

Soutenance HDR

E. Busato

17 décembre 2015

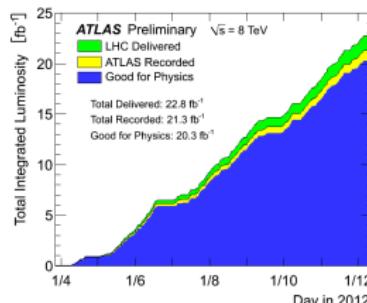
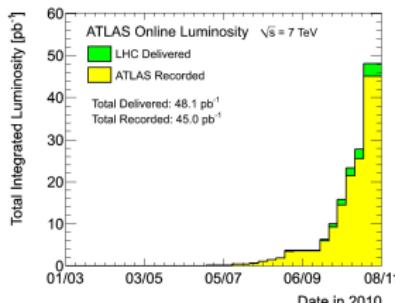
Run 1 du LHC

2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016				2017				2018				2019			
Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4				
Run 1 7-8 TeV, 0.7×10^{34} ($\mu=20$), 25 fb^{-1}								LS1								Run 2 13-14 TeV, 1.6×10^{34} ($\mu=43$), 150 fb^{-1}								LS2 Phase-I Install															
								Run 3 14 TeV, $2-3 \times 10^{34}$ ($\mu=50-80$), 350 fb^{-1}								LS3 – Phase-II Install								Run 4 14 TeV, $5-7 \times 10^{34}$ ($\mu=140-200$), 3000 fb^{-1}								LS4							

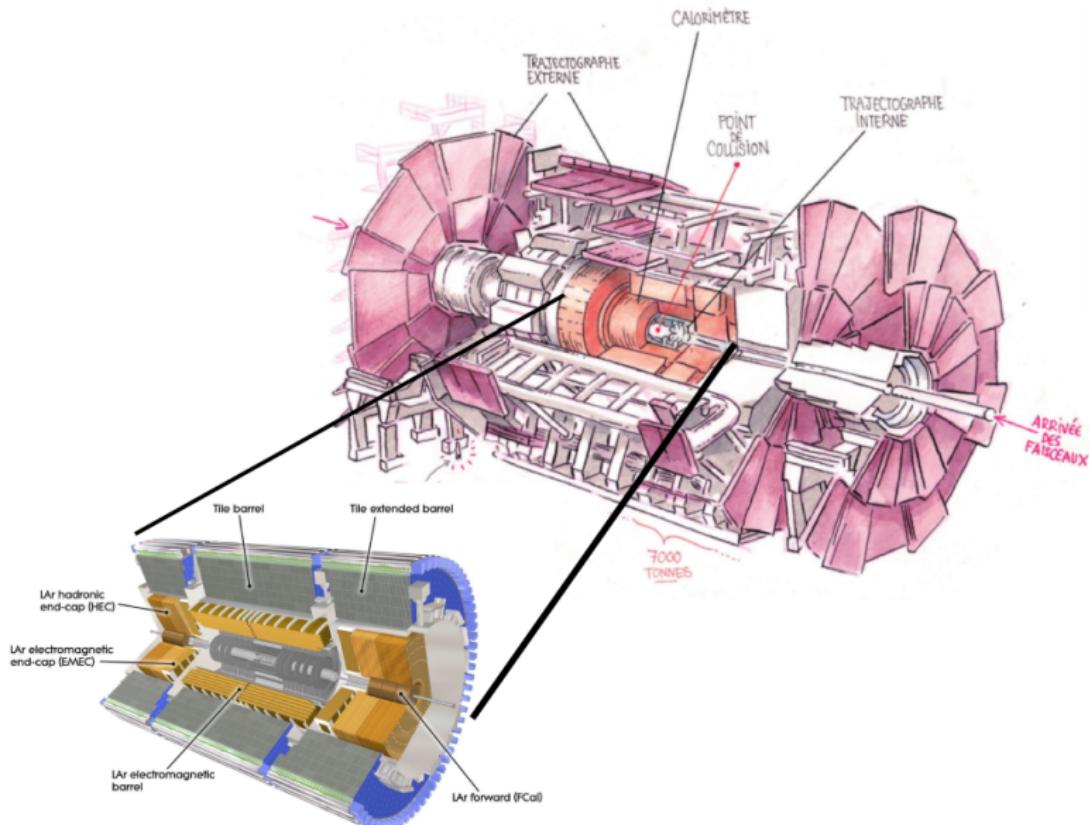
Activités sur ATLAS entre 2008 et 2015

- 2008 - 2009 puis 2011 → 2015 : recherche de nouvelle physique
- 2009 → 2012 : calibration des jets
- Interprétation statistique

Co-encadrement de 2 doctorants

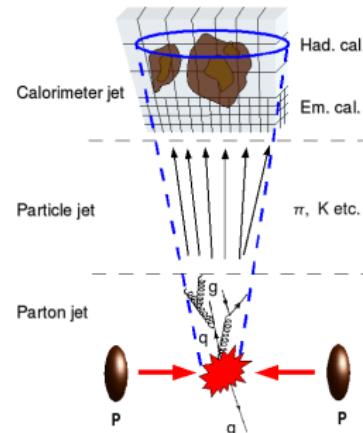


Détecteur ATLAS



Calibration des jets

- Production massive de jets au LHC
- Accès aux particules instables : top, W, Higgs, etc.
- Nécessité d'une calibration : non-compensation, matériaux morts, out-of-cone, ...
- Objet de référence : jet de particules
 - Input : particules stables après hadronisation (sauf muons et neutrinos)
 - Énergie : E^{truth}



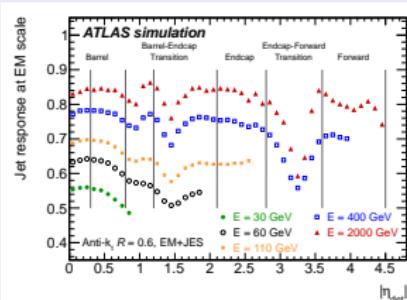
Objectifs : $R = \langle E/E^{\text{truth}} \rangle \simeq 1$

- Petite incertitude sur R
- Bonne résolution en énergie

Les 4 calibrations dans ATLAS au début du run 1

EM+JES

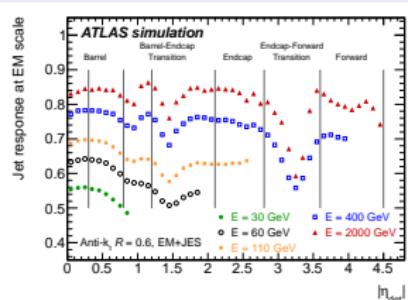
- Après calibration : $R(p_T, \eta) = 1$
- Constantes dérivées au tout début du run 1 (stage M2 J. Demaizière)



Les 4 calibrations dans ATLAS au début du run 1

EM+JES

- Après calibration : $R(p_T, \eta) = 1$
- Constantes dérivées au tout début du run 1 (stage M2 J. Demaizière)



GCW+JES ("Global Cell Weighting")

- Principe : calibration basée sur densité d'énergie des cellules E/V
- Minimisation

$$\chi^2 = \sum_{\text{jets}} (E^{GCW}/E^{\text{truth}} - 1)^2$$

avec

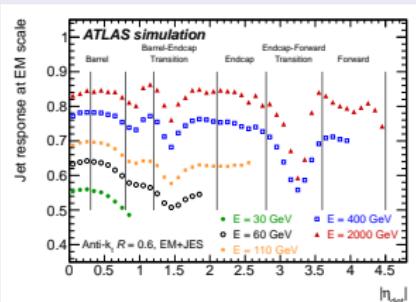
$$E^{GCW} = \sum_{i:\text{cellules}} w_i (E_i/V_i) E_i$$

- JES pour restaurer $R(p_T, \eta) = 1$

Les 4 calibrations dans ATLAS au début du run 1

EM+JES

- Après calibration : $R(p_T, \eta) = 1$
- Constantes dérivées au tout début du run 1 (stage M2 J. Demaizière)



GCW+JES ("Global Cell Weighting")

- Principe : calibration basée sur densité d'énergie des cellules E/V
- Minimisation

$$\chi^2 = \sum_{\text{jets}} (E^{GCW}/E^{\text{truth}} - 1)^2$$

avec

$$E^{GCW} = \sum_{i:\text{cellules}} w_i (E_i/V_i) E_i$$

- JES pour restaurer $R(p_T, \eta) = 1$

LCW+JES ("Local Cell Weighting")

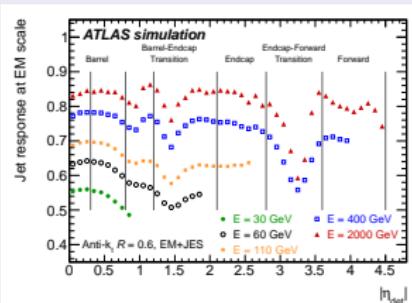
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	2	2	0	0	0
0	0	2	2	2	2	0	0
0	0	2	2	2	2	0	0
0	2	2	2	4	2	0	0
0	2	2	2	2	2	0	0
0	0	2	2	2	2	0	0
0	0	0	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

- Calibration clusters
→ non-compensation,
out-of-cluster, matériaux morts
- JES pour restaurer $R(p_T, \eta) = 1$
→ out-of-cone, inefficacités

Les 4 calibrations dans ATLAS au début du run 1

EM+JES

- Après calibration : $R(p_T, \eta) = 1$
- Constantes dérivées au tout début du run 1 (stage M2 J. Demaizière)



GCW+JES ("Global Cell Weighting")

- Principe : calibration basée sur densité d'énergie des cellules E/V
- Minimisation

$$\chi^2 = \sum_{\text{jets}} (E^{\text{GCW}} / E^{\text{truth}} - 1)^2$$

avec

$$E^{\text{GCW}} = \sum_{i: \text{cellules}} w_i (E_i / V_i) E_i$$

- JES pour restaurer $R(p_T, \eta) = 1$

LCW+JES ("Local Cell Weighting")

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	2	2	0	0	0
0	0	2	2	2	2	0	0
0	0	2	2	2	2	0	0
0	2	2	2	4	2	0	0
0	0	2	2	2	2	0	0
0	0	2	2	2	2	0	0
0	0	0	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

