Laboratoire SIAME
Equipe Génie Electrique
Université de Pau et des Pays de l'Adour

TESTS REPORT

TEST CARRIED OUT IN ACCORDANCE WITH FRENCH STANDARD NF C 17-102 :11/09

Equipment :	**Lightning Conductors P10,P25,P45,P60**
Manufacturer :	**Société LPS France** **Monsieur Monges**
Dates and location :	12/05/2015 **SIAME - Equipe Génie Electrique** University of Pau 2, avenue Pierre Angot 64000 PAU - FRANCE
LGE team :	L. Pécastaing M. Rivaletto R. Ruscassié P. Pignolet A. Silvestre de Ferron

INTRODUCTION

Tests have been carried out in accordance with the French Standard NF C 17-102-2011. Four lightning conductors (P10,P25,P45,P60) manufactured by 'LPS France' have been tested at the High Voltage Laboratory of Pau (France).

The meteorological conditions have been constant during tests:

Temperature : **19°C < T < 22°C**

Humidity: **35% < δ < 45%**

1- Experimental apparatus

A metal plate is located above the tested lightning conductor. The distance between the metal plate and the grounded laboratory floor is H=2,20m. The air gap length between the plate and the lightning conductor is d=1,10m.

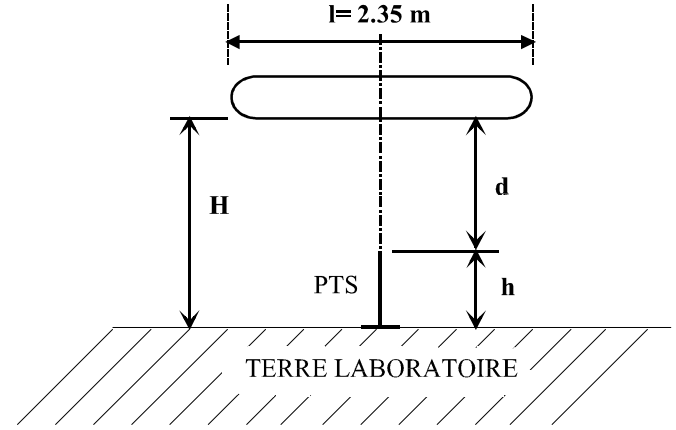


***Figure 1**: the size of the experimental configuration*

This apparatus is energized by the experimental device presented figure 2.

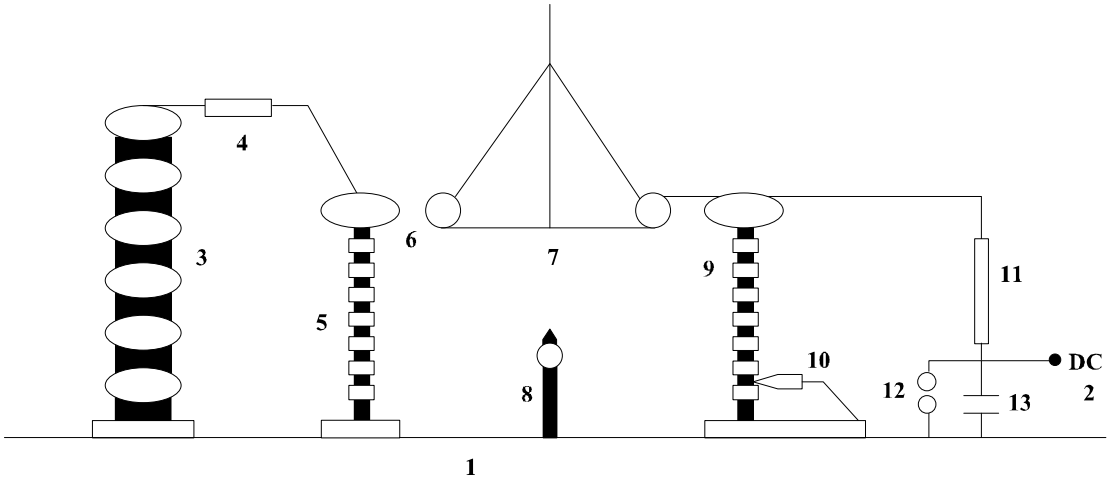


***Figure 2**: Experimental apparatus*

Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

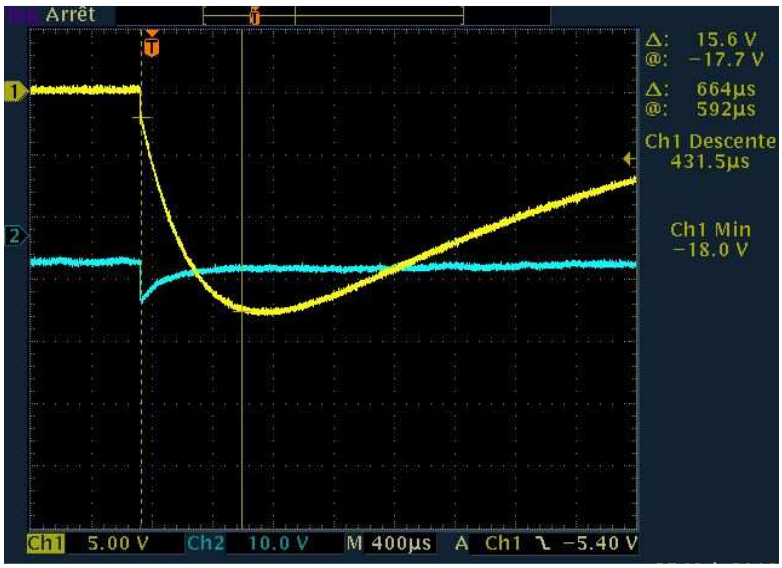
1: grounded plane
2: High voltage DC power supply (100 kV)
3: Marx generator
.amplitude: 650 kV
.fall-time: 650 μs
.load resistor: 700 Ω per stage
4: resistance of tail of the generator: 800 kΩ
5: Waveform creation capacitor: 666pF, 700kV
6: Insulation gap : insulate up to 50kV the Marx generator from the continuous voltage (40 kV)
7: cloud
8: lightning conductor under test
9: capacitive divider
(40pF, 1MV, rapport 1/23500)
10: North Star probe (1/1000)
11: load resistor (100 MΩ)
12: security gap (set-up : 50 kV)
13: 1nF capacitor (integrating circuit of the impulse voltage)

Simulation of the continuous electric field

During the tests, a negative DC voltage of 40kV is applied to the high voltage electrode.

