
ANALYSE DES DONNÉES DU PROTO 0

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

03/07/2020

RÉUNION ANALYSE DARKSIDE CPPM

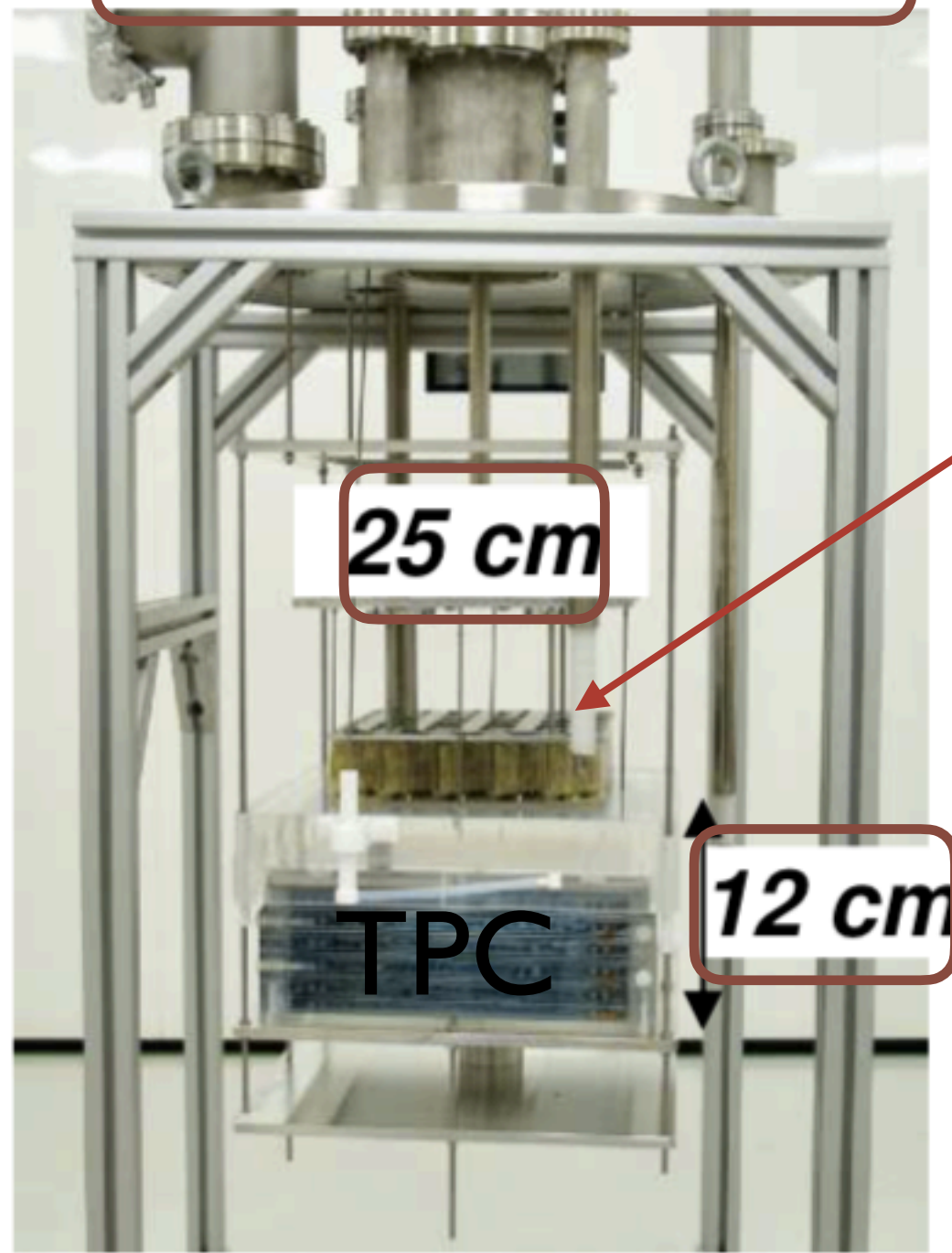
PROTO 0, SET UP

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)

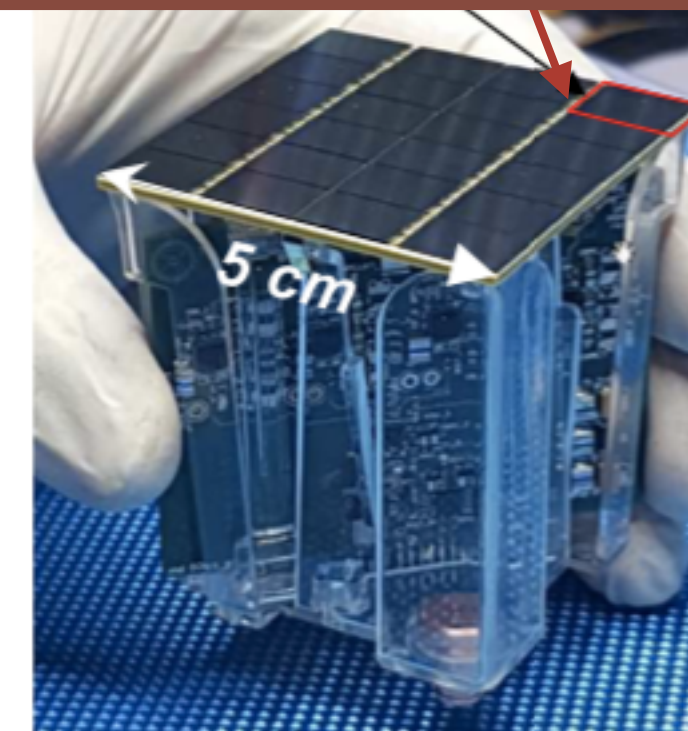


Une carte mère
= 25 (5x5) PDM

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

PRISE DE DONNÉES

- 4 types de run : - run physique (avec trigger) (S1, S2) (91)
 - run aléatoire (22)

ou 30 μs)

- **run LASER (25)** ($\Delta t : 12 \mu s$ ($T_{laser} \pm 6 \mu s$))

- Autres : Baseline run, Monitoring,

Normal(?)

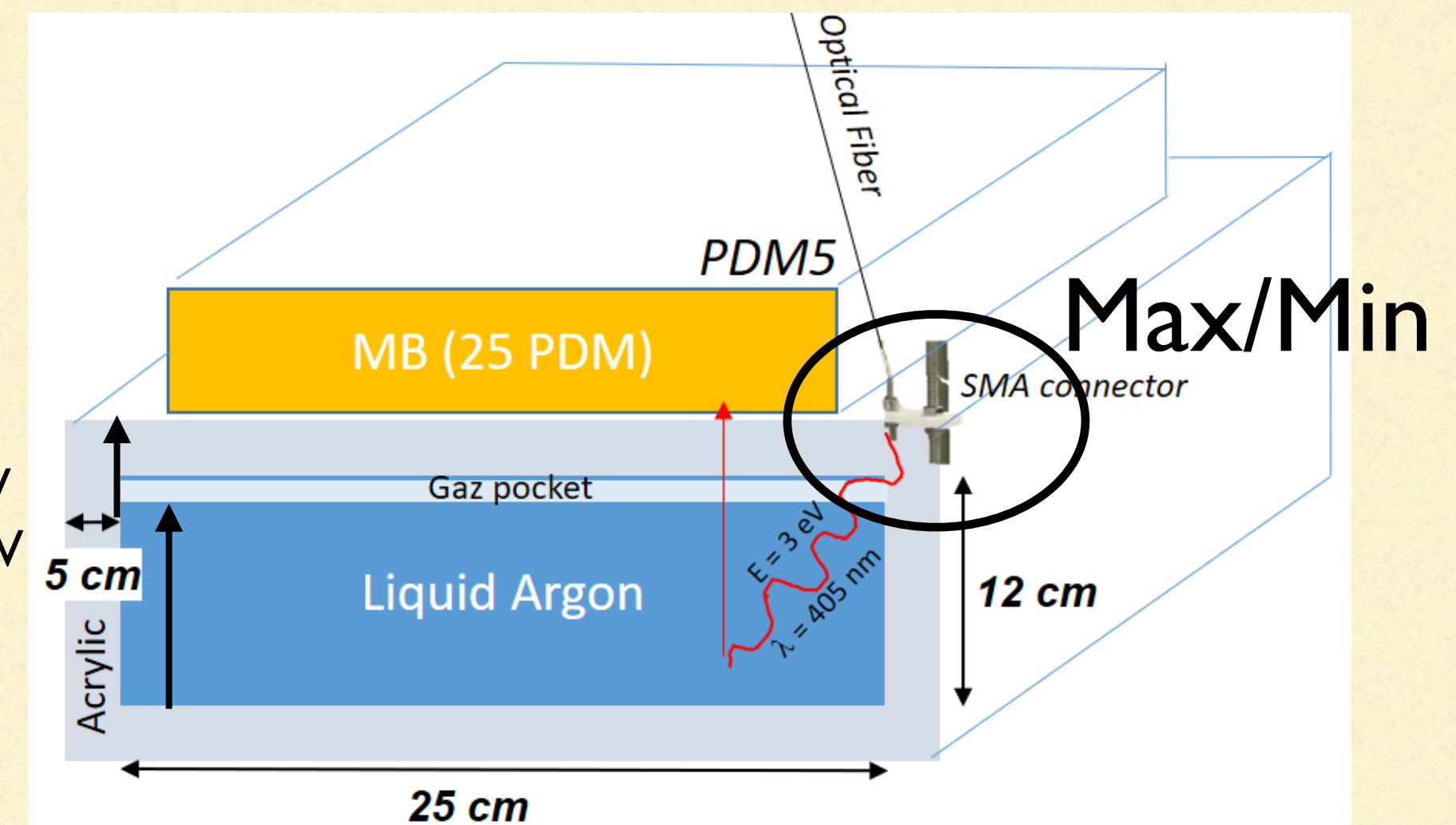
- 1 échantillon toutes les 4 ns $\Rightarrow \approx 3000$ échantillons au total par événement

- Analyse de 10 RUNs LASER avec différentes caractéristiques (Δt , Min/Max, Vbias, E)

run LASER

- LASER \rightarrow envoie des photons (**combien ?**) dans la cuve de la TPC (via une fibre optique)
- Photons interagissent avec les noyaux d'Argon Liquide et produisent un signal S2 (autour de 1 pe ?).

$E_d = 0$ ou 200V
 $E_e = 0$ ou 2800V



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) :

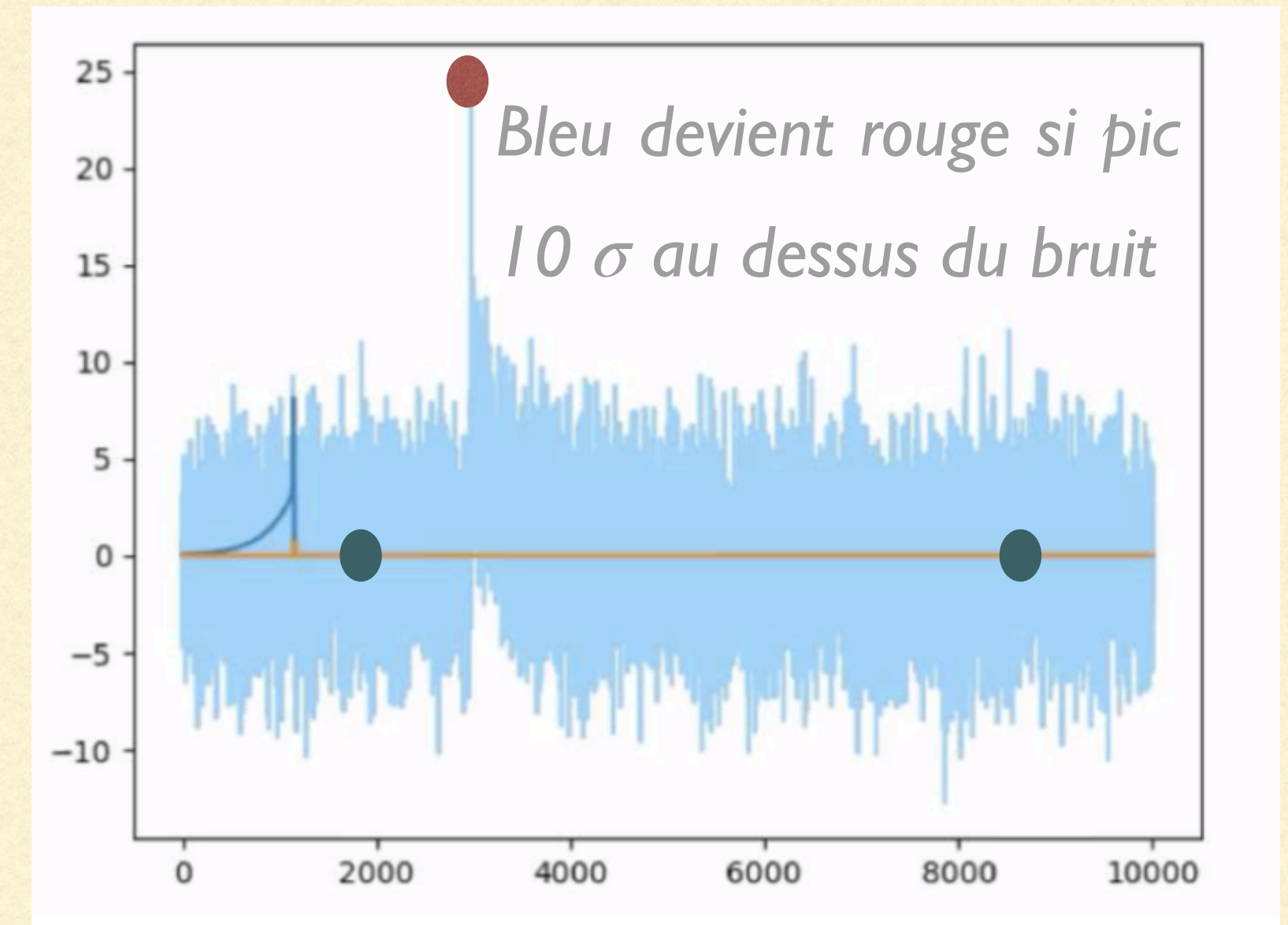
- pk_t

- pk_npe & pk_p (coups ADC)

- pk_pdm (numéroté de 1 à 25)

- pk_ch \rightarrow inutile in fine

- ch_npeaks \rightarrow ???



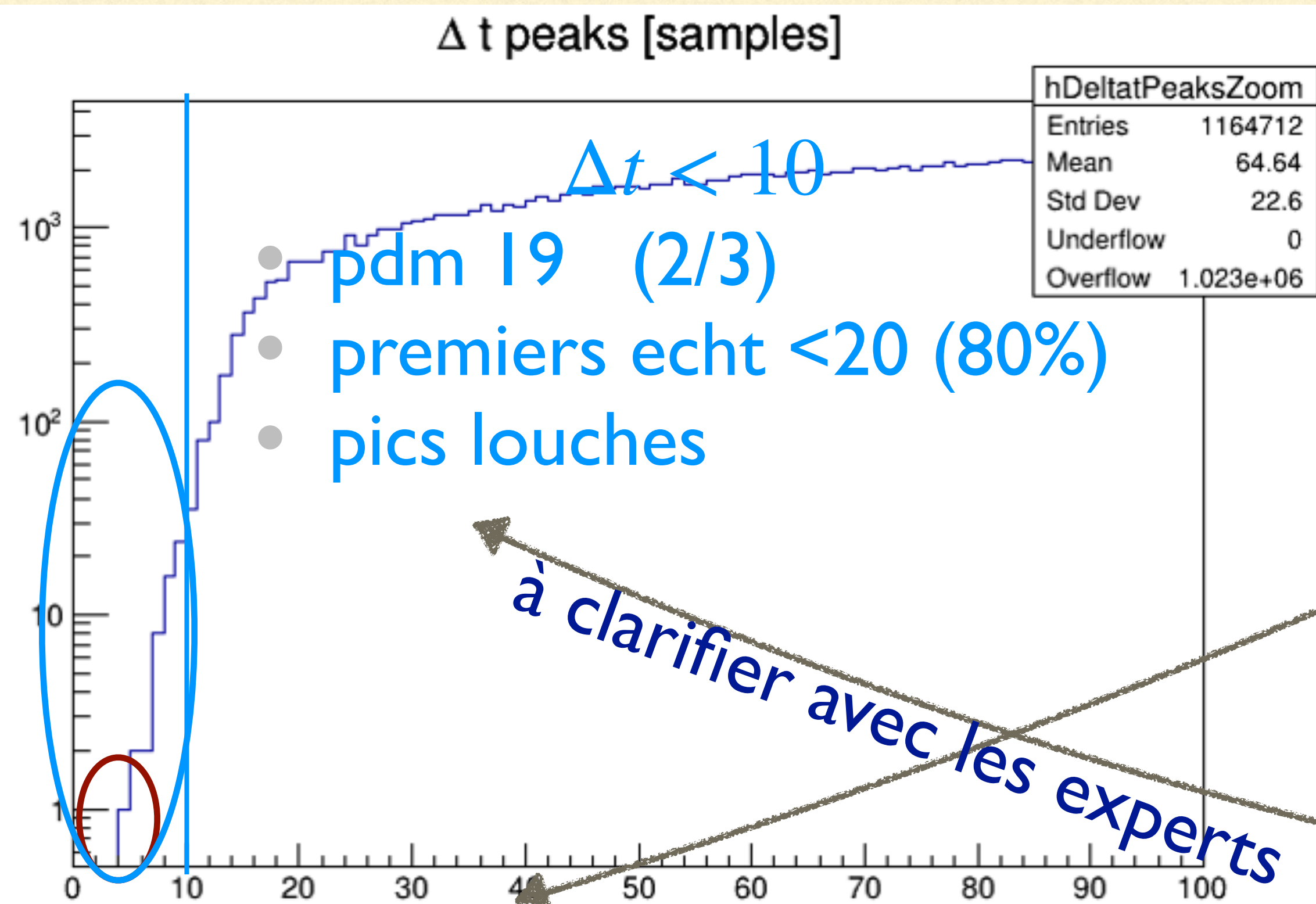
Algorithme de prominance :

- 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 $\Delta t > 4$ echant

Algorithme de *prominence* :

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

?

