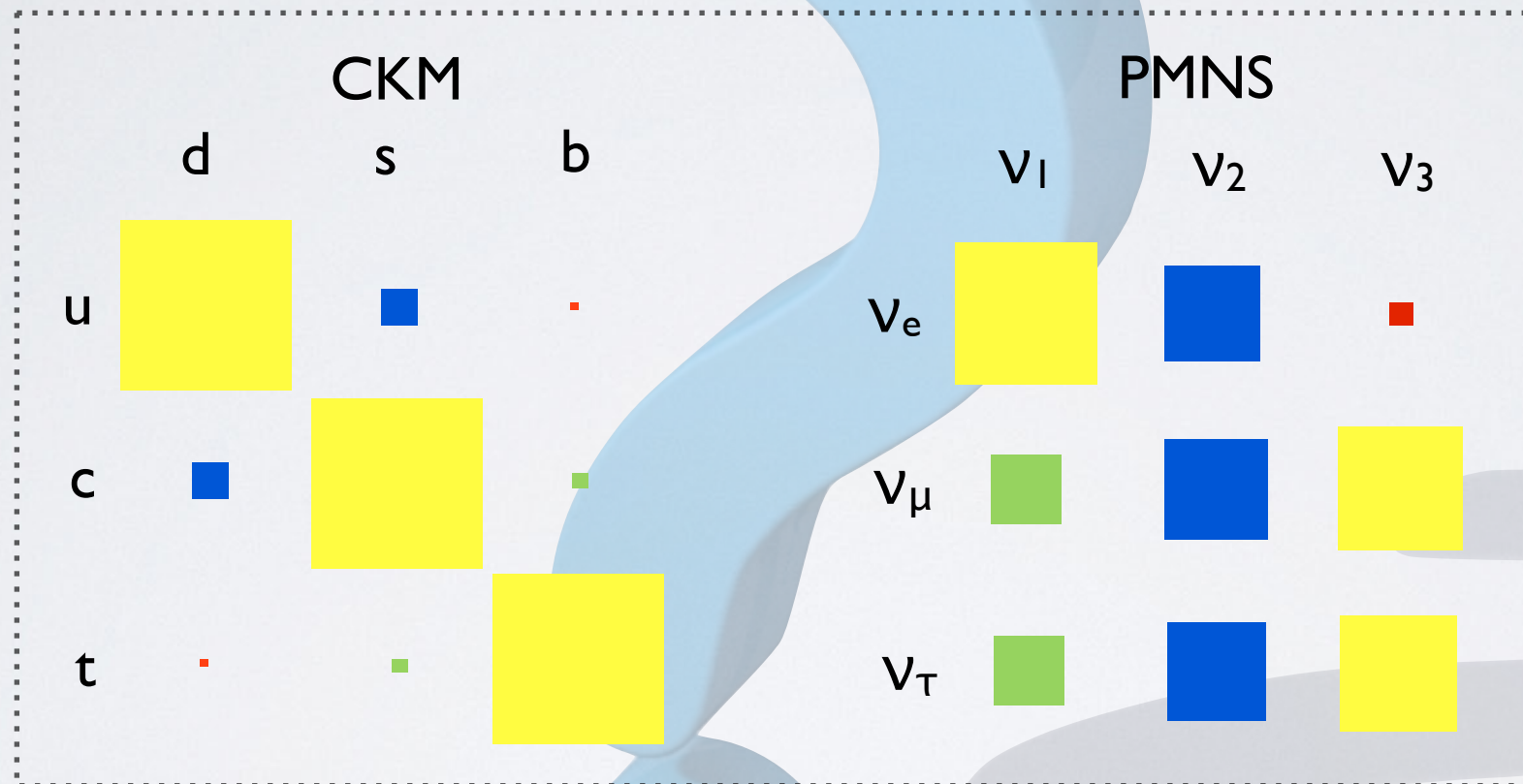
→ complémentarité / émulation entre les deux programmes :  
meilleure sensibilité à la Nouvelle Physique.



# Motivation scientifique : le secteur des saveurs

3 familles de fermions élémentaires ?

source supplémentaire de violation de CP ?



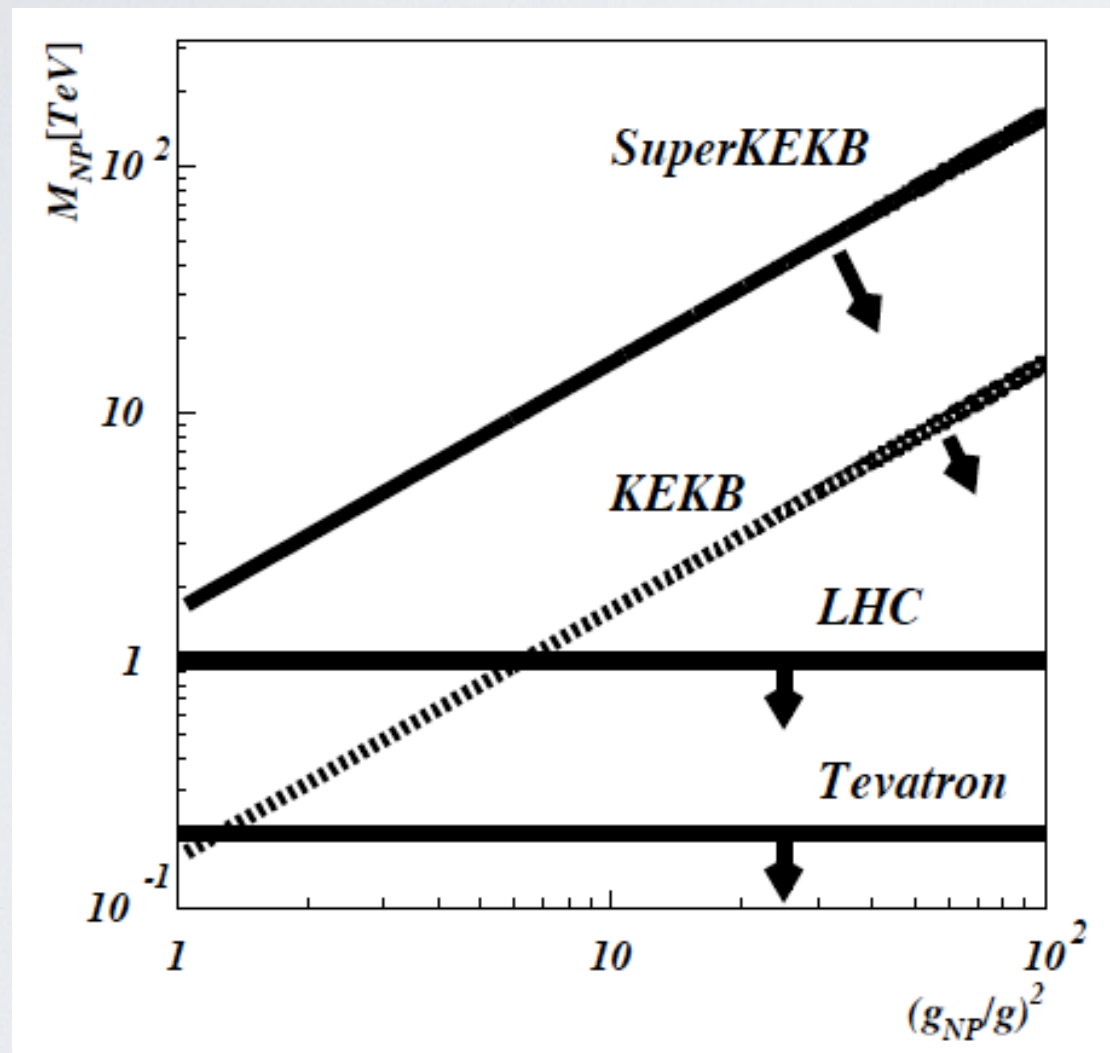
symétrie de saveur ?

unification quarks-leptons ?

hiérarchie des éléments de matrice ?

# Motivation scientifique : les processus impliquant des FCNC

- Historiquement, les mesures de FCNC ont permis des avancées essentielles : existence du quark charme, de la 3<sup>ème</sup> famille de quarks, masse du top, ...

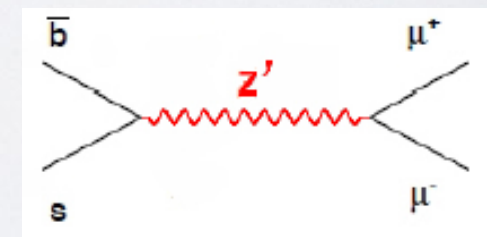
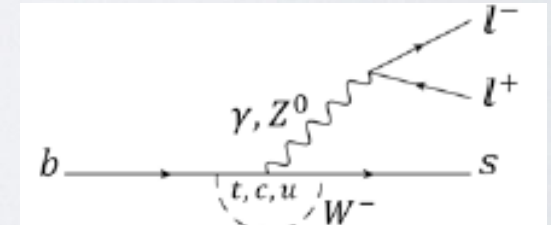
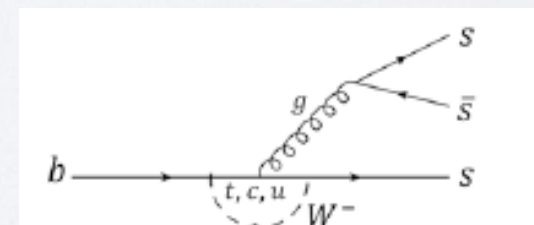
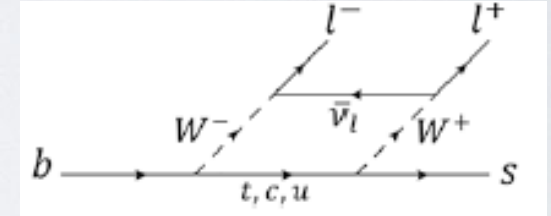
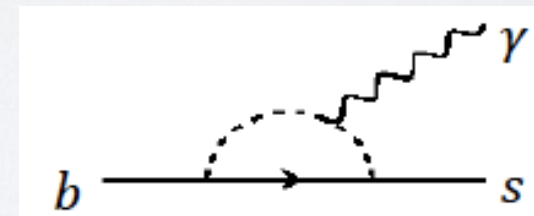


(NP flavour violating couplings  $\sim 1$  in MFV models)

→ mesures de FCNC très sensibles à NP, mais nécessitent :

- statistique élevée,
- bonne précision expérimentale,
- bonne compréhension théorique.

Quelques exemples :

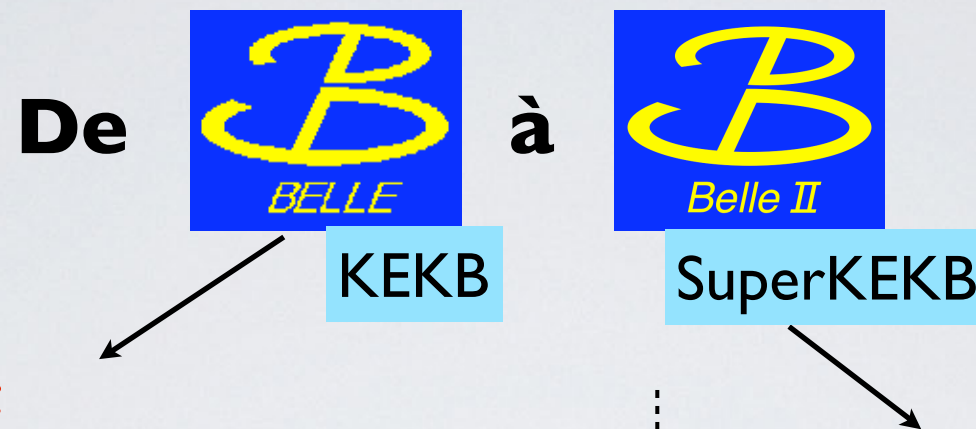




# Le programme de physique de Belle II

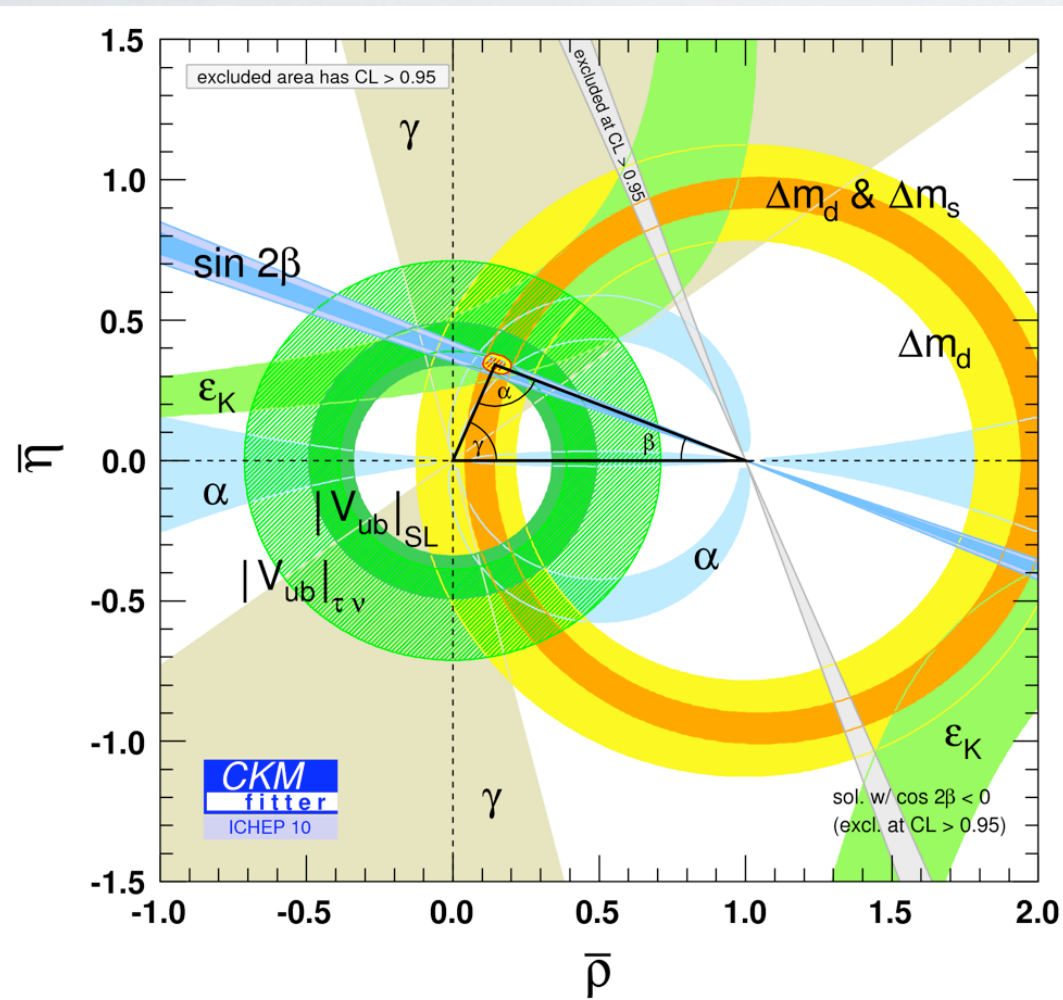
- Deux scénarios **quand Belle II démarre la prise de données (2017)** :
  - **NP n'est pas découverte** au LHC : rechercher des signaux indirects de NP, avec une sensibilité à une échelle d'énergie potentiellement plus élevée qu'au LHC.
  - **NP est découverte à l'échelle du TeV** au LHC : déterminer la structure en saveur des couplages de la NP, éliminer des théories BSM.
- ➔ rôle crucial de Belle II, avec un programme couvrant un vaste spectre de mesures :
  - Éléments de matrice CKM,
  - Désintégrations rares de mésons B,
  - Oscillation et CPV dans les  $B^0$  et les  $D^0$ ,
  - Physique du  $B_s^0$ ,
  - Physique du  $\tau^+$ ,
  - Paramètres électrofaibles,
  - Spectroscopie,
  - Recherches directes (dark sector, low mass dark matter, ...).
- ➔ **double approche via les secteurs des quarks et des leptons chargés**





in quest of CPV:  
is SM with CKM correct?

- Luminosité instantanée :  $2.1 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$   
lumi. intégrée @  $\Upsilon(4S)$  :  $\sim 0.7 \text{ ab}^{-1}$  1999-2010.



in quest of BSM:  
in which way is the SM wrong?

- cf. les succès actuels du MS :  
nécessite statistique  $\times \sim 100$
- Luminosité intégrée de  $50 \text{ ab}^{-1}$ ,  
obtenue en  $\sim 6$  ans grâce à  
luminosité instantanée =  $\text{KEKB} \times 40$   
 $= 0.8 \times 10^{36} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- $\sim 10^{10} B^0 \bar{B}^0$  et  $B^+ B^-$  cohérents et boostés,  
et  $c\bar{c}$ ,  $\tau^+ \tau^-$  boostés.
- Lol : 2004
- Collaboration : déc. 2008
- TDR détecteur : 2010, arXiv:1011.0352,  
physique : 2010, arXiv:1002.5012.



