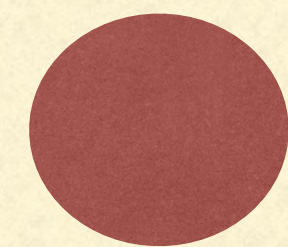

ANALYSE DES DONNÉES DU PROTO 0

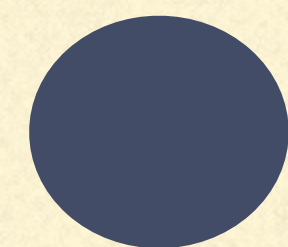
- Généralités
- Test de la reconstruction du signal
- Mesure de Cross Talk
- Conclusion et perspectives

06/07/2020

RÉUNION ANALYSE DARKSIDE CPPM



Questions générales



Présentation des résultats

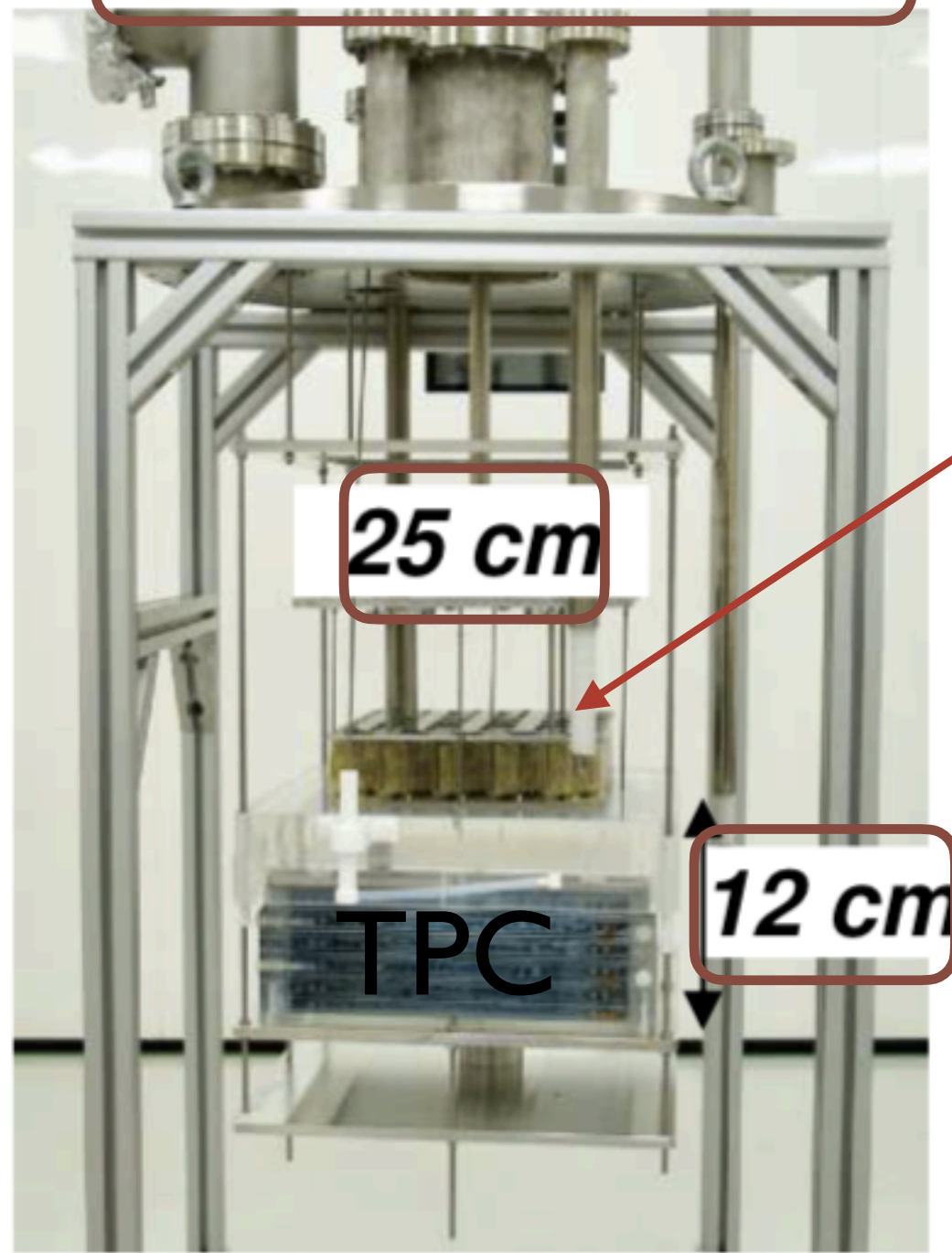
PROTO 0, SET UP

Run : Données prises en novembre 2019 (du 3 au 19)

Premier test sur les prototypes de DarkSide 20k (proto 1 à venir)

proto-0 – 2019/20

(20 kg LAr, 0.6k SiPM)

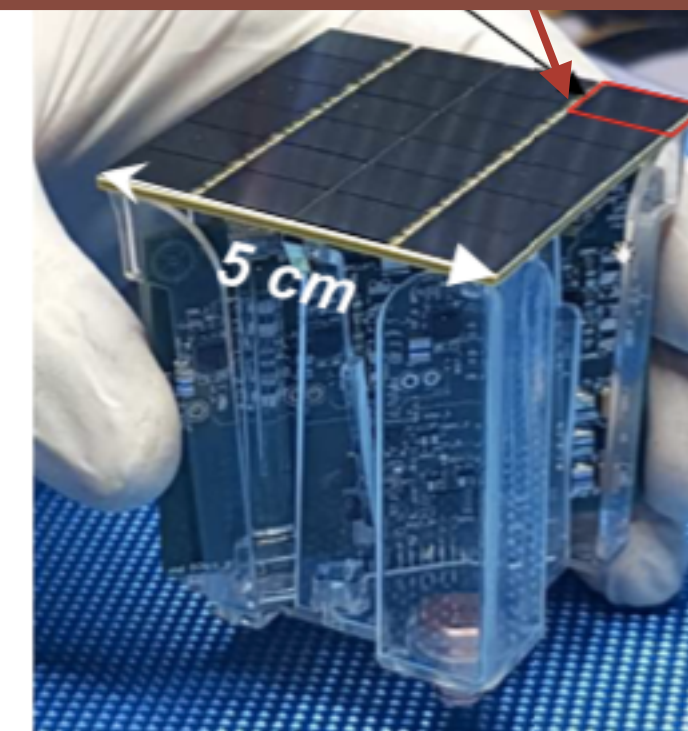


Une carte mère
= 25 (5x5) PDM

PDM = 1 500 k SPAD
1 SiPM = 60k SPAD
1 SPAD = $(20 \times 20) \mu m^2$

PDM 1 31 126 57 0 0	PDM 2 32 132 44 0 2	PDM 3 39 136 42 0 4	PDM 4 64 142 52 0 6	PDM 5 55 149 53 0 8
PDM 6 30 127 33 0 10	PDM 7 59 133 41 0 12	PDM 8 57 138 37 1 0	PDM 9 37 144 31 1 2	PDM 10 29 150 43 1 4
PDM 11 38 129 46 1 6	PDM 12 36 134 48 1 8	PDM 13 58 139 60 1 10	PDM 14 62 145 59 2 0	PDM 15 60 151 50 2 2
PDM 16 41 130 47 2 4	PDM 17 61 135 32 2 6	PDM 18 66 140 40 2 8	PDM 19 63 146 56 2 10	PDM 20 52 152 35 3 0
PDM 21 34 131 38 3 2	PDM 22 53 137 58 3 4	PDM 23 54 141 34 3 6	PDM 24 65 148 51 3 8	PDM 25 42 153 45 3 10

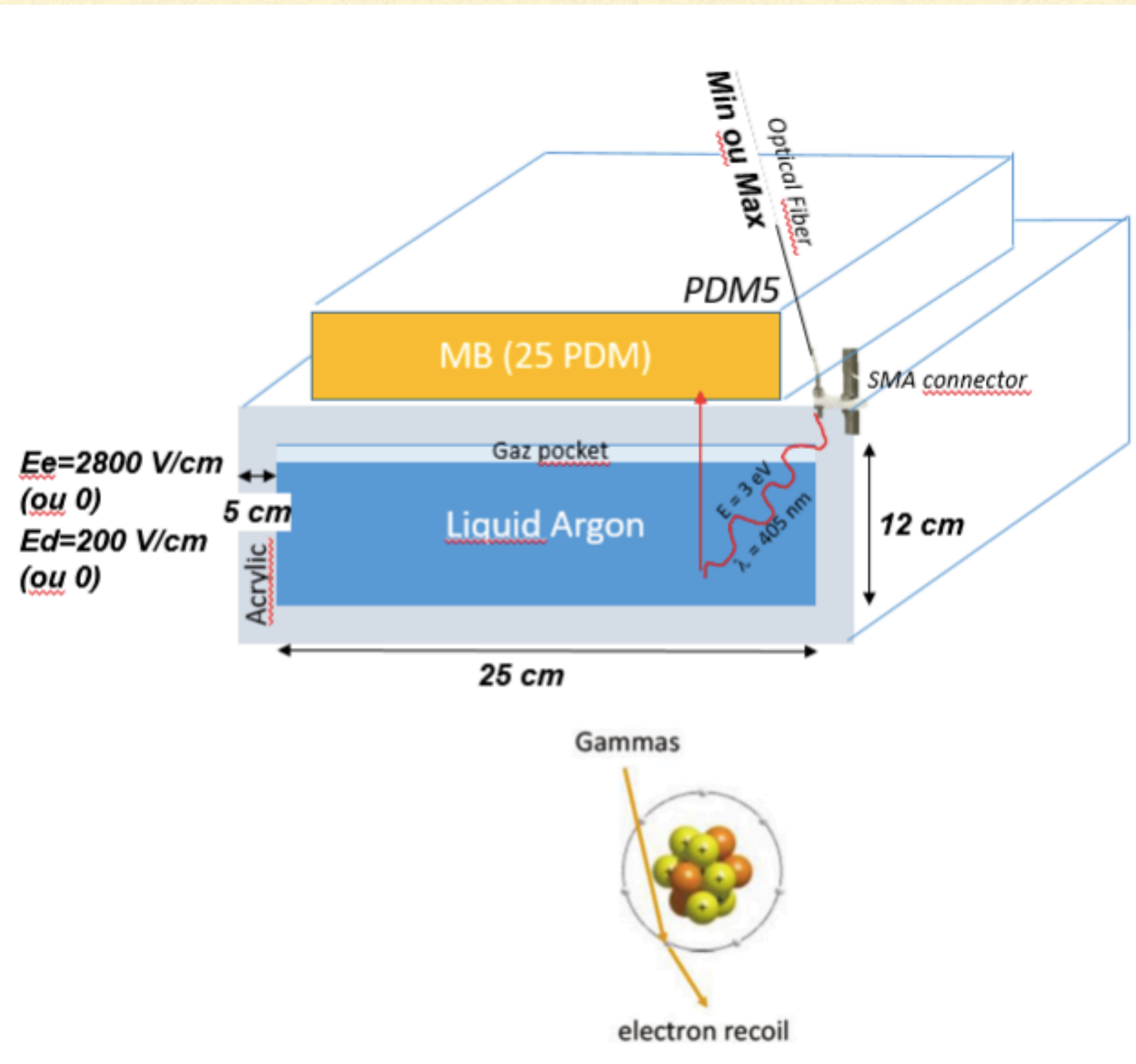
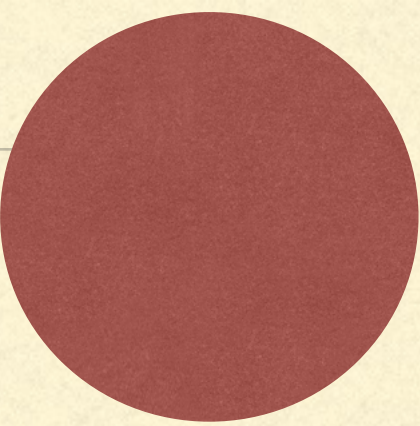
1 Photo Detection Module (PDM)
= 24 SiPM



Developed by FBK (Fondazione Bruno Kessler company) in Trento and then produced by LFoundry

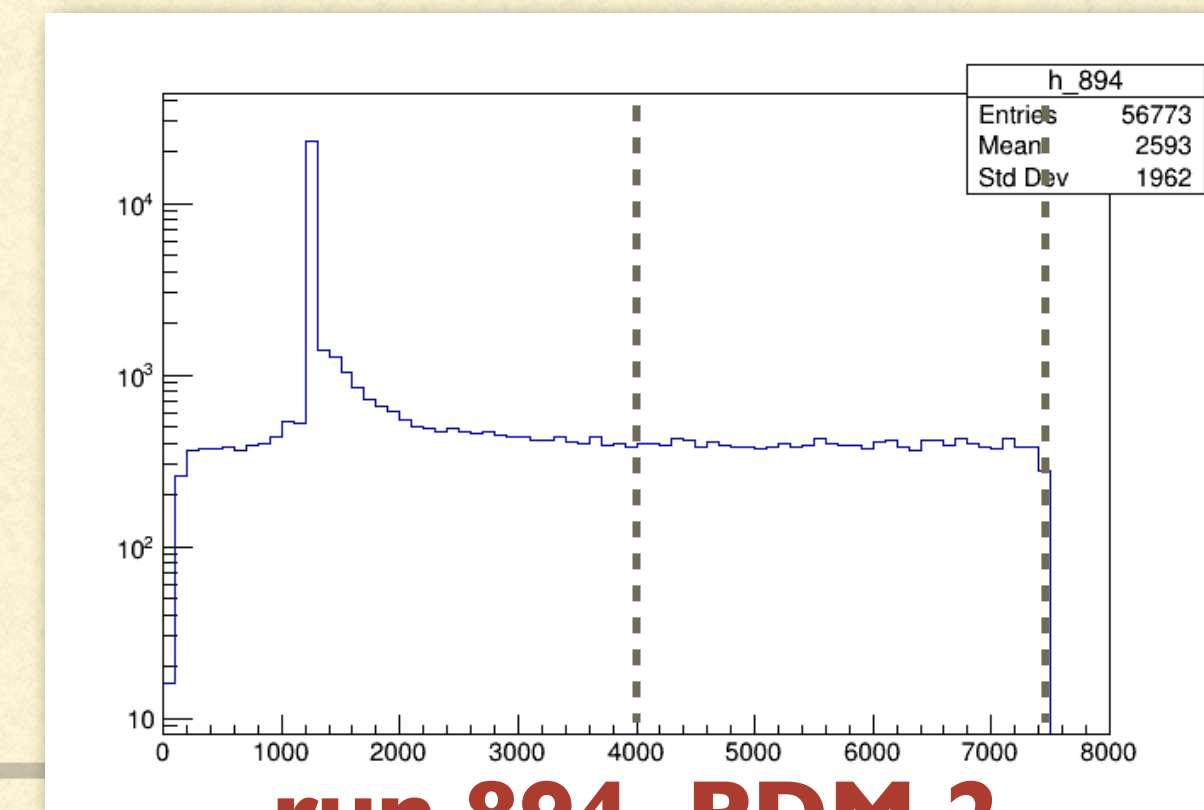
Vbias 65 ou 67V

PHYSIQUE DU RUN LASER



Réponse TPC au LASER ($E=3 \text{ eV}$) :

- $N \times 3 \text{ eV} = \text{qq keV}$ du LASER ?
- Laser : recul electronique \Rightarrow S1 lent + S2 grand ?
- On observe 1 pe dans 1240-1250 \Rightarrow puissance Laser réglée pour cela ?
- S2 :
 - Si $E_e = 2800 \text{ V/cm}$ et $E_d = 200 \text{ V/cm}$:
 $V_{\text{drift}} = 10^5 \text{ cm/s}$ (DS 50) ou bcp moins ? Si oui, $\Delta t(S2-S1) = 10-120 \mu\text{s}$ \Rightarrow On devrait voir S2 ds runs de grande fenetre
 - Si $E_e=0, E_d=0$:
 Recombinaison $e^- + Ar = S1$ plus grand et pas de S2



run 894, PDM 2

RECONSTRUCTION DU SIGNAL

1. Réduction du bruit (± 5 coups ADC \rightarrow réduit à ≈ 0 coup ADC) avec filtrage optimal sur 140 échantillons ●
2. Algorithme de prominance (utilise scipy = librairie python pour détecter les pics) ●
3. Calibration : coups ADC \leftrightarrow NPE (1 pe = 80 (??) coups ADC)
4. Sort 6 variables principales (dont 3 utiles) :

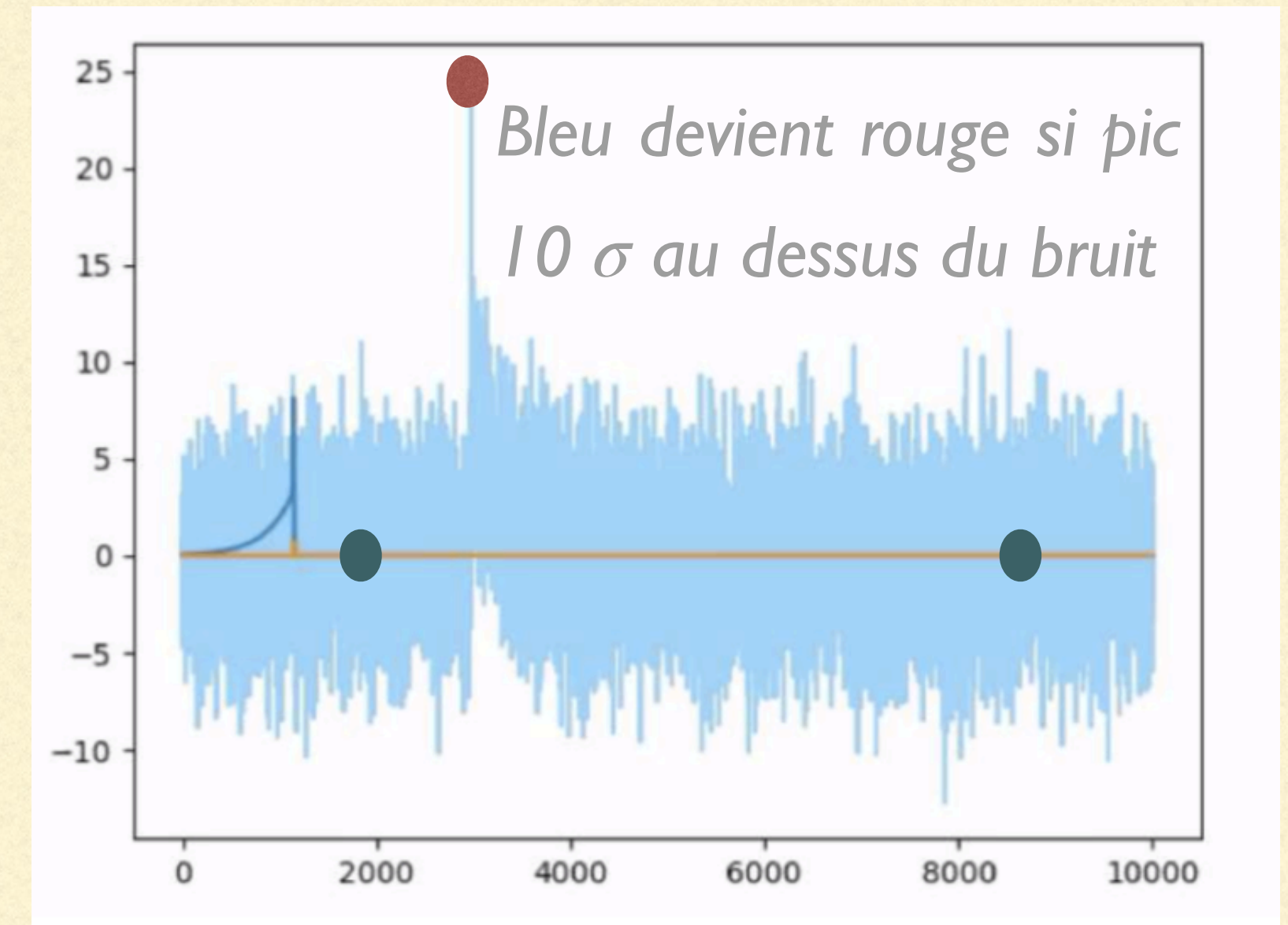
- pk_t

- pk_npe & pk_p (coups ADC)

- pk_pdm (numéroté de 1 à 25)

- pk_ch \rightarrow inutile in fine

- ch_npeaks \rightarrow ???



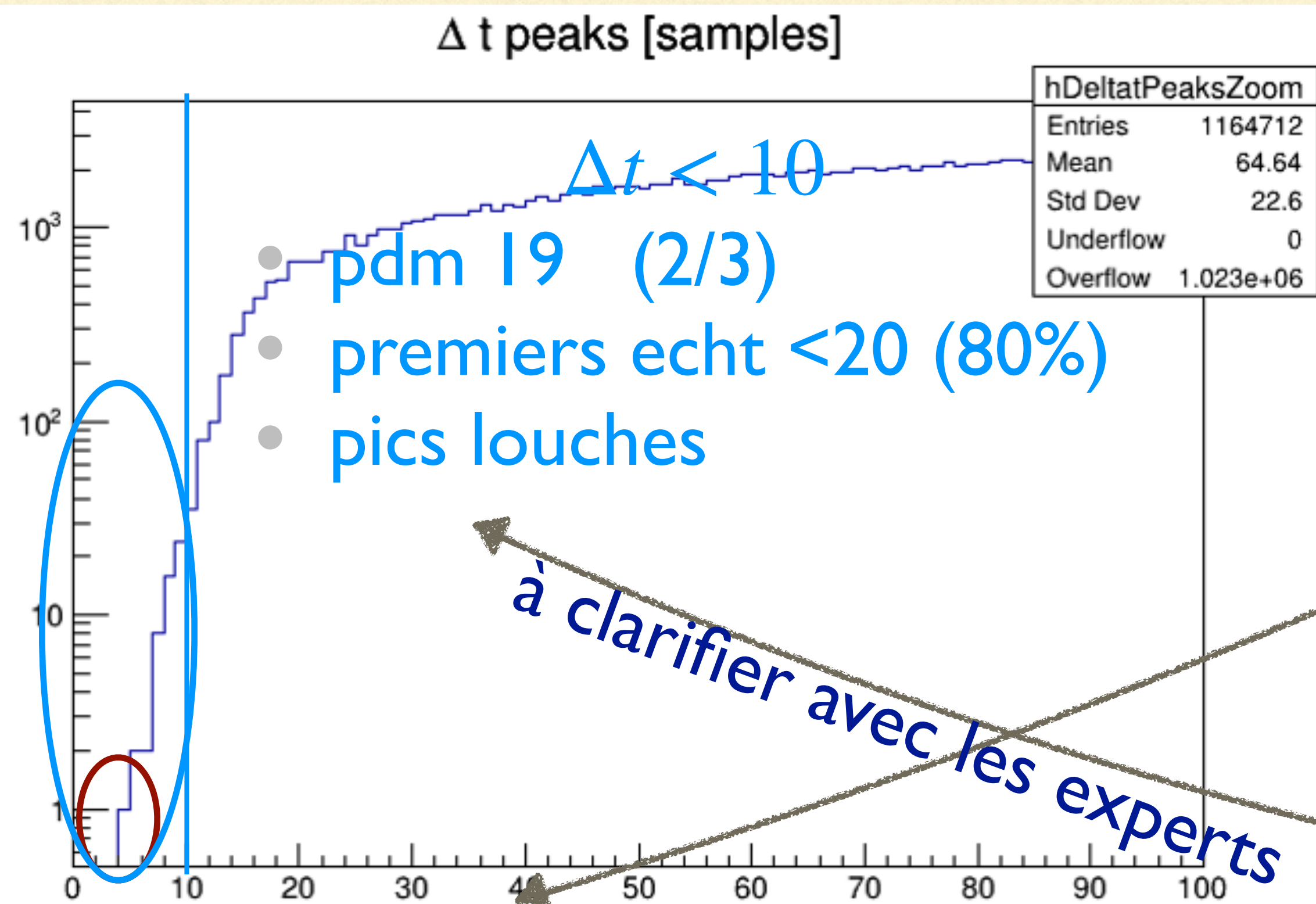
Algorithme de prominance :

- pic si 10σ au dessus du bruit
- distance entre 2 pics > 10 échantillons
- largeur du pic > 4 échantillons

Maintenant: Utiliser les données pour vérifier la reconstruction du signal (RUNs Laser)

TEST DE L'ALGORITHME DE PROMINENCE

run 889



pics si $\Delta t > 4eht$

Algorithme de *prominence* :

- *pic si 10σ au dessus du bruit*
- *distance entre 2 pics > 10 échantillons*
- *largeur du pic > 4 échantillons*

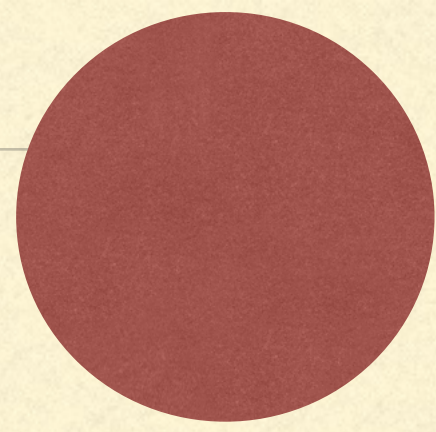
?

```
root [3] dstree->Scan("ev:trigtime:pk_ch:pk_pdm:pk_p:pk_npe:pk_t", "ev==36712 && pk_pdm==5")
*****
* Row * Instance *   ev * trigtime *  pk_ch *  pk_pdm *  pk_p *  pk_npe *  pk_t *
*****
* 36712 *    7 * 36712 * 1252 *    8 *    5 * 10.415046 * -0.061703 * 1249 *
* 36712 *    8 * 36712 * 1252 *    8 *    5 * 1742.0012 * 19.633316 * 1257 *
```

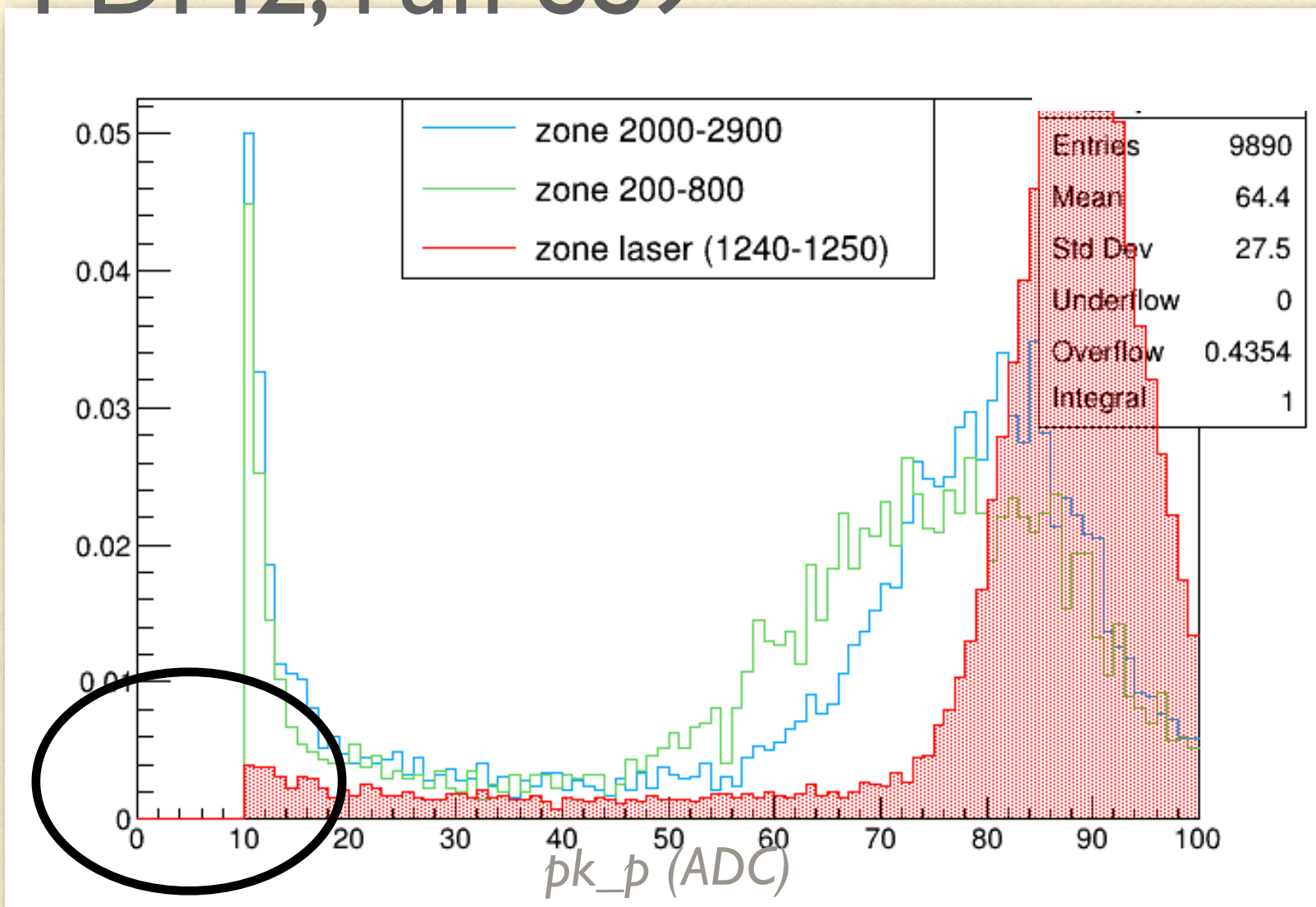
2pics proches particulièrement louches

CALIBRATION

PDM 1	PDM 2	PDM 3	PDM 4	PDM 5
126	132	136	142	149
0	0	0	0	0
PDM 6	PDM 7	PDM 8	PDM 9	PDM 10
127	133	138	144	150
0	0	1	1	1
PDM 11	PDM 12	PDM 13	PDM 14	PDM 15
129	134	139	145	151
1	1	1	2	2
PDM 16	PDM 17	PDM 18	PDM 19	PDM 20
130	135	140	146	152
2	2	2	2	3
PDM 21	PDM 22	PDM 23	PDM 24	PDM 25
131	137	141	148	153
3	3	3	3	3