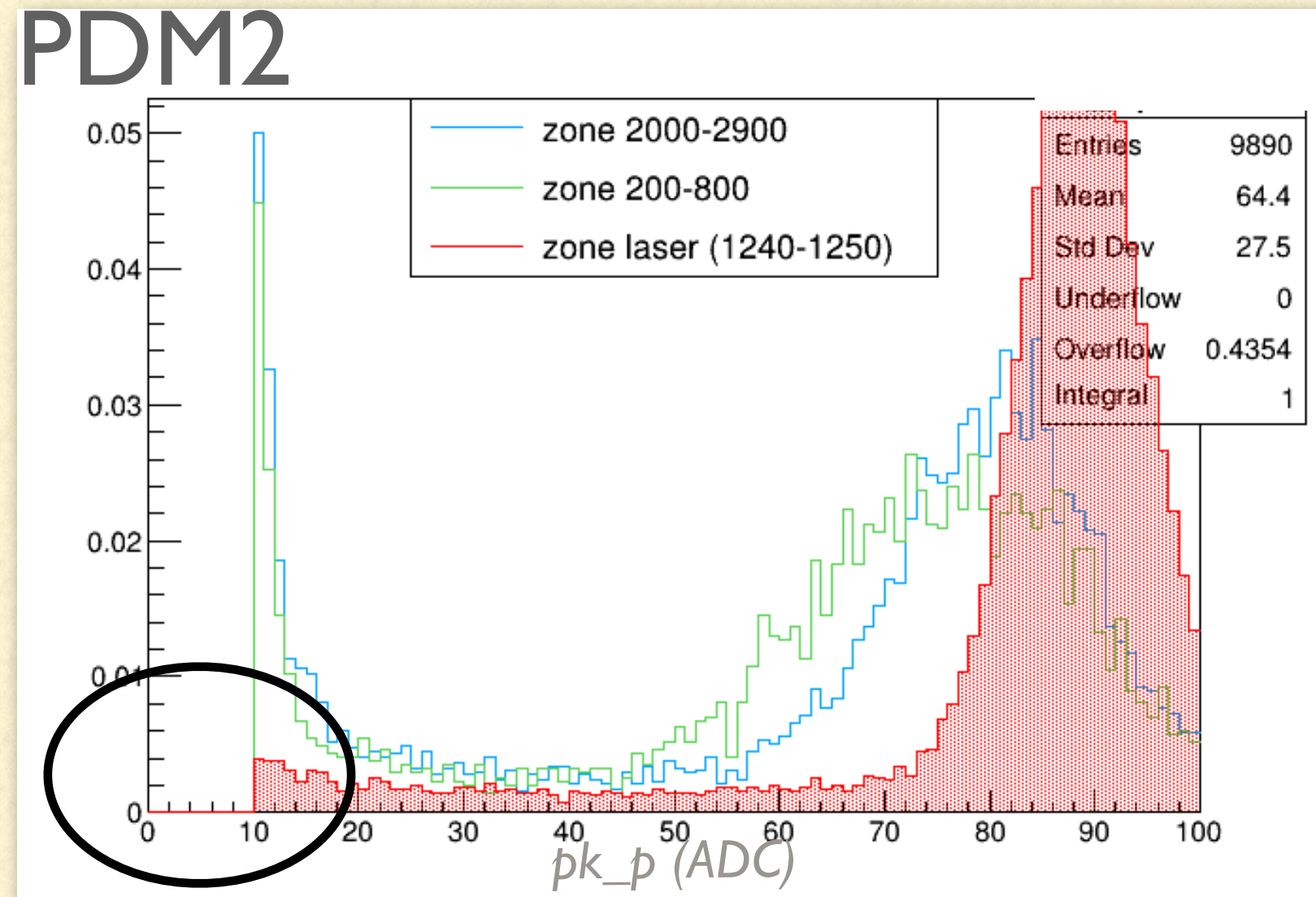
```
root [3] dstree->Scan("ev:trigtime:pk_ch:pk_pdm:pk_p:pk_npe:pk_t", "ev==36712 && pk_pdm==5")
*****
* Row * Instance *   ev * trigtime *  pk_ch *  pk_pdm *  pk_p *  pk_npe *  pk_t *
*****
* 36712 *    7 * 36712 * 1252 *    8 *    5 * 10.415046 * -0.061703 * 1249 *
* 36712 *    8 * 36712 * 1252 * 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

2pics proches particulièrement louches

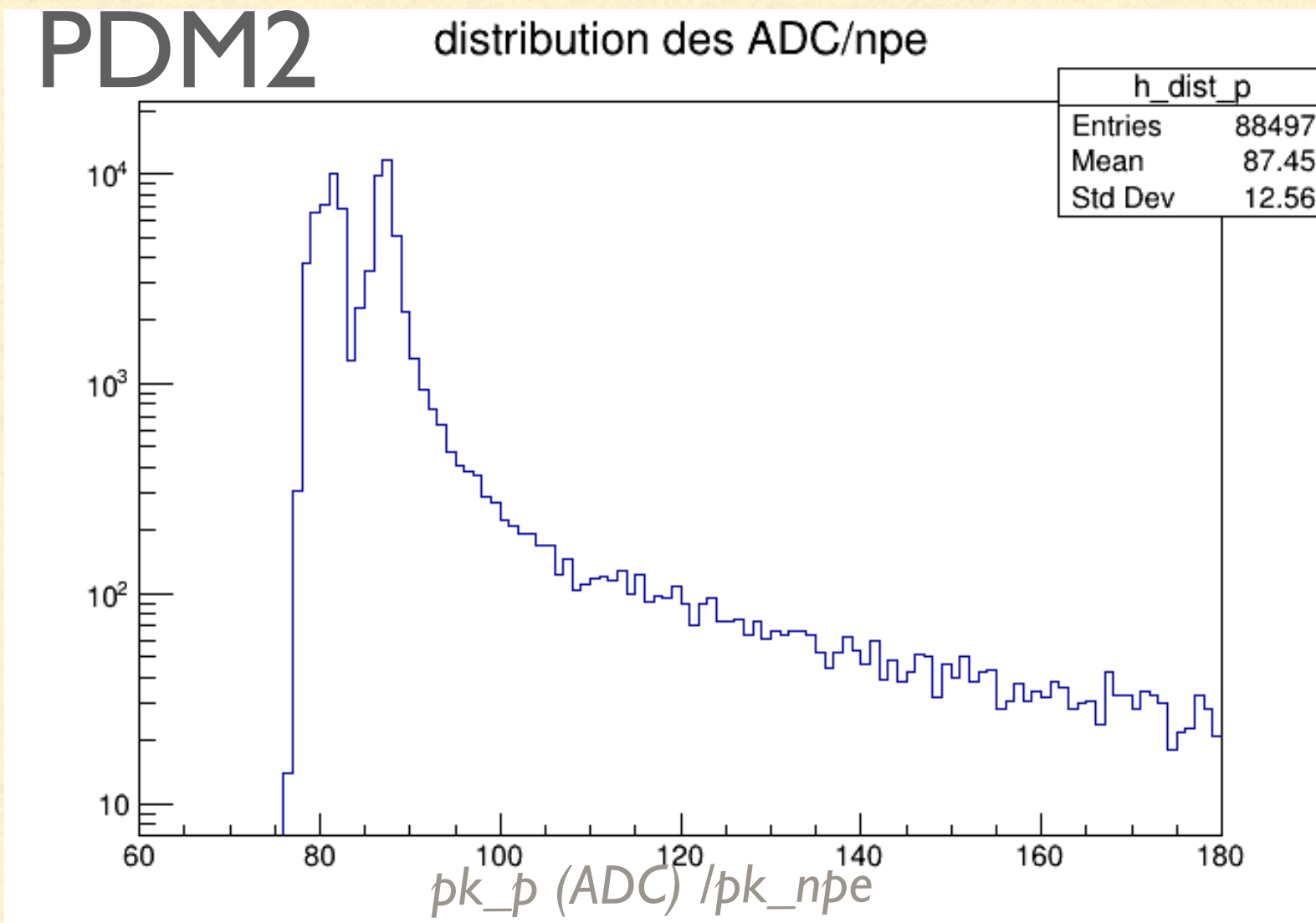
CALIBRATION

exemple : run 889, 102 053 evt

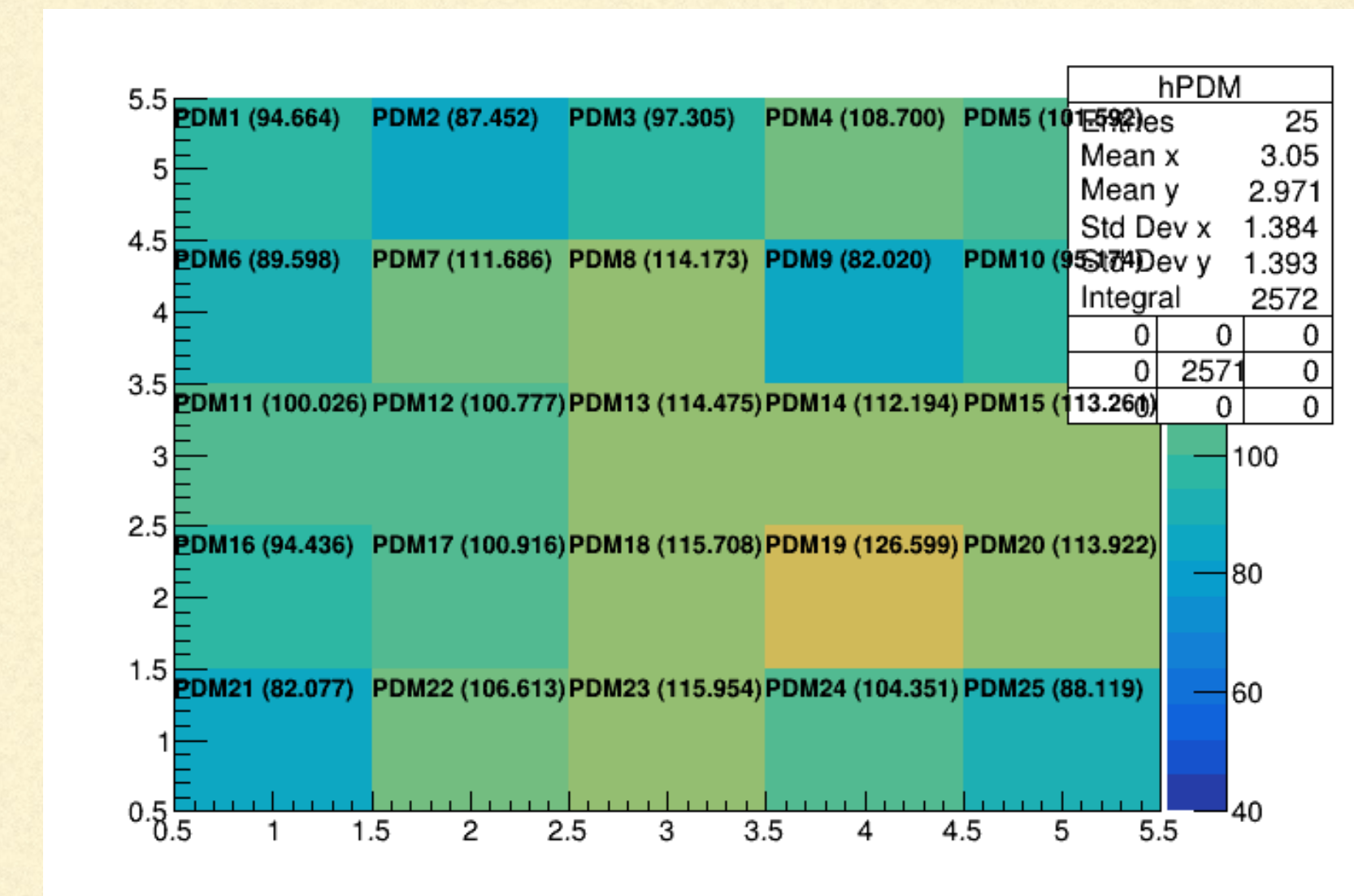
PDM 1	PDM 2	PDM 3	PDM 4	PDM 5
126	31	39	64	55
0	0	0	0	0
127	33	41	37	29
0	10	0	1	1
129	38	36	58	60
1	6	1	10	2
130	41	61	66	63
2	4	2	6	8
131	34	53	54	65
3	2	3	4	3



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



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



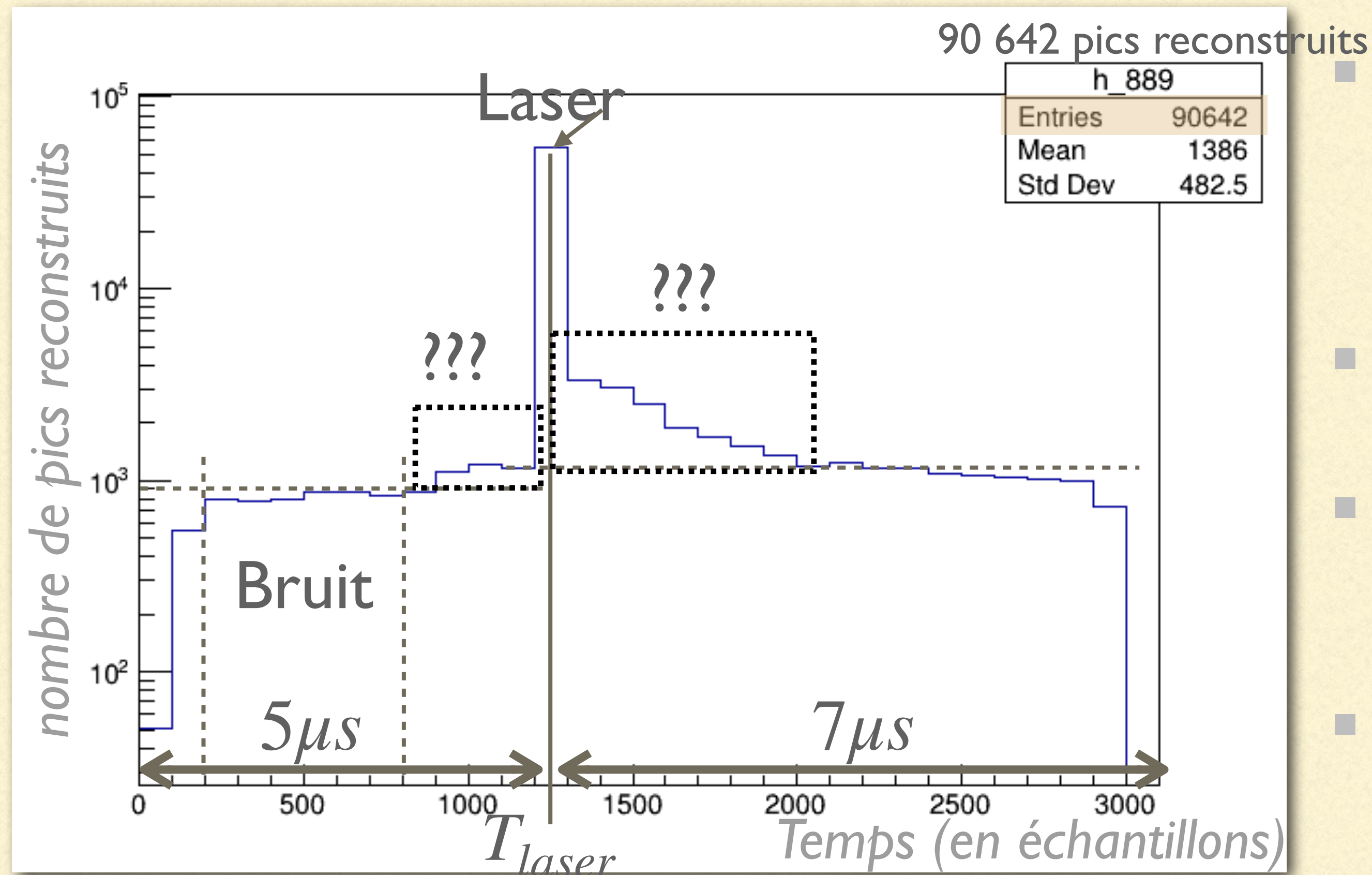
La calibration change beaucoup pour les runs proches

À clarifier avec les experts

DISTRIBUTION DE PK_T

exemple : run 889, 1 02 053 evt, PDM 2

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



- 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 => 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

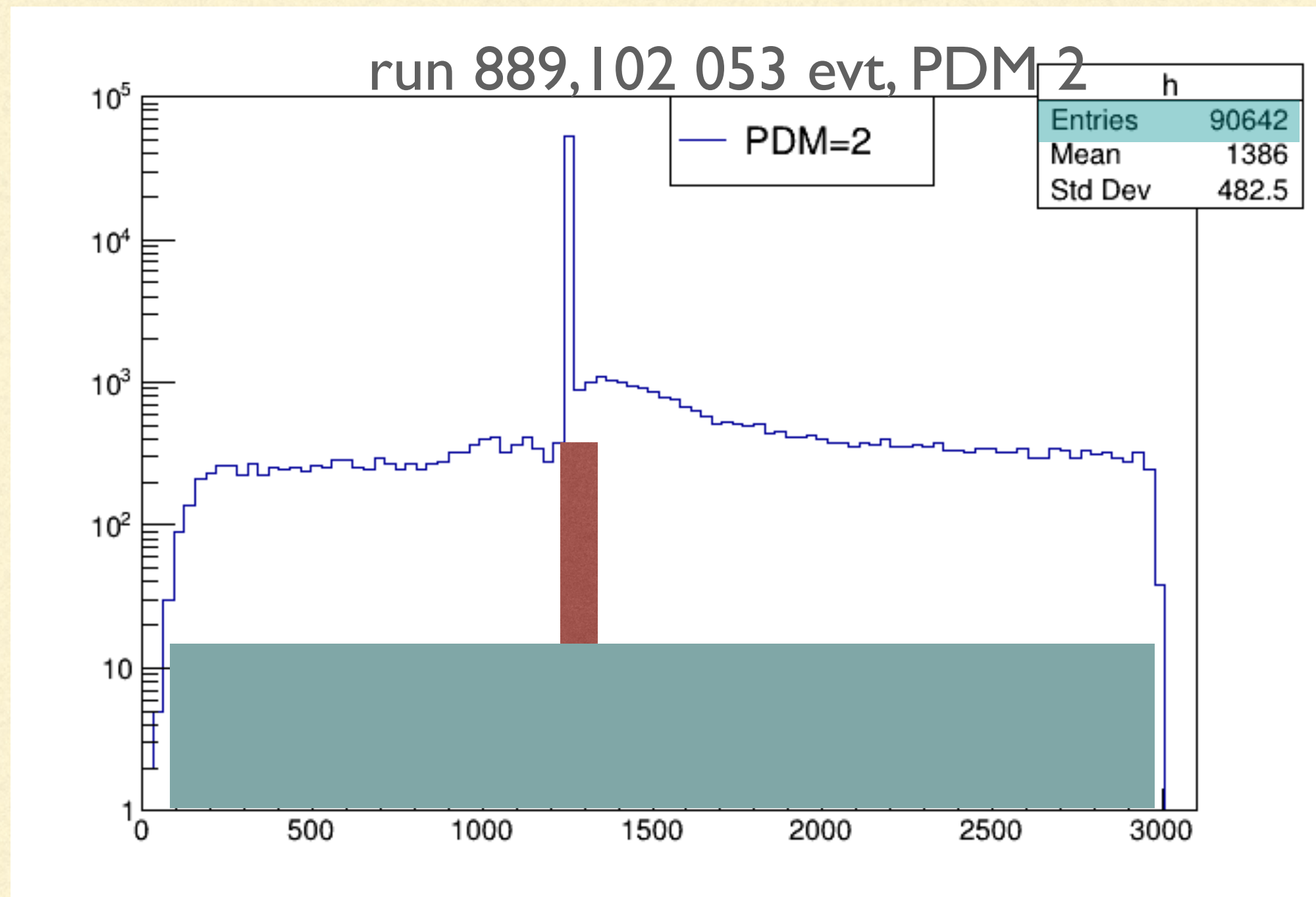