# La collaboration Belle II

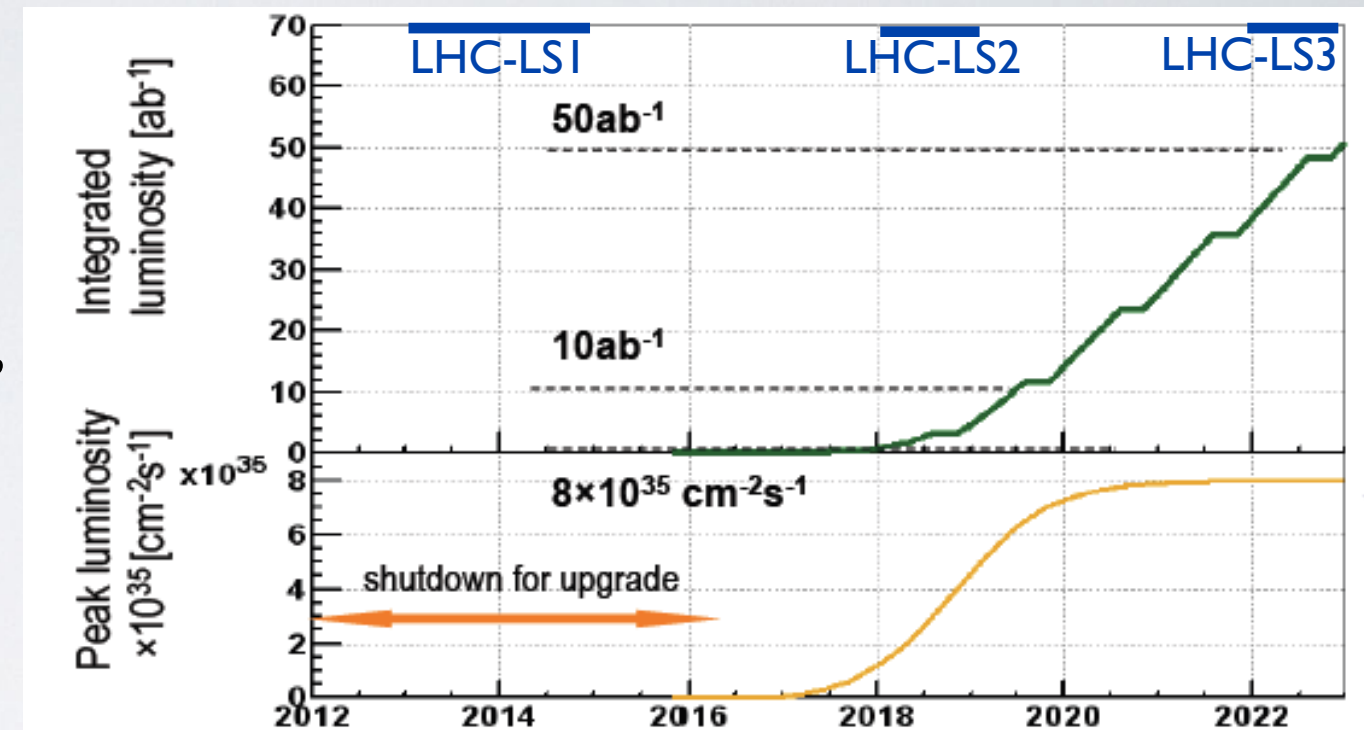
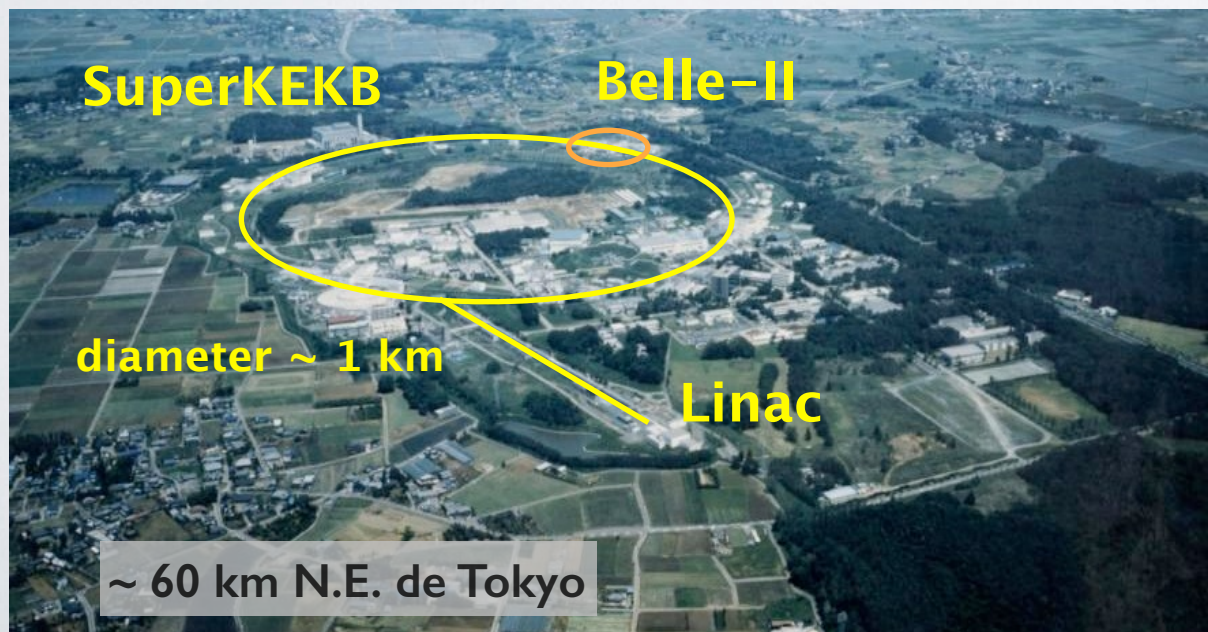


mi-2014 : IPHC-Strasbourg et LAL-Orsay membres du projet BEAST  
(commissioning de SuperKEKB)



# Le collisionneur SuperKEKB

- Faisceaux asymétriques :  $e^-$  7 GeV -  $e^+$  4 GeV.  
Collisions  $E_{c.m.} = M_{Y(4S)}$  and  $M_{Y(5S)}$ .
- Courants augmentés :  $\sim 2 \times$ KEKB  
modérément pour limiter le bruit de fond.
- Taille transverse du faisceau :  $\sim$ KEKB/20 en y,  
 $\sigma_x \times \sigma_y \sim 10 \mu\text{m} \times 60 \text{nm}$ .
- Large Piwinski crossing-angle:  
22 mrad (KEKB)  $\rightarrow$  83 mrad (SuperKEKB)  
 $\rightarrow$  Luminosité instantanée  $\times 40$  :  
 $0.8 \times 10^{36} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$



October 2016:  
start of data  
taking

end 2022:  
50 ab⁻¹ on  
tape

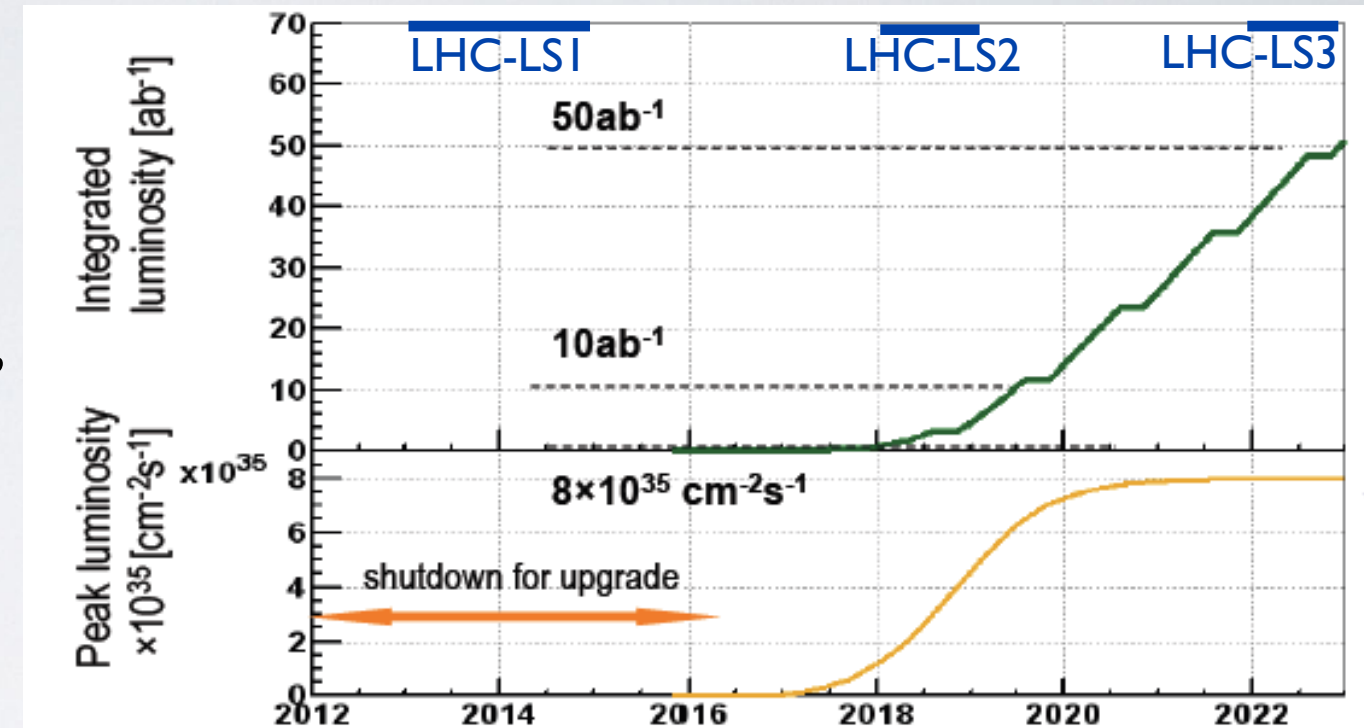
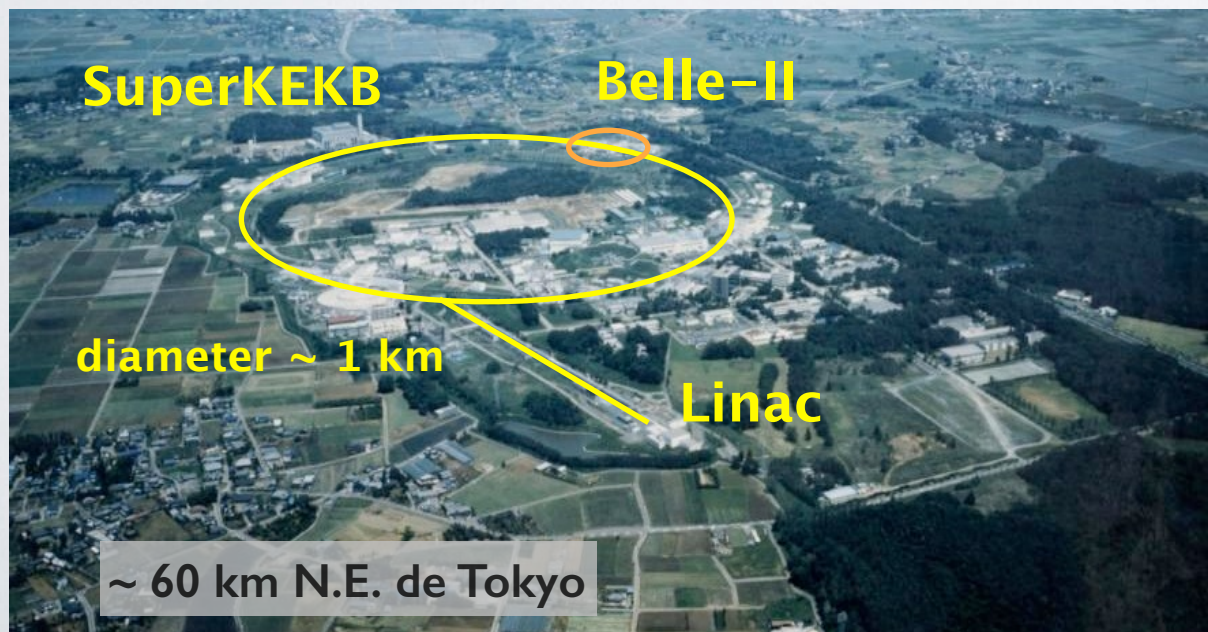
January 2015: BEAST II  
collider commissioning  
until  $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  reached.

~2020:  
10 ab⁻¹ on tape



# Le collisionneur SuperKEKB

- Faisceaux asymétriques :  $e^-$  7 GeV -  $e^+$  4 GeV.  
Collisions  $E_{c.m.} = M_{Y(4S)}$  and  $M_{Y(5S)}$ .
- Courants augmentés :  $\sim 2 \times$  KEKB  
modérément pour limiter le bruit de fond.
- Taille transverse du faisceau :  $\sim$  KEKB/20 en y,  
 $\sigma_x \times \sigma_y \sim 10 \mu\text{m} \times 60 \text{ nm}$ .
- Large Piwinski crossing-angle:  
22 mrad (KEKB)  $\rightarrow$  83 mrad (SuperKEKB)  
 $\rightarrow$  Luminosité instantanée  $\times 40$  :  
 $0.8 \times 10^{36} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$



October 2016:  
start of data  
taking

end 2022:  
50 ab⁻¹ on  
tape

January 2017:  
collision  
until 10<sup>35</sup> cm⁻²s⁻¹ reached.

~2020:  
10 ab⁻¹ on tape

1 an de retard pour raisons financières  
(l'accélérateur est prêt)



# Le collisionneur SuperKEKB (2)

Nouveau tunnel...



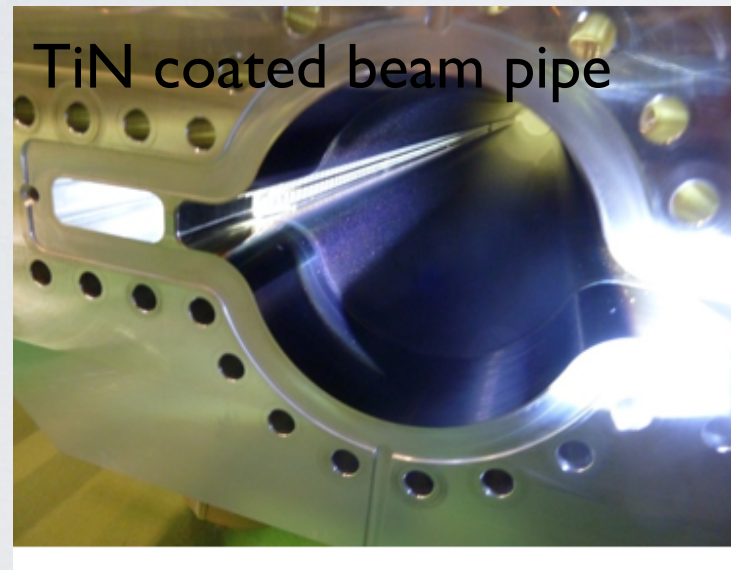
...couvert...



...enterré !



TiN coated beam pipe



Nov.2013: 75 % produits



Nouveaux aimants en place et testés (août 2013)



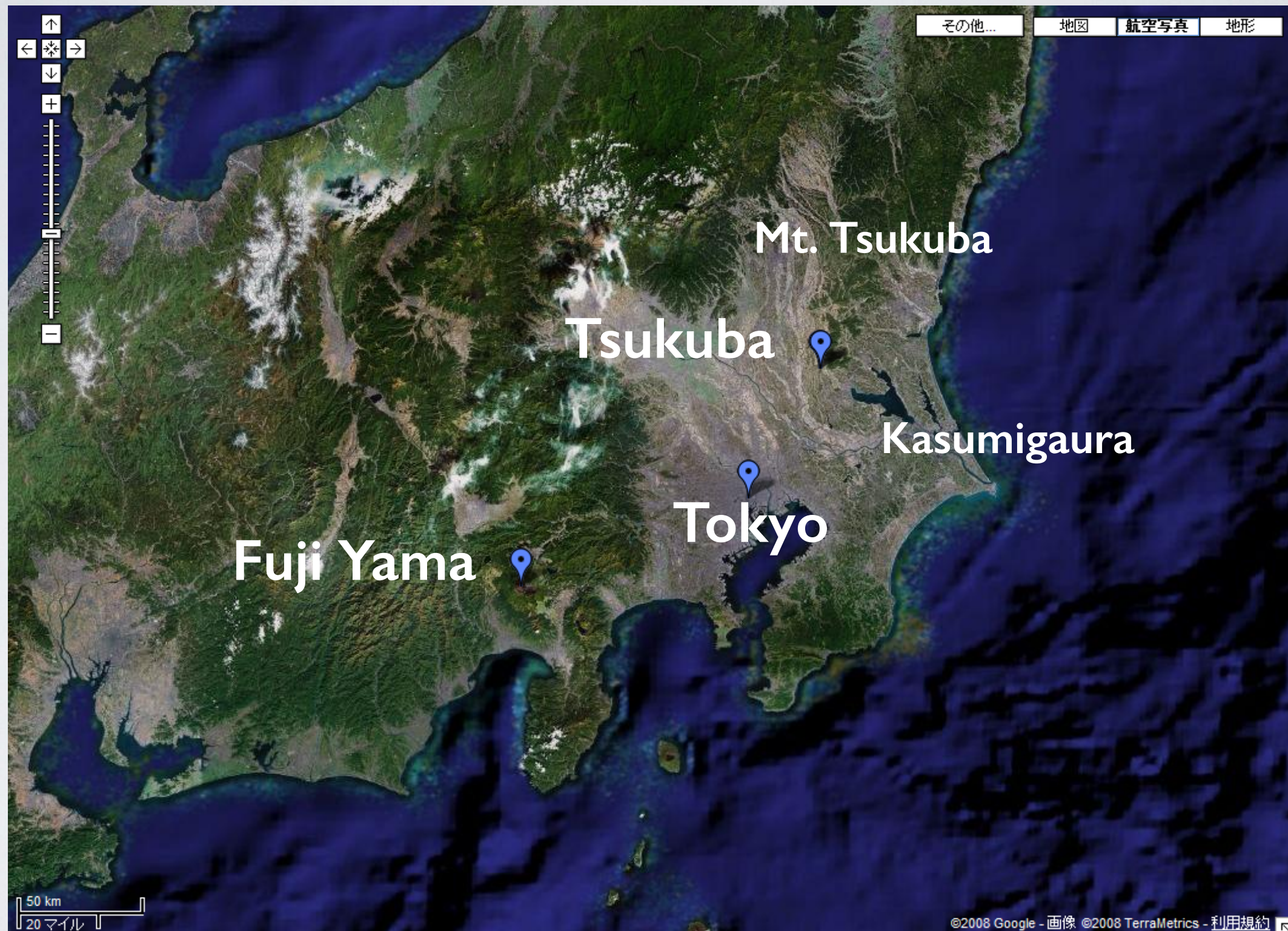
magnet power supply buildings



New LER chambers





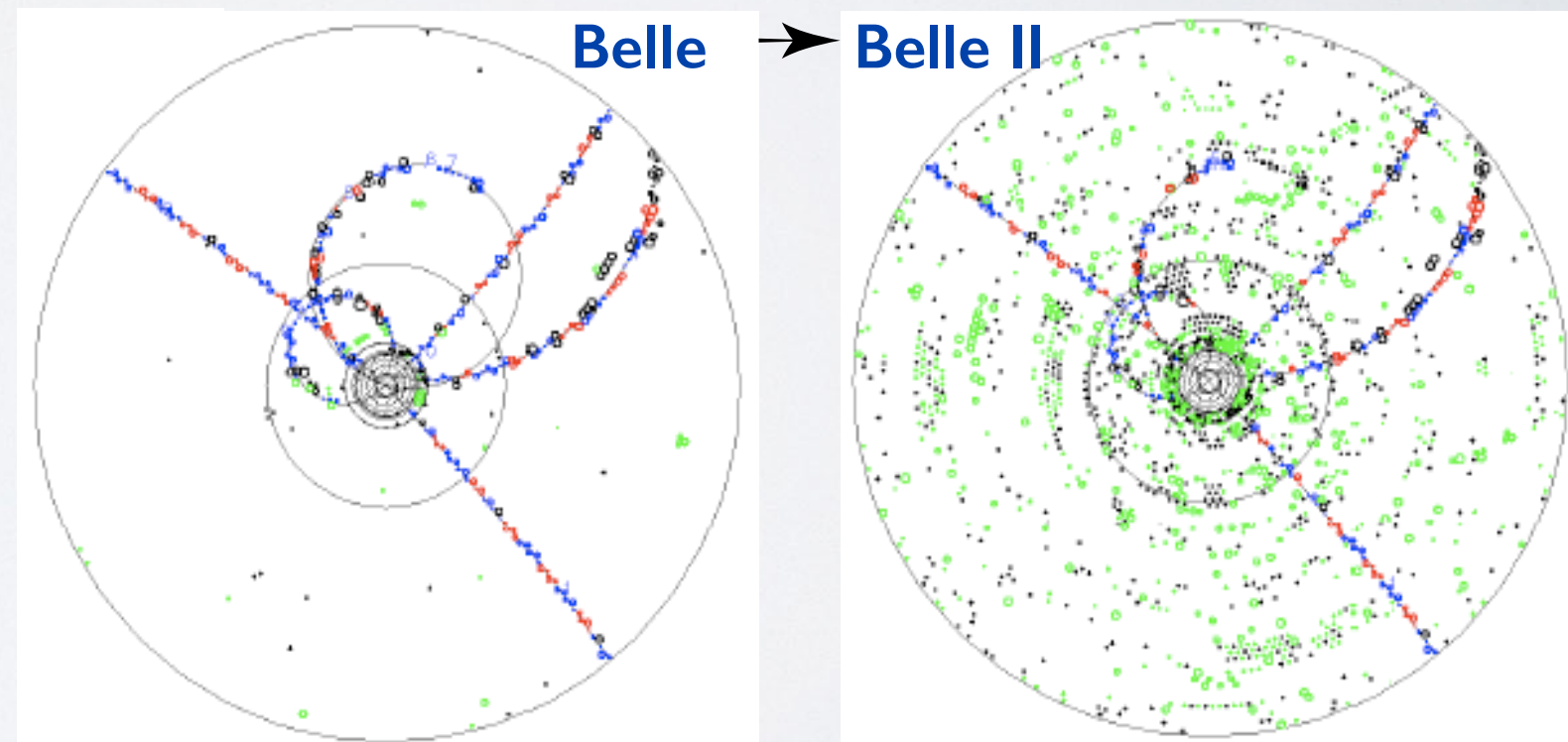




# Environnement expérimental

- **Taux d'acquisition plus élevé.**  
→ impacte le déclenchement, la DAQ, le flot de données, le calcul.
- **Augmentation des bruits de fond produits par les faisceaux :**  
Proportionnels au courant (*single-beam*) : Touschek, beam-gas, rayonnement synchrotron.  
Proportionnels à la lumi. (*beam-beam*) : Bhabha radiatifs, production QED paires  $e^+e^-$ .  
→
  - Radiations plus élevées : endommagent les détecteurs.
  - Taux d'occupation plus élevé : impacte la reconstruction des trajectoires et des énergies.
- **Asymétrie des faisceaux diminuée :**  
 $\beta\gamma = 0.28$  (0.42 à KEKB) → impacte la résolution sur les temps de vol.

