

Quelques nouvelles récentes

Sébastien Descotes-Genon

`descotes@th.u-psud.fr`

Laboratoire de Physique Théorique
CNRS & Université Paris-Sud, 91405 Orsay, France

Paris, 26 juillet 2018



Été comme hiver

- En physique des particules, conférences d'hiver (Moriond) et d'été (ICHEP, Lepton-Photon, EPS-HEP)



- ICHEP: conf. internationale, organisée sous l'égide de l'International Union of Pure and Applied Physics, tous les 2 ans, dans un endroit différent (Amérique, Asie, Europe)
- 1 semaine, à Séoul (Corée du Sud)
- 1119 participants du monde entier
- Autant pour les présentations, calibrées, que pour les discussions, informelles, aux pauses (rumeurs...)
- Autres occasions de rencontre: réunions satellites (6), confs thématiques, workshops, séminaires...

- En physique des particules, conférences d'hiver (Moriond) et d'été (ICHEP, Lepton-Photon, EPS-HEP)

July 4 (Wed) Day 1	July 5 (Thu) Day 2	July 6 (Fri) Day 3	July 7 (Sat) Day 4	July 8 (Sun) Day 5	July 9 (Mon) Day 6	July 10 (Tue) Day 7	July 11 (Wed) Day 8
	Parallel Sessions 09:00-10:30	Parallel Sessions 09:00-10:30	Parallel Sessions 09:00-10:30	Tour & Satellite Meetings	Opening of Plenary 09:00-10:00	Plenary Session 08:45-11:15	Plenary Session 08:45-10:55
	Coffee Break 10:30-11:00	Coffee Break 10:30-11:00	Coffee Break 10:30-11:00		Coffee Break 10:00-10:30	Coffee Break 11:15-11:35	Coffee Break 10:55-11:15
	Parallel Sessions 11:00-12:30	Parallel Sessions 11:00-12:30	Parallel Sessions 11:00-12:30		Plenary Session 10:30-12:00	ICFA Report 11:35-11:50 Directors' Forum & Round-table Discussions 11:50-12:35	C1 Report, Award, Poster show-cate 11:15-12:25
	Lunch 12:30-14:00	Lunch 12:30-14:00	Lunch 12:30-14:00		Photo Session 12:00-12:15	Lunch 12:35-13:40	Lunch 12:25-13:40
	Parallel Sessions 14:00-16:00	Parallel Sessions 14:00-16:00	Parallel Sessions 14:00-16:00		Plenary Session 13:30-15:30	Plenary Session 13:40-15:40	Plenary Session 13:40-15:50
Registration 13:00-18:00	Coffee Break 16:00-16:30	Coffee Break 16:00-16:30	Coffee Break 16:00-16:30		Coffee Break 15:30-16:00	Coffee Break 15:40-16:10	Coffee Break 15:50-16:20
	Parallel Sessions 16:30-18:30	Parallel Sessions 16:30-18:30	Parallel Sessions 16:30-18:30		Plenary Session 16:00-18:30	Plenary Session 16:10-17:40 Special Keynote Speech 17:40-18:40	Plenary Session 16:20-17:50
Reception 18:00-19:30	Poster Session 18:30-19:30		Public Lecture I 18:00-21:00		Banquet 19:00-21:00	Public Lecture II 19:30-21:00	

- ICHEP: conf. internationale, organisée sous l'égide de l'International Union of Pure and Applied Physics, tous les 2 ans, dans un endroit différent (Amérique, Asie, Europe)
- 1 semaine, à Séoul (Corée du Sud)
- 1119 participants du monde entier
- Autant pour les présentations, calibrées, que pour les discussions, informelles, aux pauses (rumeurs...)
- Autres occasions de rencontre: réunions satellites (6), confs thématiques, workshops, séminaires...

Les quatre premiers jours d'ICHEP2018

- Sessions parallèles (16 sessions, 15-20 min sur sujet spécifique)
- 835 talks + 226 posters + réunions parallèles
- résumé quotidien par lettre électroniques

14:00	Searches for SUSY with boo...	New results from RENO	Electrow Penguin Decays at...	The desi and layo...	Leptogen in Cosmologic...	Measur of Bs and Y(5S) Dec...	Search fo rare decays of...	Machine learning at CERN: A...	First Ever Ionization Cooling Demonstration in MICE
	Searches for strongly...	Latest Reactor Antineutrino	Search fo the rare decay $B \rightarrow l \nu$	The CMS Tracker U...	Dark matter assisted ...	Observat of Y(4S) \rightarrow eta' Y(1S)...	Searches of Higgs boson rar...	Machine learning at CERN: ATLAS, LHCb, an...	Recent results from MICE on multiple Coulomb scattering and energy loss
	Searches for squarks and gluin...	The measurement of absolu...	Lambda L...	Upgrade of the CM...	Cosmolo Helical Hypermagne	Study of radiative decays of the B_c mesons at LHCb	Searches for non-Standard ...	TrackML tracking Machine Learning challenge	
	Searches for direct pair production...	Searchin for a Light Sterile Neutrino ...	Connect b \rightarrow s γ anomalies to enhanced...	The upgrade ...	Non-thermal WIMP baryogenesis	Studies of Bc mesons at LHCb	Searches for light Higgs bosons a...		
15:00	Searches for long-lived part...	JUNO: A Multipurpose Underground	Towards establishing New Phy...	Upgrade the CMS ...	Kaluza-Klein Towers in...	Measur of beauty product...	Searches for non-Standard ...	Applicati of machine learning t...	Progress on the 650MHz/800KW CW klystron development...
	Reconstr techniques in supers...	Analysis Gd(n,gamma) reaction ...	Tests of lepton universality with semitaonic	Results e quality co...	The spectrum of the axi...	Search fo the $B \rightarrow S$ -meson de...	Searches for charged Higgs ...	Particle identification at LHCb: ...	
	Test of Beyond-Standard-...	NSI @LB	Frontend and back...	Fast time measurement...	The generation of B-mod...	Heavy quark(onia) spectroscopy at LHCb	Searches for additional...	Fast calorimeter simulation...	Progress on stabilising relativistic lepton beams for...
16:00	Coffee break								
	COEX, SEOUL								
	16:00 - 16:30								
	Search for	The Shr Baseline	A Precision	Upgrad of the A	Prof. H. H.	Studies	Search for	Su	Status e SuperKEK

Scientific Programme, Higgs Physics, Neutrino Physics, Beyond the Standard Model, Top Quark and Electroweak Physics, Quark and Lepton Flavor Physics, Strong Interactions and Hadron Physics, Heavy Ions, Astro-particle Physics and Cosmology, Dark Matter Detection, Formal Theory Development, Accelerators, Detectors, Computing and Data Handling, Education and Outreach, Diversity and Inclusion, Technology Applications and Industrial Opportunities. . .





Le dimanche



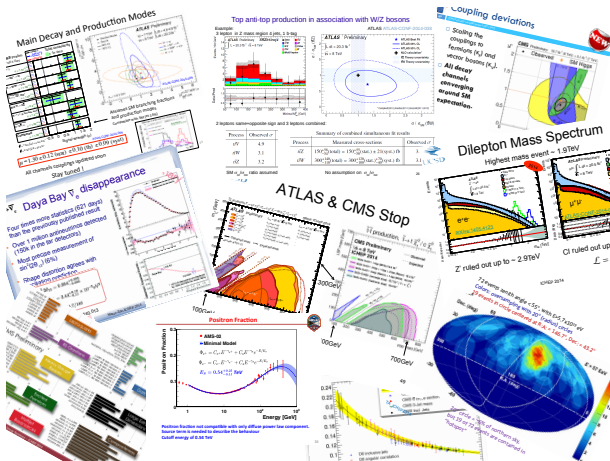
- Digérer les résultats, travailler, faire du tourisme. . .
- Des réunions de groupes spécifiques (International Committee for Future Accelerators, IUPAP C11, Hyper K, Dune. . .)