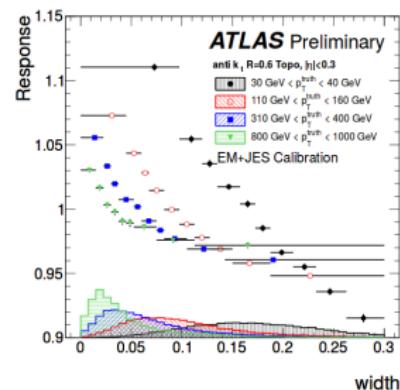
- Calibration clusters
→ non-compensation,
out-of-cluster, matériaux morts
- JES pour restaurer $R(p_T, \eta) = 1$
→ out-of-cone, inefficacités

GS ("Global Sequential")

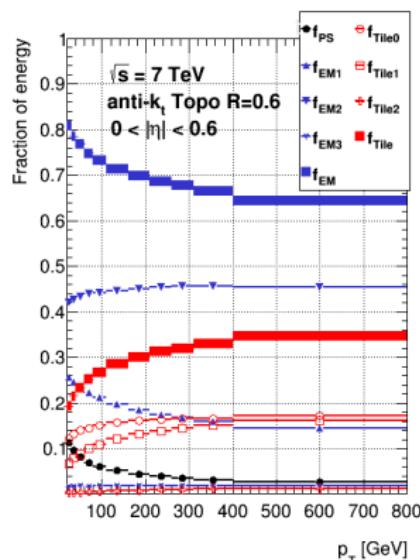
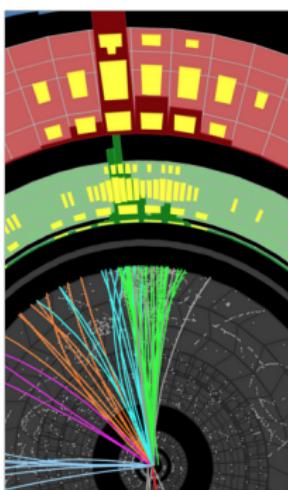
- EM+JES puis calibration globale
- cf pages suivantes

Calibration Globale Séquentielle (GS) : principe

- Équipe : Reina Camacho, David Lopez-Mateos, Ariel Schwartzman
- Eur.Phys.J. C73 (2013) 2304
Eur.Phys.J. C73 (2013) 2306
- EM+JES supprime dépendance en η et p_T
 - subsiste d'autres dépendances
 - GS les supprime
- Après GS : $R(p_T, \eta, x) = 1$ (x : variable corrélée à la réponse)
- Intérêt principal : meilleure résolution



Calibration GS : propriétés utilisées



Propriétés :

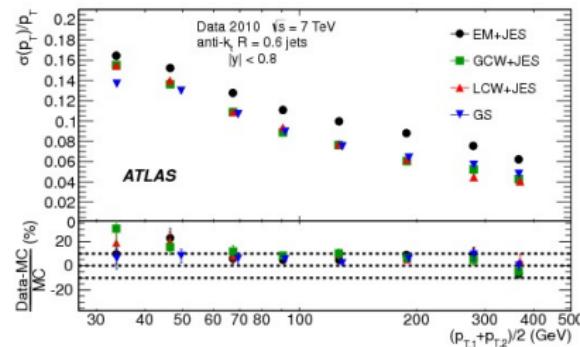
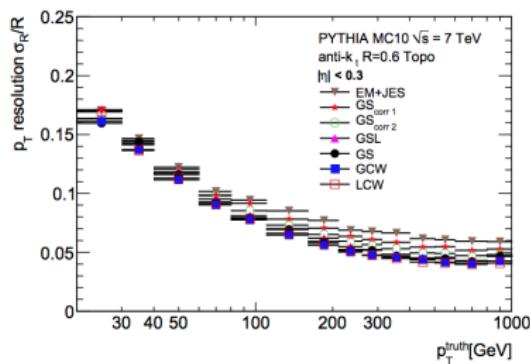
- longitudinales : $f_{\text{layer}} = \frac{E_{\text{EM}}^{\text{layer}}}{E_{\text{jet}}^{\text{EM}}}$
- transversales : $width$

Plusieurs propriétés utilisées de manière séquentielle

$$p_T^{\text{GS}} = \left(\prod_{n=1}^N C_n(x_n) \right) \times p_T^{\text{EM+JES}}$$

Calibration GS : performances

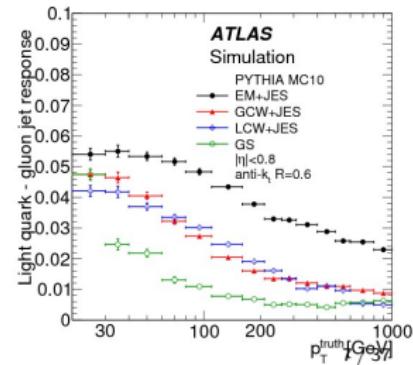
Résolution sur simulation et données



→ Amélioration de 20% à 30% pour $p_T > 150 \text{ GeV}$

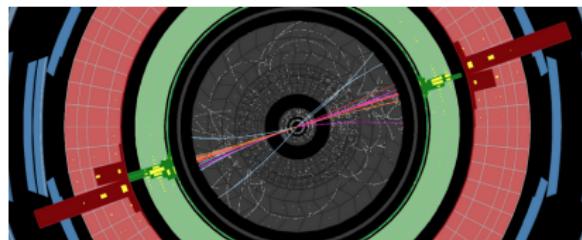
Dépendance avec la saveur du jet

- réponse différente pour quarks et gluons
- réponse moyenne dépend de la composition en saveur



Calibration GS : validation sur les données

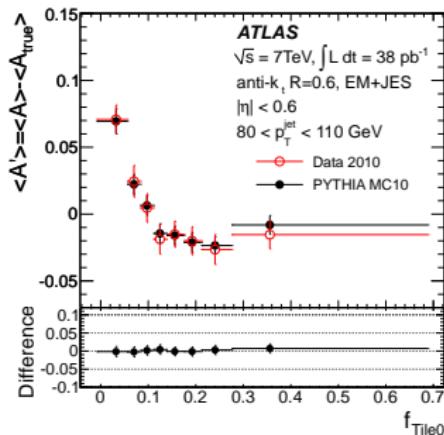
- Calibration GS peut-être dérivée sur les données réelles



$$A(x) = 2 \frac{p_T^{\text{probe}}(x) - p_T^{\text{ref}}}{p_T^{\text{probe}}(x) + p_T^{\text{ref}}}$$

$$\Rightarrow \langle R(x) \rangle \simeq \frac{2 + \langle A(x) \rangle}{2 - \langle A(x) \rangle}$$

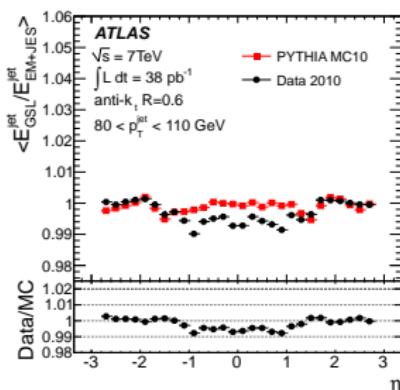
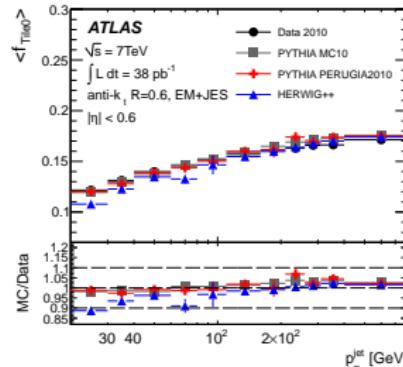
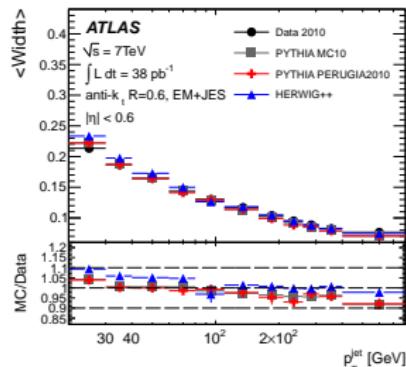
- Méthode validée sur simulation puis appliquée aux données



→ calibration GS validée avec 38 pb^{-1} !

Calibration GS : différences données/simulation

Erreurs sur propriétés \Rightarrow Incertitude sur réponse moyenne

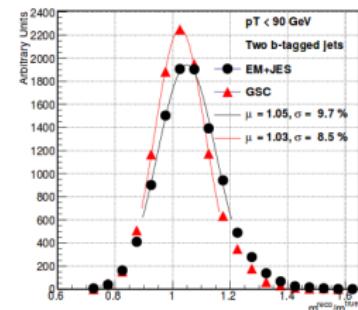
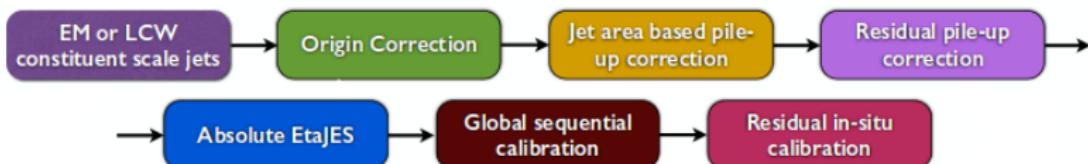


- Incertitude estimée sur evts multi-jets, $\gamma+jets$, sans et avec pile-up
- Résultat : incertitude syst. $\simeq 1\%$
- ⇒ GS induit une dégradation minime de l'échelle en énergie

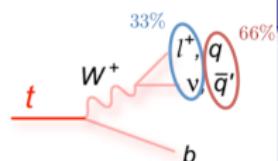
Ce qu'il reste

- Nous avons montré que GS est une calibration :
 - relativement simple à mettre en œuvre
 - performante
 - facile à valider sur les données
- GS utilisée pour la première fois pour la recherche $H \rightarrow b\bar{b}$
- État actuel dans ATLAS :