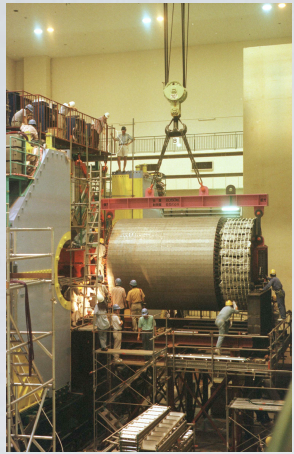
- **toutes les parties du détecteur Belle ont nécessité de la R&D :**
- Amélioration des performances : herméticité, particle-Id, tracking.
  - Adaptation au taux d'événement et de bruit de fond.





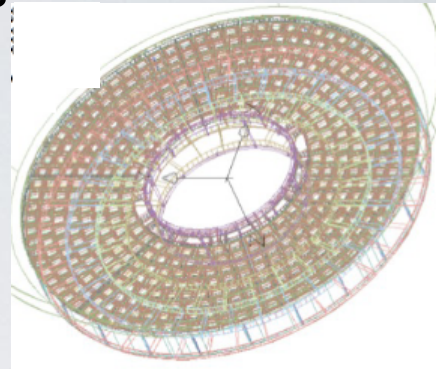
# Le détecteur Belle II

7.4 m × 7.1 m

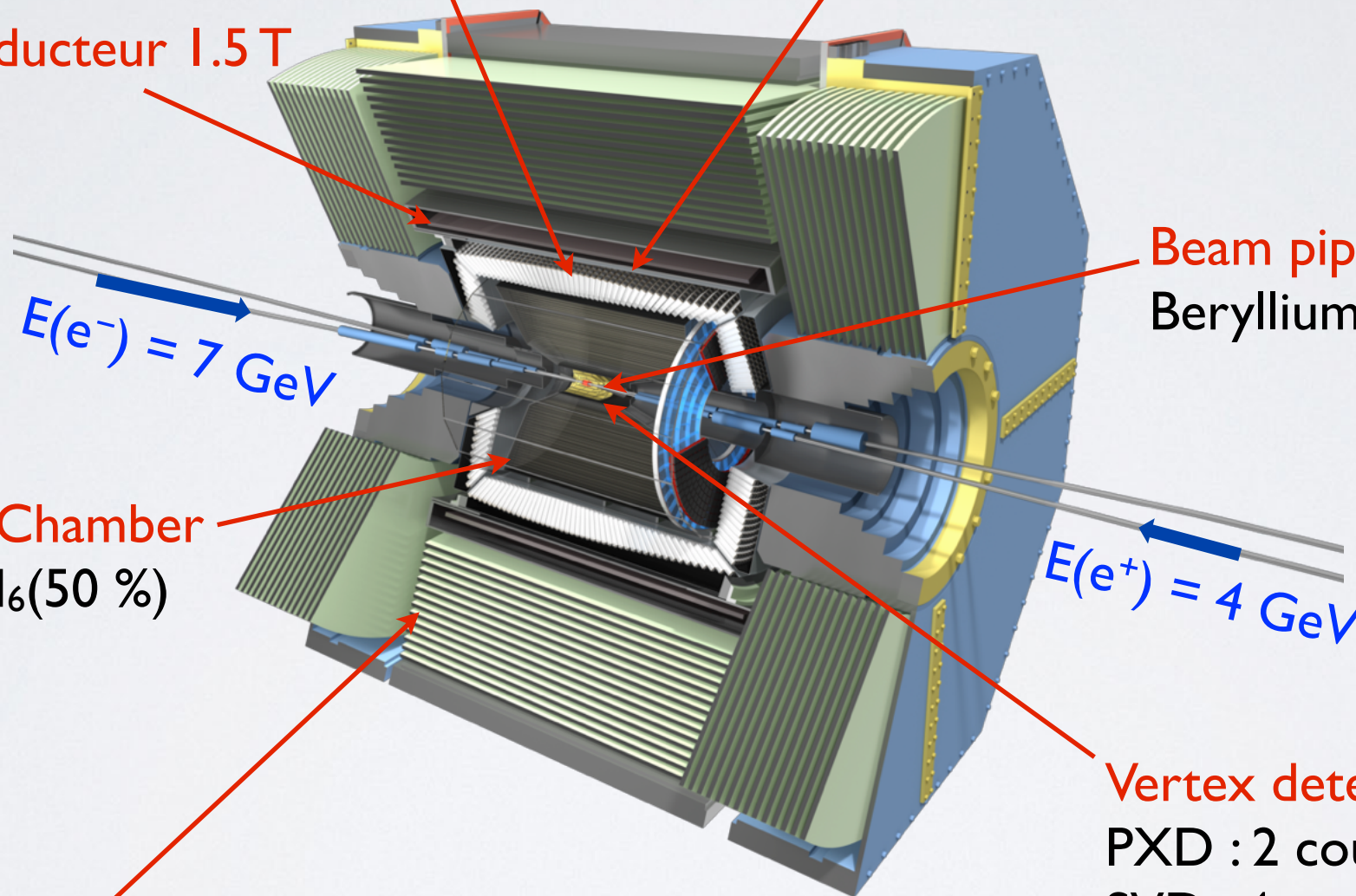
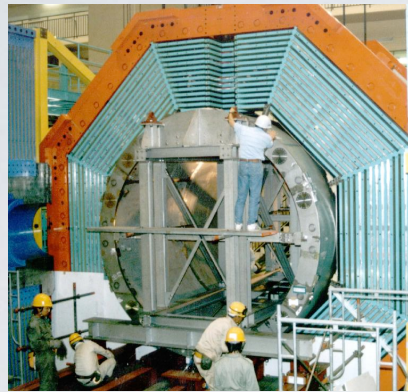


**Calorimètre EM**  
barrel : CsI(Tl)  
end-caps : pur CsI

**Particle-Id**  
barrel : Time-of-Propagation  
forward : focusing Aerogel RICH



**Solénoïde supraconducteur 1.5 T**



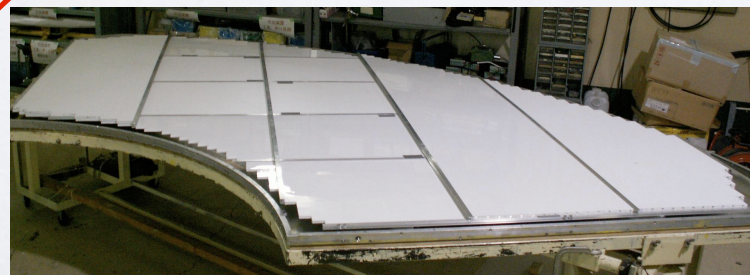
**Beam pipe @IR**  
Beryllium, rayon = 1 cm



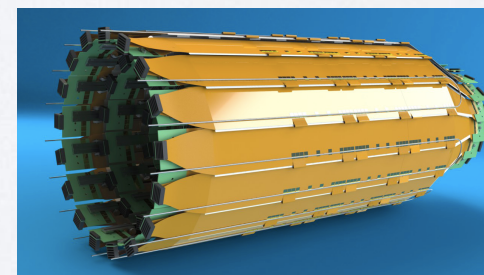
**Central Drift Chamber**  
He(50 %):C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(50 %)



**Vertex detector**  
PXD : 2 couches pixels DEPFET  
SVD : 4 couches strips double-faces



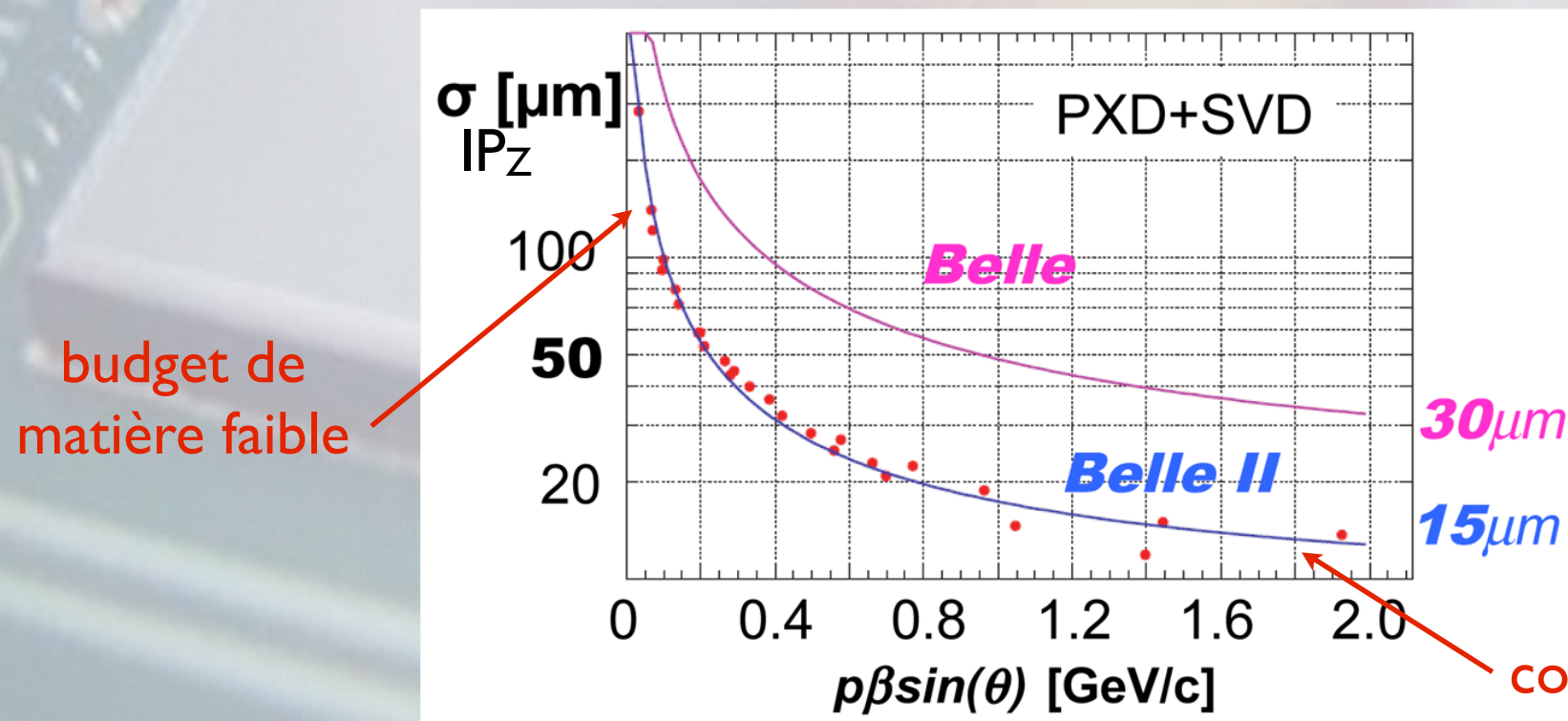
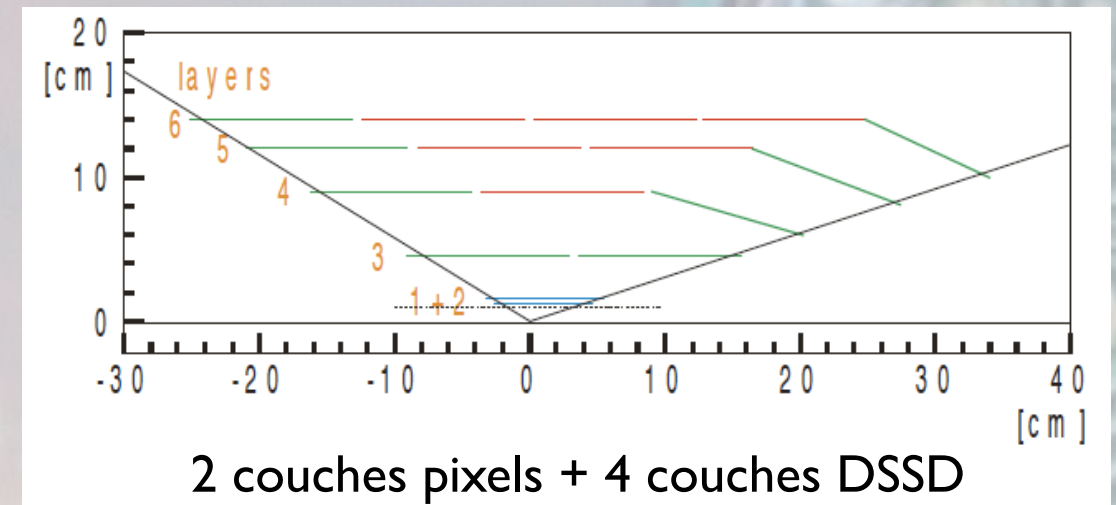
**K<sub>L</sub> and  $\mu$  detector**  
outer barrel : RPC  
end-caps + inner barrel : scintillateur + Si-PM





# Conception du trajectomètre interne

- Boost diminué à Belle II →  $\Delta z$  plus faible  
 $\sigma(\Delta t)$  dégradé.
- Thérapie :
  - 2 couches de pixels au plus proche du IP,
  - Beam spot diminué,
  - Rayon du beam pipe diminué à 1 cm.
- Taux d'occupation induit par le bruit de fond = problème majeur
  - importance du design global du trajectomètre et de l'algorithmie associée :  
utiliser le time stamp de la trace extrapolée outside-in.



→ Précision attendue sur  $\Delta t$   
2× meilleure qu'à Belle.

couches de pixels  
proches du beam-pipe



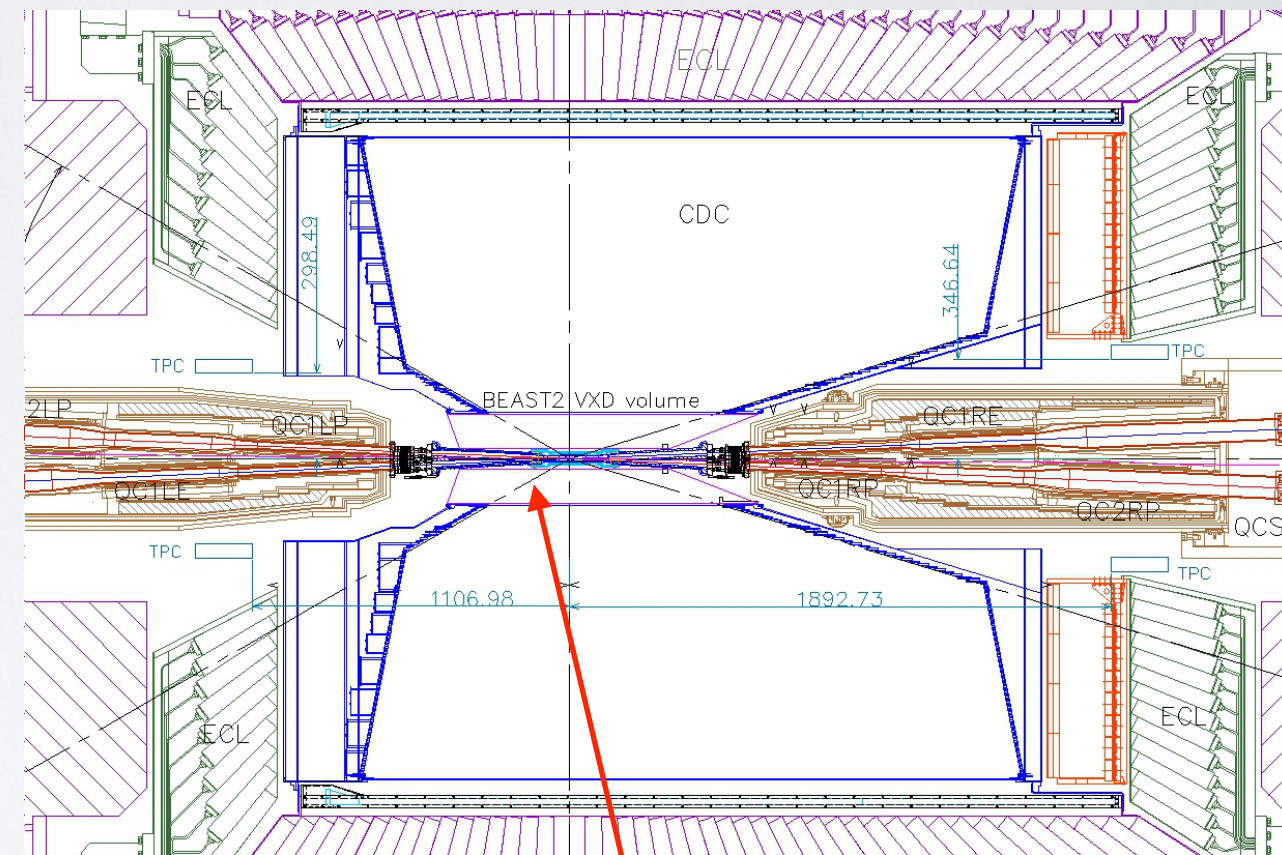
# Mise en route du collisionneur

**BEAST** : *Beam Exorcism for A Stable BELLE Experiment* = commissioning.

Deux périodes :

- Phase 1, juin 2015-janv. 2016 :  
mise au point de chaque faisceau, détecteur et solénoïde hors du faisceau.
- Phase 2, oct. 2016-fév. 2017 :  
**mode collisionneur,**  
**détecteur et solénoïde en place.**

- mesure des bruits de fond et du niveau de radiation ;
- validation des simulations : extrapolation aux hautes luminosités ;
- positionnement des écrans contre le bruit de fond ;
- optimisation des paramètres des faisceaux pour atteindre  $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ;
- commissioning du détecteur Belle II.