Les trois derniers jours d'ICHEP2016

- 3 jours de sessions plénières (41 revues “longues” sur un domaine)
- 2 conférence grand public, 1 discours de Samsung
- 2 remises de prix pour de jeunes scientifiques
- activités “sociales” (non-scientifiques) le soir. . .

09:00	Higgs, experimental COEX, SEOUL	Giacinto Piacquadio 	08:45 - 09:15
	Top/EW/SM COEX, SEOUL	Louise Skinnari 	09:15 - 09:45
10:00	Theory (SM Higgs, top, EW) COEX, SEOUL	Dr Matthew Dolan 	09:45 - 10:15
	SUSY COEX, SEOUL	Sara Strandberg 	10:15 - 10:45
11:00	Exotics COEX, SEOUL	Daniele Del Re 	10:45 - 11:15
	Coffee break COEX, SEOUL		11:15 - 11:35
12:00	ICFA Report COEX, SEOUL	Pushpalatha Bhat 	11:35 - 11:50
	Directors' Forum & Round-table Discussions	Fabiola Gianotti et al.	

De quoi se cultiver...

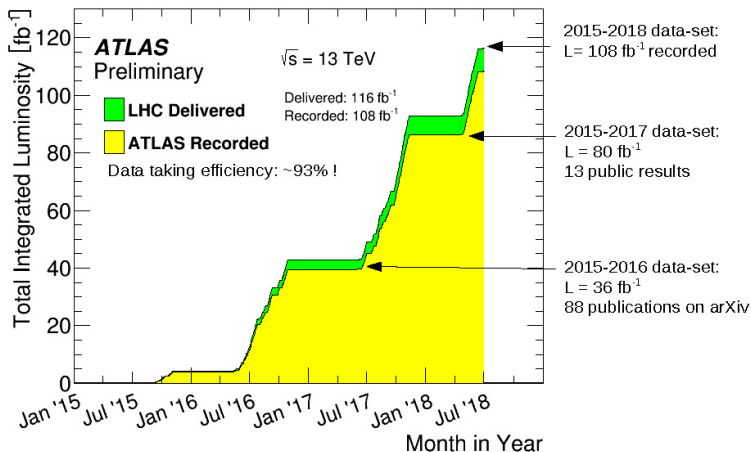


- Beaucoup de transparents
- Des articles paraissent juste après les talks
- Proceedings (comptes-rendus) à écrire dans la foulée

Pousser les limites

De plus en plus de données

Augmentation de la quantité de données pour les expériences du LHC



We are about a factor of 2 above LHC design luminosity.
Expect $L = 140 - 150 \text{ fb}^{-1}$ for full 2015-2018 data-set.

Tester en détail tout le MS, et en particulier le boson de Higgs

Un boson de Higgs de mieux en mieux connu...

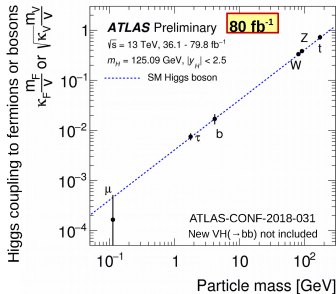
Nouveau: observation $H \rightarrow b\bar{b}$ (plus de 5σ) par ATLAS et CMS
(assez de stat pour voir signal au-dessus du bruit de fond)



Higgs coupling measurements

Key feature:

Higgs coupling depends on the particle mass



All couplings to high mass particles measured.
Next challenge: muon, charm-quark...

+ detailed cross-section measurements !

Interaction with gauge bosons:

$H \rightarrow ZZ^*$ ATLAS-CONF-2018-018

Well established in run-1

$H \rightarrow WW^*$ ATLAS-CONF-2018-004

6.3 (5.2) σ obs (exp) (run-2 only)

Yukawa coupling to fermions:

Top-quark: $t\bar{t}H$

80 fb⁻¹

6.3 σ (5.1 σ) obs (exp)

arXiv:1806.00425

Beauty-quark $H \rightarrow b\bar{b}$:

80 fb⁻¹



5.4 σ (5.5 σ) obs (exp)

ATLAS-CONF-2018-036

Tau-lepton: $H \rightarrow \tau\tau$

6.4 σ (5.4 σ) obs (exp)

ATLAS-CONF-2018-021

Muon $H \rightarrow \mu\mu$:

80 fb⁻¹



$\sigma_{\text{limit}}/\sigma_{\text{SM}} < 2.1$ (obs)

ATLAS-CONF-2018-026

Charm-quark: $H \rightarrow c\bar{c}$:

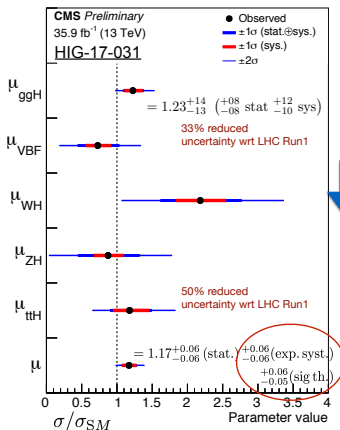
$\sigma_{\text{limit}}/\sigma_{\text{SM}} < 104$ (obs)

PRL 120 (2018) 211802

... dans sa production et ses désintégrations

Comparaison bientôt dominée par erreurs syst (et théorie) !

HIGGS PROPERTIES



Production

Decay

	ggF	VBF	VH	ttH
H → ZZ → 4l	•	•	•	•
H → γγ	•	•	•	•
H → WW	•	•	•	•
H → bb	•		•	•
H → ττ	•			•
H → μμ	•	•		
H → inv	•	•	•	

Total of 250 even categories

$$BF(H \rightarrow \text{inv.}) < 22\% \text{ @ } 95\% \text{ C.L.}$$

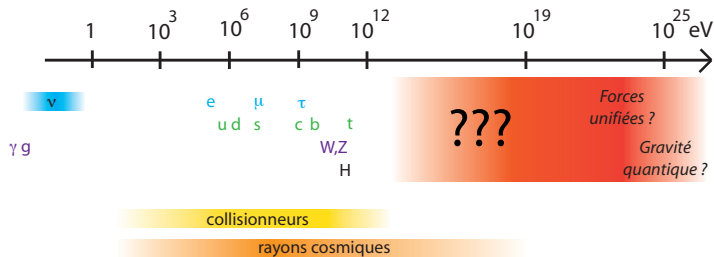
- Nearing theory-limited territory with just 2016 data

Shahram Rahatlou, Roma Sapienza & INFN

10

Au-delà du Modèle Standard (1)

- Masse et propriétés du boson de Higgs en parfait accord avec les attentes basées sur les expériences antérieures
- Chaque montée en énergie a donné lieu à des découvertes: sous-structure, nouvelle interaction, nouvelles particules



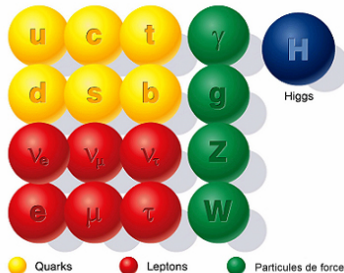
Modèle Standard très efficace, mais pas parfaitement satisfaisant

- Nombreux paramètres (19 !) fixés à des valeurs arbitraires
- Pourquoi trois familles, avec la même structure d'interactions ?
- Pourquoi trois interactions très différentes ?
- Astro/Cosmo: gravitation ? matière noire ? si peu d'antimatière ?

