

# L'expérience Belle-II auprès de SuperKEKB

plan :

- motivations scientifiques
- dispositif expérimental
- sensibilité des mesures
- possibilités de contribution

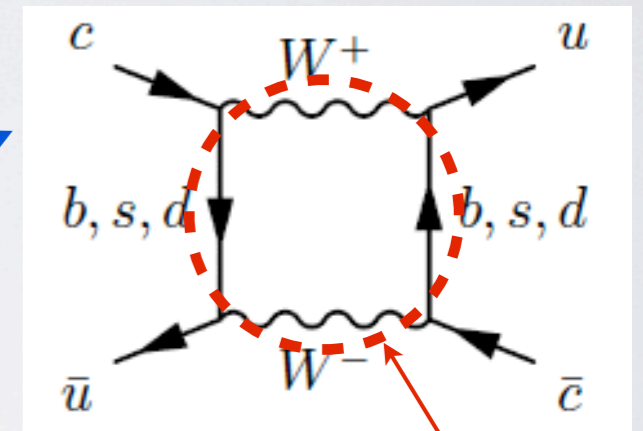
# Motivation scientifique : les mesures de précision

- Physique au-delà du MS: où ? quoi ? Très peu d'indications expérimentales :
  - nombre leptonique non conservé,
  - 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,  $\sin^2\theta_W$ ,  $B \rightarrow \tau \nu$ ,  $B \rightarrow D^{(*)} \tau \nu$ , asymétrie des di- $\mu$  de même charge,  $V_{ub}$ ,  $\sin 2\beta$  (arbre vs. pingouin), CPV directe dans  $B^0 \rightarrow K^+ \pi^-$  vs.  $B^+ \rightarrow K^+ \pi^0$  ...

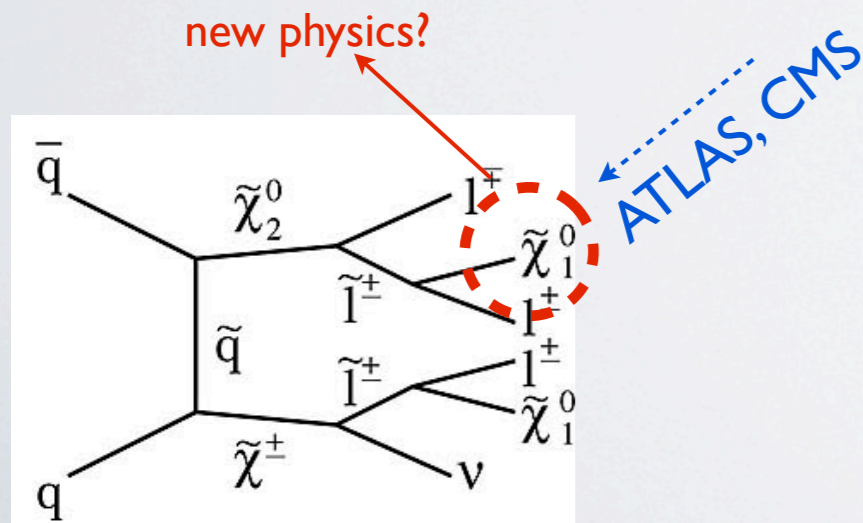
Découvrir et comprendre la NP ne sera pas facile !

- ➔ 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?



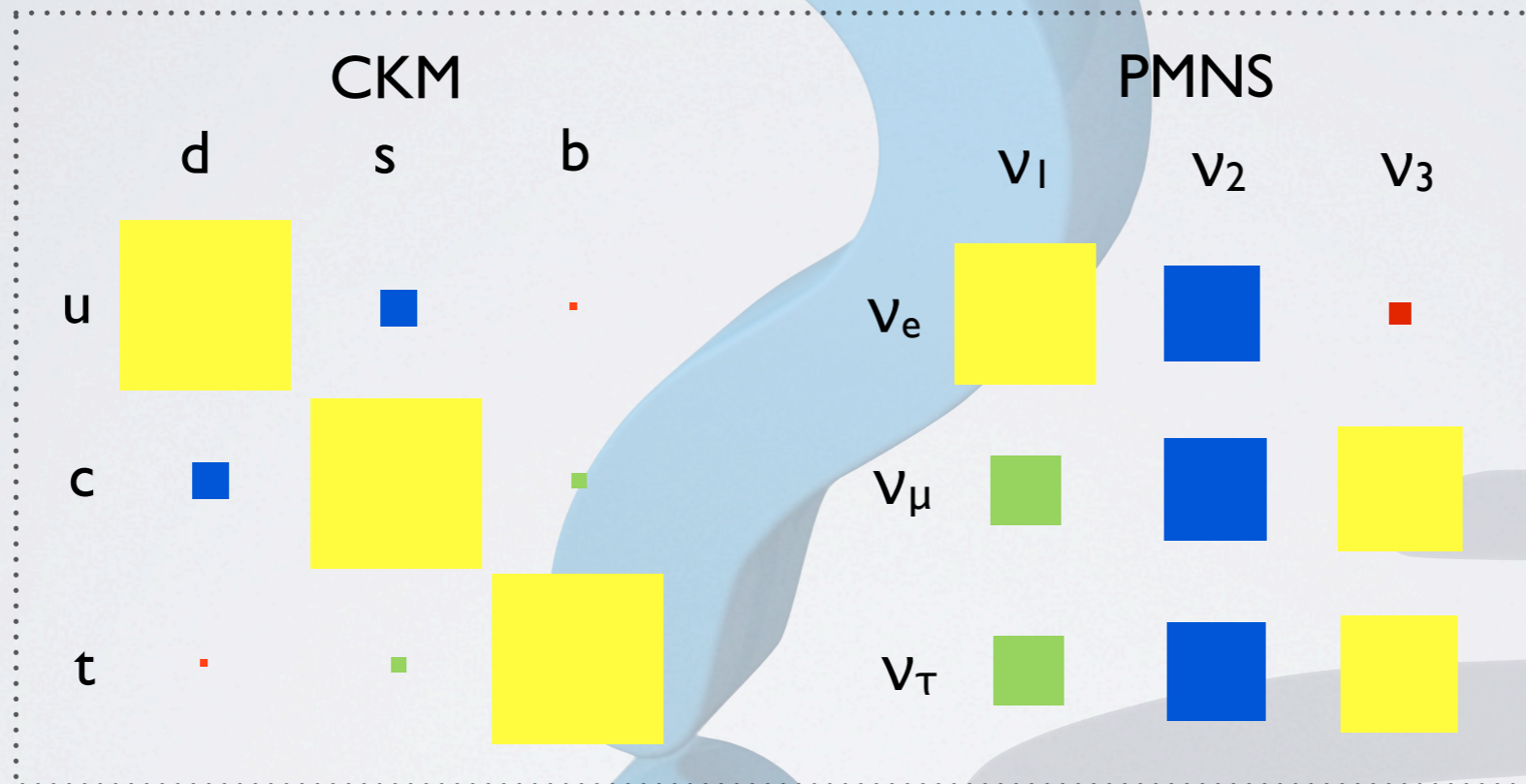
ATLAS, CMS

➔ 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 ?



← termes de Yukawa ?

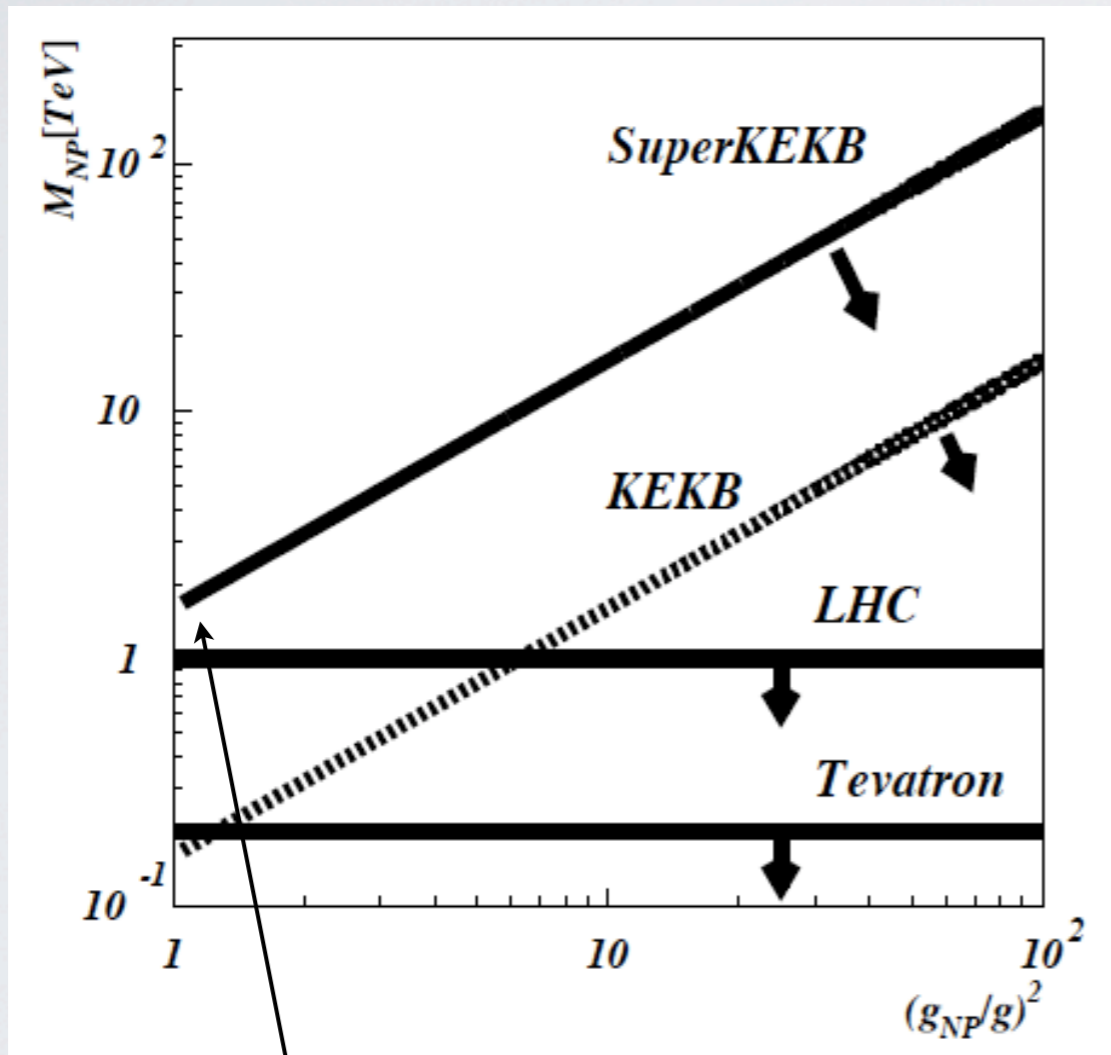
symétrie de saveur ?

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, ...

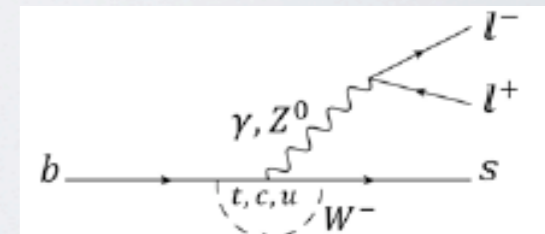
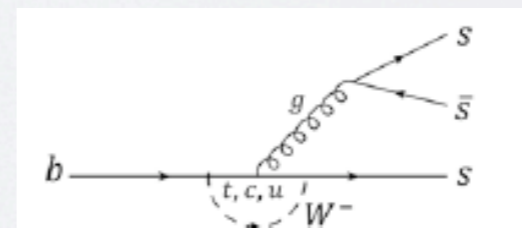
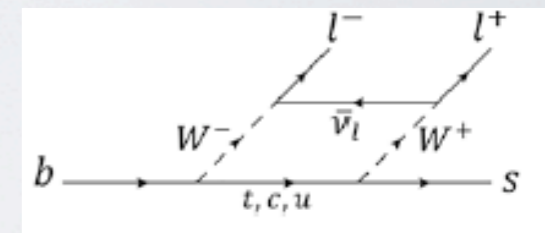
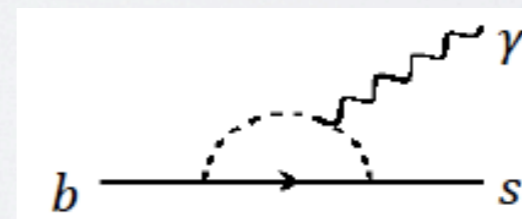


minimal flavour violation models

Mesures de FCNC très sensibles à NP, mais nécessitent :

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

Quelques exemples :



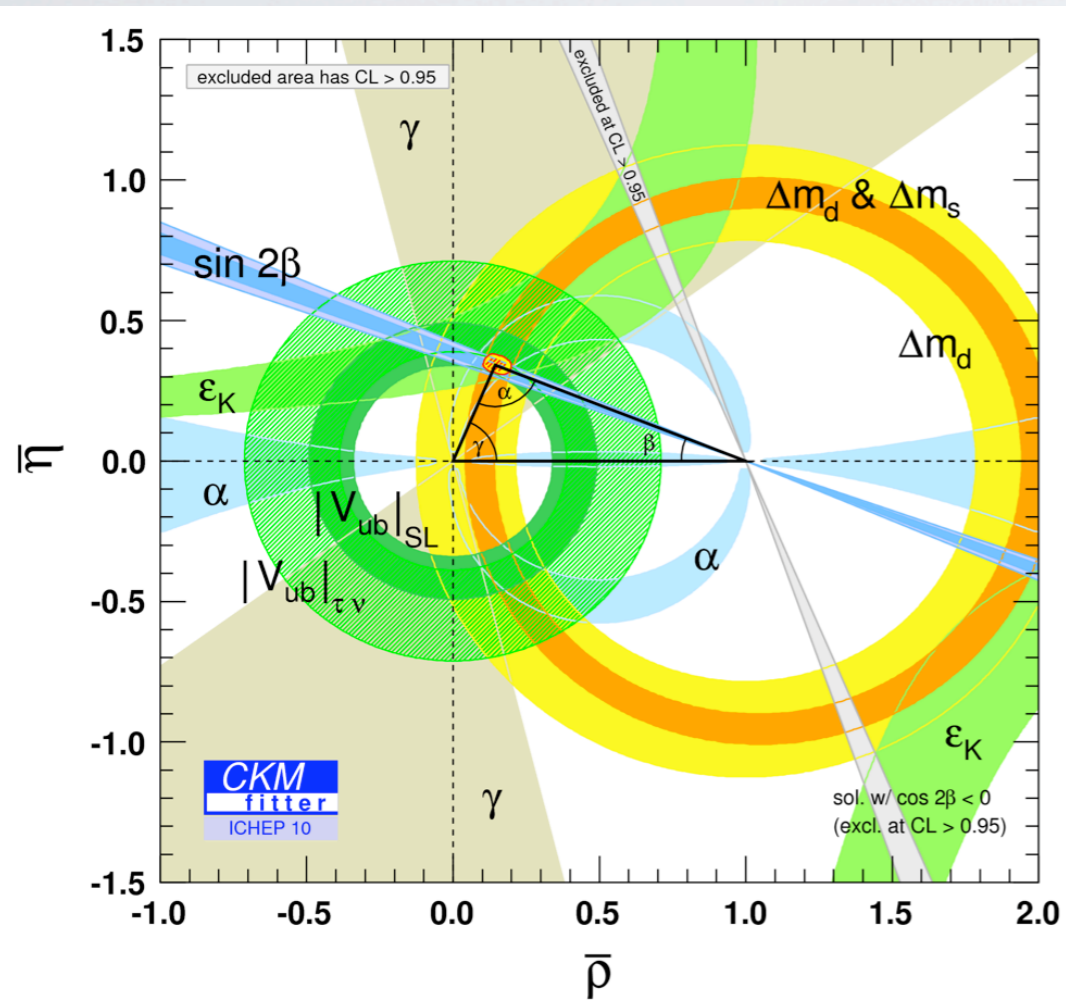
# Le programme de physique

- Deux scénarios **quand Belle-II démarre la prise de données (2016)** :
  - **NP n'est pas découverte** au LHC: rechercher des signaux indirects de NP, avec une sensibilité à une échelle d'énergie 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.
    - **double approche via les secteurs des quarks et des leptons chargés**

De  à 

in quest of CPV:  
is SM with CKM correct?