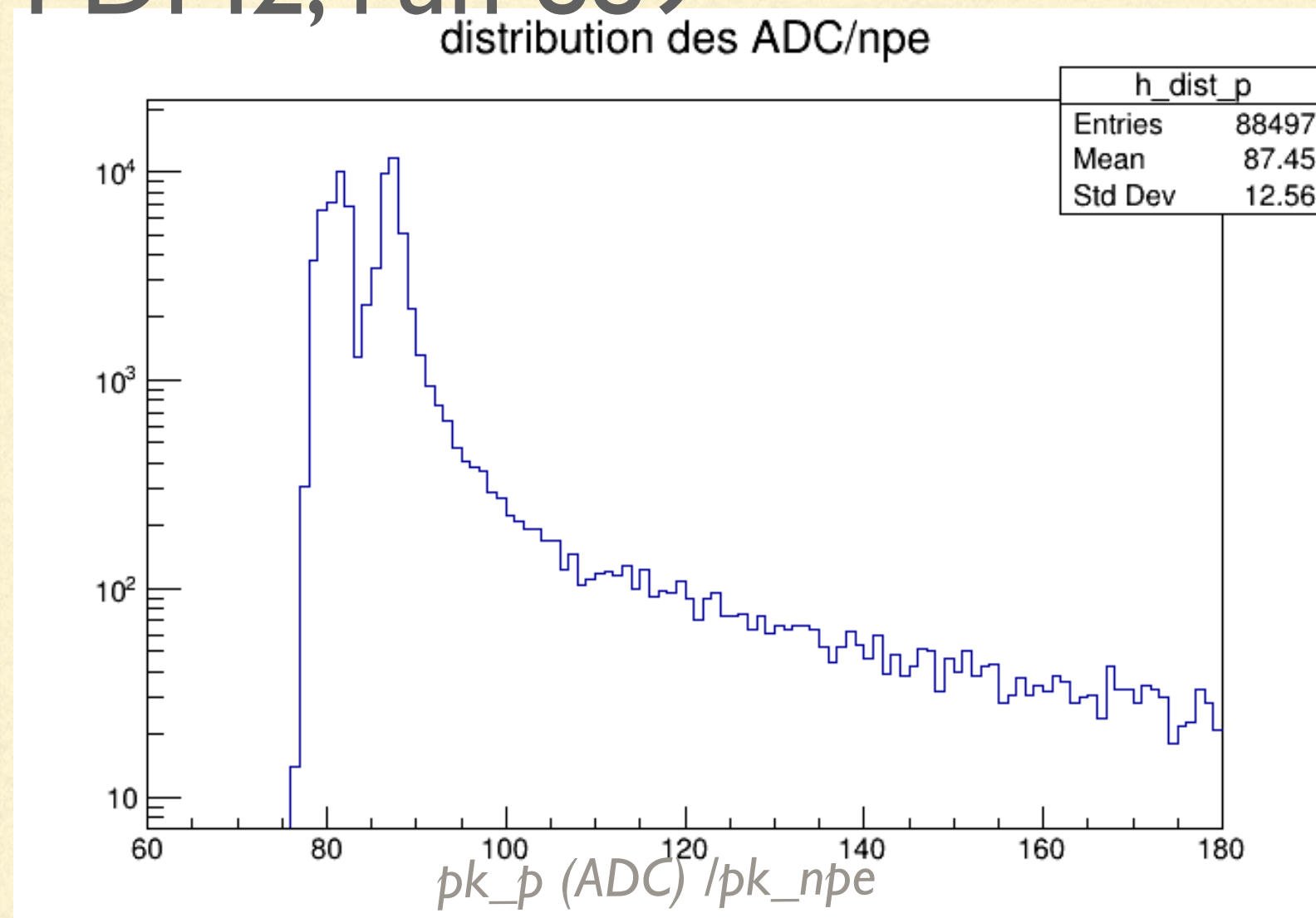


PDM2, run 889

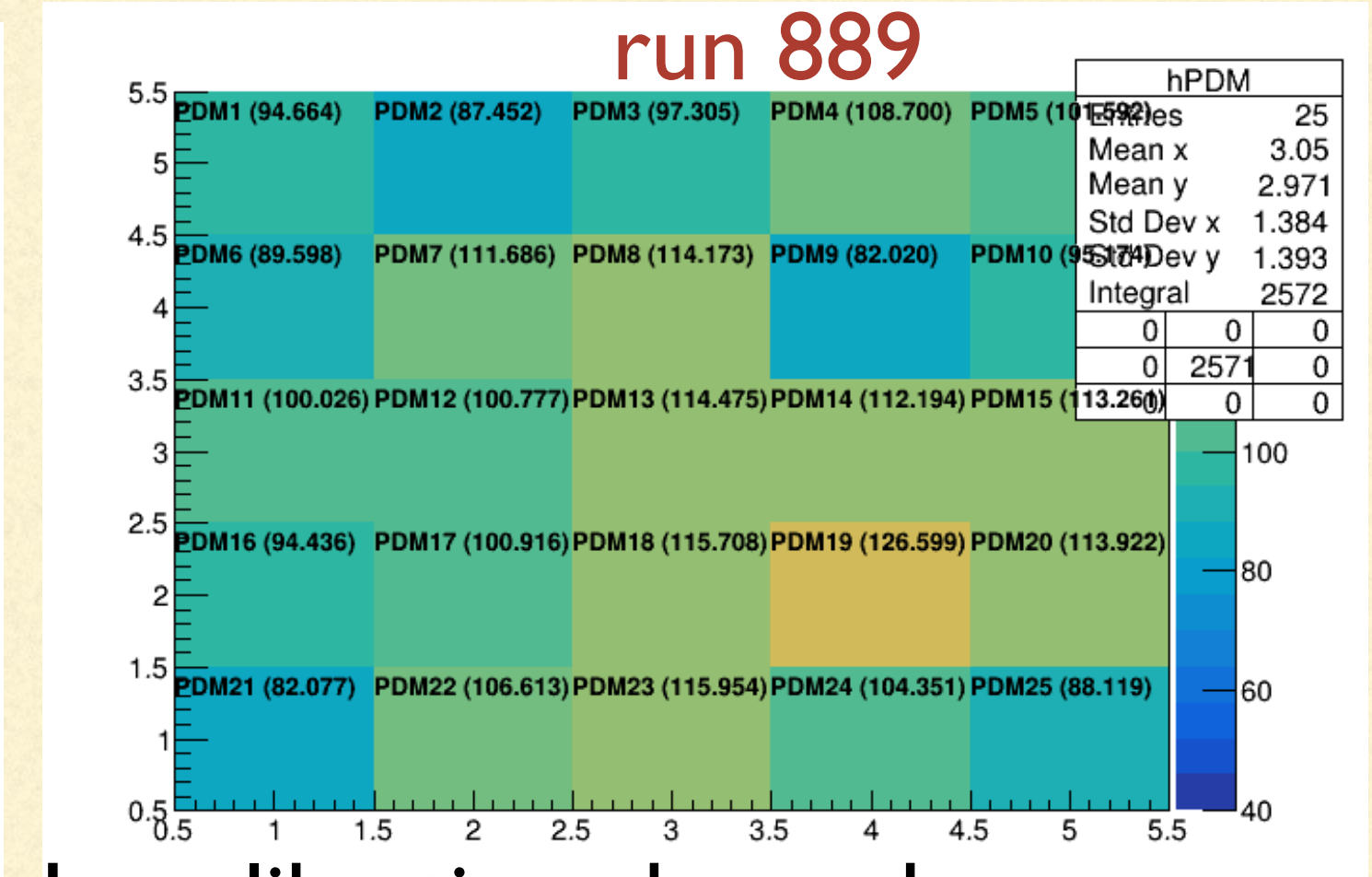


Coupure (10 ADC = 10σ ?) en pk_p mais pas en pk_{npe} -> pourquoi ?

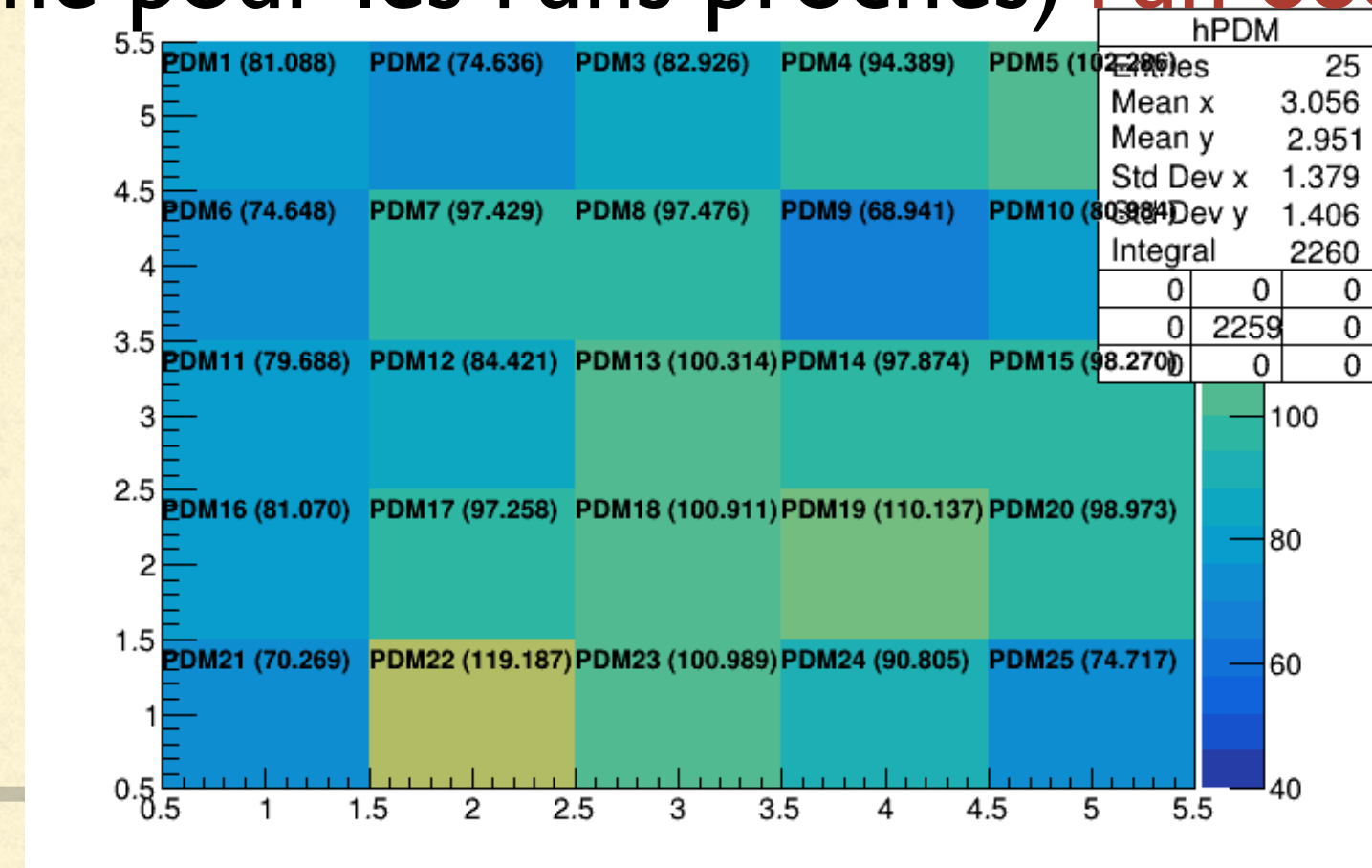
PDM2, run 889



$pk_p / pk_{npe} \neq cste$ pour un même PDM

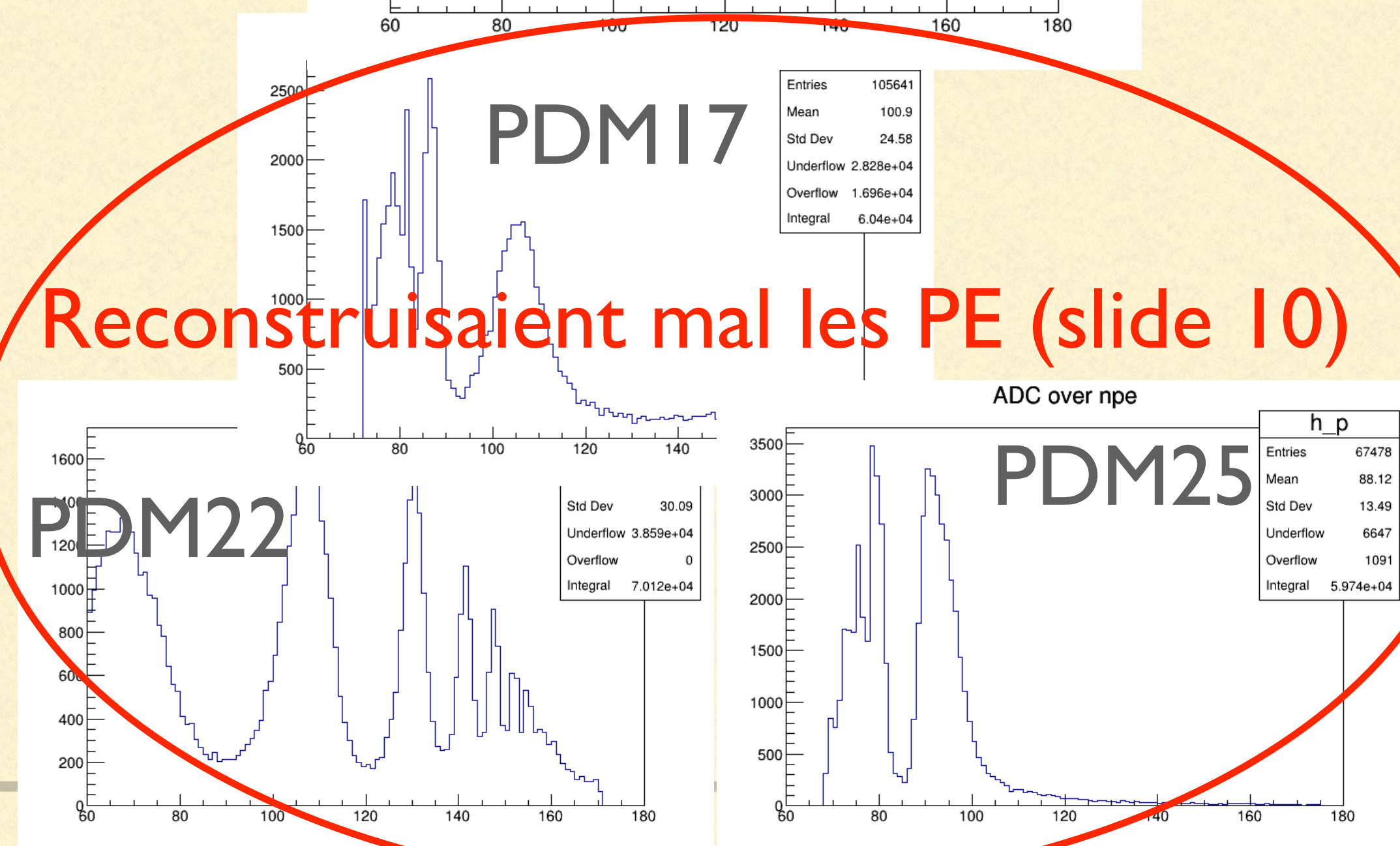
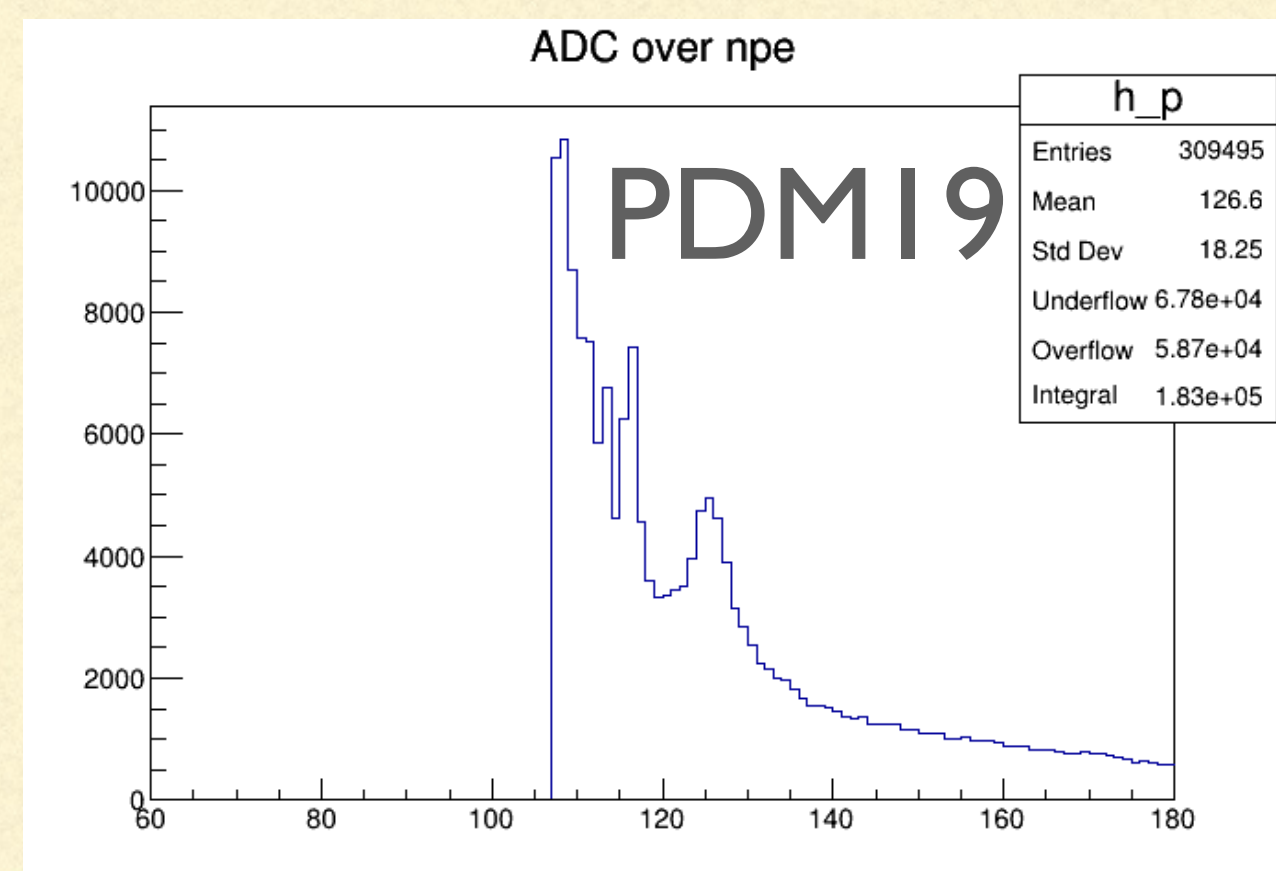
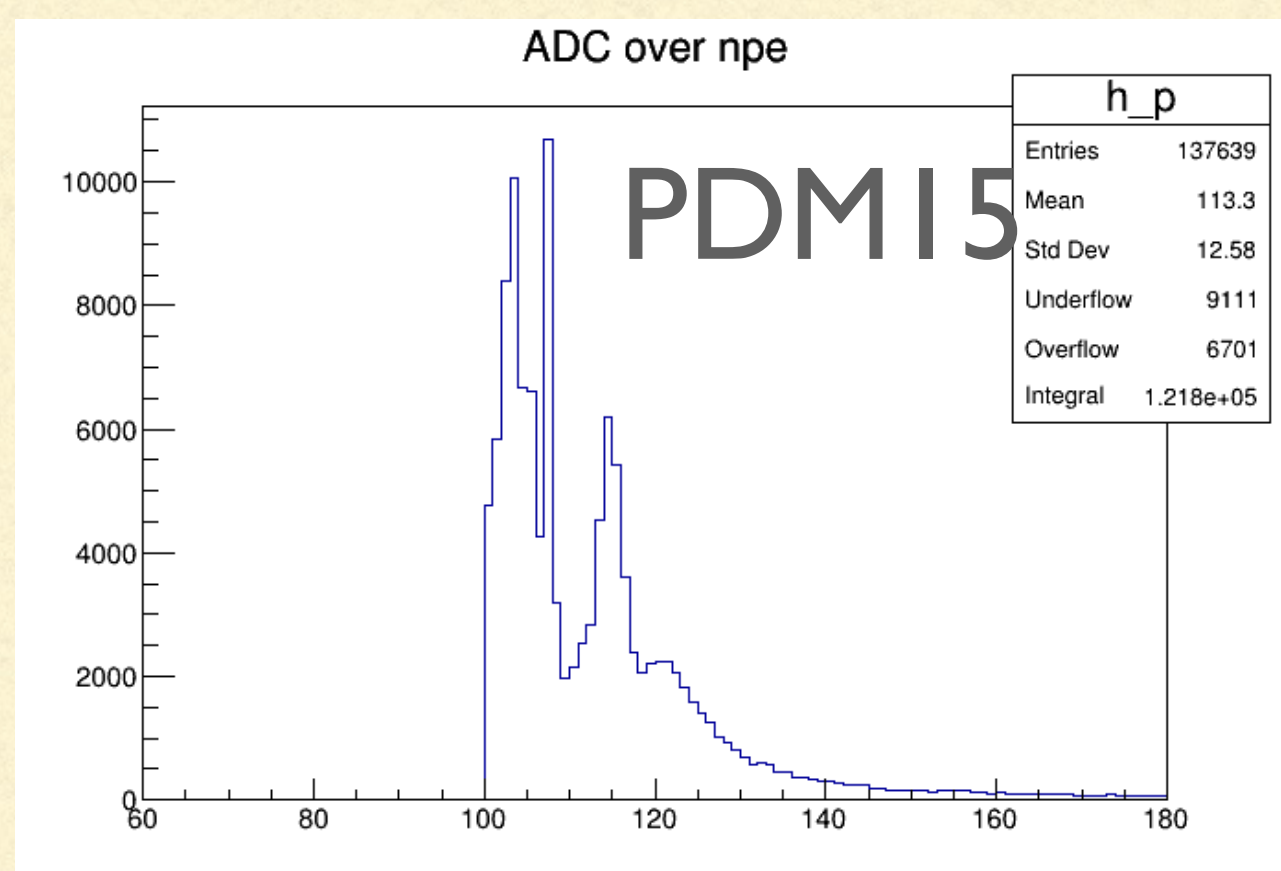
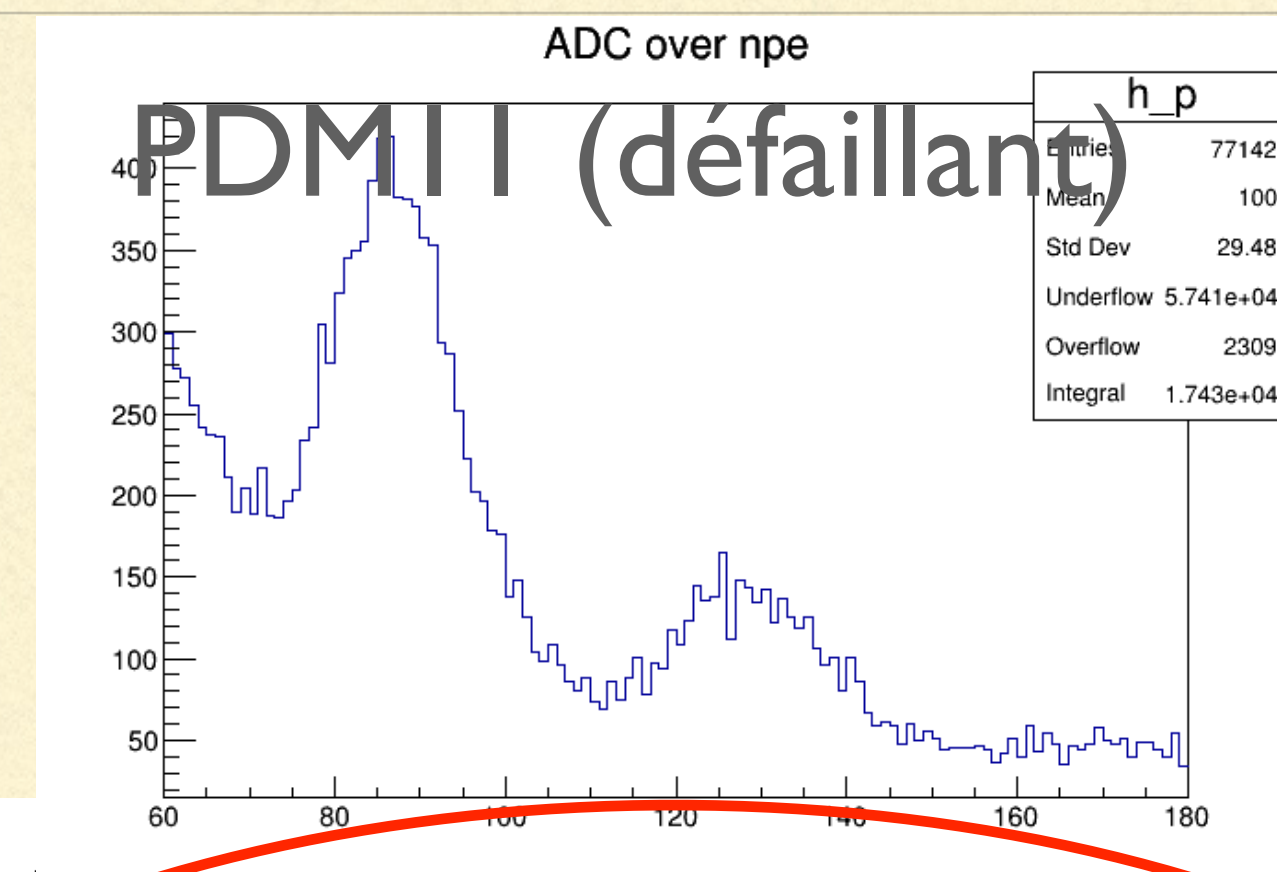
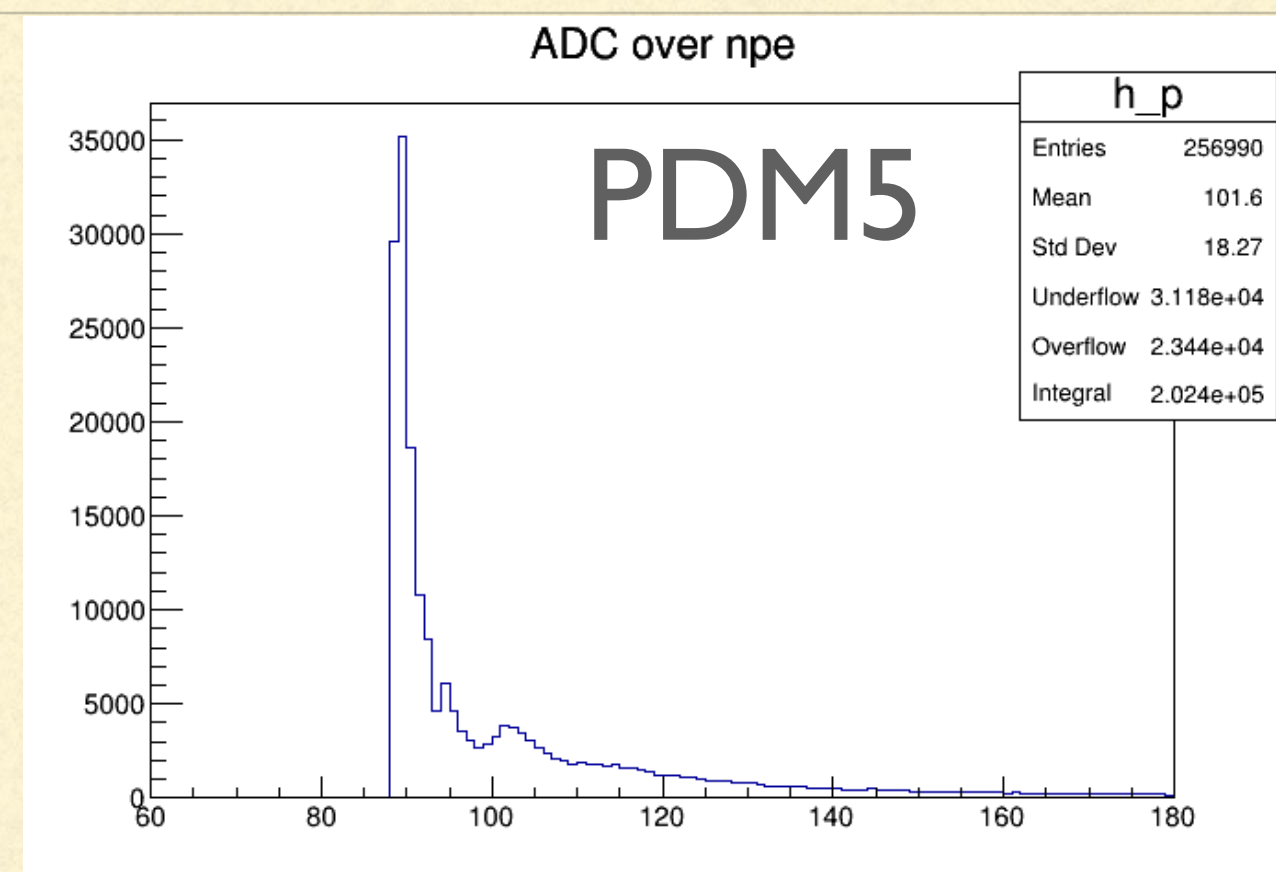
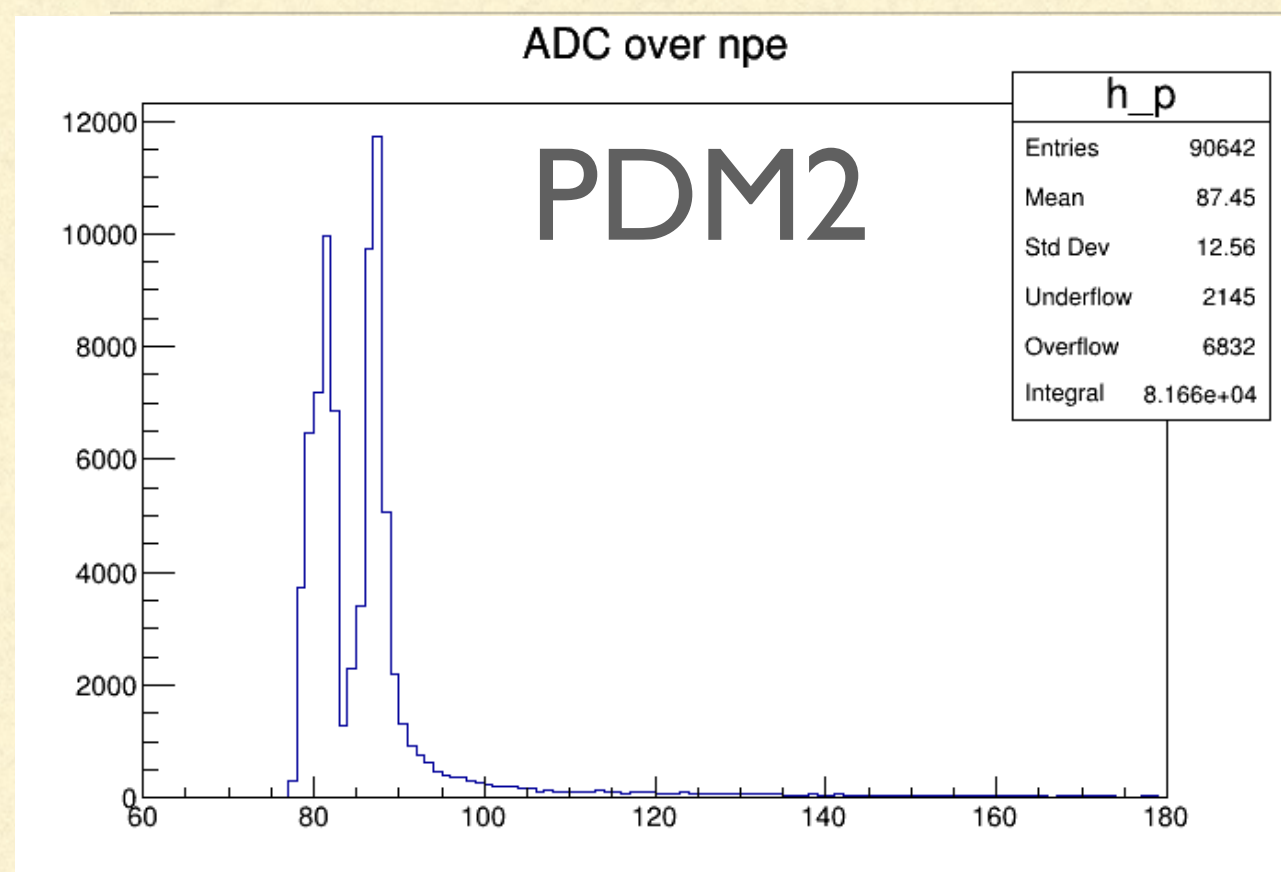
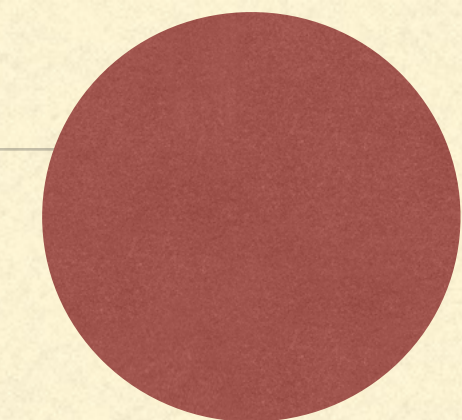