Simulation of the impulse field

The air gap is triggered using a Marx generator. The maximum applied voltage is set to -560kV (figure 3).



Fall-time: $T_{cr} = 650\mu s$

Voltage ratio :
$1V_{measuréd} = 26{,}4kV$

***Figure 3*: Wave shape of the applied impulse voltage**

2- Test procedure

The maximum applied voltage is set to -590kV during all the tests. This value corresponds to U_{50} + 5%U_{50} breakdown voltage of the Franklin device (PTS). For each tested lightning conductor, the time to breakdown Tb of 50 consecutive shocks is noted using the PTS. The corresponding average time to breakdown $<Tb_{SC}>$ is calculated. Then, fifty new consecutive shocks are applied on the working lightning conductor under test. The new average time to breakdown $<Tb_W>$ is calculated.
The breakdown delay time $T_{BD} = <Tb_{SC}> - <Tb_W>$ is determined.
The time interval between two consecutive shocks is at least 60 seconds.

Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

3- Experimental Results

DETERMINATION OF U_{50} OF THE PTS

Date : 12 May 2015 Beginning : 9h00 End : 10h00

Shock n°	Type	$U_{measured}$ (V)	Tb (μs)
1	PTS	22,0	634
2	PTS	21,5	
3	PTS	21,4	600
4	PTS	21,0	
5	PTS	22,8	782
6	PTS	22,6	
7	PTS	20,4	540
8	PTS	21,3	568
9	PTS	21,3	
10	PTS	22,3	
11	PTS	21,1	
12	PTS	20,5	912
13	PTS	20,7	547
14	PTS	22,0	
15	PTS	23,0	
16	PTS	22,5	627
17	PTS	22,6	
18	PTS	21,6	
19	PTS	21,3	567
20	PTS	23,0	
21	PTS	20,7	
22	PTS	20,4	532
23	PTS	20,9	
24	PTS	21,0	800
25	PTS	22,0	516
26	PTS	21,6	
27	PTS	21,7	
28	PTS	23,0	488
29	PTS	21,7	510
30	PTS	20,9	

Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

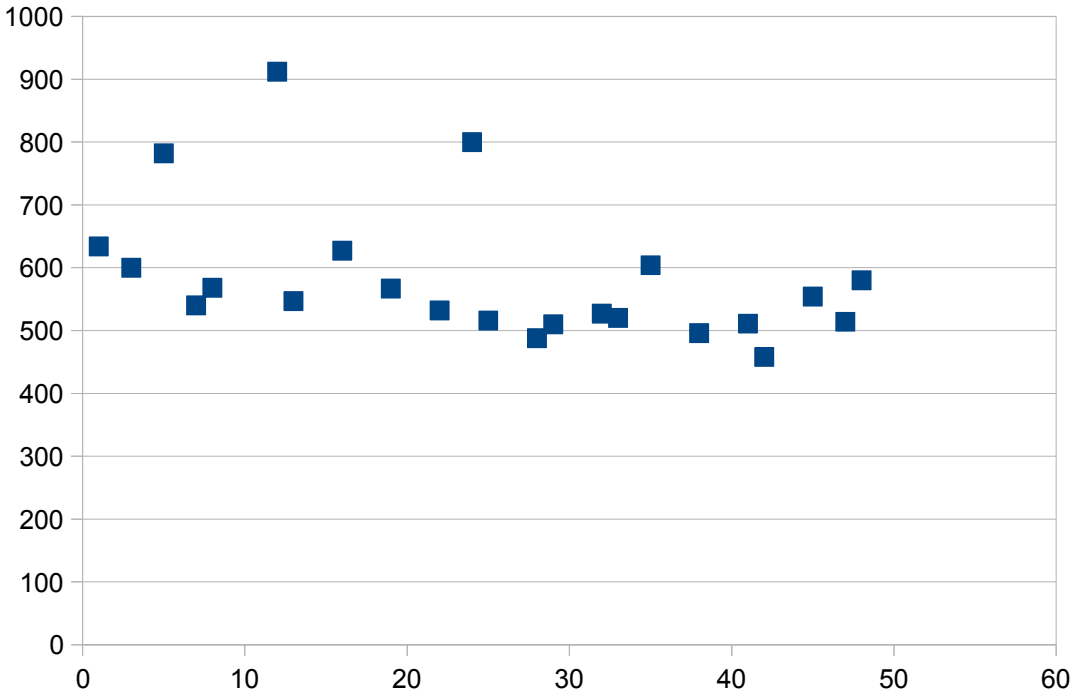
31	PTS	21,5	
32	PTS	20,4	527
33	PTS	20,1	520
34	PTS	21,0	
35	PTS	21,5	604
36	PTS	22,0	
37	PTS	20,6	
38	PTS	21,1	496
39	PTS	19,8	
40	PTS	20,9	
41	PTS	20,7	511
42	PTS	21,2	458
43	PTS	20,7	
44	PTS	20,1	
45	PTS	19,7	554
46	PTS	20,2	
47	PTS	22,0	514
48	PTS	21,3	580
49	PTS	20,2	
50	PTS	20,8	
51	PTS	20,0	456
52	PTS	20,3	
53	PTS	20,4	
54	PTS	19,8	520
55	PTS	19,9	529
56	PTS	20,9	
57	PTS	20,4	616
58	PTS	20,1	
59	PTS	20,1	471
60	PTS	19,6	516
61	PTS	20,4	
62	PTS	20,1	
63	PTS	20,3	501
64	PTS	20,6	467
65	PTS	19,5	

Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

66	PTS	20,2	498
67	PTS	20,7	
68	PTS	20,2	480
69	PTS	20,6	
70	PTS	20,4	
71	PTS	20,3	428
72	PTS	20,2	431
73	PTS	20,1	
74	PTS	20,4	
75	PTS	20,7	430

<Umeasured> = 20,9 V ; <U_{50}> = 552,9kV ; <Tb> = 548μs



Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

OVERVOLTAGE OF THE PTS
Date : 12 May 2015 Beginning : 10h10 End : 11h10

Shock n°	Type	$U_{measured}$ (V)	Tb (μs)
1	PTS	20,2	465
2	PTS	20,1	432
3	PTS	21,4	615
4	PTS	21,0	512
5	PTS	21,4	620
6	PTS	20,3	544
7	PTS	20,5	540
8	PTS	21,2	568
9	PTS	20,8	476
10	PTS	20,3	459
11	PTS	21,1	608
12	PTS	21,1	571
13	PTS	20,5	589
14	PTS	20,4	450
15	PTS	20,6	482
16	PTS	20,5	514
17	PTS	21,2	561
18	PTS	21,6	576
19	PTS	21,5	589
20	PTS	20,1	420
21	PTS	20,3	468
22	PTS	21,5	514
23	PTS	20,5	468
24	PTS	20,4	465
25	PTS	21,0	579
26	PTS	21,2	571
27	PTS	20,5	480
28	PTS	20,4	469
29	PTS	21,5	644
30	PTS	20,8	504

Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Héliopare Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

31	PTS	19,9	414
32	PTS	20,4	448
33	PTS	20,1	441
34	PTS	21,0	567
35	PTS	20,6	604
36	PTS	20,3	480
37	PTS	21,2	534
38	PTS	21,1	569
39	PTS	20,5	481
40	PTS	20,4	460
41	PTS	20,8	500
42	PTS	21,0	583
43	PTS	20,7	491
44	PTS	20,5	480
45	PTS	19,9	433
46	PTS	21,1	570
47	PTS	21,6	660
48	PTS	20,8	515
49	PTS	20,3	444
50	PTS	20,6	476

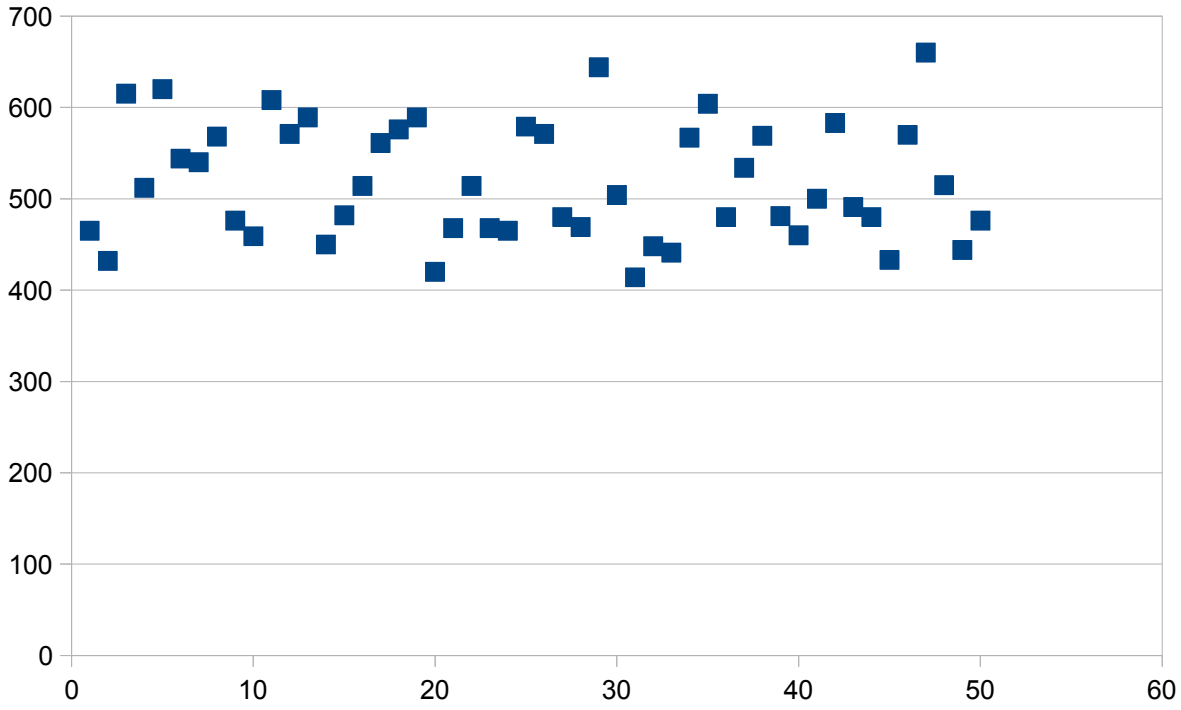
Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

<Umeasured> = 20,7 V

U_b = 548,3kV

Tb_{sc} = 518μs (σ=72μs)



Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Héliopare Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

OVERVOLTAGE OF P10
Date : 12 May 2015 Beginning : 11h45 End : 13h00

Shock n°	Type	$U_{measured}$ (V)	Tb (μs)
1	P10	20,1	476
2	P10	21,3	481
3	P10	21,0	466
4	P10	20,2	385
5	P10	21,2	379
6	P10	20,5	530
7	P10	21,2	532
8	P10	20,4	410
9	P10	21,1	435
10	P10	21,4	479
11	P10	20,2	409
12	P10	19,7	416
13	P10	21,4	375
14	P10	19,3	533
15	P10	19,9	432
16	P10	19,9	495
17	P10	21,1	517
18	P10	19,6	446
19	P10	19,8	473
20	P10	20,4	395
21	P10	21,2	537
22	P10	20,4	405
23	P10	21,2	458
24	P10	19,8	471
25	P10	19,6	529
26	P10	19,5	483
27	P10	20,3	459
28	P10	21,1	529
29	P10	19,4	507
30	P10	20,3	514

Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Héliopare Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

31	P10	21,3	535
32	P10	20,5	521
33	P10	19,7	447
34	P10	20,5	520
35	P10	19,9	392
36	P10	19,8	469
37	P10	20,6	465
38	P10	20,5	516
39	P10	20,7	462
40	P10	20,1	491
41	P10	20,6	442
42	P10	21,4	379
43	P10	20,4	380
44	P10	20,1	463
45	P10	20,0	524
46	P10	19,6	405
47	P10	19,7	430
48	P10	20,9	460
49	P10	20,6	406
50	P10	19,8	510

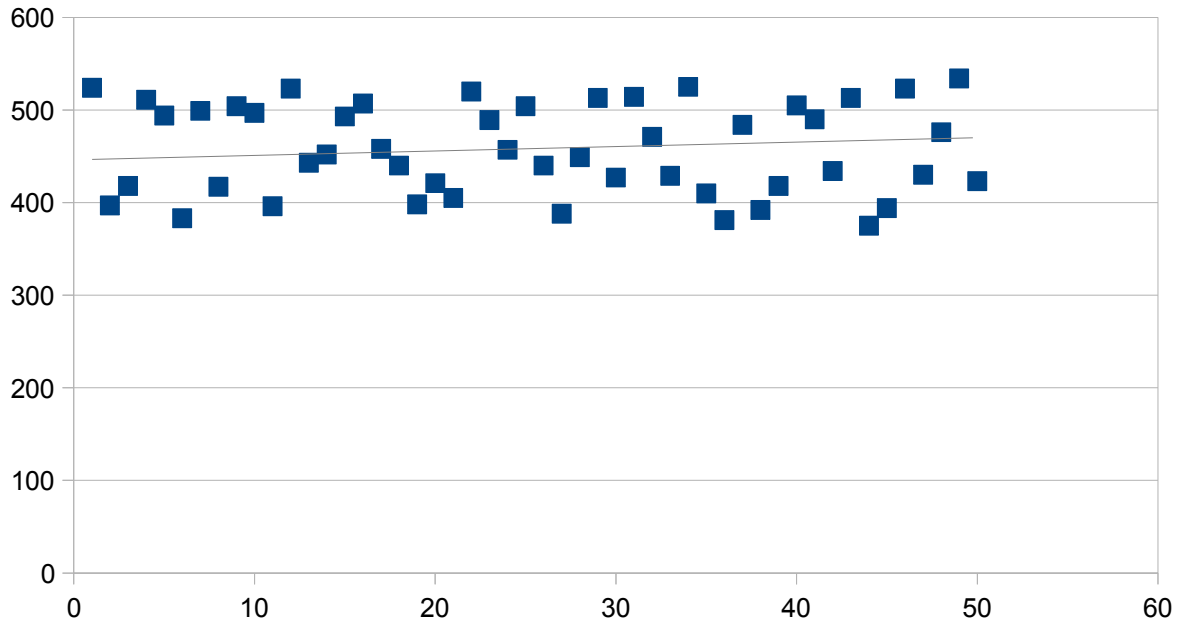
Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

<Umeasured> = 20,4 V

U_b = 544,9kV

Tb_{sc} = 458μs (σ=49μs)



Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

OVERVOLTAGE OF P25
Date : 12 May 2015 Beginning : 14h00 End : 14h50

Shock n°	Type	$U_{measured}$ (V)	Tb (μs)
1	P25	19,6	489
2	P25	20,0	516
3	P25	20,5	443
4	P25	19,9	530
5	P25	21,1	449
6	P25	20,5	390
7	P25	20,2	495
8	P25	21,2	510
9	P25	20,6	457
10	P25	21,4	506
11	P25	19,7	376
12	P25	21,0	396
13	P25	21,4	523
14	P25	20,1	504
15	P25	21,2	423
16	P25	20,1	488
17	P25	20,1	502
18	P25	20,9	456
19	P25	20,3	397
20	P25	21,3	450
21	P25	20,7	484
22	P25	21,5	384
23	P25	19,8	402
24	P25	20,7	494
25	P25	21,4	472
26	P25	20,3	450
27	P25	20,7	467
28	P25	19,8	387
29	P25	19,4	539
30	P25	21,1	490

Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Héliopare Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

31	P25	20,5	398
32	P25	21,3	550
33	P25	19,9	430
34	P25	19,9	501
35	P25	20,6	514
36	P25	19,3	421
37	P25	19,8	484
38	P25	20,6	398
39	P25	19,9	510
40	P25	19,7	525
41	P25	19,4	524
42	P25	20,8	490
43	P25	20,0	470
44	P25	20,8	379
45	P25	20,5	521
46	P25	20,0	531
47	P25	21,4	480
48	P25	19,3	471
49	P25	20,6	376
50	P25	20,4	478