- Luminosité instantanée :  $2.1 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$   
luminosité intégrée :  $> 1 \text{ ab}^{-1}$  1999-2010.



in quest of BSM:

in which way is the SM wrong?

→ cf. les succès actuels du MS :  
nécessite statistique  $\times \sim 100$

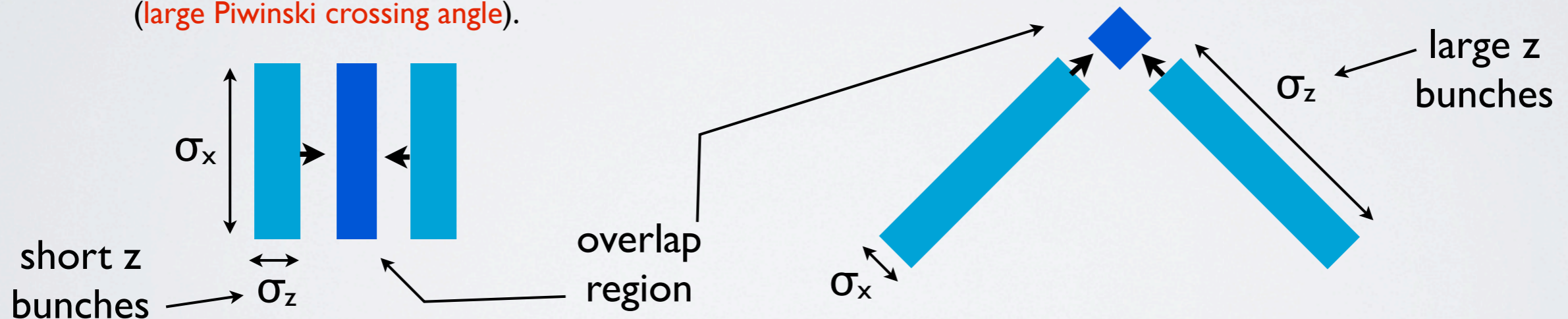
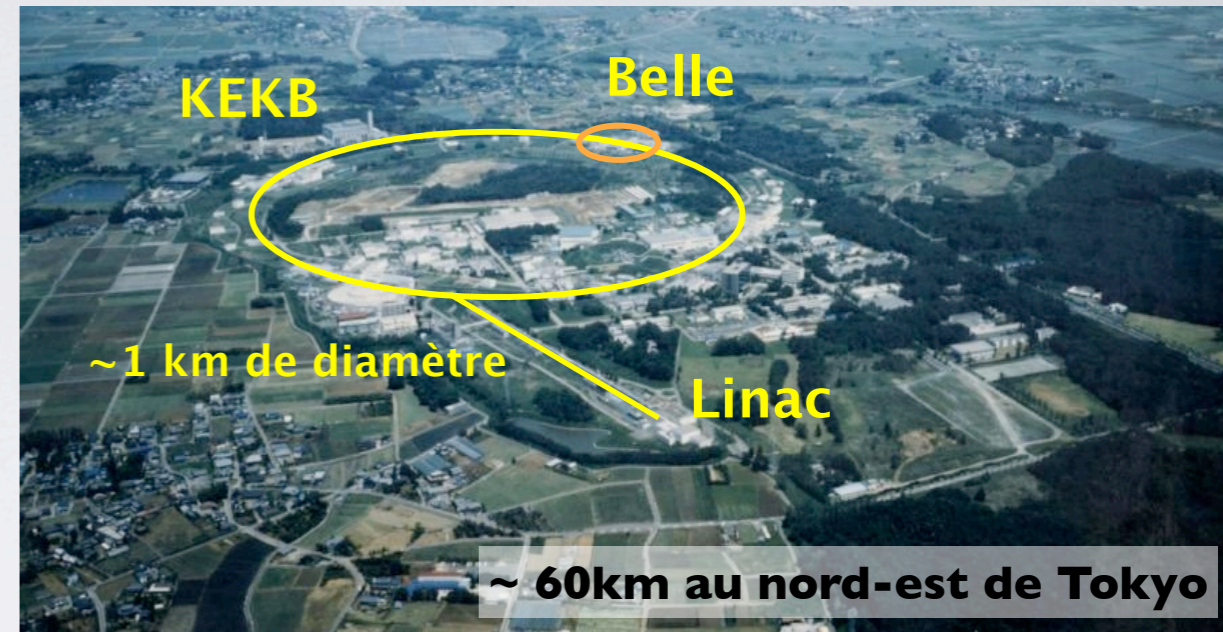
- Luminosité intégrée de  $50 \text{ ab}^{-1}$ ,  
obtenue en  $\sim 6$  ans grâce à  
luminosité instantanée =  $\text{KEKB} \times 40$   
 $= 0.8 \times 10^{36} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

→  $\sim 10^{10} B^0 \bar{B}^0$  et  $B^+ B^-$  cohérents et boostés,  
et  $c\bar{c}$ ,  $\tau^+ \tau^-$  boostés.

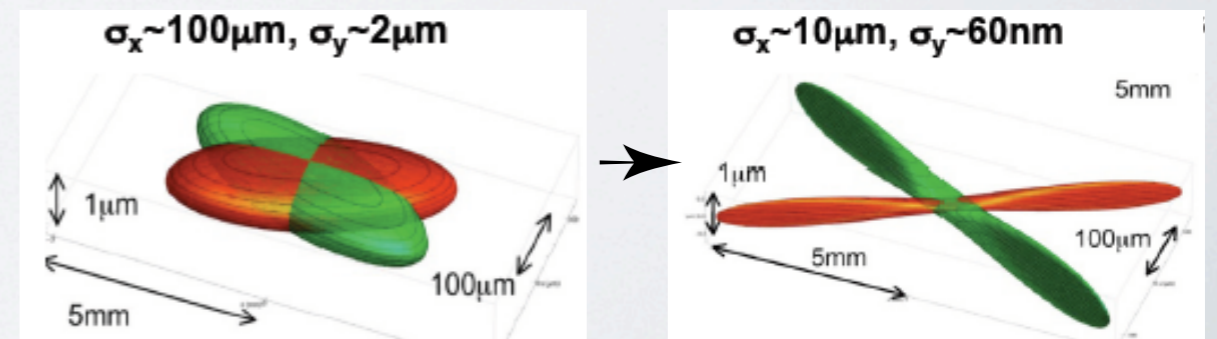
- Lol : 2004
- Collaboration : déc. 2008
- TDR détecteur : 2010, arXiv:1011.0352,  
physique : 2010, arXiv:1002.5012.

# Le collisionneur SuperKEKB (I)

- **Faisceaux asymétriques :  $e^-$  7 GeV -  $e^+$  4 GeV.**  
Collisions avec  $E_{c.m.} = M_{\Upsilon(4S)}$  et  $M_{\Upsilon(5S)}$
- Courants augmentés,  $\sim 2 \times$  KEKB,  
pas trop pour limiter le bruit de fond machine.
- Taille transverse du faisceau diminuée :  $\sim KEKB/20$   
 $\sigma_x \times \sigma_y \sim 10 \mu\text{m} \times 60 \text{nm}$  (cf. ILC)
  - il faudrait aussi  $\sigma_z$  très petit : difficile.
  - garder des longs bunches  
+ collisions avec un angle plus grand  
(large Piwinski crossing angle).



- Collisions avec large Piwinski angle (+ crab waist)  
testées avec succès à DAFNE en 2009 :  
luminosité instantanée  $\times 3$ .



## Le collisionneur SuperKEKB (2)



Les 100 aimants dipolaires ont été installés dans le LER (HER inchangés) : 3 aimants /jours en 2012.

La production des arcs de beam pipe du LER est terminée.



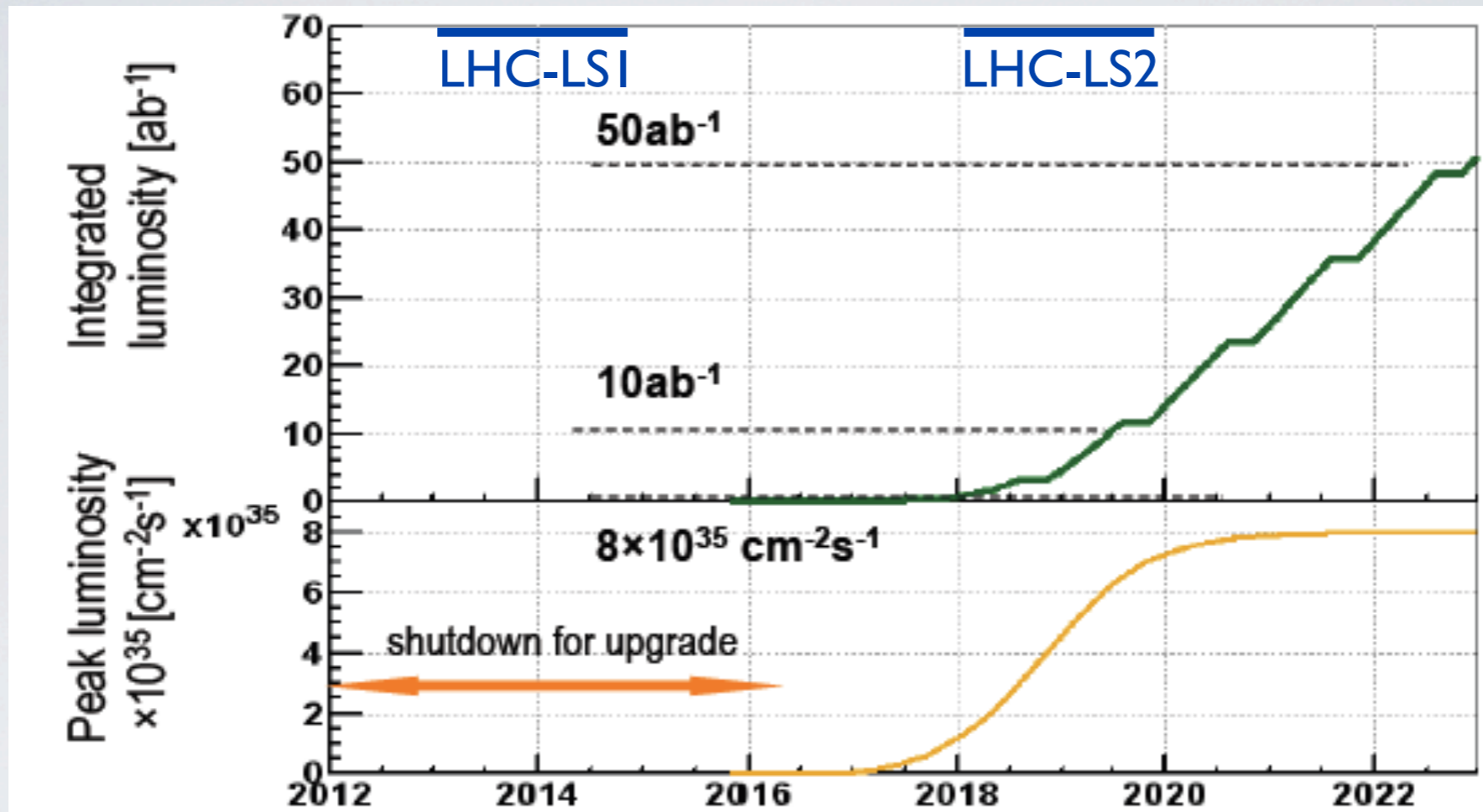
Les différentes parties de l'accélérateur sont en cours de construction.

Les bâtiments seront construits une fois le tunnel complété en 2013.





# La prise de données



**mi-2015 : BEAST II comissioning collisionneur**

- mi 2015 - fin 2015 : vide imparfait, hauts courants
- **janvier 2016** - mi 2016 : champs magnétiques nominaux, tuning des faisceaux pour atteindre  $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

**mi-2016 :**  
**démarrage de la prise de données**  
 détecteur installé et luminosité instantanée  $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

**~2020 :**  
**10 ab<sup>-1</sup> enregistrés**  
 et lumi. instantanée nominale  $0.8 \times 10^{36} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

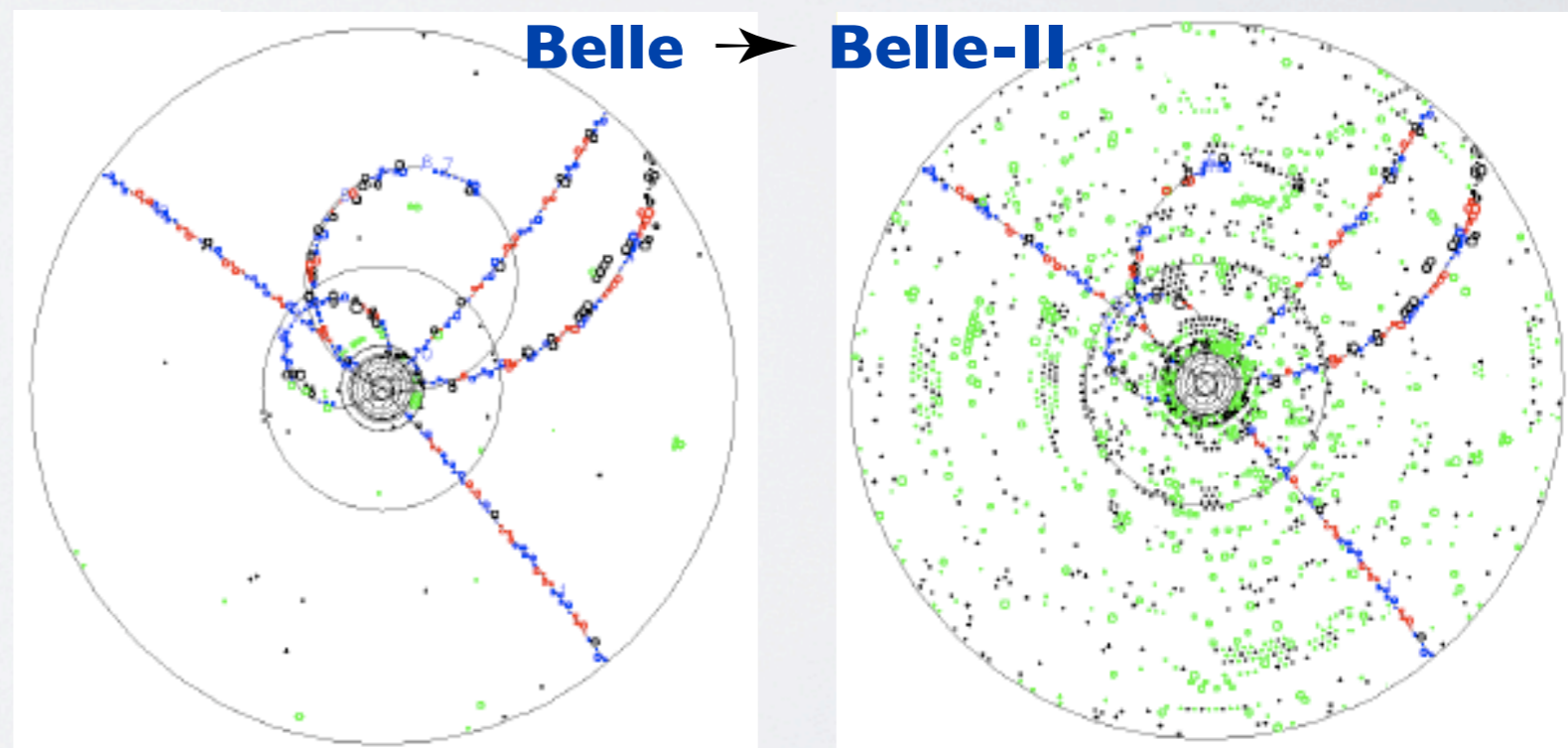
**2022 :**  
**50 ab<sup>-1</sup> enregistrés.**