La calibration change beaucoup (même pour les runs proches) run 888



À clarifier avec les experts

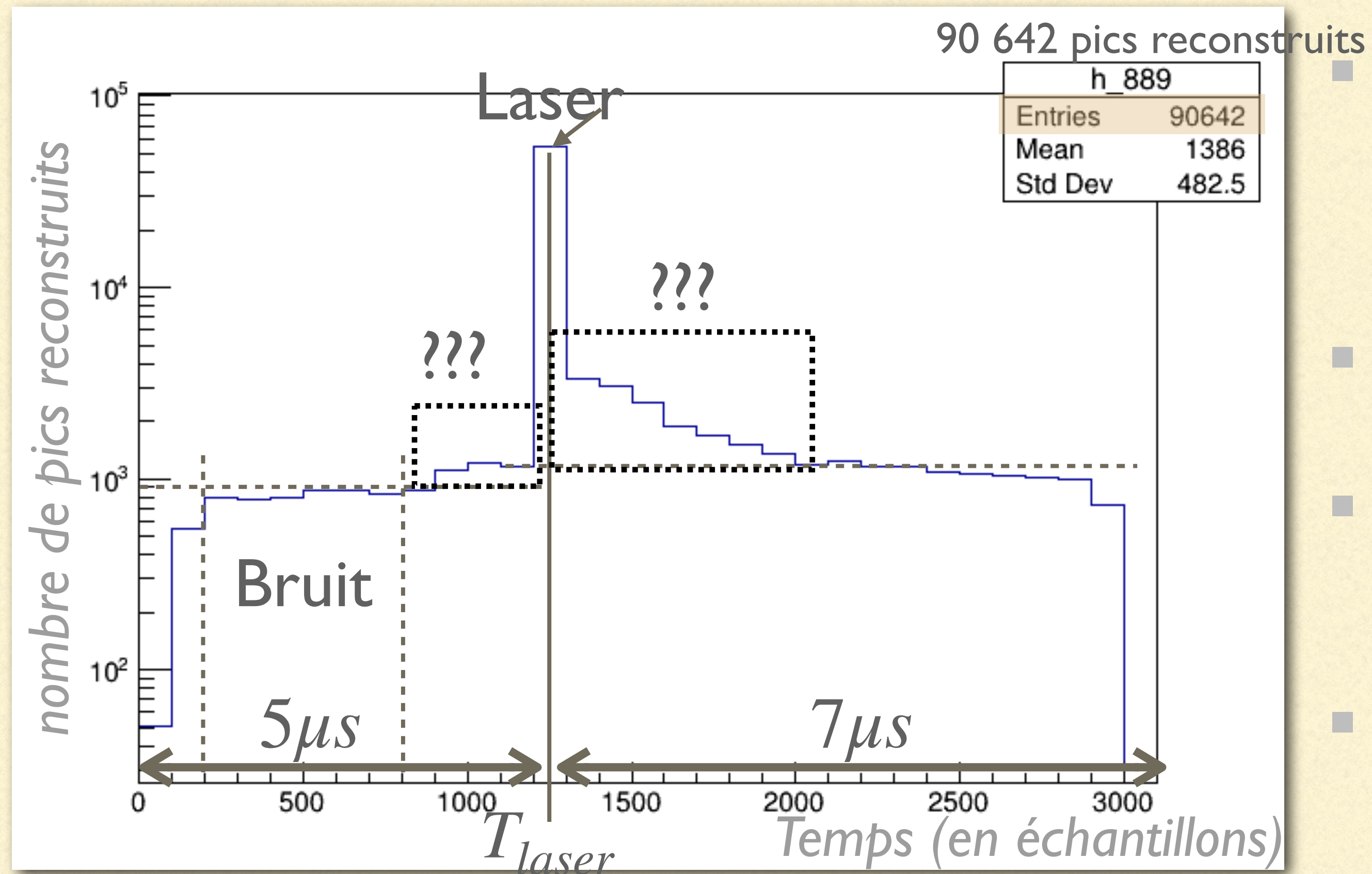
PK_P/PK_NPE RUN 889, DIFFÉRENTS PDM



DISTRIBUTION DE PK_T

exemple : run 889, 102 053 evt, PDM 2

PDM 1	31	32	39	64	59
126	57	132	44	136	42
0	0	0	2	0	6
0	0	0	0	0	0
PDM 6	30	59	57	37	29
127	33	133	41	138	37
0	10	0	12	1	0
0	0	0	0	1	2
PDM 11	38	36	58	62	60
129	46	134	48	139	60
1	6	1	8	1	10
0	0	0	0	2	0
PDM 16	41	61	66	63	52
130	47	135	32	140	40
2	4	2	6	2	8
0	0	0	0	2	10
PDM 21	34	53	54	65	42
131	38	137	58	141	34
3	2	3	4	3	6
0	0	0	0	3	8
0	0	0	0	51	153
0	0	0	0	3	10



- En moyenne ≈ 1 pic reconstruit par evt (répartis équitablement entre le LASER et hors LASER)
- Signal laser : zone 1240-1250 échantillons
- Plus de pics reconstruits après émission LASER, dont bosse : 1250-2000 échantillons
- 0-200 échantillons + 2900-3100 échantillons : filtrage (?) inefficace \Rightarrow non pris en compte dans l'analyse de données

2 zones considérées : LASER (reconstruction du signal) ou Bruit (CT)

PDM PATHOLOGIQUES ●

- PDM 11 : défaillant
- 7 PDMs pathologiques (Cf I2/06)
- On les enlève tous de notre étude
- On regarde la reconstruction du signal pour les 18 PDMs restants en fonction des runs LASER (pris dans différentes conditions)

E = NPE (ne reconstruit pas correctement les pe)

B = Bruyant

L = PDM5 trop proche du laser
=> reçoit énormément de pe

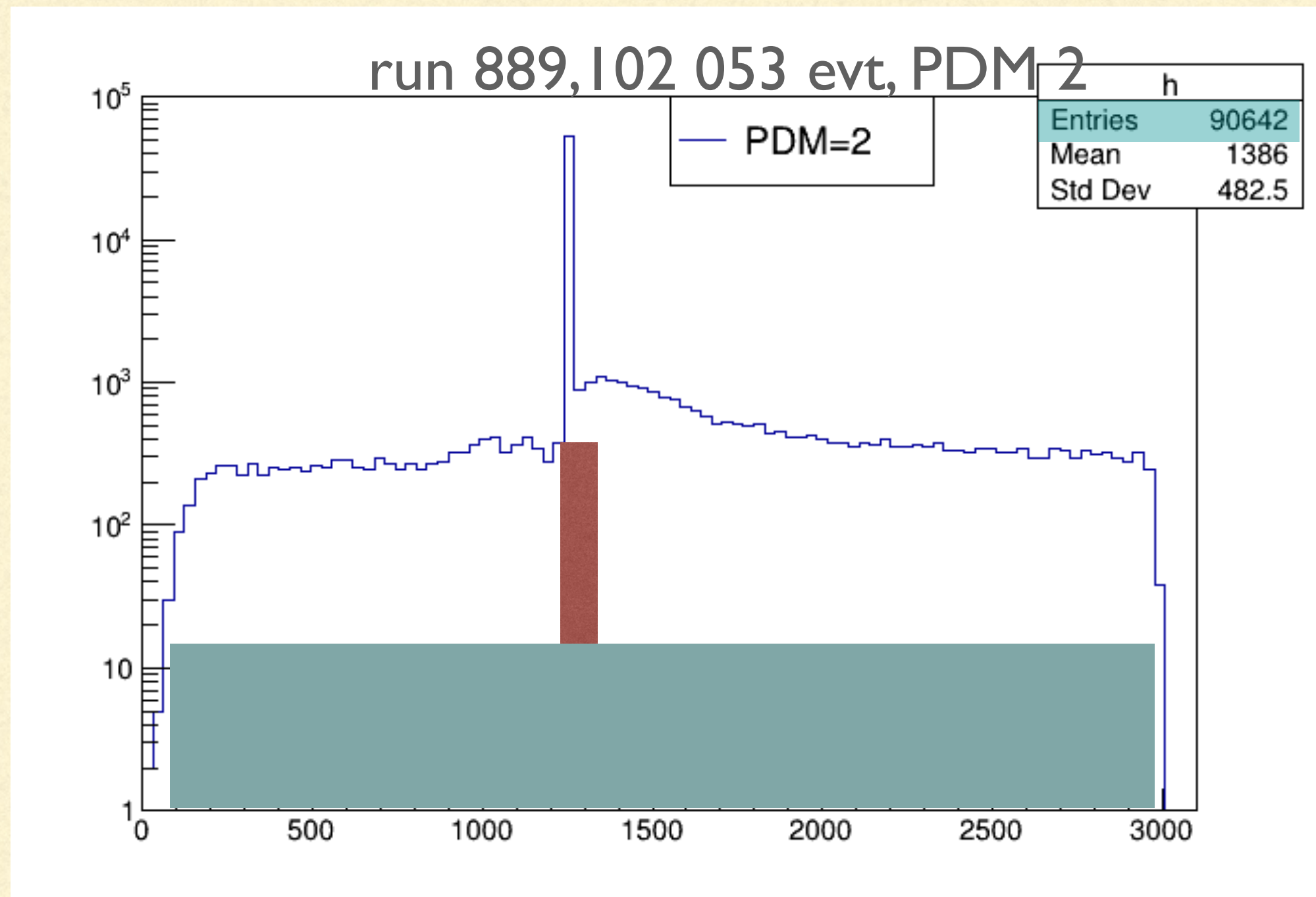
PDM 1 31 126 57 0 0	PDM 2 32 132 44 0 2	PDM 3 39 136 42 0 4	PDM 4 64 142 52 0 6	PDM 5 55 49 53 0 8
PDM 6 30 127 33 0 10	PDM 7 59 133 41 0 12	PDM 8 57 138 37 1 0	PDM 9 37 144 31 1 2	PDM 10 29 150 43 1 4
PDM 11 38 129 46 1 6	PDM 12 36 134 48 1 8	PDM 13 58 139 60 1 10	PDM 14 62 145 59 2 0	PDM 15 60 151 50 2 2
PDM 16 41 130 47 2 4	PDM 17 61 135 32 2 6	PDM 18 66 140 40 2 8	PDM 19 63 146 56 2 10	PDM 20 52 152 35 3 0
PDM 21 34 131 36 3 2	PDM 22 53 137 58 3 4	PDM 23 54 141 34 3 6	PDM 24 65 148 51 3 8	PDM 25 42 53 45 3 10

CARACTÉRISTIQUES DES RUNS LASER

	n° run (nov)	nb evt	nb de pics	Tension SiPM	Intensité Laser MAX/	Acquis	E ext/ Ed (V/cm)	Gaz
ref	889	102 053	1 720 952	67	max	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON
	891	99 631	613 190	67	min	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON
	888	100 563	1 338 699	65	max	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON
	892	99 488	346 941	65	min	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON
	893	47 184 (car 1/2fichier)	828 515	65	max	-5/+25	e: 2800 d: 200	ON
	894	47 848 (car 1/2fichier)	1 207 500	67	max	-5/+25	e: 2800 d: 200	ON
	1232	100 032	1 657 911	65	max	-5/+7	e: 0 d: 0	ON
	1233	100 047	794 708	65	min	-5/+7	e: 0 d: 0	ON
	1253	100 643	1 703 670	65	max	-5/+7	e: 0 d: 0	OFF
	1254	123 278	986 651	65	min	-5/+7	e: 0 d: 0	OFF

DÉTERMINATION DES ESTIMATEURS (I)

Proportion de pics reconstruits dans la zone LASER (P_{laser})



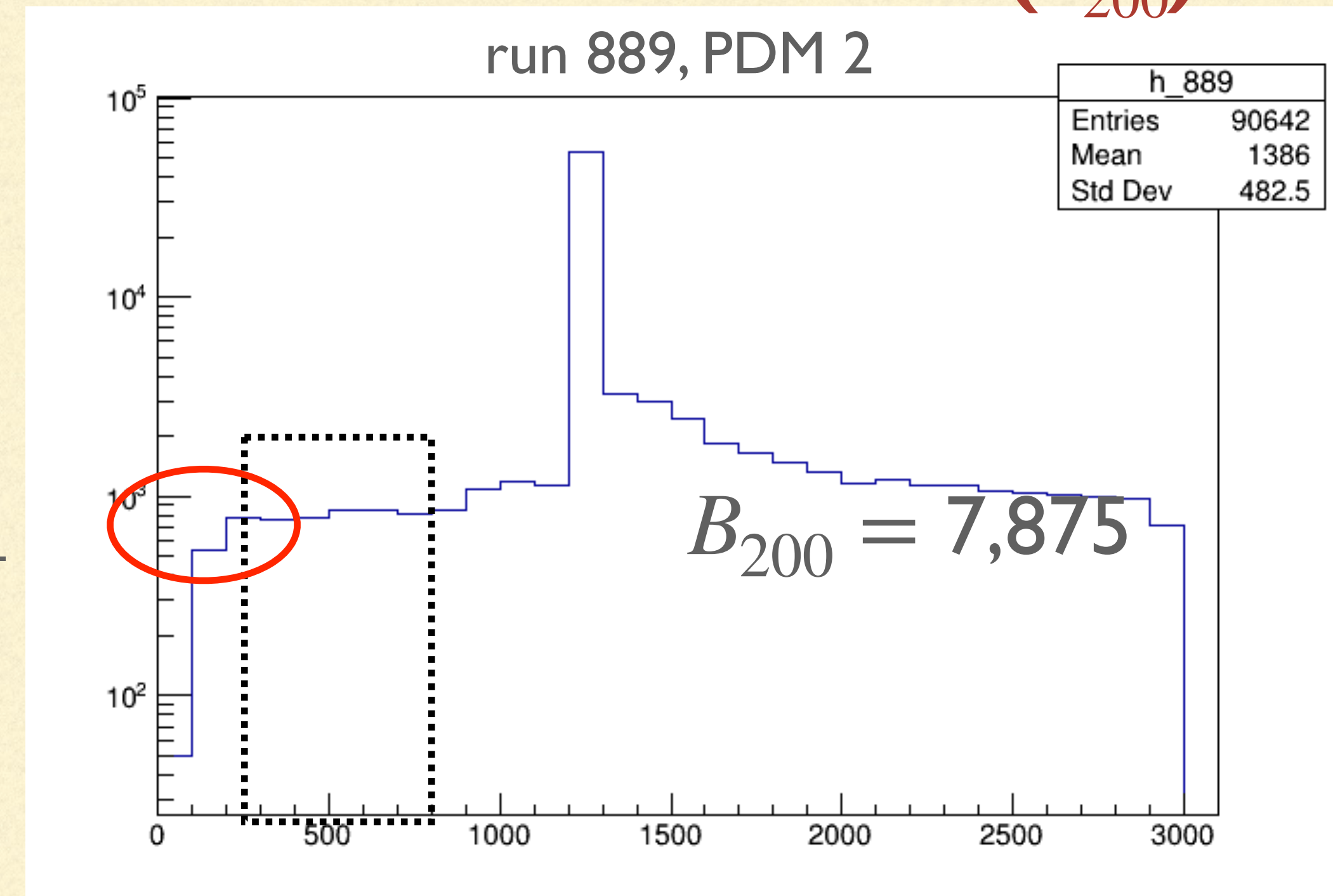
- Intégrale rouge / intégrale bleue
- Pour le PDM 2 : $P_{laser} \approx 57,6\%$

Nb de pics laser par evt ($Pics_{laser-evt}$)

- Nb de pics reconstruits par le PDM dans la zone laser / nombre d'evt dans le run (ex : PDM2 : 0,500)

$$\frac{800 \times 10^5 \times 6}{102053 \times 600}$$

Bruit moyen (par echt et par evt) dans la zone 200-800 (B_{200})

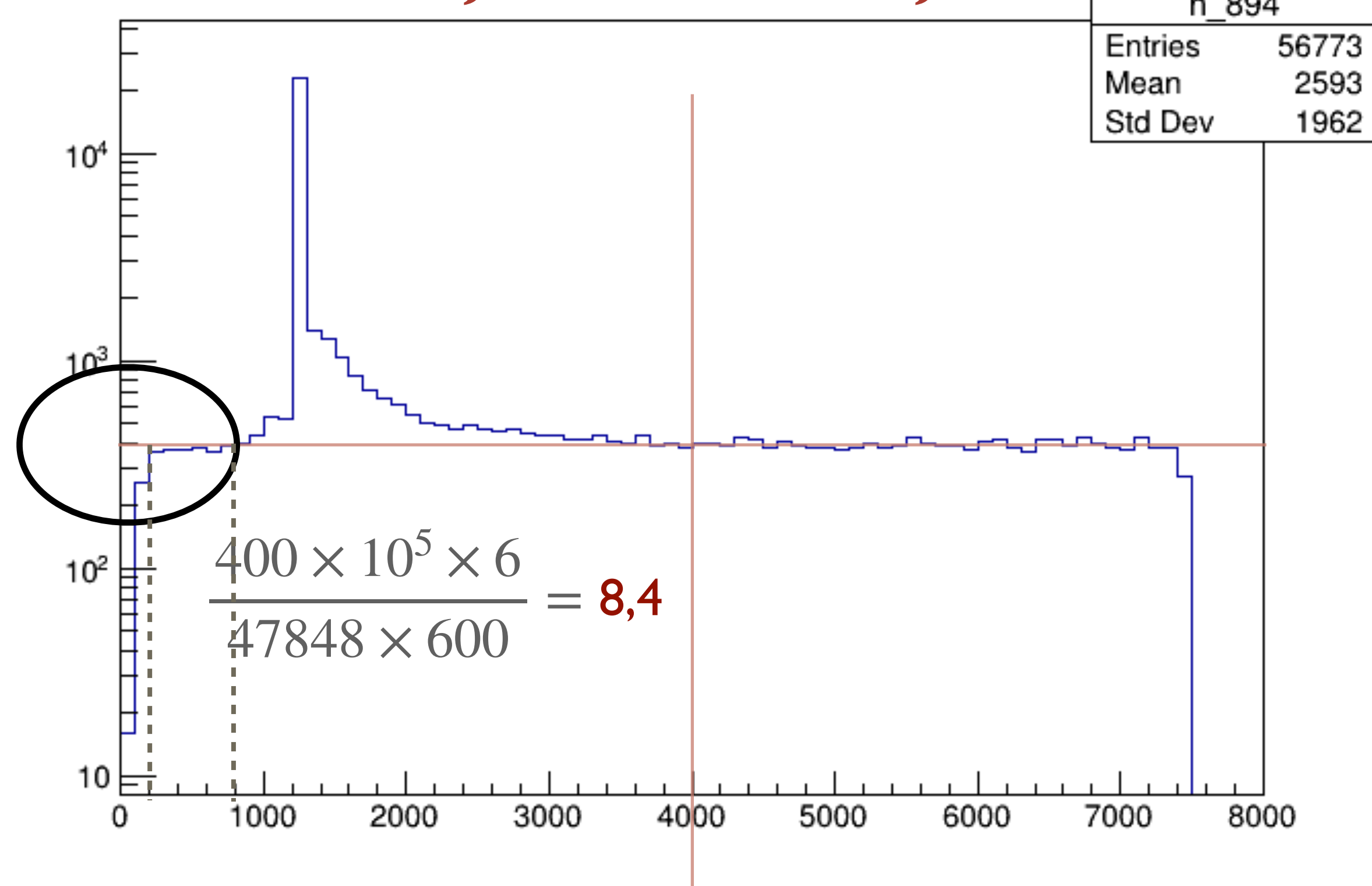


- Nombre de pics dans la zone en pointillés / nombre d'échantillons dans la zone (600)
- Tous les graphes sont renormalisés tq :
 graphe = graphe x 100 000 evt / nb evt ds le run

$B_{200} : 894 (30 \mu s)$

PDM 1	PDM 2	PDM 3	PDM 4	PDM 5
31	32	39	64	59
126	132	136	142	149
57	44	42	52	53
0	2	0	6	8
PDM 6	PDM 7	PDM 8	PDM 9	PDM 10
30	59	57	37	29
127	133	138	144	150
33	41	37	31	43
0	12	1	2	4
PDM 11	PDM 12	PDM 13	PDM 14	PDM 15
38	36	58	62	60
129	134	139	145	151
46	48	60	59	50
1	8	10	0	2
PDM 16	PDM 17	PDM 18	PDM 19	PDM 20
41	61	66	63	52
130	135	140	146	152
47	32	40	56	35
2	6	8	10	0
PDM 21	PDM 22	PDM 23	PDM 24	PDM 25
34	53	54	65	42
131	137	141	148	153
38	58	34	51	45
3	4	3	8	10

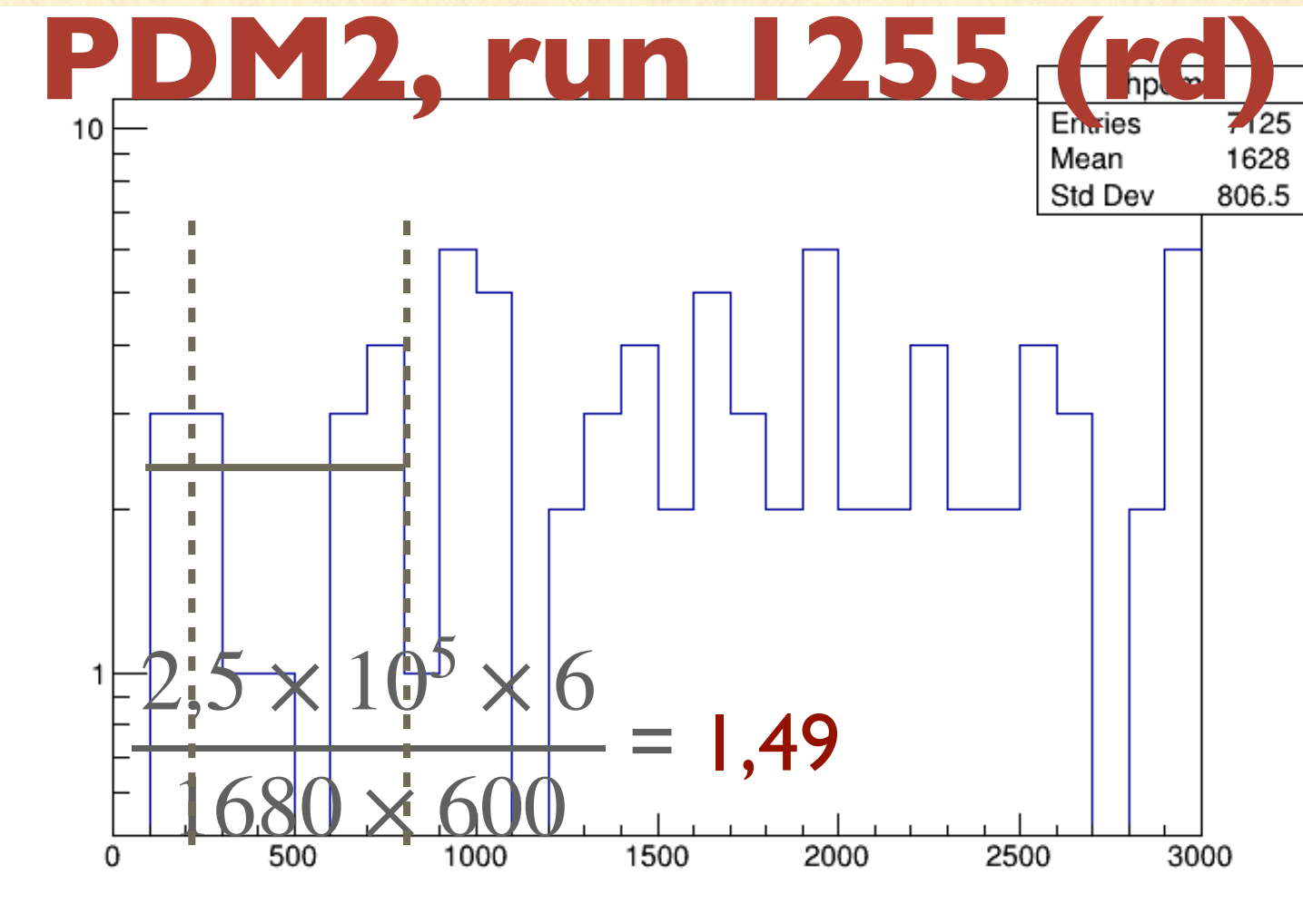
run 894, 47 848 evt, PDM 2



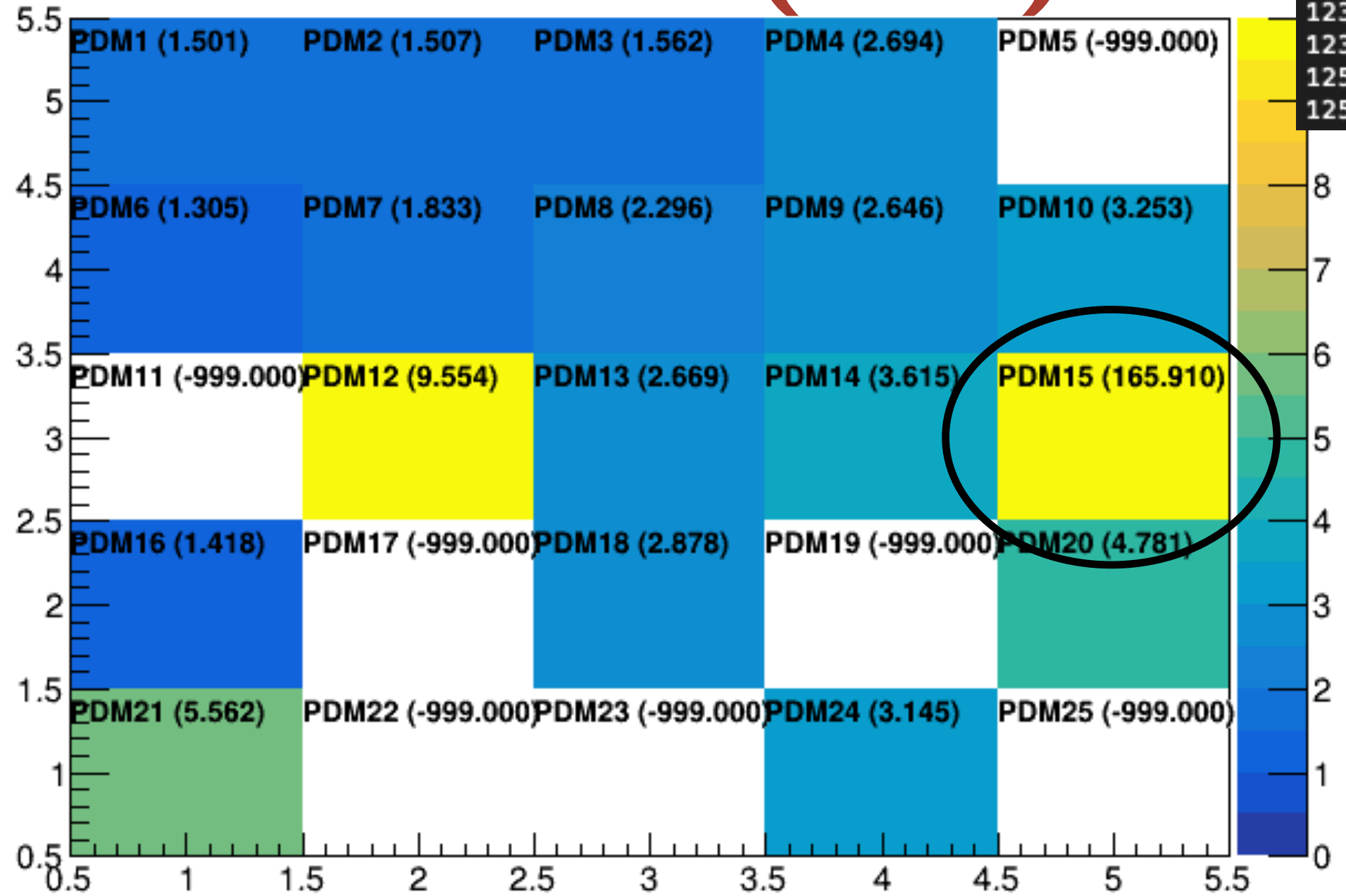
à partir de 4000 : meme niveau que avant le laser => on peut avoir le **temps de retour à la normale** ($11 \mu s$)

