



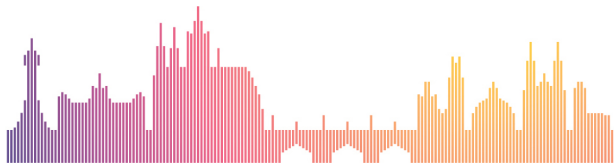
Search For New Physics Using Final States With Photons In CMS

ICHEP 2020

Justin Williams on behalf of the CMS and TOTEM Collaborations

July 28, 2020

justinwilliams@ku.edu

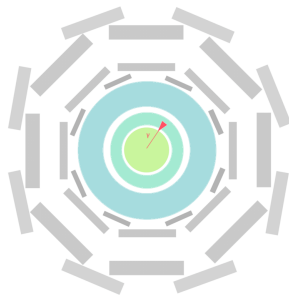


Introduction

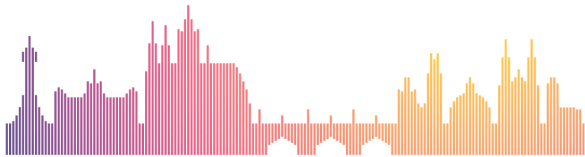
The study of final states with photons has been instrumental in the search of BSM signatures – also thanks to the precision of the CMS detector in measuring photons.

- See [CMS photon performance talk](#)
- See [CMS ECAL performance talk](#)

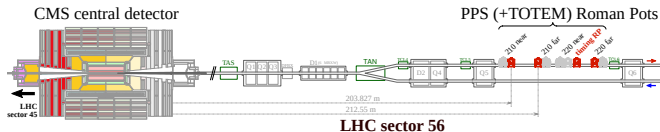
Analysis	Integrated Luminosity	Code	Status
Diphotons with CT-PPS	9.4 fb ⁻¹ (2016)	EXO-18-014	NEW
Dark photons in VBF Higgs	137 fb ⁻¹ (2016-2018)	EXO-20-005	NEW
LLP decaying to photons	70.1 fb ⁻¹ (2016-2017)	PRD 100, 112003	NEW



Analysis #1: Exclusive diphotons with intact protons



Search for Exclusive Diphotons with Intact Protons

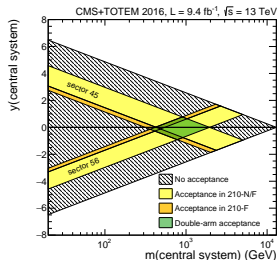
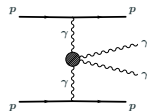


Proton tagging provides the **strongest sensitivity** to study anomalous quartic gauge couplings (AQGCs)

- Using the CMS and TOTEM Precision Proton Spectrometer (CT-PPS, now PPS), we can measure all final state particles in the light-by-light (LbL) scattering process
- Conservation of momentum allows for kinematical matching of the forward and central systems, providing a very strong background suppression
- Measure fractional momentum loss ξ , which can be translated into mass and rapidity

$$\xi = \sqrt{1 - 2z}; \quad z = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1 + \xi}{1 - \xi} \right)$$

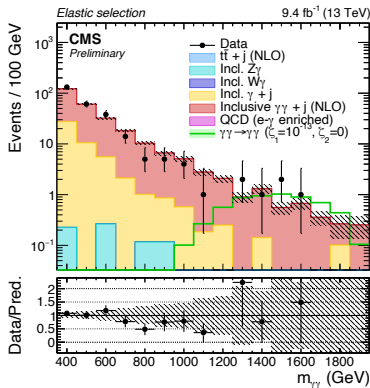
- See [CMS PPS Talk](#) for more



Search for Exclusive Diphotons with Intact Protons

Search for BSM contributions to the $Lb\bar{L}\gamma$ cross-section

- Using 9.4 fb^{-1} of data from 2016
- $m_{\gamma\gamma} > 350 \text{ GeV}$, $p_T > 75 \text{ GeV}$,
 $1 - j_{\text{fwd}} < 0.005$
- Require both protons to be detected in CT-PPS
- No candidate with forward protons found with an expected background prediction of $0.23^{+0.08}_{-0.04}$ events.



Search for Exclusive Diphotons with Intact Protons

An upper limit is set on the exclusive diphoton process of 3.0 fb within CT-PPS fully efficient acceptance range in mass and rapidity, leading to the **first ever collider limits** on the four-photon AQGC.