# 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 (*intra-beam*) : Touschek, beam-gas, rayonnement synchrotron.
  - Proportionnels à la lumi. (*inter-beam*) : Bhabha radiatifs, production 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

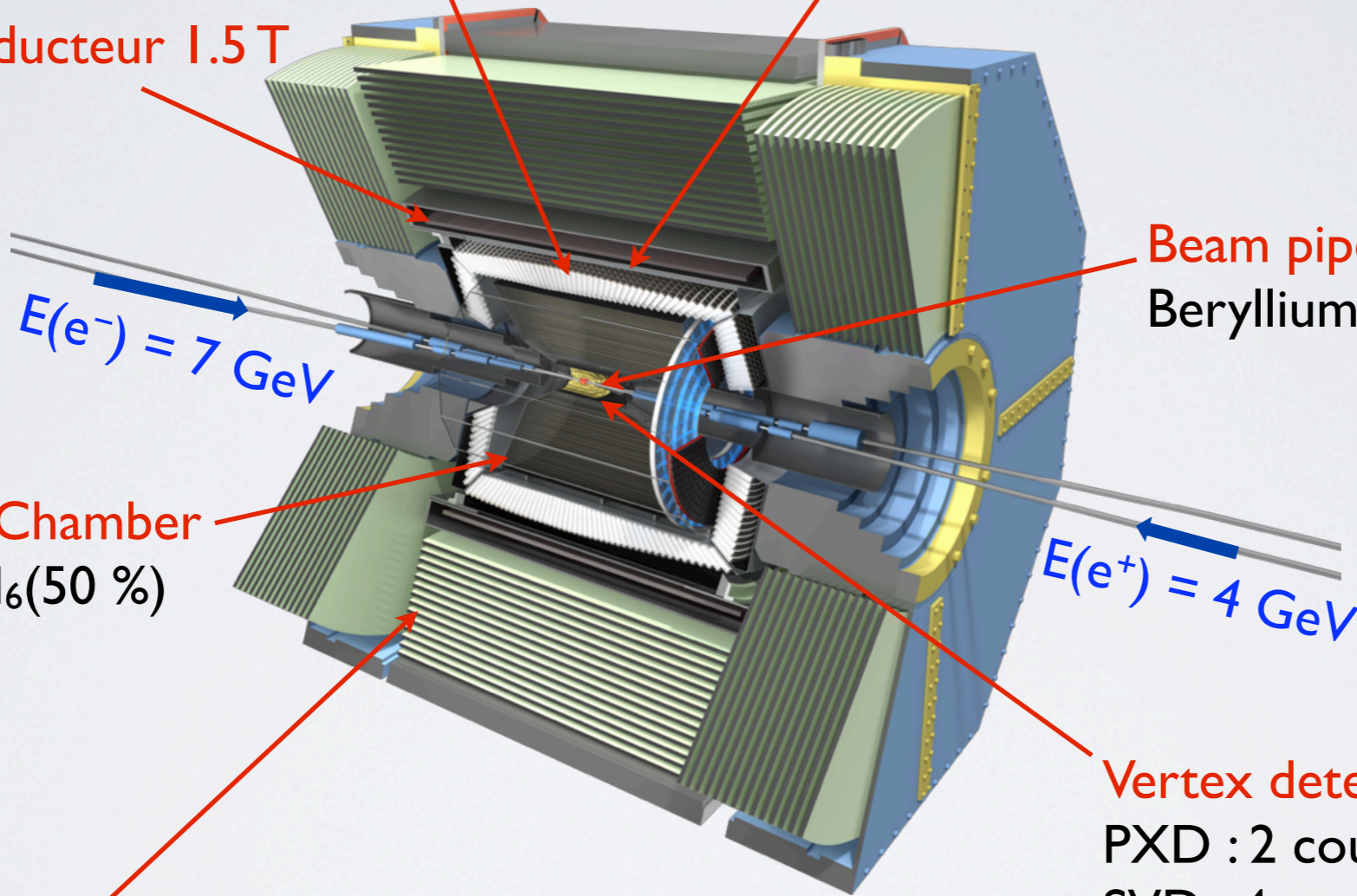
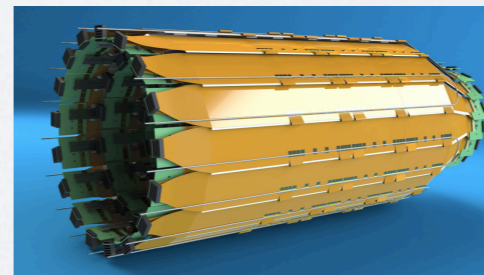
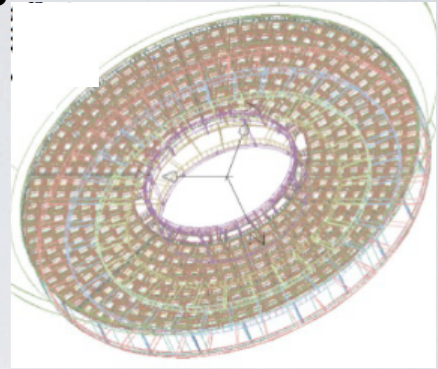
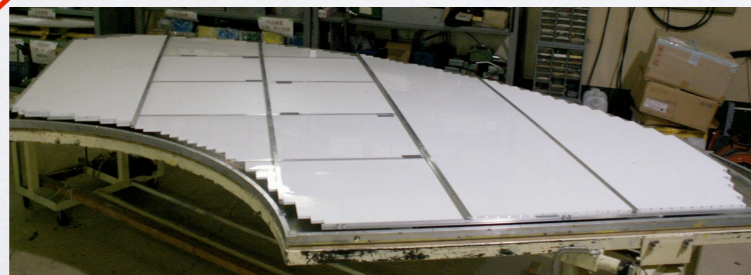
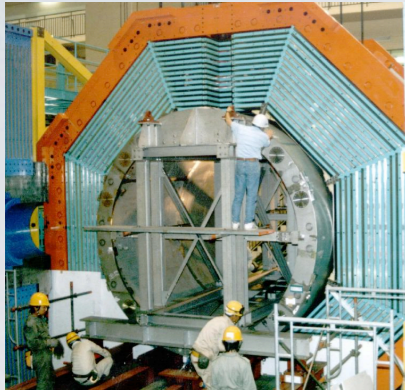
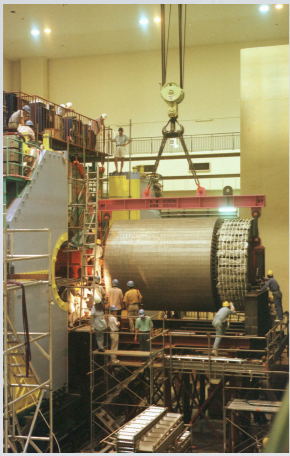
**Solénoïde supraconducteur 1.5 T**

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

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

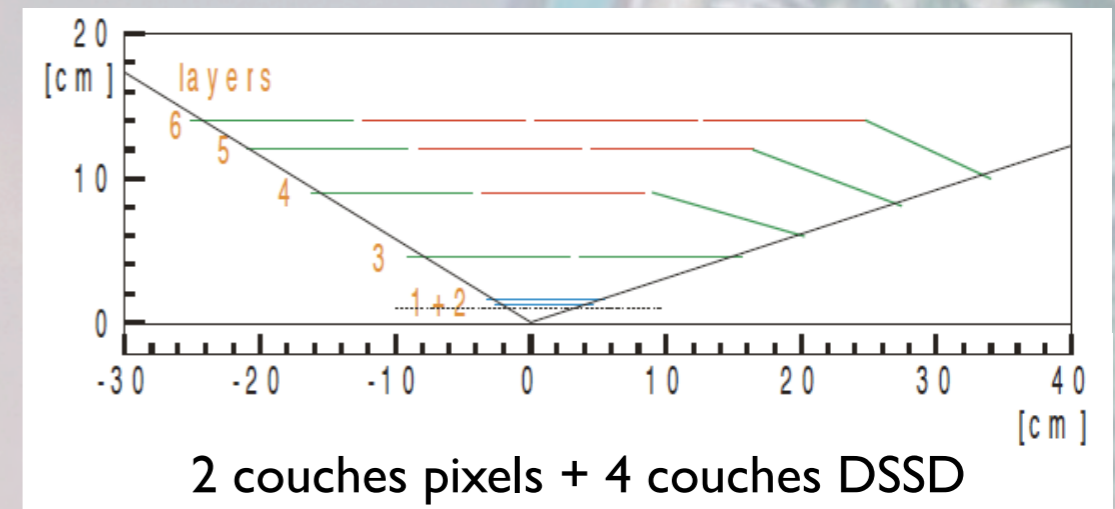
**Vertex detector**  
PXD : 2 couches pixels DEPFET  
SVD : 4 couches strips double-faces

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



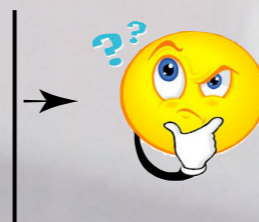
# Conception du trajectomètre interne (I)

- Boost diminué à Belle-II →  $\Delta z$  plus faible et  $\sigma(\Delta t)$  dégradé.
- Thérapie:
  - 2 couches de pixels au plus proche du IP,
  - Beam spot diminué,
  - Rayon du beam pipe diminué à 1 cm.
- Les contraintes environnementales à  $r \sim 1.4$  cm :
  - radiations ionisantes : 3 MRad /an,
  - rad. non ionisantes :  $10^{13}$  n<sub>eq</sub>.cm<sup>-2</sup> /an,
  - **taux de hits : 10 MHz.cm<sup>-2</sup> totalement dominé par le bruit de fond machine**
  - data flow : 1 Gb s<sup>-1</sup>
  - spectre en impulsion < 1 GeV.



impliquent *a priori* la nécessité de :

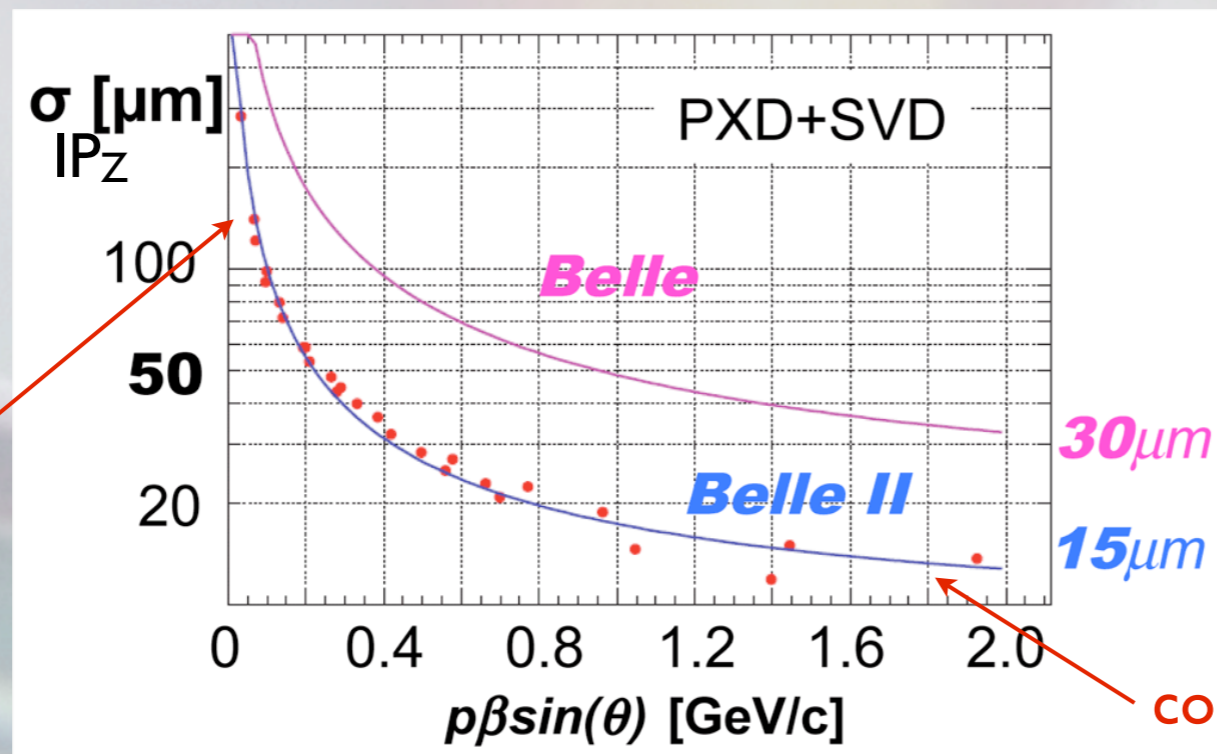
- budget de matière par couche < 1 %  $X_0$ ,
- résolution spatiale en  $R\phi$  et  $z$  < 10  $\mu\text{m}$ ,
- temps de lecture du capteur  $\sim 1$   $\mu\text{s}$ .



# Conception du trajectomètre interne (2)

- Choix de Belle-II : pixels DEPFET non monolithiques,
  - résistants aux radiations,
  - budget de matière  $< 0.2 \% X_0$  /couche,
  - temps de lecture d'un capteur =  $20 \mu\text{s}$   $\rightarrow$  OK en utilisant *on-line* l'extrapolation de la trace du SVD avec 3 ns de time stamp pour réduire l'impact du bruit de fond.
- $\rightarrow$  Importance du design global du trajectomètre interne et de l'algorithmie associée !

budget de matière faible



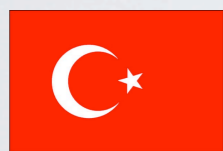
$\rightarrow$  Précision attendue sur  $\Delta t$  2x meilleure qu'à Belle.

couches de pixels proches du beam-pipe

# The Belle II Collaboration



→ mi-2013:  
~450 physiciens  
de 17 pays



Turquie (2 + étudiant, postdoc) :  
acceptés en 2012.



Italie (30-40) :  
candidature en juillet 2013.



Ukraine (2 + étudiants, postdocs) :  
acceptés en mars 2013.



Canada (10 + étudiants, postdocs) :  
acceptés en mars 2013.

# 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 de la théorie.
- Seuls quelques exemples sont abordés dans la suite.