- GS utilisée en combinaison avec LCW

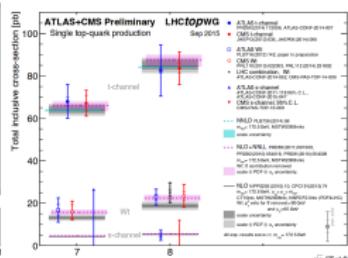
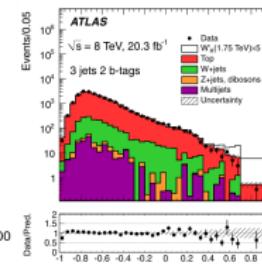
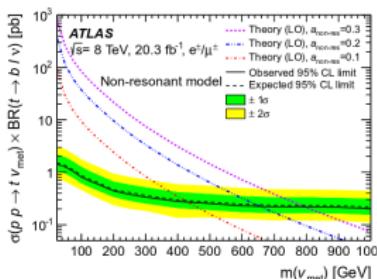
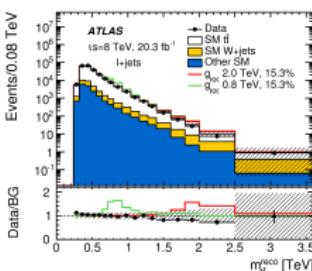
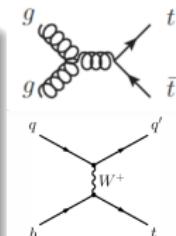


Quark top et nouvelle physique



Quark top

- Masse = $173,34 \pm 0,76$ GeV
- Fenêtre sur EWSB
- Désintégration "facilement" observable
- Modes de production : paire, célibataire



- Nouveau mode de production : événements 4 tops

- Complémentaire des autres modes de production
- LHC = premier labo permettant recherche 4 tops

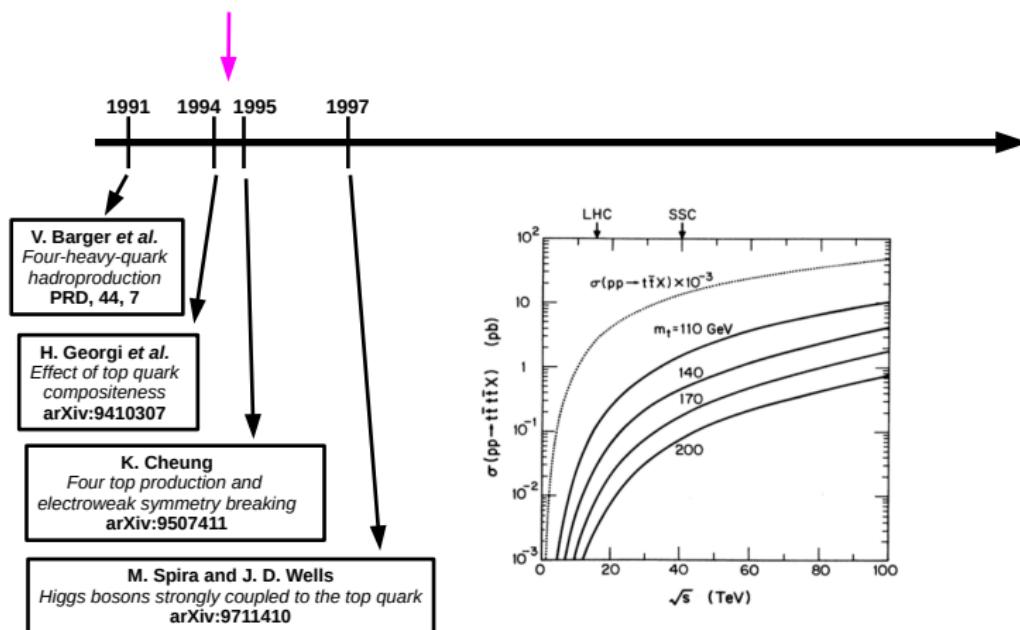
A black and white photograph of the Four Tops, a four-man vocal group, performing on stage. They are all wearing dark, sharp-tailored suits with white shirts and dark bow ties. The man on the far left has his right arm around the second man from the left. The man in the center has his left arm around the man on the far right. All four men are smiling and looking towards the camera or slightly to the side. The background is a plain, light-colored wall.

FOUR TOPS

THE
ULTIMATE
COLLECTION

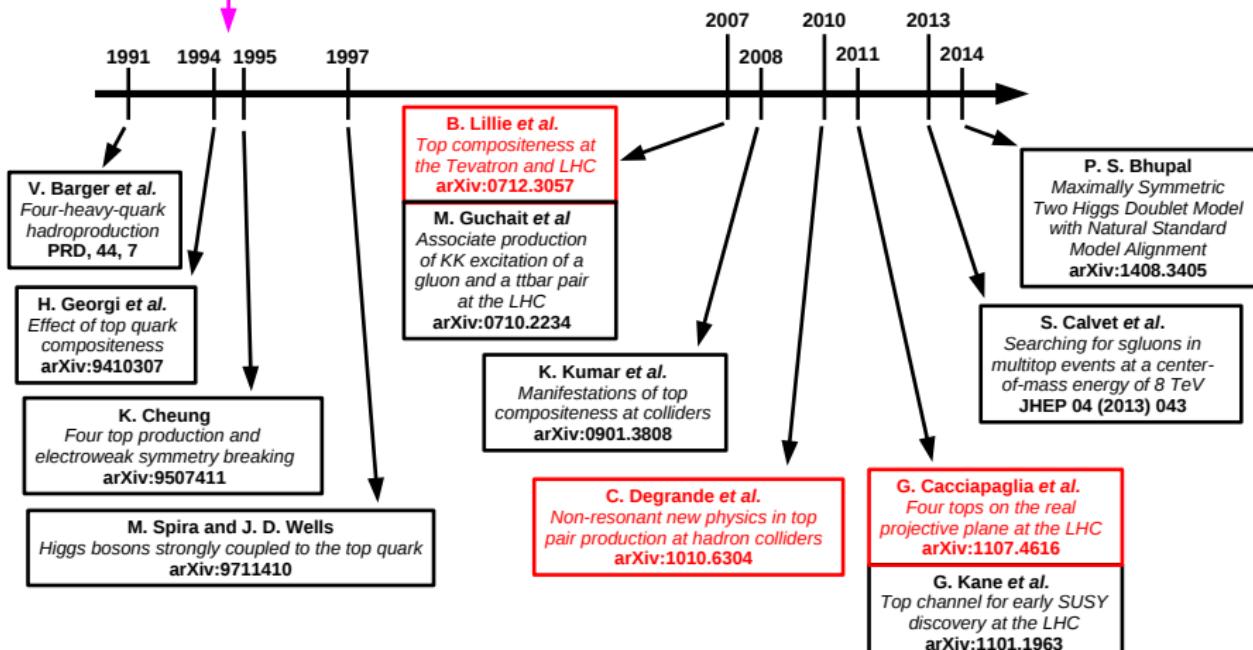
Historique

Découverte top

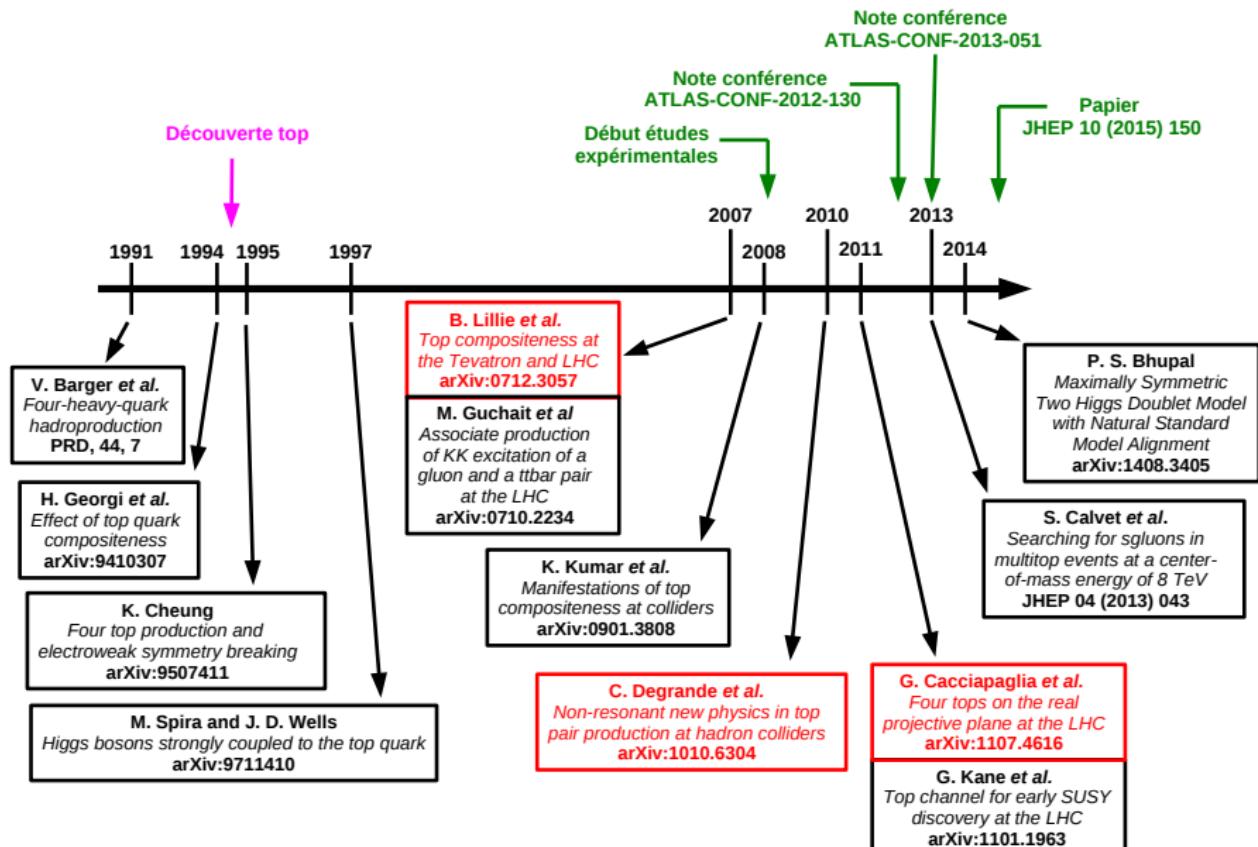


Historique

Découverte top



Historique

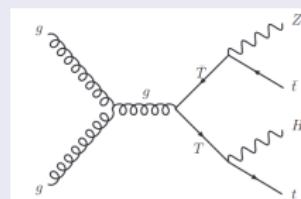


Stratégie de recherche

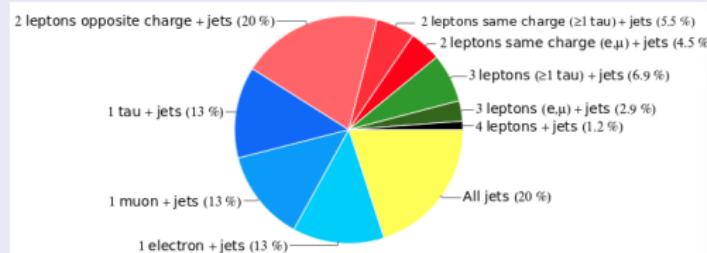
- Équipe : David Calvet, Daniela Paredes, Loïc Valery, Dorian Simon, ...
- Processus 4 tops considérés : non-résonant, résonant, modèle standard

Contexte

- Groupe d'analyse : “same-sign dilepton”
- Signaux considérés :
 - sgluon, VLQ, tt, b', T5/3, ...