B_{200} : 1254 ET RANDOM (1255)

n° run	nb evt	nb de pics	tension SiPM	LASER	tps acquis	Champs	gaz bock
1254	123 278	986 651	65	min	-5/+7	e: 0 d: 0	OFF
1255	1 680	1 139 565	65	x	-5/+7	e: 0 d: 0	OFF



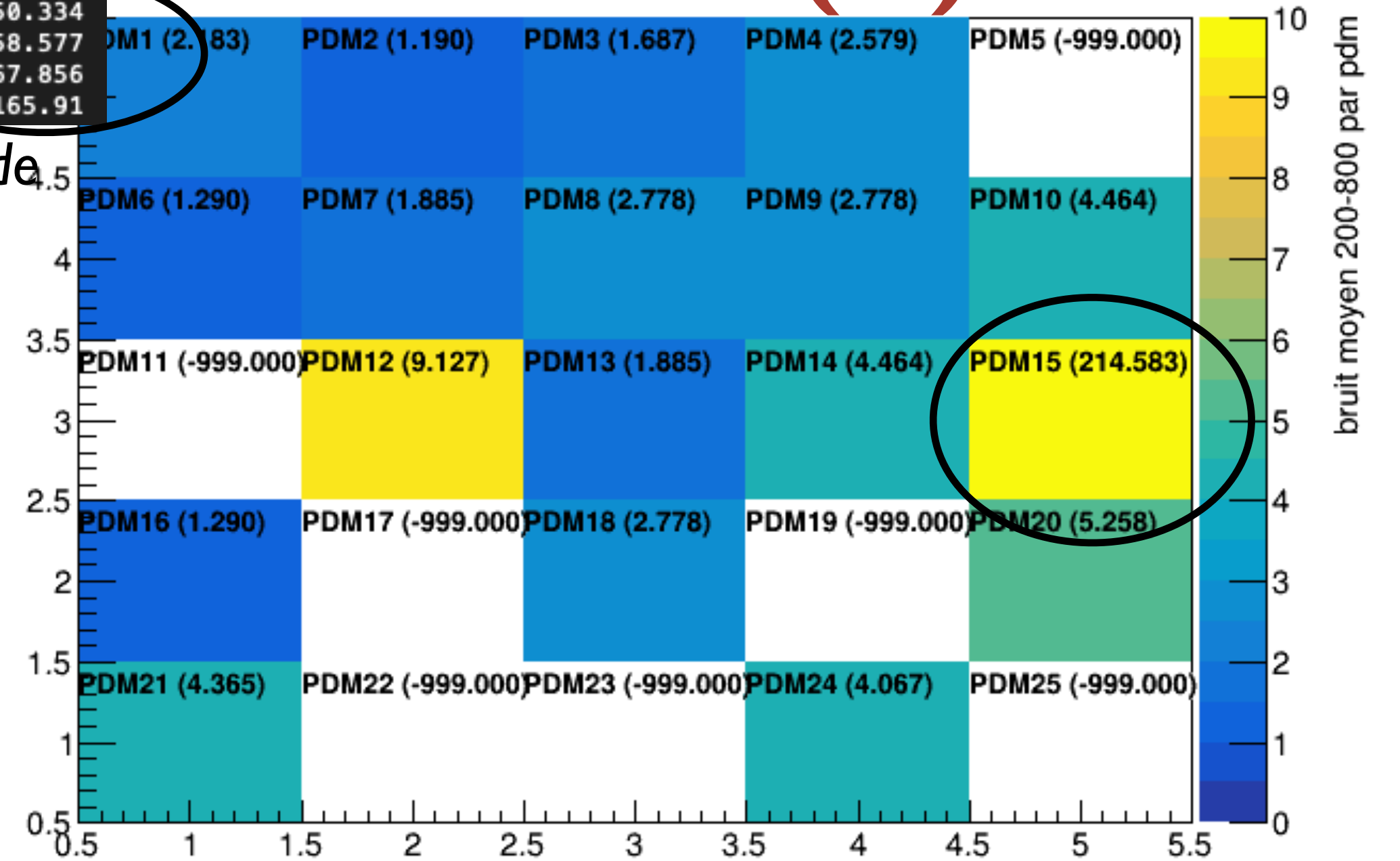
run 1254 (laser)



888	15	14.7669
889	15	21.9281
891	15	22.3792
892	15	14.6701
893	15	14.5671
894	15	22.0170
1232	15	150.334
1233	15	158.577
1253	15	167.856
1254	15	165.91

Seul PDM qui se dégrade

run 1255 (rd)

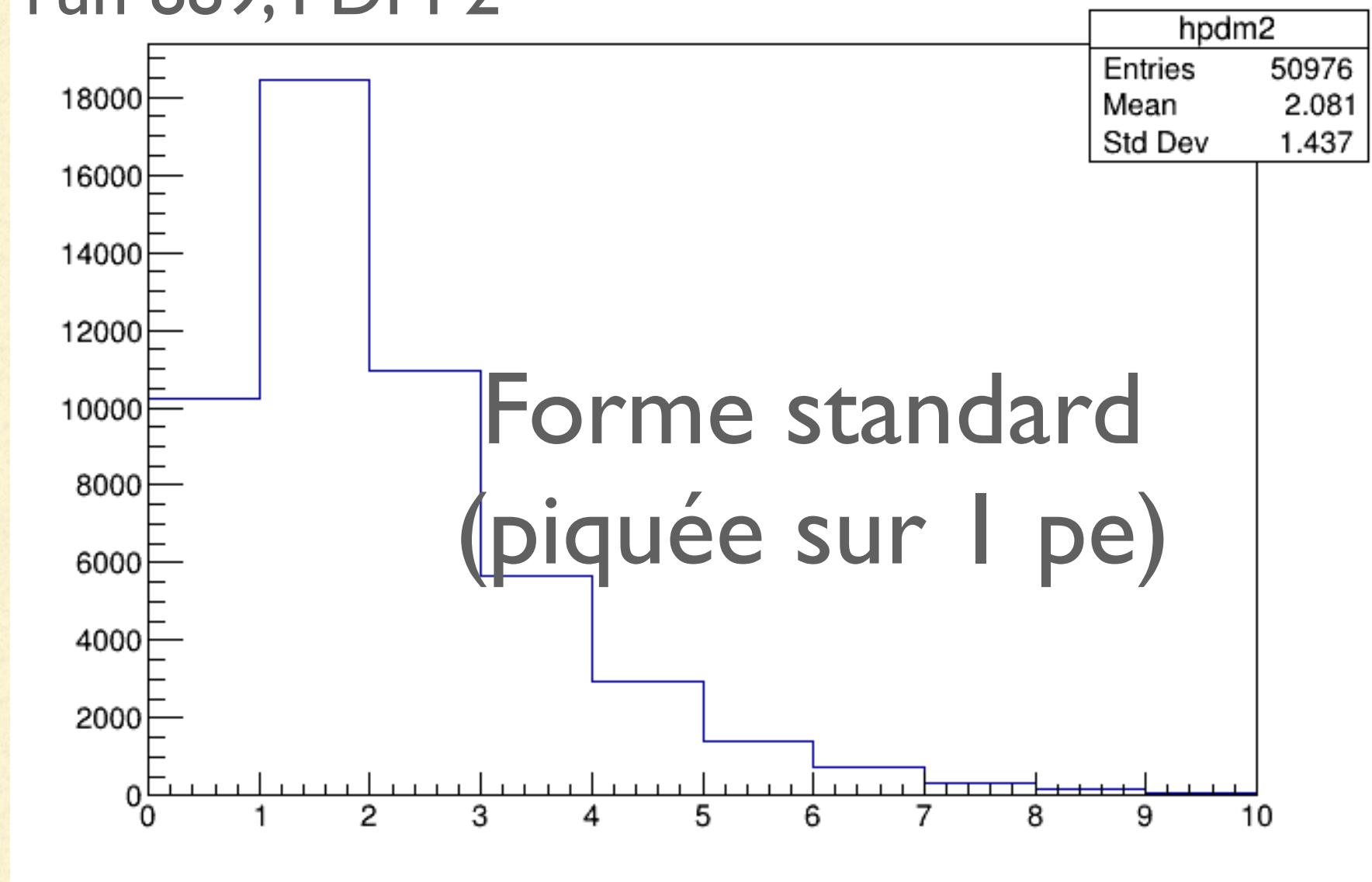


Dans les mêmes conditions : même niveau de bruit (par evt et par echt) dans les runs LASER et random

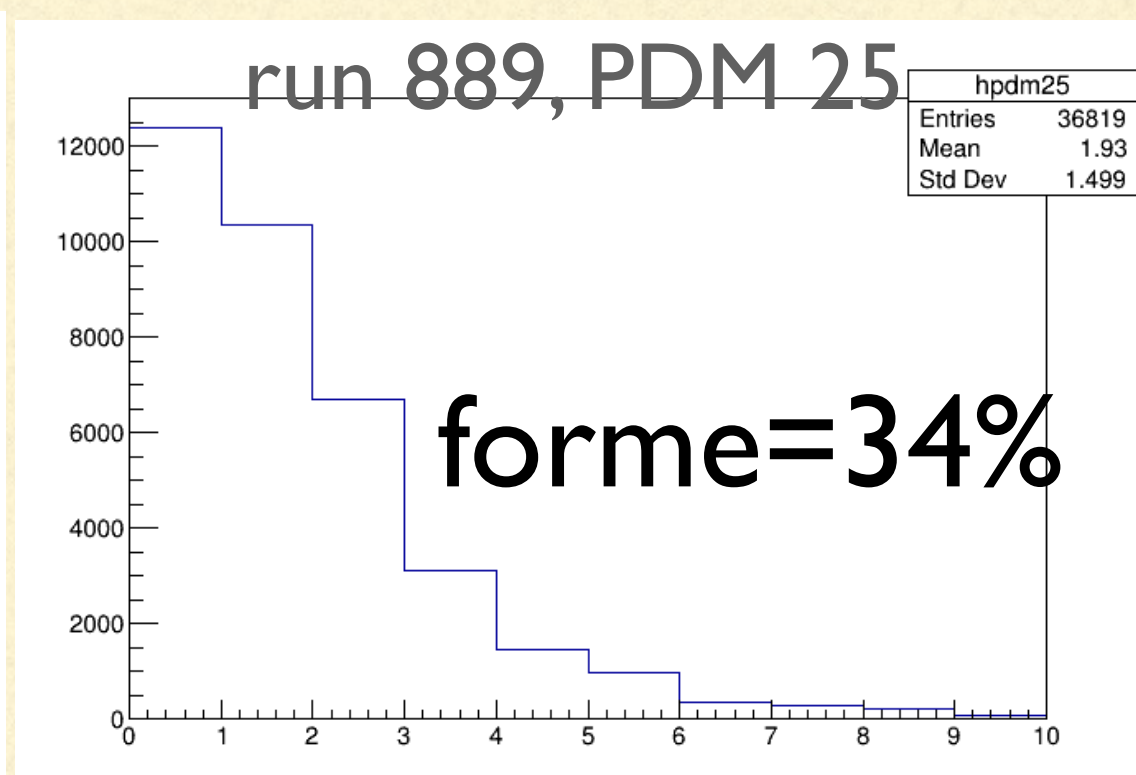
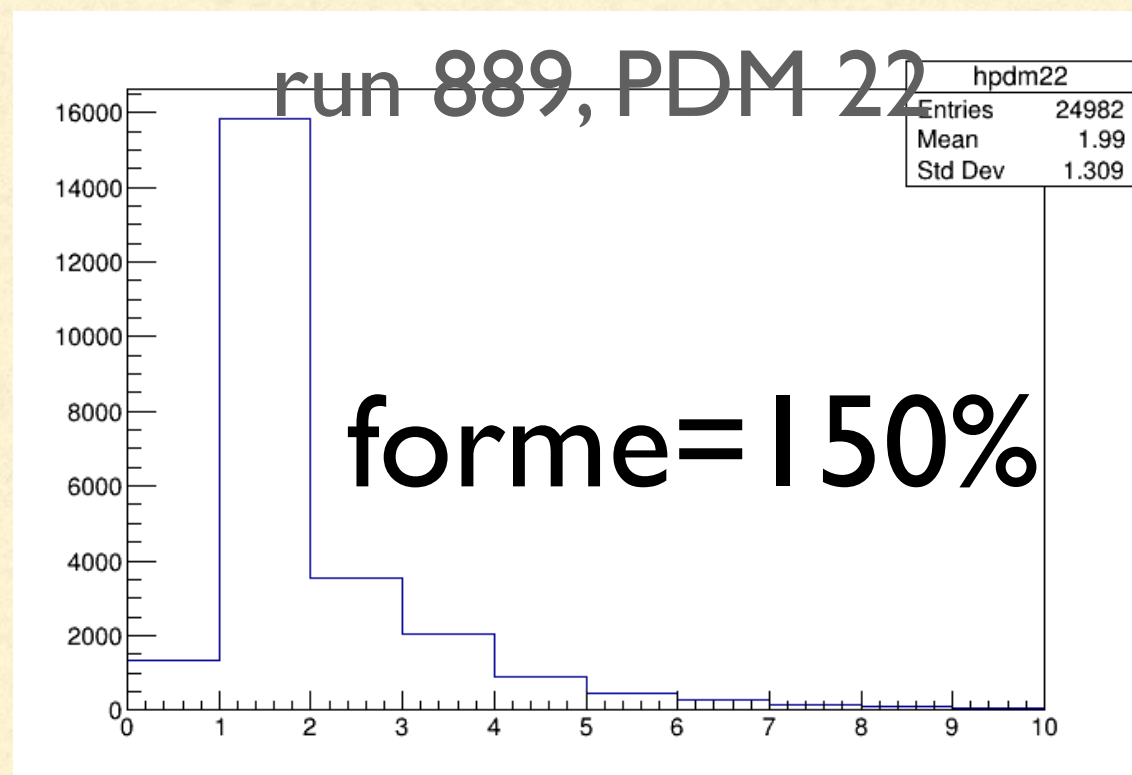
DÉTERMINATION DES ESTIMATEURS (2)

pk_npe (zone **laser** 1240-1250)

run 889, PDM 2



Quelques PDM pathologiques



Moyenne du nombre de photo-électrons reconstruits (NPE_{moy})

ex : PDM 2 : 2,095

Photo-électron le plus probablement reconstruit (NPE_{max})

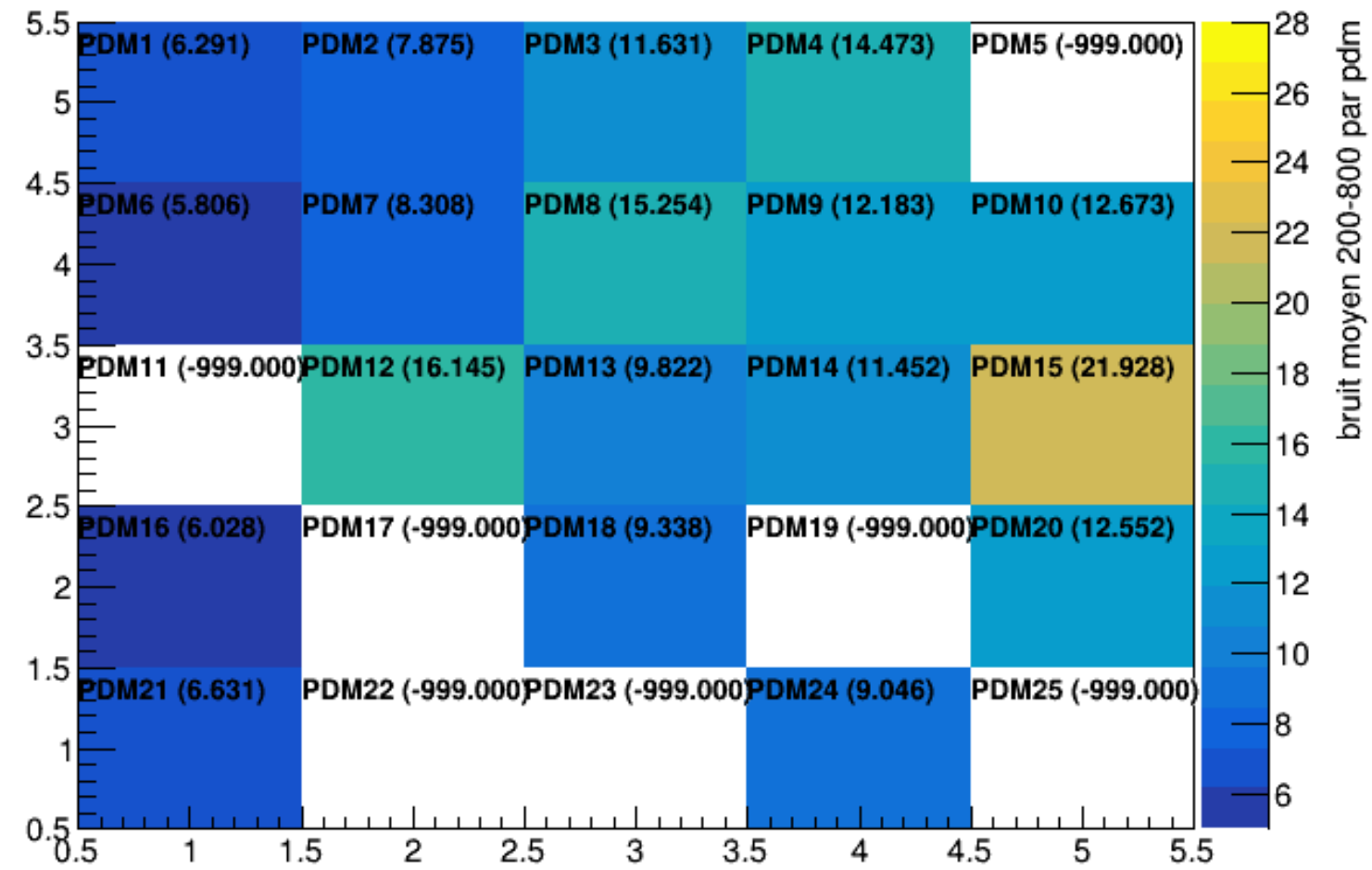
ex : PDM 2 : 1

Forme de la distribution de npe (forme)

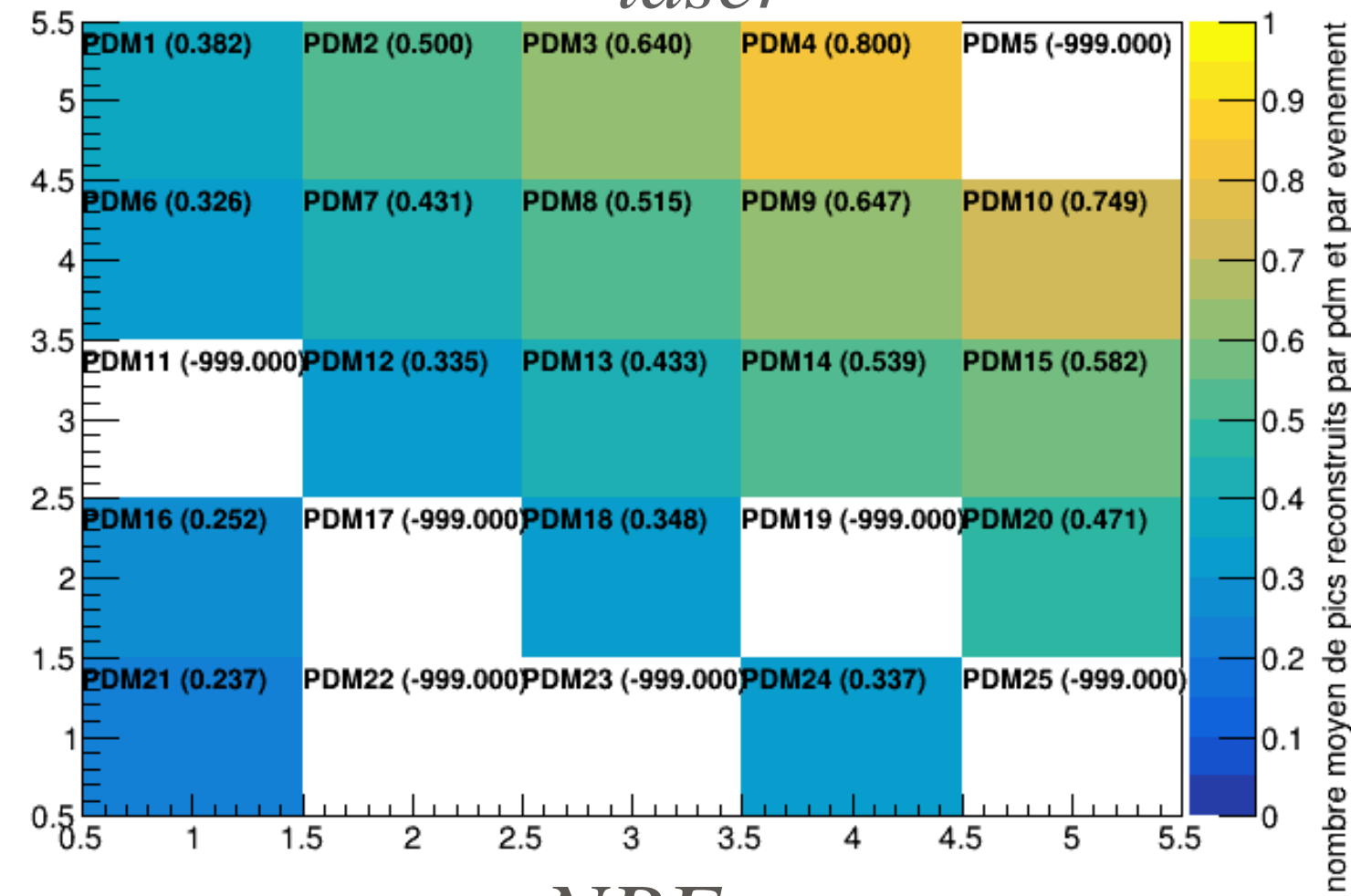
- Déviation de la distribution de npe à celle donnée par le PDM2 (ref).
- Calcul = écart des valeurs entre PDM x et PDM 2 bin à bin, normalisé au nombre de bins pris en compte
- Vaut typiquement 10-20%