# La physique à Belle-II



Observable	Belle 2006	SuperKEKB		†LHCb	
	(~0.5 ab <sup>-1</sup> )	(5 ab <sup>-1</sup> )	(50 ab <sup>-1</sup> )	(2 fb <sup>-1</sup> )	(10 fb <sup>-1</sup> )
<b>hadronic b → s transitions</b>					
$\Delta\mathcal{S}_{\phi K^0}$	0.22	0.073	0.029	-	0.14
$\Delta\mathcal{S}_{\eta' K^0}$	0.11	0.038	0.020	-	-
$\Delta\mathcal{S}_{K_S^0 K_S^0 K_S^0}$	0.33	0.105	0.037	-	-
$\Delta\mathcal{A}_{\pi^0 K_S^0}$	0.15	0.072	0.042	-	-
$\mathcal{A}_{\phi K^+}$	0.17	0.05	0.014	-	-
$\phi_1^{eff}(\phi K_S)$ Dalitz	-	3.3°	1.5°	-	-
<b>radiative/electroweak b → s transitions</b>					
$\mathcal{S}_{K_S^0 \pi^0 \gamma}$	0.32	0.10	0.03	-	-
$\mathcal{B}(B \rightarrow X_s \gamma)$	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
$\mathcal{B}(B^+ \rightarrow K^+ \nu \bar{\nu})$	†† < 3 $\mathcal{B}_{SM}$	-	30%	-	-
$\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^{*0} \nu \bar{\nu})$	†† < 40 $\mathcal{B}_{SM}$	-	35%	-	-
<b>radiative/electroweak b → d transitions</b>					
$\mathcal{S}_{\rho \gamma}$	-	0.3	0.15	-	-
$\mathcal{B}(B \rightarrow X_d \gamma)$	-	24% (syst.)	-	-	-
<b>leptonic/semileptonic B decays</b>					
$\mathcal{B}(B^+ \rightarrow \tau^+ \nu)$	3.5σ	10%	3%	-	-
$\mathcal{B}(B^+ \rightarrow \mu^+ \nu)$	†† < 2.4 $\mathcal{B}_{SM}$	4.3 ab <sup>-1</sup> for 5σ discovery	-	-	-
$\mathcal{B}(B^+ \rightarrow D \tau \nu)$	-	8%	3%	-	-
$\mathcal{B}(B^0 \rightarrow D \tau \nu)$	-	30%	10%	-	-
<b>LFV in τ decays</b>					
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow \mu \gamma)$ [10 <sup>-9</sup> ]	45	10	5	-	-
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow \mu \eta)$ [10 <sup>-9</sup> ]	65	5	2	-	-
$\mathcal{B}(\tau \rightarrow \mu \mu \mu)$ [10 <sup>-9</sup> ]	21	3	1	-	-
<b>unitarity triangle parameters</b>					
$\sin 2\phi_1$	0.026	0.016	0.012	~0.02	~0.01
$\phi_2(\pi\pi)$	11°	10°	3°	-	-
$\phi_2(\rho\pi)$	68° < $\phi_2$ < 95°	3°	1.5°	10°	4.5°
$\phi_2(\rho\rho)$	62° < $\phi_2$ < 107°	3°	1.5°	-	-
$\phi_2$ (combined)	-	2°	~1°	10°	4.5°
$\phi_3(D^{(*)}K^{(*)})$ (Dalitz mod. ind.)	20°	7°	2°	8°	-
$\phi_3(DK^{(*)})$ (ADS+GLW)	-	16°	5°	5-15°	-
$\phi_3(D^{(*)}\pi)$	-	18°	6°	-	-
$\phi_3$ (combined)	-	6°	1.5°	4.2°	2.4°
$ 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	Belle/SuperKEKB		LHCb†	
	(25 fb <sup>-1</sup> )	(5 ab <sup>-1</sup> )	(50 ab <sup>-1</sup> )	(2 fb <sup>-1</sup> )	(10 fb <sup>-1</sup> )
<b>B<sub>s</sub><sup>0</sup> physics</b>					
$\mathcal{B}(B_s \rightarrow \gamma\gamma)$	< 8.7 × 10 <sup>-6</sup>	0.25 × 10 <sup>-6</sup>	-	-	-
$\Delta\Gamma_s^{CP}/\Gamma_s$ ( $Br(B_s \rightarrow D_s^{(*)} D_s^{(*)})$ )	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
$\mathcal{B}(B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-)$	-	-	-	6 fb <sup>-1</sup> for 5σ discovery	-
$\phi_3(B_s \rightarrow KK)$	-	-	-	7-10°	-
$\phi_3(B_s \rightarrow D_s K)$	-	-	-	13°	-
<b>charm physics</b>					
<i>D</i> mixing parameters					
$x$	0.25%	0.12%	0.09%	-	0.25%††
$y$	0.16%	0.10%	0.05%	-	0.05%††
$\delta_{K\pi}$	10°	6°	4°	-	-
$ q/p $	0.16	0.1	0.05	-	-
$\phi$	0.13 rad	0.08 rad	0.05 rad	-	-
$A_D$	2.4%	1%	0.3%	-	-
<b>new particles</b>					
$\gamma\gamma \rightarrow Z(3930) \rightarrow DD^*$	-	-	-	> 3σ	-
$B \rightarrow KX(3872) (\rightarrow D^0 \bar{D}^{*0})$	-	-	-	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>					
$\sin^2 \Theta_W$	-	-	-	(~10 ab <sup>-1</sup> )	3 × 10 <sup>-4</sup>

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



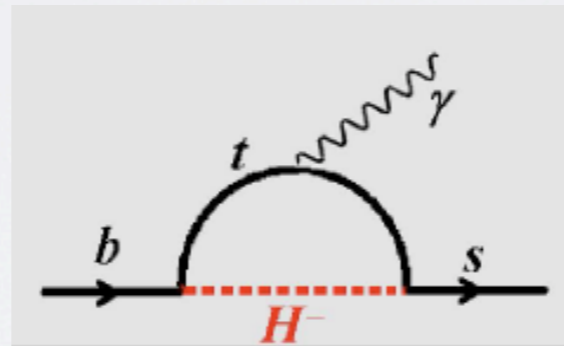
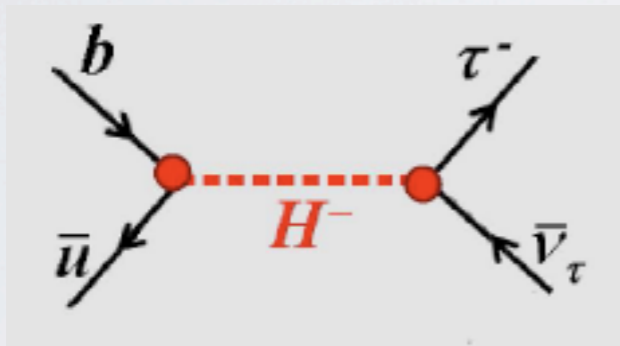


# Les désintégrations rares

- 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 :

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

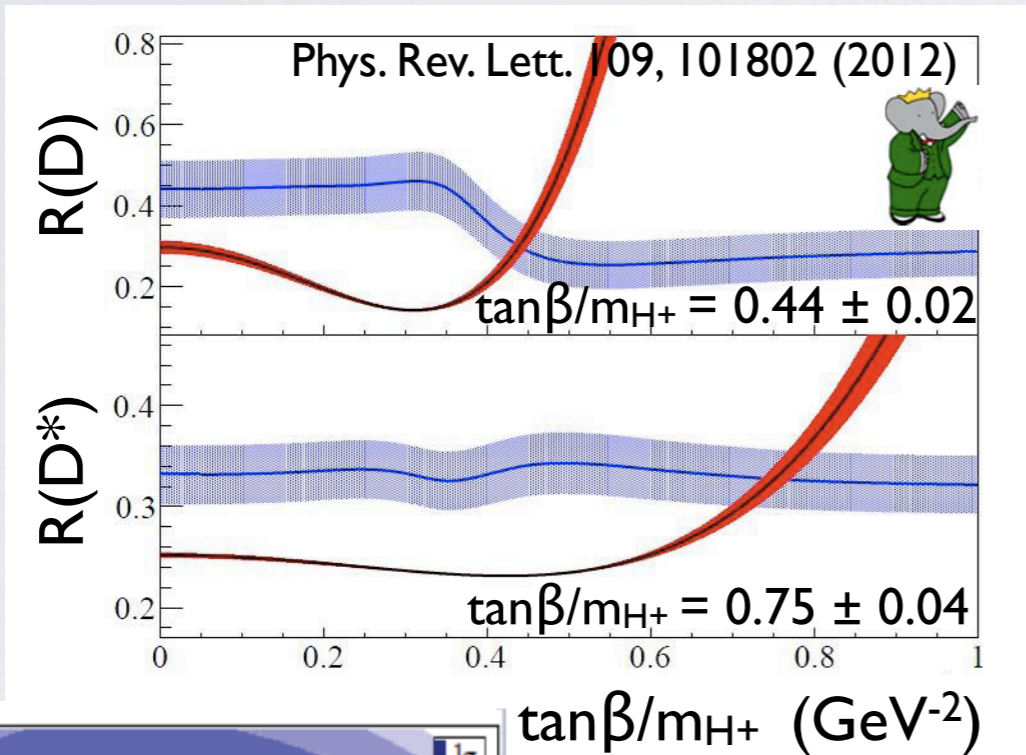
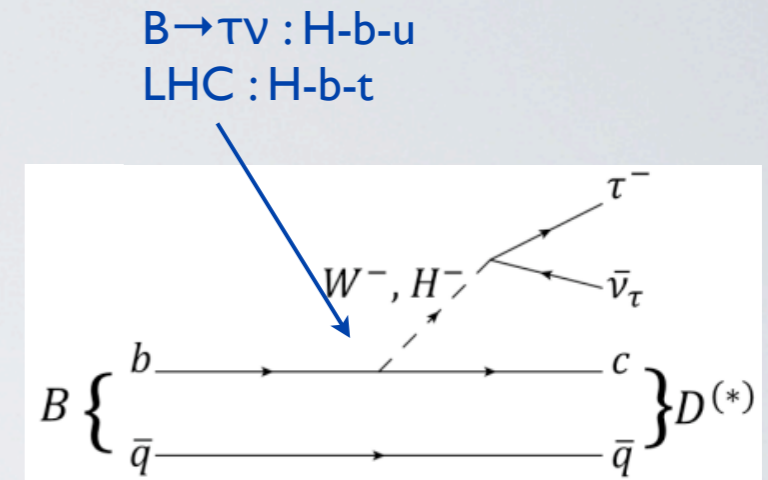


- Autre voie de recherche de NP auprès d'une usine à B: mesurer des B.R. pas-si-faibles, mais très bien prédits théoriquement :
  - $B \rightarrow D^{(*)} \tau^+ \nu$ .

# B → D(\*)τν decay

• 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:

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

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

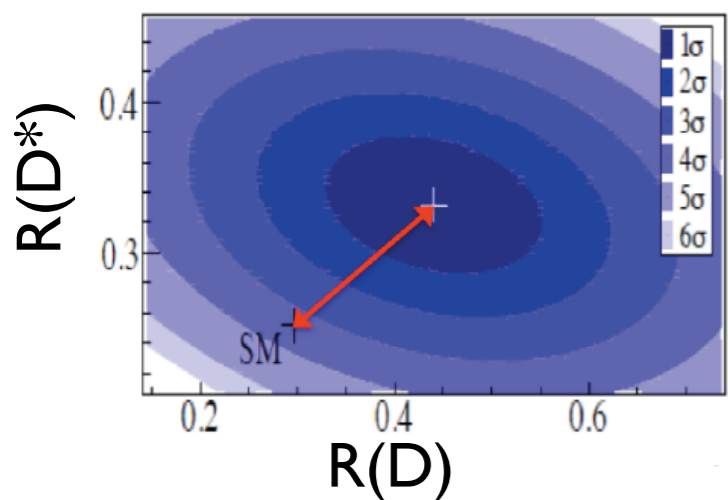
prédiction MS:

$$0.297 \pm 0.017$$

$$0.252 \pm 0.003$$

➔ **3.4σ** du MS

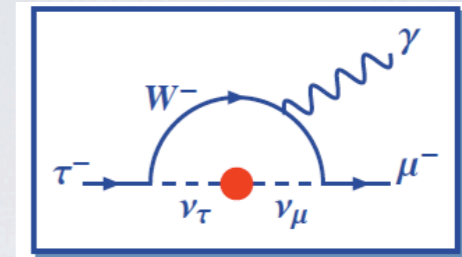
et type II 2HDM exclus avec 99.8 % C.L.



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

# Violation de saveur leptonique

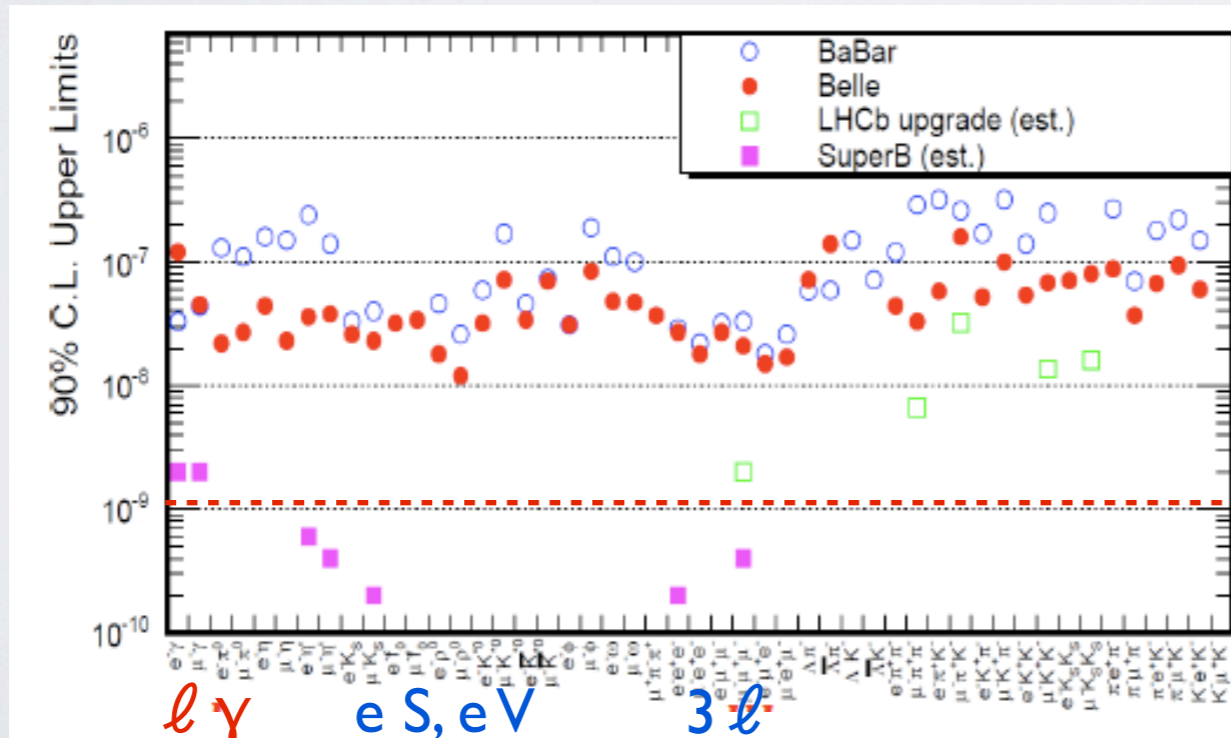
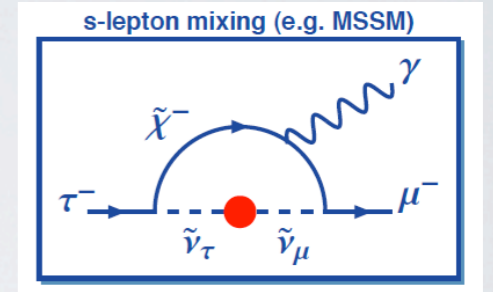
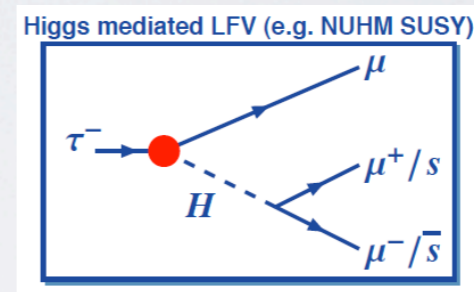
- Dans le MS incluant les oscillations de  $\nu$  : LFV  $\sim (\Delta m_\nu^2/M_W^2)^2$   
 → désintégrations LFV expérimentalement non observables,  
 e.g. B.R. ( $\tau \rightarrow \ell \gamma$ )  $< 10^{-49} - 10^{-53}$ .