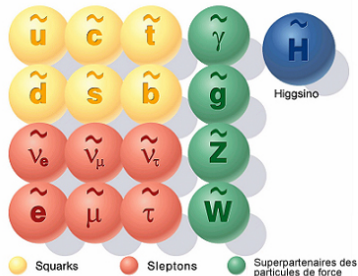
Au-delà du Modèle Standard (2)

- De nouvelles symétries (limiter le nombre de paramètres ?),
- De nouvelles interactions (cadre plus cohérent ?),
- De nouvelles dimensions (accomoder la gravitation ?)...

Particules du Modèle Standard



Particules supersymétriques



- Ne pas être en désaccord avec les observations antérieures
- Avoir des conséquences observables. . .

Pour l'instant, pas de nouvelles particules...

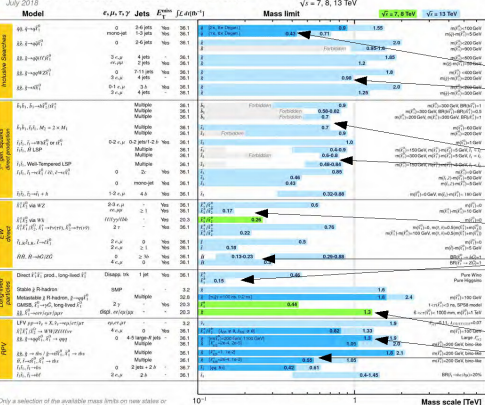
- Collisions énergétiques entre quarks/gluons des protons
- Produire de nouvelles particules-antiparticules

Active SUSY search program

28 publications on SUSY searches with 2015-2016 data (36 fb⁻¹).

ATLAS SUSY Searches* - 95% CL Lower Limits

ATLAS Preliminary



*Only a selection of the available mass limits on new states or phenomena is shown. Many of the limits are based on simplified models, i.e. note the assumptions made.

... mais de nombreux modèles testés

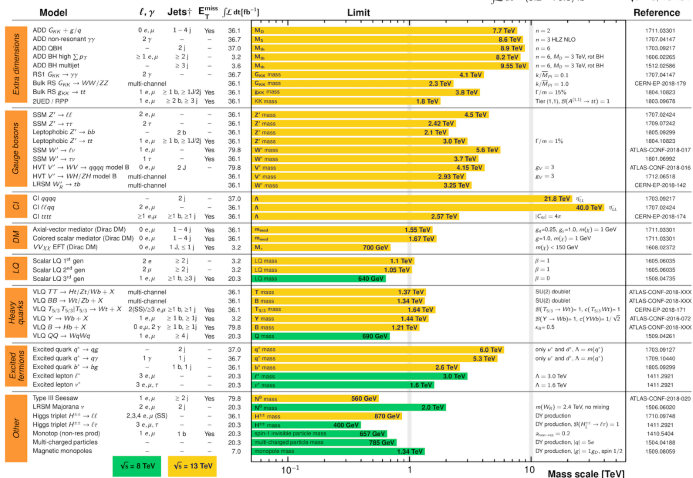
ATLAS Exotics Searches* - 95% CL Upper Exclusion Limits

Status: July 2018

ATLAS Preliminary

$$\int \mathcal{L} dt = (3.2 - 79.8) \text{ fb}^{-1}$$

$$\sqrt{s} = 8, 13 \text{ TeV}$$

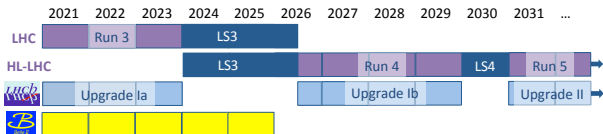
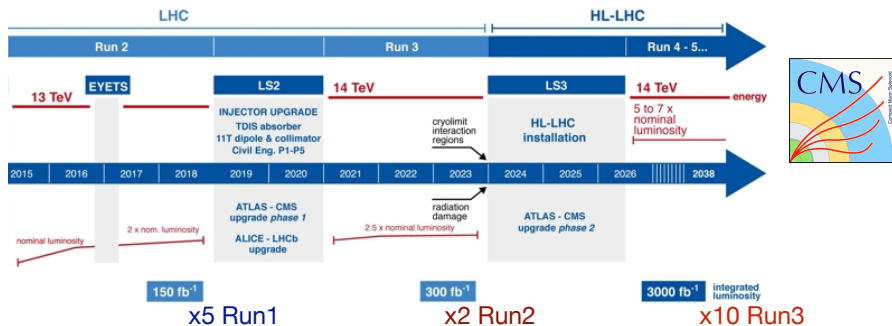


*Only a selection of the available mass limits on new states or phenomena is shown.

†Small-radius (large-radius) jets are denoted by the letter L (H).

dimensions supplémentaires, nouvelles interactions, quarks superlourds, leptoquarks, Higgs supplémentaires...

Et pour la suite ?

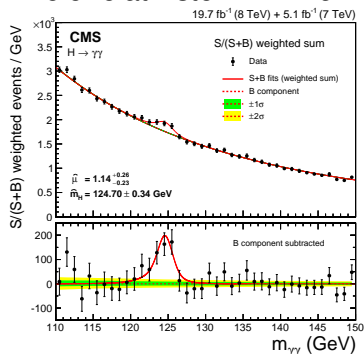


- réflexion au CERN sur le futur
- high-luminosity LHC + upgrade des détecteurs
- à plus long terme, monter en énergie

Tous les leptons naissent
libres et égaux en droits ?
Pas si sûr !

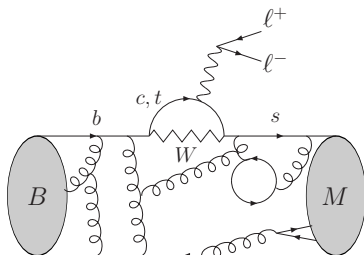
Deux chemins complémentaires

Voie relativiste: $E = mc^2$



Collisions avec assez d'énergie
pour produire directement des
particules au-delà du MS
Haute énergie
Preuve "directe"

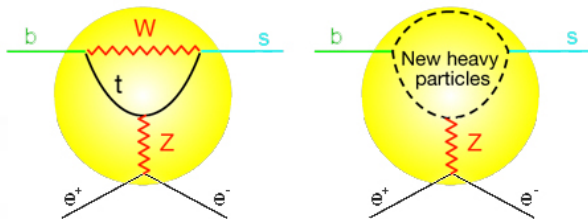
Voie quantique: $\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$



Petites déviations venant
d'états intermédiaires
avec des particules lourdes
Haute intensité
Preuve indirecte

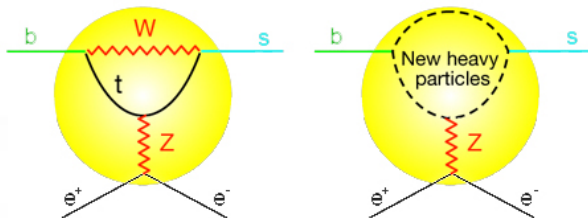
$$b \rightarrow sl^+l^- \quad (l = e \text{ ou } \mu)$$

- Courant neutre changeant la saveur: b et s de même charge
- Processus avec une très faible probabilité dans le Modèle Standard (passage via W et t virtuels)
- Sensible à des états intermédiaires virtuels lourds au-delà du MS, qui se manifesteront par des écarts entre MS et expérience



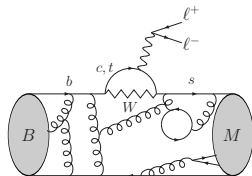
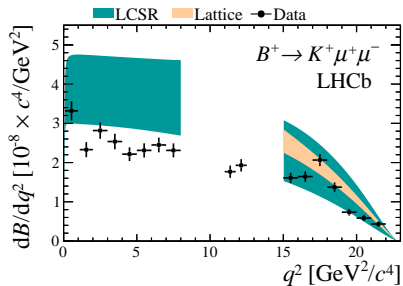
$$b \rightarrow sl^+l^- \quad (l = e \text{ ou } \mu)$$