**volume du trajectomètre  
interne en partie vide**



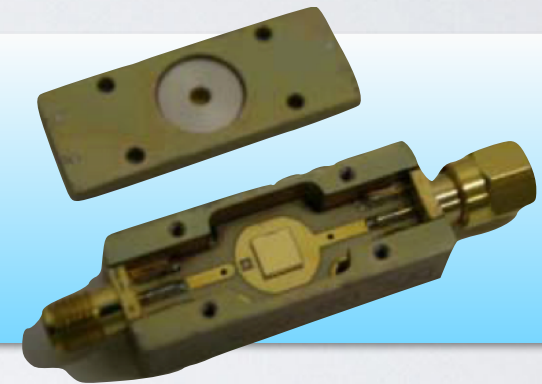
# Contribution française

- LAL-Orsay et IPHC-Strasbourg membres depuis mi-2014 du nouveau projet KEK : “R&D for SuperKEKB” (= BEAST).

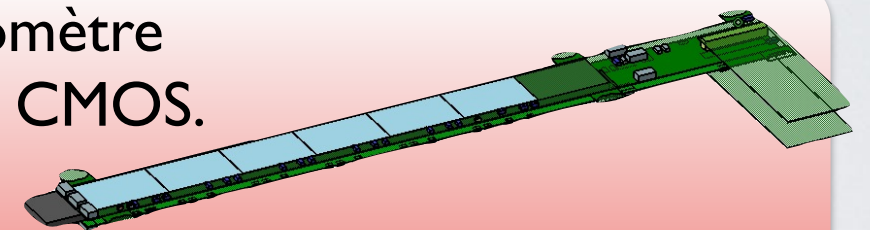
Contribution concentrée au démarrage sur l'étude des bruits de fond produits par le premier collisionneur utilisant des nano-beams.

Expertise cruciale pour bâtir ensuite notre contribution à Belle II et sur expérience ILC.

- LAL : mesure de la section efficace de Bhabha radiatifs avec des capteurs diamant.
  - Feed-back rapide : contrôle en ligne du faisceau.
  - Mesure de la luminosité



- IPHC : mesure du bruit de fond dans le volume du trajectomètre interne (semi-appareillé) avec un système pixellisé de capteurs CMOS.
  - Mesure du taux de comptage
  - Reconstruction des traces
  - Avantage des double-couches de pixels dans un environnement dense (taux d'occupation).



- Supports :
  - Acquis : RISE (Europe H2020) - FJPPL - Laboratoires (RH, financier) - IN2P3 (politique).
  - Espérés : Projets exploratoires de l'IDEX 2015 (université de Strasbourg) - ANR 2015.



# Les CMOS dans BEAST (Strasbourg)

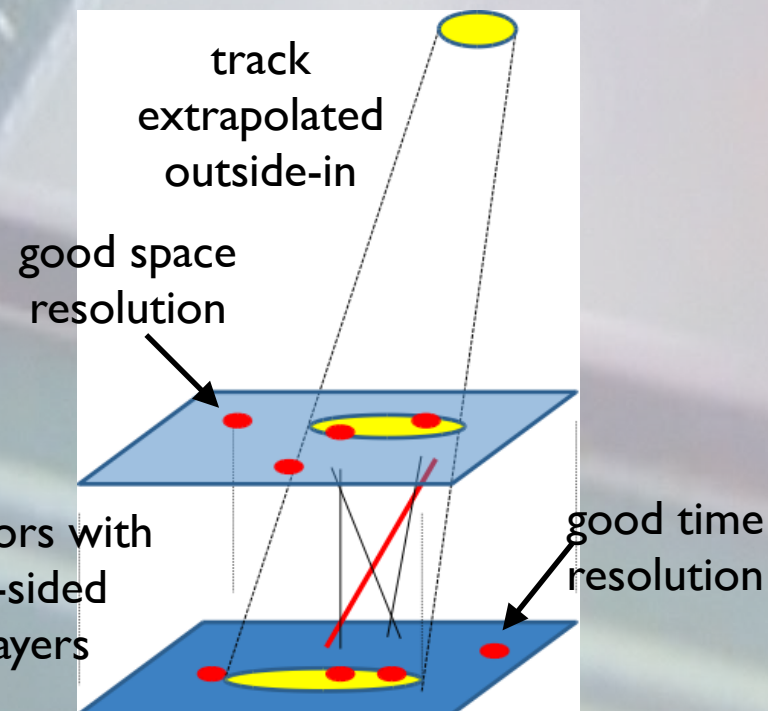
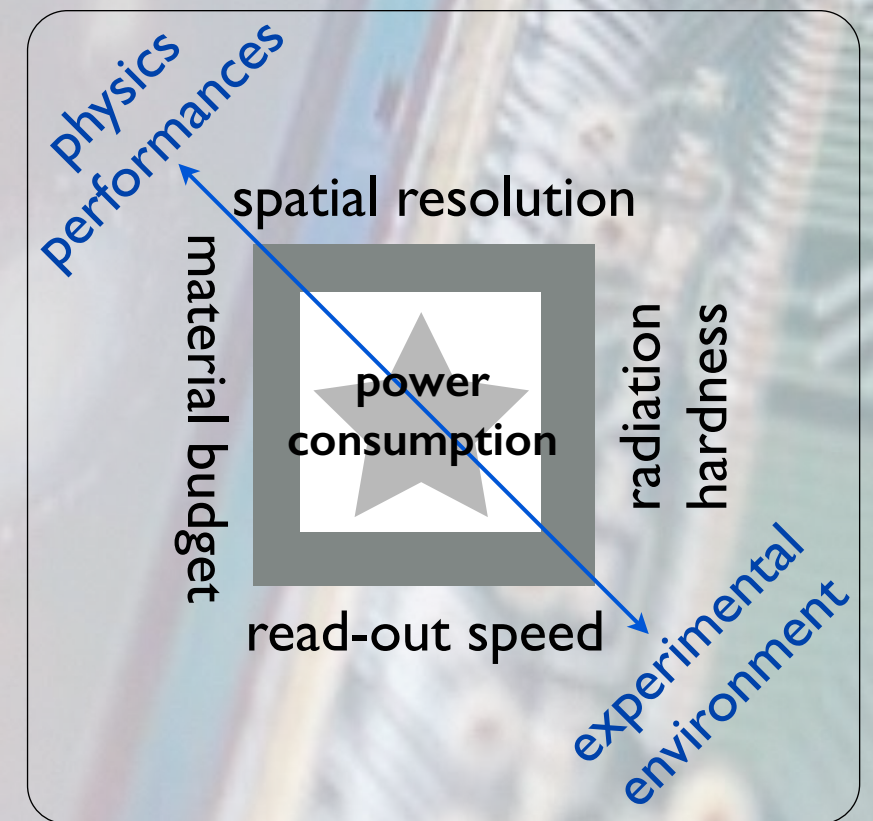
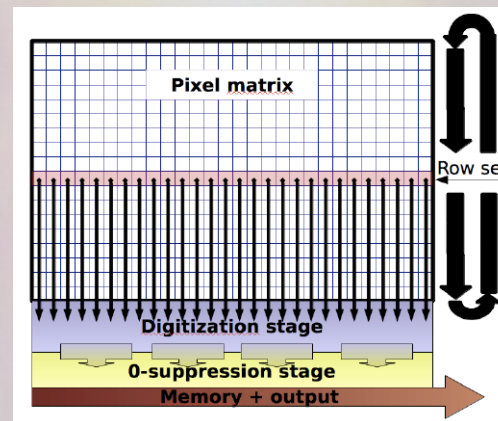
- Performances du trajectomètre interne : gouvernées pas les précisions physiques visées.  
Contraintes : forte densité de hits dûs au bruit de fond induit par les nano-faisceaux.

→ très peu de technologies adaptées :

- première génération du trajectomètre interne : pixels Depfet
- pixels monolithiques CMOS de l'IPHC.

- Flexibilité de l'optimisation des paramètres :

- lecture en volet roulant (puissance dissipée variable),
- taille variable des pixels.



- Double-couche de pixels : matching mini-vecteurs-trace  
→ meilleure efficacité si taux d'occupation élevé.



# Le potentiel de physique

- Les prédictions sont basées sur les performances observées dans Belle :
  - elles sont robustes,
  - elles laissent de la place à des améliorations !
- Des progrès raisonnables sont supposés pour les prédictions théoriques.
- Seuls quelques exemples sont abordés dans la suite.



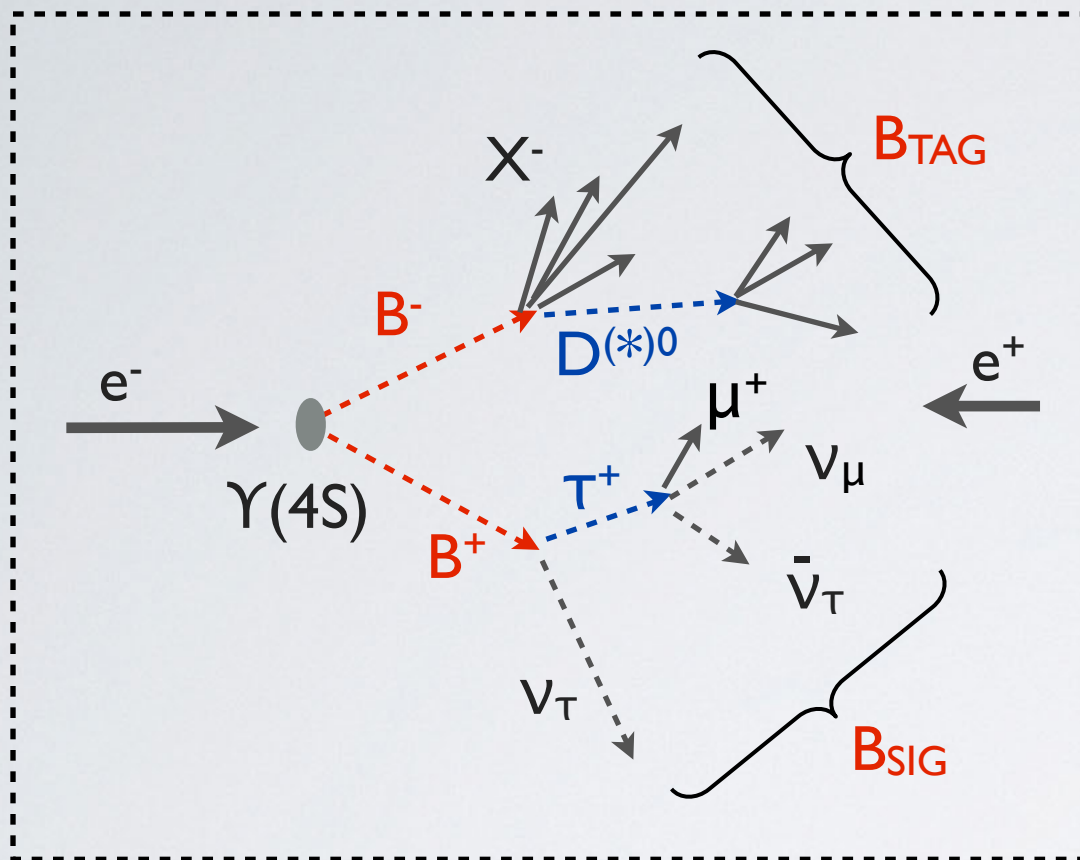
Physics at Super B Factory  
A.G.Akeroyd *et al.*, arXiv:1002.5012



SuperB Progress Reports: Physics  
B. O'Leary *et al.*, arXiv :1008.1541

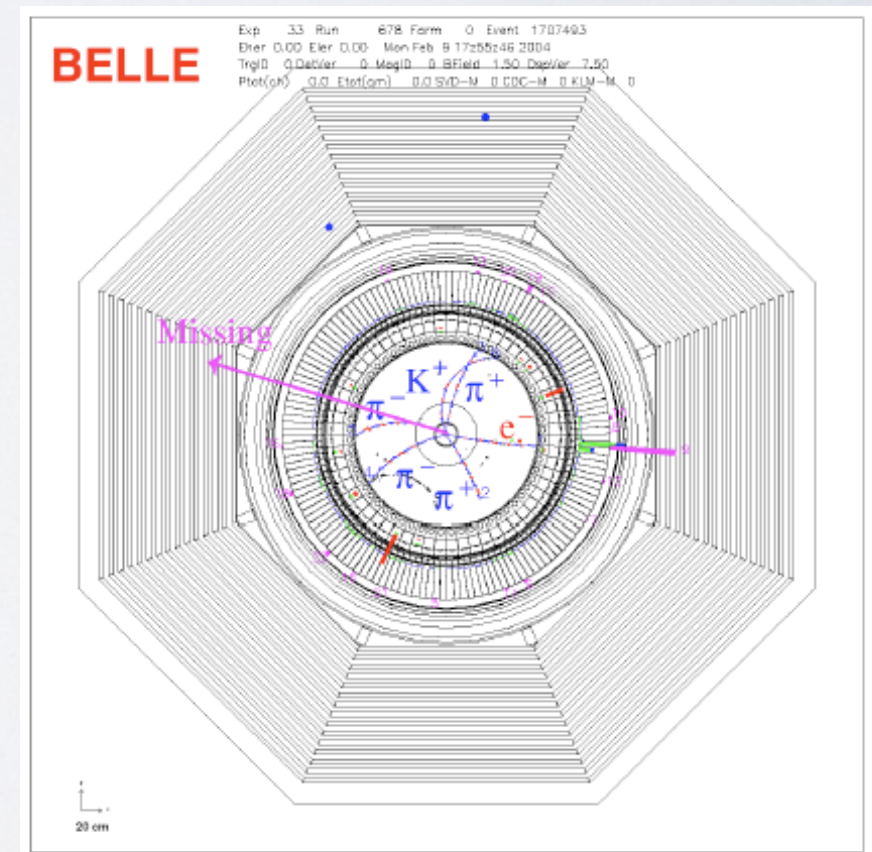
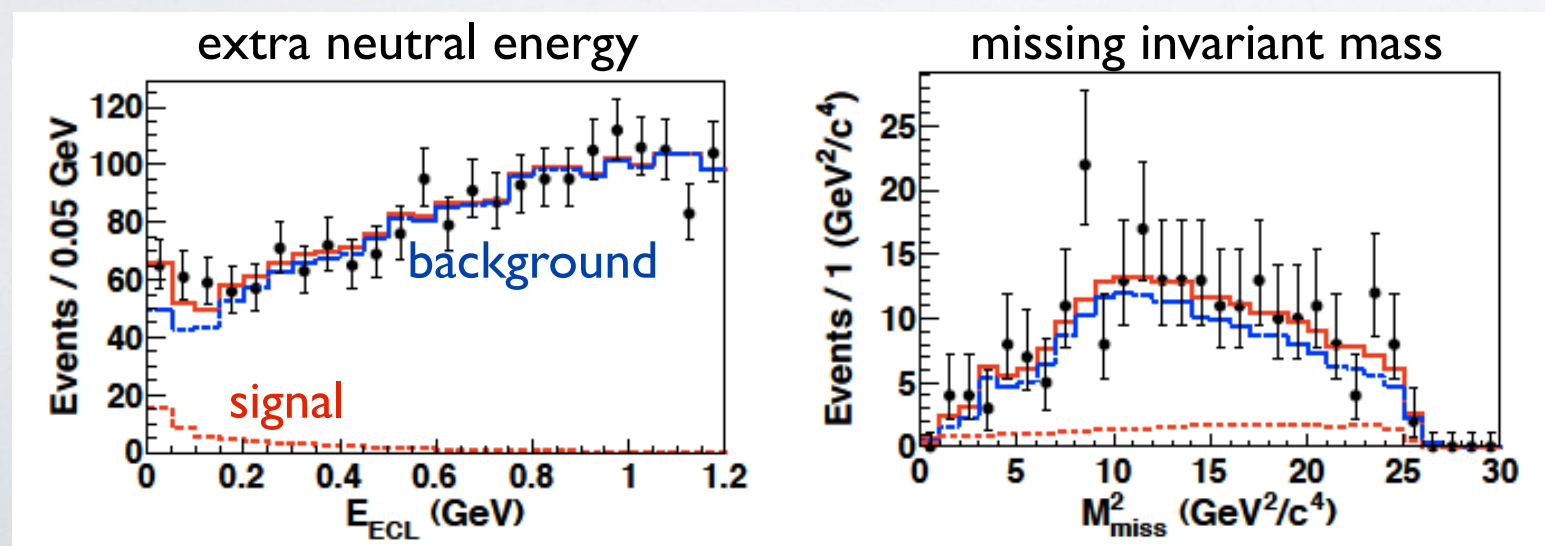


## Les atouts de Belle II



- Topologie “simple” de l’événement (w.r.t. LHCb) :  
seulement  $B_{TAG}$  and  $B_{SIG}$ .
  - ➔ bonne capacité à étudier des désintégrations inclusives, produisant des neutres ( $\gamma, \pi^0, K_L^0$ ) ou de l’énergie manquante ( $\nu$ ).
- Correlation quantique entre  $B_{TAG}$  et  $B_{SIG}$  (w.r.t. LHCb) :
  - ➔ bon flavour tagging.
- Boost réduit et particle-id améliorée (w.r.t. Belle) :
  - ➔ meilleure acceptance.

- Example:

$$\text{signal : } B^- \rightarrow \tau^- \bar{\nu} \rightarrow (e^- \nu \bar{\nu}) \bar{\nu} \quad \text{tag : } B^+ \rightarrow \bar{D}^0 \pi^+ \rightarrow (K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-) \pi^+$$


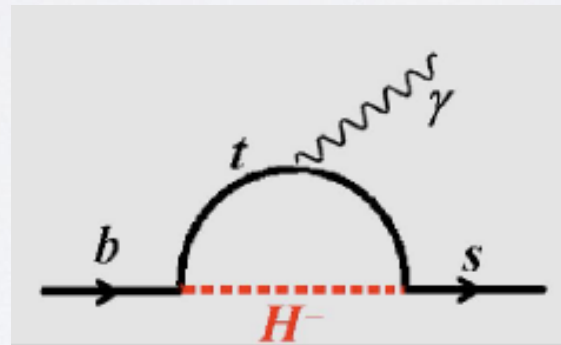
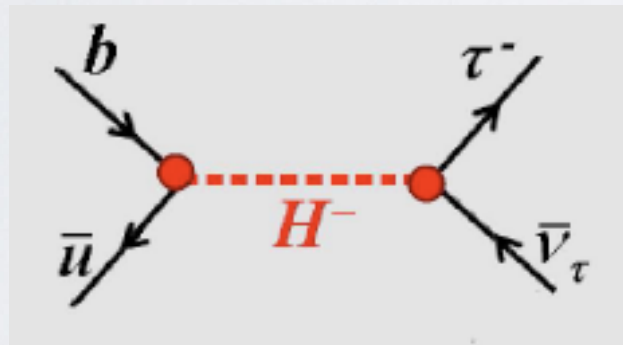


# Les désintégrations rares

- Rechercher des modes de désintégration fortement supprimés dans le MS  
→ une observation est un signe inambigu de NP.