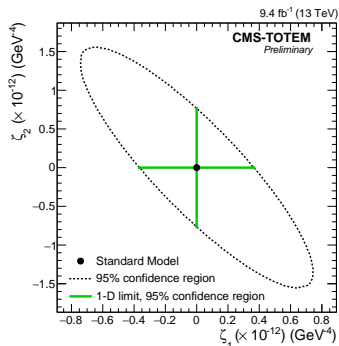
Limits are extracted in the context of an EFT extension with dimension-8 operators

$$\mathcal{L}_4 = 10 \text{ } \circ \text{ } \circ \text{ } \circ \text{ } \circ + 20 \text{ } \circ \text{ } \circ \text{ } \circ \text{ } \circ$$

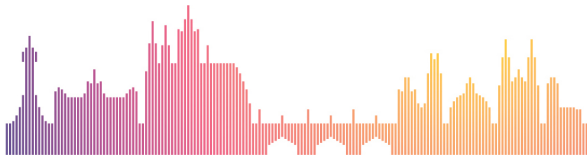
where the following limits are set on the coupling parameters

$$| \zeta_1 | < 3.7 \times 10^{13} \text{K}^4 \quad (\zeta_2 = 0)$$

$$| \zeta_2 | < 7.7 \times 10^{13} \text{K}^4 \quad (\zeta_1 = 0)$$



Analysis #2: VBF Higgs decaying to a dark photon



ó " W | % ð Ñ D | , \$ b p ö Ö Ö Œ 6 " % W æ ö 3 Ö š D W 6 V

ó " W | % ð Ñ D | W p ö Ö Ö Œ • D Œ D 3 q | D • " % " • • æ
Ù " % š D | • D Œ D 3 Ñ - Œ ö D 3 ĩ , \$ b ñ • " % W æ ö 3 Ö š D W
q ë D š D 3 W 3 • W 3 - 3 • " š " % š " • q W | š ö % " Ö

â ý ë " • | W 3 % ð ö 3 Ö Ñ | W % š ö D 3 Ñ D | š ë " q | D % " Œ Œ
Œ ë D Ý 3 ö 3 š ë " • ö W Ö | W - % W 3 • " W Œ ë ö Ö ë
W Œ % Ñ

â Œ ö 3 Ö š ë " Ñ - é - 3 y y • W š W Œ " š Ø y • q Ò •

â ý ë " p ö Ö Ö Œ ö Œ W % % D - q W 3 ö " • • æ š Ý D " š Œ
Ý ö š ë W W | Ö " Ö W q ö 3 q Œ " • D | W q ö • ö š æ x
W D Ý ö 3 Ö Ñ D | • ö Œ % | ö - ö 3 W š ö D 3 W Ö W ö 3 Œ š ó j
• W % Ö | D - 3 • Œ

â 6 ö ý " | " 3 š Œ " " % š ö D 3 % - š Œ • W Œ " • D 3 æ " W |
W 3 • š | ö Ö Ö " |

â 6 W š W W | " Ý " • " Œ % | ö " • • æ • W % Ö | D - 3 •
" Œ š ö - W š "

Ÿ â ë æ Œ Ö é " Ù Ö 6 ™ q x q % % q • } ĩ } q y ... ñ
. | ó ý E 7 ¶ ý â ó ý } q ý q q %

ó " W | % ë Ñ D | , \$ b p ö Ö Ö Œ 6 " % W æ ö 3 Ö š D W 6 V

â • q y " ù " 3 š Œ D • Œ " | ù " • ý ö š ë W • W % Ö | D - 3 y q | " Ö ö % š ö D 3 D Ñ

â ý ë " q | D • " % š # D Ñ 3 B i p ö 3 ù ö Œ ö ñ ö Œ " â % " • " • " š ý " " 3 } Ò • y %
Ñ D | - Ñ | D - y } % e " , y q q q e " , Ö

â b D | - D | " , i ó | " Œ " š Œ Œ " % p ö Ö Ö Œ • W % W W Œ Œ W | Œ W š y , p E â } e

3 W æ œ ö œ å • Ø ó " W | % ö Ñ D | • • â œ • W æ ö 3 Ö š D q ë

ó " W | % ö ñ D | • • â œ • " % W æ ö 3 Ö š D q ë D š D 3 œ

j W 3 æ \$ ó j š ë " D | ö " œ q | " • ö % š 3 " š | W q W | š ö % " œ Ý ö š ë D 3 Ö ö
ó ó 8 • " 3 % ë - W | œ % " 3 W | ö D D Ñ W 3 " š | W ö 3 D • " % W æ ö 3 Ö š D W
q ë D š D 3 Ö b D | - D | " D, 3 ó • â œ š W

â œ ö 3 Ö ' ' Ö D. Ñ • W š W Ñ | D - } q y • ý } q y '