- Courant neutre changeant la saveur: b et s de même charge
- Processus avec une très faible probabilité dans le Modèle Standard (passage via W et t virtuels)
- Sensible à des états intermédiaires virtuels lourds au-delà du MS, qui se manifesteront par des écarts entre MS et expérience



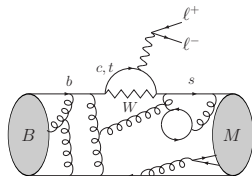
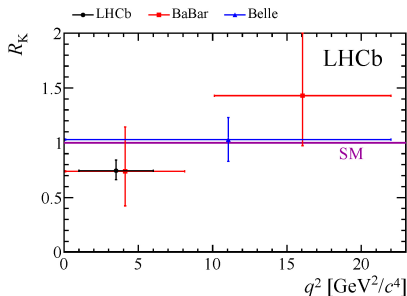
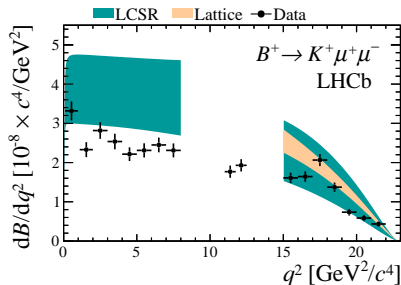
- Processus théorique en termes de quarks, mais expériences mesurées en termes de hadrons: compliqué sur le plan théorique !
- Beaucoup de transitions possibles entre différents hadrons:
 $B \rightarrow Kl^+l^-$, $B \rightarrow K^*l^+l^-$, $B_s \rightarrow \phi l^+l^-$, $\Lambda_b \rightarrow \Lambda l^+l^- \dots$

$B \rightarrow K\ell\ell$



- LHCb: $Br(B \rightarrow K\mu\mu)$ trop bas par rapport au MS

$B \rightarrow K\ell\ell$

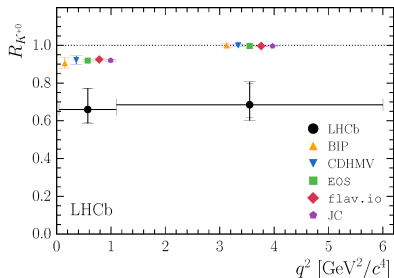


- LHCb: $Br(B \rightarrow K\mu\mu)$ trop bas par rapport au MS

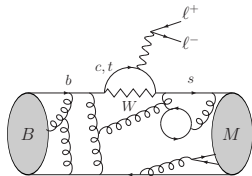
- $$R_K = \frac{Br(B \rightarrow K\mu\mu)}{Br(B \rightarrow K\ell\ell)} \Big|_{[1,6]} = 0.745^{+0.090}_{-0.074} \pm 0.036$$

- = 1 dans le MS (**universalité du couplage leptonique**)
- Mise à jour espérée (mais pas faite) ICHEP2018

$B \rightarrow K^* \ell \ell$



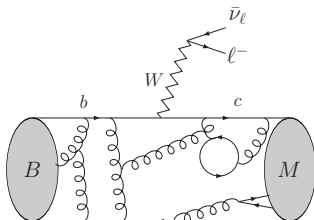
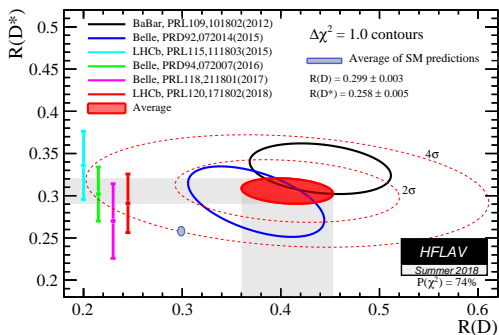
$$R_{K^*} = Br(B \rightarrow K^* \mu \mu) / Br(B \rightarrow K^* e e)$$



- LHCb 2017: R_{K^*} est lui aussi trop bas par rapport au MS
- $\simeq 1$ dans le MS (**universalité du couplage leptonique**)
- L'universalité des couplages leptoniques serait donc bien mise en défaut !
- Très bon accord avec d'autres déviations observées (R_K , mais aussi d'autres observables $b \rightarrow s \mu \mu$)
- En accord avec une contribution de NP de 25% par rapport au MS

Les μ , mais aussi les τ ?

- Comparaison des transitions $b \rightarrow c\ell\nu_\ell$ ($\ell = e, \mu$) et $b \rightarrow c\tau\nu_\tau$
- Processus non supprimés dans le Modèle Standard
- Déviations inattendues et importantes
- Dues à une non-universalité aussi dans le secteur des τ ?



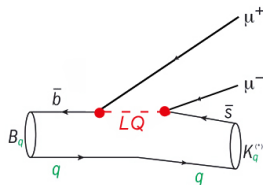
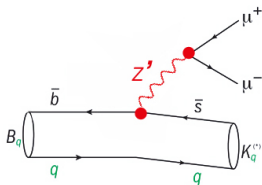
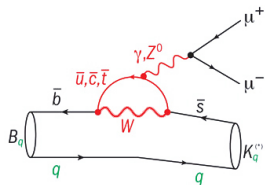
$$R_{D^{(*)}} = \frac{Br(B \rightarrow D^{(*)}\tau\nu)}{Br(B \rightarrow D^{(*)}\ell\bar{\nu}_\ell)}$$

Des explications ?

- Plusieurs fluctuations statistiques intempestives (?)
- Sous-estimation d'incertitudes expérimentales (géométrie du détecteur) ou théoriques (compréhension de QCD) (?)
- Il y a de la nouvelle physique (?)

Des explications ?

- Plusieurs fluctuations statistiques intempestives (?)
- Sous-estimation d'incertitudes expérimentales (géométrie du détecteur) ou théoriques (compréhension de QCD) (?)
- Il y a de la nouvelle physique (?)



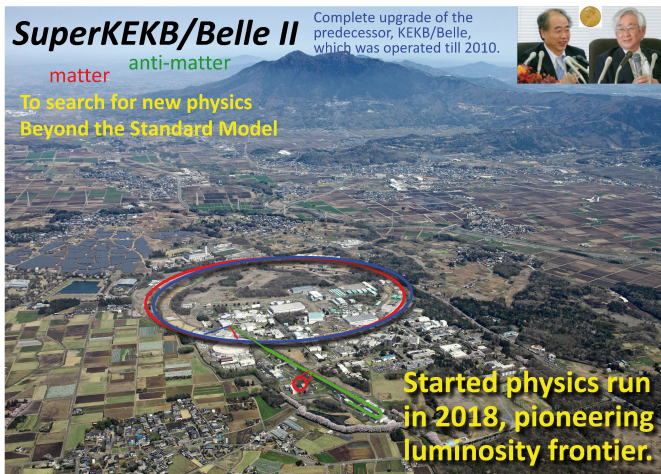
Déviations cohérentes avec explication de NP, mais laquelle ?

- Nouvelles interactions W' et Z'
- Leptoquarks, couplant à quark + lepton des 2ème et 3ème famille
- Induisant des processus violant l'universalité leptonique... voire la saveur leptonique ($B \rightarrow K^{(*)}e\mu$ ou $B \rightarrow K^{(*)}\mu\tau$ possible ?)

A l'est, du nouveau

SuperKEKB/Belle II
matter anti-matter
To search for new physics
Beyond the Standard Model

Complete upgrade of the predecessor, KEKB/Belle, which was operated till 2010.