PDM 1 31 126 57 0 0	PDM 2 32 132 44 0 2	PDM 3 39 136 42 0 4	PDM 4 64 142 52 0 6	PDM 5 55 49 53 0 8
PDM 6 30 127 33 0 10	PDM 7 59 133 41 0 12	PDM 8 57 138 37 1 0	PDM 9 37 144 31 1 2	PDM 10 29 150 43 1 4
PDM 11 38 129 46 1 6	PDM 12 36 134 48 1 8	PDM 13 58 139 60 1 10	PDM 14 62 145 59 2 0	PDM 15 60 151 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})



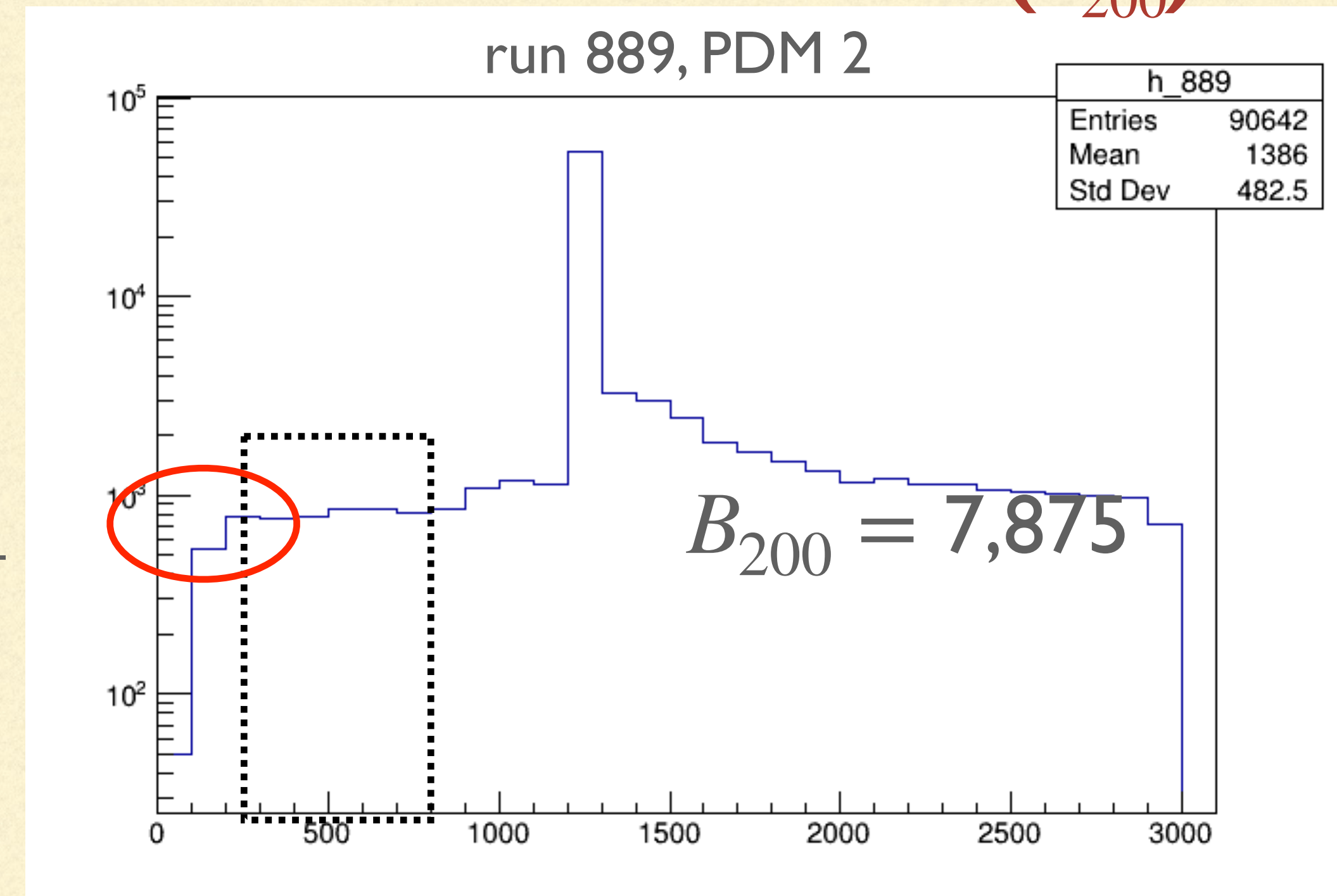
- Intégrale rouge / intégrale bleue
- Pour le PDM 2 : $P_{laser} \approx 57,6\%$

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})

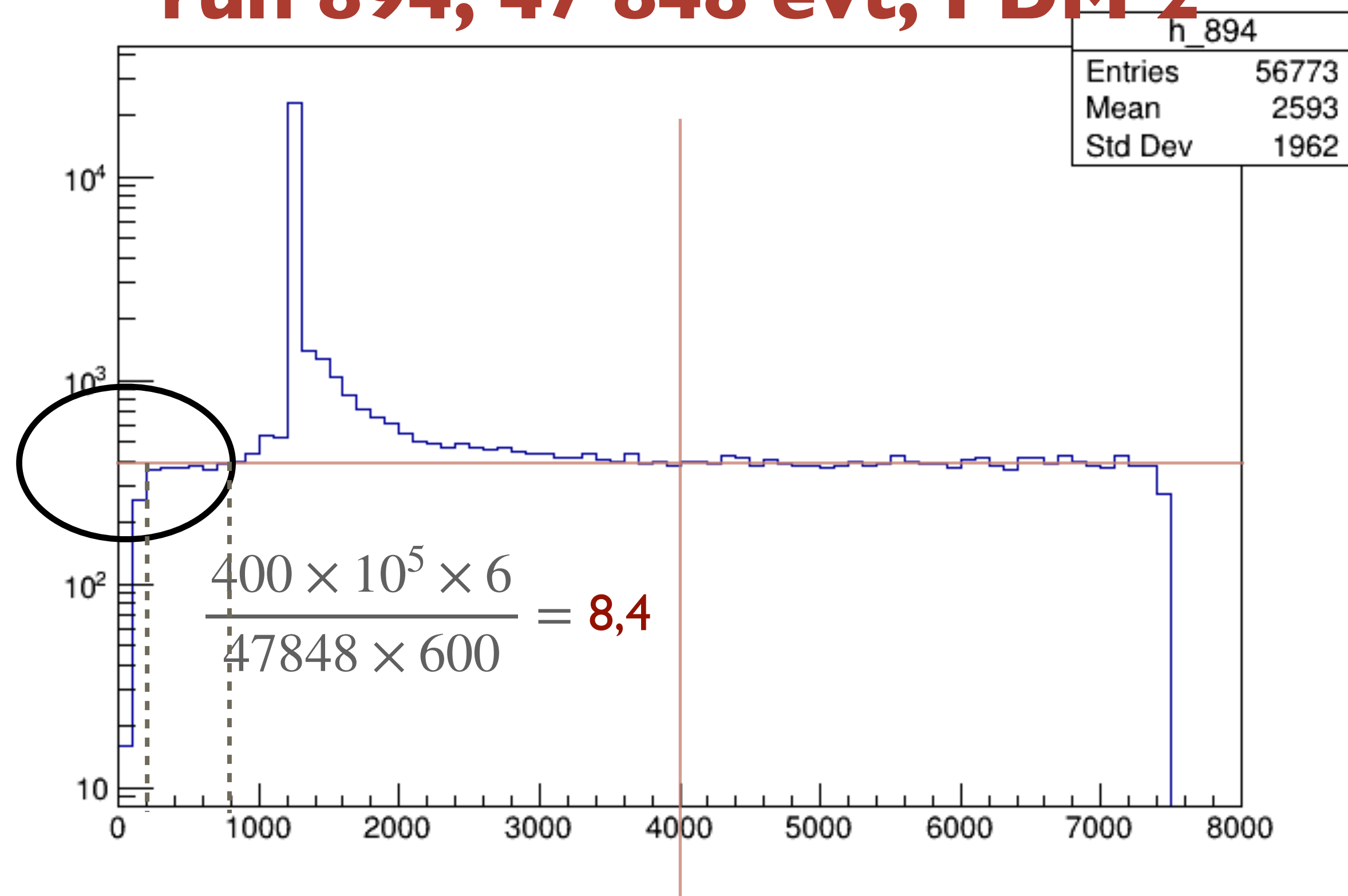


- Nombre de pics dans la zone en pointillés / nombre d'échantillons dans la zone (600)
- Tous les graphes sont renormalisés tq :
 graphe = graphe x 100 000 evt / nb evt ds le run

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

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

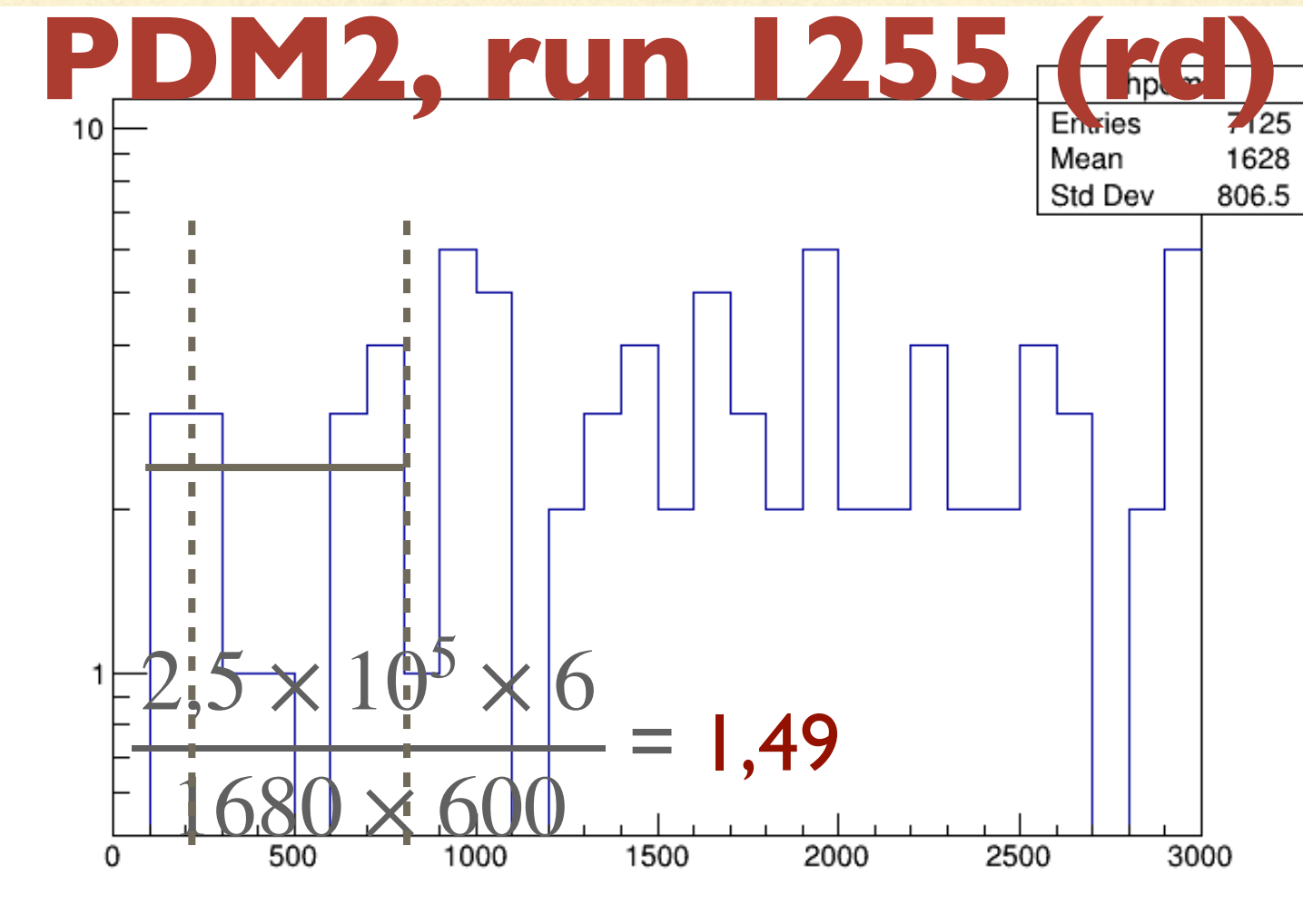
run 894, 47 848 evt, PDM 2



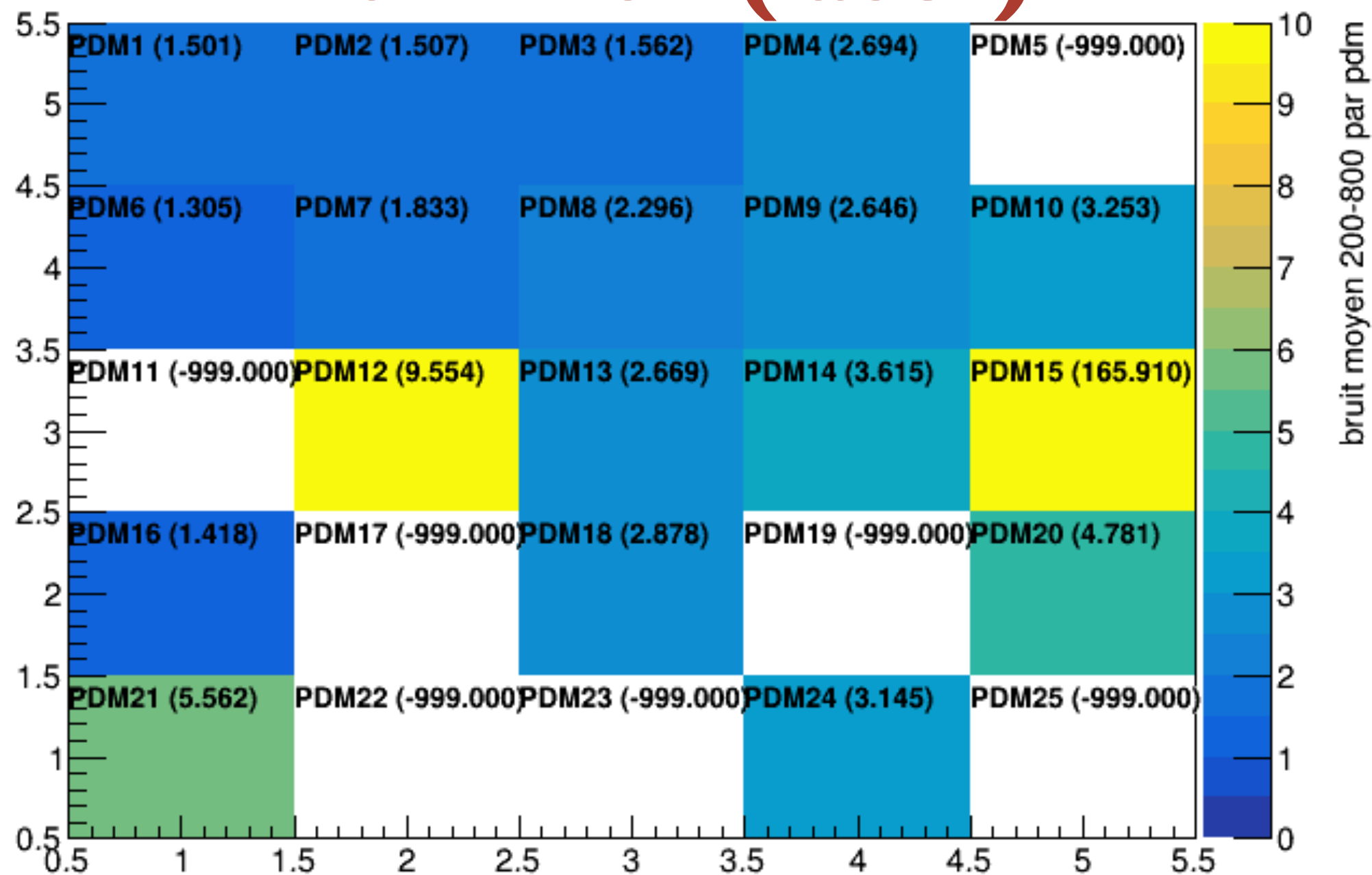
à partir de 4000 : meme niveau que avant le laser => on peut avoir le **temps de retour à la normale** ($11 \mu s$)

B_{200} : 1254 ET RANDOM (1255)

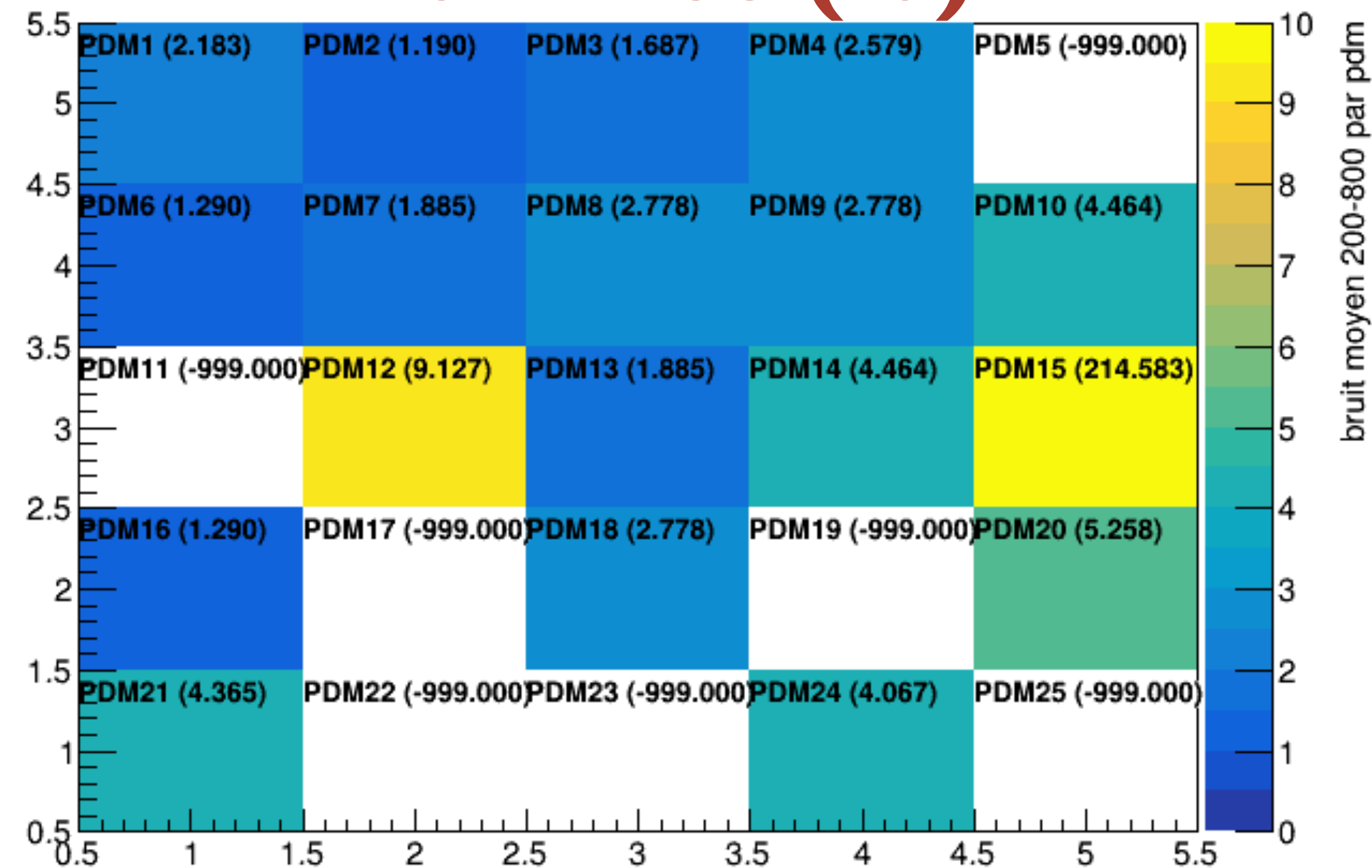
n° run	nb evt	nb de pics	tension SiPM	LASER	tps acquis	Champs	gaz bock