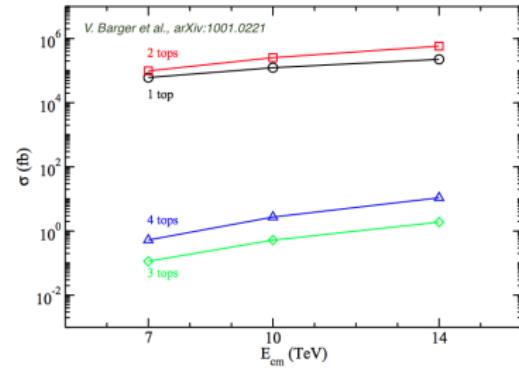
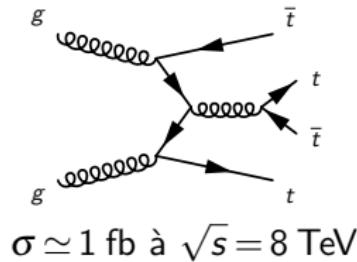
Signature



- 2 leptons de même charge ou 3 leptons
- grand nombre de b
- grande E_T^{miss}
- grand H_T

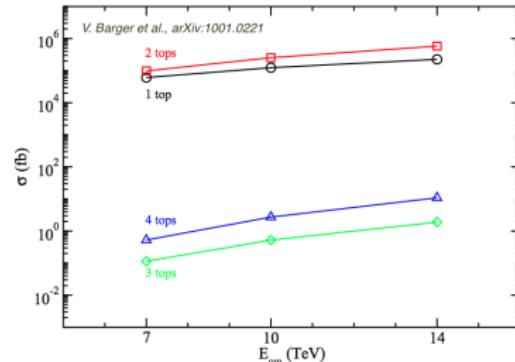
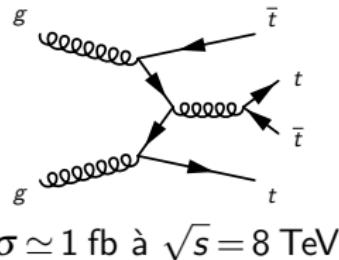
Productions MS et non-résonante

Production modèle standard



Productions MS et non-résonante

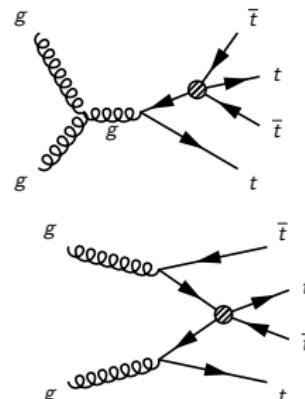
□ Production modèle standard



□ Production non-résonante : interaction contact à 4 tops

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_{\text{SM}} + \frac{C}{\Lambda^2} (\bar{t}_R \gamma_\mu t_R) (\bar{t}_R \gamma^\mu t_R)$$

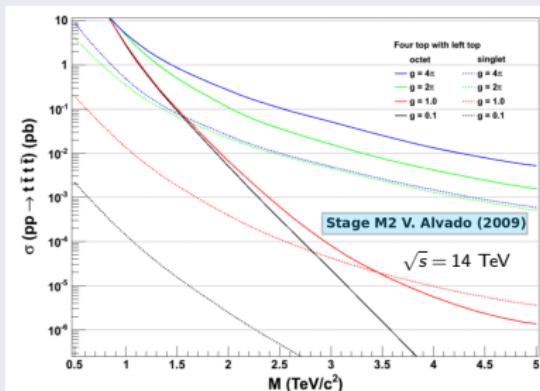
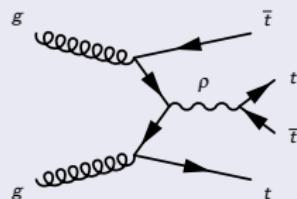
- Physique BSM avec nouveau vecteur
→ masse M
→ limite valable si $M \gtrsim 2 \text{ TeV}$
- Pas de contraintes sur $\frac{C}{\Lambda^2}$



Production effective : interaction de contact

Exemples de modèles conduisant à une interaction de contact

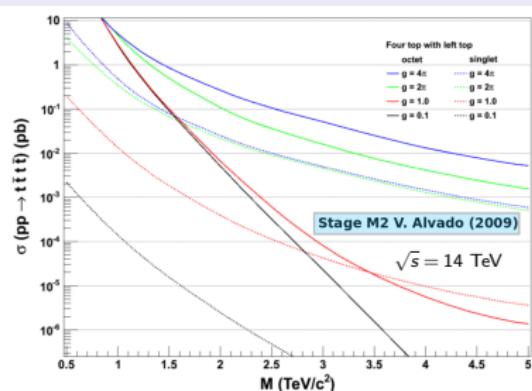
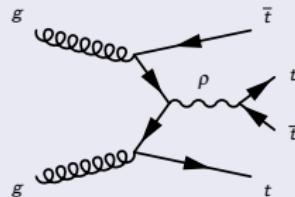
Top composite
(arXiv:0712.3057,1010.6340,...)



Production effective : interaction de contact

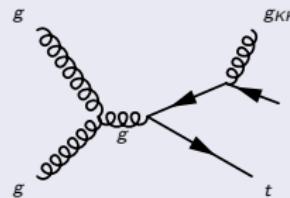
Exemples de modèles conduisant à une interaction de contact

Top composite
(arXiv:0712.3057,1010.6340,...)



RS modifié $t\bar{t}g_{KK}$ (arXiv:0710.2234)

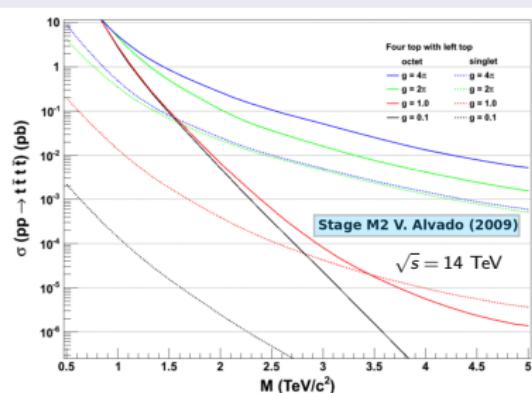
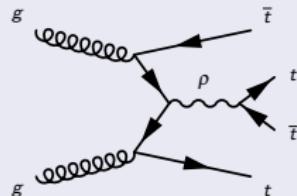
- Champs standards dans bulk
- Higgs sur TeV brane
- Couplage fort entre g_{KK} et t_R



Production effective : interaction de contact

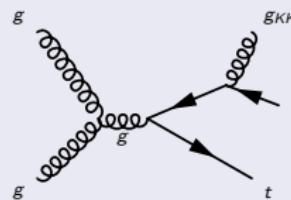
Exemples de modèles conduisant à une interaction de contact

Top composite (arXiv:0712.3057,1010.6340,...)



RS modifié $t\bar{t}g_{KK}$ (arXiv:0710.2234)

- Champs standards dans bulk
- Higgs sur TeV brane
- Couplage fort entre g_{KK} et t_R



Z' topophilic (arXiv:0912.0004)

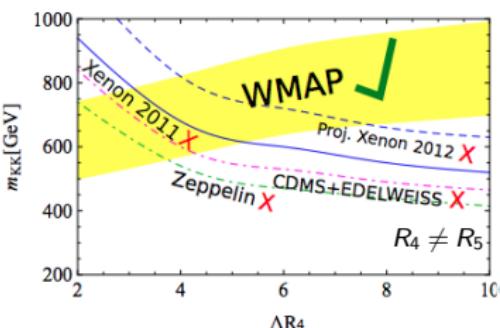
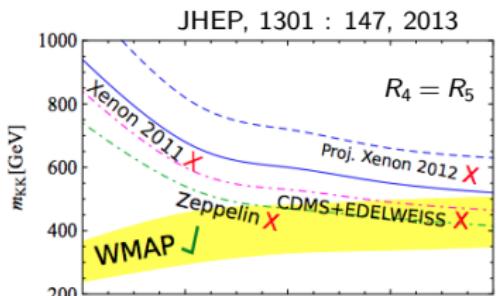
- $SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_Y \times U(1)'$ $\rightarrow Z'$ et ν' (candidat DM)
- Processus favorisé : $gg(q\bar{q}) \rightarrow t_R\bar{t}_R Z'$

Production résonante : modèle 2UED/RPP

- Extension “simple” du modèle standard :
 - 2 dimensions supplémentaires universelles
 - Compactification : Real Projective Plane (RPP)
- Intérêt : candidat matière noire (photon $A^{(1,0)}$)

arXiv:0907.4993
 arXiv:1104.3800
 arXiv:1107.4616
 arXiv:1209.6556
 arXiv:1210.0384
 arXiv:1302.4750

Étage : (k, l)



Paramètres

- Rayons : R_4, R_5

$$\begin{pmatrix} R_4 \\ R_5 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} \xi = \frac{R_4}{R_5} \\ m_{KK} = \frac{1}{R_4} \end{pmatrix}$$

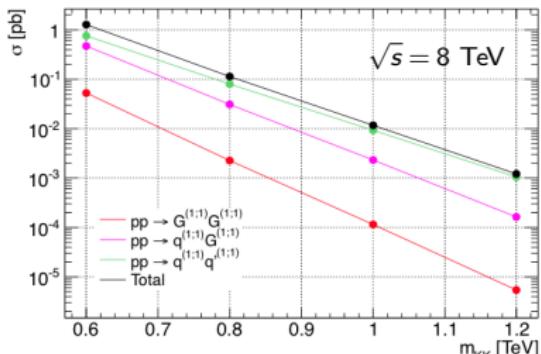
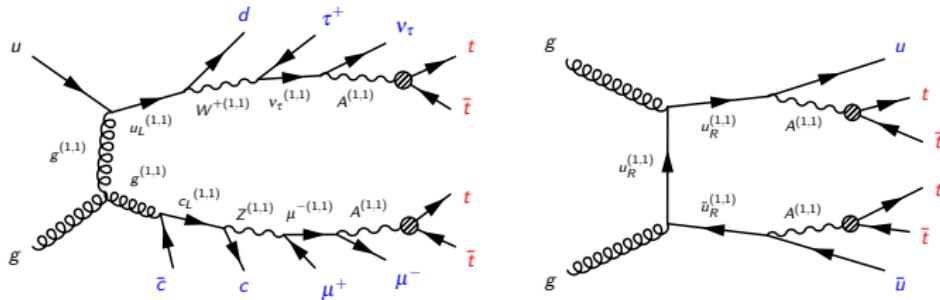
- Cut-off : Λ
- Rapport embranchement : $A^{(1,1)} \rightarrow t\bar{t}$