Quelques canaux en or de Belle II :

- $B^+ \rightarrow \tau^+ \nu$ ,  $B^+ \rightarrow \mu^+ \nu$ ,  $B \rightarrow K^{(*)} \nu \bar{\nu}$
- $b \rightarrow s \nu \bar{\nu}$ ,  $b \rightarrow s \gamma$ ,  $b \rightarrow s \ell \ell$
- $D^0 \rightarrow \ell \ell$ ,  $D^0 \rightarrow \gamma \gamma$
- $B_s^0 \rightarrow \gamma \gamma$
- $\tau \rightarrow \ell \gamma$ ,  $\tau \rightarrow 3 \ell$



- Autre voie de recherche de NP auprès d'une usine à B:  
mesurer des B.R. pas-si-faibles, mais très bien prédits théoriquement :  
•  $B \rightarrow D^{(*)} \tau^+ \nu$ .

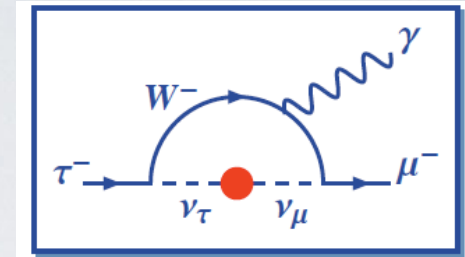


# Violation de la saveur leptonique

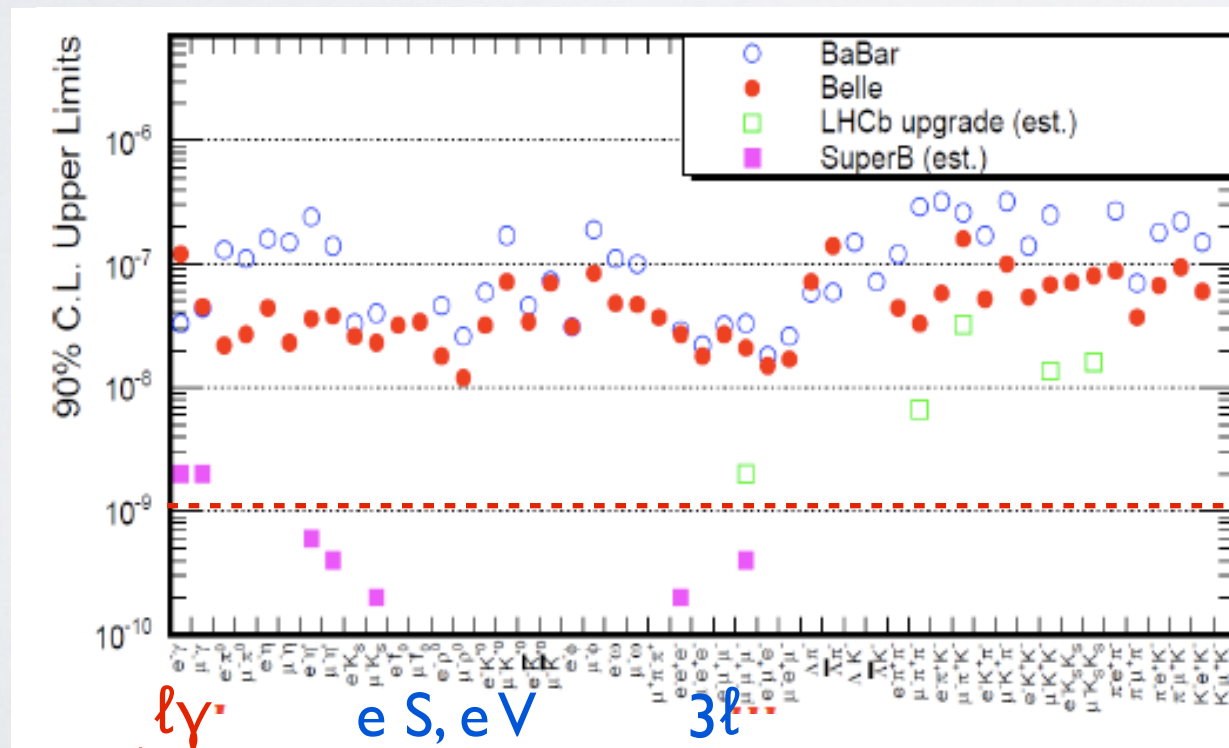
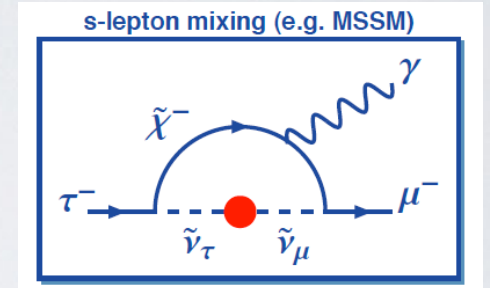
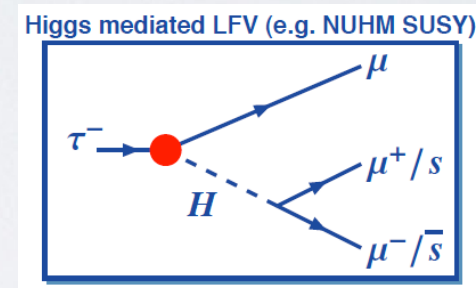
- Dans le MS incluant les oscillations de  $\nu$  :  $\text{LFV} \sim (\Delta m_\nu^2 / M_W^2)^2$   
 → désintégrations LFV expérimentalement non observables,  
 e.g.  $\text{B.R.}(\tau \rightarrow \ell \gamma) < 10^{-49} - 10^{-53}$ .

Prédiction  $\sim$  QCD-free → **signal non-ambigu de NP**.

Très efficace pour contraindre l'espace des paramètres NP (complémentarité avec MEG, ...).



- De nombreux scenarios BSM prédisent des augmentations des B.R. à la limite de la sensibilité expérimentale  $\sim 10^{-7} - 10^{-9}$



$10^{-7}$  ← Belle :  $1 \text{ ab}^{-1}$ ,  $10^9 \tau$

$10^{-8}$

$10^{-9}$  ← Belle II :  $50 \text{ ab}^{-1}$ ,  $5 \times 10^{10} \tau$   
 extrapolation de Belle

U.L.  $\sim 1/\sqrt{\text{lumi}}$

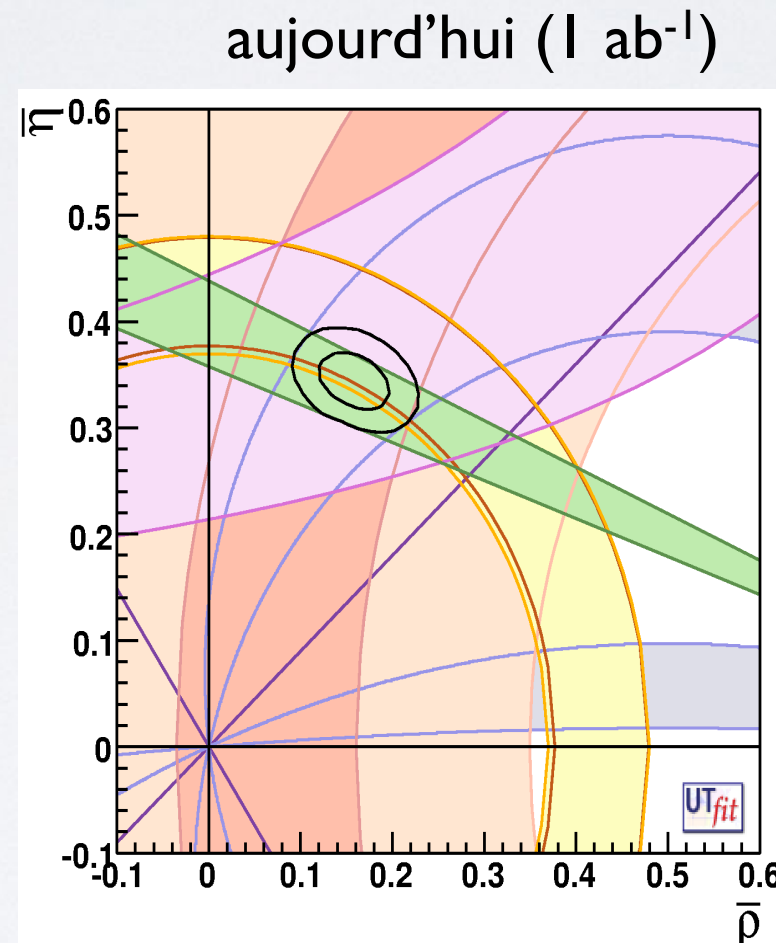
U.L.  $\sim 1/\text{lumi} \rightarrow 1/\sqrt{\text{lumi}}$



# Le triangle d'unitarité

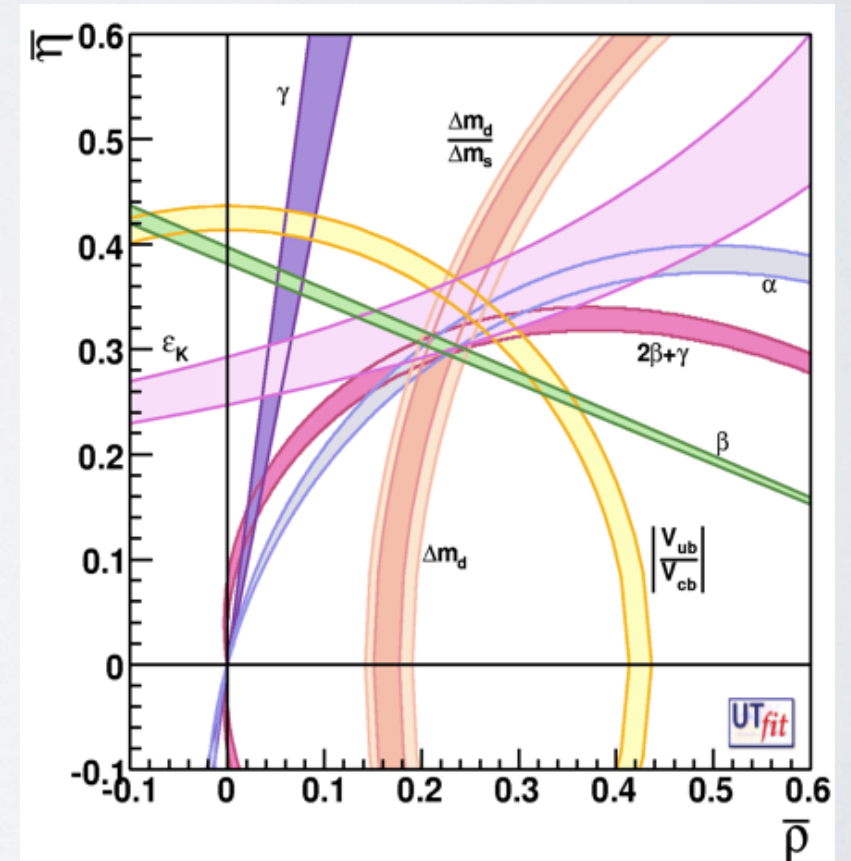
- Amélioration de la précision sur CKM :
  - Recherche d'une nouvelle source de violation de CP.
  - Limitation principale de nombreuses recherches de NP dans le secteur des saveurs :  
cf.  $K \rightarrow \pi \nu \bar{\nu}$ ,  $\sin 2\beta$  vs.  $\varepsilon_K$  UT fits, ...
  - Identification d'une contribution de NP : SM  $\sim$  contrainte  $(\bar{\rho}, \bar{\eta})$  par les processus à l'ordre de l'arbre.

$$\begin{array}{ll}
 V_{ud}^* V_{us} + V_{cd}^* V_{cs} + V_{td}^* V_{ts} = 0 & \lambda \lambda \lambda^5 \\
 \boxed{V_{ub}^* V_{ud} + V_{cb}^* V_{cd} + V_{tb}^* V_{td} = 0} & \lambda^3 \lambda^3 \lambda^3 \\
 V_{us}^* V_{ub} + V_{cs}^* V_{cb} + V_{ts}^* V_{tb} = 0 & \lambda^4 \lambda^2 \lambda^2 \\
 V_{ud}^* V_{td} + V_{us}^* V_{ts} + V_{ub}^* V_{tb} = 0 & \lambda^3 \lambda^3 \lambda^3 \\
 V_{td}^* V_{cd} + V_{ts}^* V_{cs} + V_{tb}^* V_{cb} = 0 & \lambda^4 \lambda^2 \lambda^2 \\
 V_{ud}^* V_{cd} + V_{us}^* V_{cs} + V_{ub}^* V_{cb} = 0 & \lambda \lambda \lambda^5
 \end{array}$$



$$\begin{aligned}
 \bar{\rho} &= 0.163 \pm 0.028 \\
 \bar{\eta} &= 0.344 \pm 0.016
 \end{aligned}$$

avec  $50 \text{ ab}^{-1}$   
+ améliorations de Lattice QCD



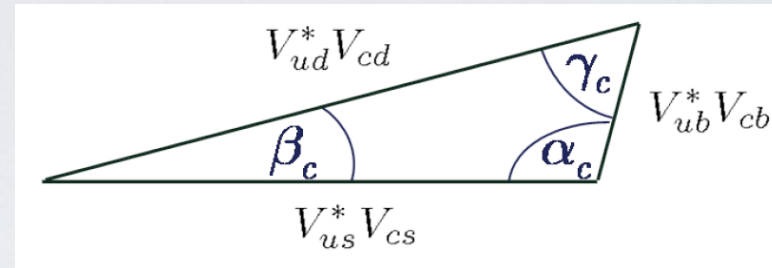
$$\begin{aligned}
 \delta \bar{\rho} / \bar{\rho} &\sim 3.4 \% \\
 \delta \bar{\eta} / \bar{\eta} &\sim 1.5 \%
 \end{aligned}$$



# Violation de CP dans le charme

- Mesure du UT  $cu$  :

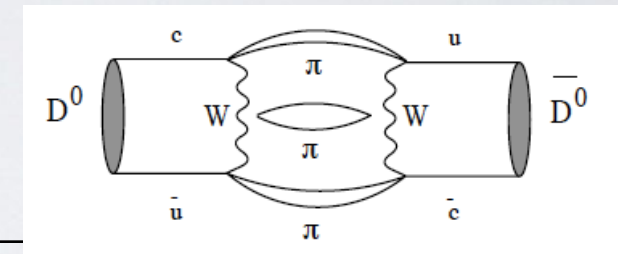
$$V_{ud}^* V_{cd} + V_{us}^* V_{cs} + V_{ub}^* V_{cb} = 0$$



prediction du fit CKM :  
 $\beta_c = (0.0350 \pm 0.0001)^\circ$

- Mesure importante :

- Excès observé de CPV directe dans les désintégrations du  $D^0$  par LHCb in 2011  
 (aussi par CDF et Belle, résultats non concluants de LHCb en 2013);
- Phase supplémentaire de CPV nécessaire ;
- Seul système oscillant impliquant des quarks down.



- Analyse prospective : sensibilité à  $\beta_c$  par la mesure d'asymétrie de CP dépendant du temps dans les désintégrations du  $D^0$ .

$$\text{asymétrie } A(t) = \frac{\Gamma(D^0(t) \rightarrow f_{CP}) - \Gamma(\bar{D}^0(t) \rightarrow f_{CP})}{\Gamma(D^0(t) \rightarrow f_{CP}) + \Gamma(\bar{D}^0(t) \rightarrow f_{CP})} = f(\lambda_f, t)$$

avec :  $\arg(\lambda_f) = \Phi_{\text{mix}} - 2\beta_{c, \text{eff.}}$

$\nearrow$   $\Phi_{\pi\pi\pi}$        $\nearrow$   $\Phi_{KKK}$

Parameter	$\Upsilon(4S)$ 75 $\text{ab}^{-1}$	LHCb 5 $\text{fb}^{-1}$
$\phi(\pi\pi) = \arg(\lambda_{\pi\pi})$	2.2°	2.3°
$\phi(KK) = \arg(\lambda_{KK})$	1.3°	1.4°
$\beta_{c, \text{eff}}$	1.3°	1.4°

A. Bevan et al., Phys.Rev. D84 (2011) 114009

- Belle II vs. LHCb :

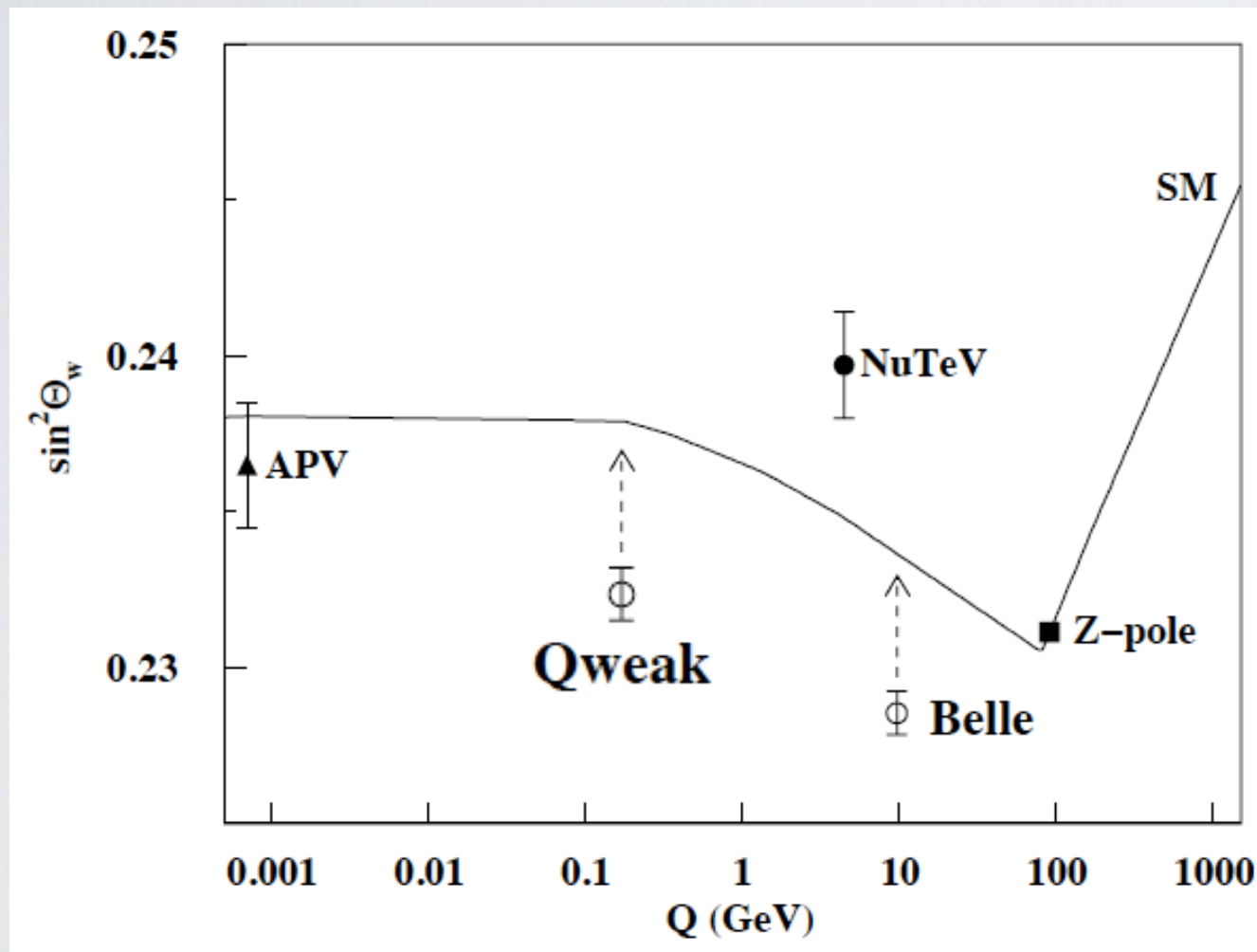
- Statistique supérieure à LHCb mais bruit de fond plus important, efficacité de trigger moins élevée, critères de sélection et de trigger dépendant du temps.
- Résolution temporelle moins bonne dans Belle II → amélioration après jouvance du trajectomètre interne ?