ESTIMATEURS RUN 889

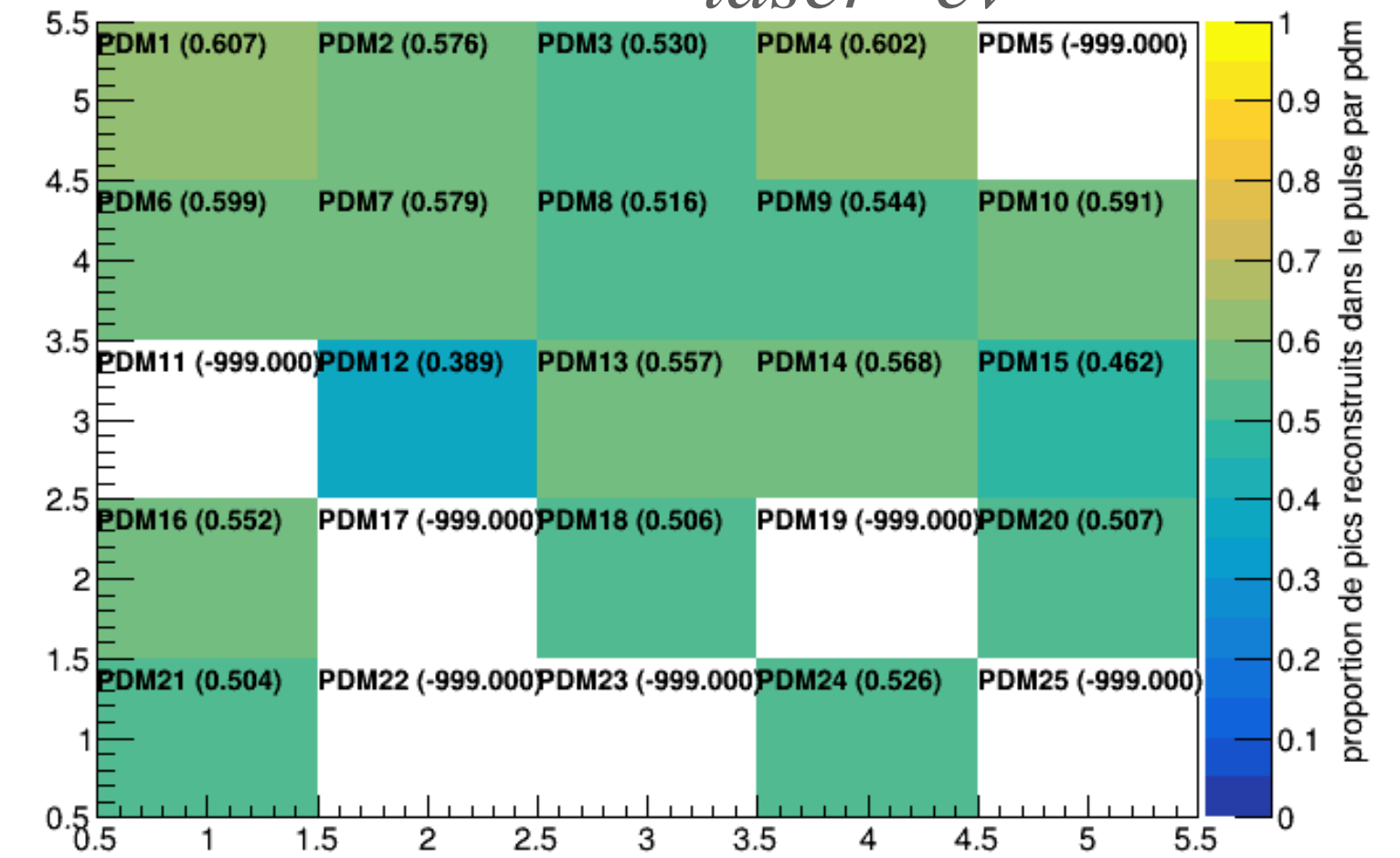
B_{200}



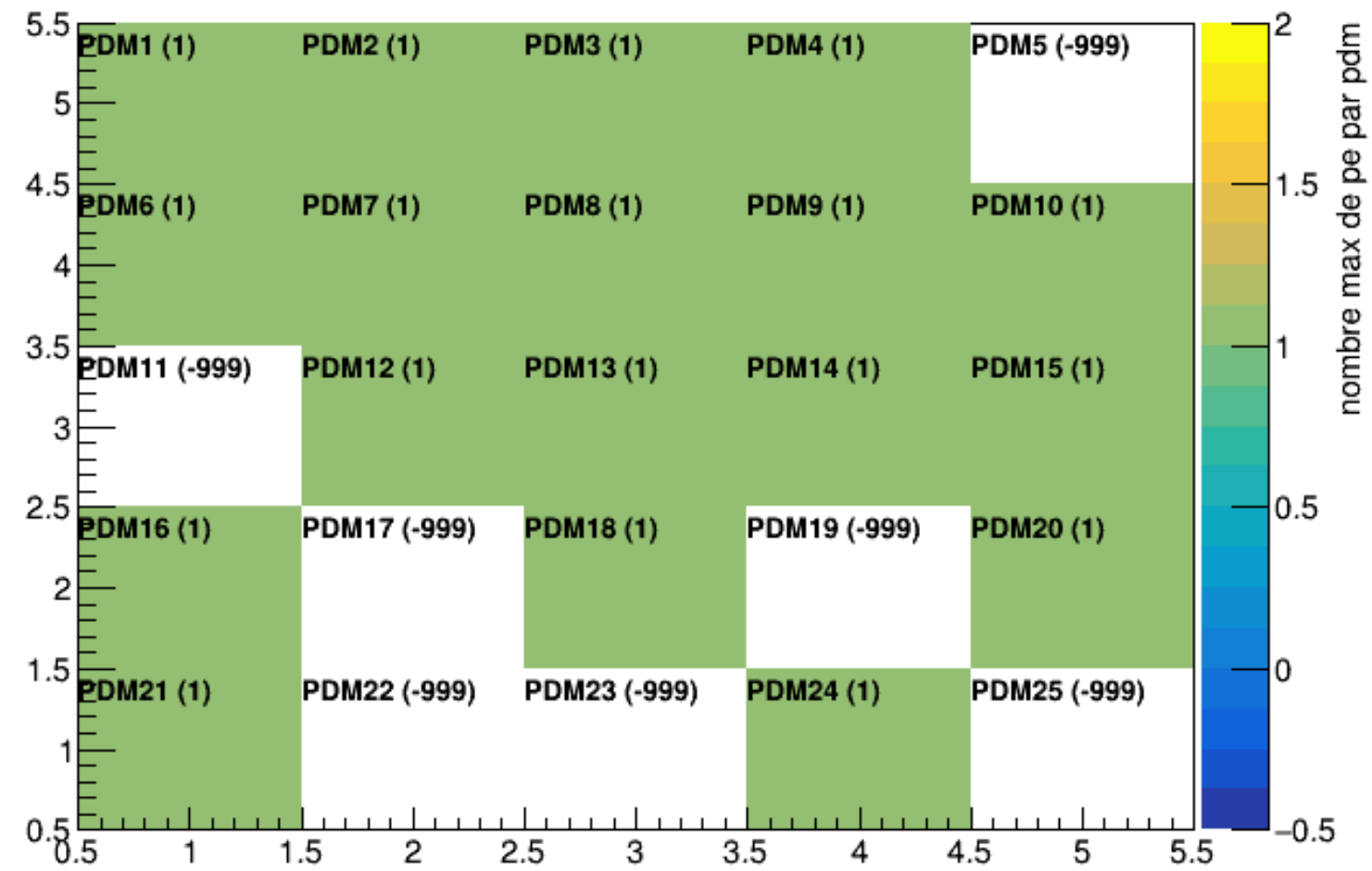
P_{laser}



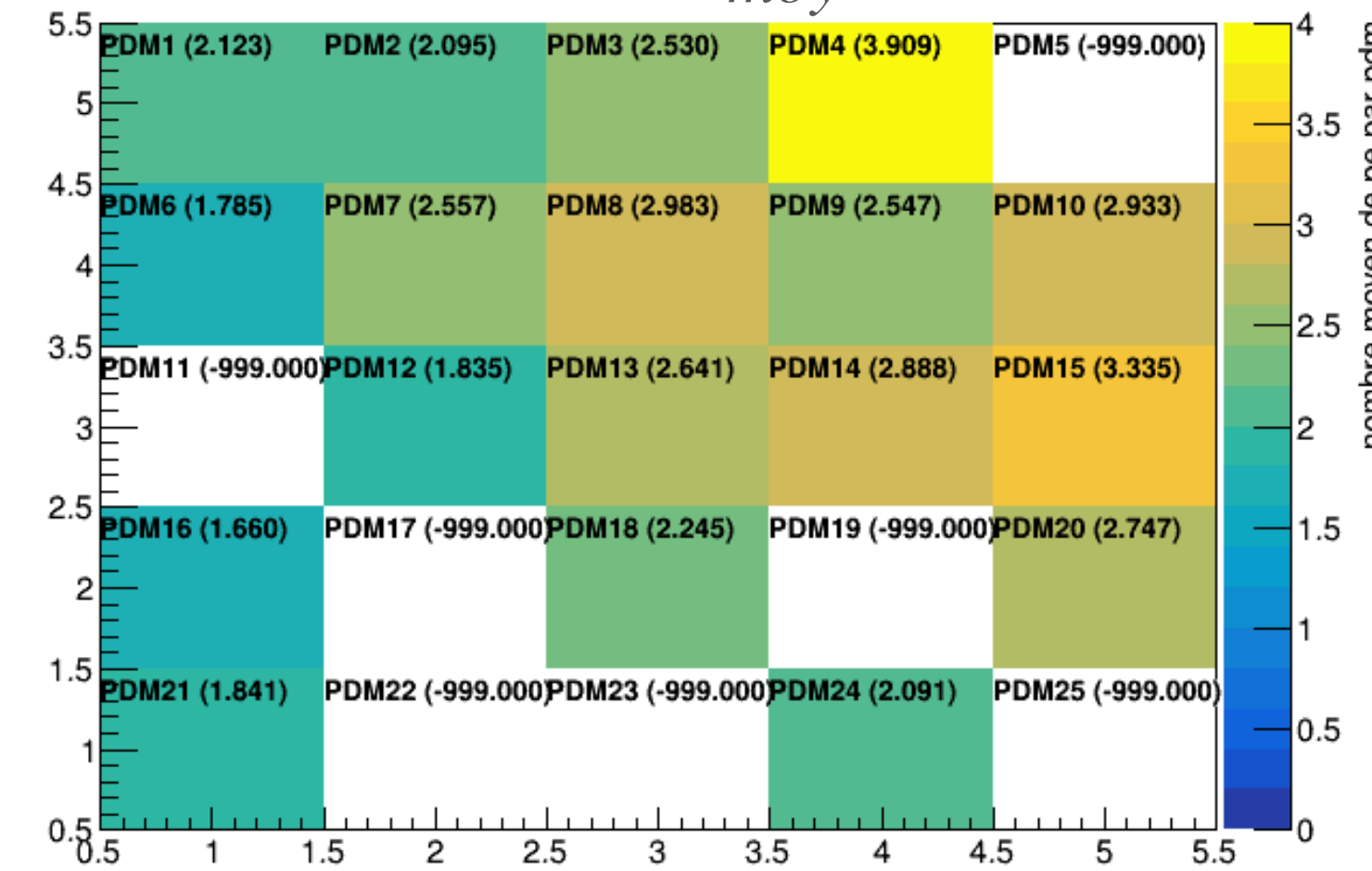
$Pics_{laser-ev}$



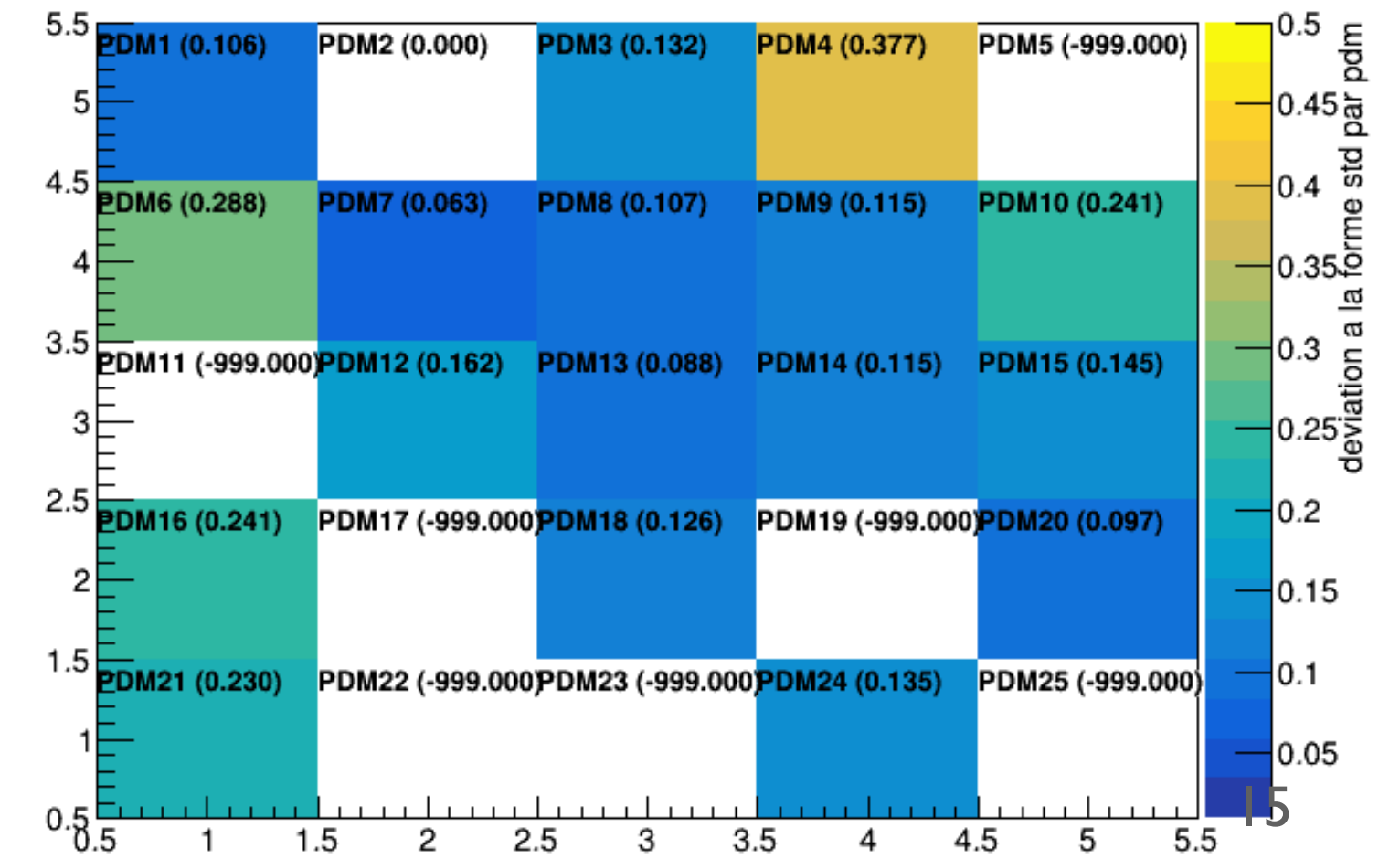
NPE_{max}



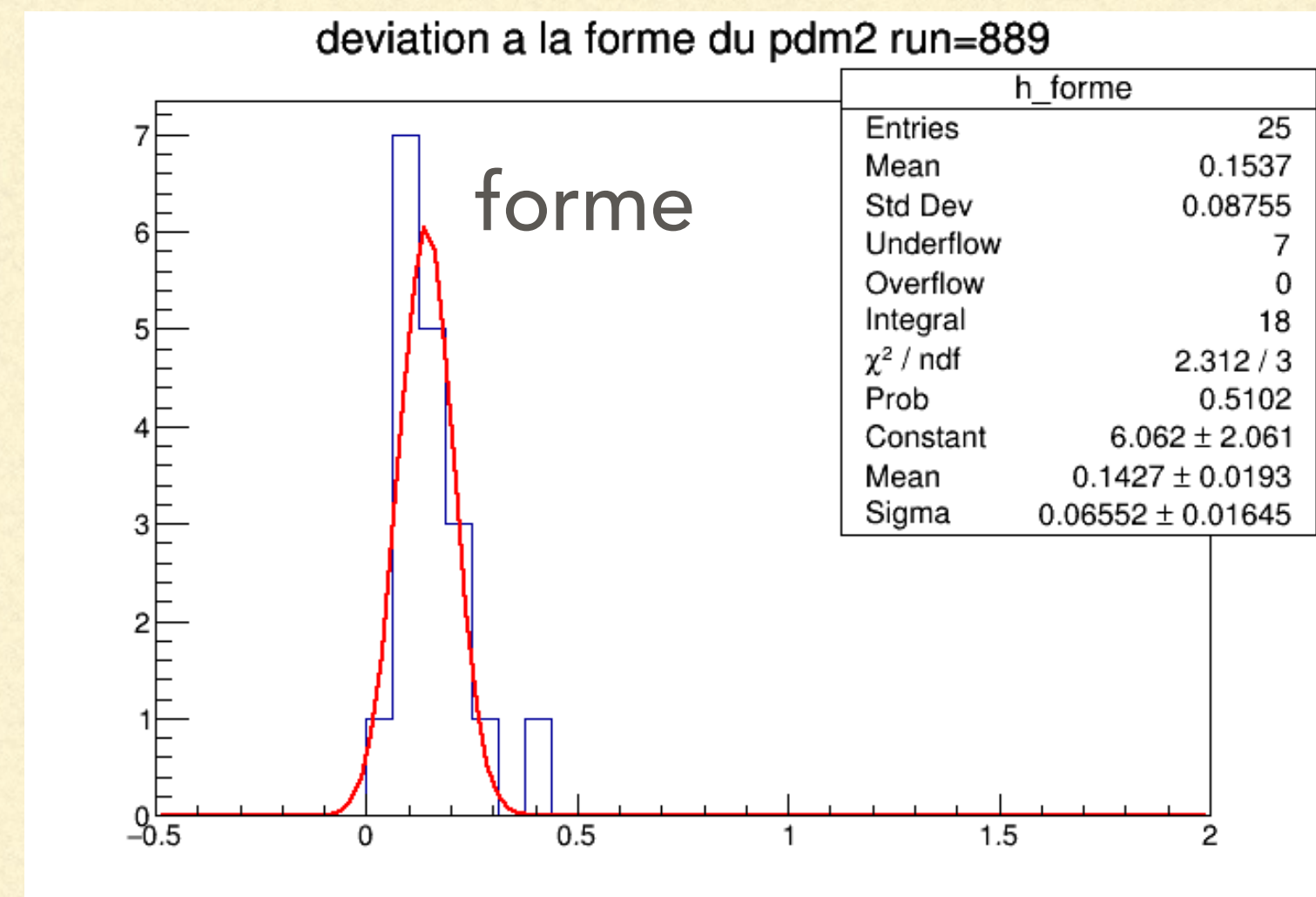
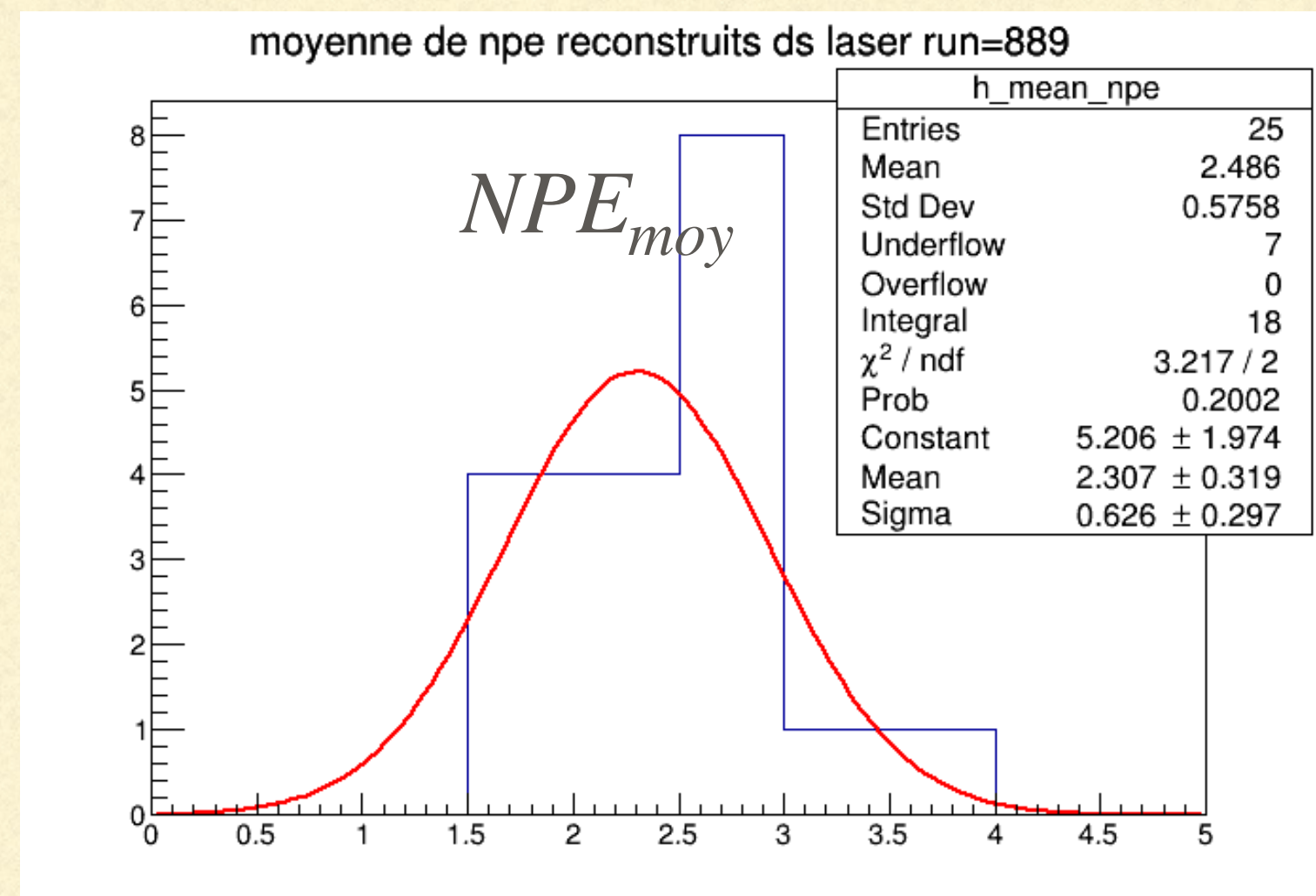
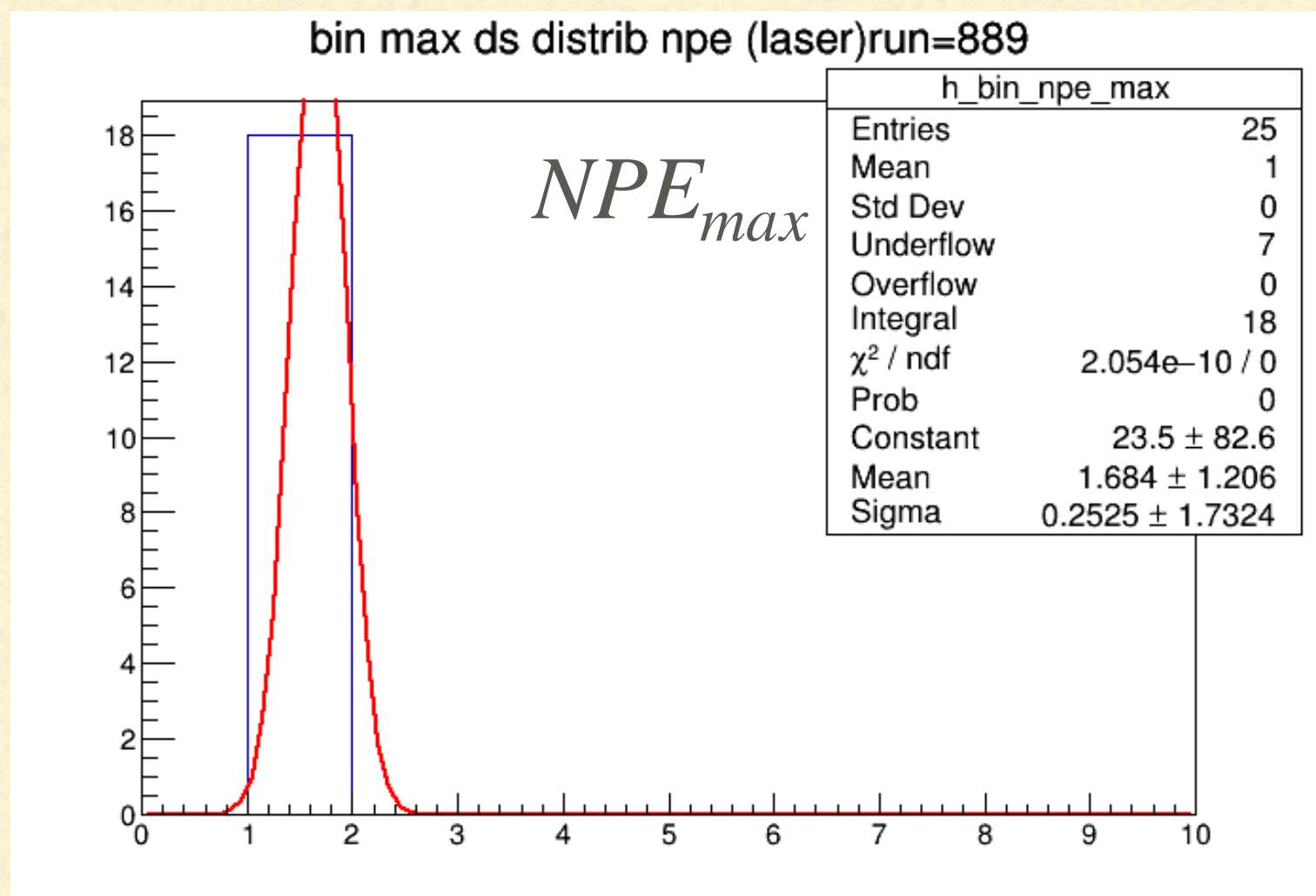
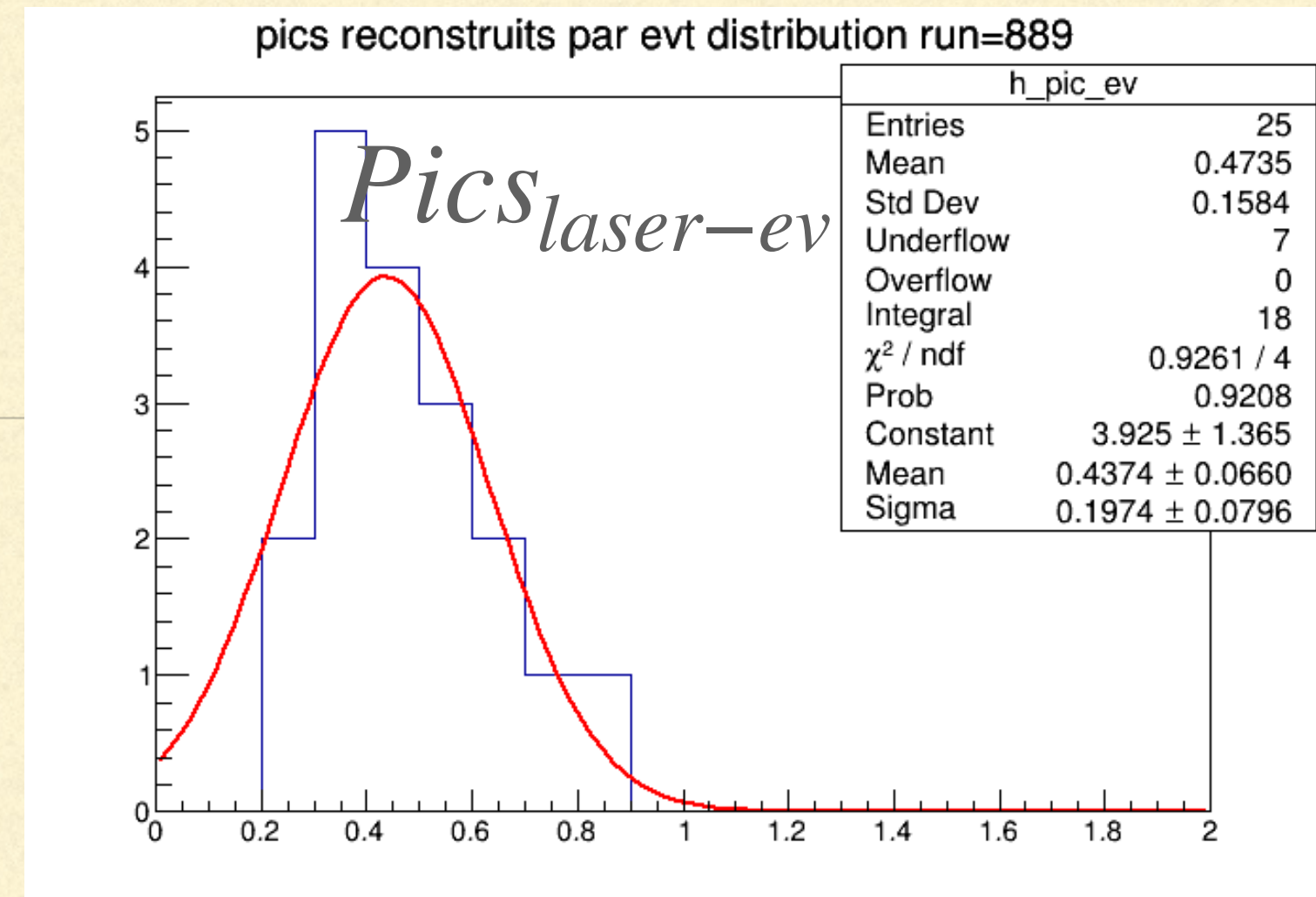
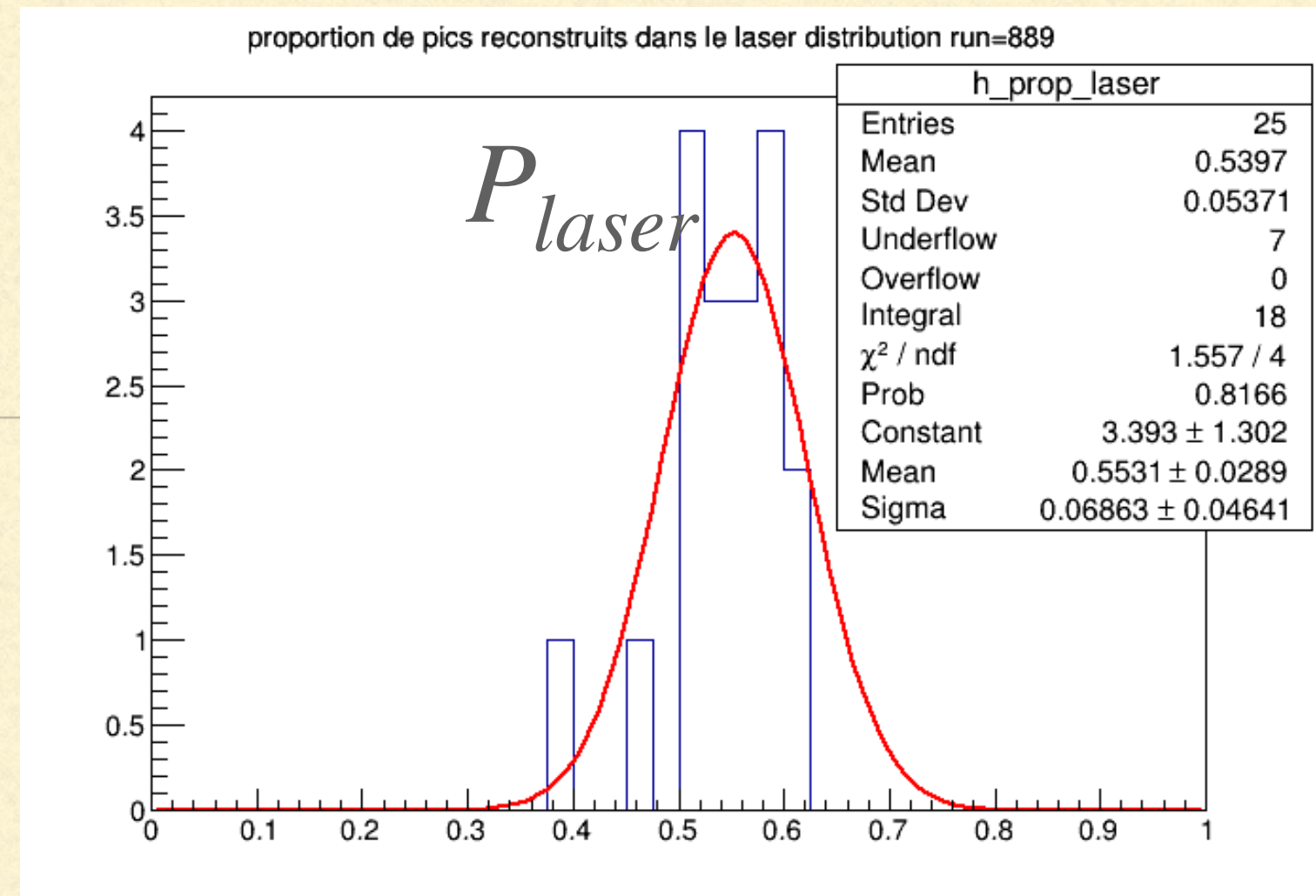
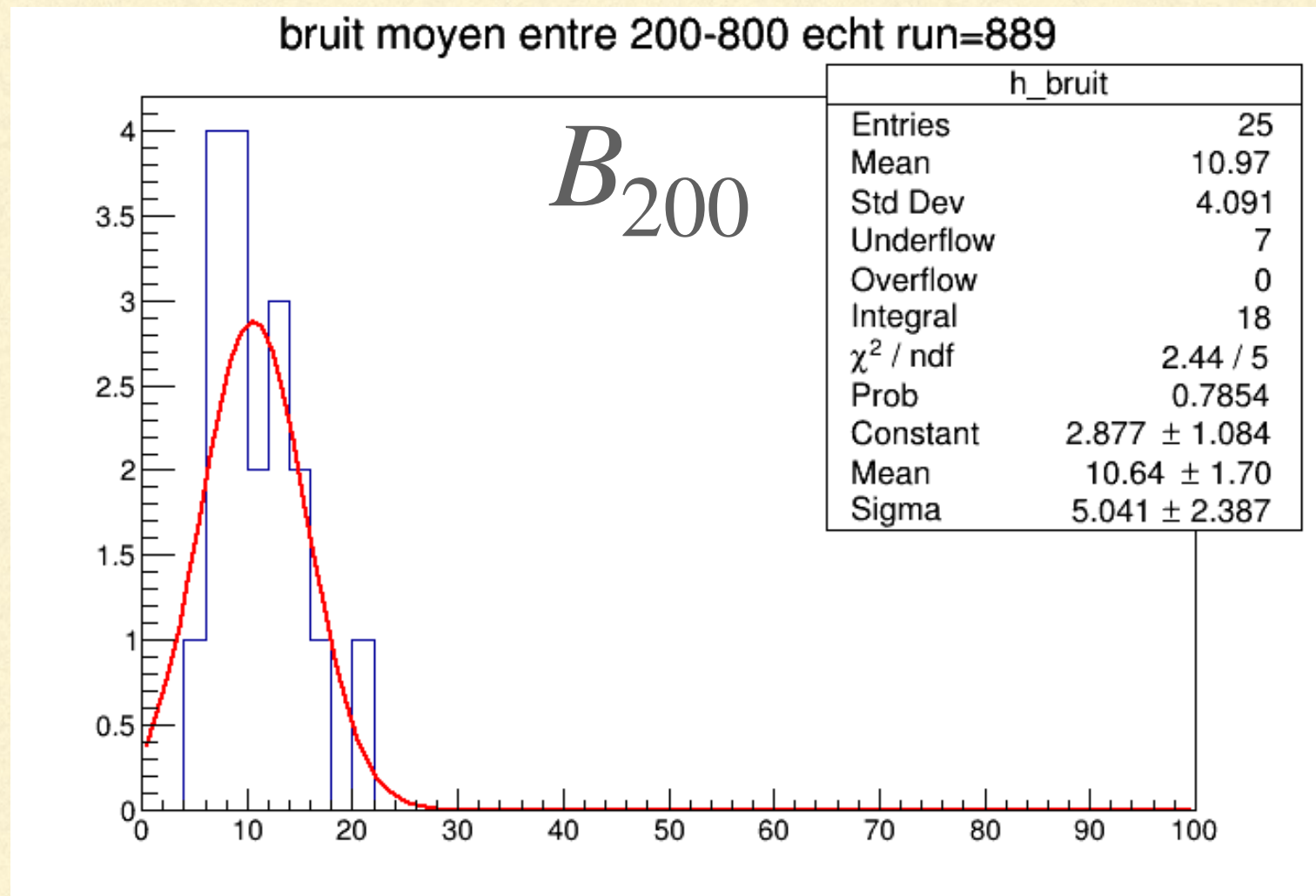
NPE_{moy}