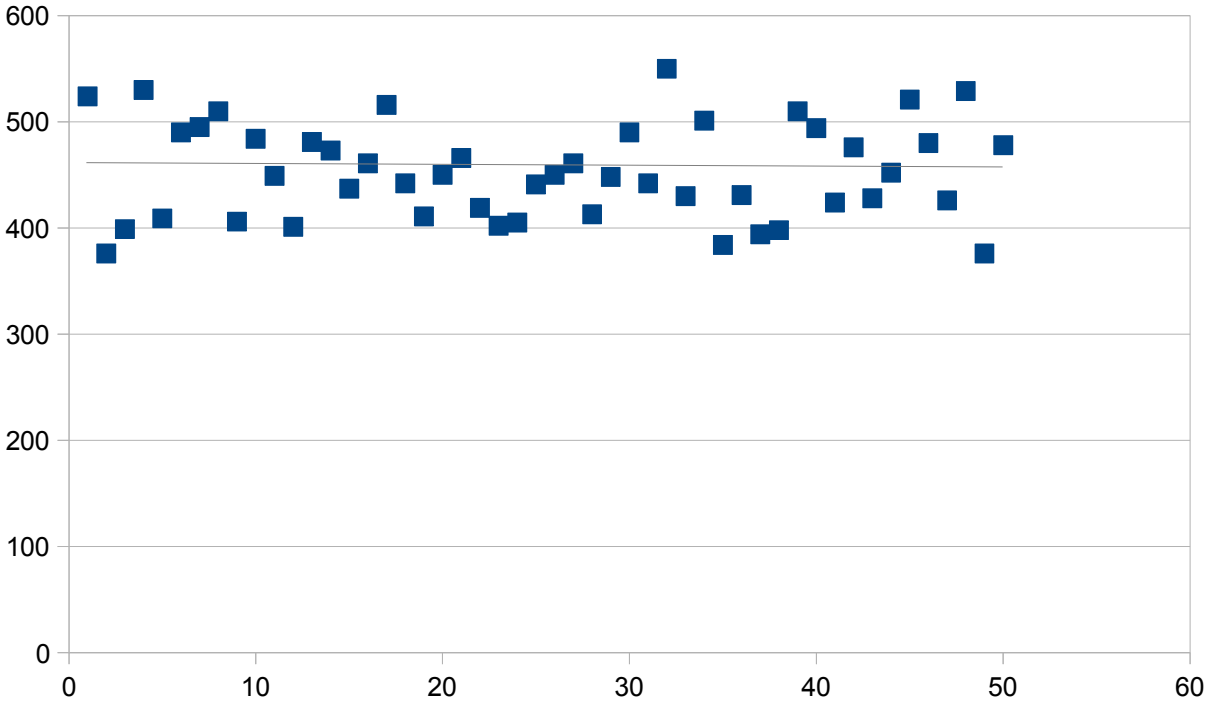
Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

<Umeasured> = 20,4 V

U_b = 546,4kV

Tb_{sc} = 453μs (σ=45μs)



Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

OVERVOLTAGE OF P45
Date : 12 May 2015 Beginning : 14h55 End : 16h00

Shock n°	Type	$U_{measured}$ (V)	Tb (μs)
1	P45	20,8	420
2	P45	20,6	445
3	P45	21,2	519
4	P45	20,0	396
5	P45	21,0	495
6	P45	20,6	386
7	P45	20,1	461
8	P45	21,0	511
9	P45	20,6	501
10	P45	20,5	444
11	P45	19,6	478
12	P45	19,8	405
13	P45	19,8	429
14	P45	21,2	469
15	P45	20,1	417
16	P45	21,1	441
17	P45	21,2	521
18	P45	21,4	496
19	P45	20,3	528
20	P45	20,5	484
21	P45	19,7	521
22	P45	21,2	380
23	P45	20,3	402
24	P45	20,5	498
25	P45	20,3	410
26	P45	21,4	520
27	P45	20,4	490
28	P45	20,9	495
29	P45	19,5	410
30	P45	21,4	378

Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Héliopare Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

31	P45	19,7	482
32	P45	20,8	411
33	P45	19,6	508
34	P45	19,6	398
35	P45	20,3	457
36	P45	20,5	389
37	P45	19,5	442
38	P45	20,3	535
39	P45	19,6	469
40	P45	19,6	413
41	P45	20,5	380
42	P45	20,1	431
43	P45	20,2	532
44	P45	20,6	503
45	P45	20,9	476
46	P45	20,3	478
47	P45	20,5	444
48	P45	21,1	510
49	P45	21,1	600
50	P45	21,1	432

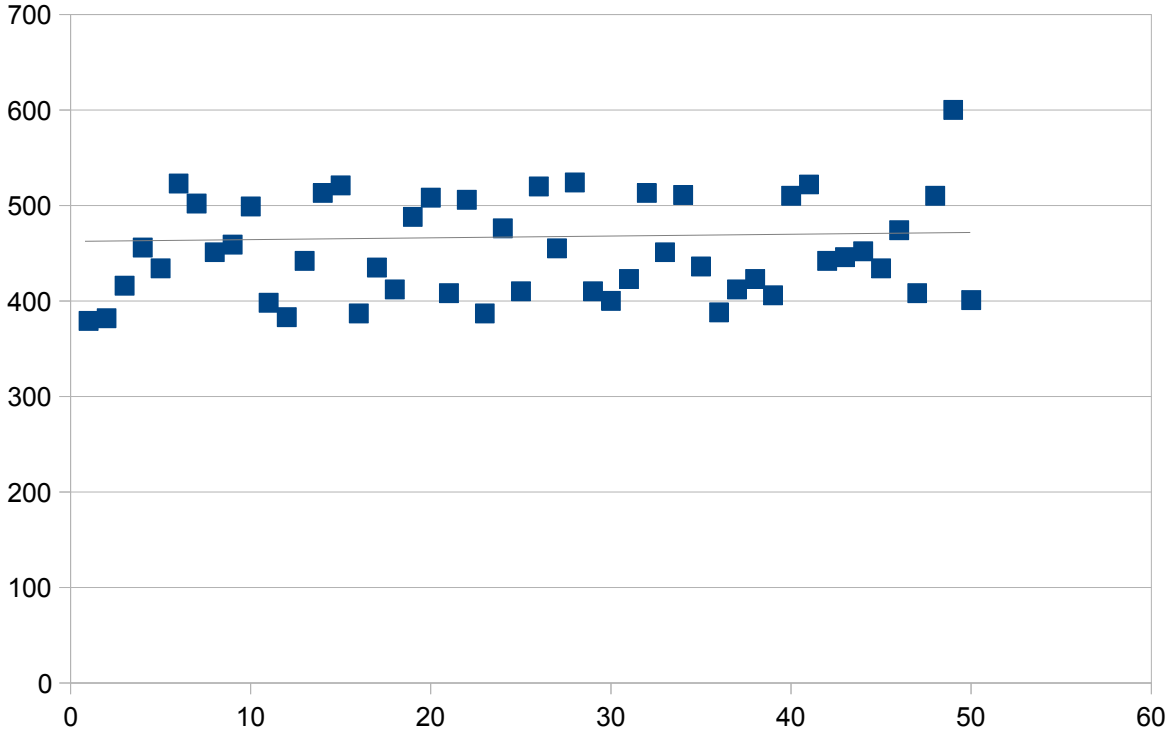
Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