Contraintes cosmologiques

- $\xi = 1$ défavorisé
- $m_{KK} \in [700; 1000] \text{ GeV}$

2UED/RPP : phénoménologie au LHC

- Phénoménologie riche : contributions étages (1,0), (1,1) et (2,0)
- Contraintes à partir des étages (1,0), (2,0) : $m_{KK} \gtrsim 600$ GeV
- Étages (1,1) et (2,0) : événements 4 tops

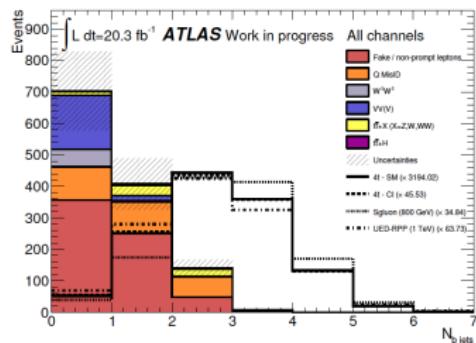
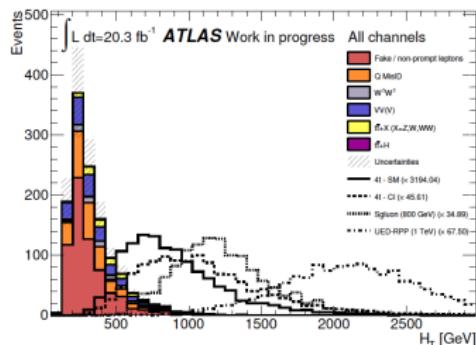


- Accessible au LHC 8 TeV
⇒ Possibilité d'améliorer les contraintes existantes

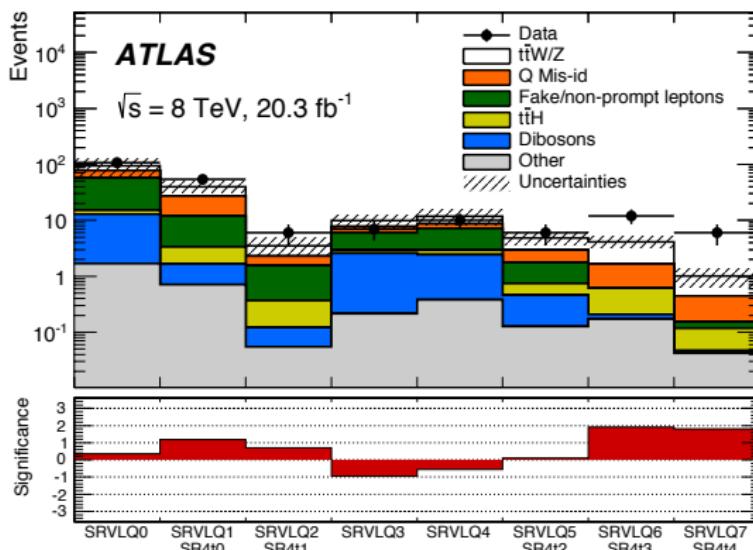
Analyse

- Bruits de fond "physiques" :
 - $t\bar{t}W/Z$, Dibosons, $t\bar{t}H$, $t\bar{t}WW$, WH , ZH , WWW^* , ZWW^* , tWZ , tH
- Bruits de fond "instrumentaux" :
 - *fakes* : semi-leptonic b decay, π^0 , etc.
 - *Q Mis-id* : mauvaise reconstruction charge
- Régions de signal :

		Définition	Nom
$400 < H_T < 700 \text{ GeV}$		$N_b = 2$	SR4t0
		$N_b \geq 3$	SR4t1
$H_T \geq 700 \text{ GeV}$	$N_b = 2$	$40 < E_T^{\text{miss}} < 100 \text{ GeV}$	SR4t2
		$E_T^{\text{miss}} \geq 100 \text{ GeV}$	SR4t3
		$N_b \geq 3$	SR4t4



Résultats

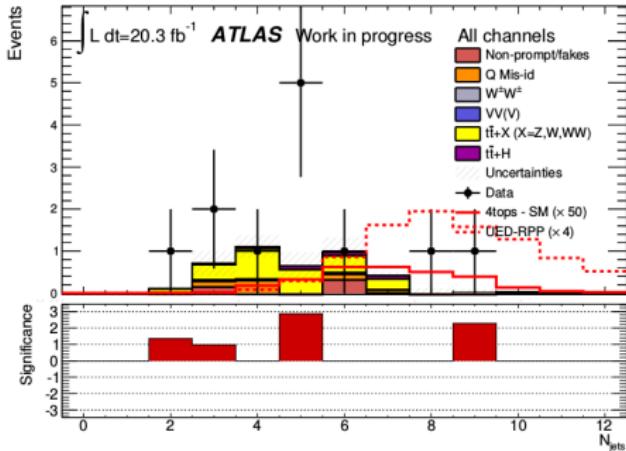


□ Incertitudes systématiques

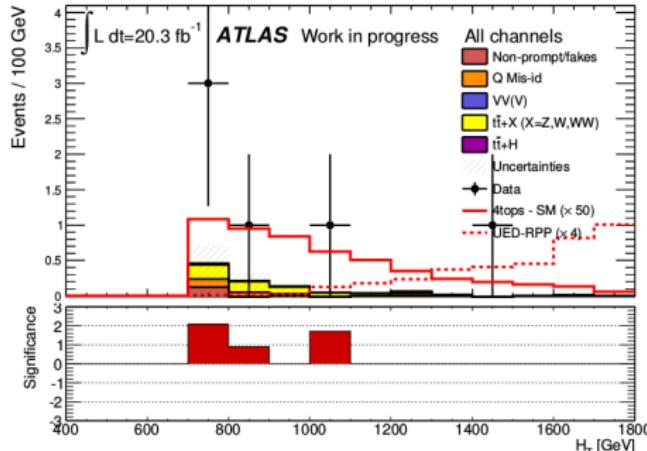
- sections efficaces $t\bar{t}W/Z$, Dibosons, etc.
- statistique (taille finie échantillons)
- JES
- b-tag
- taux *fakes*
- taux *Q Mis-id*
- etc.

Résultats

SR4t3



SR4t4



□ Vérifications :

- Validation des fonds dans des régions de contrôle
- Estimation des fonds par des méthodes alternatives
- Qualité des objets
- Répartition des événements observés au cours du temps

Interprétation statistique

- 2 interprétations : observation, exclusion
- Exclusion : limite sur section efficace (ou $\mu = \sigma/\sigma_{\text{ref}}$) \rightarrow limites sur paramètres

μ_{up} = plus grande valeur de μ pour laquelle observation et pré-diction sont en accord

Interprétation statistique

- 2 interprétations : observation, exclusion
- Exclusion : limite sur section efficace (ou $\mu = \sigma/\sigma_{\text{ref}}$) → limites sur paramètres

$\mu_{\text{up}} =$ plus grande valeur de μ pour laquelle observation et pré-diction sont en accord

Modèle statistique

$$P(\{N_c\}|\mu, \{s_c, b_c\}) = \prod_c \frac{(\mu s_c + b_c)^{N_c}}{N_c!} e^{-(\mu s_c + b_c)}$$

- Nombreuses sources d'incertitudes
- v_j : paramètres de nuisance
→ $s_c(\{v_j\}), b_c(\{v_j\})$

Interprétation statistique

- 2 interprétations : observation, exclusion
- Exclusion : limite sur section efficace (ou $\mu = \sigma/\sigma_{\text{ref}}$) → limites sur paramètres

$\mu_{\text{up}} =$ plus grande valeur de μ pour laquelle observation et pré-diction sont en accord

Modèle statistique

$$P(\{N_c\}|\mu, \{s_c, b_c\}) = \prod_c \frac{(\mu s_c + b_c)^{N_c}}{N_c!} e^{-(\mu s_c + b_c)}$$

- Nombreuses sources d'incertitudes
- v_j : paramètres de nuisance
→ $s_c(\{v_j\}), b_c(\{v_j\})$

Approches d'inférence

- 3 approches : bayésienne, fréquentiste, hybride
- Variantes : CL_s , PCL, test statistique classique vs profilé, priors subjectifs vs objectifs, etc.

$$P(\{N_c\}|\mu, v) \rightarrow P(\{N_c\}|\mu)$$

Approches bayésienne, fréquentiste et hybride : généralités

Approche bayésienne

- Distribution *a posteriori* du paramètre d'intérêt :

$$f(\mu | \{N_c\}) \propto \int P(\{N_c\} | \mu, v) \underbrace{\pi_v(v) \pi_\mu(\mu)}_{\text{priors}} dv$$

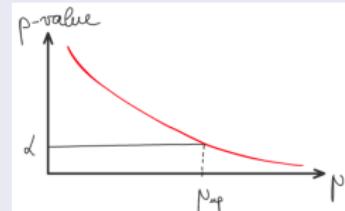
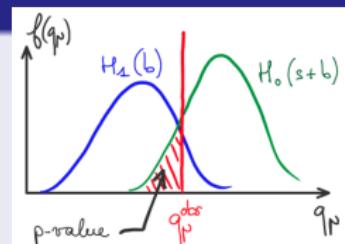


Approche fréquentiste et hybride

- Test d'hypothèse classique
 - Variable de test : $q_\mu = q_\mu(\{N_c\}, v)$
 - Construction Neyman unilatérale
- Méthode CL_s :

$$p\text{-value} \rightarrow CL_s = \frac{P(q_\mu < q_\mu^{\text{obs}} | H_0)}{P(q_\mu < q_\mu^{\text{obs}} | H_1)}$$