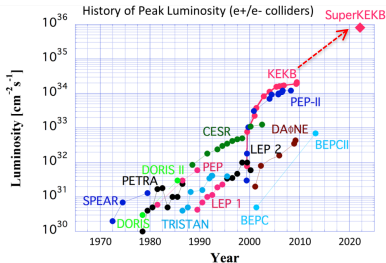
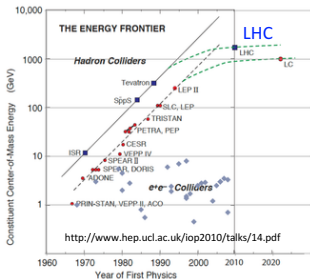
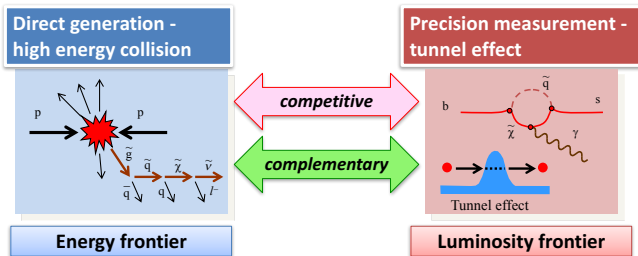
Started physics run in 2018, pioneering luminosity frontier.

K. Akai, SuperKEKB/Belle II status, ICHEP2018, July 9, 2018

2

- Collisionneur e^+ (4 GeV) e^- (7 GeV) situé à Tsukuba (Japon)
- Etude intensive des désintégrations du quark b
- 25 pays, 110 institutions, 800 chercheurs

Des recherches complémentaires



K. Akai, SuperKEKB/Belle II status, ICHEP2018, July 9, 2018

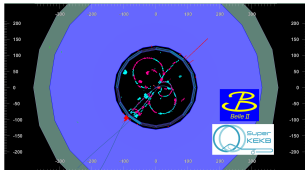
4

First collision

Apr. 26, 2018

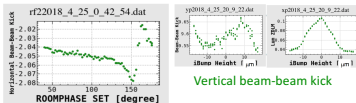


Belle II control room



First hadronic event observed by Belle II

K. Akai, SuperKEKB/Belle II status, ICHEP2018, July 9, 2018



Vertical beam-beam kick

Horizontal beam-beam kick



SuperKEKB control room

26

Amélioration progressive des performances du collisionneur
avant de commencer à prendre des données (2019 !)

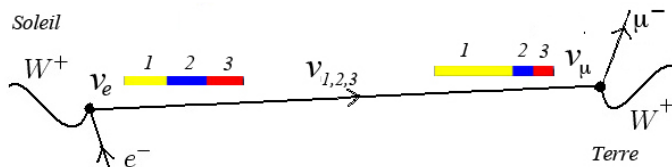
Trois neutrinos sur une balance

Les oscillations de neutrinos

Différence entre états propres de masse $\nu_{1,2,3}$ et d'interactions $\nu_{e,\mu,\tau}$

$$\begin{bmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & & \\ & c_{23} & s_{23} \\ & -s_{23} & c_{23} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{13} & e^{-i\delta} s_{13} \\ & 1 & \\ -e^{i\delta} s_{13} & & c_{13} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{12} & s_{12} \\ -s_{12} & c_{12} \\ & & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & & \\ & e^{i\lambda_2} & \\ & & e^{i\lambda_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{bmatrix}$$

- 3 rotations: $c_{ij} = \cos \theta_{ij}$, $s_{ij} = \sin \theta_{ij}$
- Asymétrie $\nu \bar{\nu}$: phase δ (Dirac), $\lambda_{2,3}$ (Majorana)
- 6 paramètres + 2 différences de masse + 1 échelle absolue
- ν_e combinaison de 3 états ν_1, ν_2, ν_3 , de masses différentes, se propageant à des vitesses légèrement différentes
- la composition de l'état change sur de longues distances !
 $|\nu_e\rangle \rightarrow c_e(L)|\nu_e\rangle + c_\mu(L)|\nu_\mu\rangle + c_\tau(L)|\nu_\tau\rangle$ **oscillation de neutrinos**



Une connaissance qui s'affine

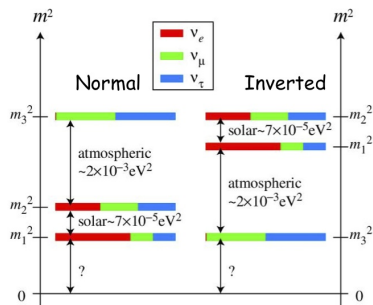
- Neutrinos solaires
- Neutrinos atmosphériques
- Neutrinos d'accélérateurs
- Neutrinos de réacteurs

SNO, SK...

SuperKarmiokande...

MINOS, T2K, NOvA...

KamLand, RENO, Daya Bay, Solid...



- Précision des connaissances

$$\Delta m^2 \simeq 2\%$$

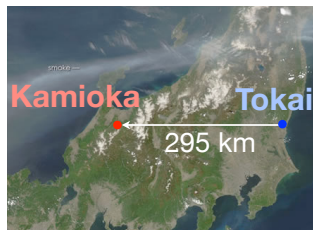
$$\sin^2 \theta_{12} \simeq 6\%$$

$$\sin^2 \theta_{13} \simeq 5\%$$

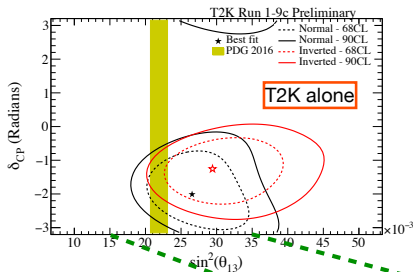
$$\sin^2 \theta_{23} \simeq 9\%$$

- Et des inconnues: ordre des masses, violation de CP δ

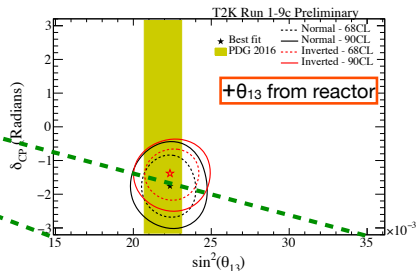
Le voile se lève sur δ

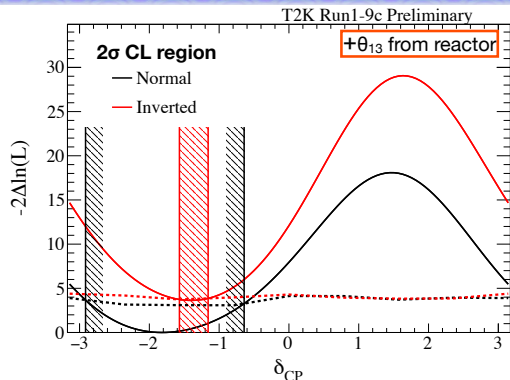


- T2K: faisceau (anti)neutrino de Tokai vers SuperKamiokande (Japon) 295 km
- $\text{NO}\nu\text{A}$: faisceau de Fermilab à Ash River (USA) 810 km
- Dans chaque cas, un détecteur proche et un détecteur lointain (comparaison flux)
- Disparition de ν_μ ou $\bar{\nu}_\mu$, apparition de ν_e ou de $\bar{\nu}_e$

T2K: θ_{13} and δ_{CP} 

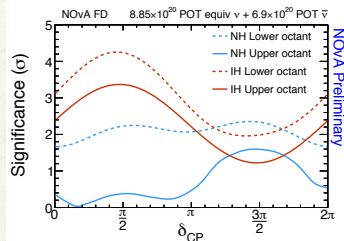
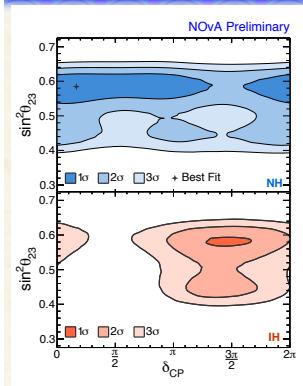
- **Constraint on δ_{CP} with T2K data alone**
- Tighter constraint with θ_{13} value from reactor



T2K: constraint on δ_{CP} 

$\sin\delta_{CP}=0$ ($\delta=0, \pi$) outside of 2σ CL region
 First hint of CP violation in the lepton sector!

