



RAPPORT D'ESSAIS

ESSAIS REALISES DANS LA CONFIGURATION EXPERIMENTALE DE LA NORME NF C 17-100

Appareil : Paratonnerres PDCE-SENIOR et PDCE-JUNIOR

Constructeur : Société INT, S.L.- Andorra

Demandeur des essais : Monsieur Angel Rodriguez Montes

Dates et lieu des essais : Le 05 mai 2009
Laboratoire de Génie Electrique
Université de Pau
2, avenue Pierre Angot
64000 PAU

Intervenants du LGE : Messieurs Antoine de FERRON et Thierry REESS

INTRODUCTION

Les essais ont consisté à caractériser la tenue en tension de tiges de profils différents et de différents paratonnerres. Une onde bi-exponentielle, de polarité négative, est appliquée à une électrode plane simulant un nuage de manière à amorcer une décharge électrique sur le paratonnerre placé dans l'axe vertical du champ électrique ainsi créé.

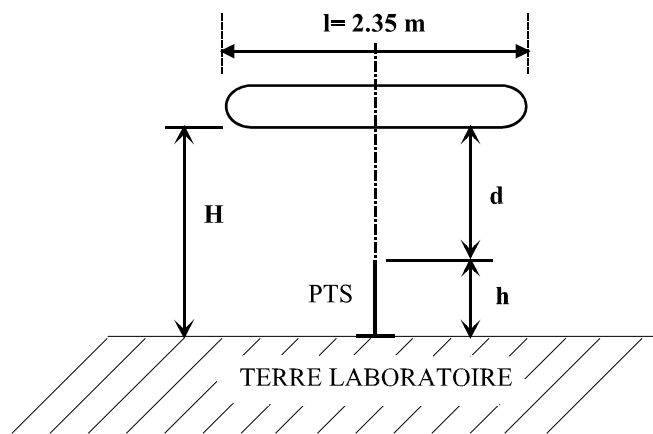
Pendant la durée des essais, les paratonnerres ont été testés dans des conditions géométriques et électriques identiques

MODALITES ET CONDITIONS D'ESSAIS

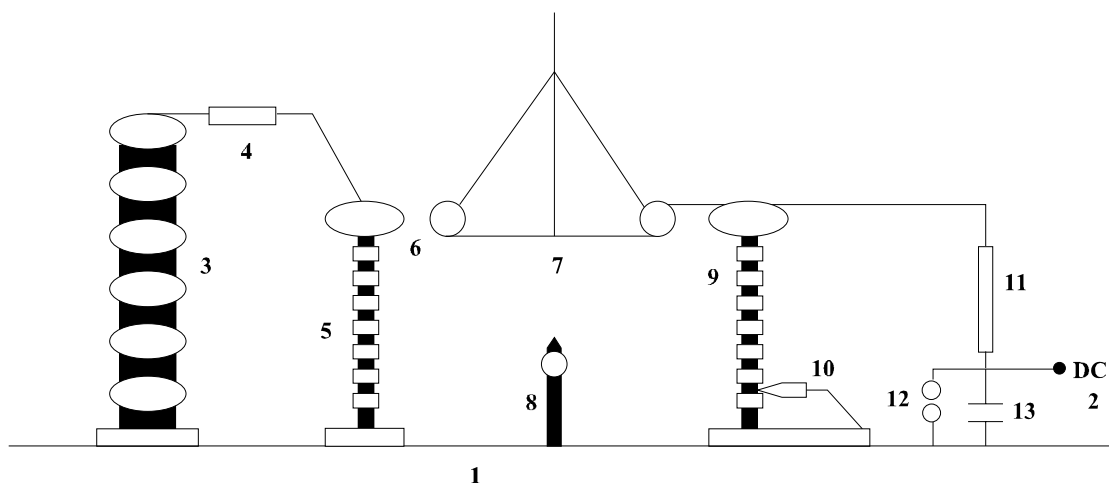
1- Montage expérimental

L'électrode active (plateau d'aluminium en forme de disque) est placée à une hauteur H au-dessus du sol constituant le plan de masse. Les paratonnerres, dont l'extrémité active est située à une hauteur h du sol, sont positionnés sur l'axe vertical fictif passant par le centre du plateau. La distance inter-électrodes, est ainsi fixée à une distance $d = H-h$.

Configuration d'essais $H=2,3\text{m}$, $h=1,1\text{m}$ et $d=1,2\text{m}$



Ce montage est inséré dans le dispositif expérimental représenté figure 2.