1254	123 278	986 651	65	min	-5/+7	e: 0 d: 0	OFF
1255	1 680	1 139 565	65	x	-5/+7	e: 0 d: 0	OFF



run 1254 (laser)



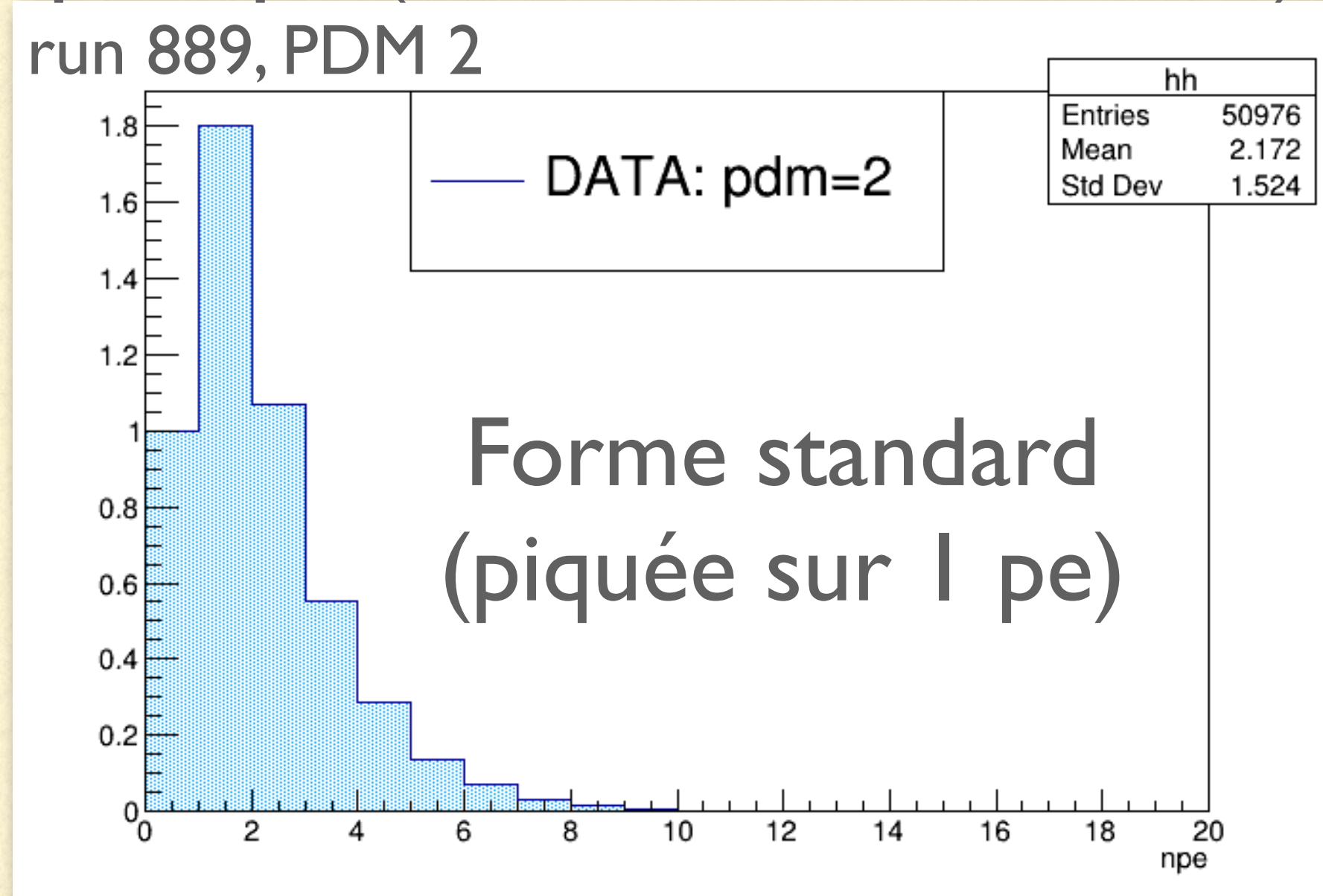
run 1255 (rd)



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)



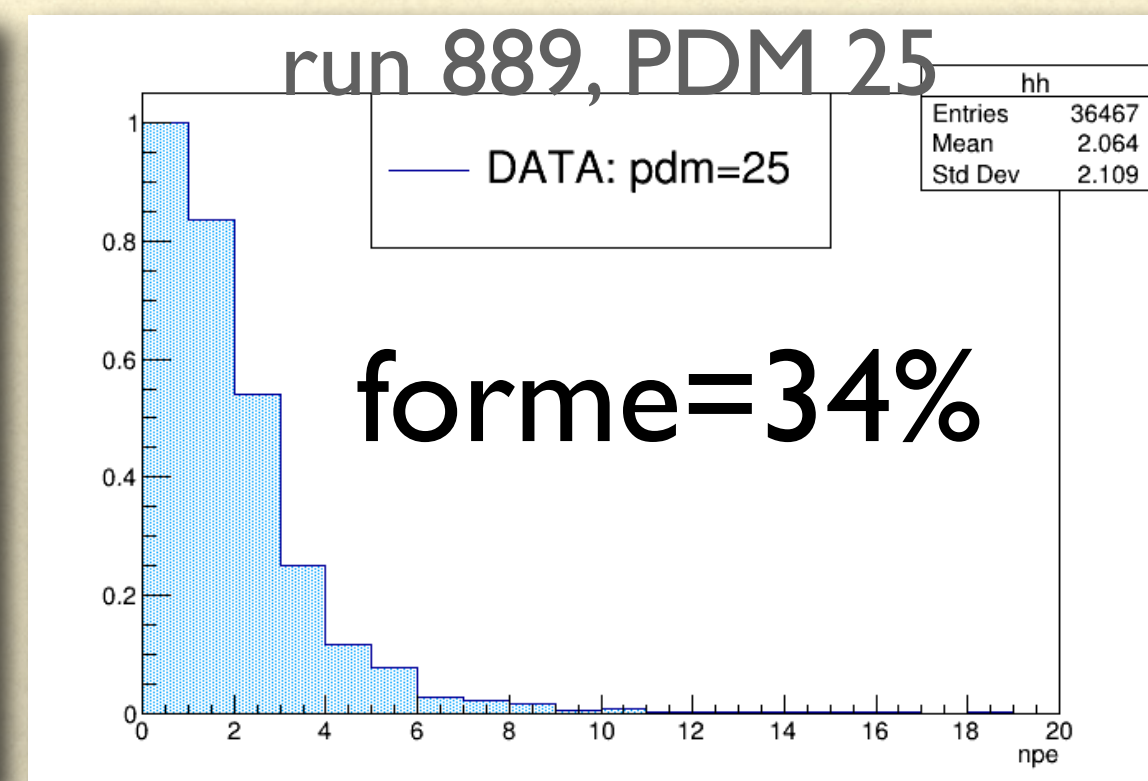
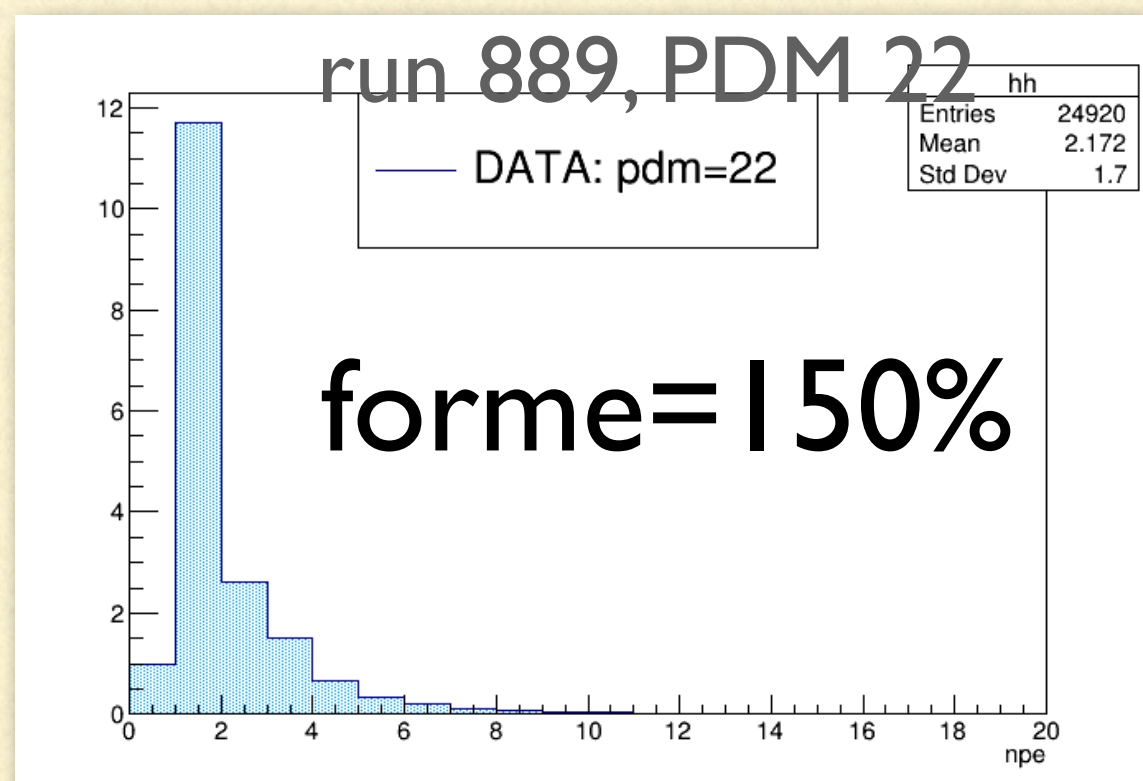
Moyenne du nombre de photo-électrons reconstruits (NPE_{moy})

ex : PDM 2 : 2,095

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

ex : PDM 2 : 1

Quelques PDM pathologiques

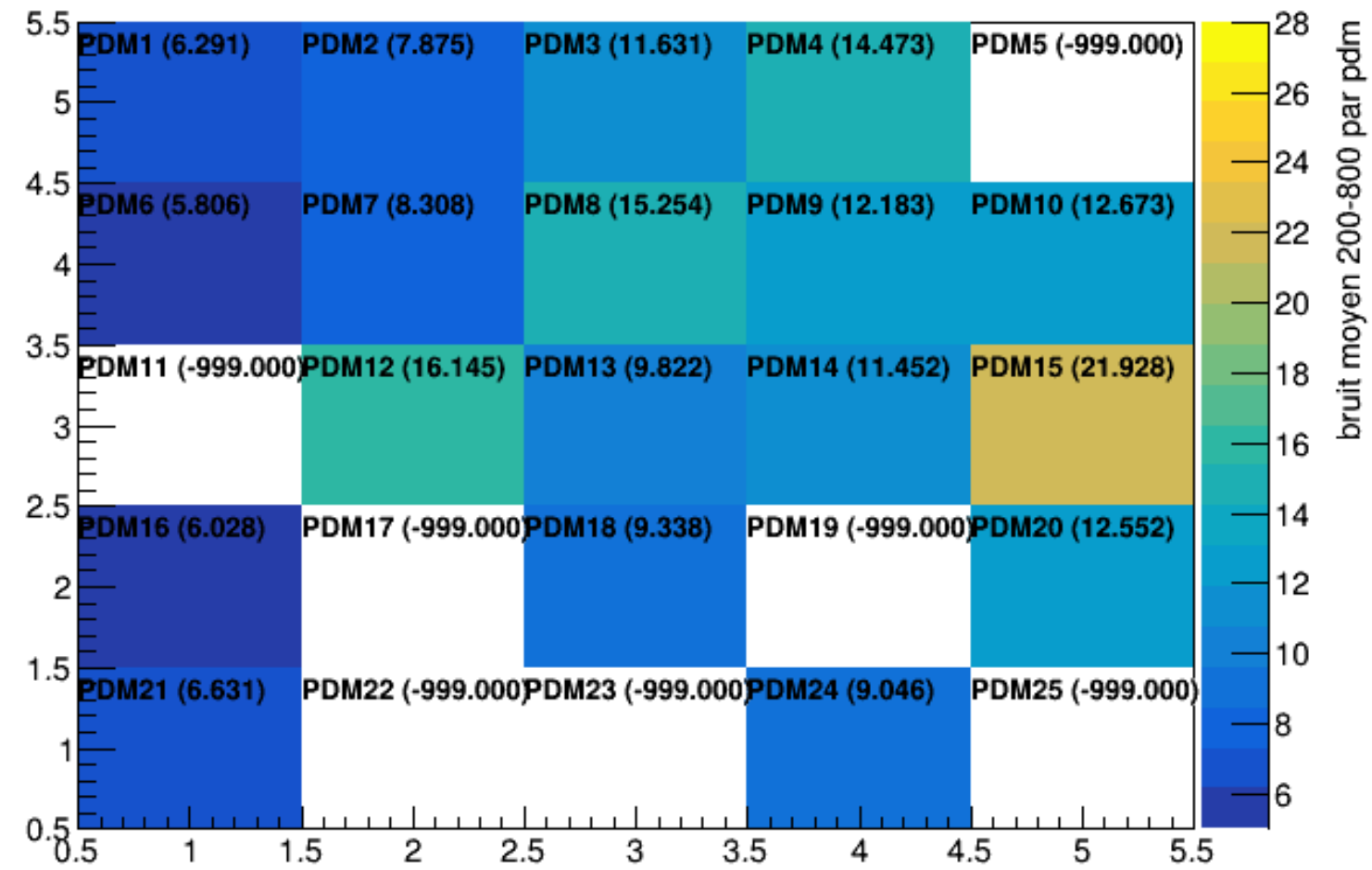


Forme de la distribution de npe (forme)

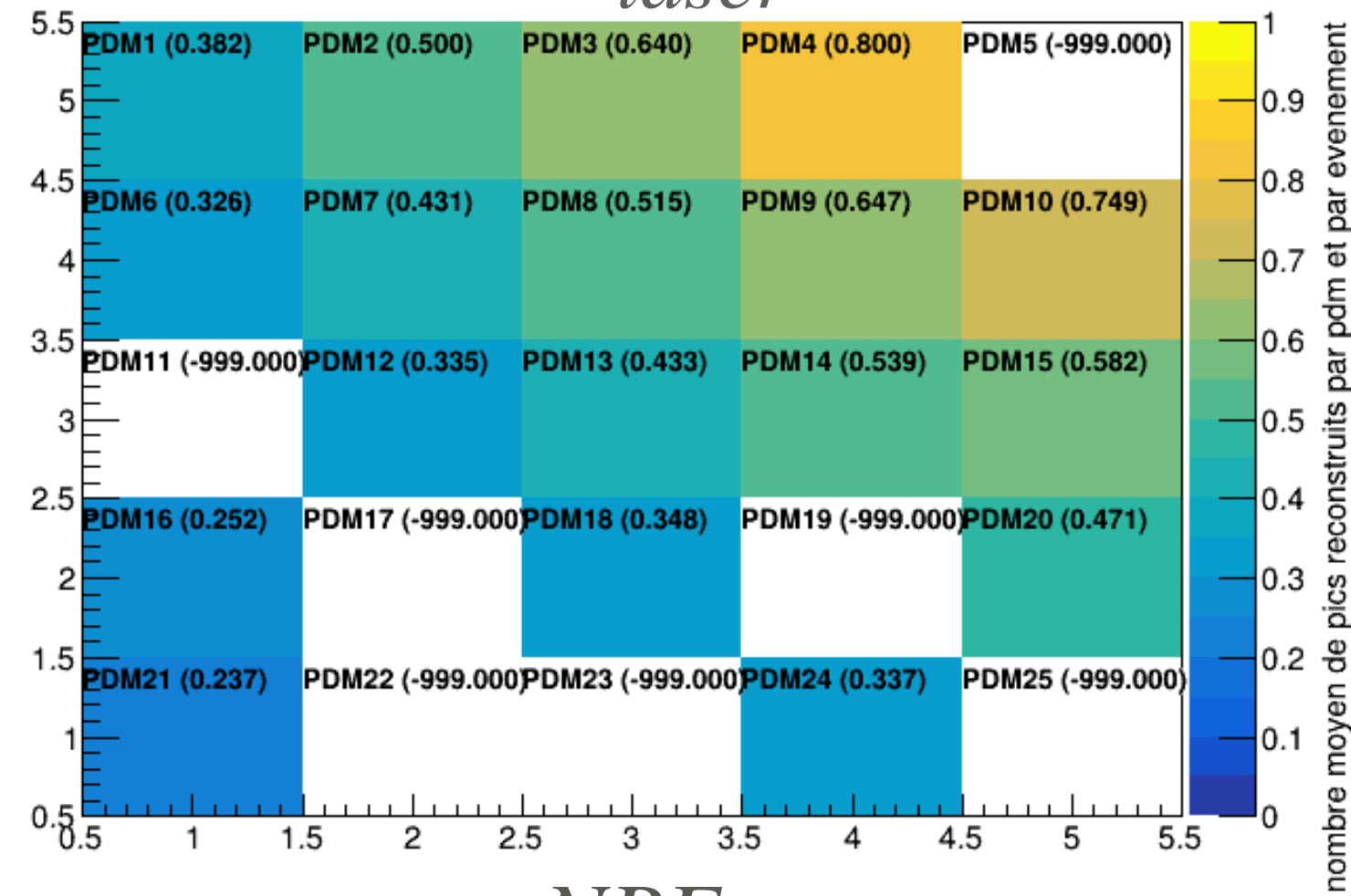
- Déviation de la distribution de npe à celle donnée par le PDM2 (ref).
- Calcul = écart des valeurs entre PDM x et PDM 2 bin à bin, normalisé au nombre de bins pris en compte
- Vaut typiquement 10-20%

ESTIMATEURS RUN 889

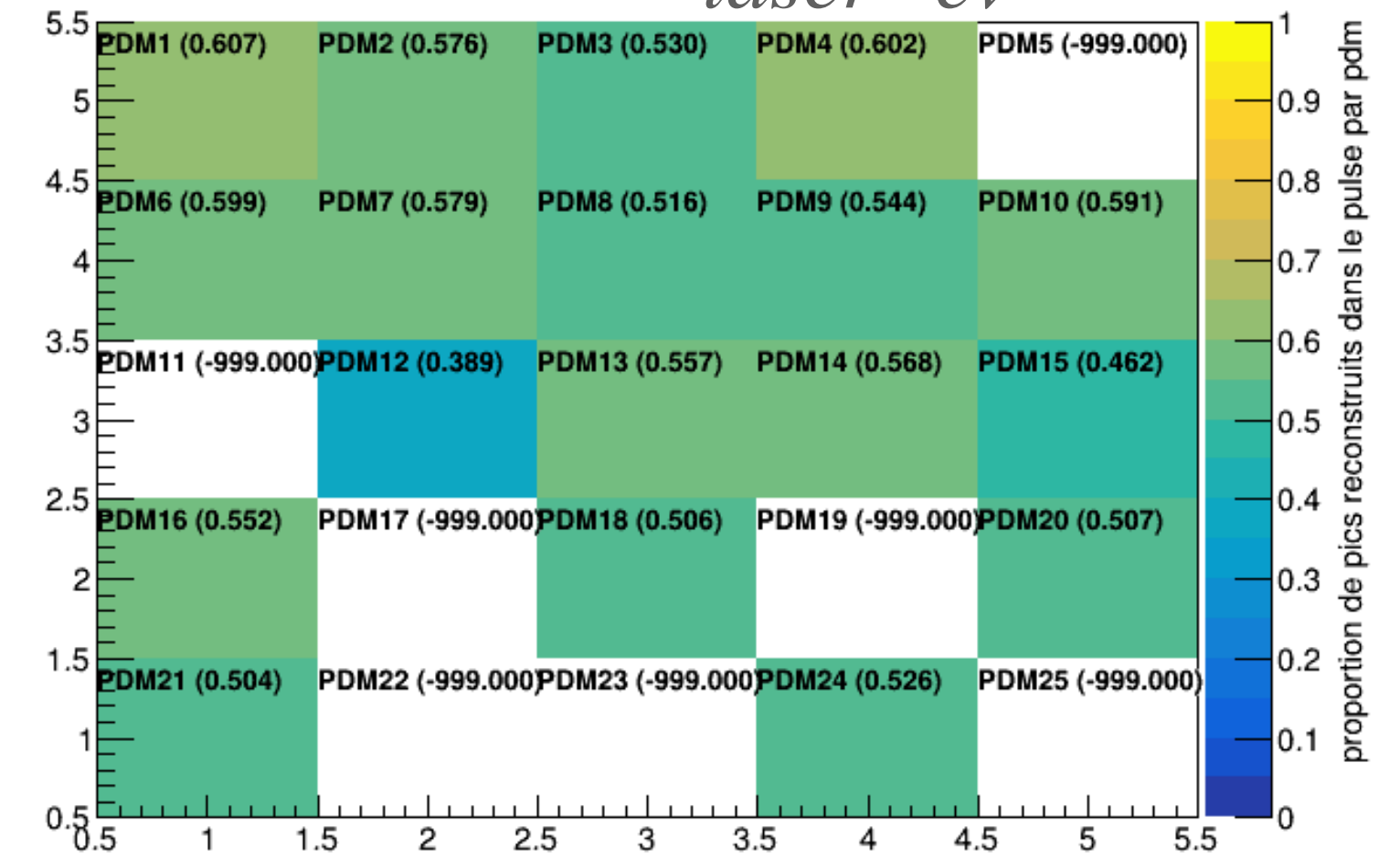
B_{200}



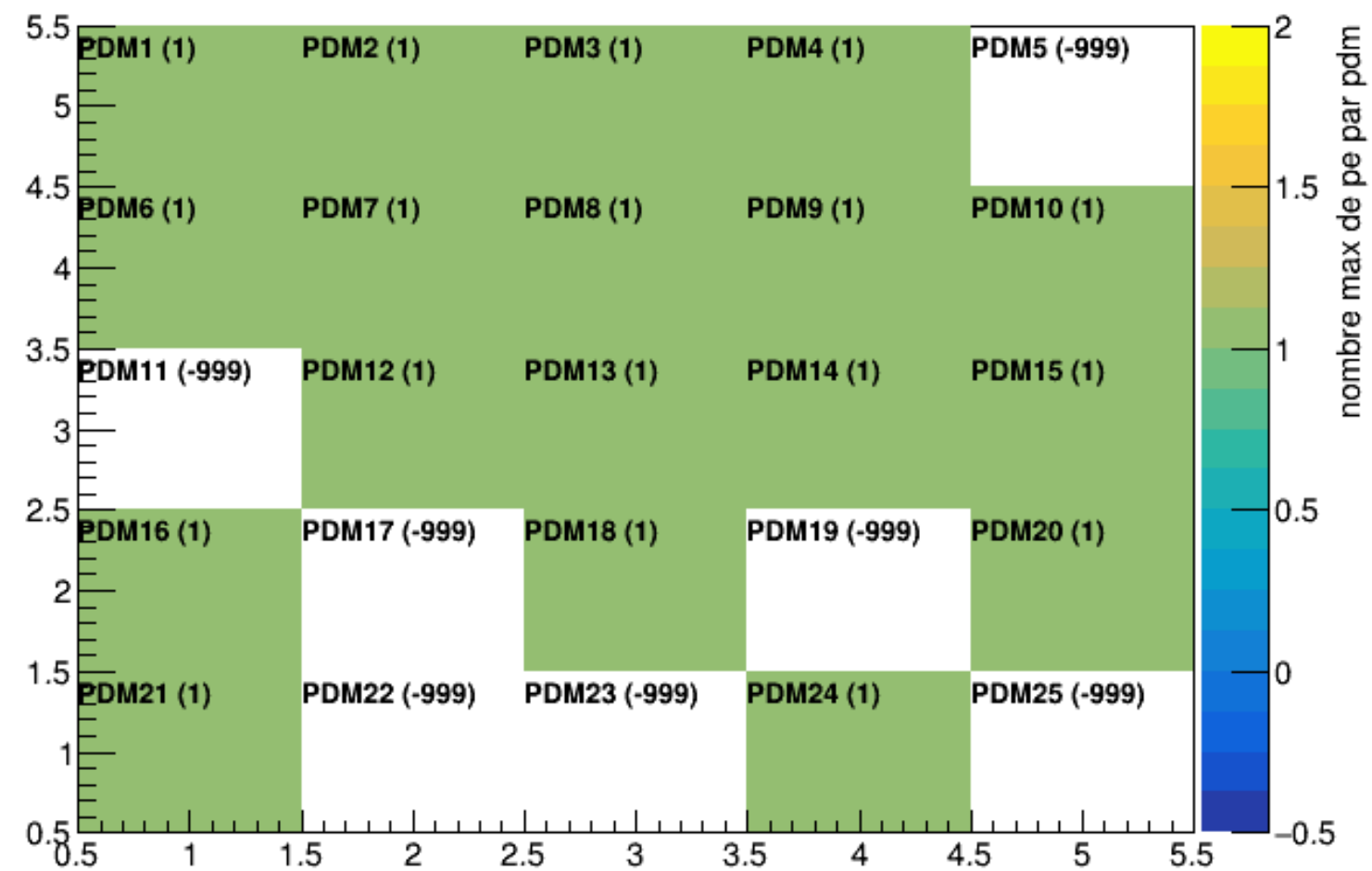
P_{laser}



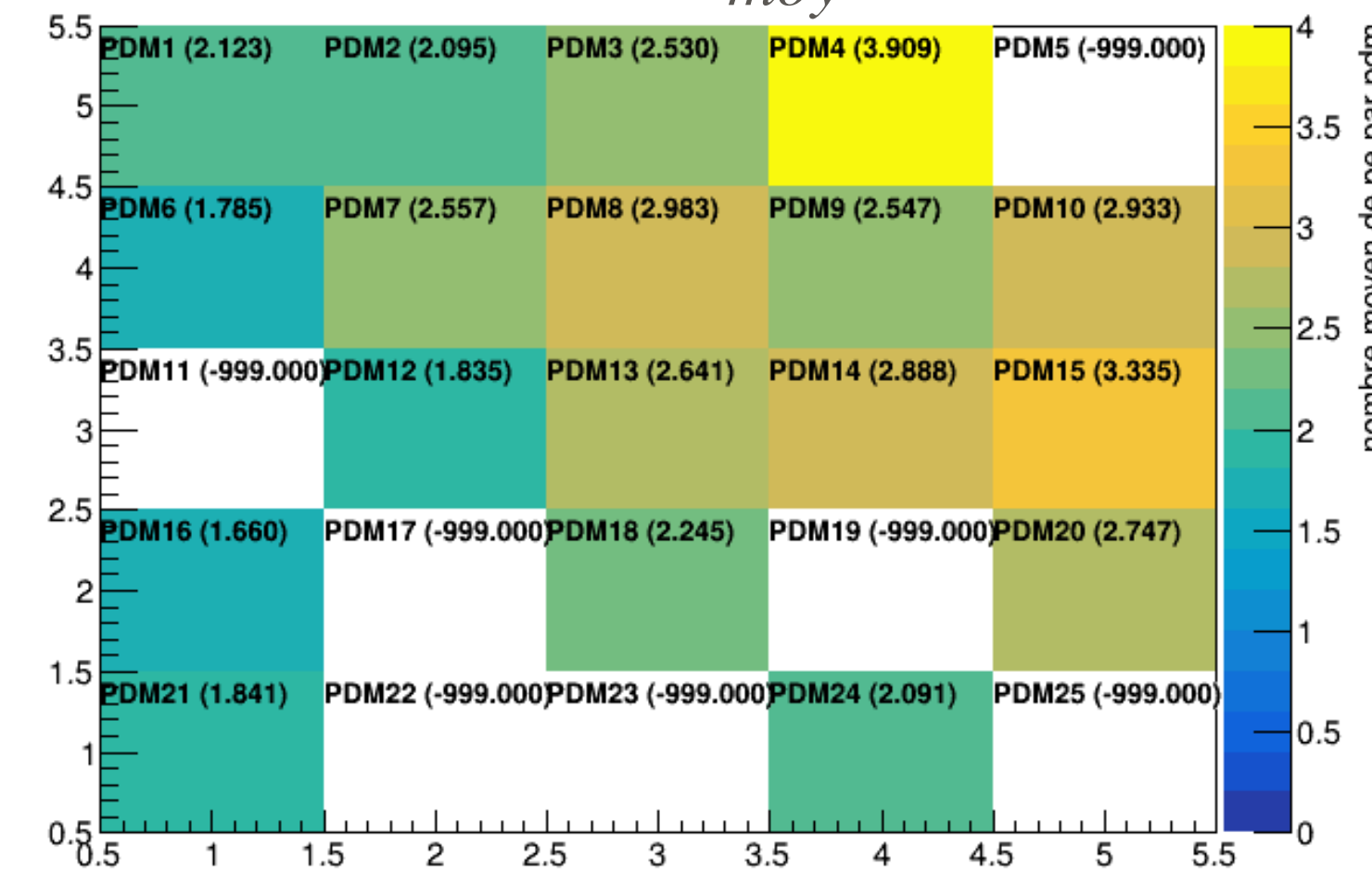
$Pics_{laser-ev}$



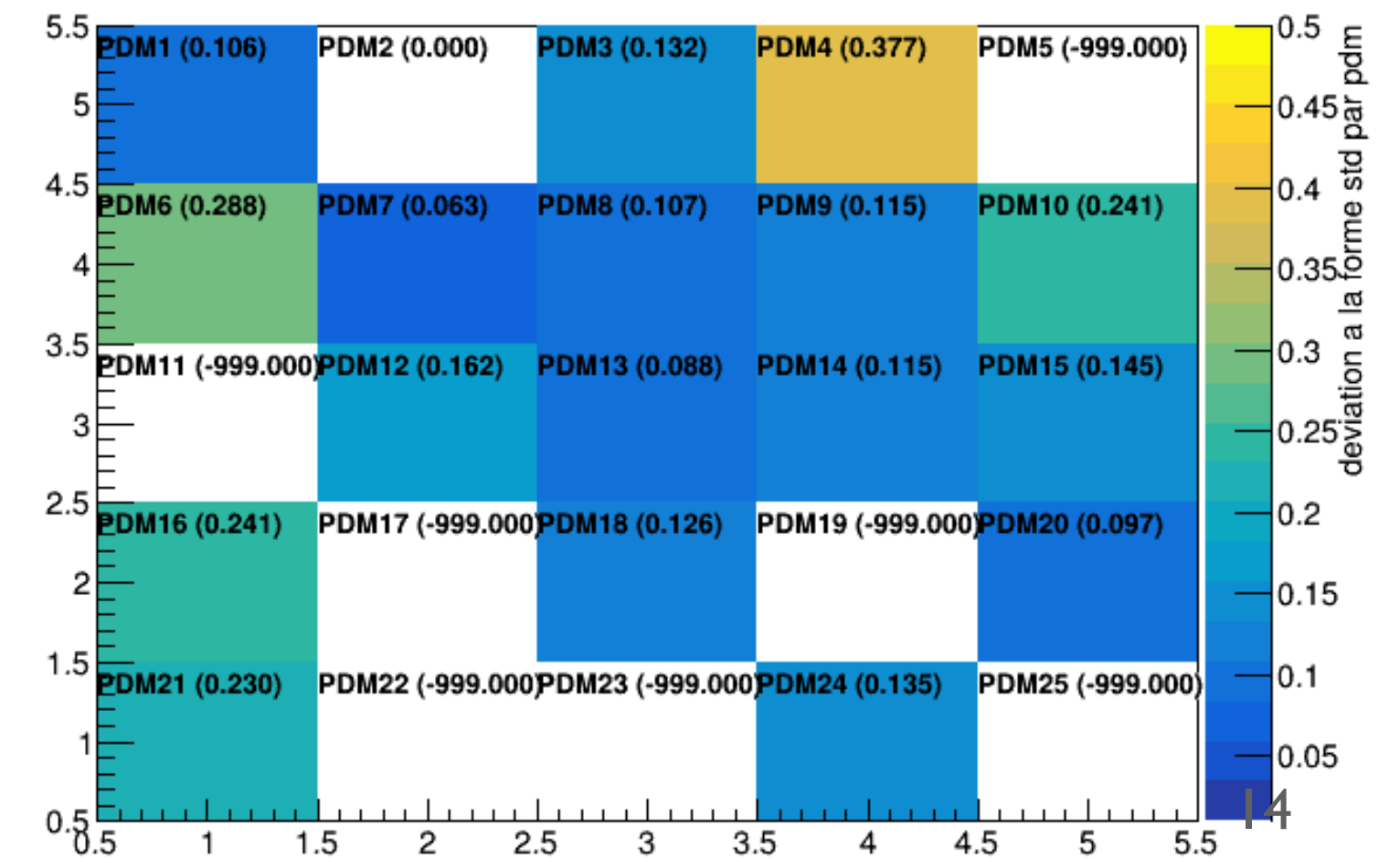
NPE_{max}



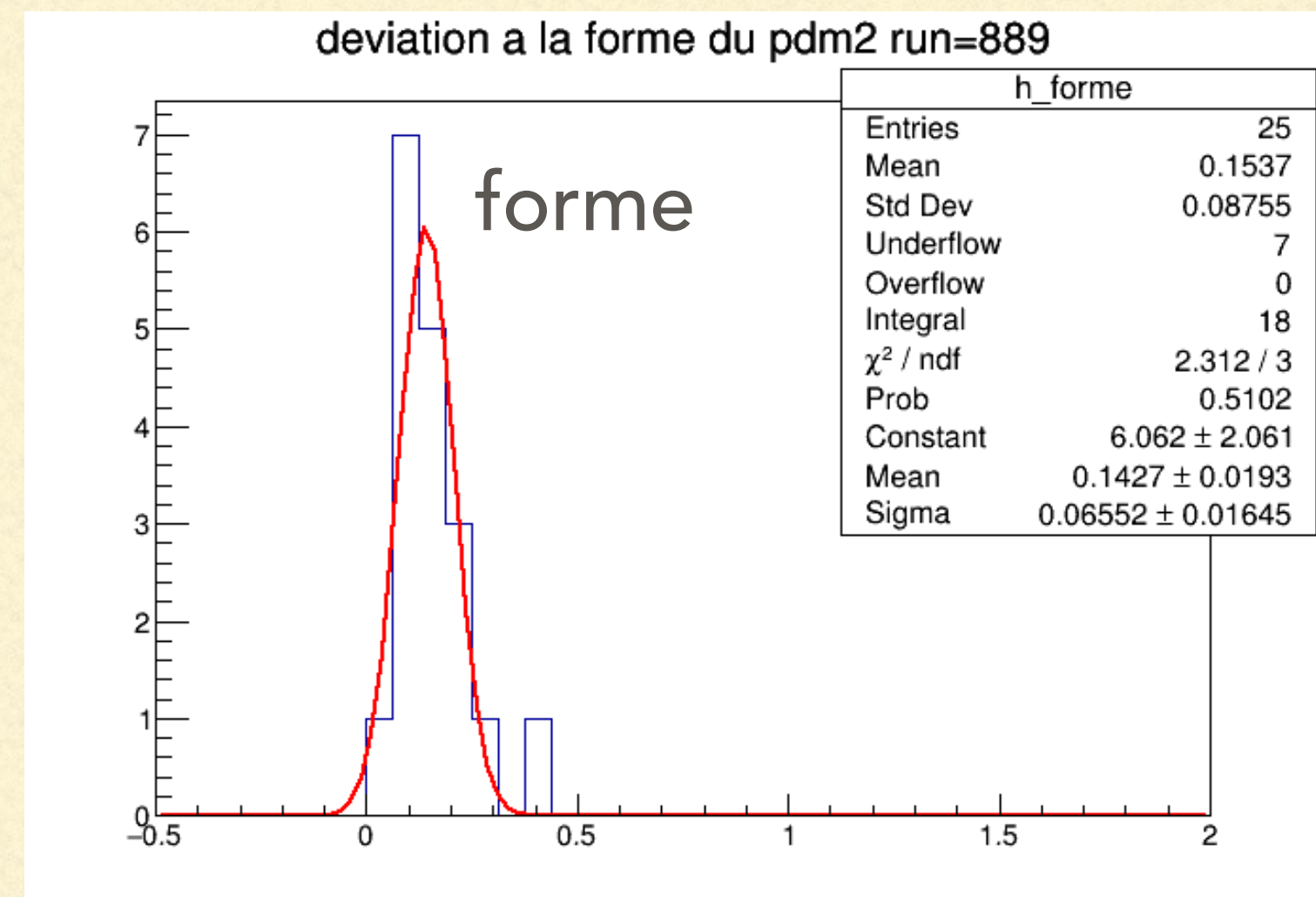
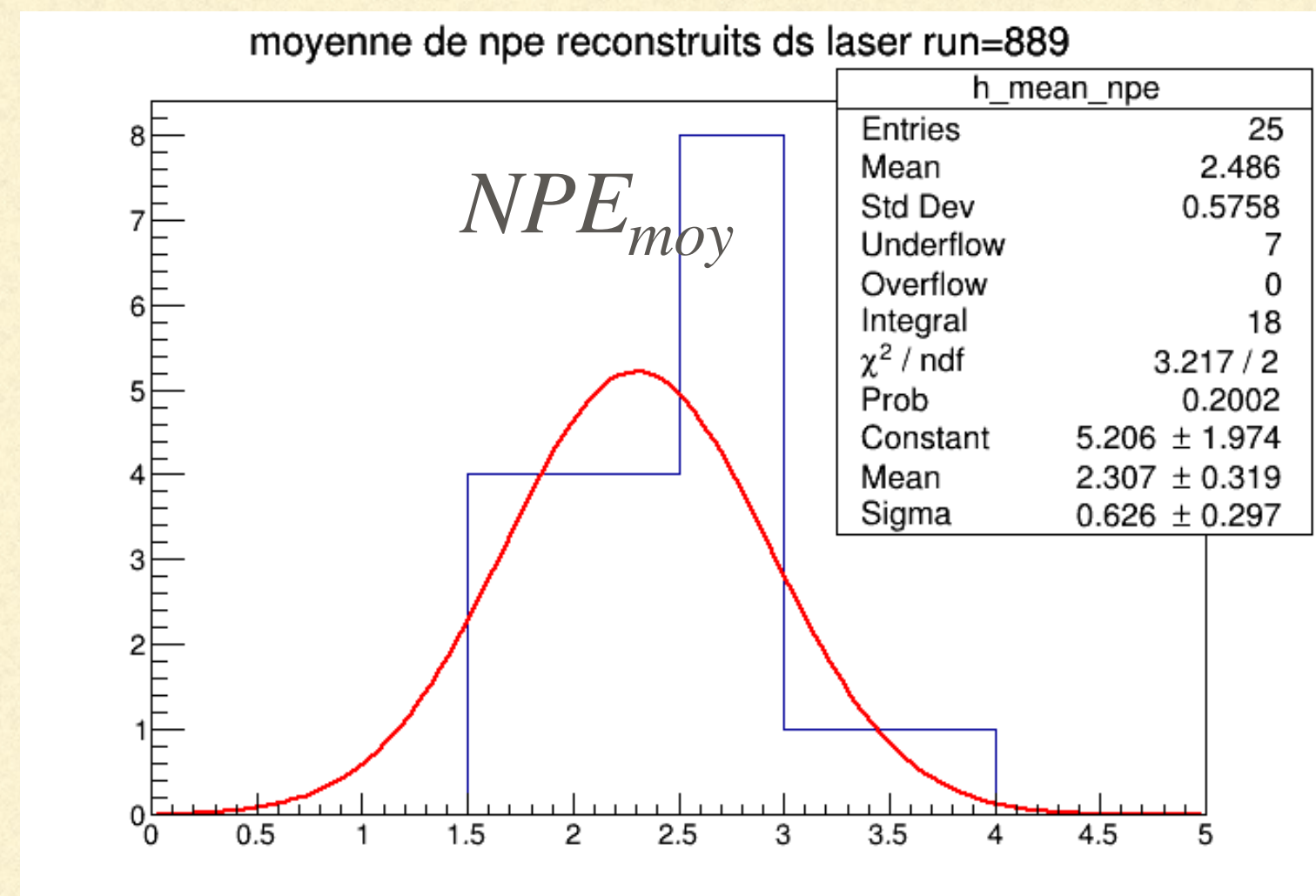
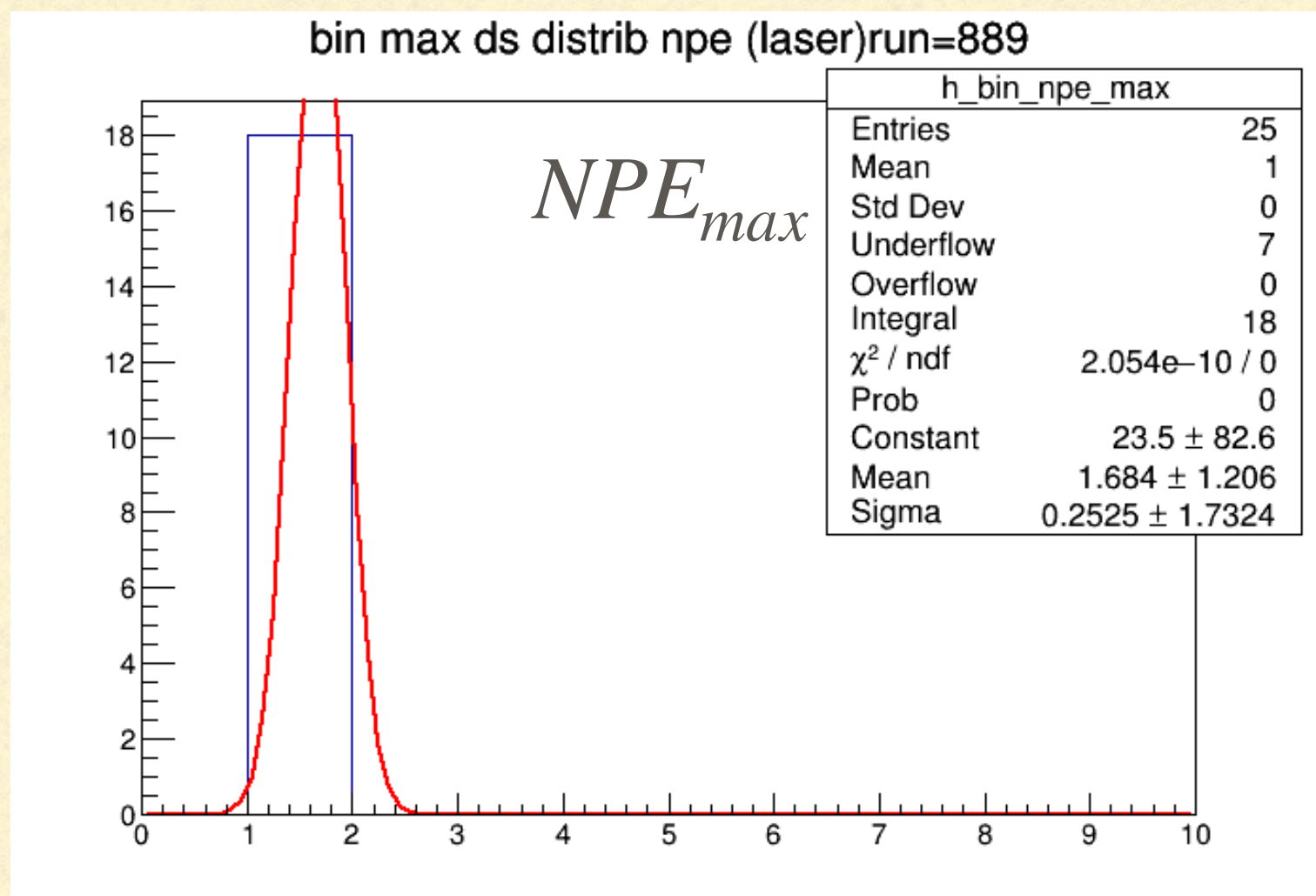