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 ab<sup>-1</sup>, 10<sup>9</sup>  $\tau$

$10^{-8}$

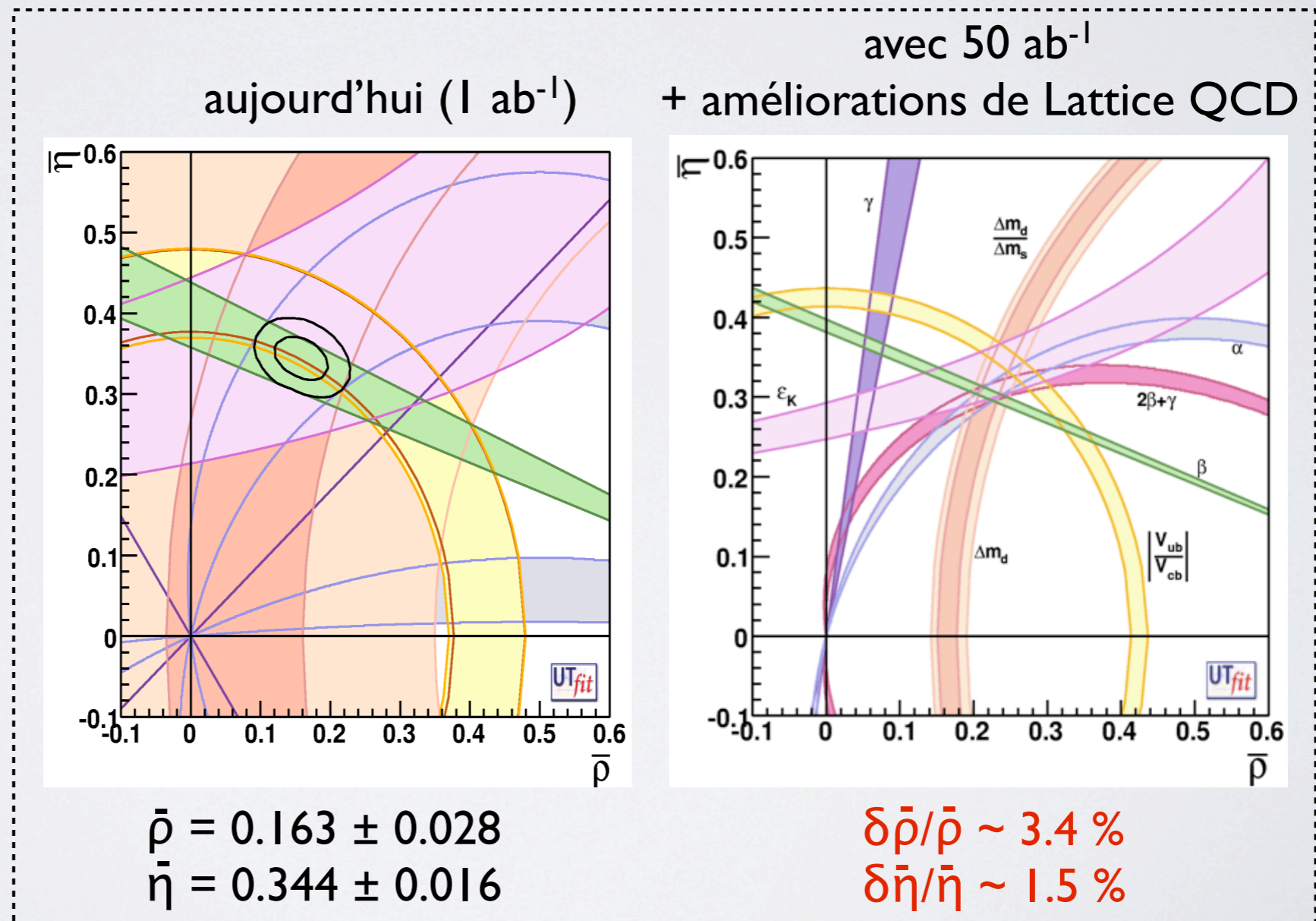
$10^{-9}$  ← Belle-II : 50 ab<sup>-1</sup>, 5 × 10<sup>10</sup>  $\tau$   
 extrapolation de Belle

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

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

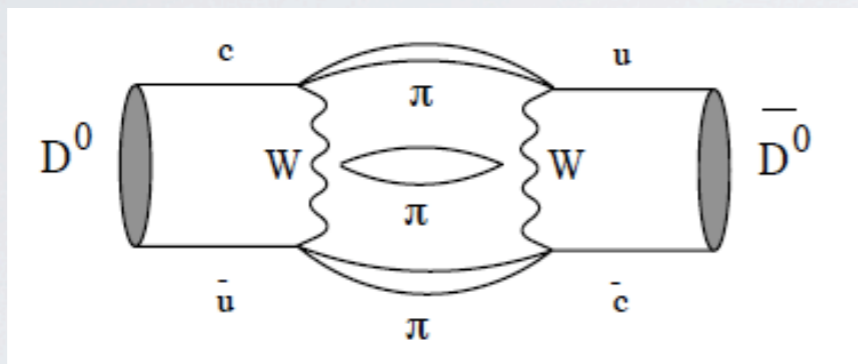
# matrice CKM

- 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.  $\epsilon_K$  UT fits, ...
  - Identification d'une contribution de NP : SM  $\sim$  contrainte  $(\bar{\rho}, \bar{\eta})$  par les processus à l'ordre de l'arbre.



# oscillation des mésons charmés

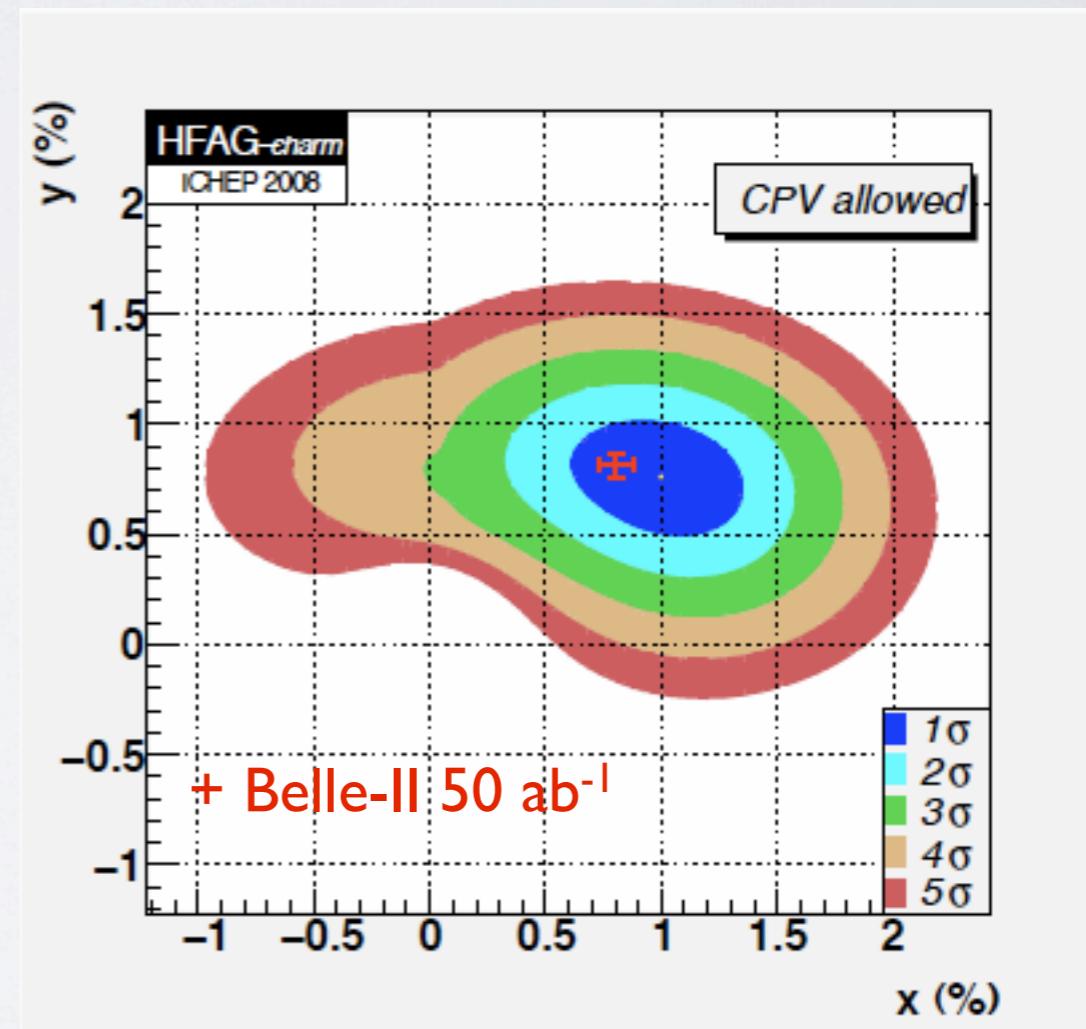
- Observation expérimentale récente (2007) : oscillation très lente w.r.t. temps de vie.
- Valeurs mesurées à la limite des prédictions du MS : difficulté de la prédiction théorique car contributions à longue distance dans le diagramme en boîte.



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

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

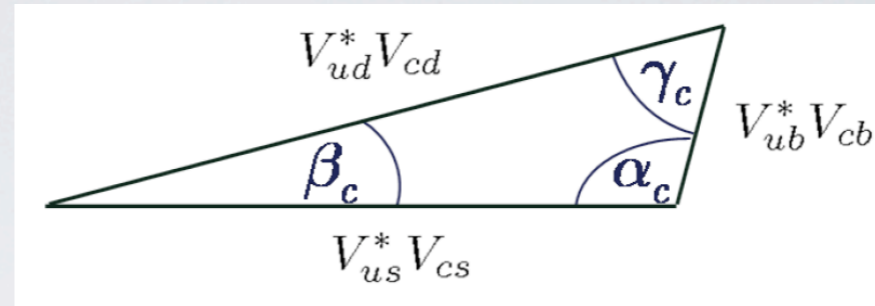
mesurables avec une précision  $< 10^{-3}$   
avec  $50 \text{ ab}^{-1}$  à Belle-II.



# CPV dans le secteur du charme

- Mesure du triangle  $cu$ :

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



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

- Mesure importante :
  - Besoin d'une autre source de CPV  $\rightarrow$  recherche de **phases supplémentaires** ;
  - Seul système oscillant impliquant des **quarks de type down dans le diagramme en boîte** ;
  - Mesures de LHCb (2011), CDF et Belle montrent un désaccord avec le MS (non confirmé LHCb 2013).

- Nouvelle analyse : sensibilité à  $\beta_c$  par la mesure de l'asymétrie des désintégrations de  $D^0$  et  $\bar{D}^0$  **dépendant du temps** :

$$\text{asymétrie} = f(\lambda_f, t) \quad \text{avec : } \arg(\lambda_f) = \Phi_{\text{mix}} - 2\beta_c.$$

$\Phi_{\pi\pi}$

$\Phi_{KK}$

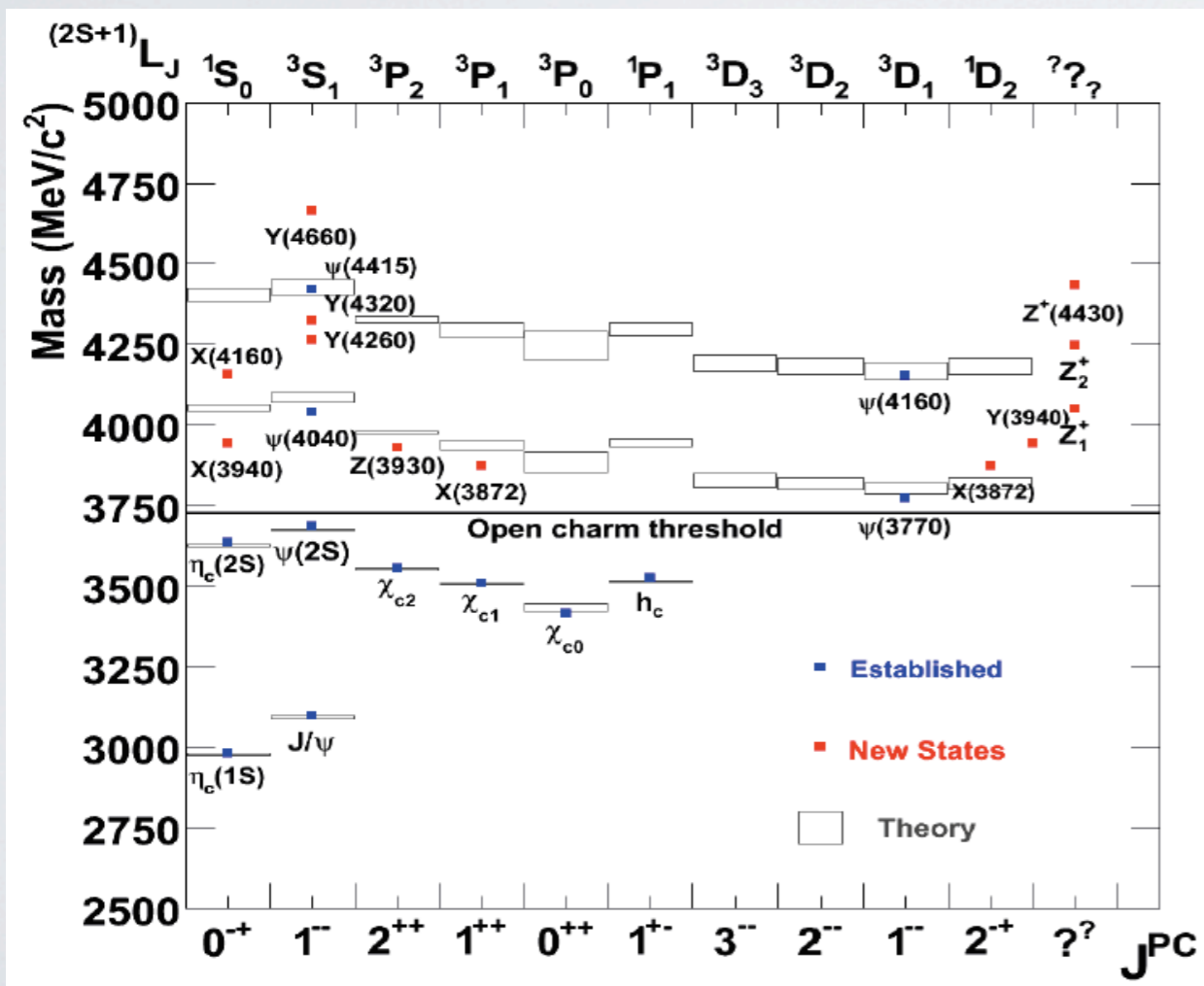
Parameter	75 ab <sup>-1</sup> LHCb	
	$\Upsilon(4S)$	
$\phi(\pi\pi) = \arg(\lambda_{\pi\pi})$	2.2°	2.3°
$\phi(KK) = \arg(\lambda_{KK})$	1.3°	1.4°
$\beta_{c,eff}$	1.3°	1.4°

- Belle-II vs. LHCb:

- Statistique supérieure à LHCb mais bruit de fond plus important, efficacité de trigger plus faible, et dépendance de la sélection dépendant du temps.
- **Résolution temporelle moins bonne à Belle-II.**
  - $\rightarrow$  Pourrait être améliorée par une jouvance du trajectomètre interne ?