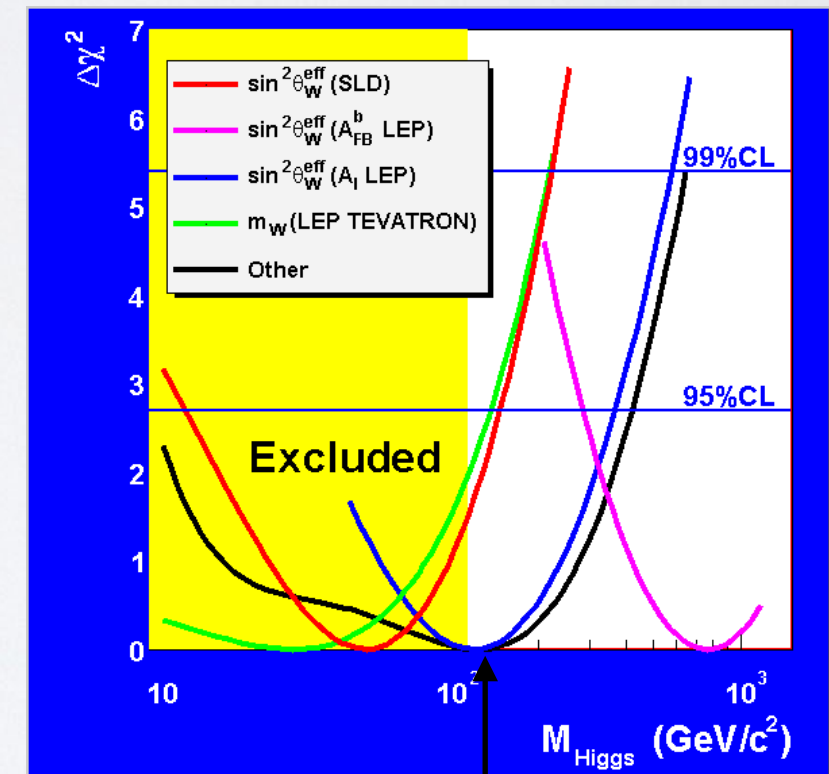
# $\sin^2\theta_W$

- Mesure de  $A_{FB}$  avec  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ .

Précision statistique attendue à Belle II avec  $10 \text{ ab}^{-1}$  :  $\delta(\sin^2\theta_W) = \pm 0.0005$   
à comparer à la mesure de SLD (polarisation) :  $\sin^2\theta_W = 0.23098 \pm 0.00013$ .



Quelle est la source des  $3.2\sigma$  observés entre les mesures de  $\sin^2\theta_W$  par  $A_{LR}$ (SLD) et par  $A_{FB}(b)$  au pôle du Z ?



$m_H \sim 125 \text{ GeV}$



# La physique à Belle II



Observable	Belle 2006 ( $\sim 0.5 \text{ ab}^{-1}$ )	SuperKEKB ( $5 \text{ ab}^{-1}$ )	( $50 \text{ ab}^{-1}$ )	$^{\dagger}$ LHCb ( $2 \text{ fb}^{-1}$ )	( $10 \text{ fb}^{-1}$ )
<b>hadronic <math>b \rightarrow s</math> transitions</b>					
$\Delta S_{\phi K^0}$	0.22	0.073	0.029	-	0.14
$\Delta S_{\eta' K^0}$	0.11	0.038	0.020	-	-
$\Delta S_{K_S^0 K_S^0 K_S^0}$	0.33	0.105	0.037	-	-
$\Delta A_{\pi^0 K_S^0}$	0.15	0.072	0.042	-	-
$A_{\phi K^+}$	0.17	0.05	0.014	-	-
$\phi_1^{eff}(\phi K_S)$ Dalitz	-	$3.3^\circ$	$1.5^\circ$	-	-
<b>radiative/electroweak <math>b \rightarrow s</math> transitions</b>					
$S_{K_S^0 \pi^0 \gamma}$	0.32	0.10	0.03	-	-
$B(B \rightarrow X_s \gamma)$	13%	7%	6%	-	-
$A_{CP}(B \rightarrow X_s \gamma)$	0.058	0.01	0.005	-	-
$C_9$ from $A_{FB}(B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-)$	-	11%	4%	-	-
$C_{10}$ from $A_{FB}(B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-)$	-	13%	4%	-	-
$C_7/C_9$ from $A_{FB}(B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-)$	-	-	5%	-	7%
$R_K$	-	0.07	0.02	-	0.043
$B(B^+ \rightarrow K^+ \nu \bar{\nu})$	$^{\dagger\dagger} < 3 B_{SM}$	-	30%	-	-
$B(B^0 \rightarrow K^{*0} \nu \bar{\nu})$	$^{\dagger\dagger} < 40 B_{SM}$	-	35%	-	-
<b>radiative/electroweak <math>b \rightarrow d</math> transitions</b>					
$S_{\rho \gamma}$	-	0.3	0.15	-	-
$B(B \rightarrow X_d \gamma)$	-	24% (syst.)	-	-	-
<b>leptonic/semileptonic B decays</b>					
$B(B^+ \rightarrow \tau^+ \nu)$	$3.5\sigma$	10%	3%	-	-
$B(B^+ \rightarrow \mu^+ \nu)$	$^{\dagger\dagger} < 2.4 B_{SM}$	4.3 $\text{ab}^{-1}$ for $5\sigma$ discovery	-	-	-
$B(B^+ \rightarrow D \tau \nu)$	-	8%	3%	-	-
$B(B^0 \rightarrow D \tau \nu)$	-	30%	10%	-	-
<b>LFV in <math>\tau</math> decays</b>					
$B(\tau \rightarrow \mu \gamma)$ [ $10^{-9}$ ]	45	10	5	-	-
$B(\tau \rightarrow \mu \eta)$ [ $10^{-9}$ ]	65	5	2	-	-
$B(\tau \rightarrow \mu \mu \mu)$ [ $10^{-9}$ ]	21	3	1	-	-
<b>unitarity triangle parameters</b>					
$\sin 2\phi_1$	0.026	0.016	0.012	$\sim 0.02$	$\sim 0.01$
$\phi_2 (\pi\pi)$	$11^\circ$	$10^\circ$	$3^\circ$	-	-
$\phi_2 (\rho\pi)$	$68^\circ < \phi_2 < 95^\circ$	$3^\circ$	$1.5^\circ$	$10^\circ$	$4.5^\circ$
$\phi_2 (\rho\rho)$	$62^\circ < \phi_2 < 107^\circ$	$3^\circ$	$1.5^\circ$	-	-
$\phi_2$ (combined)	-	$2^\circ$	$\lesssim 1^\circ$	$10^\circ$	$4.5^\circ$
$\phi_3 (D^{(*)} K^{(*)})$ (Dalitz mod. ind.)	$20^\circ$	$7^\circ$	$2^\circ$	$8^\circ$	-
$\phi_3 (DK^{(*)})$ (ADS+GLW)	-	$16^\circ$	$5^\circ$	$5-15^\circ$	-
$\phi_3 (D^{(*)} \pi)$	-	$18^\circ$	$6^\circ$	-	-
$\phi_3$ (combined)	-	$6^\circ$	$1.5^\circ$	$4.2^\circ$	$2.4^\circ$
$ V_{ub} $ (inclusive)	6%	5%	3%	-	-
$ V_{ub} $ (exclusive)	15%	12% (LQCD)	5% (LQCD)	-	-
$\bar{\rho}$	20.0%	-	3.4%	-	-
$\bar{\eta}$	15.7%	-	1.7%	-	-

Observable	Belle ( $25 \text{ fb}^{-1}$ )	Belle/SuperKEKB ( $5 \text{ ab}^{-1}$ )	LHCb $^{\dagger}$ ( $2 \text{ fb}^{-1}$ )	( $10 \text{ fb}^{-1}$ )
<b><math>B_s^0</math> physics</b>				
$B(B_s \rightarrow \gamma\gamma)$	$< 8.7 \times 10^{-6}$	$0.25 \times 10^{-6}$	-	-
$\Delta\Gamma_s^{CP}/\Gamma_s$ ( $Br(B_s \rightarrow D_s^{(*)} D_s^{(*)})$ )	3%	1% (model dependency)	-	-
$\Delta\Gamma_s/\Gamma_s$ ( $B_s \rightarrow f_{CP}$ t-dependent)	-	1.2%	-	-
$\phi_s$ (with $B_s \rightarrow J/\psi\phi$ etc.)	-	-	0.02	0.01
$B(B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-)$	-	-	6 $\text{fb}^{-1}$ for $5\sigma$ discovery	-
$\phi_3 (B_s \rightarrow KK)$	-	-	7-10°	-
$\phi_3 (B_s \rightarrow D_s K)$	-	-	13°	-
<b>charm physics</b>				
$\Upsilon$ decays	(3 $\text{fb}^{-1}$ )	(500 $\text{fb}^{-1}$ )	-	-
$B(\Upsilon(1S) \rightarrow \text{invisible})$	$< 2.5 \times 10^{-3}$	$< 2 \times 10^{-4}$	-	-
<b>new particles</b>				
$\gamma\gamma \rightarrow Z(3930) \rightarrow DD^*$	-	$> 3\sigma$	-	-
$B \rightarrow KX(3872) (\rightarrow D^0 \bar{D}^{*0})$	-	400 events	-	-
$B \rightarrow KX(3872) (\rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-)$	-	1250 events	-	-
$B \rightarrow KZ^+(4430) (\rightarrow \psi' \pi^+)$	-	1000 events	-	-
$e^+ e^- \rightarrow \gamma_{ISR} Y(4260) (\rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-)$	-	3000 events	-	-
<b>electroweak parameters</b>				
$\sin^2 \Theta_W$	-	$3 \times 10^{-4}$	-	-

cf. arXiv:1002.5012, 2010  
 “Physique at Super B Factory”



# Complémentarité avec LHCb



	current ~ 1 ab	LHCb 2017 ~ 5 fb	Belle II 2022 50 ab	LHCb upgrade 50 fb	theory
$\tau \rightarrow \mu \gamma$					
$\tau \rightarrow e \gamma$					
$B \rightarrow \tau \nu, \mu \nu$					
B					
S in B					
S (other penguins)					
$A_{CP}$					
BR(B					
BR(B					
BR(B			K	K	
$B_s$					
$\beta_s$					
$B_s$					
$a_{sl}$					
mixing param.					
CP violation					
sin					
sin					
$\alpha$					
$\beta ($					
$B_d$					
$B_s$					
$\gamma$					
$ V_{ub} $ inclusive					
$ V_{ub} $ exclusive					
$ V_{cb} $ inclusive					
$ V_{cb} $ exclusive					

- no results
- moderate precision
- precise
- very precise

$\tau$  decays

$B^0, B^+$  decays

$B_s^0$  decays

Charm

Electroweak

CKM

© A. Stocchi



## Conclusion

- SuperKEKB délivrera des collisions avec **la plus haute luminosité instantanée** au monde.
- SuperKEKB est **complètement financé par le Japon**, le détecteur et son opération sont financés à 50 % par le Japon et à 50 % par les pays membres de Belle II.
- Le détecteur Belle II et le complexe d'accélération SuperKEKB sont en cours de construction, sur la base de Belle et KEKB. Le **commissioning de la machine débutera en 2015 et la prise des données en 2017**.
- Le rôle de Belle II sera crucial pour découvrir la physique au-delà du modèle “standardissimo” et/ou comprendre la structure de cette nouvelle physique.
- Le programme de Belle II est **complémentaire** avec celui des expériences à la frontière de l'énergie, avec LHCb ainsi qu'avec les expériences à la frontière de l'intensité.
- **Le LAL-Orsay et l'IPHC-Strasbourg contribuent à la mise en route de l'expérience** et à l'étude des bruits de fond du collisionneur, en connection avec des activités ILC :
  - mesure en ligne de la luminosité (Bhabha radiatifs) avec des capteurs diamant ;
  - mesure du bruit de fond dans le volume du trajectomètre interne avec des capteurs CMOS.

➔ **ces contributions sont des précurseurs et des atouts pour notre future participation (espérée) à Belle II.**



# SuperKEKB Factory

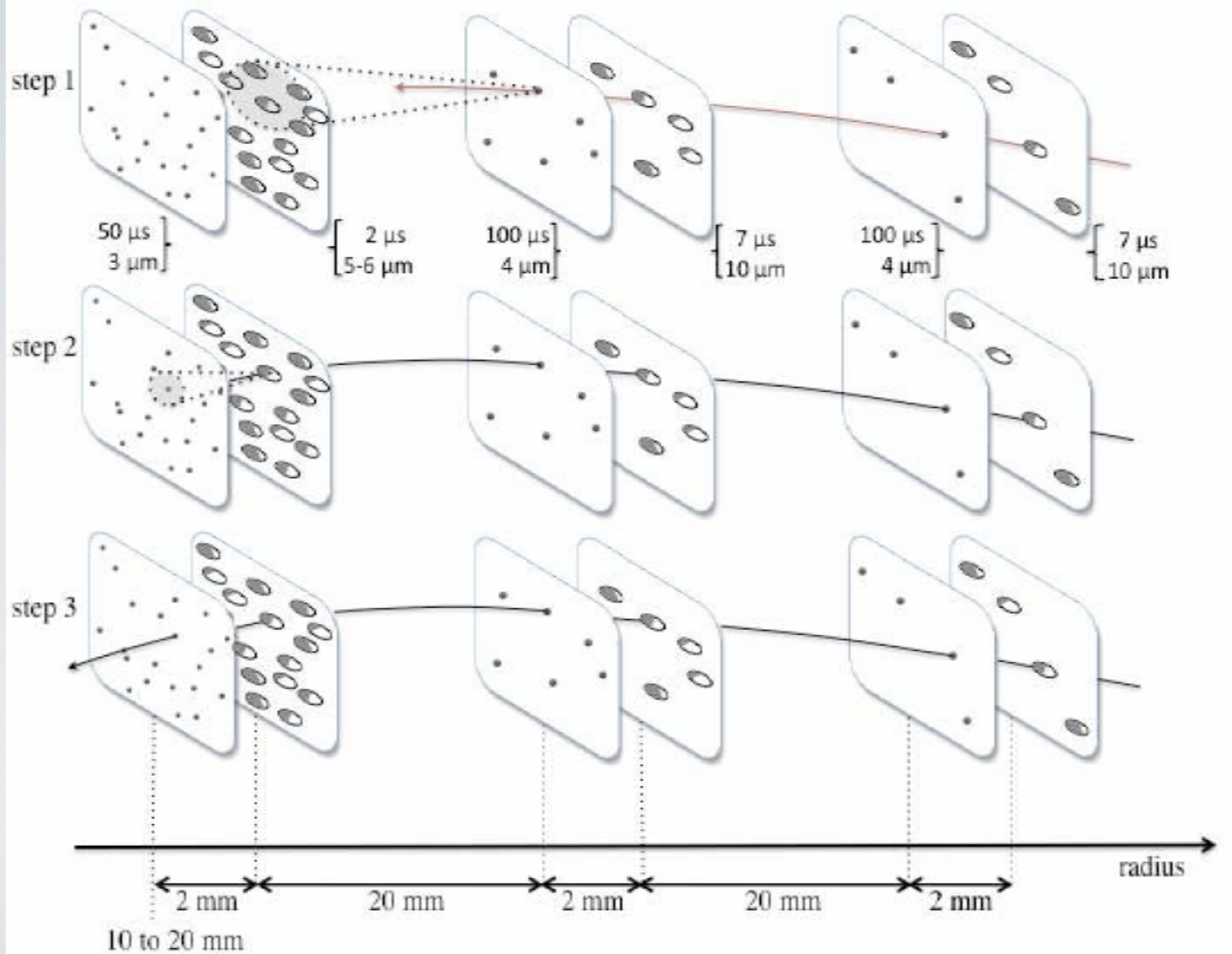


arigatou gozaimasu



Parameter	Units	KEKB		SuperKEKB	
		HER ( $e^-$ )	LER ( $e^+$ )	HER ( $e^-$ )	LER ( $e^+$ )
Circumference	m	3016.3		3016.3	
Energy	GeV	8	3.5	7	4
Crossing angle	mrad	22		83	
$\beta_x$ at IP	cm			2.5	3.2
$\beta_y$ at IP	mm	5.9	5.9	0.30	0.27
$\varepsilon_x$ (emittance)	$10^{-9}$ m	24	18	5.3	3.2
Emittance ratio	%			0.35	0.40
$\sigma_z$	mm	6	6	5	6
Beam current	mA	1190	1640	2620	3600
$\sigma_x$ at IP	$10^{-6}$ m			7.75	10.2
$\sigma_y$ at IP	$10^{-9}$ m	940	940	59	59
$\xi_x$ (tune shift)				0.0028	0.0028
$\xi_y$		0.090	0.129	0.0875	0.09
Luminosity	$\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$	$2 \times 10^{34}$		$8 \times 10^{35}$	