<Umeasured> = 20,5 V

U_b = 542,9kV

Tb_{sc} = 452μs (σ=51μs)



Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

OVERVOLTAGE OF P60
Date : 12 May 2015 Beginning : 16h15 End : 17h30

Shock n°	Type	$U_{measured}$ (V)	Tb (μs)
1	P60	20,6	367
2	P60	20,6	441
3	P60	20,5	472
4	P60	20,4	407
5	P60	20,1	441
6	P60	20,3	396
7	P60	20,3	409
8	P60	20,6	385
9	P60	19,7	407
10	P60	20,6	437
11	P60	20,3	385
12	P60	20,5	393
13	P60	20,7	479
14	P60	19,6	366
15	P60	20,8	379
16	P60	20,9	472
17	P60	19,5	450
18	P60	20,4	440
19	P60	20,0	429
20	P60	19,6	395
21	P60	20,6	383
22	P60	20,4	477
23	P60	20,6	393
24	P60	20,9	408
25	P60	20,5	425
26	P60	20,9	474
27	P60	20,3	390
28	P60	20,1	420
29	P60	20,6	425
30	P60	19,6	418

Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

31	P60	20,0	473
32	P60	20,1	396
33	P60	19,8	455
34	P60	19,9	448
35	P60	20,8	390
36	P60	20,5	395
37	P60	20,7	421
38	P60	20,1	434
39	P60	20,0	449
40	P60	20,8	402
41	P60	20,9	461
42	P60	20,9	468
43	P60	20,1	471
44	P60	20,3	381
45	P60	20,9	480
46	P60	20,8	439
47	P60	20,9	380
48	P60	20,9	426
49	P60	20,4	406
50	P60	19,8	468

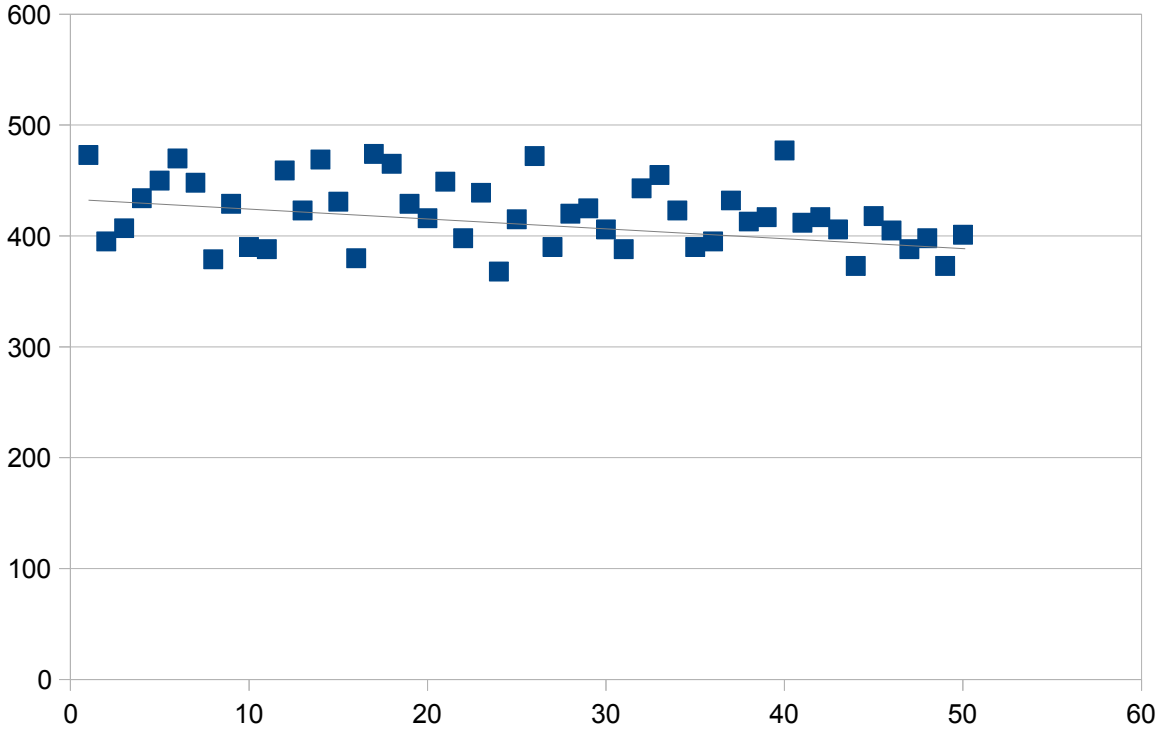
Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

<Umeasured> = 20,2 V

U_b = 535,7kV

Tb_{sc} = 420μs (σ=30μs)



Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Héliopare Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