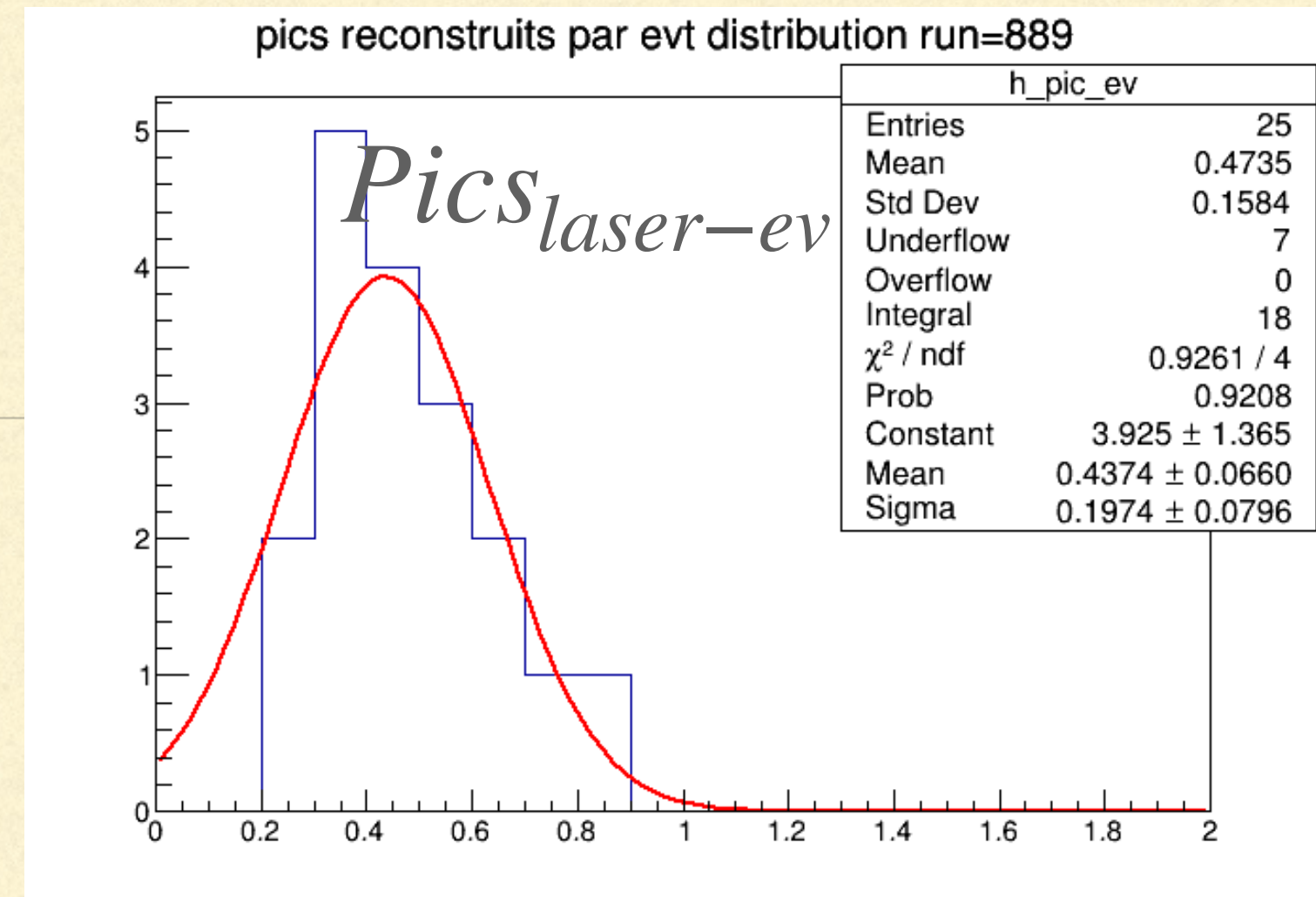
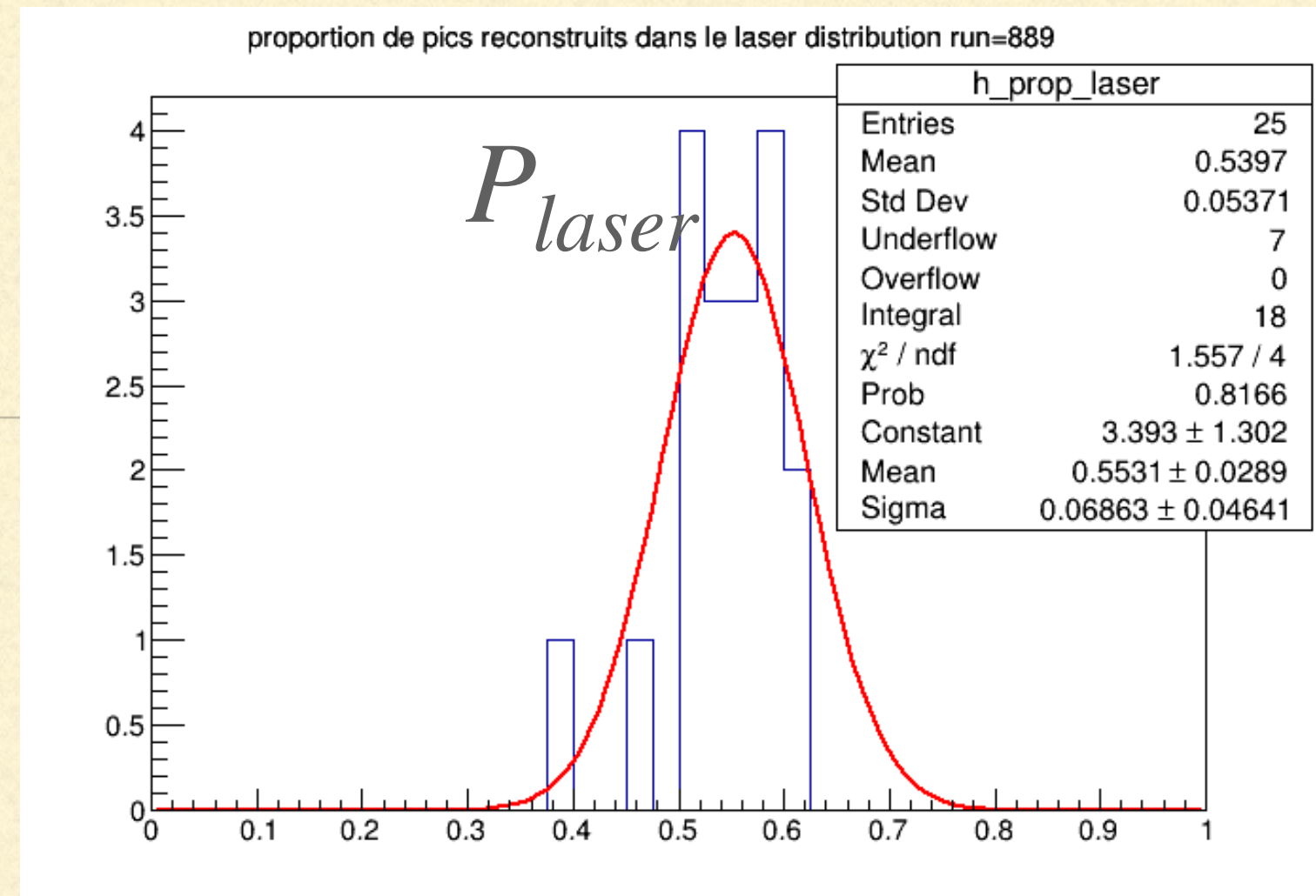
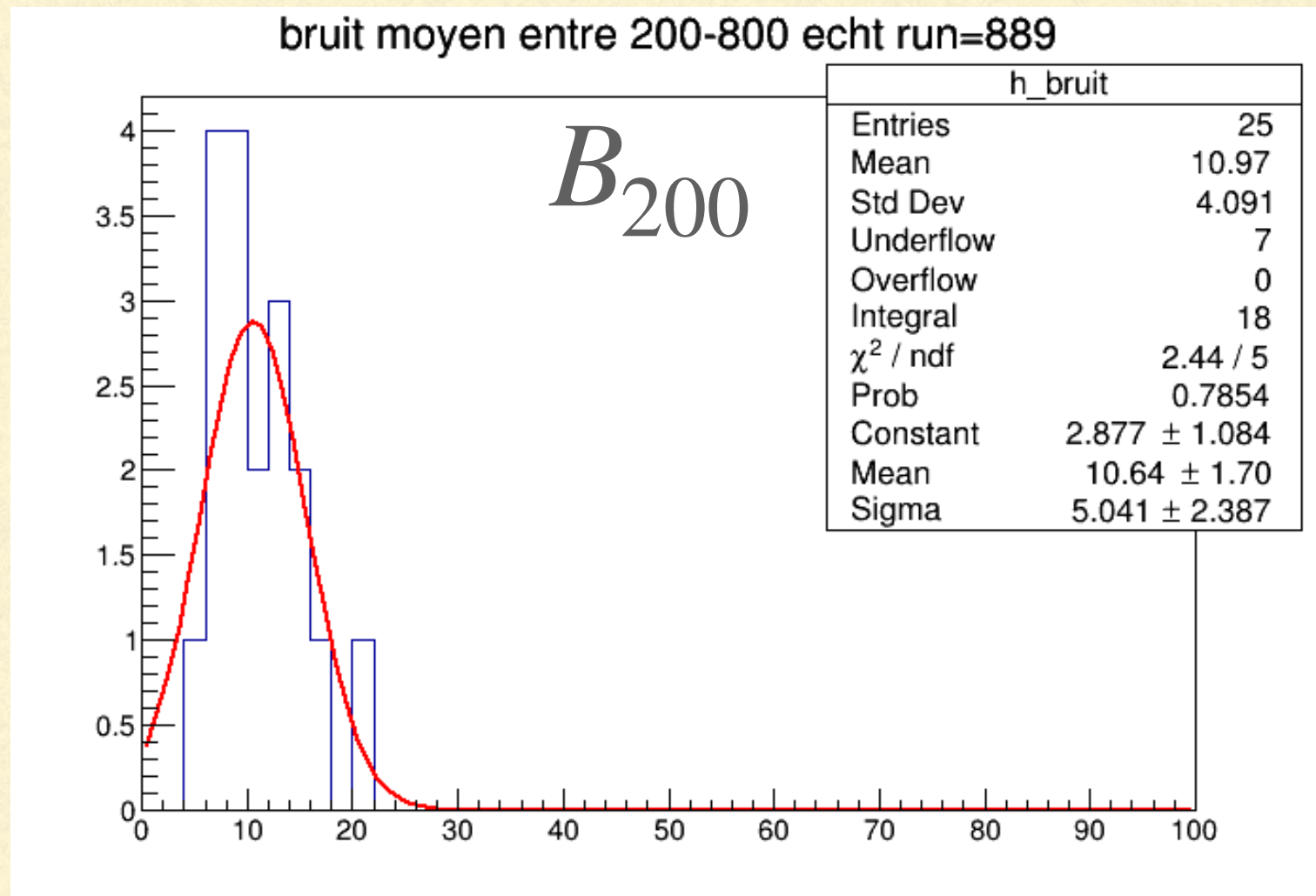
NPE_{moy}



forme

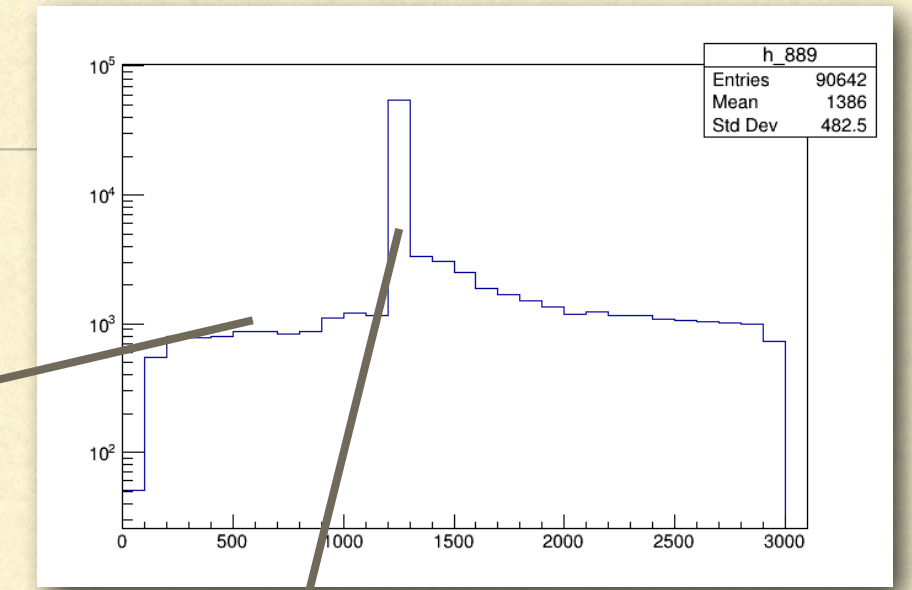


ESTIMATEURS RUN 889

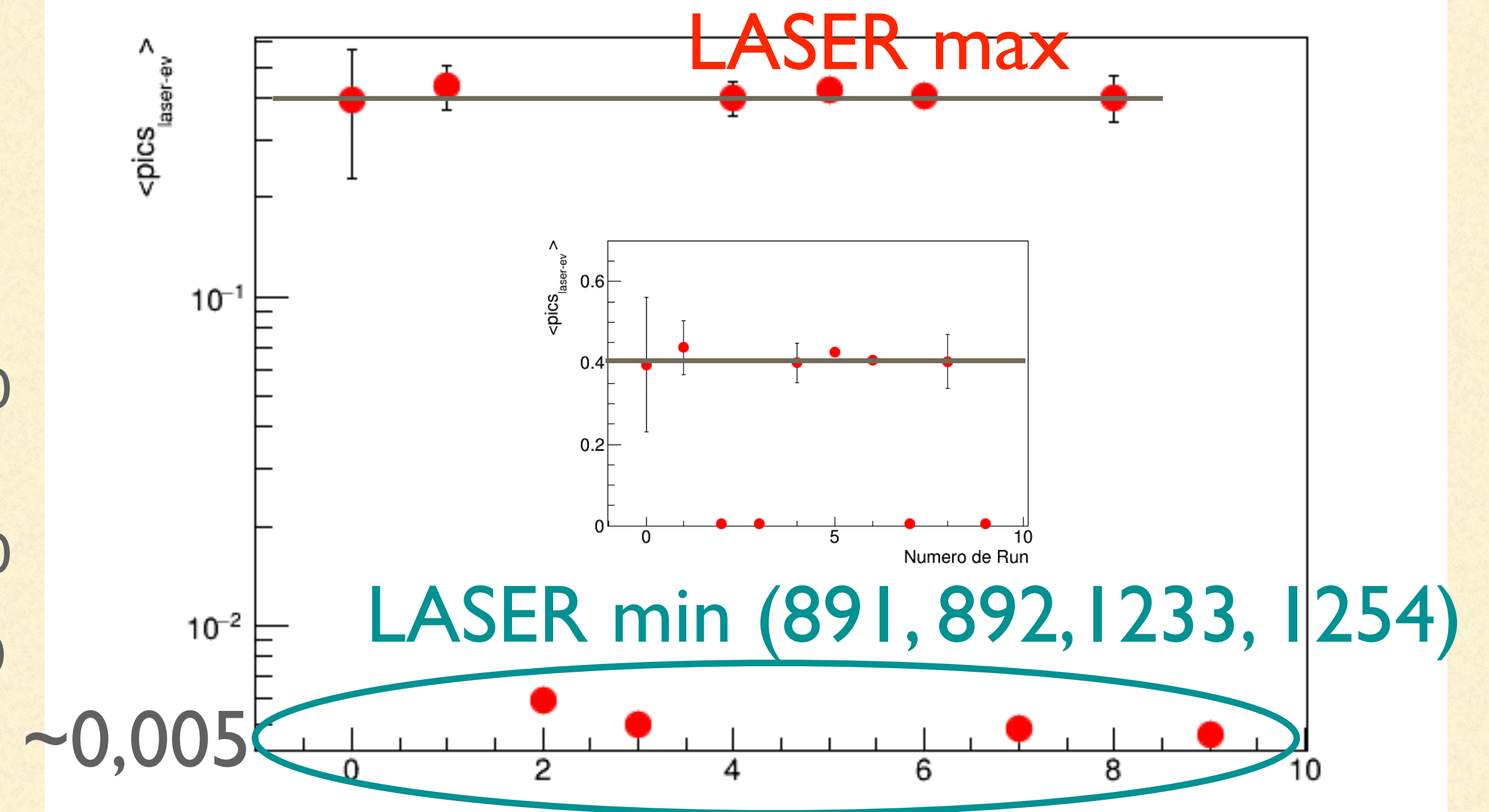
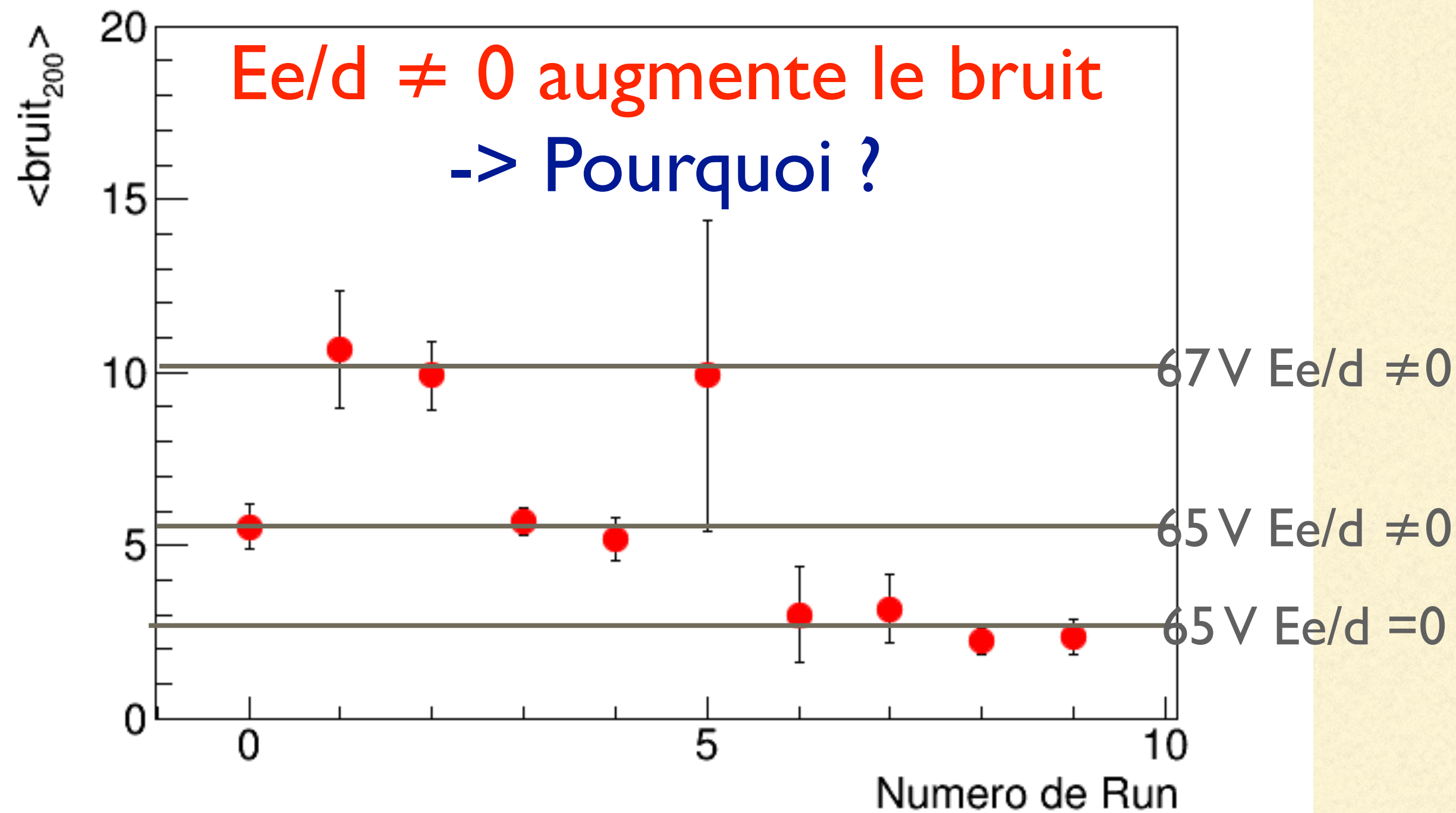


Distribution gaussienne pour tous les estimateurs
 => on prend valeur moyenne \pm erreur

EVOLUTION DES ESTIMATEURS EN FONCTION DU RUN



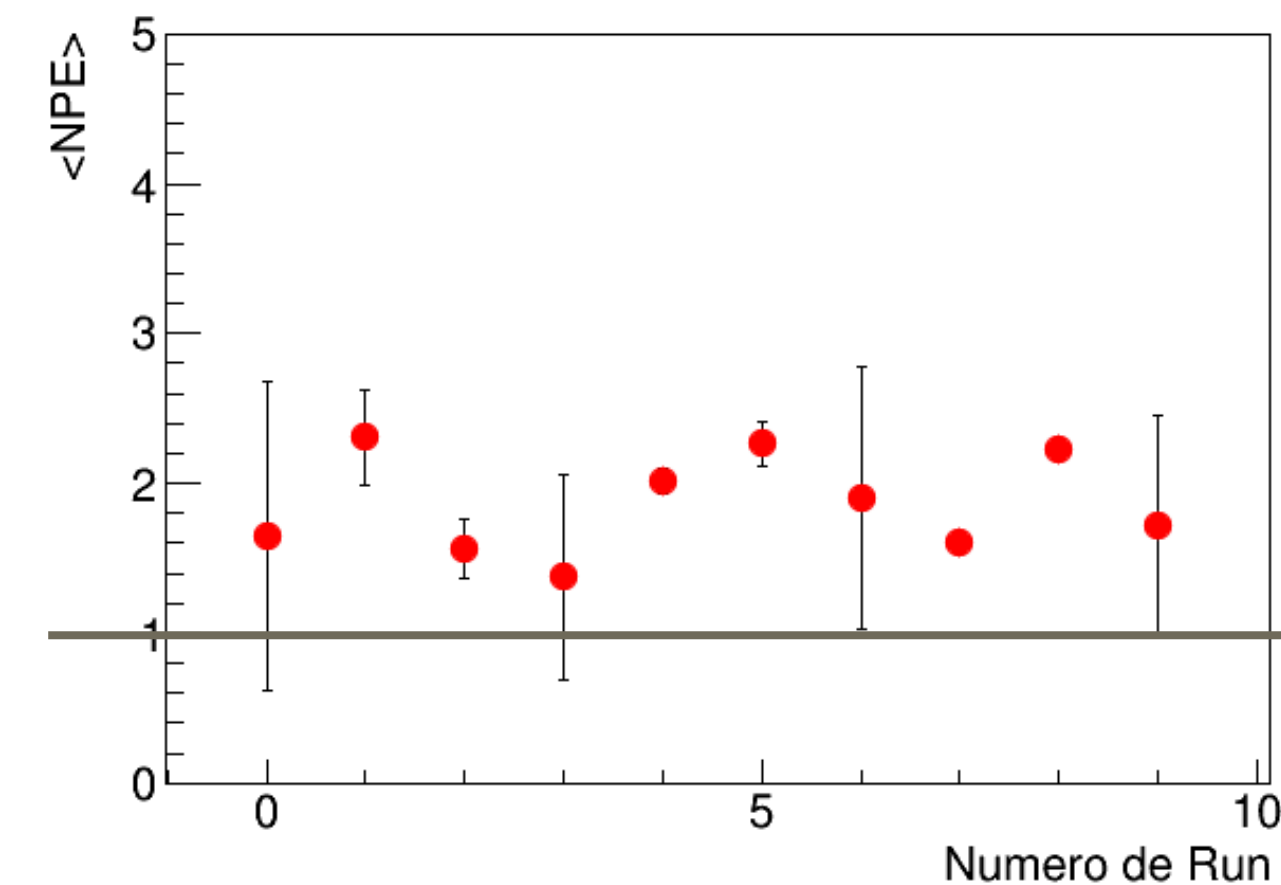
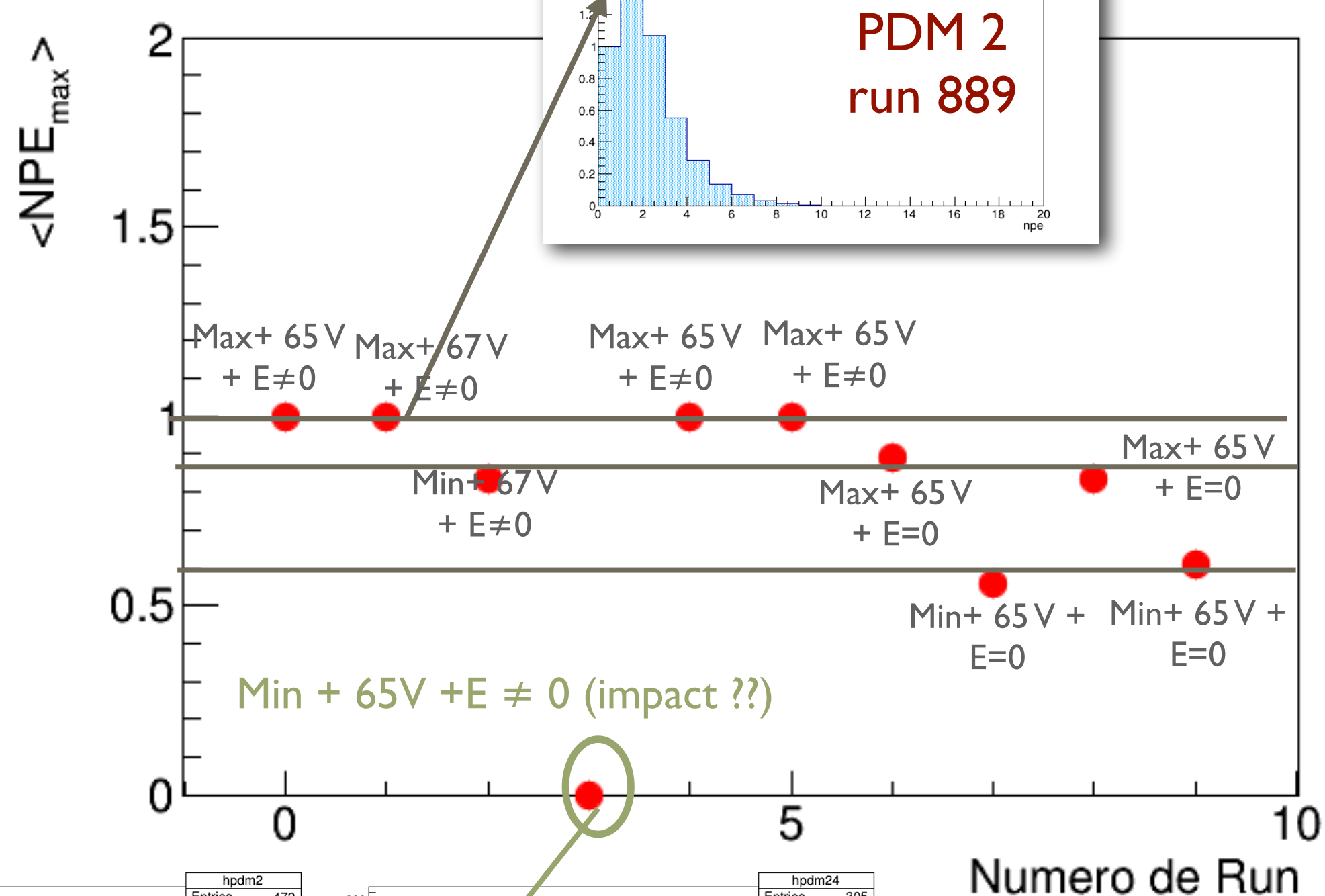
Si barre d'erreur : il y a eu un fit avec une gaussienne. Sinon : moyenne de l'histo



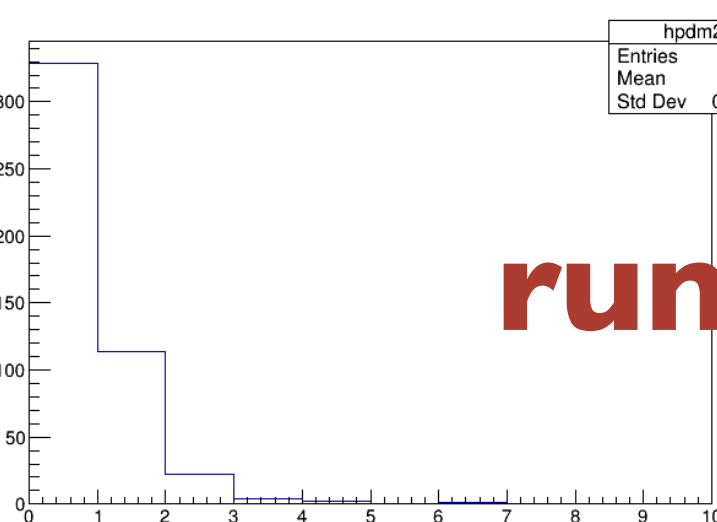
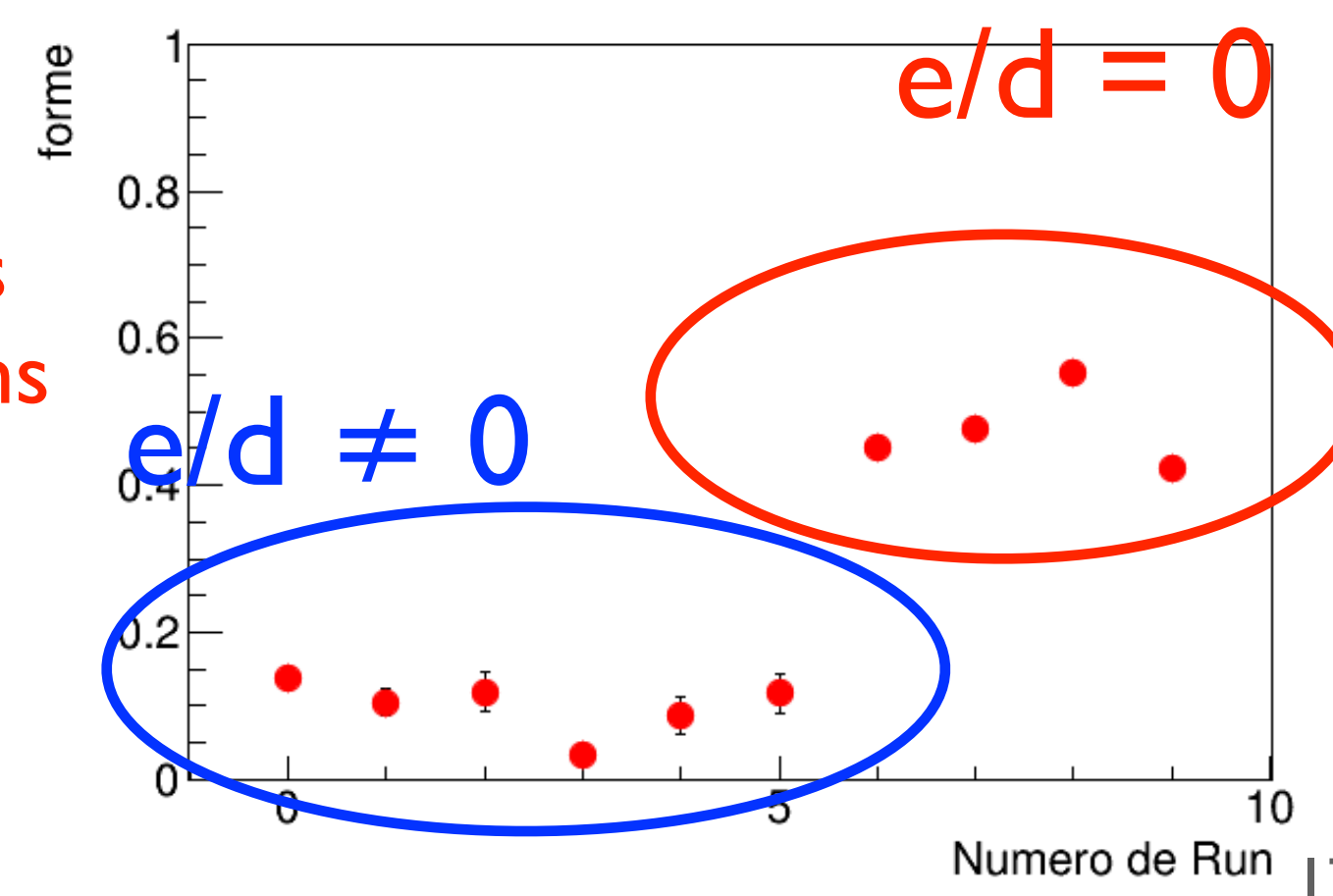
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
888	889	891	892	893	894	1232	1233	1253	1254

EVOLUTION DES ESTIMATEURS EN FONCTION DU RUN

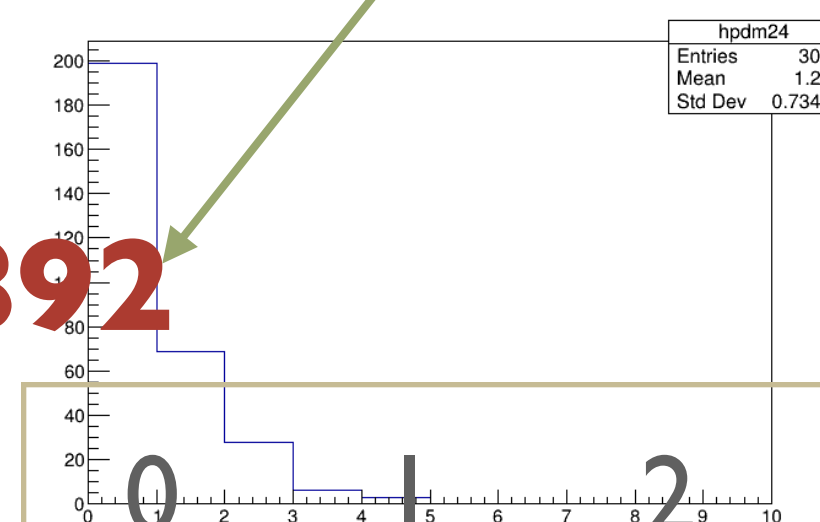
Si barre d'erreur : il y a eu un fit avec une gaussienne. Sinon : moyenne de l'histo



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



run 889

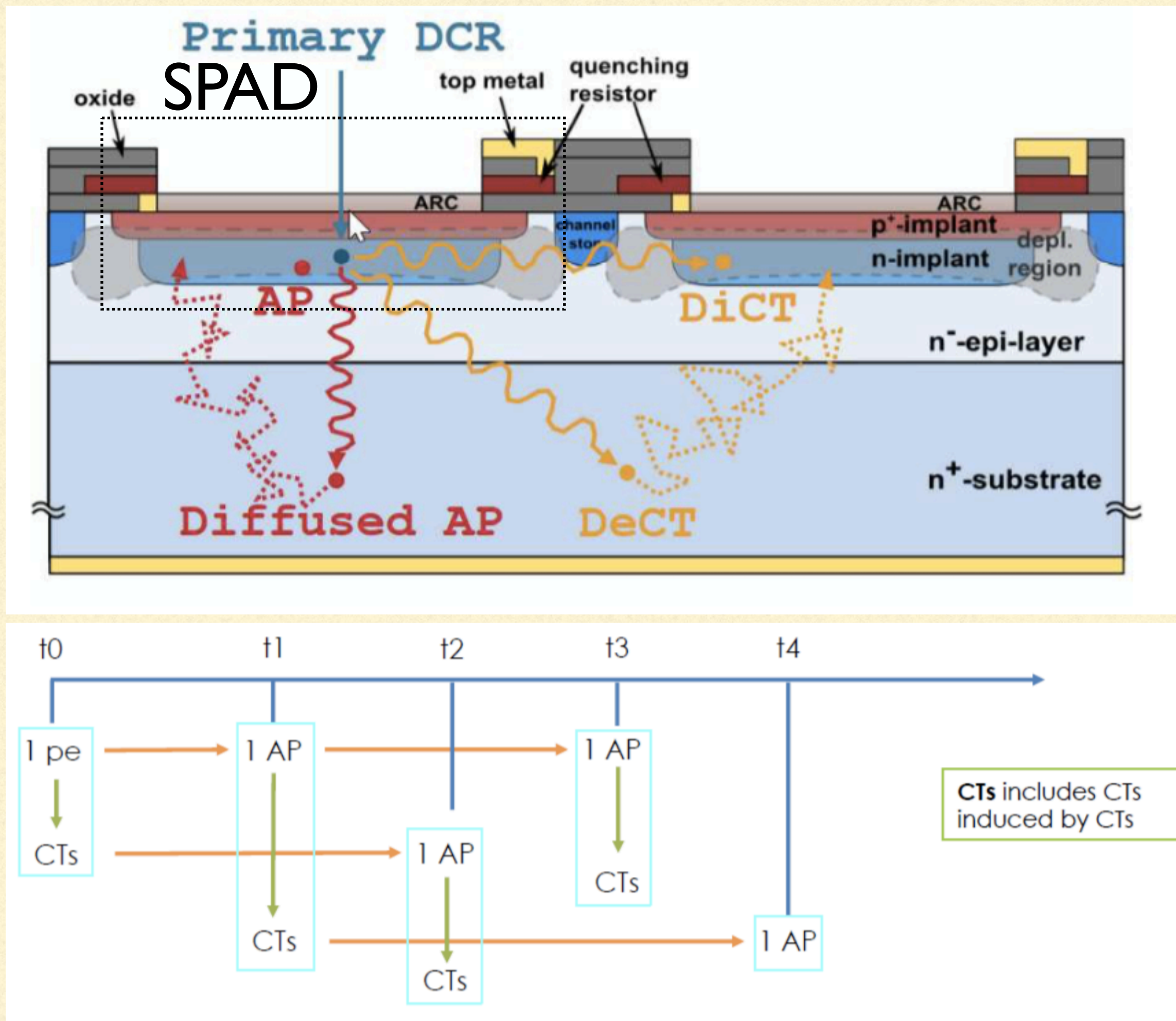


Run	888	889	891	892	893	894	1232	1233	1253	1254
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------

LE CROSS-TALK

Experts : Davide et Julie

Principe