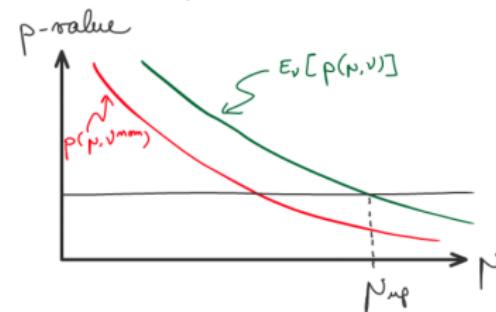
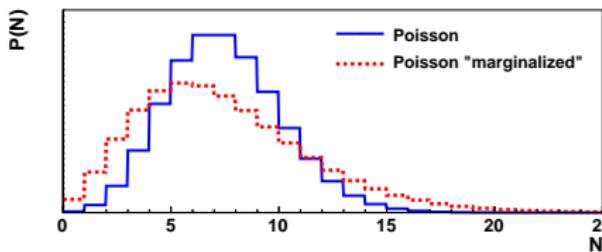
- $p\text{-value}$: $p(\mu, v)$



Approche hybride

- Origine : Cousins-Highland NIM A320 (1992) 331-335
- Test d'hypothèse basé sur vraisemblance marginalisée

$$\begin{aligned} P(\{N_c\}|\mu) &= \mathbb{E}_v [P(\{N_c\}|\mu, v)] \\ &= \int P(\{N_c\}|\mu, v) \times \underbrace{\prod_j \pi_j(v_j)}_{\text{priors}} dv_j \end{aligned}$$



Équivalence Hybride - Bayésien (arXiv:1404.1340)

Hybride (CL_s) = bayésien (prior uniforme) si :

- une seule observable
- aucune incertitude sur signal
- niveau crédibilité = niveau confiance

Approche fréquentiste

Modèle statistique complet :

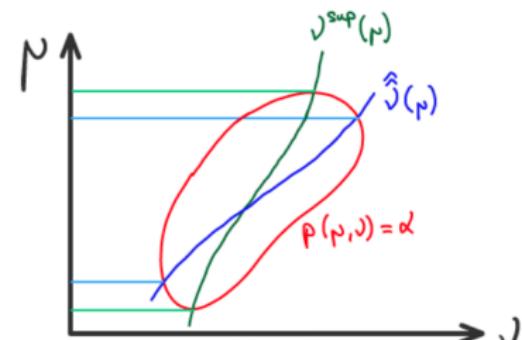
$$P(\{N_c\}, \{a_j\} | \mu, v) = \underbrace{\prod_c \frac{(\mu s_c(v_j) + b_c(v_j))^{N_c}}{N_c!} e^{-(\mu s_c(v_j) + b_c(v_j))}}_{\text{expérience principale}} \underbrace{\prod_j P_j(a_j | v_j)}_{\text{expériences auxillaires}}$$

□ Variable de test : vraisemblance profilée

$$q_\mu = \begin{cases} -2 \ln \frac{P(\{N_c\}, \{a_j\} | \mu, \hat{v})}{P(\{N_c\}, \{a_j\} | \hat{\mu}, \hat{v})} & \text{si } \mu \geq \hat{\mu} \\ 0 & \text{si } \mu < \hat{\mu}. \end{cases}$$

□ Construction Neyman complète impossible

→ Hybrid resampling method :
 $v^{\text{sup}} \simeq \hat{v}(\mu)$



□ Limite asymptotique (Wald, 1943) :

$$-2 \ln \frac{P(\{N_c\}, \{a_j\} | \mu, \hat{v})}{P(\{N_c\}, \{a_j\} | \hat{\mu}, \hat{v})} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \frac{(\mu - \hat{\mu})^2}{\sigma^2}$$

Aspects pratiques

- Problème complexe :
 - Plusieurs dizaines/centaines de paramètres de nuisance
 - Plusieurs bruits de fonds, canaux, distributions
 - Corrélations entre bruits de fond, canaux, bins
- pas de solutions analytiques

Aspects pratiques

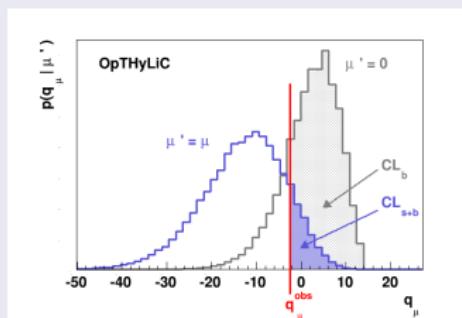
- Problème complexe :
 - Plusieurs dizaines/centaines de paramètres de nuisance
 - Plusieurs bruits de fonds, canaux, distributions
 - Corrélations entre bruits de fond, canaux, bins
- pas de solutions analytiques
- Nécessité d'outils performants en terme de :
 - Temps de calcul
 - Configurabilité
 - Robustesse

Aspects pratiques

- Problème complexe :
 - Plusieurs dizaines/centaines de paramètres de nuisance
 - Plusieurs bruits de fonds, canaux, distributions
 - Corrélations entre bruits de fond, canaux, bins
- pas de solutions analytiques
- Nécessité d'outils performants en terme de :
 - Temps de calcul
 - Configurabilité
 - Robustesse
- Outils utilisés/développés :
 - Hybride → **McLIMIT** et **OPTHyLiC**
 - Bayésien → **TiFoSi** (utilise **ROOFIT** et **Roostats**)
 - Fréquentiste → **HISTFACTORY+RooSTATS**

OPTHYLIC

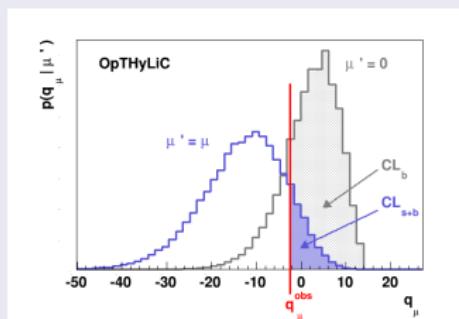
- Développé avec D. Calvet et T. Thevenaux-Pelzer
- arXiv:1502.02610
- $$q_\mu = -2 \ln \frac{\mathcal{L}(\mu, v_j = v_j^{\text{nom}})}{\mathcal{L}(\mu = 0, v_j = v_j^{\text{nom}})}$$
- Marginalisation → Intégration MC



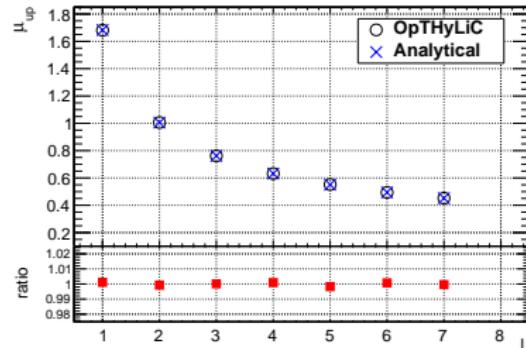
- Validation : comparaison avec
 - Solutions analytiques
 - Solutions asymptotiques
 - MCLIMIT

OPTHYLIC

- Développé avec D. Calvet et T. Thevenaux-Pelzer
- arXiv:1502.02610
- $q_\mu = -2 \ln \frac{\mathcal{L}(\mu, v_j = v_j^{\text{nom}})}{\mathcal{L}(\mu = 0, v_j = v_j^{\text{nom}})}$
- Marginalisation → Intégration MC

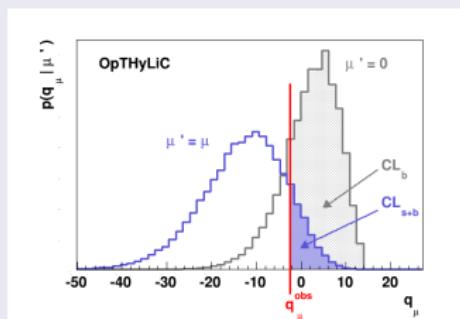


- Validation : comparaison avec
 - Solutions analytiques
 - Solutions asymptotiques
 - MCLIMIT

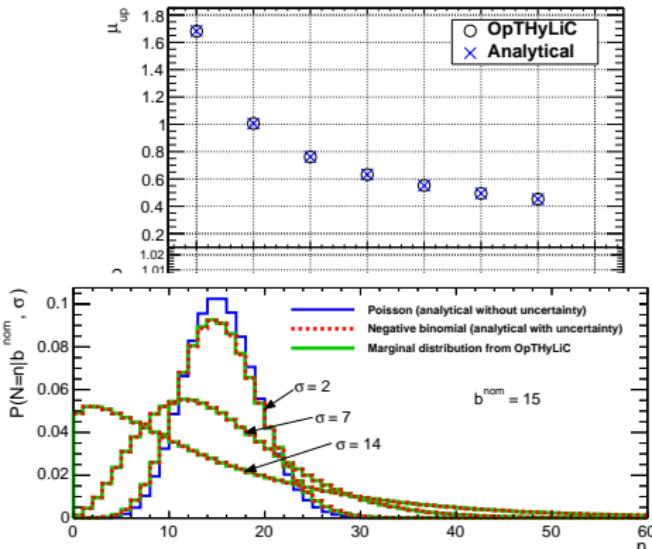


OPThyLiC

- Développé avec D. Calvet et T. Thevenaux-Pelzer
- arXiv:1502.02610
- $q_\mu = -2 \ln \frac{\mathcal{L}(\mu, v_j = v_j^{\text{nom}})}{\mathcal{L}(\mu = 0, v_j = v_j^{\text{nom}})}$
- Marginalisation → Intégration MC

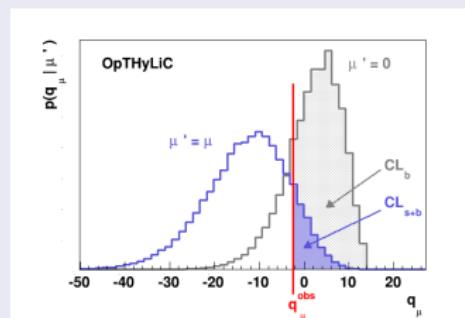


- Validation : comparaison avec
 - Solutions analytiques
 - Solutions asymptotiques
 - MC LIMIT