# 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.

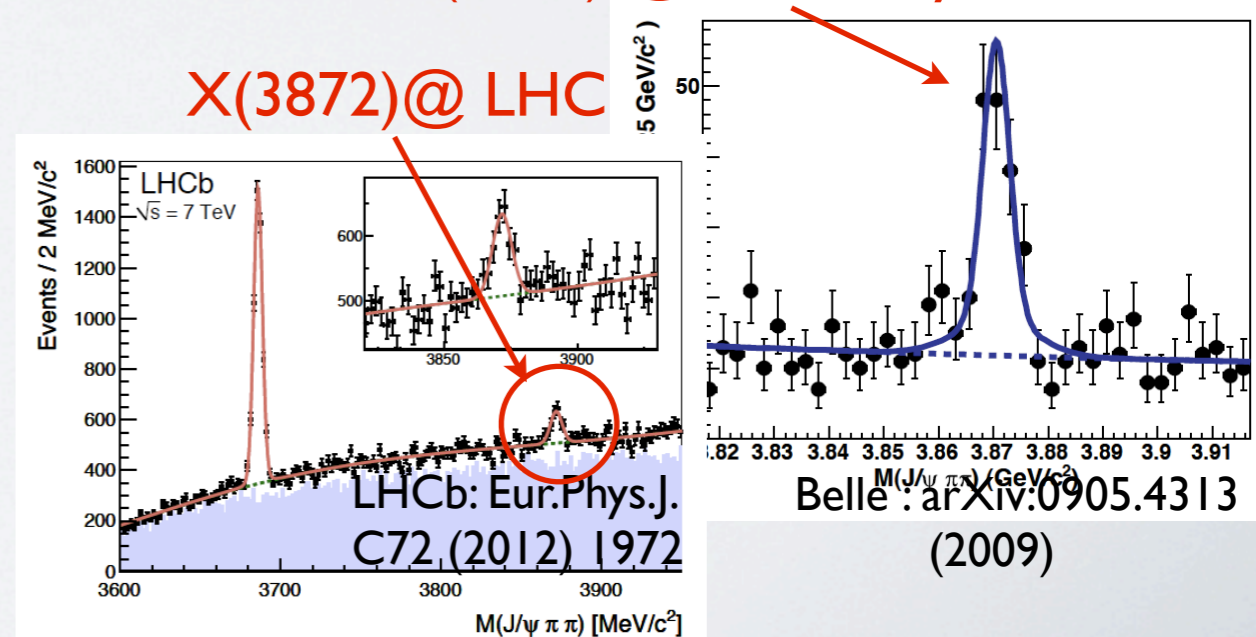


Production attendue avec  $50 \text{ ab}^{-1}$  :

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

X(3872) @ B-Factory

X(3872) @ LHC



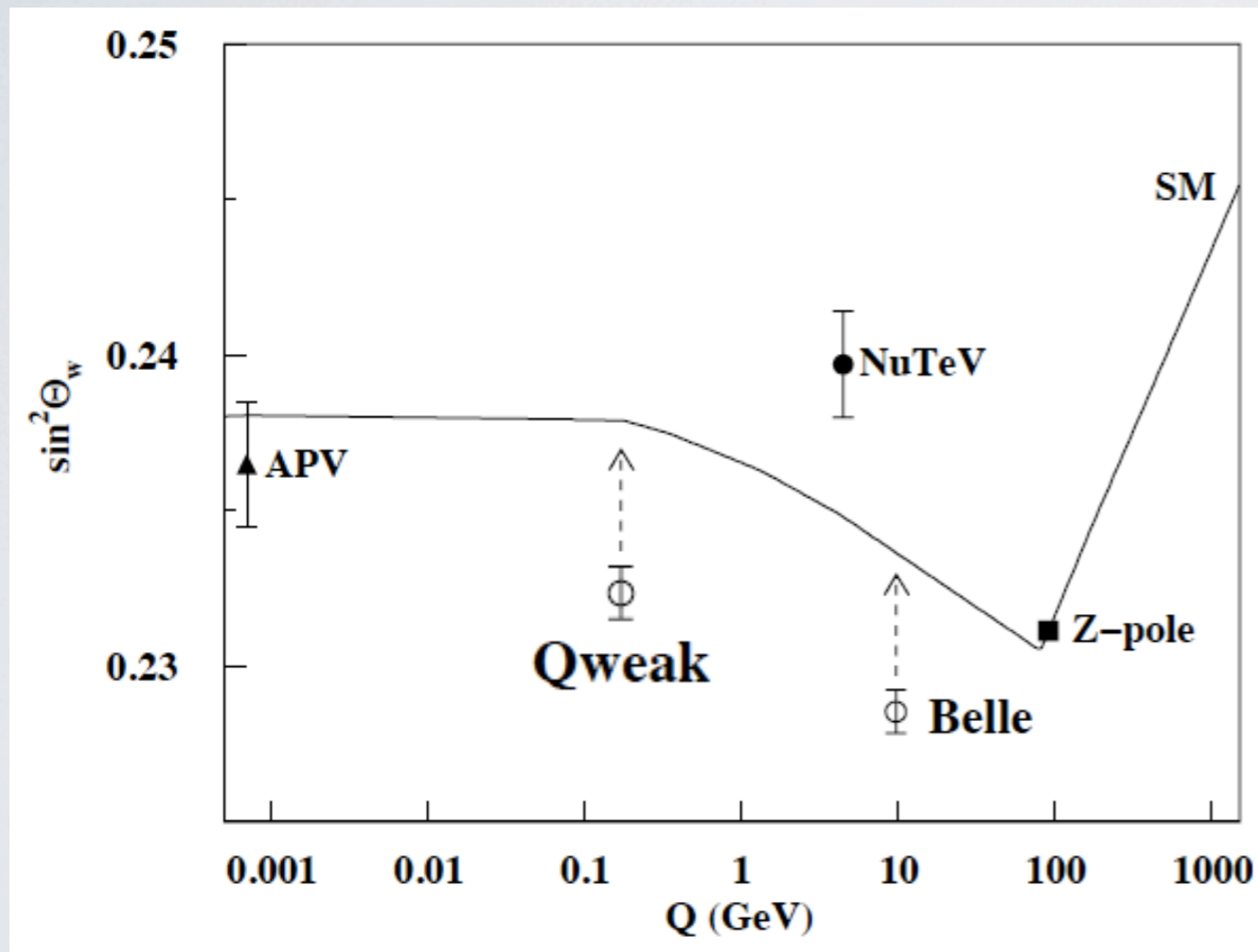


# $\sin^2\theta_W$

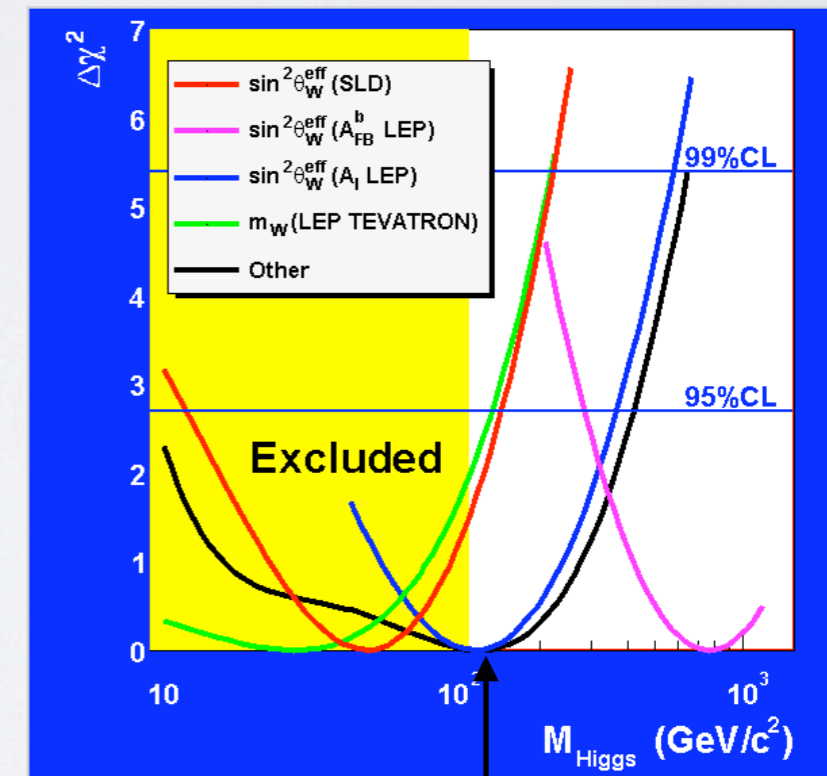
- Mesure de  $A_{FB}$  avec  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ .

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 ?



# Complémentarité avec LHCb

- no results
- moderate precision /cleanness
- exp.: precise
- theor.: clean (need Lattice)
- very precise /clean

Observable/mode	Current Luminosity $\sim 1 \text{ ab}^{-1}$	LHCb (2017) $5 \text{ fb}^{-1}$	SuperB (5 years) $75 \text{ ab}^{-1}$	LHCb upgrade $50 \text{ fb}^{-1}$	Theory		
$\tau \rightarrow \mu\gamma$ $\tau \rightarrow e\gamma$	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	τ decays	
$B \rightarrow \tau\nu, \mu\nu$ $B \rightarrow K^{(*)}\nu\bar{\nu}$ S in $B \rightarrow K_s^0\pi^0\gamma$ S (other penguin modes)	Yellow	Red	Green	Red	Green		$B^0, B^+$ decays
$A_{CP}(B \rightarrow X_s\gamma)$ $\text{BR}(B \rightarrow X_s\gamma)$ $\text{BR}(B \rightarrow X_s ll)$ $\text{BR}(B \rightarrow K^{(*)}ll)$	Blue	Yellow	Green	Yellow	Green		
$B_s \rightarrow \mu\mu$ $\beta_S$ from $B_s \rightarrow J/\psi\phi$ $B_s \rightarrow \gamma\gamma$ $\alpha_d$	Red	Blue	Green	Red	Green	$B_s^0$ decays	
Mixing parameters CP Violation	Yellow	Blue	Green	Green	Green		
$\sin^2\theta_W$ at T(4S) $\sin^2\theta_W$ at Z-Pole	Red	Red	Green	Red	Green	Electroweak	
$\alpha$	Blue	Blue	Green	Blue	Yellow		
$\beta$ from $b \rightarrow c\bar{c}s$	Blue	Blue	Green	Green	Green	CKM	
$B_d \rightarrow J/\psi\pi^0$	Yellow	Red	Green	Red	Green		
$B_s \rightarrow J/\psi K_s^0$	Red	Yellow	Red	Blue	Green		
$\gamma$	Yellow	Blue	Green	Green	Green		
$ V_{ub} $ inclusive	Blue	Yellow	Green	Blue	Blue		
$ V_{ub} $ exclusive	Blue	Yellow	Green	Blue	Blue		
$ V_{cb} $ inclusive	Blue	Yellow	Green	Blue	Blue		
$ V_{cb} $ exclusive	Blue	Yellow	Green	Blue	Blue		

# 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 2016**.
- 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, mais aussi avec LHCb et les autres expériences à la frontière de l'intensité.
- Il existe une **bonne opportunité de rejoindre Belle-II en 2013**, dans le but d'analyser les données de Belle-II dans 3 ans (et de Belle dès maintenant).

# Participer à Belle-II en France ?

- **Proposition de constituer un groupe français participant à l'analyse de physique dans Belle-II.**  
Intérêt pour une **mesure dépendant du temps**, en lien avec des contributions d'intérêt général pour l'expérience : mesure de l'asymétrie de CP dans la désintégration des mésons charmés.
- **Conditions d'entrée dans Belle-II en 2013** : contribution aux *critical issues* identifiées dans le développement du *software* (*tracking*, ...), et/ou au *commissioning* du détecteur et au démarrage de la prise de données.
- **Conditions d'acceptation par l'IN2P3** :  $\geq 5$  physiciens analysent les données en 2016. Pas de financement pour l'instrumentation.
- **Contributions françaises en cours de discussion** : IPHC, LAL, + quelques autres frémissements : décisions attendues d'ici septembre.

→ But : **candidater en novembre 2013 pendant la semaine de collaboration à KEK.**

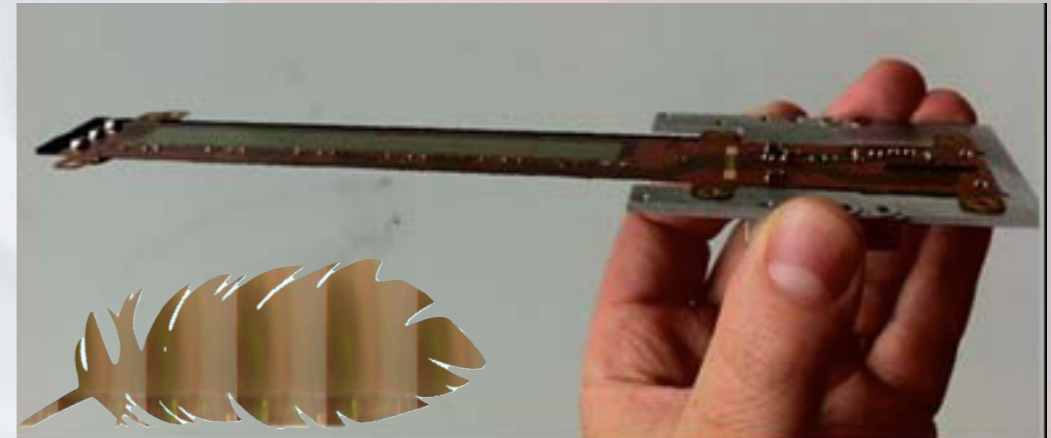
# Contribution discutée au LAL

Mesure rapide de la luminosité par la mesure du bruit de fond Bhabha radiatif à très bas angle, avec des détecteurs diamant, pour corriger en-ligne les paramètres du faisceau.

- Travaux démarrés en 2012 dans le cadre de SuperB, basés sur l'utilisation de capteurs diamant développés pour mesurer le halo du faisceau à ATF2 (financement 2012-14 par le LABEX P2IO).
- Possibilité de participation au *commissioning* de SuperKEKB (BEAST-II).
- **Demande de soutien financier déposée au FJ-PPL** pour FY-2013.  
Collaborateurs à KEK : S. Uehara (Belle-II), Y. Funakoshi (SuperKEKB).
- Démarrage d'une **thèse en octobre 2013** : financement + doctorant identifiés.

# Contribution discutée à l'IPHC

- Contribution à la reconstruction des trajectoires
- Participation à la conception d'une jouvence du trajectomètre interne pixellisé (envisagée pour 2019-20).
- Possibilité de participation au *commissioning* de SuperKEKB (BEAST-II) : (BEAST-II) : mesure du taux de comptage du bruit de fond Touschek avec des capteurs CMOS (échelle double-face PLUME équipée de capteurs MIMOSA-26).  
Collaborateur : C. Marinas (Uni. Bonn, DEPFET, coord. de BEAST-II pour le trajectomètre interne).
- Collaborateurs pour la reconstruction des trajectoires :  
R. Frühwirth (HEPHY Wien, tracking de CMS, Belle-II, ILC-forward),  
M. Heck (KIT Karlsruhe, coordinateur du tracking).
- **Demande de soutien financier déposée au FJ-PPL** pour FY-2013.  
Collaborateurs à KEK : Y. Ushiroda (coordinateur technique), S. Tanaka (intégration du trajectomètre interne), K. Trabelsi (coordinateur de la physique).
- Démarrage d'une **thèse en oct. 2012** sur SuperB (asymétrie de CP en fonction du temps dans les désintégrations des  $D^0$  + étude de capteurs à pixels CMOS pour la trajectométrie)  
→ Belle-II.