forme

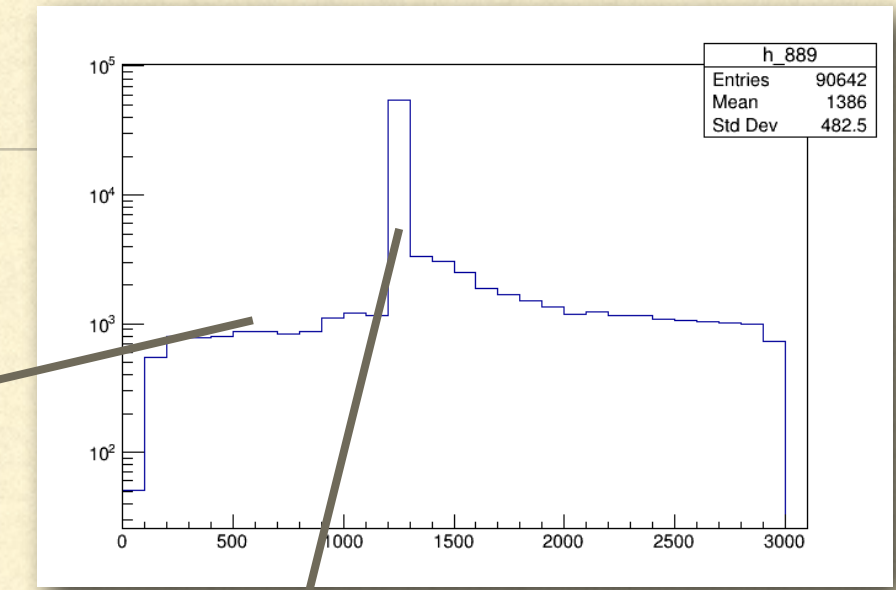


ESTIMATEURS RUN 889

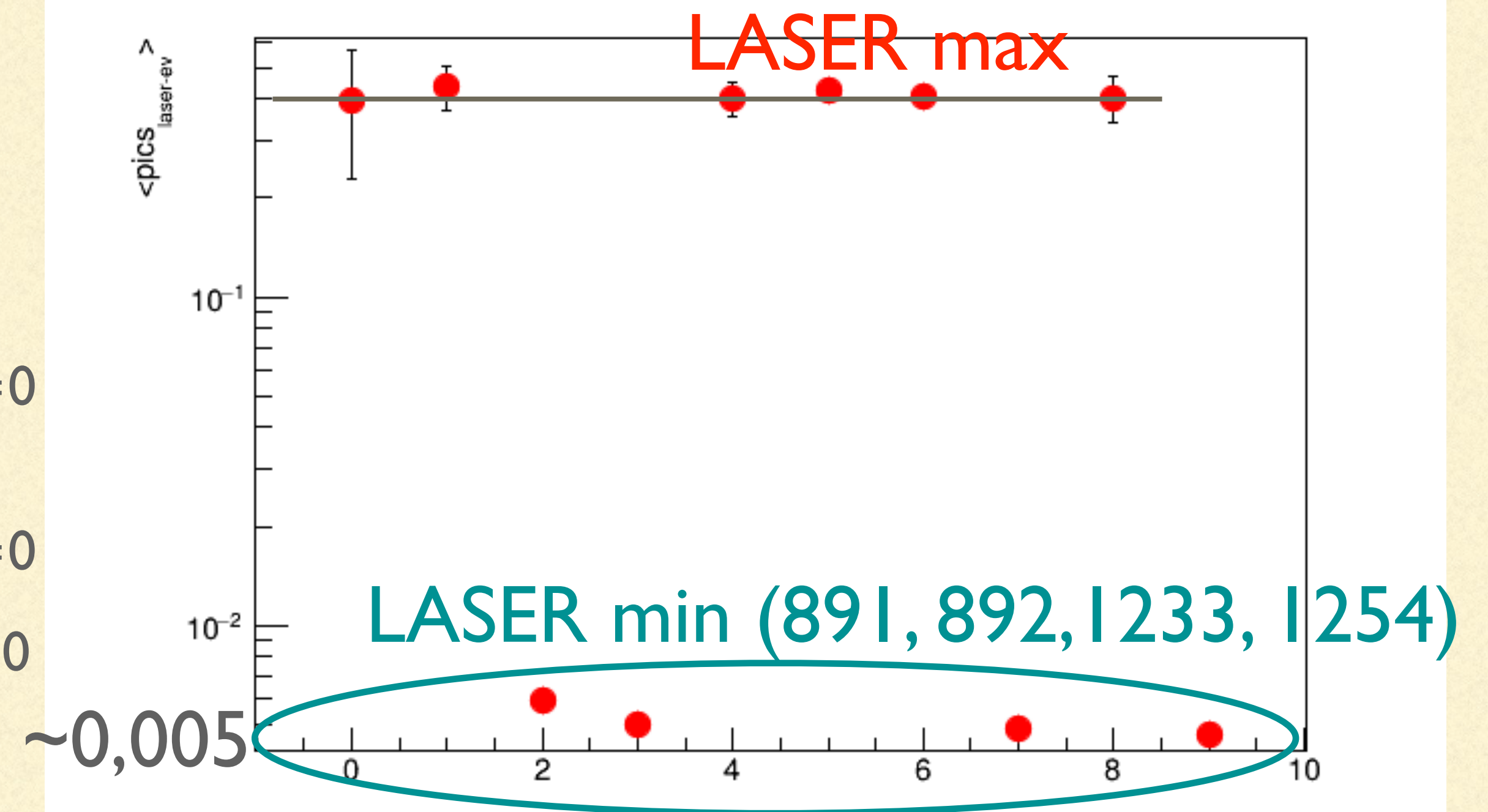
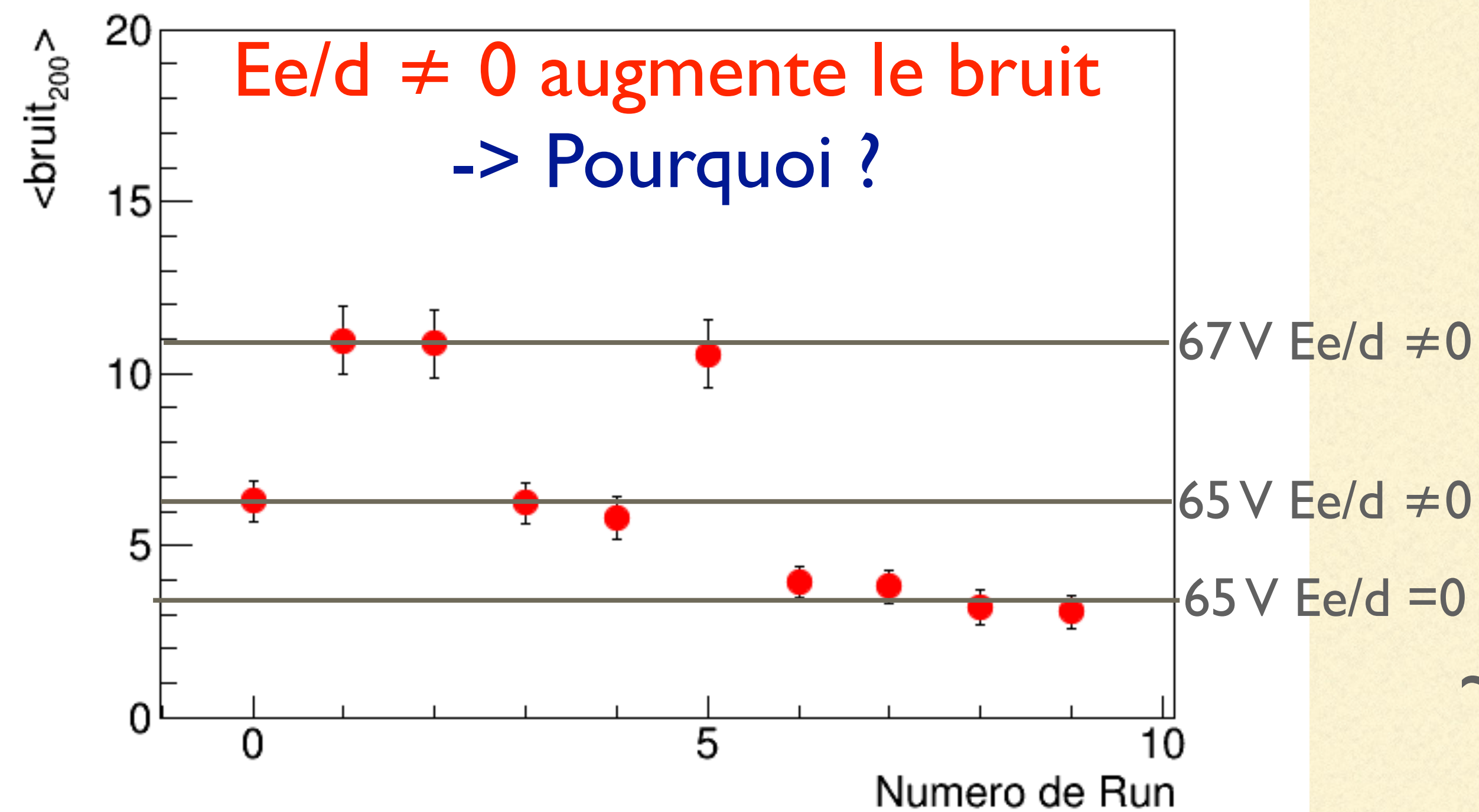


Distribution gaussienne pour tous les estimateurs

EVOLUTION DES ESTIMATEURS EN FONCTION DU RUN ●



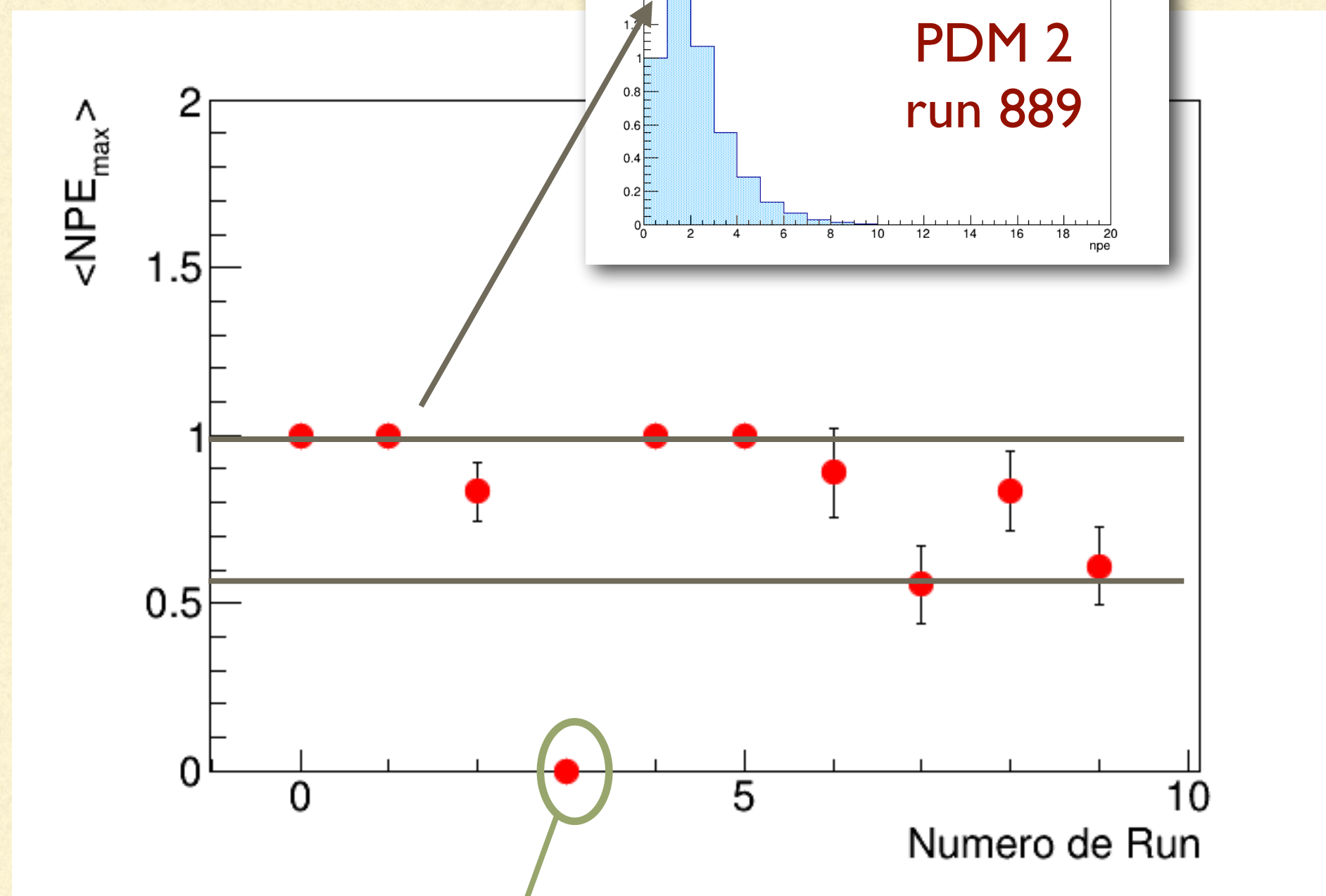
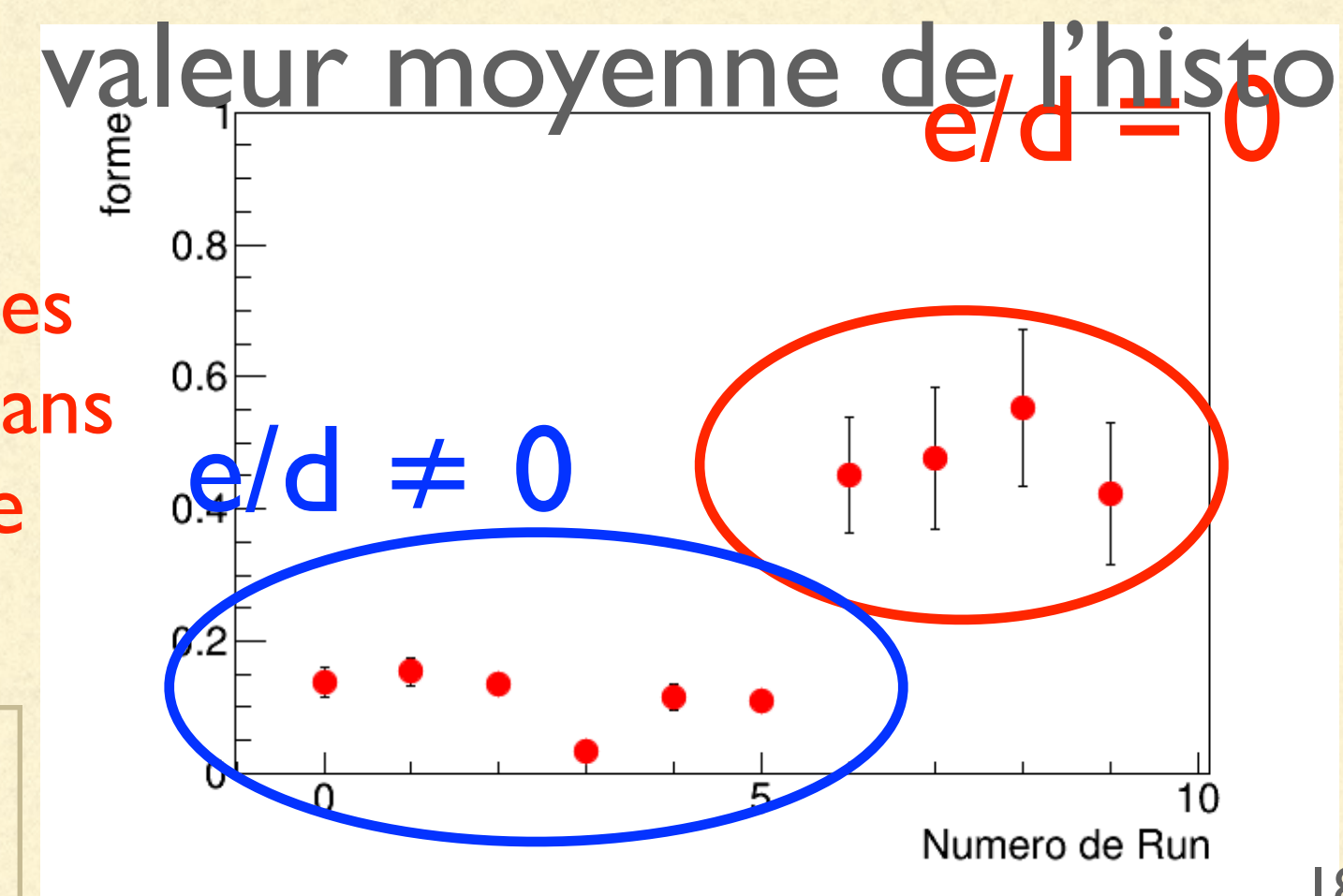
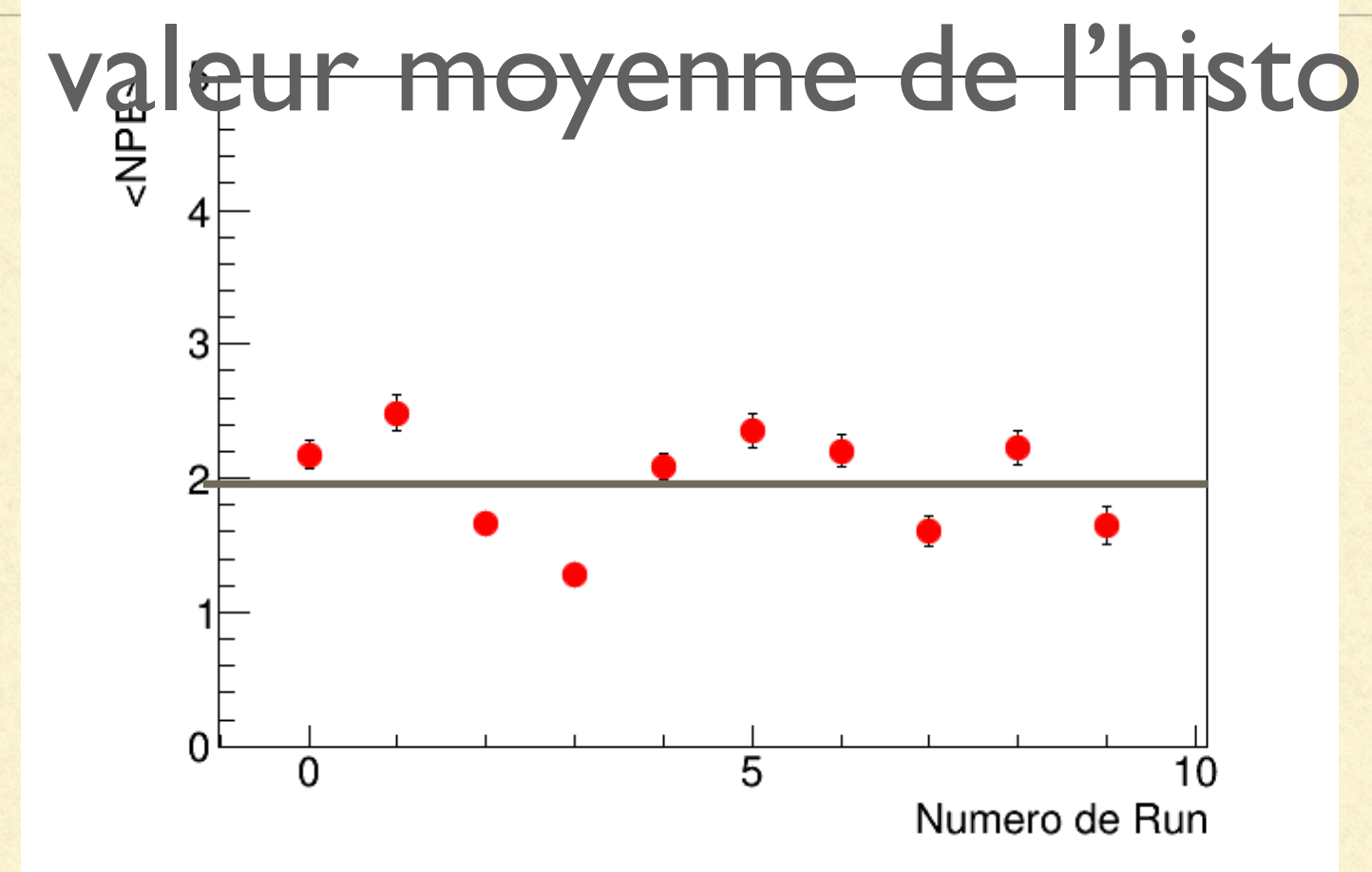
Point rouge : moyenne de l'histogramme \pm RMS/sqrt(N)



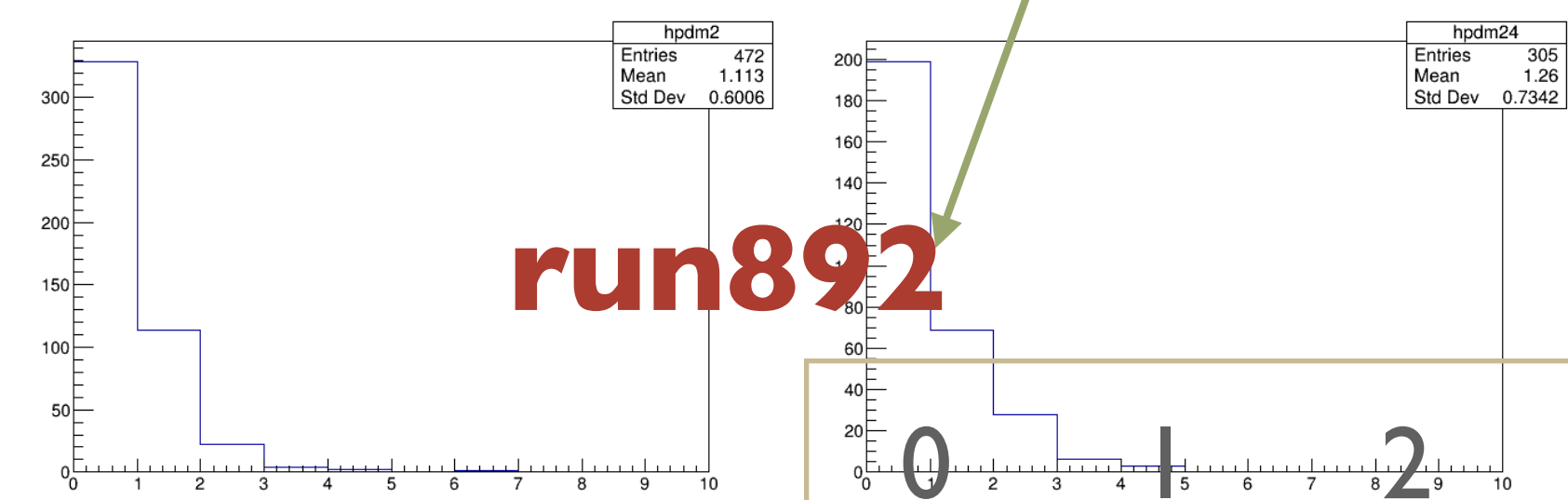
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
888	889	891	892	893	894	1232	1233	1253	1254

EVOLUTION DES ESTIMATEURS EN FONCTION DU RUN

Point rouge : moyenne de l'histogramme \pm RMS/sqrt(N)



PDM 2 non problématique. Dispersion entre les formes augmente dans ces conditions de mesure



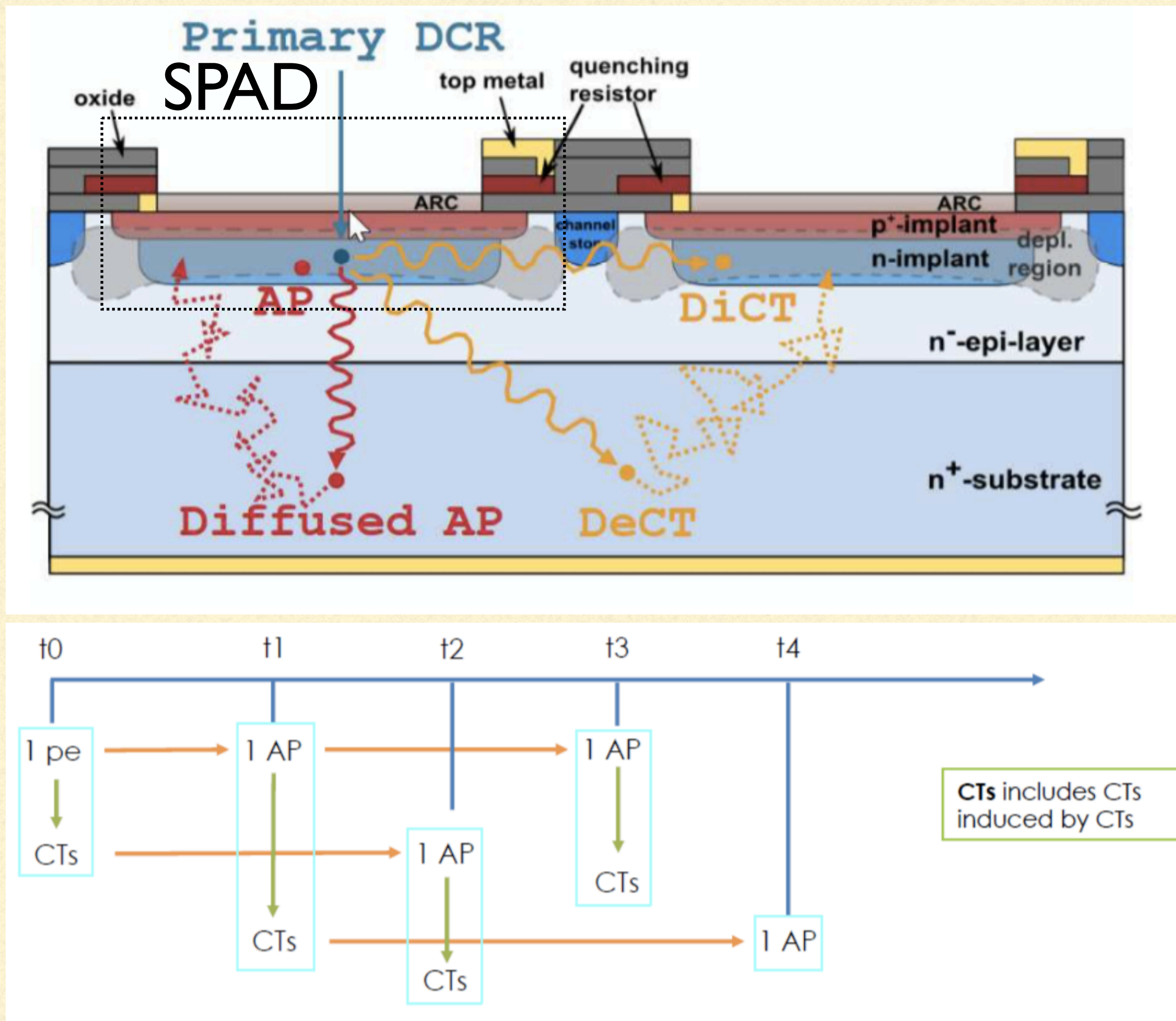
run 892

888	889	891	892	893	894	1232	1233	1253	1254
-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------