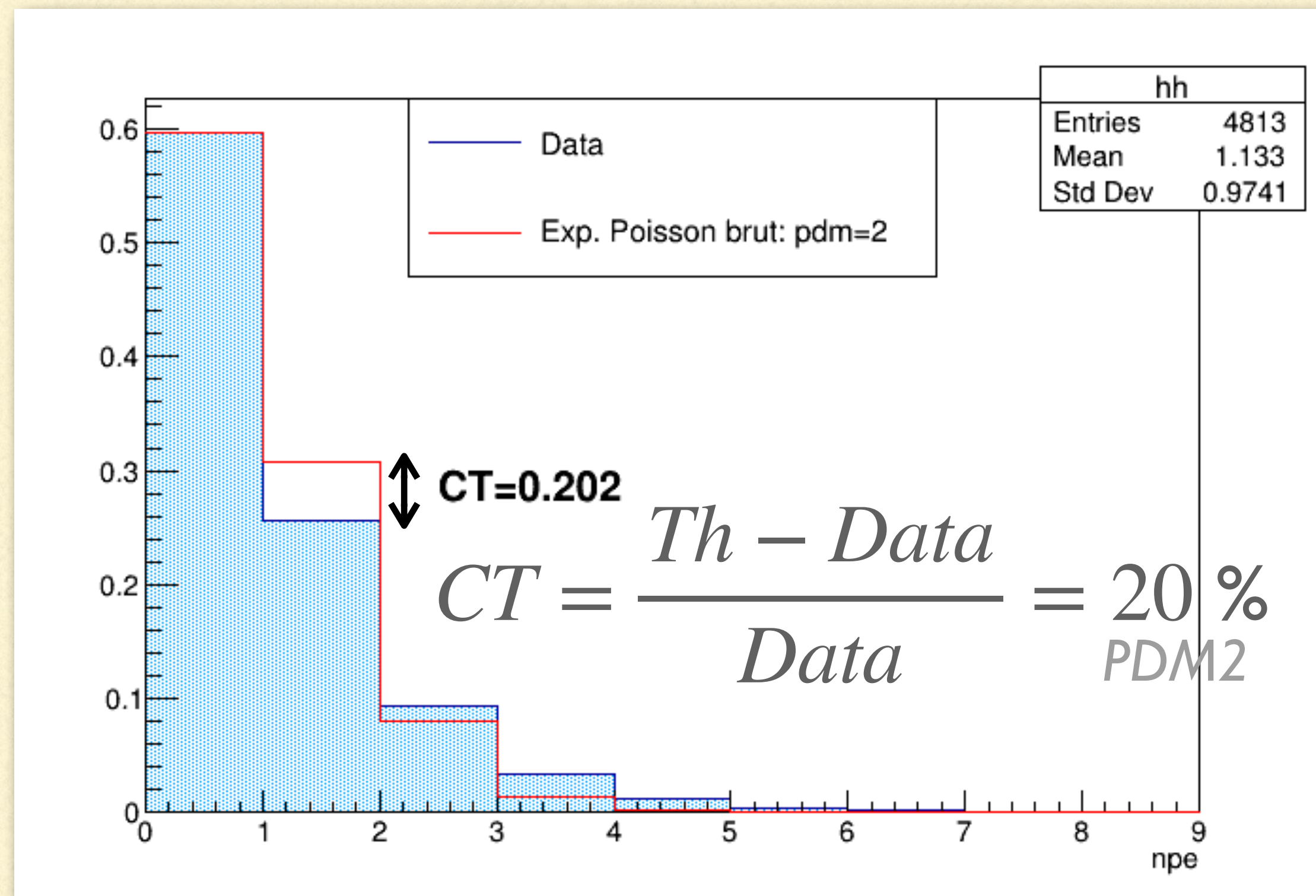


- Les SPAD voisins (d'un certain SPAD x) reçoivent le signal qu'aurait du recevoir le SPAD x => on a trouvé un moyen de mesurer cet effet
- CT = effet instantané
- C'est une mesure qui se fait hors laser

LE CROSS TALK

Exemple run 889, PDM2, zone 200-800

Principe de la mesure



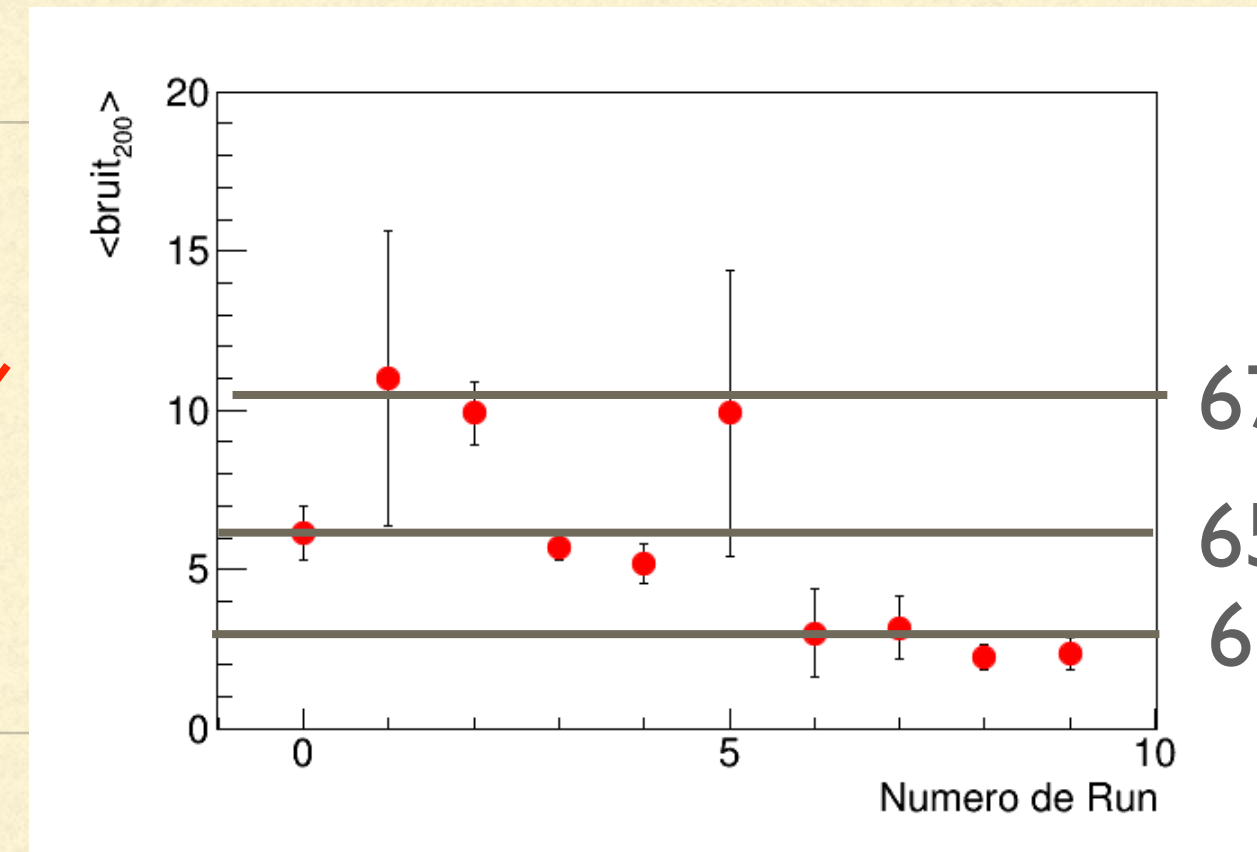
- On moyenne sur le nombre de pics (4813)
=> pas d'erreur statistique
- Courbe rouge = poissonienne théorique =
ce qu'on s'attend à obtenir
- On mesure l'écart des données à la
prédiction et on interprète le résultat
comme venant du CT

À clarifier avec les experts

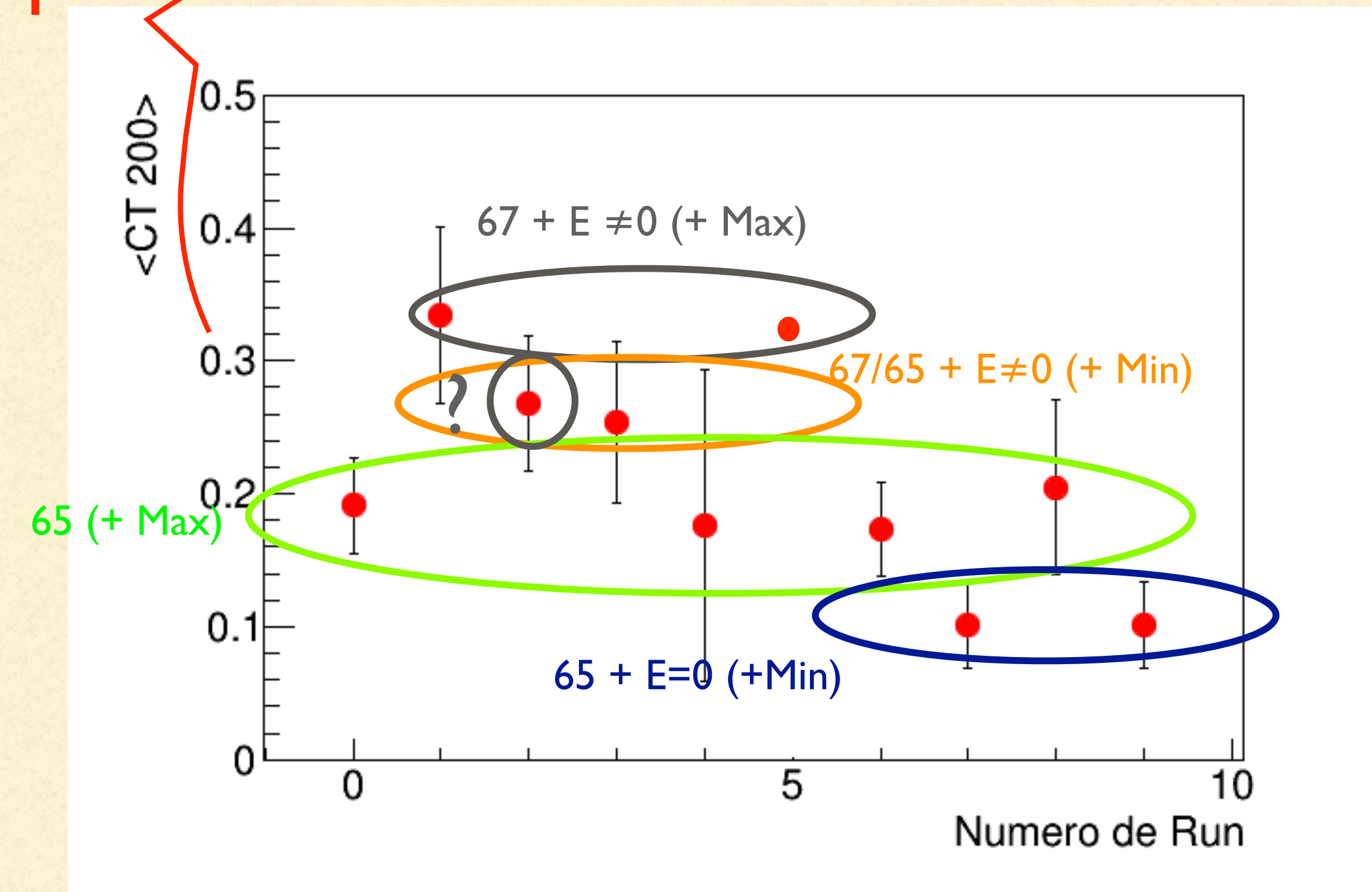
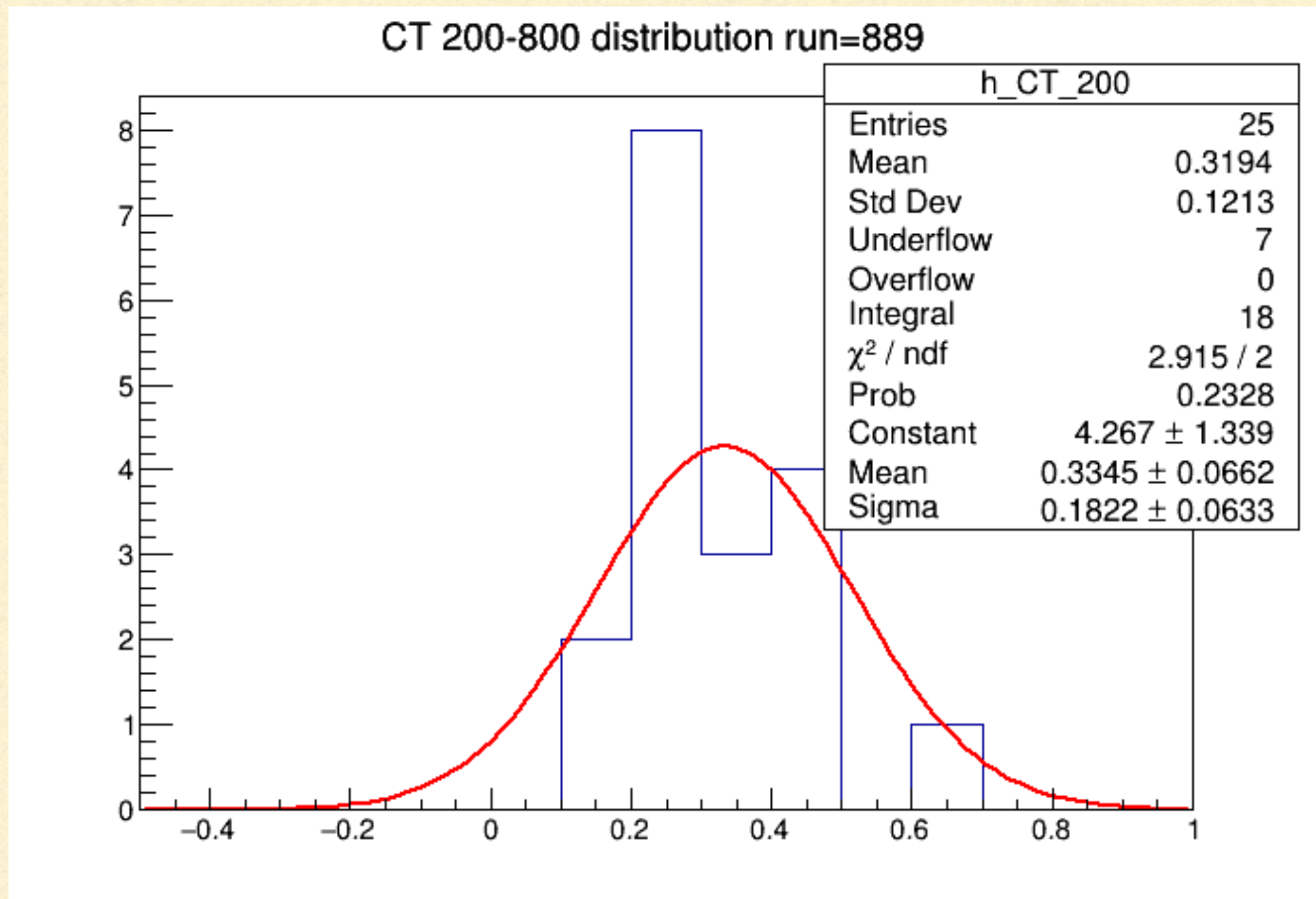
CROSS TALK DANS LA ZONE 200-800

run 889

Si barre d'erreur : il y a eu un fit avec une gaussienne. Sinon : moyenne de l'histo
 $E \neq 0 \Rightarrow$ CT plus élevé ET bruit plus élevé



67 V $E_e/d \neq 0$
 65 V $E_e/d \neq 0$
 65 V $E_e/d = 0$



- $10\% < CT < 40\%$
- $CT(67V) > CT(65V)$
- $CT(E \neq 0) > CT(E = 0)$ (corrélé bruit) 20

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

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

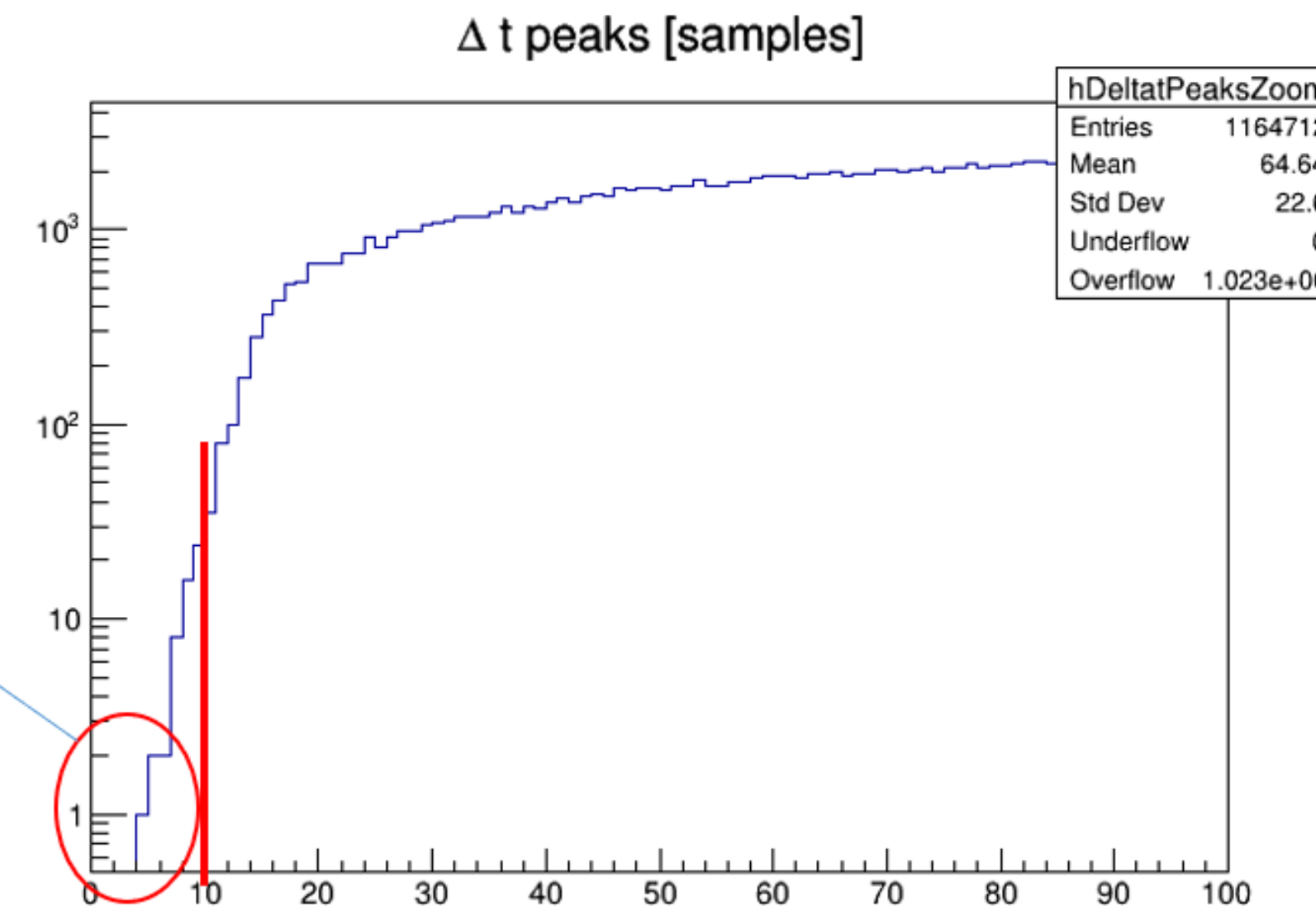
dt<6, Arrive dans les premiers ech. Bias ?