â ý ë " q ë D š D 3 œ " " % š ö D 3 | " q x ë ö | x œ q Ö ë š
q ë D š D 3 y 6

â \$ " % W " œ " D Ñ š ë " ö | • ö œ q W % " • Û " | š ö % " œ W 3 • | " œ " š ö 3 Ö
š | W " % š D | ö " œ x œ ö Ö 3 W q ë D š D 3 œ ë W Û " • " W æ " • W | | ö Û W
š ö - " œ W 3 • 3 D 3 ý 3 D | - W ö - q W % š W 3 Ö " œ ö 3 š ë " , j ó
E , •

â ó q " % ö W q ë D š D 3 ö œ D W š ö D 3 % | ö š " | ö W W | " • " Û " D q " • Ñ D |
š ë ö œ W 3 W æ œ ö œ Ö

â ë æ œ Ö é " Û Ö 6 y q q x y y } q q • ï } q y ™ ñ

ó " W | % ö Ñ D | • • â Œ • " % W æ ö 3 Ö š D q ë D š D 3 Œ

6 " • ö % W š " • , | ó E , • Œ š " • æ š D
• " š " | - ö 3 " š ö - ö 3 Ö | " Œ D " š ö D 3

â ó ö Ö 3 W q ë D š D 3 Œ š " 3 • š D W | | ö Ù " ö 3 š ë "
E , • " q š D y q 3 Œ W š " | š ë W 3 q ë D š D 3 Œ
q | D • " % " • W š š ë " q | ö - W | æ Ù " | š " â Ö

â Œ ö 3 Ö " D " " Ù " 3 š Œ x š ë " š ö - "
| " Œ D " š ö D 3 • " š Ý " " 3 3 " ö Ö ë • D | ö 3 Ö E , •
% | æ Œ š W Œ W Œ W Ñ " 3 % š ö D 3 D Ñ W - q ö š " • " ö Œ
" 3 • " | Œ š D D •

â () W 3 • _{2z} % D | | " Œ q D 3 • š D š ë "
š ö - " | " Œ D " š ö D 3 W 3 • " ý " % š ö Ù "
W - q ö š " • " x | " Œ q " % š ö Ù " æ

â ë æ Œ Ö é " Ù Ö 6 y q q x y y } q q • ï } q y ™ ñ

ó " W | % ò ë Ñ D | • • â Œ • " % W æ ö 3 Ö š D q ë D š D 3 Œ

â ó ö Ö 3 W " â š | W % š ö D 3 q " | Ñ D | - " • - Œ ö 3 Ö
\$, 6 - " š ë D • Ý ë " | " • ö 3 , ö Œ š ë "
Œ ö Ö 3 W " 3 | ö % ë " • | " Ö ö D 3

â • ö - ö š Œ W | " Ö ö Ù " 3 W Œ W Ñ - 3 % š ö D 3 D Ñ
3 " - š | W ö 3 D q | D q " | • " % W æ " 3 Ö š ë
ï % ñ W 3 • - W Œ Œ ï j

â • ö - ö š Œ W | " ö 3 % | " W Œ " • D 3 š ë " • " % W æ
" 3 Ö š ë • æ | W 3 | D Ñ - W Ö 3 W 3 • • "
ö 3 % | " W Œ " • D 3 š ë " - W Œ Œ • æ y q q e " ,
Ý ö š ë | " Œ q " % š š D é - 3 y | " Œ - š Œ Ñ | D -
, j ó W 3 • ÿ • ó

â ë D š D 3 OE W | " Ö D D • % W 3 • ö • W š " OE š D OE " W | % ë " OE Ñ
OE " 3 š ë | " 3 " Ý , | ó | " OE - š OE - š ö ö ò ö 3 Ö q ë D š D 3 OE Ö

â ó " W | % ë Ñ D | ë ö Ö ë ý - W OE OE " à % - OE ö Ù " • ö q ë D š D 3
q | D š D 3 OE | OE š OE ö D Ñ Ñ D - | ý q ë D š D 3 W 3 D - W D - OE %

â ó " W | % ë Ñ D | , \$ b p ö Ö Ö OE • " % W æ ö 3 Ö š D W • W | q
" 3 ë W 3 % " • D 3 ö š OE % | D OE OE ý OE " % š j ö D y 3 % q š Ÿ • Ñ D |
y } % € " ; | < y q q q e " ,

â ó " W | % ë Ñ D | D 3 Ö ö Ù " • q W | š ö % " OE • " % W æ ö 3 Ö
ö - ö š OE D 3 š ë " 3 " š | W ö 3 D q | D q " | • D % W æ Ñ " 3 Ö š
- W Ö 3 ö š " • "

6 D 3 "