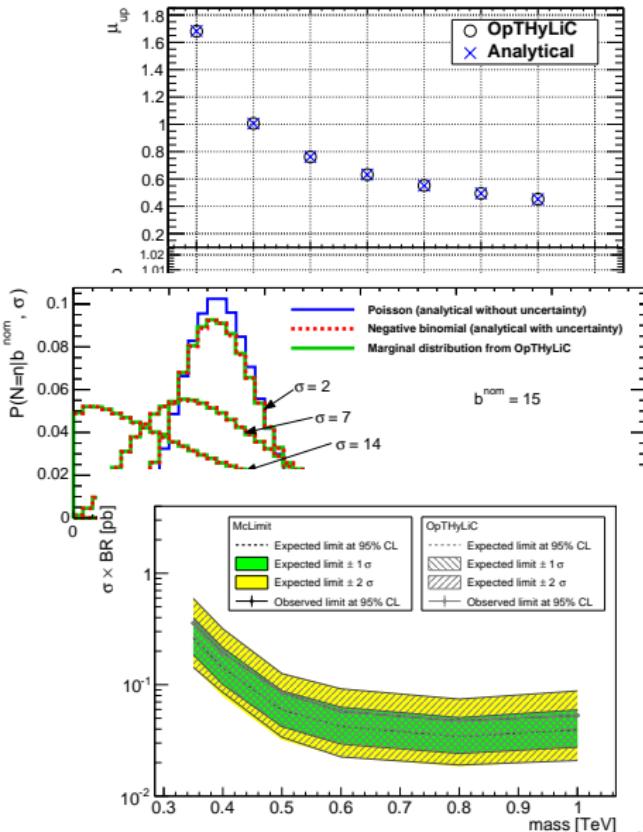


OPThyLiC

- Développé avec D. Calvet et T. Thevenaux-Pelzer
- arXiv:1502.02610
- $q_\mu = -2 \ln \frac{\mathcal{L}(\mu, v_j = v_j^{\text{nom}})}{\mathcal{L}(\mu = 0, v_j = v_j^{\text{nom}})}$
- Marginalisation → Intégration MC

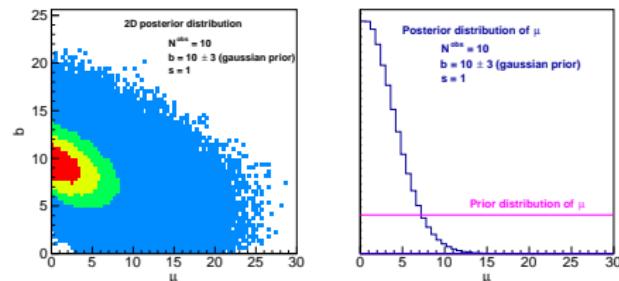


- Validation : comparaison avec
 - Solutions analytiques
 - Solutions asymptotiques
 - MCLIMIT



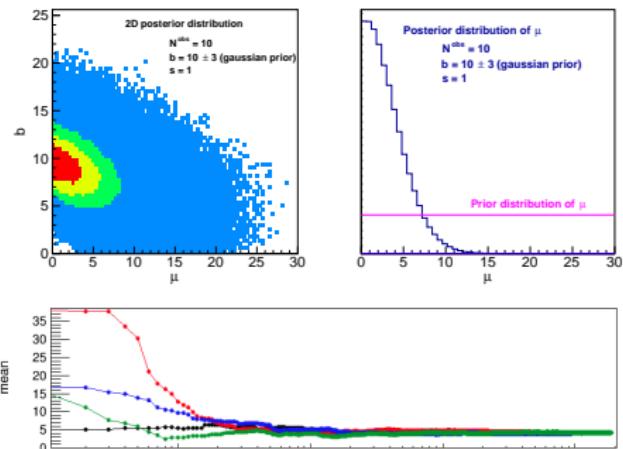
TiFOSI

- Modèle statistique → RooFIT
 - Exactement le même que dans OPTHyLiC
- Intégration *posterior* par chaîne de Markov → ROOSTATS
- Validation : comparaison avec
 - Solutions analytiques
 - OPTHyLiC



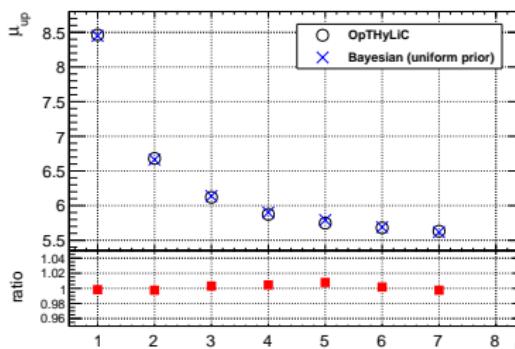
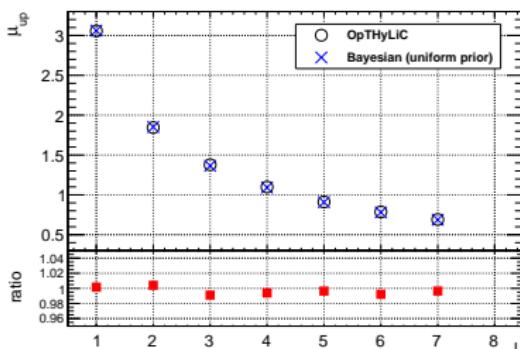
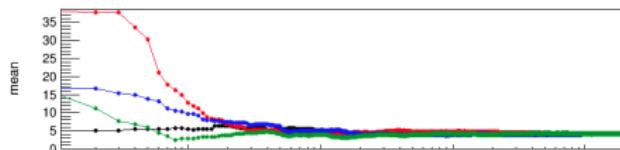
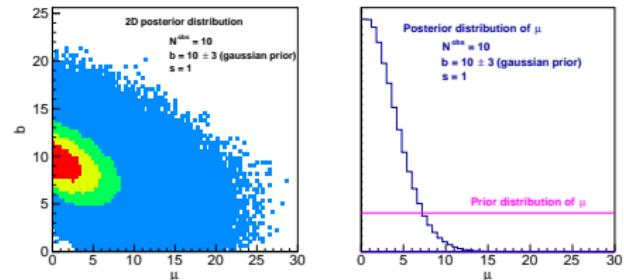
TiFOSI

- Modèle statistique → RooFIT
 - Exactement le même que dans OPTHyLiC
- Intégration *posterior* par chaîne de Markov → ROOSTATS
- Validation : comparaison avec
 - Solutions analytiques
 - OPTHyLiC



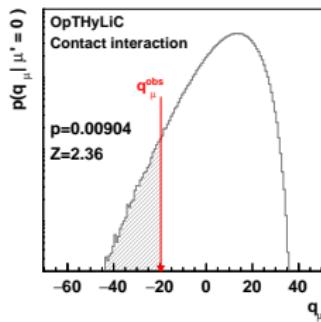
TiFOSI

- Modèle statistique → RooFIT
 - Exactement le même que dans OPTHyLiC
- Intégration *posterior* par chaîne de Markov → ROOSTATS
- Validation : comparaison avec
 - Solutions analytiques
 - OPTHyLiC



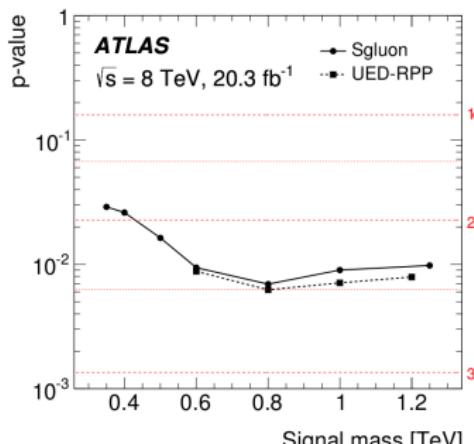
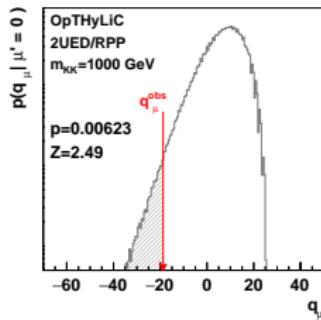
Significance de l'observation

- Approche par défaut : hybride
 - incertitudes systématiques : interpolation/extrapolation mclimit
 - incertitudes statistiques : *prior* gaussien



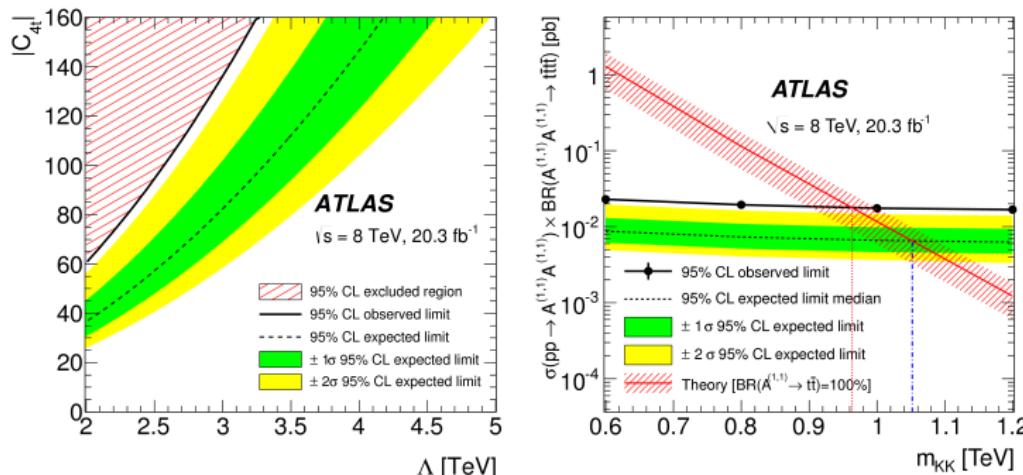
$$p = \sum_{-\infty}^{q_\mu^{\text{obs}}} P(q_\mu | \mu' = 0)$$

$$Z = \Phi^{-1}(1 - p)$$



Limites d'exclusion

- Résultats avec approche hybride par défaut :