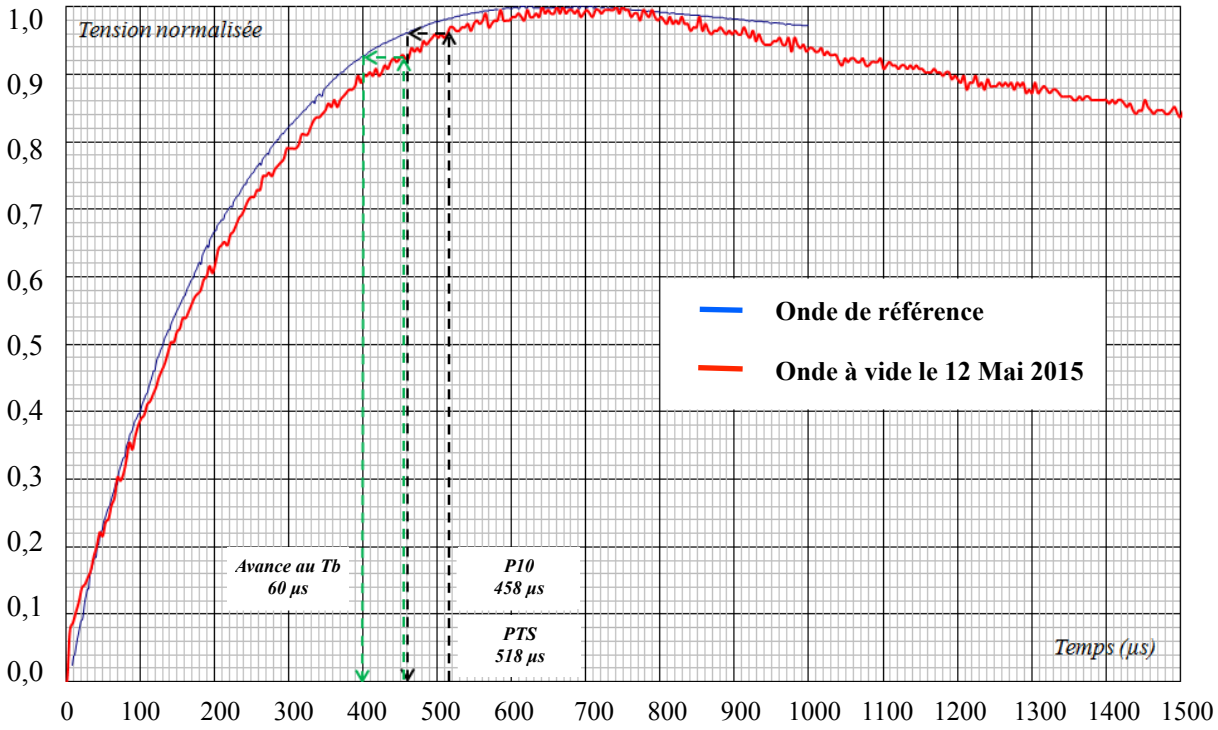
Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

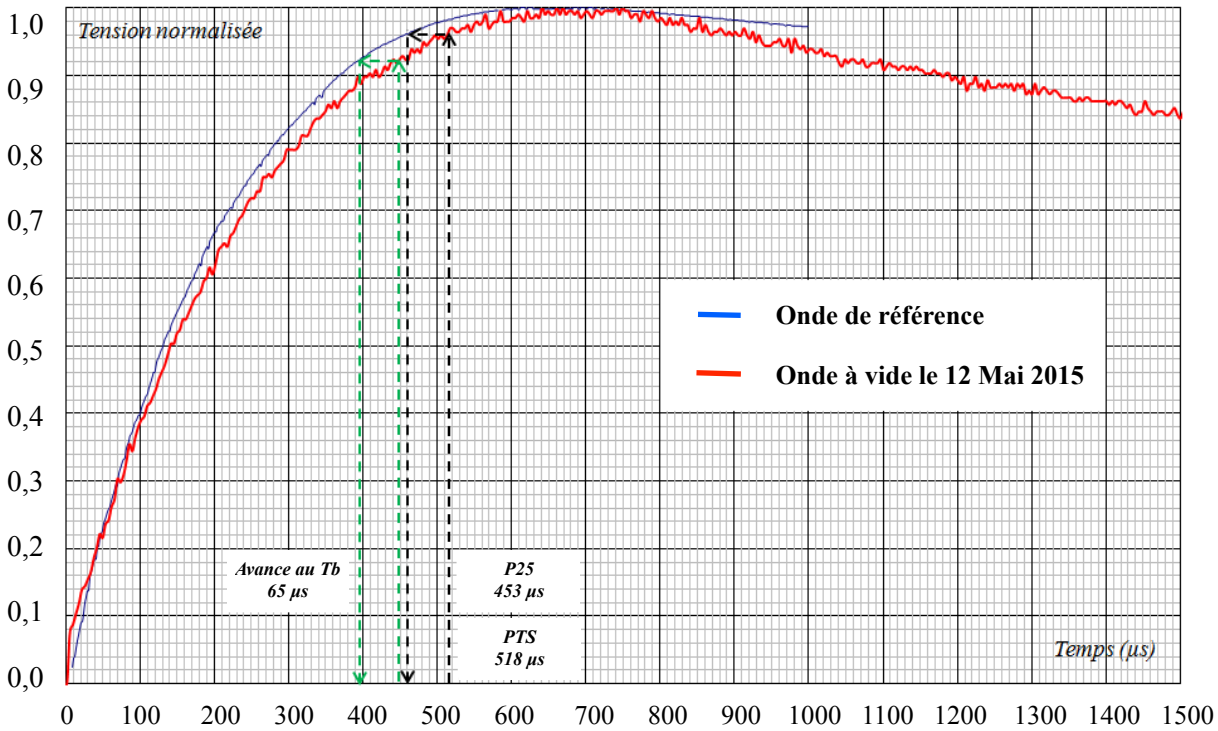
4- Results summary

	< Tb > (μs)	Breakdown delay time determined in Pau laboratory	Breakdown delay time calculated using the impulse voltage of the French Standard NFC 17-102
PTS	518	60	60
P10	458		
PTS	518	65	65
P25	453		
PTS	518	66	65
P45	452		
PTS	518	98	85
P60	420		

Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

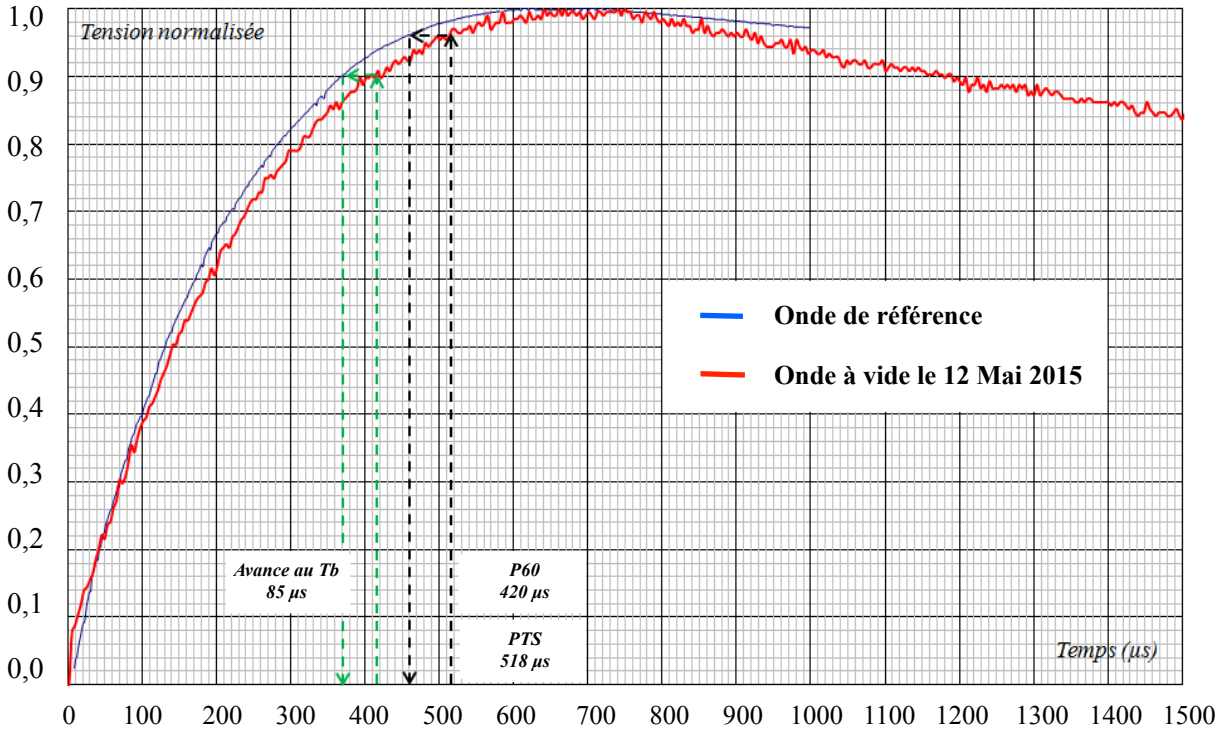
Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

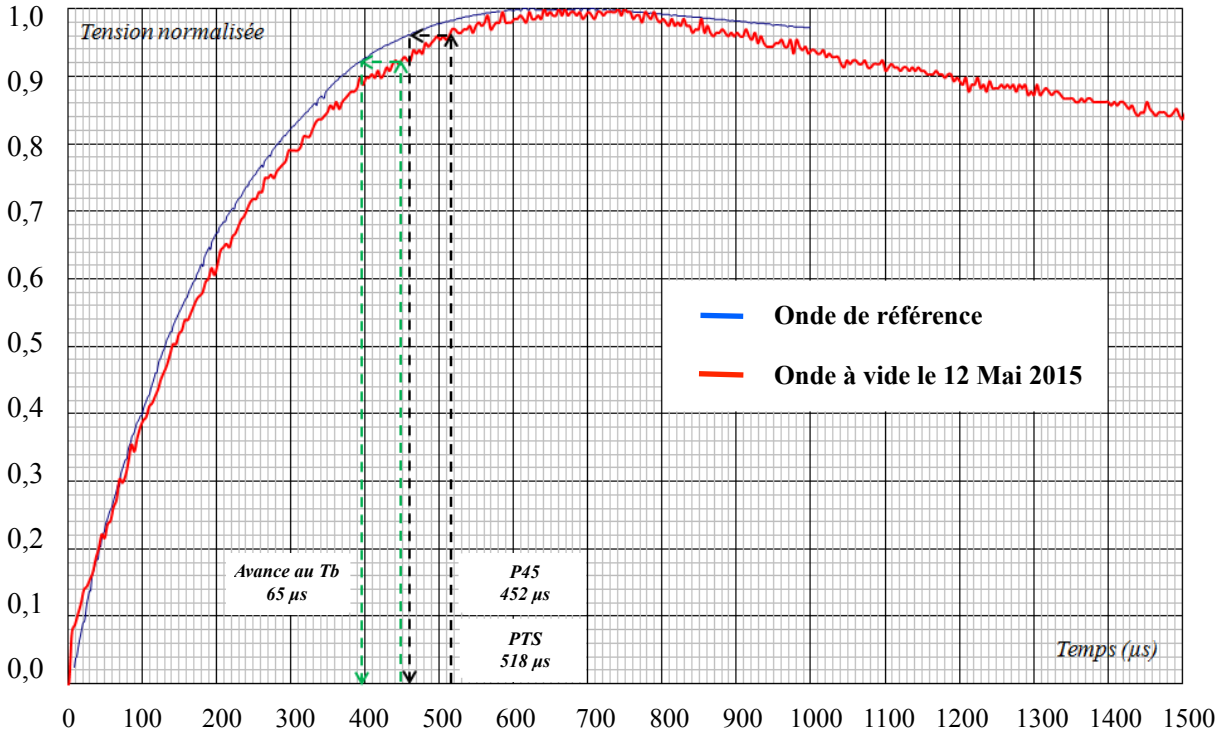




Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14





Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14

Laboratoire SIAME
Equipe Génie Electrique
Université de Pau et des Pays de l'Adour

RESULTS SUMMARY

TEST CARRIED OUT IN ACCORDANCE WITH FRENCH STANDARD NF C 17-102

Equipment : **Lightning Conductors P10,P25,P45,P60**

Manufacturer : **LPS France**

Date : 12/05/2015

	Breakdown delay time determined in Pau laboratory	**Breakdown delay time calculated using the impulse voltage of the French Standard NFC 17-102**
P10	60	60
P25	65	65
P45	66	65
P60	98	85

Laboratoire SIAME - Equipe Génie Electrique
Hélioparc Pau-Pyrénées
2 avenue Pierre Angot
64053 PAU CEDEX 9 (FRANCE)

Tel: 05 59 84 53 24
Fax: 05 59 14 90 14