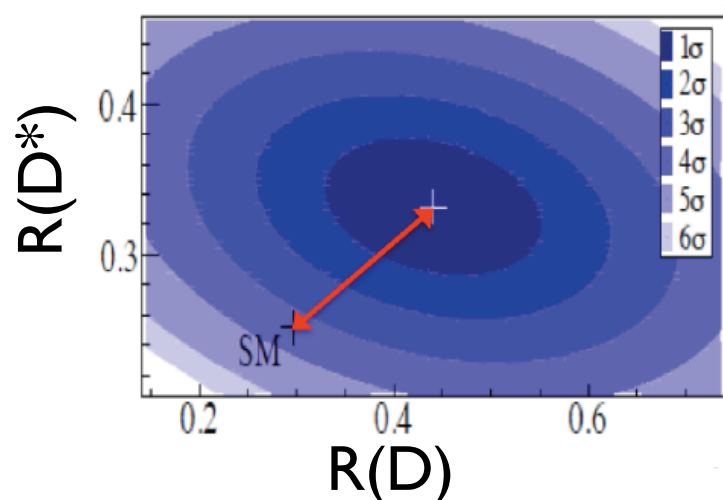
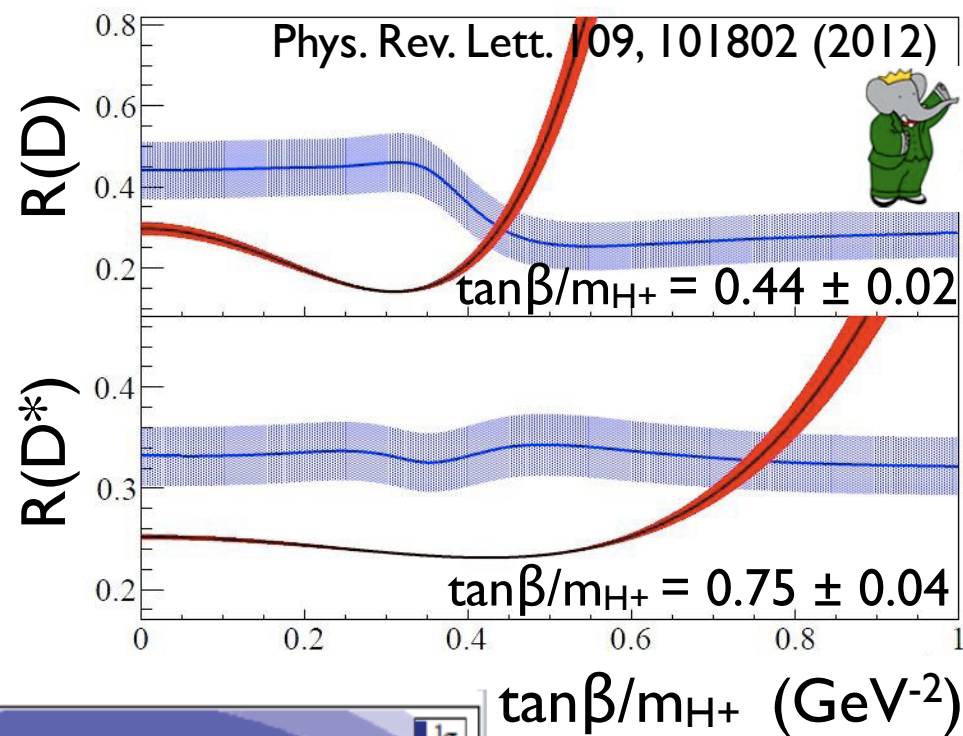
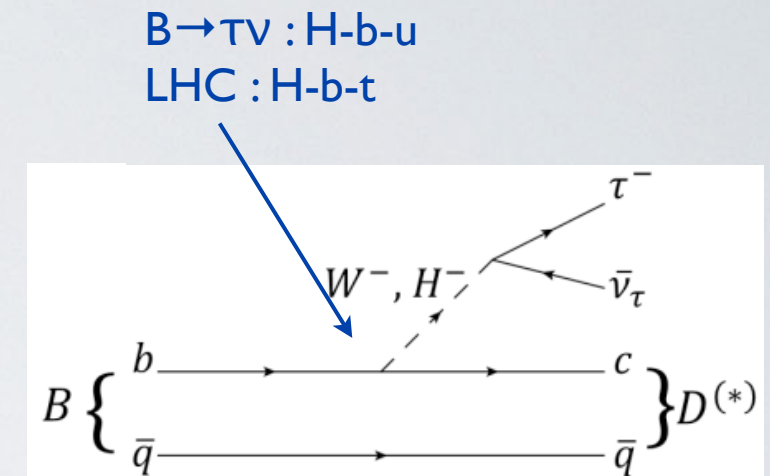




# Désintégration $B \rightarrow D^{(*)}\tau\nu$

- Mesure du rapport : 
$$R(D^{(*)}) = \frac{\mathcal{B}(B \rightarrow D^{(*)}\tau\nu_\tau)}{\mathcal{B}(B \rightarrow D^{(*)}\ell\nu_\ell)}$$

➔ plusieurs sources d'incertitudes théoriques et expérimentales disparaissent.



BaBar :

$$R(D) = 0.440 \pm 0.072$$

$$R(D^*) = 0.332 \pm 0.029$$

prédiction MS :

$$0.297 \pm 0.017$$

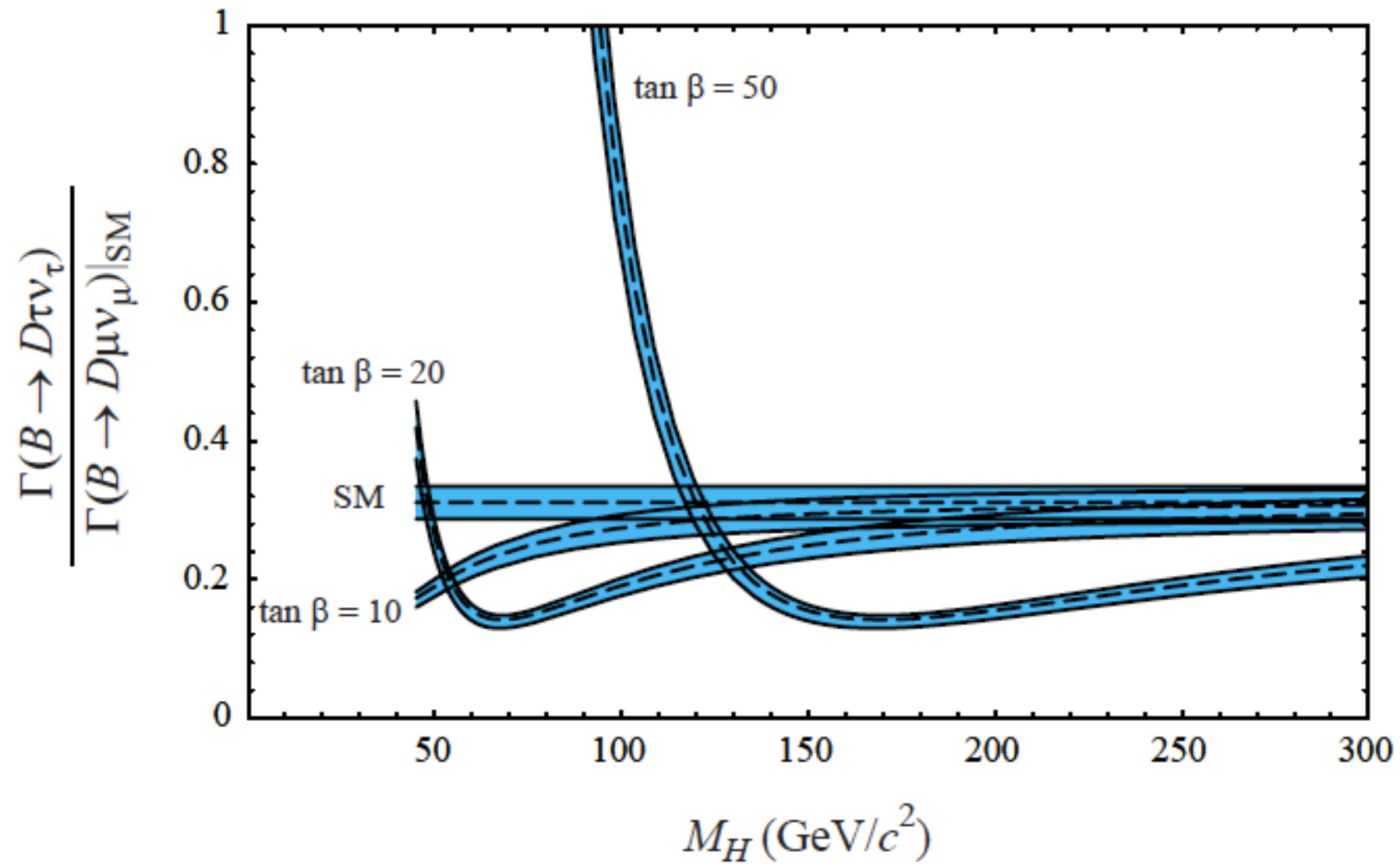
$$0.252 \pm 0.003$$

➔ **3.4 $\sigma$  du MS (4.8 $\sigma$  en incluant Belle)**  
et type II 2HDM exclus avec 99.8 % C.L.

- Pour conclure quant à l'existence de NP :
  - Il faut augmenter la statistique.
  - LHC ne sera pas compétitif avec Belle II : présence de  $\nu$  dans l'état final.
  - Belle II : précision de 2-5% sur les B.R.** (10-20% actuellement).



# $B \rightarrow D^{(*)}\tau\nu$ decay



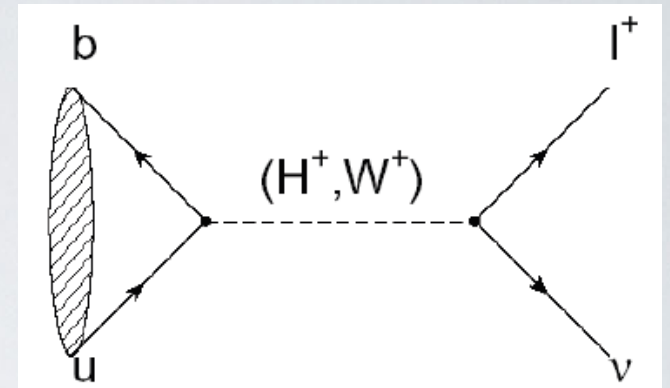


# Rare $B \rightarrow \tau \nu$ decay

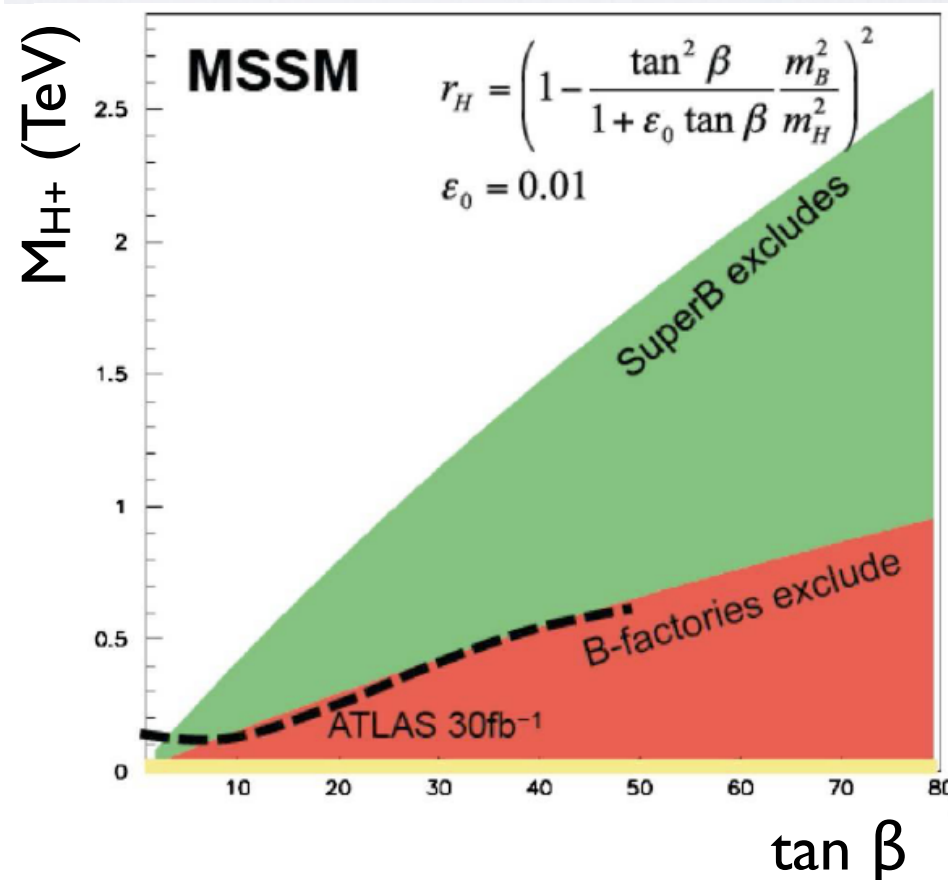
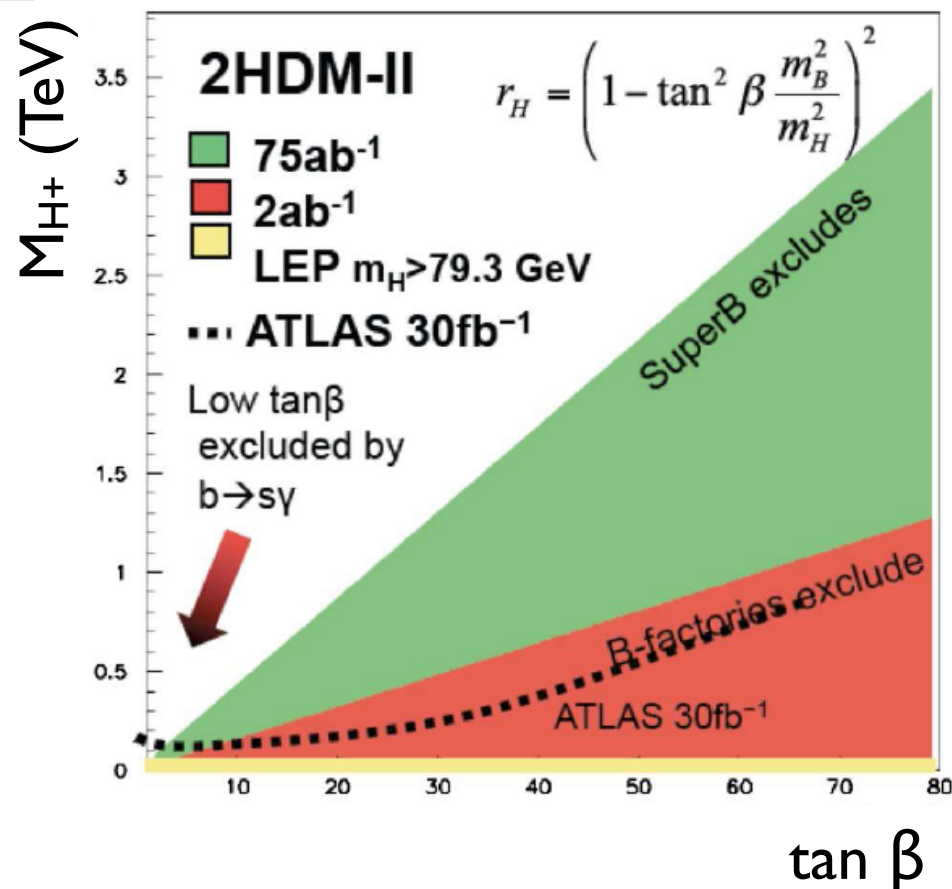
- Current discrepancy between experiment and prediction:

B.R. ( $B^+ \rightarrow \tau^+ \nu$ )	SM prediction through
W.A. measurement:	CKM global fit:
$(1.67 \pm 0.30) \times 10^{-4}$	$(0.879 \pm 0.084) \times 10^{-4}$

but also Belle 2012:  $(0.72 \pm 0.29) \times 10^{-4}$  (hadronic tag)



$$r_H = \frac{\mathcal{B}_{\text{SM}+\text{NP}}}{\mathcal{B}_{\text{SM}}}$$

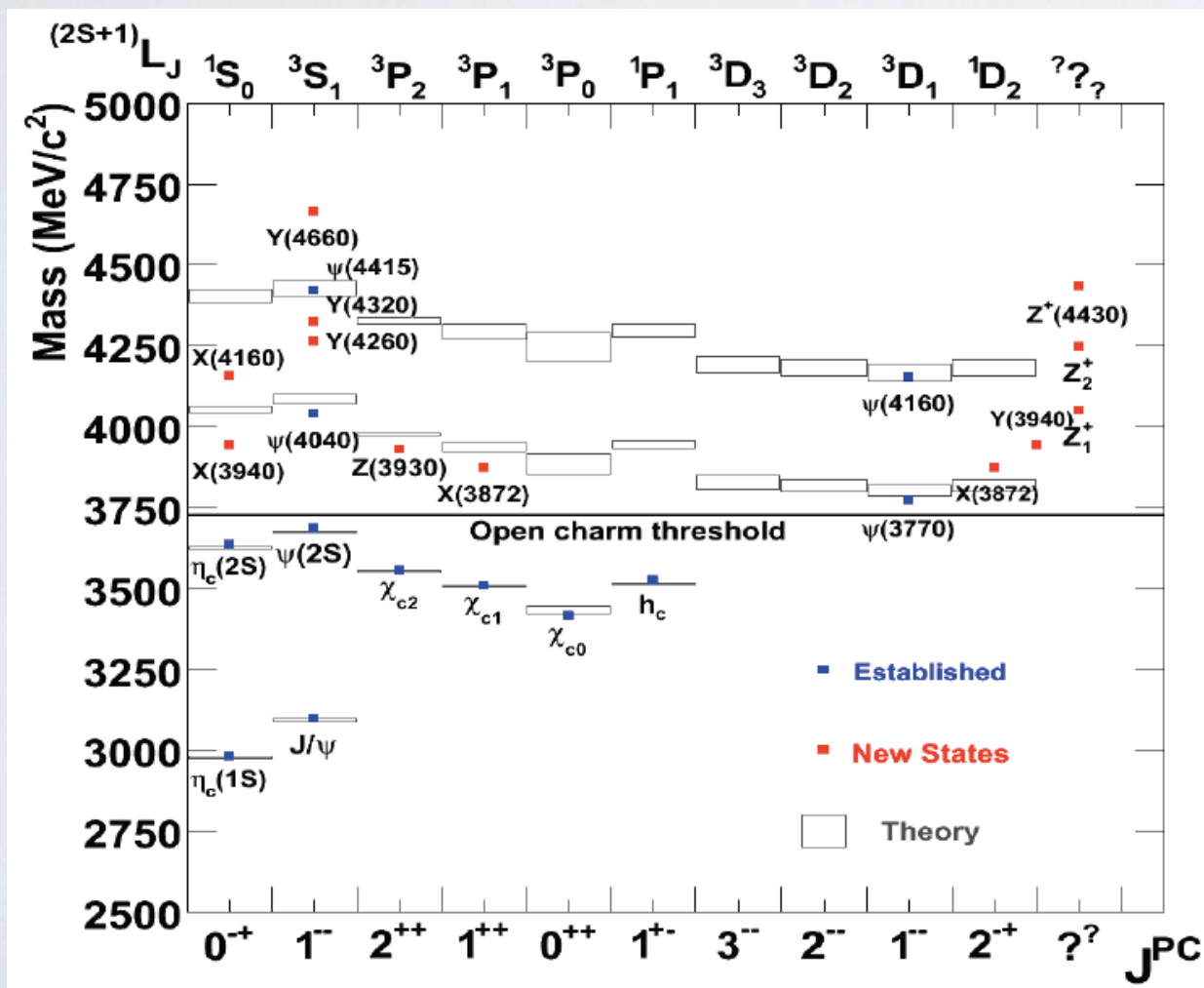


~3% precision possible on B.R. in SM with Super B (currently 20%). Also  $B \rightarrow \mu^+ \nu$ .