```
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.:



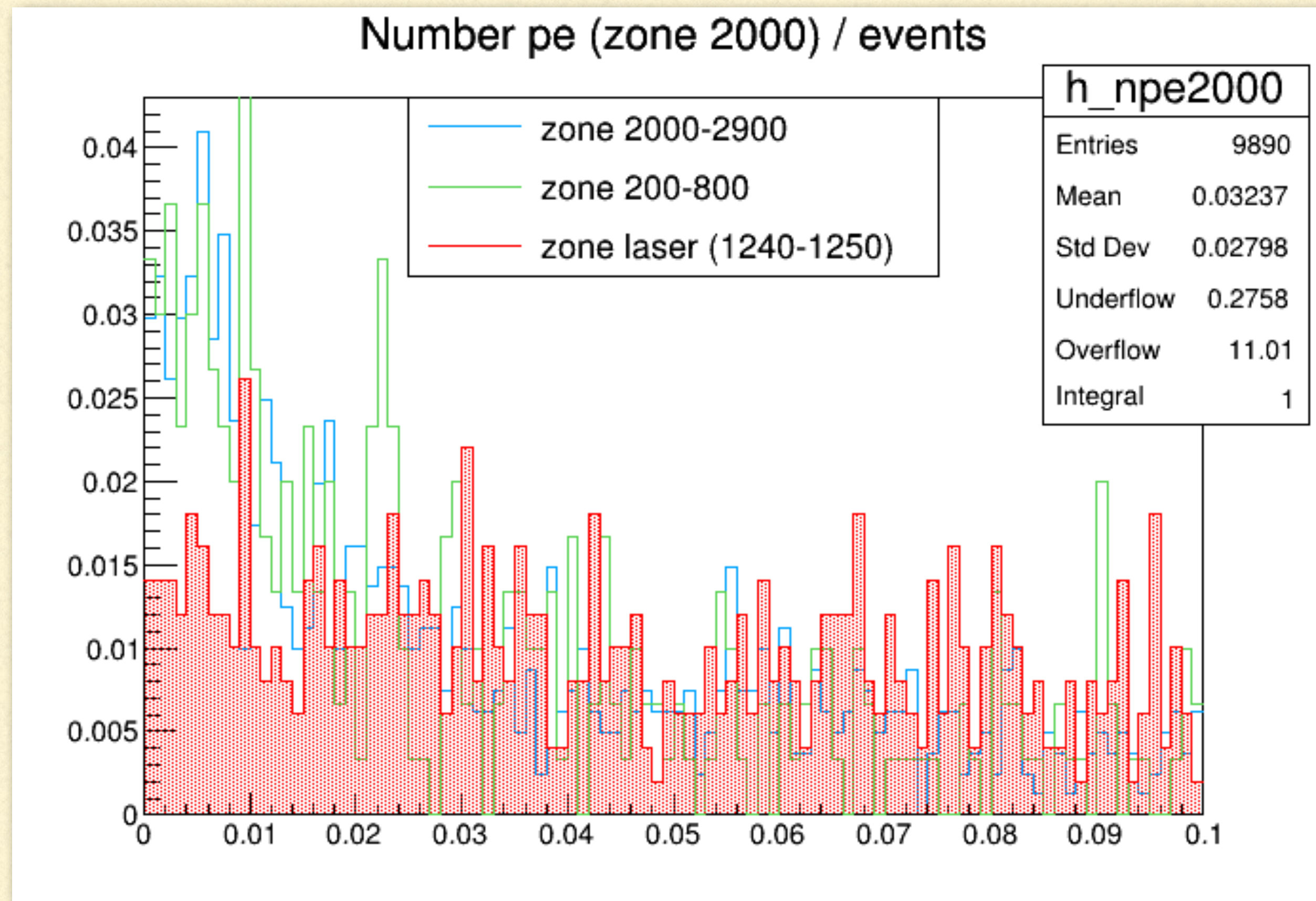
Si on étends a dt<10, on retrouve 2/3 le PDM=19 (connu comme bruyant)