# SuperKEKB Factory

$B^+$   $D^0$   $B^-$   $T^+$   $B^0$   $\bar{B}^0$   $T^-$   $B^+$   $\bar{D}^0$   $T^+$   $B^0$   $\bar{B}^0$

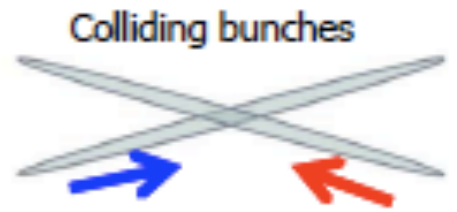
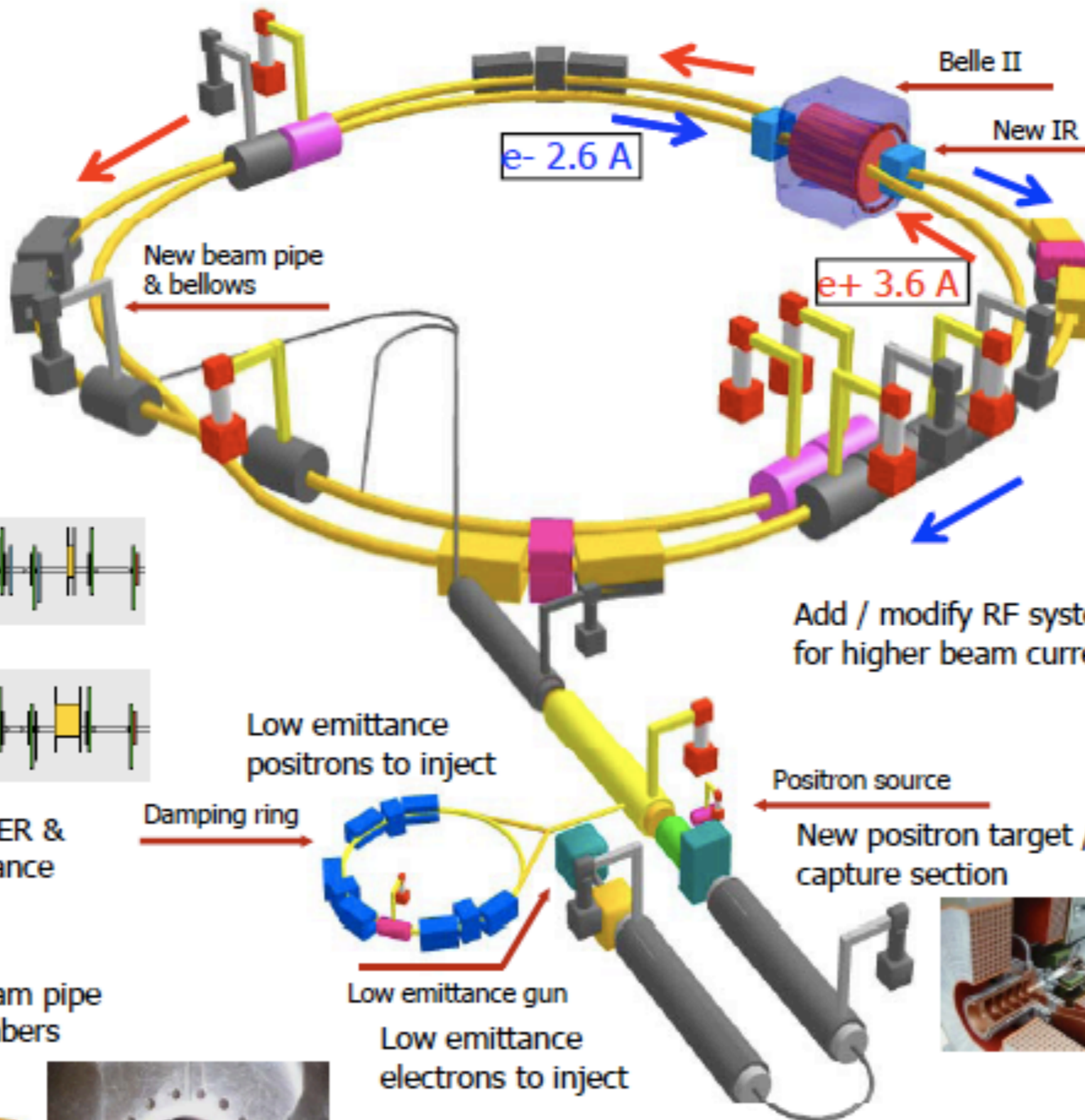
arigatou gozaimasu

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
$\xi_{5x}$ (tune shift)				0.0028	0.0028
$\xi_{5y}$		0.090	0.129	0.0875	0.09
Luminosity	$\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$	$2 \times 10^{34}$		$8 \times 10^{35}$	





# KEKB to SuperKEKB

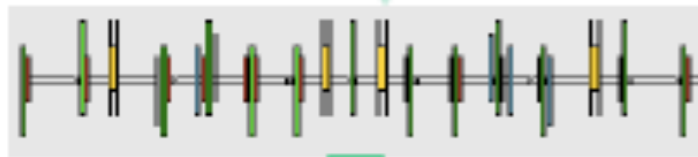


Colliding bunches

New superconducting / permanent final focusing quads near the IP

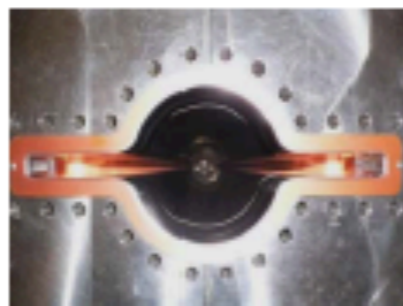
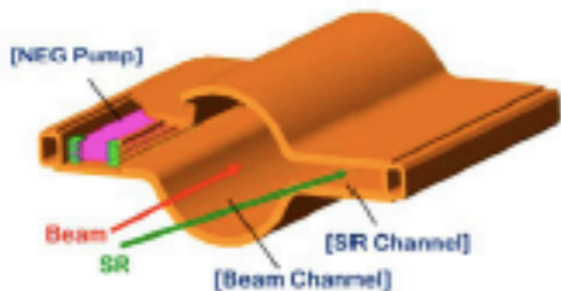


Replace short dipoles with longer ones (LER)



Redesign the lattices of HER & LER to squeeze the emittance

TiN-coated beam pipe with antechambers



Add / modify RF systems for higher beam current



**To get x40 higher luminosity**

# Belle II Organization

## Executive Board

Chair : H. Aihara  
aihara@phys.s.u-tokyo.ac.jp

D.M.Asner, T.Aziz, A.E.Bondar,  
A.Bozek, T.Browder, P.Chang,  
Z.Dolezal, T.Iijima, T.Muller,  
M.Roney, Y.Sakai, C.Schwanda,  
M.Sevior, E.Won, C.Yuan, K.Akai

## Institutional Board

Chair : E. Won  
eunil@hep.korea.ac.kr

**Spokesperson : Peter Krizan**

peter.krizan@ijs.si

**Project Manager : M. Yamauchi**

masanori.yamauchi@kek.jp

## Financial Board

Chair : M. Yamauchi  
masanori.yamauchi@kek.jp

H.Aihara, A.Bozek, P.Chang,  
Z.Dolezal, P.Krizan, C.Schwanda,  
G.Taylor, N.Wermes, E.Won,  
Z.Zhang

## Speakers Committee

Chair : Y. Sakai  
Yoshihide.Sakai@kek.jp

T.Iijima, C.Schwanda, A.Schwartz

## Physics

### Coordinator

: B. Golob/K. Trabelsi  
bostjan.golob@ijs.si  
karim.trabelsi@kek.jp

*t-independent* : B.R.Ko  
*t-dependent* : M.Staric  
Dalitz :  
Missing E : K.Hara  
Analysis Model : P.Urquijo

## Technical

### Coordinator

: Y. Ushiroda  
ushiroda@post.kek.jp

PXD : H.G.Moser, C.Kiesling  
SVD : T.Tsuboyama, M.Friedl  
CDC : S.Uno  
PID : I.Adachi, S.Korpar,  
K.Inami, G.Varner  
ECL : A.Kuzmin  
KLM : P.Pakhlov, L.Pillonon  
DAQ/TRG : R.Itoh, Y.Iwasaki  
IR : H.Nakayama  
STR : J.Haba

## Soft/Computing

### Coordinator

: T.Hara/T.Kuhr  
takanori.hara@kek.jp  
Thomas.Kuhr@kit.edu

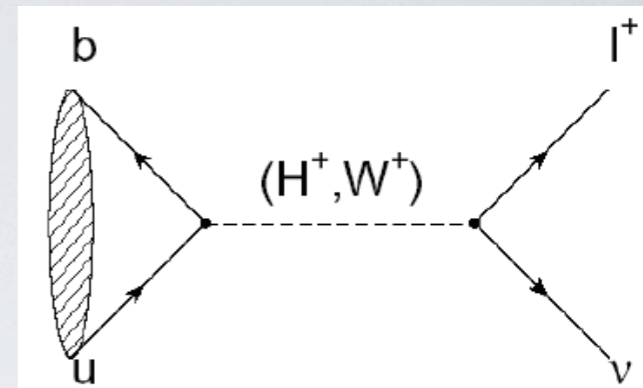
Distributed Computing : M.Sevior  
Data Handling System : K.Cho  
Database : M.Bracko  
Software Framework : R.Itoh  
Tracking : M.Heck

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

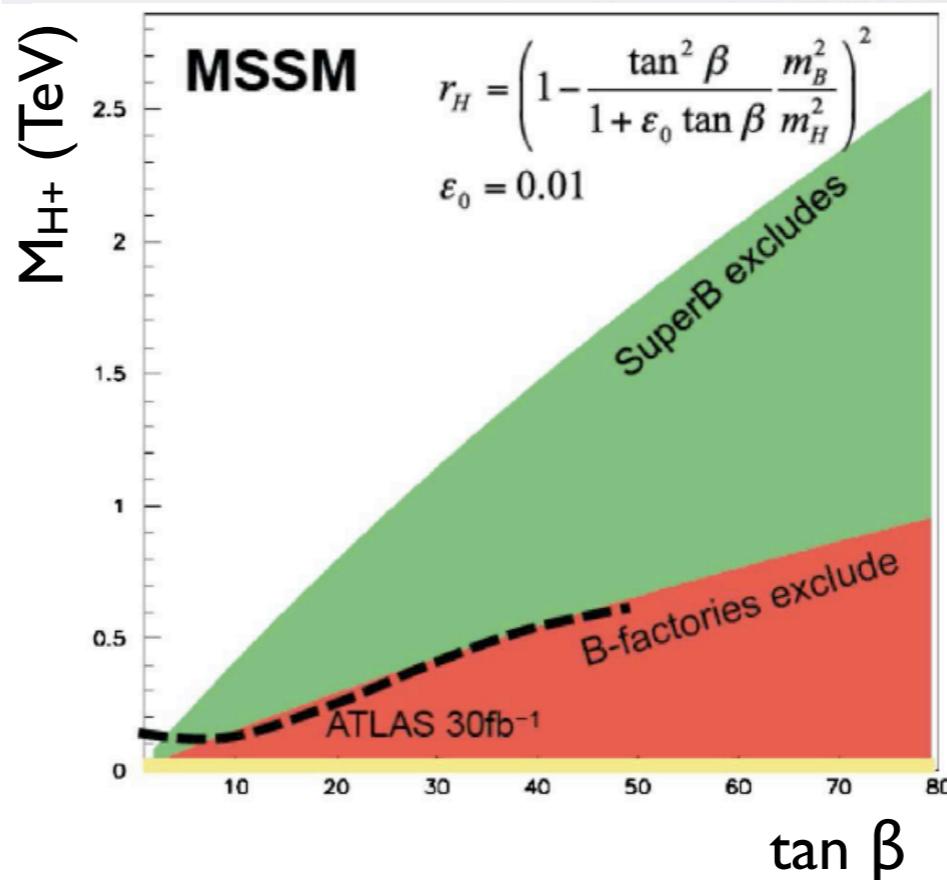
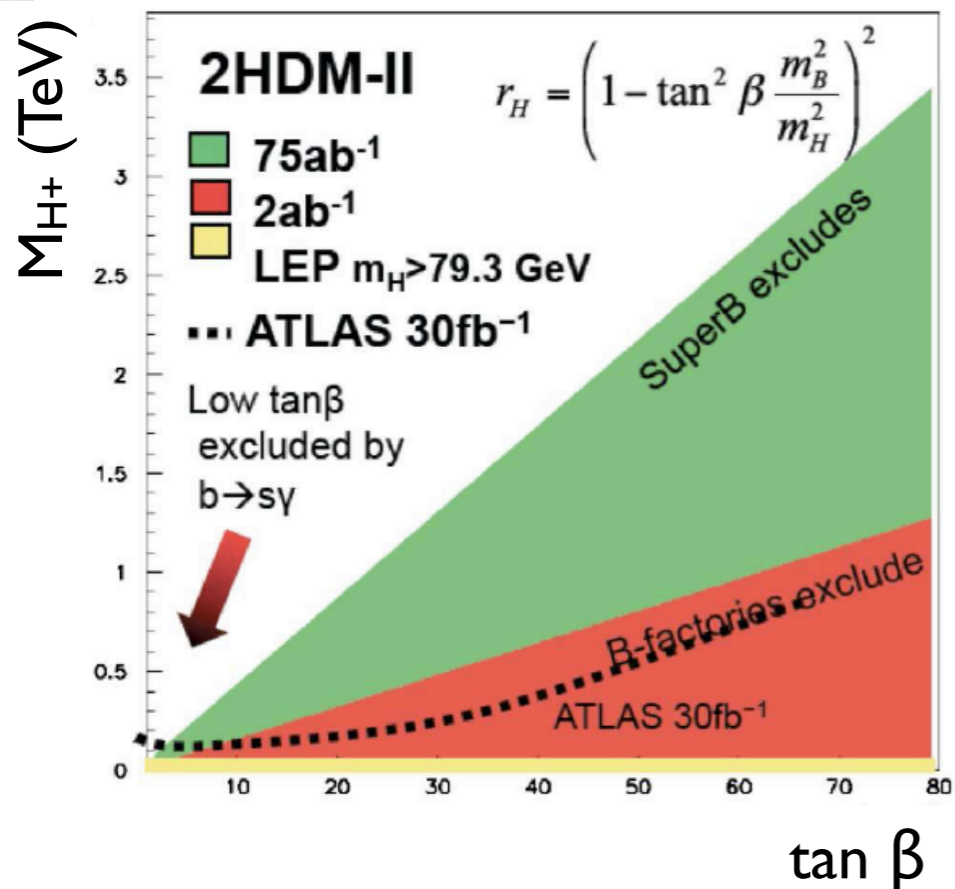
- Current discrepancy between experiment and prediction:

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)

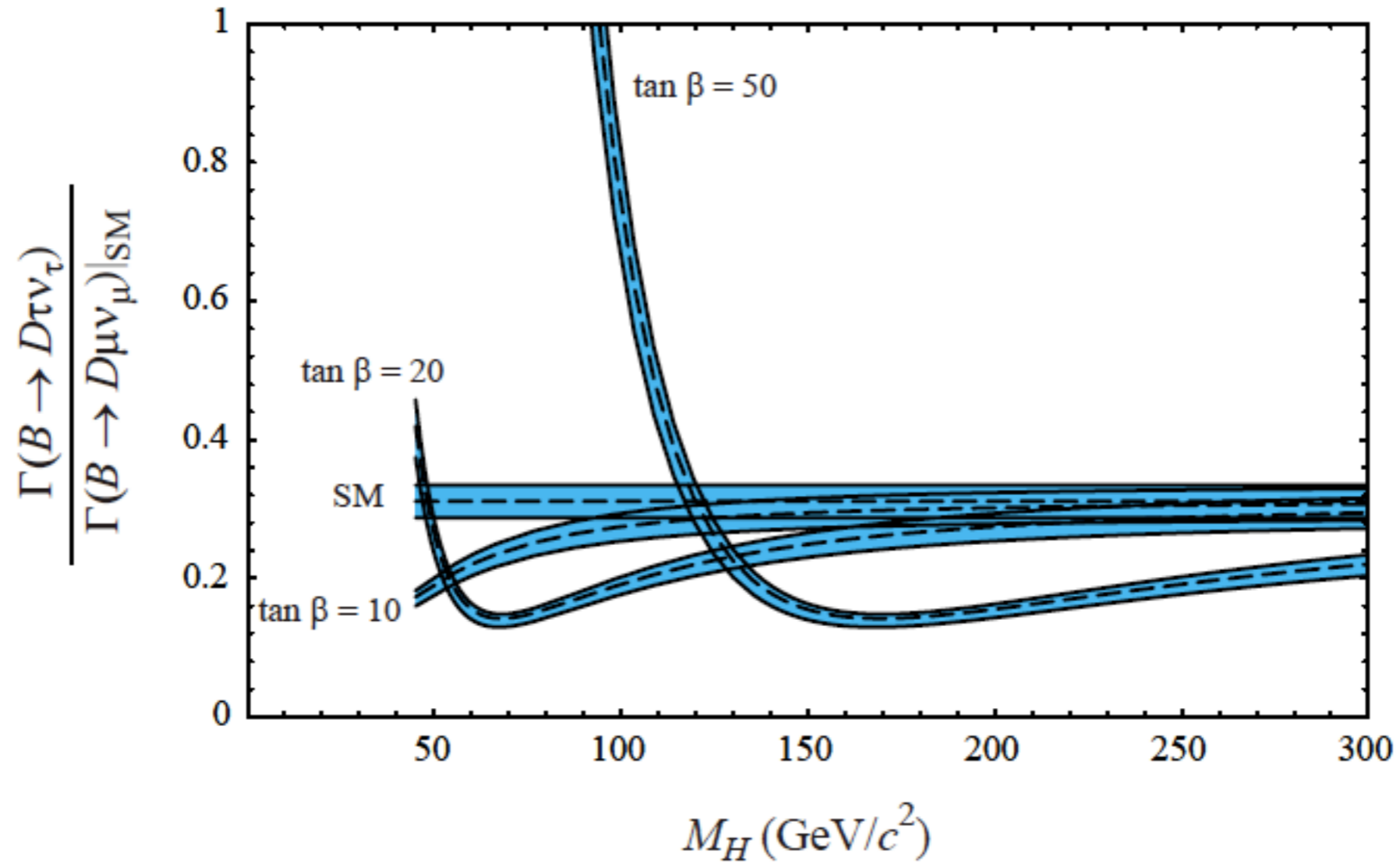


$$r_H = \frac{\mathcal{B}_{SM+NP}}{\mathcal{B}_{SM}}$$



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

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



# MSSM: flavor violation in quark sector

example: MSSM with generic squark mass matrices

LHCb, SuperB

$$M_{\tilde{d}}^2 \approx \begin{pmatrix} m_{\tilde{d}_L}^2 & m_d(A_d - \mu \tan \beta) & (\Delta_{12}^d)_{LL} & (\Delta_{12}^d)_{LR} & (\Delta_{13}^d)_{LL} & (\Delta_{13}^d)_{LR} \\ & m_{\tilde{d}_R}^2 & (\Delta_{12}^d)_{RL} & (\Delta_{12}^d)_{RR} & (\Delta_{13}^d)_{RL} & (\Delta_{13}^d)_{RR} \\ & & m_{\tilde{s}_L}^2 & m_s(A_s - \mu \tan \beta) & (\Delta_{23}^d)_{LL} & (\Delta_{23}^d)_{LR} \\ & & & m_{\tilde{s}_R}^2 & (\Delta_{23}^d)_{RL} & (\Delta_{23}^d)_{RR} \\ & & & & m_{\tilde{b}_L}^2 & m_b(A_b - \mu \tan \beta) \\ & & & & & m_{\tilde{b}_R}^2 \end{pmatrix}$$