LE CROSS-TALK

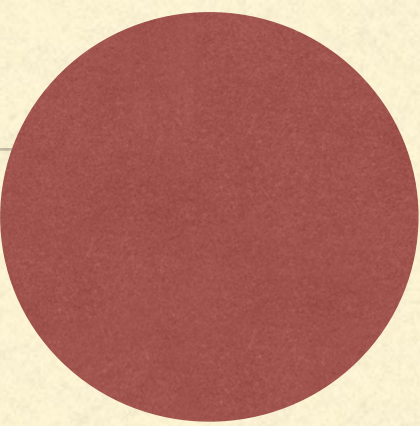
Experts : Davide et Julie

Principe



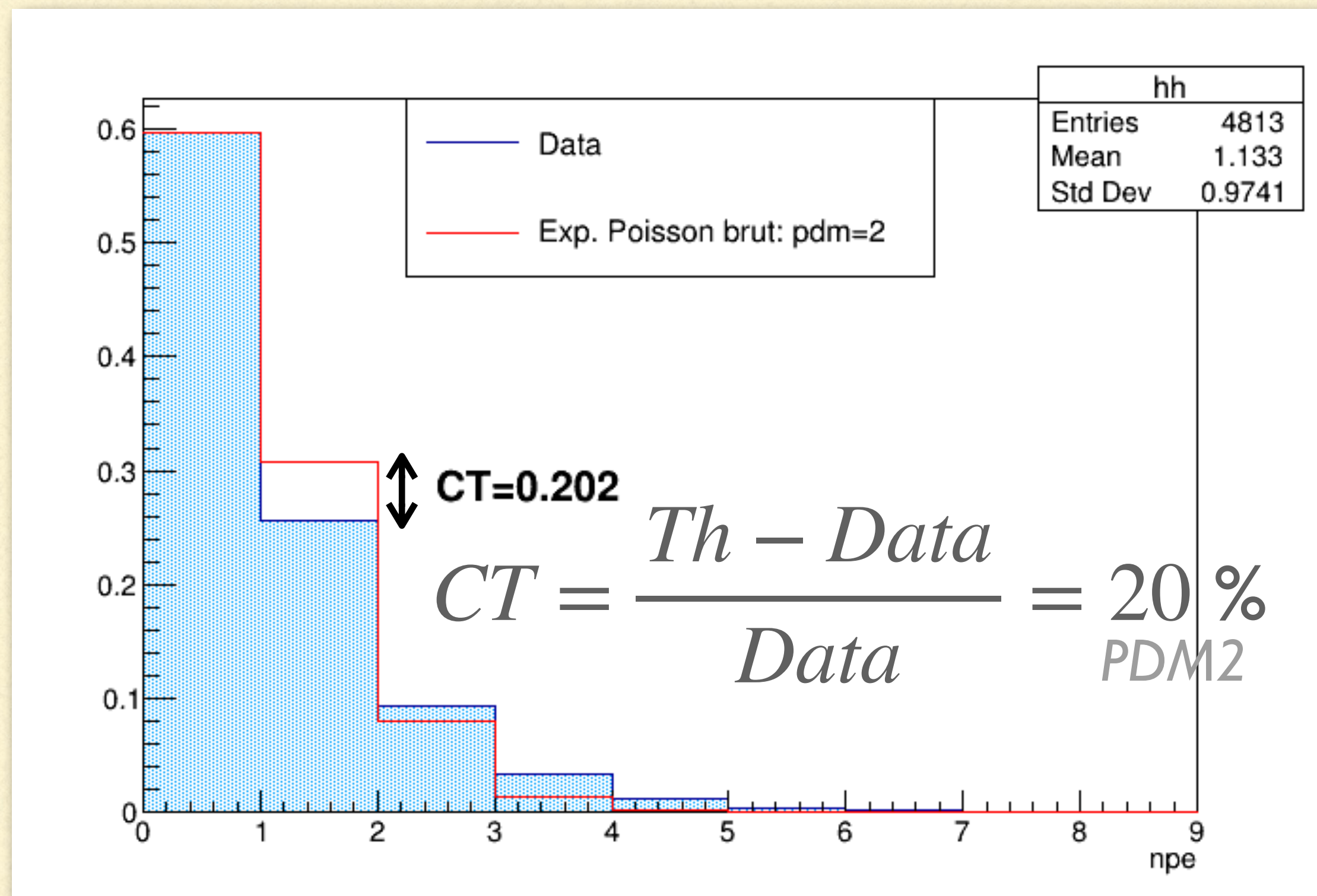
- Les SPAD voisins (d'un certain SPAD x) reçoivent le signal qu'aurait du recevoir le SPAD x => on a trouvé un moyen de mesurer cet effet
- CT = effet instantané
- C'est une mesure qui se fait hors laser

LE CROSS TALK



Exemple run 889, PDM2, zone 200-800

Principe de la mesure



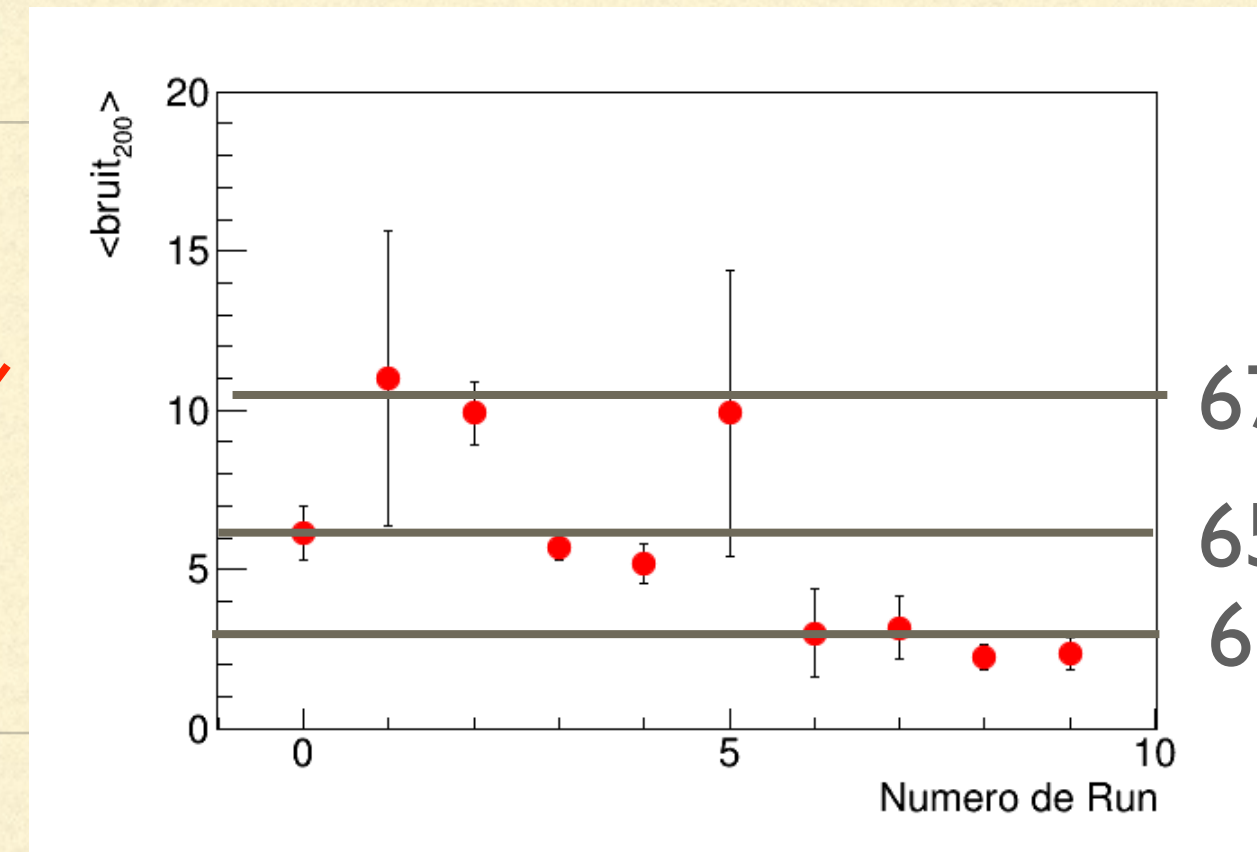
- On moyenne sur le nombre de pics (4813)
=> pas d'erreur statistique
- Courbe rouge = poissonienne théorique =
ce qu'on s'attend à obtenir
- On mesure l'écart des données à la
prédiction et on interprète le résultat
comme venant du CT

À clarifier avec les experts

CROSS TALK DANS LA ZONE 200-800 ●

Point rouge : moyenne de l'histogramme \pm RMS/sqrt(N)

$E \neq 0 \Rightarrow$ CT plus élevé ET bruit plus élevé

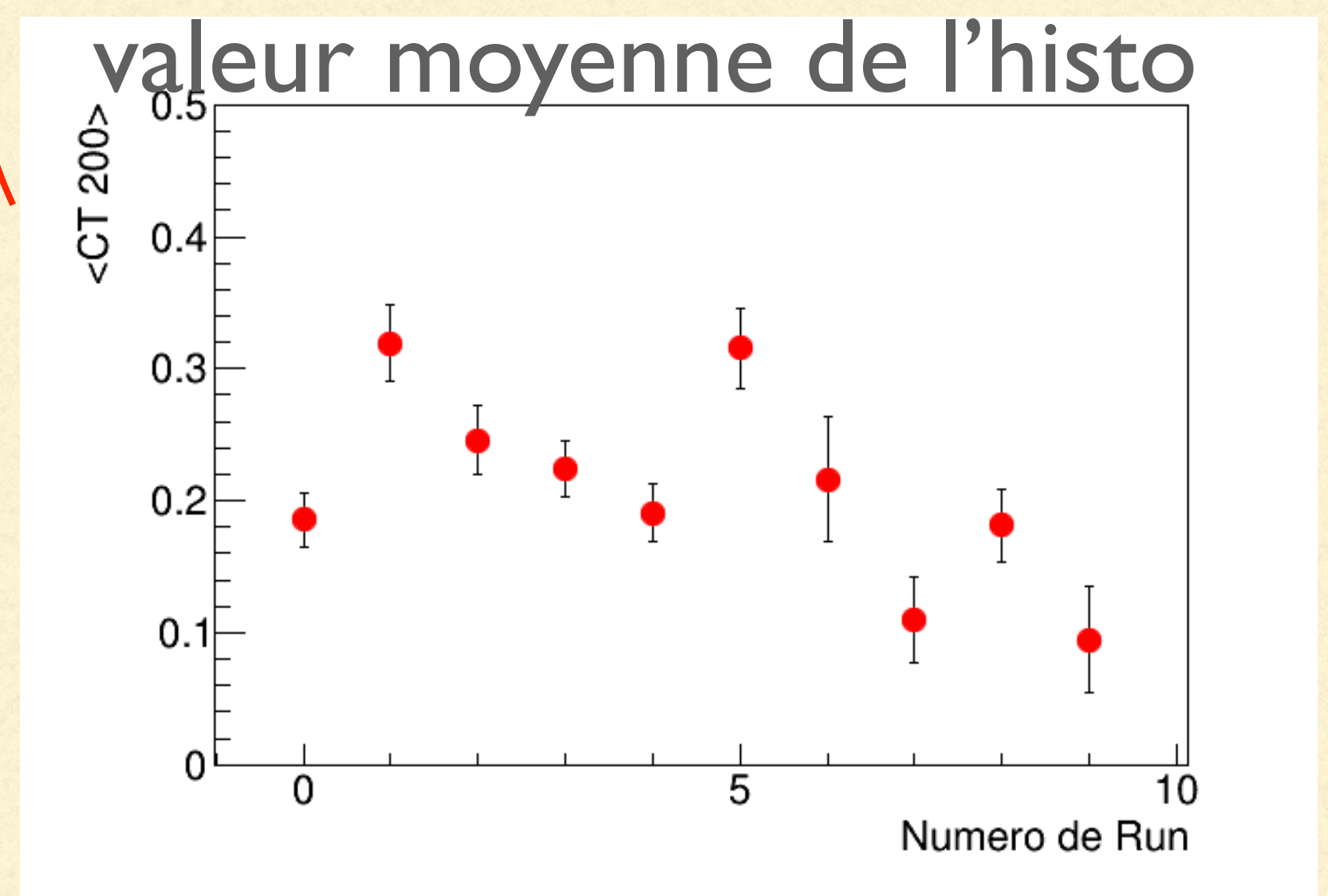
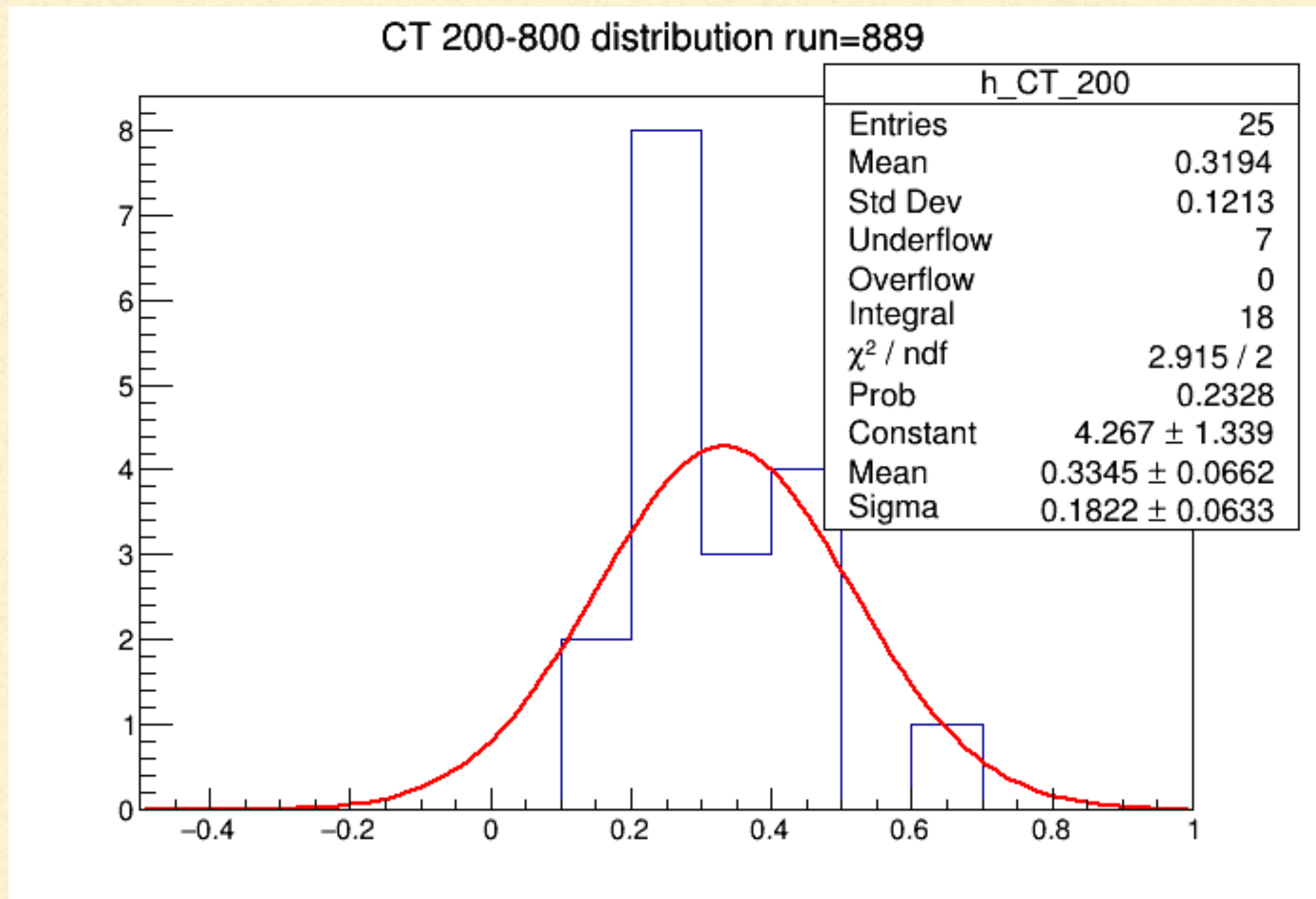


run 889

67 V Ee/d $\neq 0$

65 V Ee/d $\neq 0$

65 V Ee/d = 0



valeur moyenne de l'histo

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
888	889	891	892	893	894	1232	1233	1253	1254

- $10\% < \text{CT} < 40\%$
- $\text{CT}(67\text{V}) > \text{CT}(65\text{V})$
- $\text{CT}(E \neq 0) > \text{CT}(E = 0)$ (corrélé bruit) 21

CONCLUSION

10 runs laser avec différentes caractéristiques (Δt , Min/Max, Vbias, Gaz ON/OFF)

Reconstruction du signal

- 30 % de PDMs pathologiques
- 70% restants ont des comportements similaires (donnent des estimateurs gaussiens pour le nb de pics) reconstruits et npe
- Nombre de pics reconstruits dans le bruit : 67V, $E \neq 0$ > 65V $E \neq 0$ > 65V, $E=0$ -> ?
- Dans le pic LASER : 100 x plus de pics reconstruits dans LASER max que LASER min
- On ne voit pas de corrélation logique entre NPE (max ou moy) et les caractéristiques du run
- Variation de la forme de la distribution de npe bcp plus importante quand $E=0$ que lorsque $E \neq 0$

Cross Talk

- CT entre 10% et 40% (sur les 70% de PDM valides)
- Le CT augmente avec Vbias et avec le champ électrique (E dérive et E extraction)

PERSPECTIVES

Clarification avec les experts :

- $\Delta t < 10$ eht
- Calibration
- Definition du CT

Travail de notre côté :

- Regarder les 15 autres runs LASER restants
- Étude plus approfondie du bruit avec d'autres runs Random (dont les caractéristiques correspondent à nos run LASER)

DISTANCE ENTRE LES PICS

Delta t

LASER: /sps/nusol/Proto0/reco/ntuple_v0001/run_889_window2us_3956940_0.root

- Ecart entre deux pics : possibilité d'avoir un ecart <10 ech. ?? → 54 cas

dt<6, Arrive dans les premiers ech. Bias ?

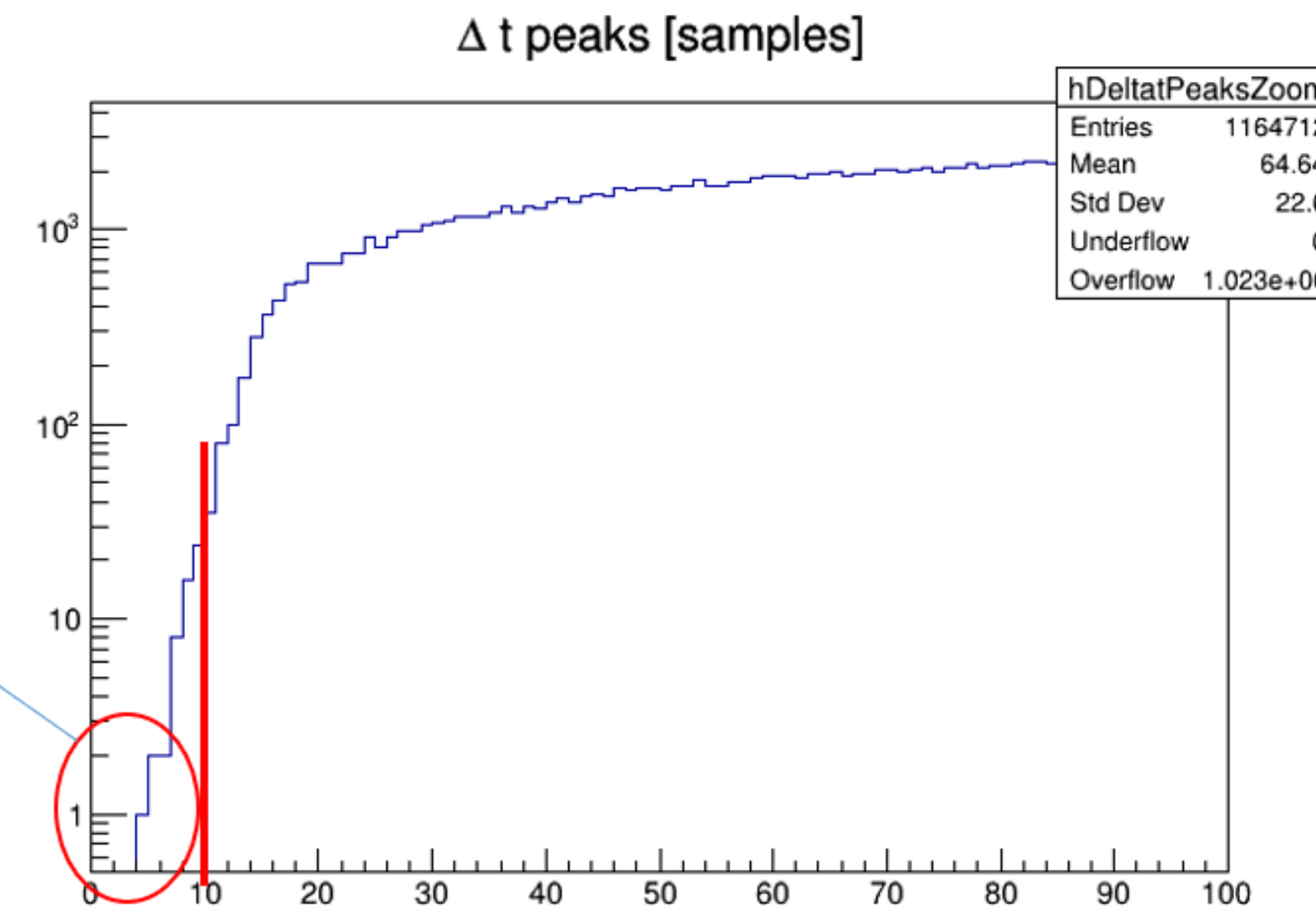
```

root [6] dstree->Scan("ev:trigtime:pk_ch:pk_pdm:pk_p:pk_npe:pk_t", "ev==21371 && pk_pdm==19")
*****
* Row * Instance * ev * trigtime * pk_ch * pk_pdm * pk_p * pk_npe * pk_t *
*****
* 21371 * 17 * 21371 * 1252 * 42 * 19 * 14.587389 * -0.036846 * 9 *
* 21371 * 18 * 21371 * 1252 * 42 * 19 * 118.66886 * 0.9358773 * 13 *

root [4] dstree->Scan("ev:trigtime:pk_ch:pk_pdm:pk_p:pk_npe:pk_t", "ev==63365 && pk_pdm==20")
*****
* Row * Instance * ev * trigtime * pk_ch * pk_pdm * pk_p * pk_npe * pk_t *
*****
* 63365 * 23 * 63365 * 1252 * 48 * 20 * 18.331419 * 0.0539947 * 7 *
* 63365 * 24 * 63365 * 1252 * 48 * 20 * 90.372024 * 0.7484289 * 12 *

root [5] dstree->Scan("ev:trigtime:pk_ch:pk_pdm:pk_p:pk_npe:pk_t", "ev==91479 && pk_pdm==19")
*****
* Row * Instance * ev * trigtime * pk_ch * pk_pdm * pk_p * pk_npe * pk_t *
*****
* 91479 * 24 * 91479 * 1252 * 42 * 19 * 21.326168 * 0.0261324 * 11 *
* 91479 * 25 * 91479 * 1252 * 42 * 19 * 153.78109 * 1.2640289 * 16 *
    
```

Ecart min devrait etre 10 ech.:



Si on étends a dt<10, on retrouve 2/3 le PDM=19 (connu comme bruyant)

Autre evt intéressant près du pic lié au laser

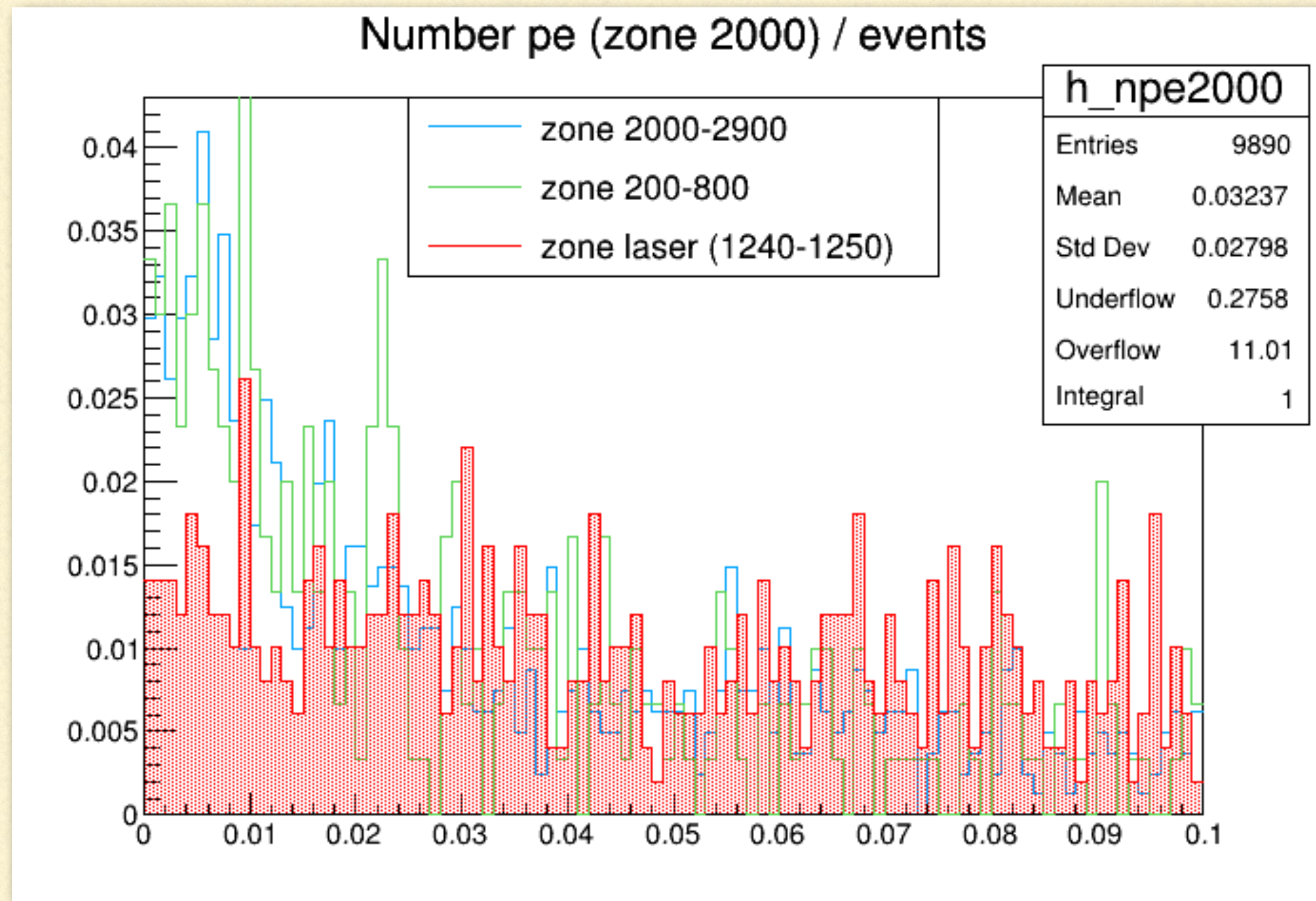
```

root [3] dstree->Scan("ev:trigtime:pk_ch:pk_pdm:pk_p:pk_npe:pk_t", "ev==36712 && pk_pdm==5")
*****
* Row * Instance * ev * trigtime * pk_ch * pk_pdm * pk_p * pk_npe * pk_t *
*****
* 36712 * 7 * 36712 * 1252 * 8 * 5 * 10.415046 * -0.061703 * 1249 *
* 36712 * 8 * 36712 * 1252 * 8 * 5 * 1742.0012 * 19.633316 * 1257 *
    
```

```

CODE filtering.py appele par laser.py (peaks = self.mfilter.find_peaks(filtered_wf, filterWF=False)
--> 'prominence' d'un pic > 10xsigmas bruit
> " 'pfinder_distance': 10, \n",
--> Distance entre 2 pics > 10 samples
> " 'pfinder_width': 4, \n",
--> Largeur d'un pic > 4 samples
> " 'pfinder_offset': 5, \n",
--> # shift the positions by the template offset to return the correct position of the original WF
    
```