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

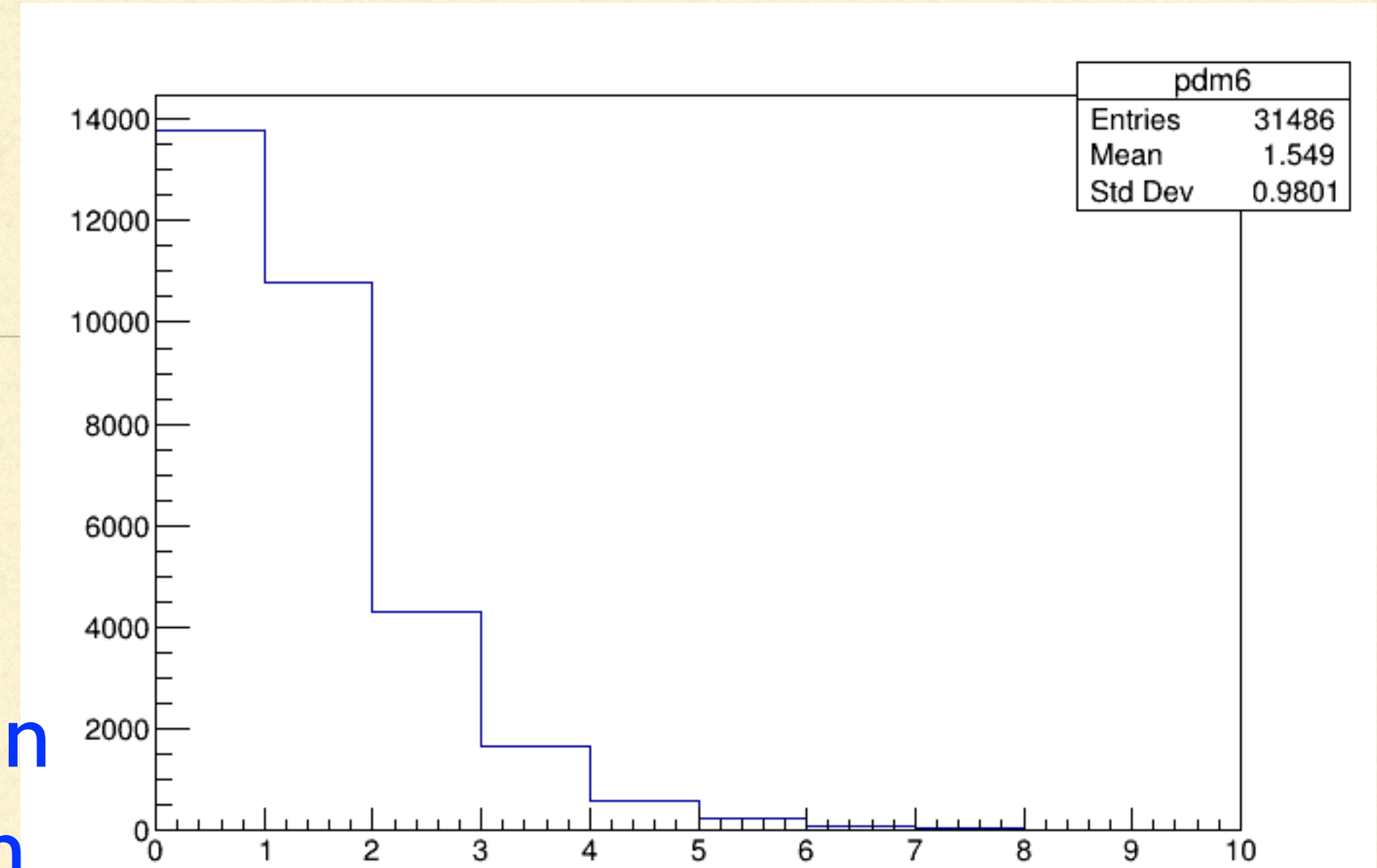
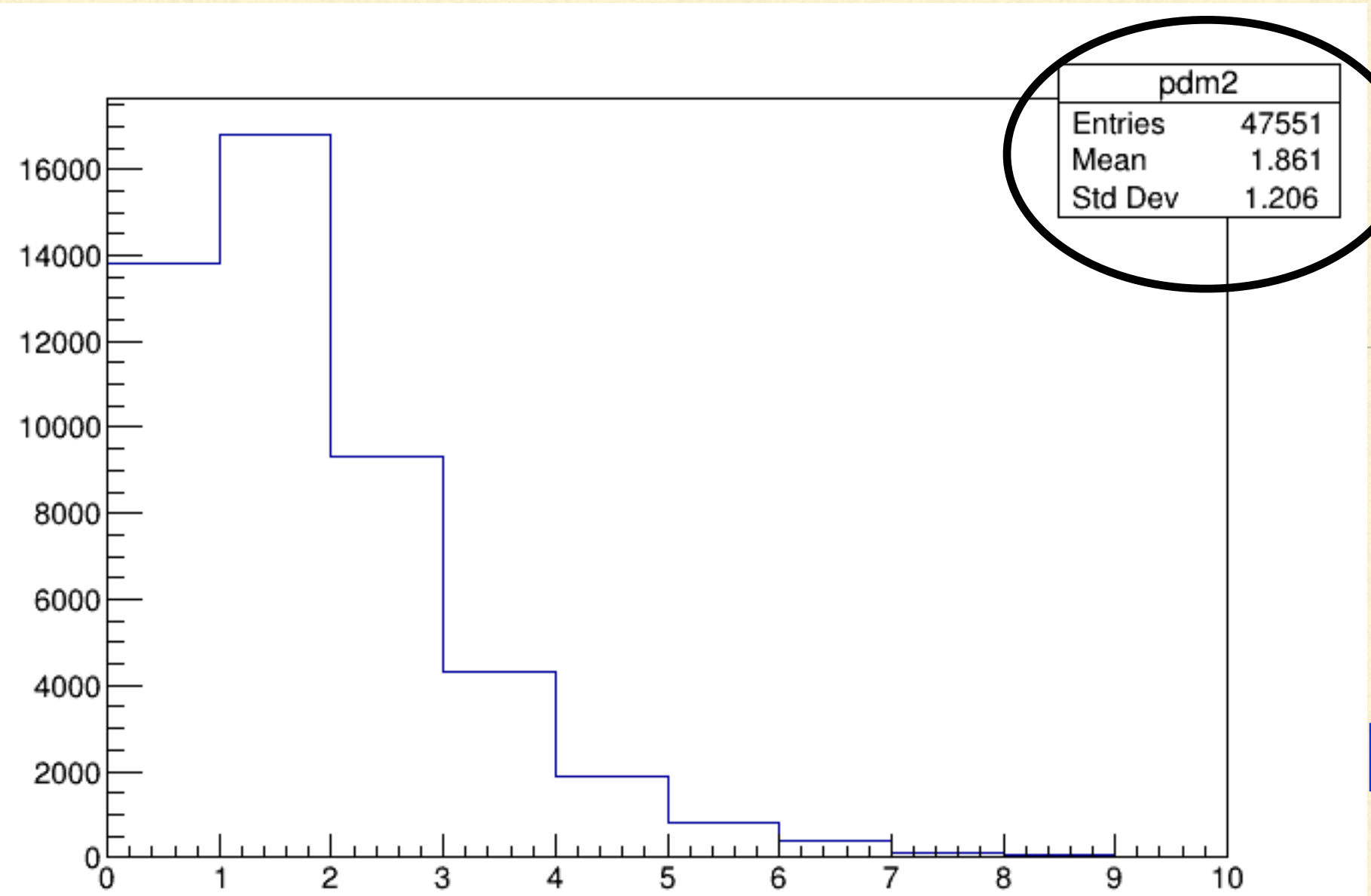
n° run (nov)	nb evt	nb de pics	Tension SiPM	Intensité Laser	Acquis	E ext/ Ed (V/cm)	Gaz	NPE max	NPE moy	NPE forme
889	102 053	1 720 952	67	max	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON	1	2,54	0,15
891	99 631	613 190	67	min	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON	0,83	1,66	0,14
888	100 563	1 338 699	65	max	-5/+7	e: 2800 d: 200	ON	1	2,18	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

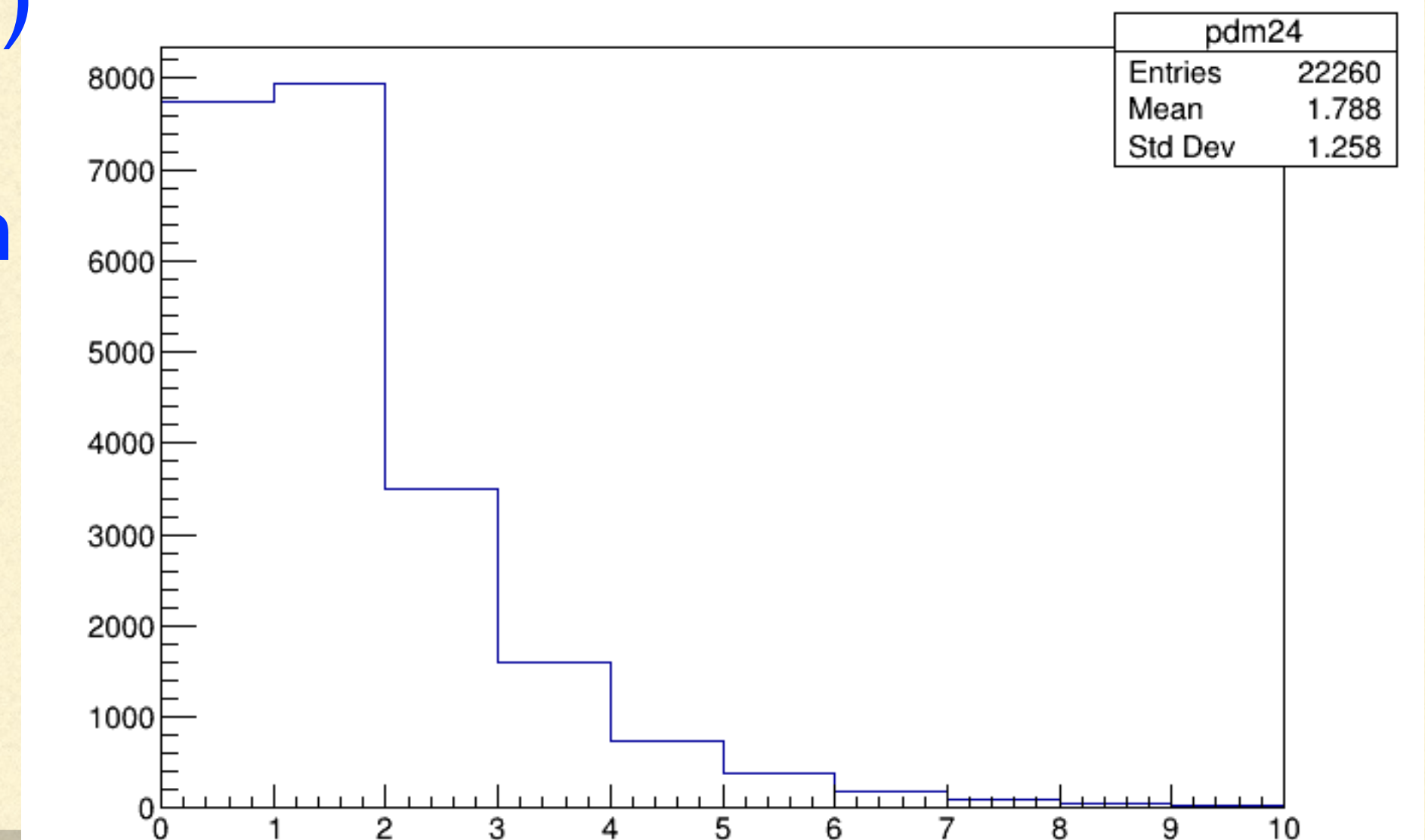
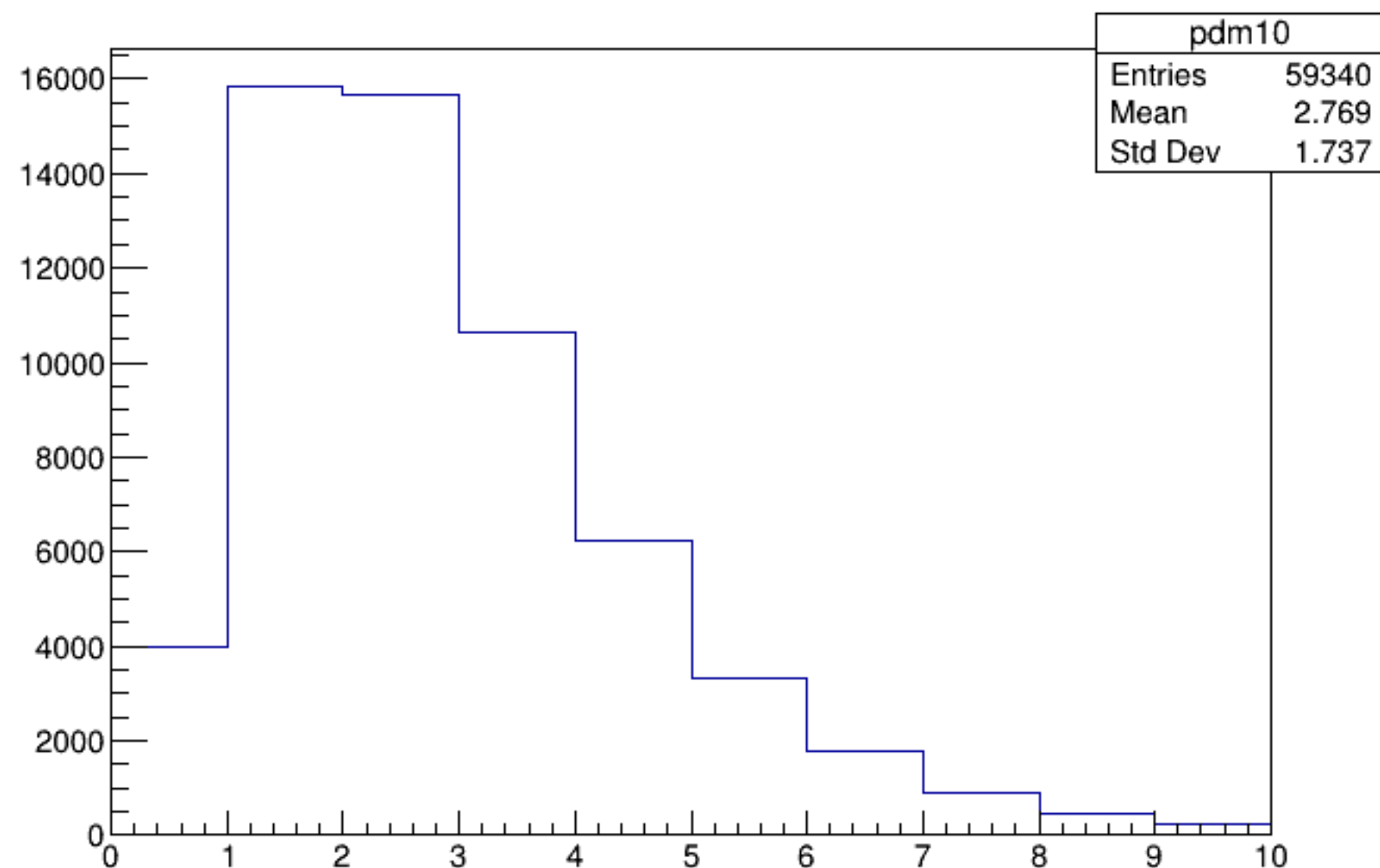
TABLEAU COMPARATIF, ESTIMATEURS CT

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

RUN 1253 -> FORME ???

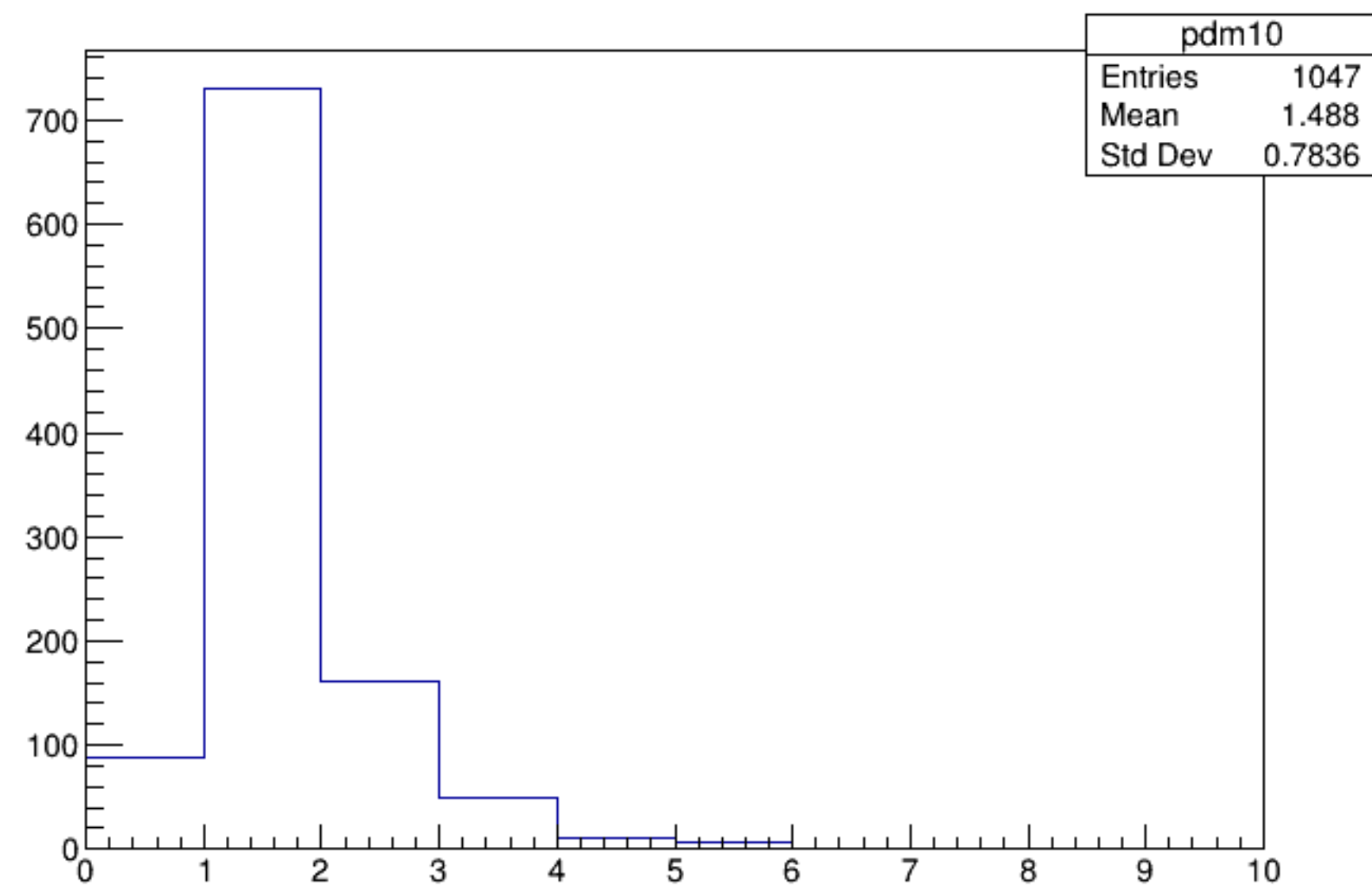
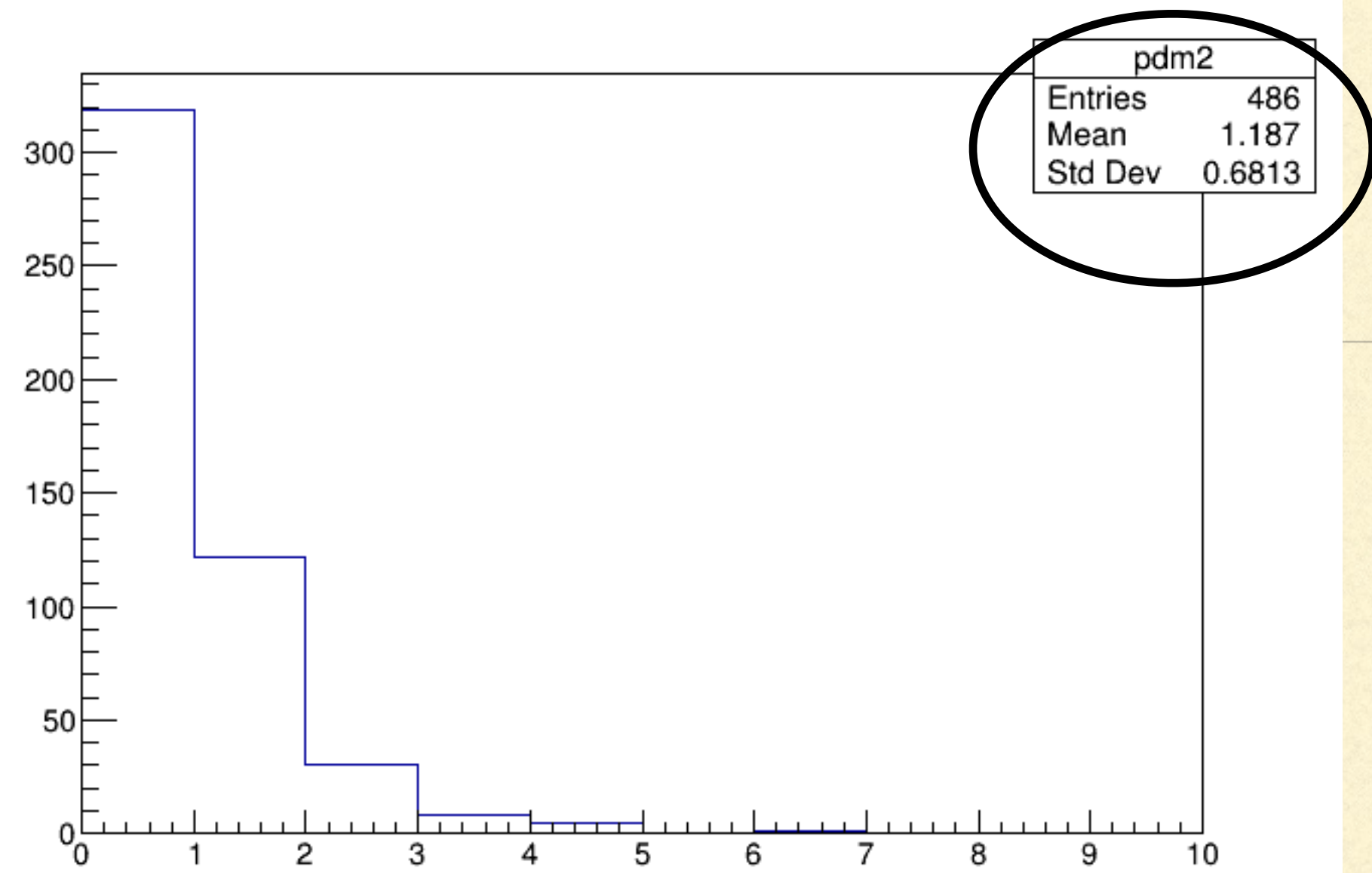


Forme de la distribution
-> super variable ds un
même run (1240-1250)



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