LHC, ILC - HE frontier

and similarly for  $M_{\tilde{u}}^2$

NP scale:  $m_{\tilde{q}}$

Flavor violating and CP violating couplings:  $(\delta_{ij}^d)_{AB} = (\Delta_{ij}^d)_{AB} / m_{\tilde{q}}^2$

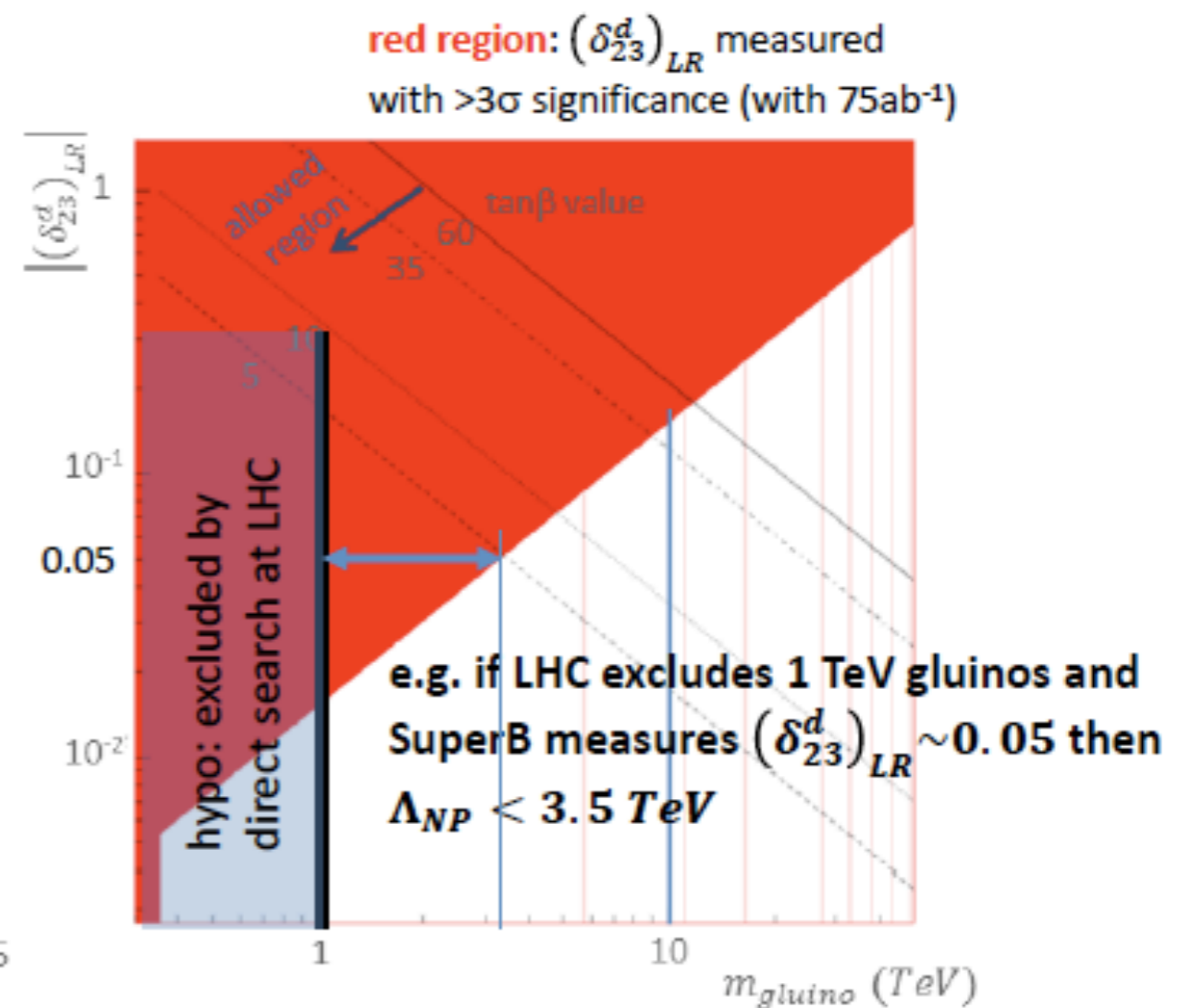
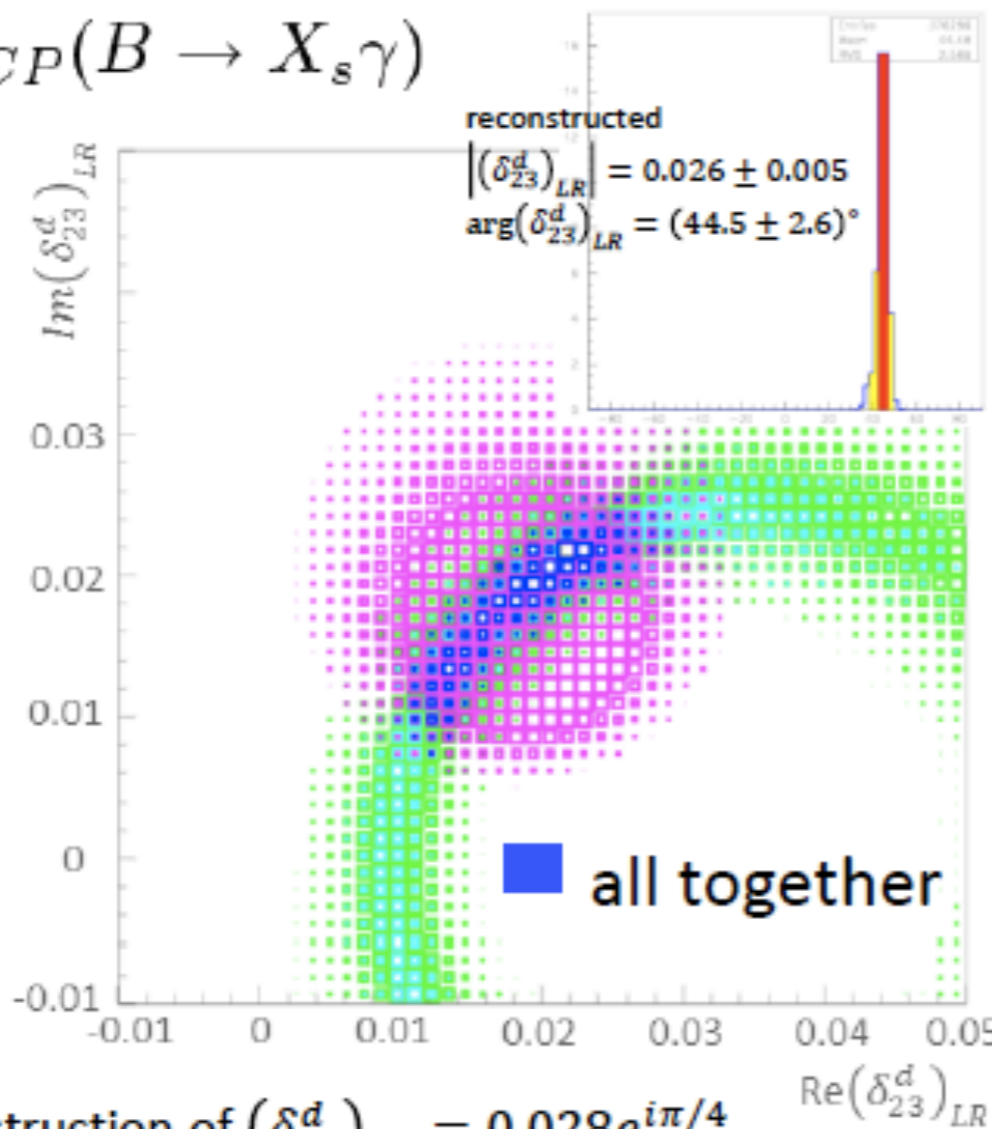
- the energy frontier experiments can probe the diagonal elements
- flavor physics experiments are required to probe off-diagonal terms

# Constraints from $b \rightarrow s\gamma, b \rightarrow sl^+l^-$

example: SuperB can constrain the  $(\delta_{23}^d)_{ij}$  using

- $\mathcal{B}(B \rightarrow X_s\gamma)$
- $\mathcal{B}(B \rightarrow X_sl^+l^-)$  (dataset:  $75ab^{-1}$ )
- $\mathcal{A}_{CP}(B \rightarrow X_s\gamma)$

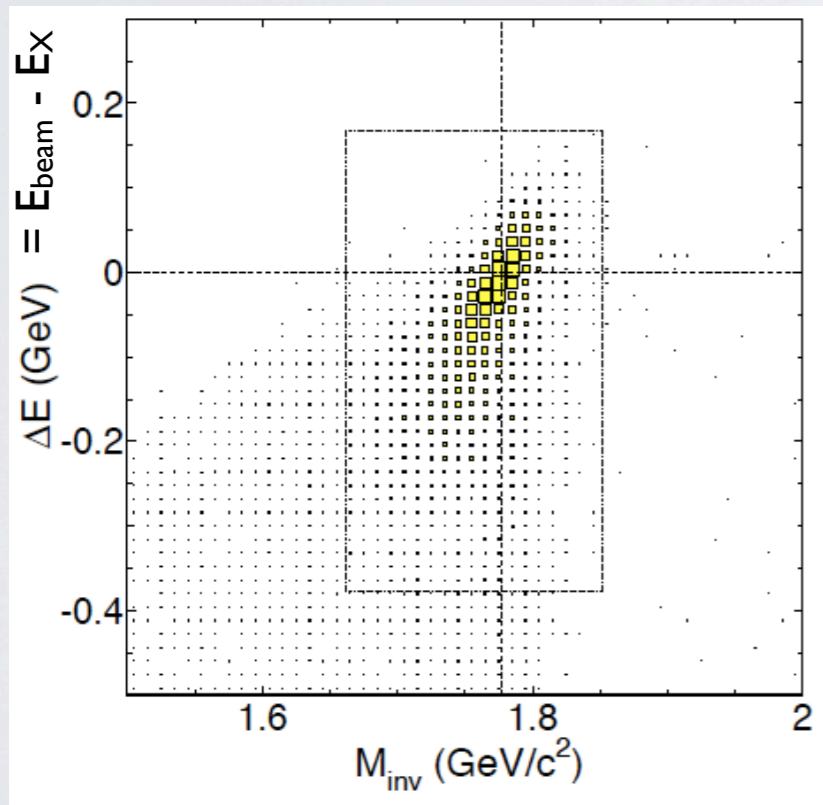
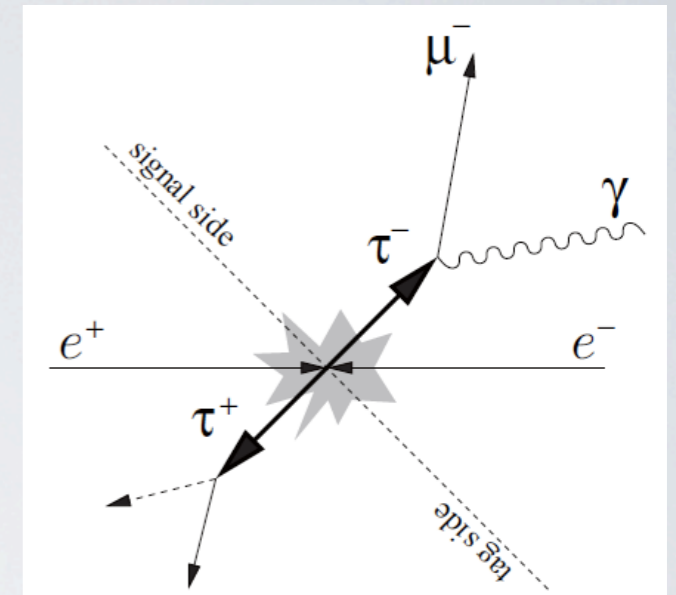
L.J. Hall et al, Nucl Phys B 267 (1986)  
 M. Ciuchini et al, PRD67,075016 (2003)  
 arXiv:0709.0451



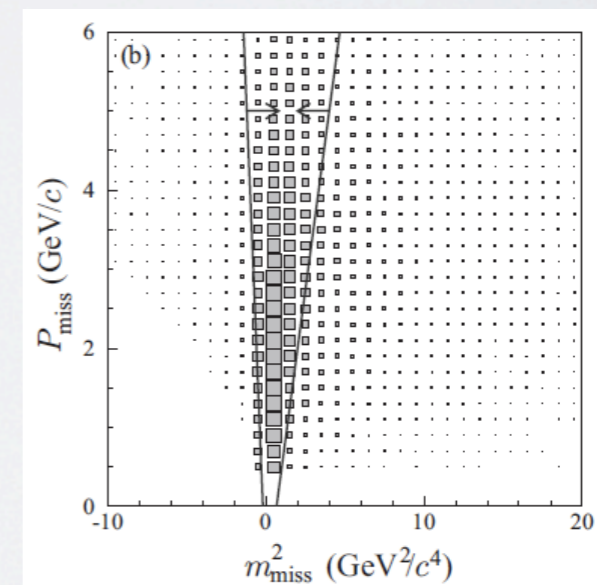
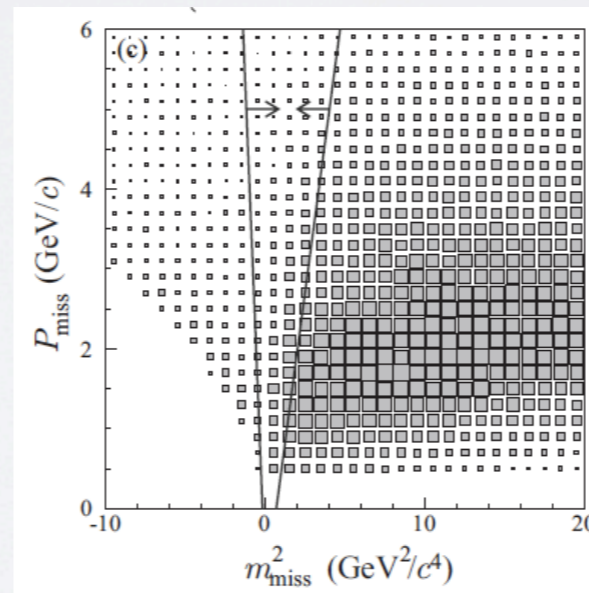
reconstruction of  $(\delta_{23}^d)_{LR} = 0.028e^{i\pi/4}$   
 for  $\Lambda_{NP} = m_{\tilde{g}} = m_{\tilde{q}} = 1 \text{ TeV}$

# Violation du nombre leptonique

- Sélection des désintégrations LFV du  $\tau$  :  $\varepsilon \sim 5-10\%$ .  
Améliorations attendues de la sensibilité :
  - Améliorer  $\delta p$  et  $\delta E$  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