- Modèle standard : $\sigma < 70$ (27) fb observed (expected)
- Interaction de contact : $\sigma < 61$ (22) fb observed (expected)

$$\Rightarrow \frac{C}{\Lambda^2} < 15,1 \text{ TeV}^{-2}$$

- 2UED/RPP : $m_{KK} > 0,96$ (1,05) TeV pour $\xi = 1$

Ré-interprétation 2UED/RPP

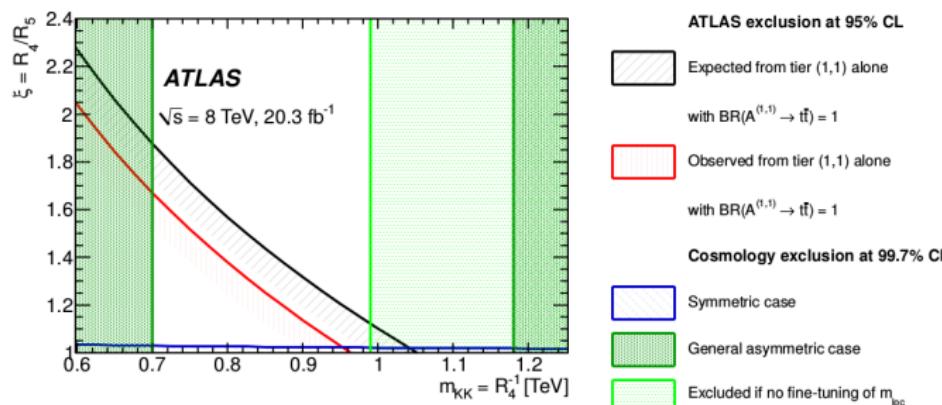
- Cas $\xi = 1$ exclu

→ Ré-interprétation résultat $\xi = 1$ aux cas $\xi \neq 1$

- Phénoménologie étage (1,1) ne dépend au 1^{er} ordre que de

$$\text{masse}_{(1,1)} \simeq \sqrt{\frac{1}{R_4^2} + \frac{1}{R_5^2}} = m_{KK} \sqrt{1 + \xi^2}$$

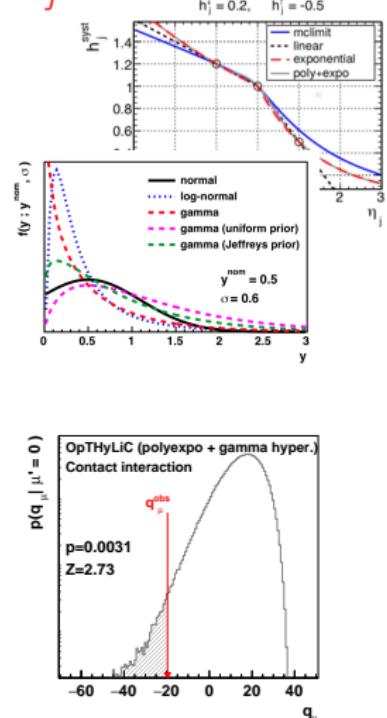
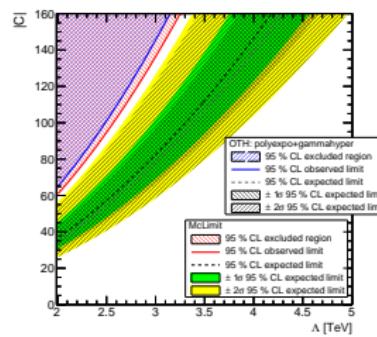
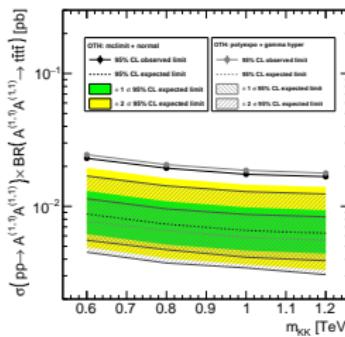
$$\xi = \frac{R_4}{R_5}, \quad m_{KK} = \frac{1}{R_4}$$



Interprétation hybride variée

$$P(\{N_c\}|\mu) = \int P(\{N_c\}|\mu, \{s'_c, b'_{ci}, \eta_j\}) \times \prod_c f(s'_c) \prod_i f(b'_{ci}) \prod_j g(\eta_j) ds'_c db'_{ci} d\eta_j$$

- Changement des distributions *a priori* :
 - Interp./extrap. incertitudes systématiques : mclimit → polynomiale + exponentielle
 - Incertitudes stat. : normal → gamma (prior hyperbolique)
- Effet similaire pour *prior* log-normal



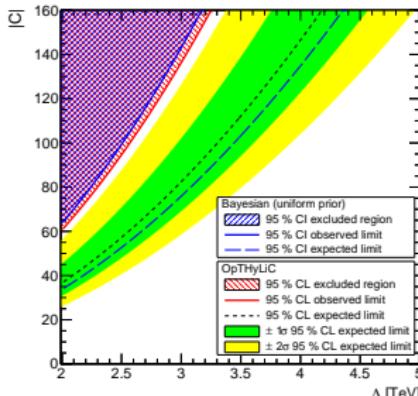
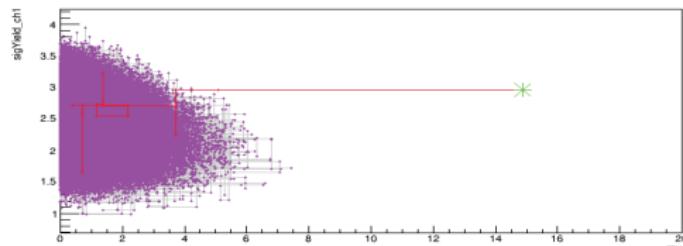
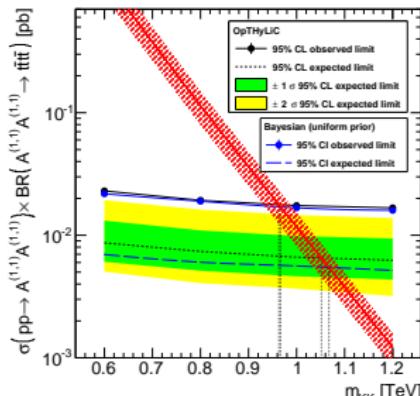
Interprétation bayésienne

$$f(\mu | \{N_c\}) \propto \int P(\{N_c\} | \mu, v) \underbrace{\pi_v(v) \pi_\mu(\mu)}_{\text{priors}} dv$$

□ Configuration

- Incertitudes stat. : prior normal
- Interpolation polynomiale + extrapolation exponentielle
- $\pi(\mu) = \text{constant}$

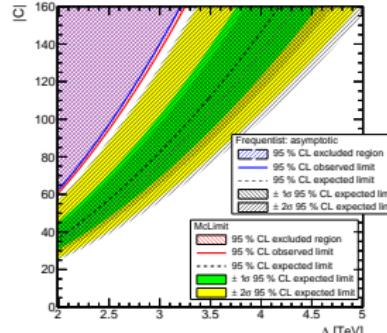
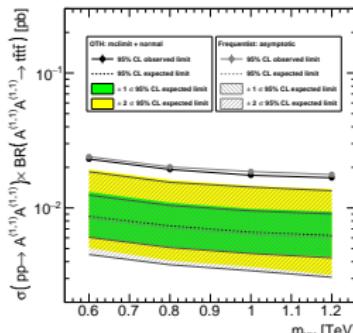
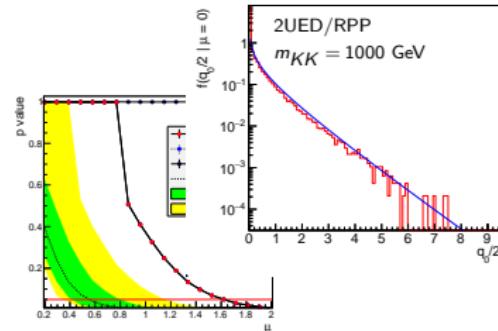
□ Limite attendue : dataset asimov



Interprétation fréquentiste

$$P(\{N_c\}, \{a_j\} | \mu, \nu) = \prod_c \frac{(\mu s_c(v_j) + b_c(v_j))^{N_c}}{N_c!} e^{-(\mu s_c(v_j) + b_c(v_j))} \prod_j P_j(a_j | v_j)$$

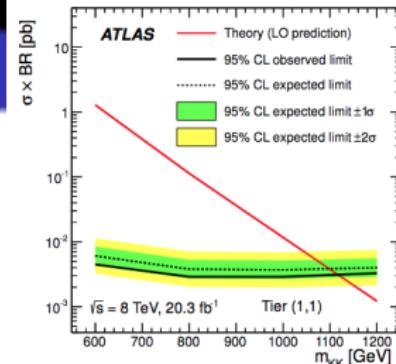
- Expériences auxiliaires :
 - systématiques : gaussiennes
 - statistiques : poissonniennes
→ version “lite”
- Limite asymptotique valide à quelques %
- Limites attendues à $N\sigma$: $\hat{\mu} = \mu' + N\sigma$



Autres analyses run 1

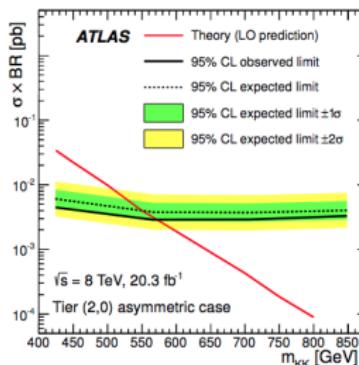
CMS (JHEP 11 (2014) 154)

- 1 lepton, ≥ 6 jets, ≥ 2 b-jets
- $H_T > 400$ GeV, $E_T^{\text{miss}} > 30$ GeV
- Interprétation fréquentiste, fit BDT



ATLAS (JHEP 08 (2015) 105)

- 1 lepton, ≥ 5 jets, ≥ 2 b-jets, $E_T^{\text{miss}} \geq 20$ GeV
- 8 régions de signal
- Interprétation fréquentiste, fit H_T



	ATLAS multilepton	ATLAS lepton+jets	CMS lepton+jets
Modèle standard	70 fb (27 fb)	23 fb (32 fb)	32 fb (32 fb)
Interaction contact	61 fb (22 fb)	12 fb (16 fb)	
2UED/RPP	$m_{KK} > 0.96$ TeV (1.05 TeV)	$m_{KK} > 1.12$ TeV (1.10 TeV)	

Bilan

- Travaux et encadrement :
 - Calibration des jets
 - Événements avec 4 quarks top
 - Test modèle standard à grand H_T , grand nombre de jets, grand nombre de quarks b , grande E_T^{miss}
 - Interprétation statistique

Bilan

Travaux et encadrement :

- Calibration des jets
- Événements avec 4 quarks top
- Test modèle standard à grand H_T , grand nombre de jets, grand nombre de quarks b , grande E_T^{miss}
- Interprétation statistique

Perspectives :

- pour analyse 4 tops : poursuite et extension des recherches au run 2
- personnelles : physique des particules ... à basse énergie et appliquée à l'imagerie médicale