- Comparant $\nu_e, \bar{\nu}_e, \nu_\mu, \bar{\nu}_\mu$
- Quelle que soit la hierarchie de masse, asymétrie entre ν et $\bar{\nu}$,
- Conservation de CP exclue à 2σ (avec info des réacteurs)
- T2K-II extension (~ 2020) pour améliorer δ_{CP}, θ_{23}

NOvA: δ_{CP} and mass hierarchy

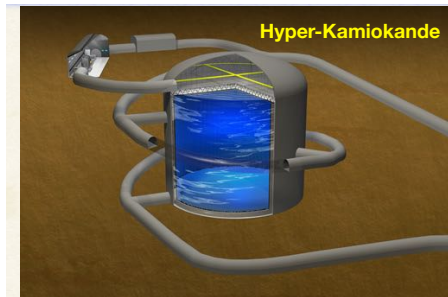
- Best fit: Normal Hierarchy, $\delta_{CP} = 0.17\pi$

Prefer NH by 1.8 σ

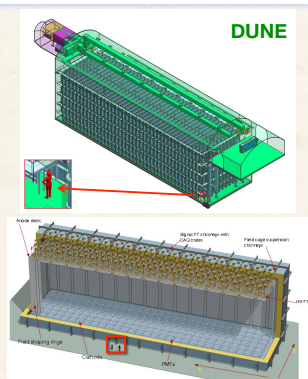
Exclude $\delta_{CP}=\pi/2$ in the IH at $>3\sigma$

- Comparant $\nu_e, \bar{\nu}_e, \nu_\mu, \bar{\nu}_\mu$
- Plus longue baseline que T2K, plus sensible aux questions de hiérarchie de masse (et préfère une hiérarchie “normale”)
- Favorise une asymétrie entre ν et $\bar{\nu}$ ($\delta \neq 0$)

Pour le futur: HyperK et DUNE



- See later talk by Prof. Jae Yu



- HyperK : upgrade de T2K, réservoir d'eau + Cerenkov
- DUNE : Fermilab vers Sanford (Dakota), argon liquide
- violation de CP, hiérarchie de masse
- opérationnels en 2027

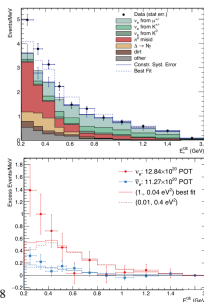
Des neutrinos en plus ?

MiniBooNE – New Data Set

Total neutrino data observes an excess of 381.2 ± 85.2 (4.5σ) ν_e -like events.

Combined with antineutrino data, total excess is 460.5 ± 95.8 (4.8σ)

Neutrino and Antineutrino excess become consistent with each other.

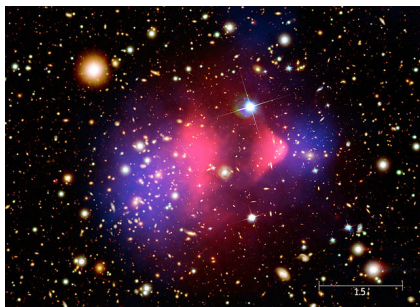
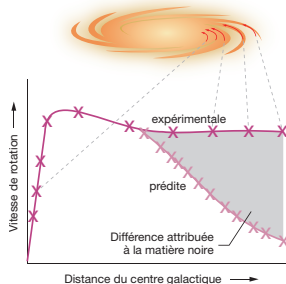


A.A. Aguilar-Arevalo et al. [MiniBooNE Collaboration], arXiv:1805.12028

- LSND dans les années 1990: oscillations $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$, avec observations en désaccord avec d'autres mesures
- MiniBooNE: $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$ ou $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$, confirmant LSND !
- neutrino stérile supplémentaire utile, mais pas suffisant pour décrire toutes les observations concernant les oscillations de neutrinos (+ contraintes cosmologiques ?)

Lumière sur la matière noire

Matière noire et nouvelle physique



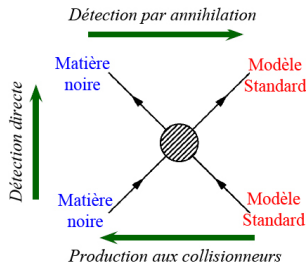
En se basant sur les lois de la gravitation, pas assez de matière visible

- Pour expliquer la dynamique des grandes structures (galaxies. . .)
- Pour décrire l'évolution de l'Univers (ray. de fond cosmologique)

Matière "noire"

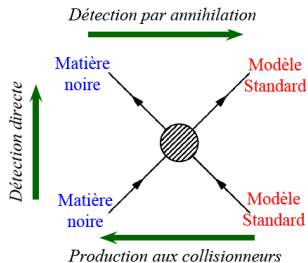
- lourde, stable, neutre, interagissant peu avec son environnement, hormis par interaction gravitationnelle
- particule nouvelle χ , hors du Modèle Standard ?

Observer la matière noire



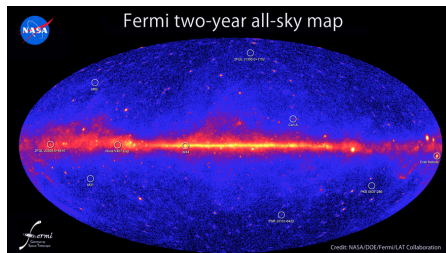
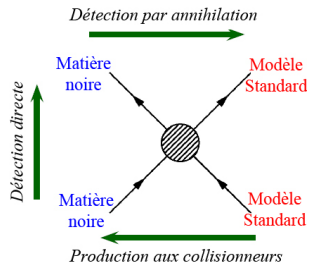
- La produire en accélérateur (si assez “légère”)

Observer la matière noire



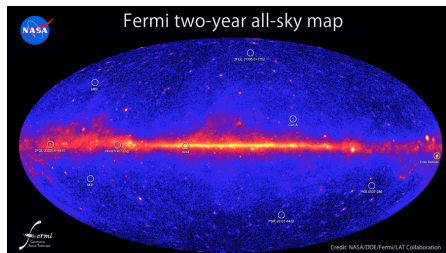
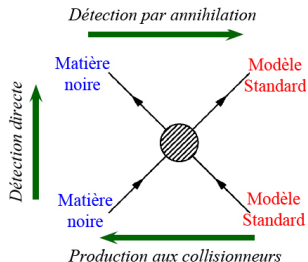
- La produire en accélérateur (si assez “légère”)
- La détecter lors de son passage sur Terre
⇒ interaction avec noyau $\chi + X \rightarrow \chi + X$ (recul du noyau)

Observer la matière noire



- La produire en accélérateur (si assez “légère”)
- La détecter lors de son passage sur Terre
⇒ interaction avec noyau $\chi + X \rightarrow \chi + X$ (recul du noyau)
- Voir son annihilation en observant le ciel
⇒ rayons gamma monochromatiques ($E_\gamma = M_\chi c^2$)
⇒ excès de rayons cosmiques de haute énergie