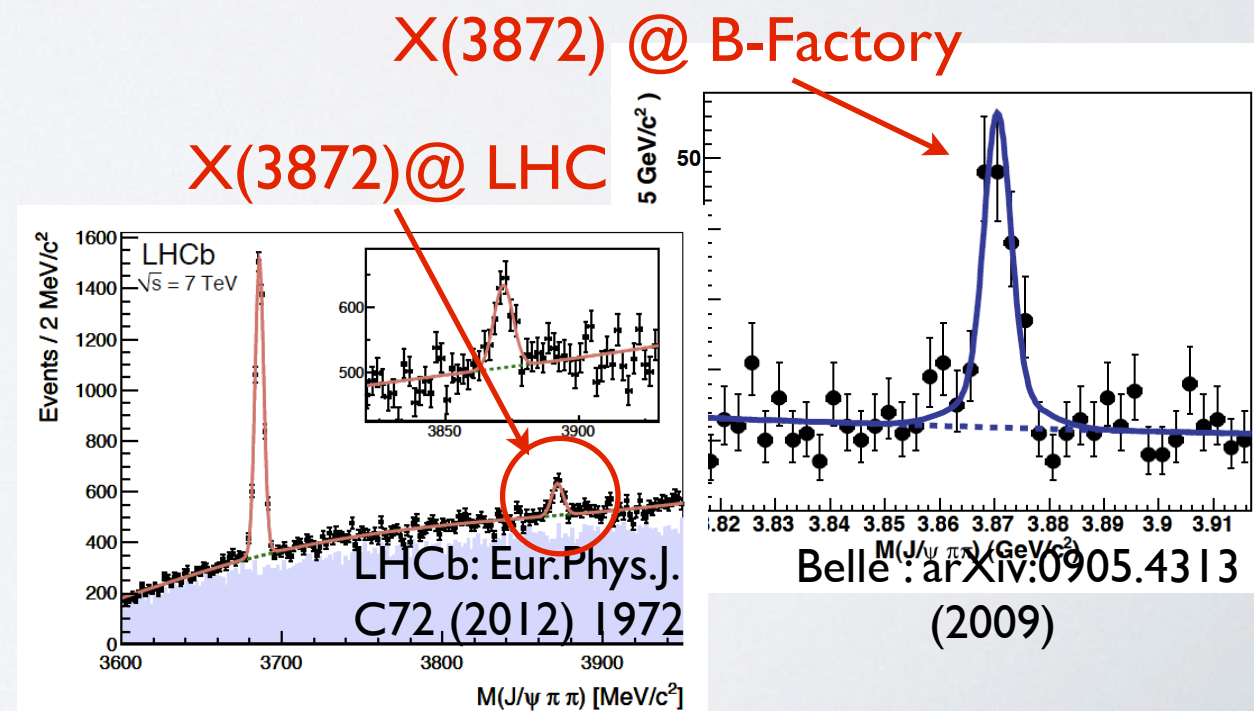
# Spectroscopie exotique

- De nombreux états hadroniques exotiques sont vus par différentes expériences (Tevatron, B Factories, HERA, ...) : états X, Y, Z.  
Jusqu'à présent : la description théorique pose problème.
- Avec  $50 \text{ ab}^{-1}$  dans Belle II : on s'attend à découvrir de nouveaux états  
+ études plus détaillées des états déjà découverts, avec de nouveaux états finals.



Production attendue avec  $50 \text{ ab}^{-1}$  :

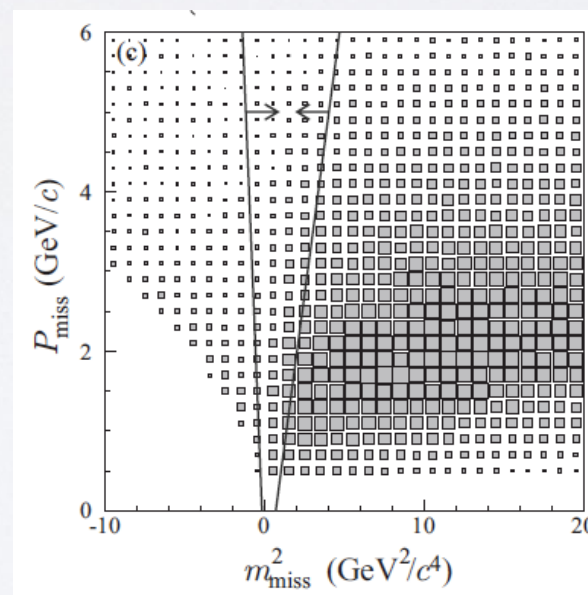
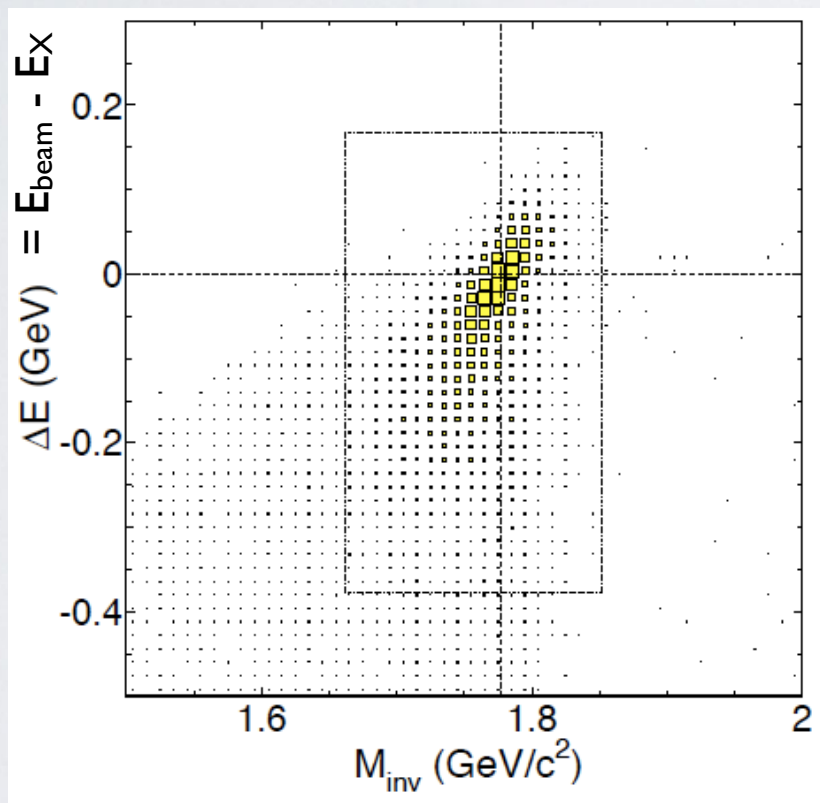
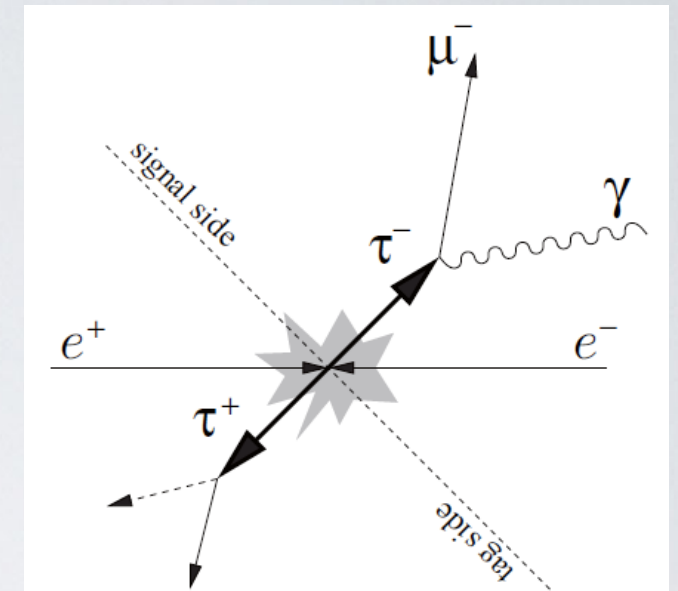
- $\sim (3000-11000) B \rightarrow X(3872) K$
- $\sim 30000 Y(4260) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-$
- $\sim 3000 Y(4330) \rightarrow \psi(2S) \pi^+ \pi^-$
- $\sim 3000 Y(4660) \rightarrow \psi(2S) \pi^+ \pi^-$



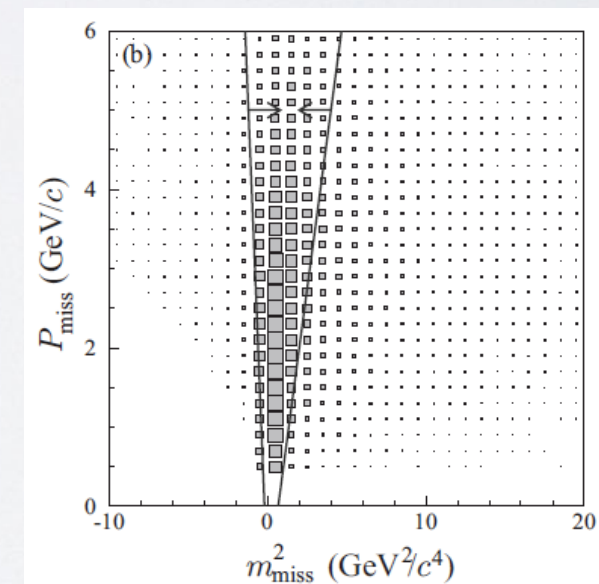


# Violation de la saveur leptonique (2)

- Sélection des désintégrations LFV du  $\tau$  :  $\varepsilon \sim 5-10\%$ .  
Améliorations attendues de la sensibilité :
  - Améliorer  $\sigma(p)$  et  $\sigma(E)$  des traces et des  $\gamma$  : méthode + cristaux
  - Améliorer l'identification des  $\mu$  : KLM plus segmenté, TOP pour séparer  $\pi$  et  $\mu$ .



SM  $\tau$ -pairs

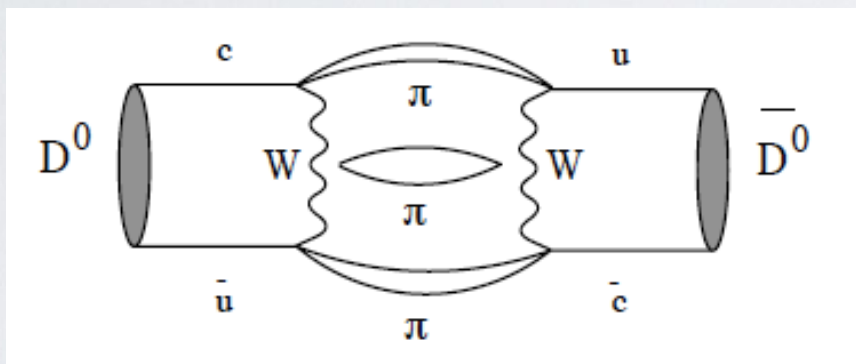


LFV  $\tau$ -decay



# oscillation des mésons charmés

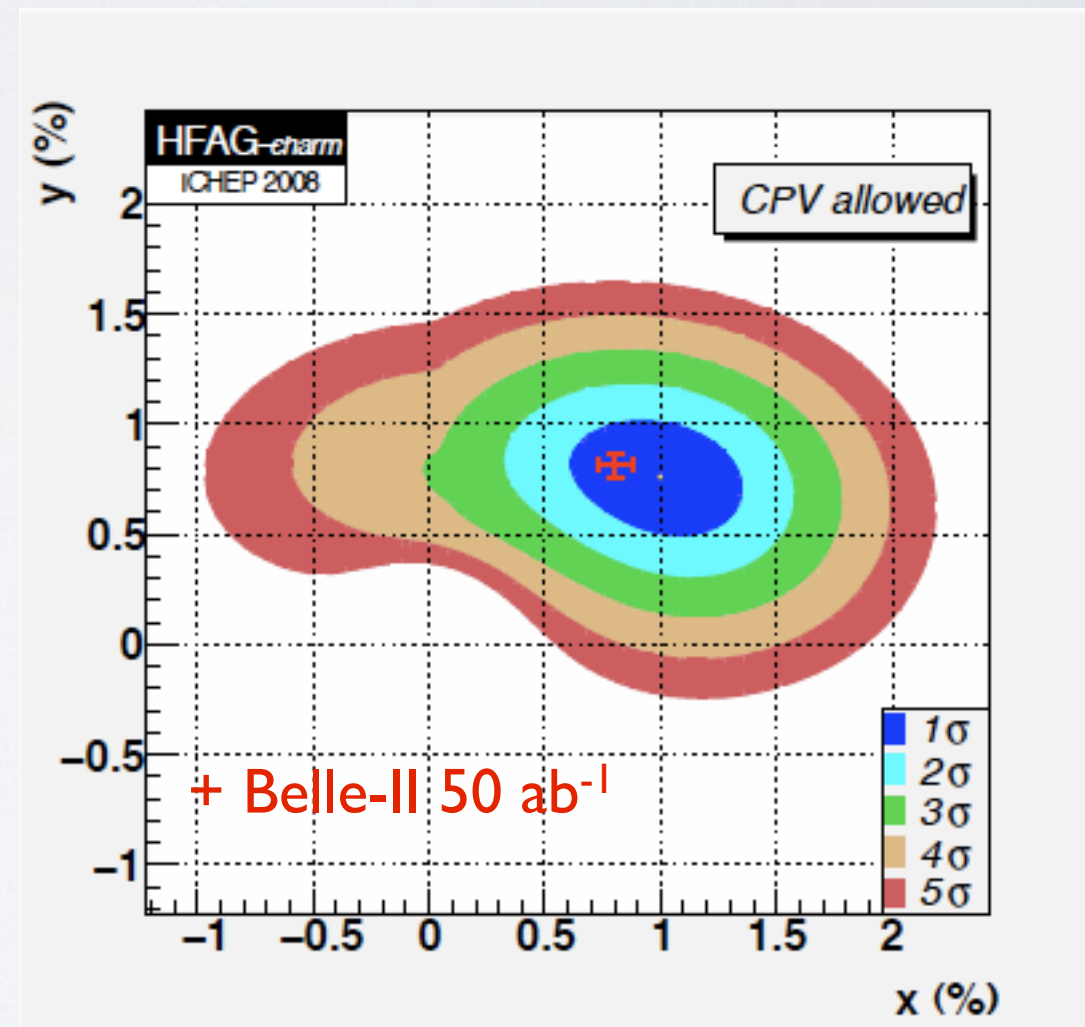
- Observation expérimentale récente (2007) : oscillation très lente w.r.t. temps de vie.
- Valeurs mesurées à la limite des prédictions du MS : difficulté de la prédiction théorique car contributions à longue distance dans le diagramme en boîte.



Paramètres de mélange  $D^0$ - $\bar{D}^0$  :

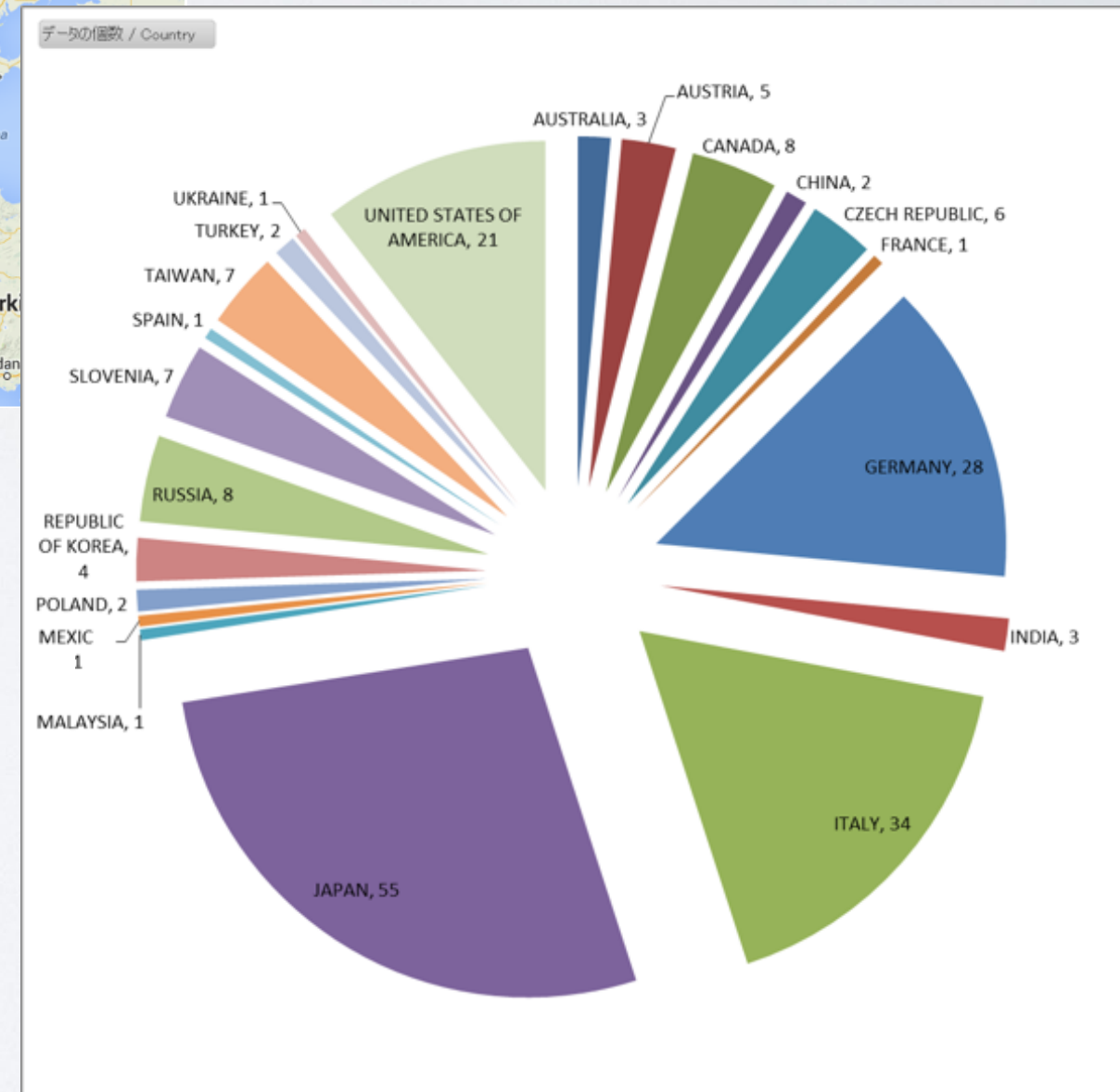
- $x_D = \Delta m / \Gamma$
- $y_D = \Delta \Gamma / 2\Gamma$

mesurables avec une précision  $< 10^{-3}$   
avec 50  $\text{ab}^{-1}$  à Belle-II.





# Belle II in Europe



Belle II General Meeting Nov/2013 @ KEK :  
~ 200 personnes enregistrées