DISTRIBUTION DE PK_NPE



valeurs brutes car dep pas du binning comme ca

TABLEAU COMPARATIF, ESTIMATEURS RECONSTRUCTION

n° run (nov)	nb evt	nb de pics	Tension SiPM	Intensité Laser	Acquis	E ext/ Ed (V/cm)	Gaz	NPE max	NPE moy	NPE forme
889	102 053	1 720 952	67	max	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON	1	2,54	0,15
891	99 631	613 190	67	min	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON	0,83	1,66	0,14
888	100 563	1 338 699	65	max	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON	1	2,18	0,14
892	99 488	346 941	65	min	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON	0	2,29	0,03
893	47 184	828 515	65	max	-5/+25	e: 2800 d: 200	ON	1	2,09	0,12
894	47 848	1 207 500	67	max	-5/+25	e: 2800 d: 200	ON	1	2,36	0,11
1232	100 032	1 657 911	65	max	-5/+7	e: 0 d: 0	ON	0,89	2,40	0,45
1233	100 047	794 708	65	min	-5/+7	e: 0 d: 0	ON	0,56	2,44	0,48
1253	100 643	1 703 670	65	max	-5/+7	e: 0 d: 0	OFF	0,83	1,61	0,55
1254	123 278	986 651	65	min	-5/+7	e: 0 d: 0	OFF	0,61	1,65	0,42

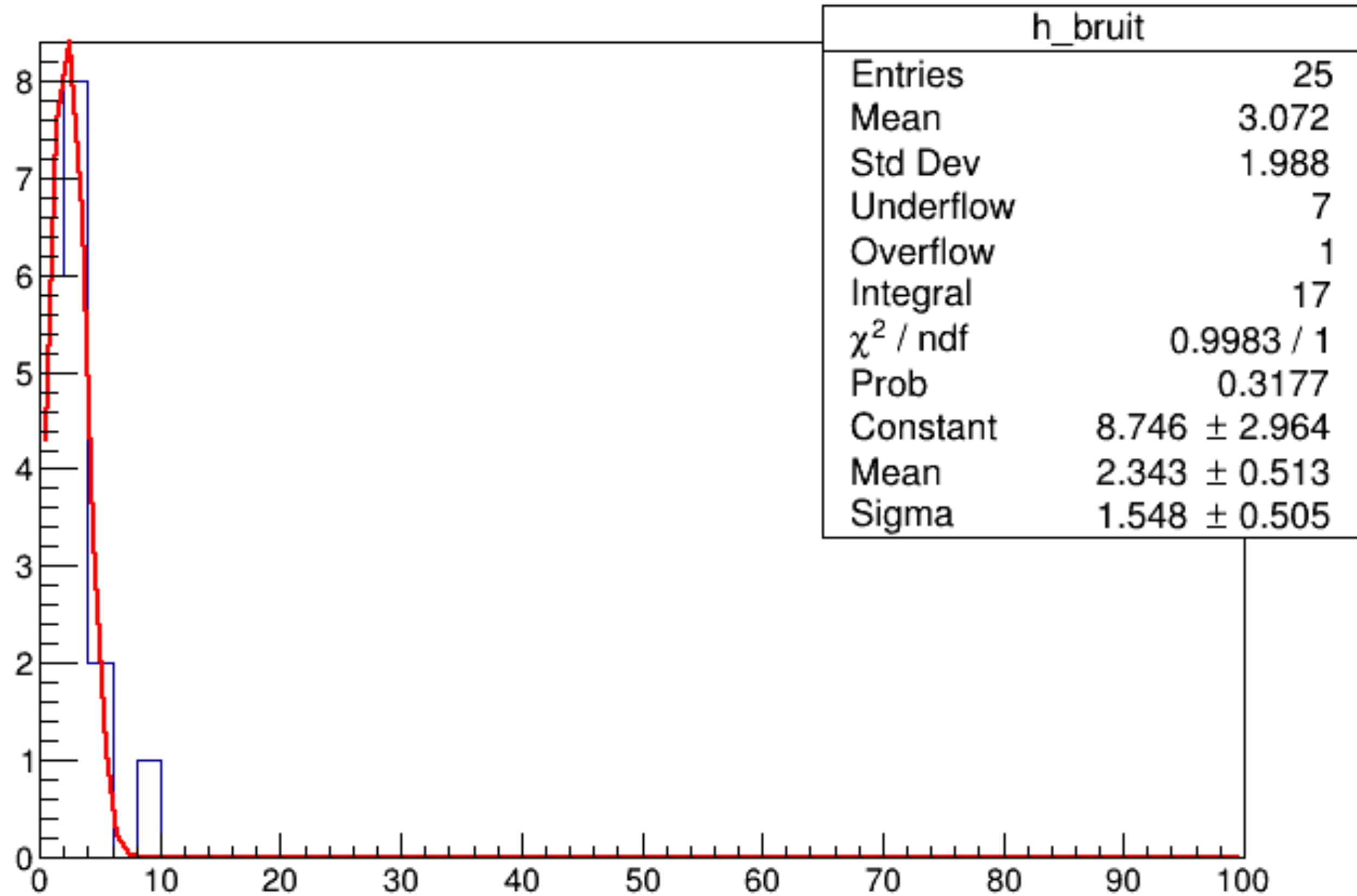
valeurs brutes car dep pas du binning comme ca

TABLEAU COMPARATIF, ESTIMATEURS CT

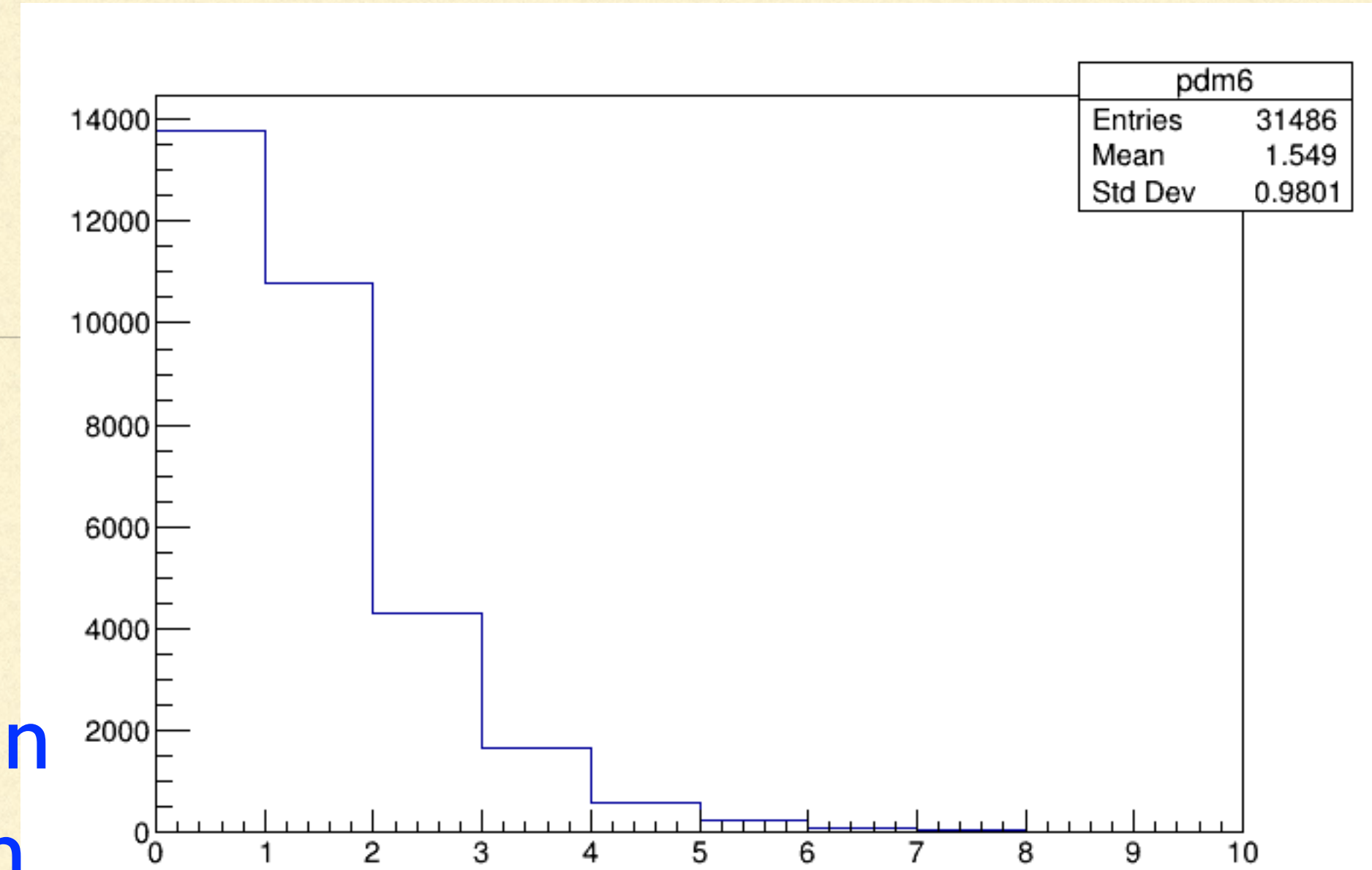
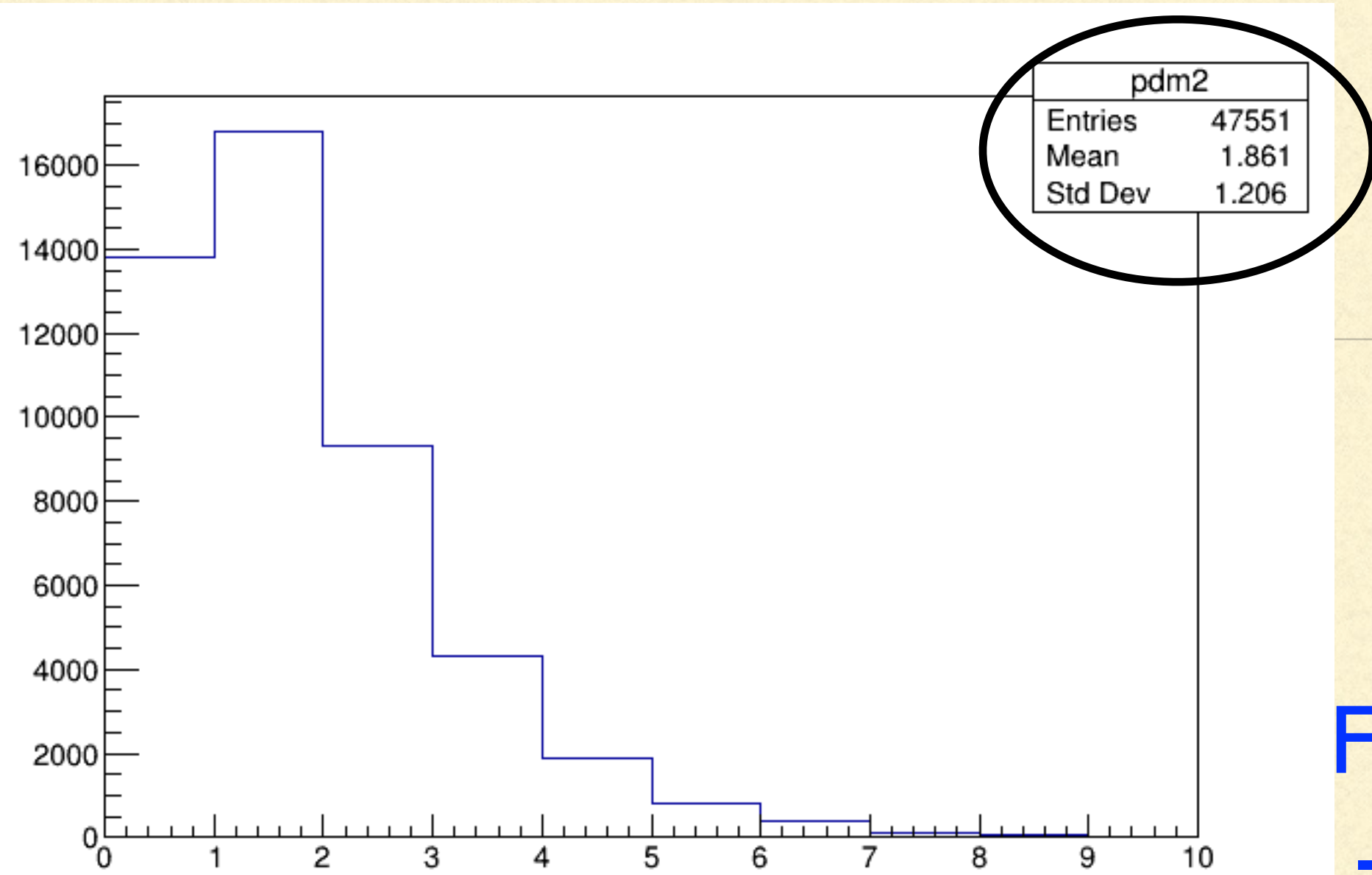
n° run	nb evt	nb de pics	Tension SiPM	Intensité Laser	Acquis	E ext/ Ed (V/cm)	Gaz	CT 200-800	niv bruit 200-800
889	102 053	1 720 952	67	max	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON	0,32	10,95
891	99 631	613 190	67	min	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON	0,25	10,87
888	100 563	1 338 699	65	max	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON	0,19	6,23
892	99 488	346 941	65	min	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON	0,22	6,23
893	47 184	828 515	65	max	-5/+25	e: 2800 d: 200	ON	0,19	5,79
894	47 848	1 207 500	67	max	-5/+25	e: 2800 d: 200	ON	0,32	10,57
1232	100 032	1 657 911	65	max	-5/+7	e: 0 d: 0	ON	0,22	3,95
1233	100 047	794 708	65	min	-5/+7	e: 0 d: 0	ON	0,16	3,82
1253	100 643	1 703 670	65	max	-5/+7	e: 0 d: 0	OFF	0,23	3,21
1254	123 278	986 651	65	min	-5/+7	e: 0 d: 0	OFF	0,15	3,07

FIT 1254 => OVERFLOW

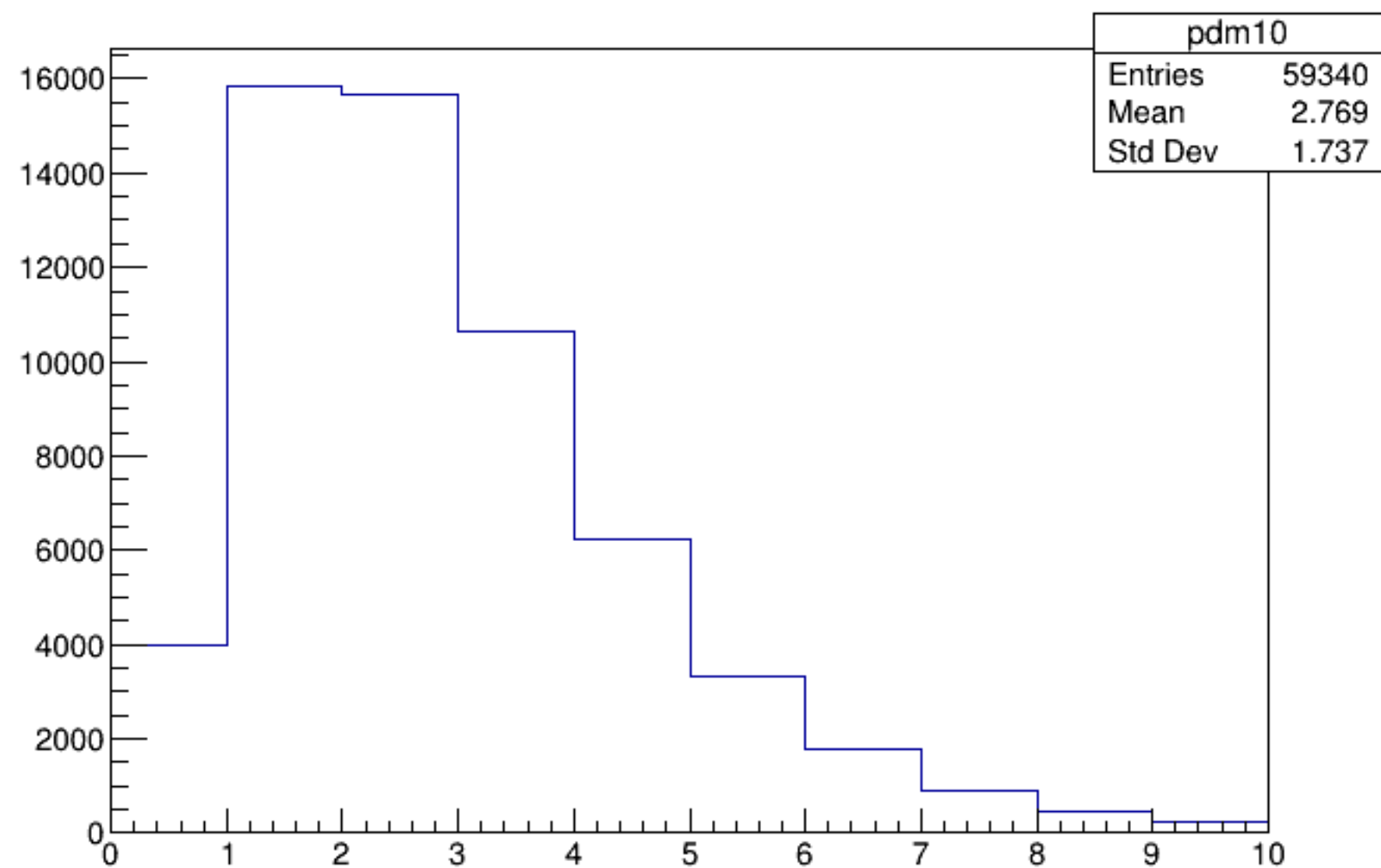
bruit moyen entre 200-800 echt run=1254



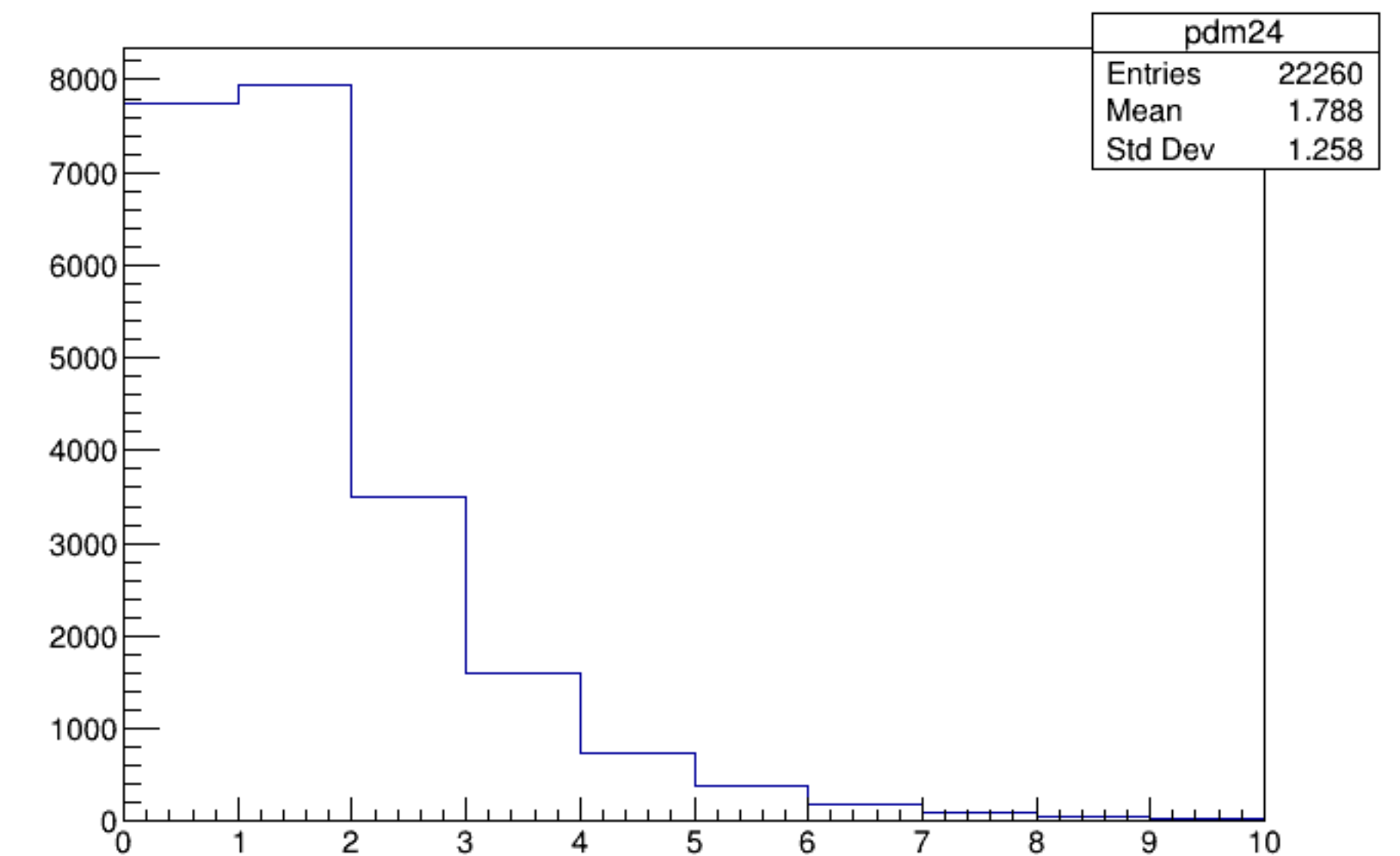
RUN 1253 -> FORME ???



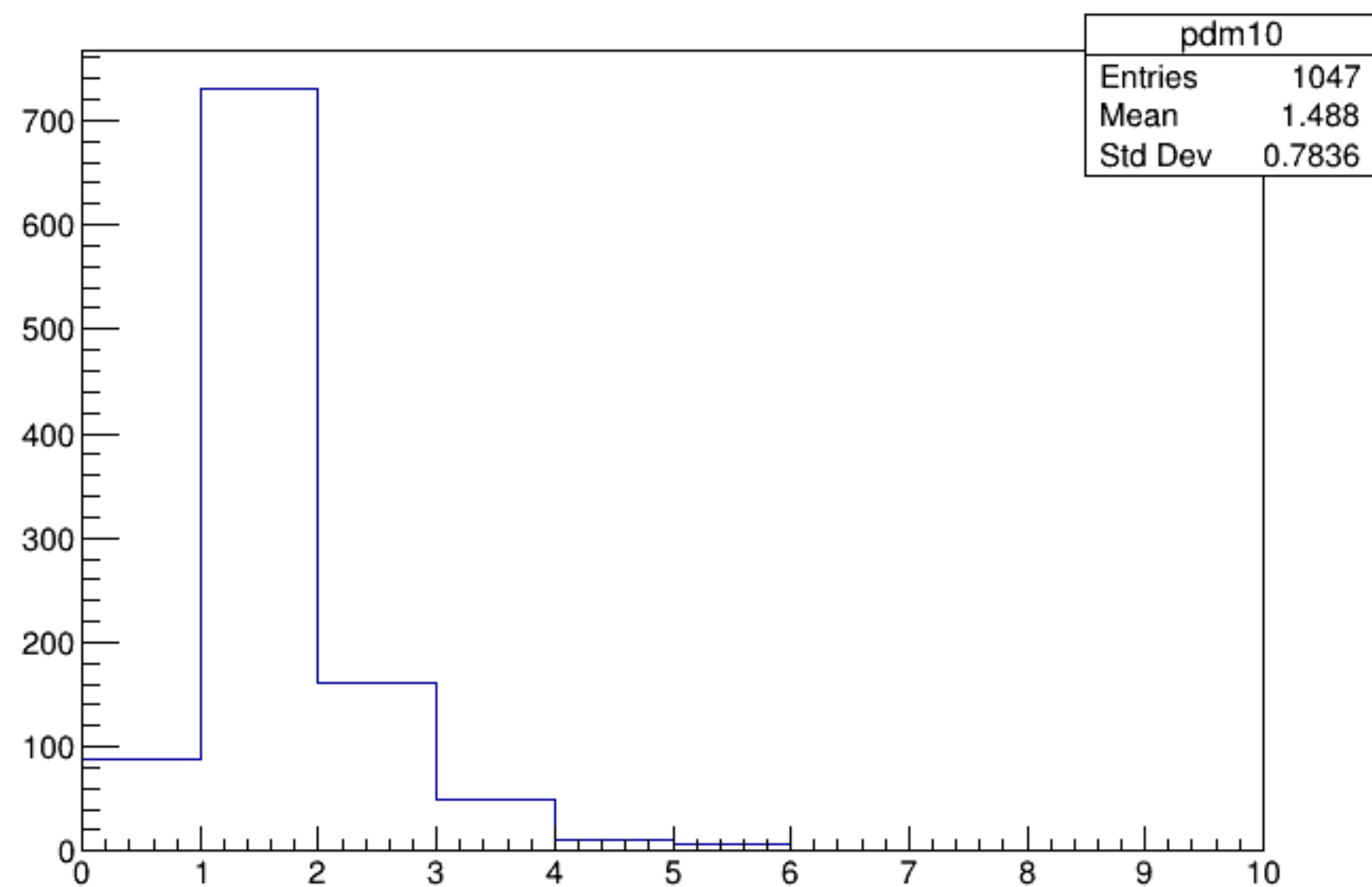
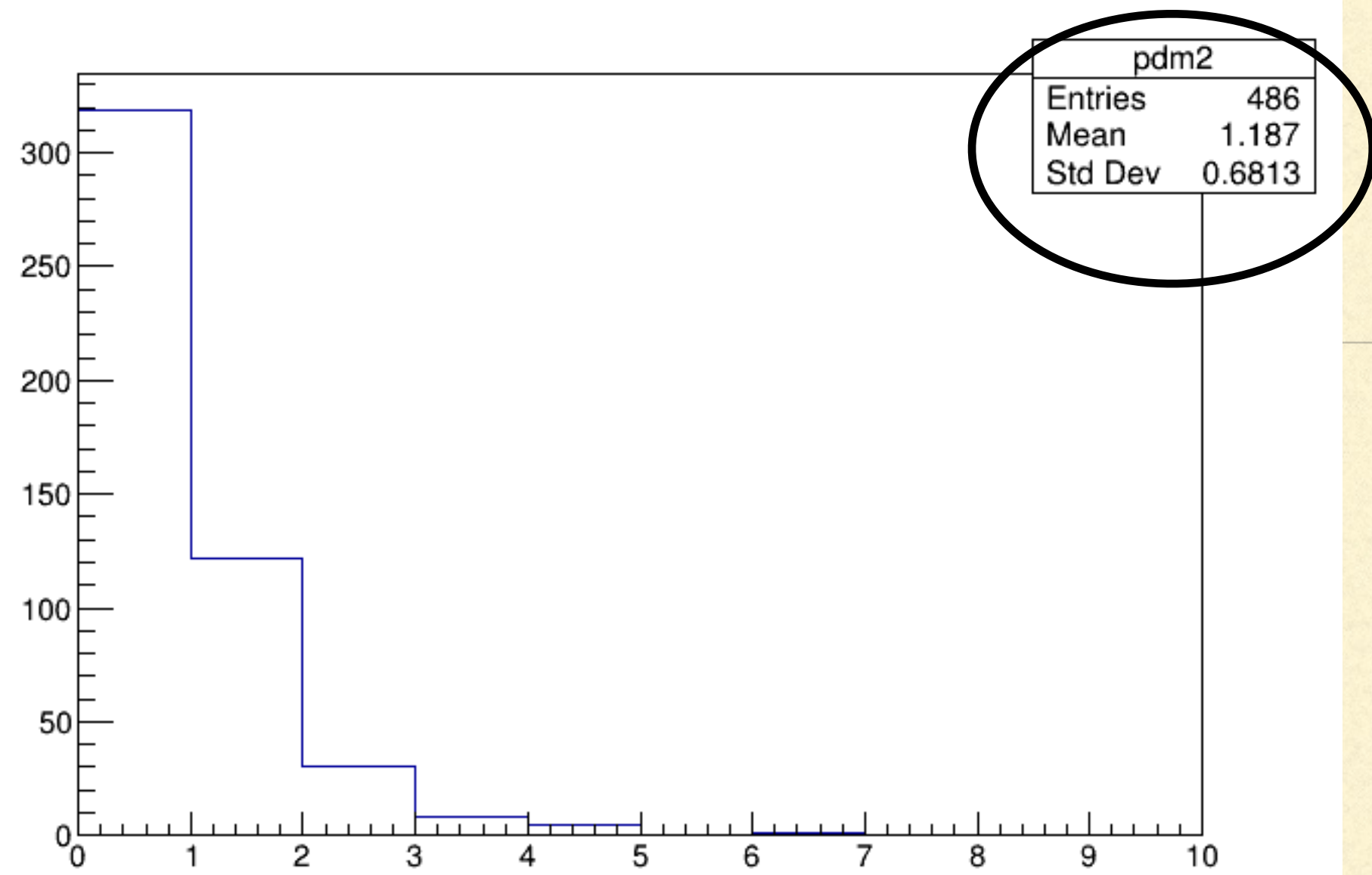
Forme de la distribution
-> super variable ds un
même run (1240-1250)



Mtn : trouver la raison



RUN 1254 -> FORME ???



runs good : 203
laser : 25
baseline : 6
baseline + blanket : 3
random trigger : 22
normal : 10
S1: 58
S2: 33
Monitoring : 46