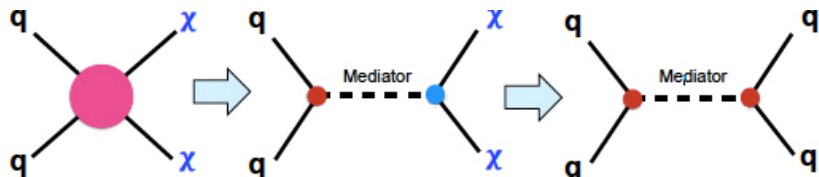
Observer la matière noire



- La produire en accélérateur (si assez “légère”)
- La détecter lors de son passage sur Terre
 - ⇒ interaction avec noyau $\chi + X \rightarrow \chi + X$ (recul du noyau)
- Voir son annihilation en observant le ciel
 - ⇒ rayons gamma monochromatiques ($E_\gamma = M_\chi c^2$)
 - ⇒ excès de rayons cosmiques de haute énergie
- Détecter sa présence par observations astronomiques
 - ⇒ déformation d’images par lentilles gravitationnelles

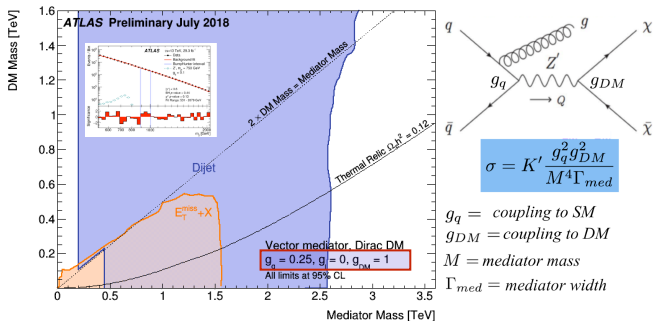
En collisionneur (1)

- Collision produit paire particules de matière noire qui s'évadent du détecteur sans interagir avec personne (énergie manquante)
- Produit via une particule médiatrice qui peut aussi se désintégrer en particules du MS (jets de particules)



MEDIATOR SEARCHES AND DM: SPIN-1

- By fixing couplings limits on mediators cross section **translated into DM production cross section**

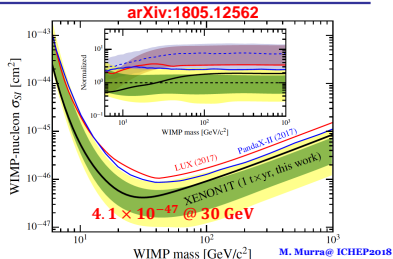


- Pas d'observation au LHC (modèles matière noire exotique)
- Sections efficaces du MS converties en bornes sur masse médiateur et matière noire

En détection directe: haute masse

- Matière noire interagissant avec cible
- Recul des noyaux, détection par ionisation/lumière/chaueur
- en particulier, XENON1T: 3.5 t de xénon liquide (ionisation/lumière), au Gran Sasso (Italie)
- futur: Xenon nT en 2019

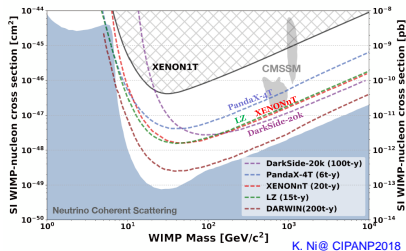
Latest XENON1T result (1 ton-years)



Hyun Su Lee, Center for Underground Physics (CUP), Institute for Basic Science (IBS)

11

Sensitivities for high mass region



Hyun Su Lee, Center for Underground Physics (CUP), Institute for Basic Science (IBS)

19

En détection directe: basse masse

- DAMA/Libra confirme modulation vue avec cristaux NAI(Tl)
- en contradiction avec les observations d'autres expériences utilisant d'autres techniques
- nouvelles expériences en route avec technique similaire

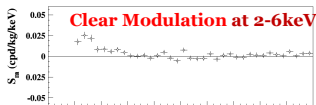
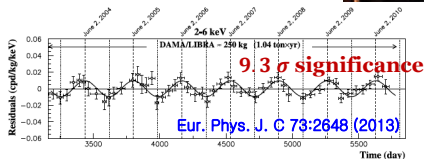
DAMA/LIBRA-phase1

DAMA/LIBRA experiment

- Annual Modulation Searches with an array of **NaI(Tl) crystals** (250 kg)



Claimed an observation of the dark matter



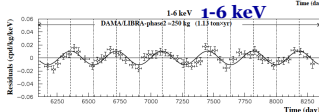
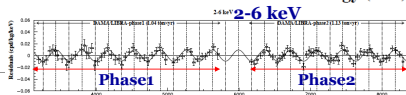
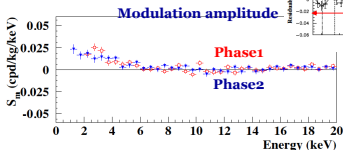
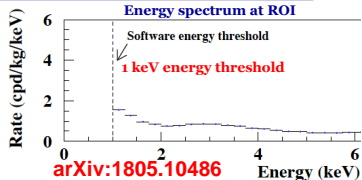
DAMA/LIBRA-phase1
1.33 ton-year

En détection directe: basse masse

- DAMA/Libra confirme modulation vue avec cristaux NAI(Tl)
- en contradiction avec les observations d'autres expériences utilisant d'autres techniques
- nouvelles expériences en route avec technique similaire

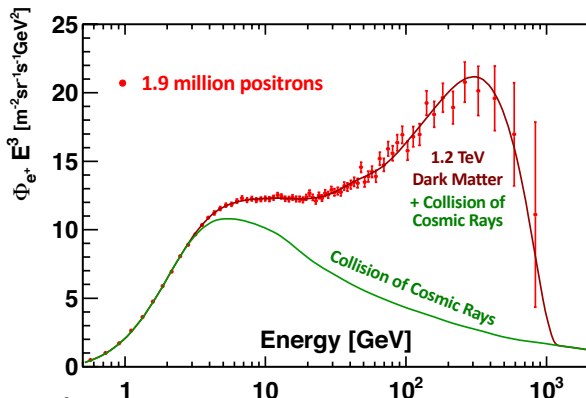
DAMA/LIBRA-phase 2

- **Energy threshold** reached to **1 keV** with better PMTs
- Still there is modulation
- **Significance**
 - ❖ 1-6 keV : 9.5σ (phase 2)
 - ❖ 2-6 keV : 12.9σ (phase 1+2)
- Increased modulation amplitude below 2keV



En annihilation dans le ciel

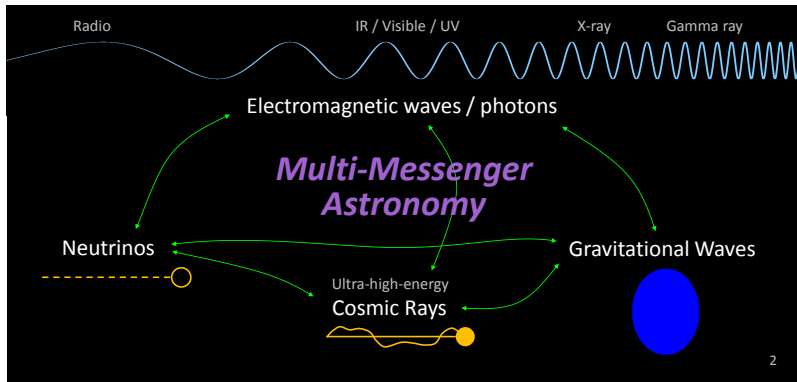
The positron flux appears to be in agreement with predictions from a 1.2 TeV Dark Matter model (J. Kopp, Phys. Rev. D 88, 076013 (2013))



- AMS installé sur station spatiale pour étudier rayons cosmiques
- flux e^+ compatible avec rayons cosmiques + matière noire
- mais d'autres origines (astrophysiques) envisageables (restes de supernova, pulsars, propagation rayons cosmiques)
- difficile de rendre compte de ttes les infos sur les rayons cosmiques

Naissance d'une nouvelle astronomie

L'astronomie multi-messagers



Pour observer de nombreuses sources

Can look at individual sources, or populations

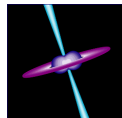
Stellar core collapse → gravitational waves? (if non-axisymmetric collapse)
[supernova]
→ low-energy neutrinos (from nuclear reactions)
→ UV/visible/IR light (from expanding envelope)
→ cosmic rays (shock acceleration in SN remnant)



Bill Saxton,
NRAO/AUI/NSF

High-energy cosmic rays interacting with ambient photons
→ high-energy neutrinos (Waxman & Bahcall 1998)

Relativistic jets — *generated by accretion around black hole or neutron star*
[AGN, GRB]
→ high-energy neutrinos (from hadronic interactions and decays)
→ EM emissions at a wide range of wavelengths
(synchrotron emission from particles in turbulent magnetic fields; inverse Compton scattering)



P.J.T. Leonard,
NASA/GSFC

Neutron star binary merger → gravitational waves
→ relativistic jets (see above)
→ UV/visible/IR light (from heated ejecta)

And other sources...

IceCube lance une alerte

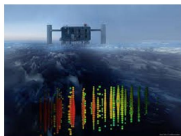
In September, IceCube detected an “extremely high energy” muon track pointing back near a known blazar

The blazar’s gamma-ray emission increased significantly around the same time!

Awaiting paper with final analysis results...

Slide made by
Konstancja
Satalecka

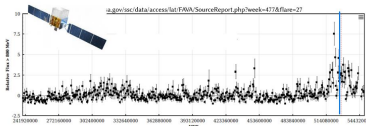
Alerts: IC-170922A



GCN #21916

Sep 22nd, 2017 @20:54:30.43 UTC

IceCube detects a high-energy muon track with a high probability of being of astrophysical origin (EHE)
RA: 77.43 deg (-0.80 deg/+1.30 deg, 90% PSF)
Dec: 5.72 deg (-0.40 deg/+0.70 deg, 90% PSF)
14 arcmin away from blazar TXS 0506+056!



ATel #10791

Sep 27th, 2017

Fermi/LAT detection of an increased gamma-ray activity of TXS 0506+056



ATel #10817

Oct 4th, 2017

MAGIC: 12h of observations Sep 28th-Oct 3rd
Detection > 5 sigma > 100 GeV
First time detection of TXS 0506+056 in VHE gamma-rays

	Related
10845	Joint Swift XRT and NuSTAR Observations of TXS 0506+056
10844	Kanata optical imaging and polarimetric follow-ups for possible IceCube counterpart TXS 0506+056
10840	VLTR: Spectro spectrum of the blazar TXS 0506+056 (located inside the IceCube 170922A error box)
10836	MARGOSIC observations of IceCube 170922A and TXS 0506+056
10833	VERITAS follow-up observations of IceCube neutrino event 170922A
10831	Optical photometry of TXS0506+056
10830	SALT-HRS observation of the blazar TXS 0506+056 associated with IceCube-170922A
10817	First time detection of VHE gamma rays by MAGIC from a direction consistent with the recent EHE neutrino event IceCube-170922A
10802	IRARC gamma ray data prior to IceCube-170922A
10661	AGILE confirmation of gamma-ray activity from the IceCube-170922A error region
10789	Optical spectrum of TXS 0506+056 (possible counterpart to IceCube-170922A)
10784	ASAS-09 optical light-curve of blazar TXS 0506+056, located inside the IceCube-170922A error region, shows increased optical activity
10782	Further Swift XRT observations of IceCube-170922A
10781	Fermi-LAT detection of increased gamma-ray activity of TXS 0506+056, located inside the IceCube-170922A error region.
10787	R.E.S.O. follow-up of IceCube-170922A
10773	Search for counterpart to IceCube-170922A with ANTARES

LIGO/Virgo "voit" 2 étoiles à neutrons s'effondrer

From Thursday:

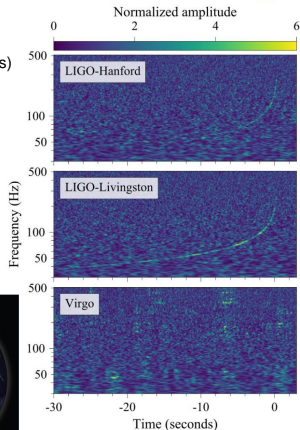
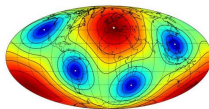
N. Arnaud

"In between the Observation Runs 2 and 3, a status report on the Advanced LIGO and Advanced Virgo GW detectors"

Normally the sky localization would be available within minutes, but had to work around a glitch in the LIGO-Livingston data

GW170817: first binary neutron star merger

- **Strong signal in both LIGO detectors**
(consistent with masses of known neutron stars)
- **No signal in Virgo**
 - Worse sensitivity
 - Source location close to a blind spot
→ Antenna pattern effect
- **Accurate sky localization** (30 square deg.)
 - Latency of about 5 hours
 - Consistent with Fermi and Fermi-Integral localizations



Avec des contreparties électromagnétiques

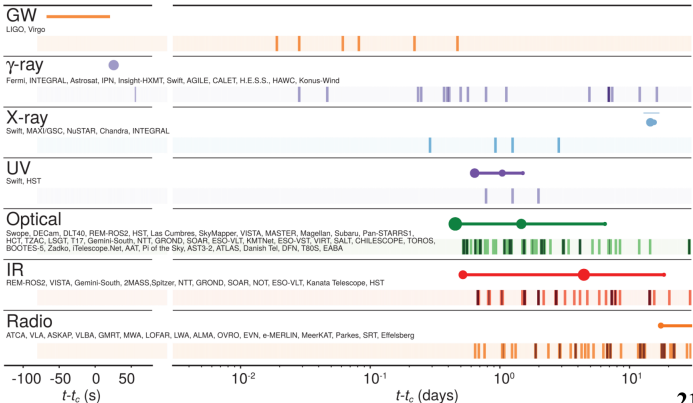
From Thursday:

N. Arnaud

“In between the Observation Runs 2 and 3, a status report on the Advanced LIGO and Advanced Virgo GW detectors”

GW170817 multi-messenger astronomy

- **Gravitational waves** + **gamma ray burst** + **whole electromagnetic spectrum**

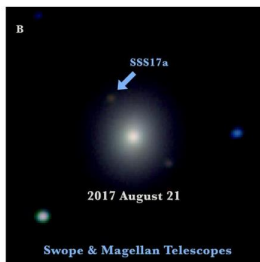


21

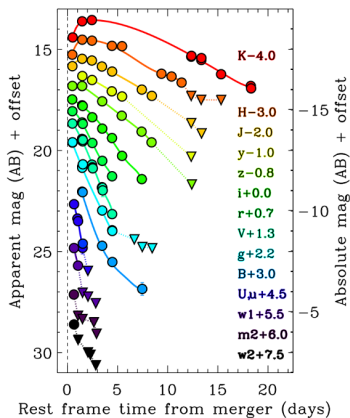
... dont on peut suivre l'évolution

Initially visible in ultraviolet and blue – but those faded quickly

Infrared peaked after 2-3 days, then remained visible for weeks



[Drout et al. 2017, *Science* 10.1126/science.aag0049]



27

- De plus en plus d'informations différentes combinées
- Pour mieux comprendre les sources et les mécanismes

En conclusion



Les participants d'ICHEP 2018
dans l'auditorium de la conférence

A dans un an
pour Lepton-Photon 2019
à Toronto (Canada),
ou
pour EPS-HEP 2019,
à Gand (Belgique)
ou dans deux ans,
pour ICHEP 2020
à Prague (Tchéquie) !