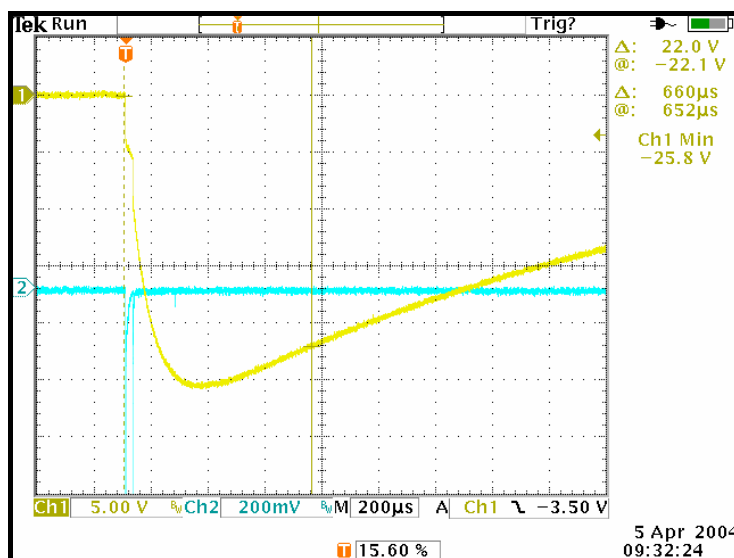


- 1: plan de masse
- 2: alimentation haute tension continue (100 kV)
- 3: générateur de Marx
 - .amplitude: 650 kV
 - .front de montée: 180 μ s
 - .résistance de charge: 700 Ω par étage
- 4: résistance de front: 70 k Ω
- 5: condensateur de mise en forme: 666pF, 700KV
- 6: éclateur d'isolement: isole jusqu'à 50 kV le générateur de Marx de la polarisation continue (40kV) du nuage. La mise en court-circuit de cet éclateur est visible sur les enregistrements présentés en fin de rapport.
- 7: nuage
- 8: paratonnerre à tester
- 9: diviseur capacitif de mesure (40pF, 1MV, rapport 1/23500)
- 10: sonde North Star (1/1000)
- 11: résistance de charge (100 M Ω)
- 12: éclateur de sécurité (réglé à 50 kV)
- 13: condensateur de 1 nF (circuit d'intégration de la tension impulsionnelle)

2- Matériel d'essais

Simulation du champ impulsionnel

La décharge est initiée par une onde de tension bi-exponentielle de temps de crête égal à 180 μ s. Cette onde est délivrée par un générateur de Marx de marque Ferranti (1MV, 17kJ) constitué de 10 étages série. Dans la configuration expérimentale de la figure 2, le module de la valeur crête, noté U_{min} , de l'onde de tension est limité par le condensateur de mise en forme à 600kV.



Temps de crête : $T_{cr} = 180\mu$ s

Tension mesurée : $U_{mesure} = 25,5V$

Tension minimale : $U_{min} = 600kV$

$$(U_{min} = U_{mesure} * 23500)$$

Figure 3: Onde de tension appliquée

3- Mesures et diagnostics

Des moyens de diagnostic et de mesure permettant de caractériser la contrainte appliquée et la décharge ont été mis en œuvre :

- La mesure de la tension délivrée par le générateur de Marx est réalisée au moyen d'un diviseur de tension capacitif (40pF - 1MV) et d'une sonde de tension *North Star*. Ce dispositif de mesure est étalonné au moyen d'un autre diviseur capacitif, lui-même étalonné à 1% par rapport à la référence nationale (E.D.F., Laboratoire de Génie Electrique du centre des Renardières). Le rapport de division du système est de 1 / 23500.

- La lumière émise par les décharges à la pointe du paratonnerre est analysée au moyen d'un photomultiplicateur sensible dans l'IR de manière à quantifier les différentes étapes temporelles du développement de la décharge

- L'acquisition des signaux électriques tels que la forme de l'onde de tension et le signal délivré par le photomultiplicateur est réalisée au moyen d'un oscilloscope numérique Tektronix 744.

- Les conditions climatiques (température et humidité absolue) sont restées constantes durant les expériences : **T = 19.5°C** et **δ = 51%**.

4- Résultats expérimentaux

Les essais ont consisté, dans un premier temps, à déterminer la valeur de la tension U_{50} de la tige simple PTS dans la configuration expérimentale décrite précédemment. Cette valeur, définie selon la norme CEI60, correspond à la probabilité 0,5 d'amorçage de l'intervalle :

$$U_{50(PTS)} = 556kV$$

Dans un second temps, la tension est fixée à environ 590kV de manière à obtenir 100% d'amorçage sur le PTS. Nous avons alors relevé le numéro du choc, la valeur de la tension au moment de la rupture diélectrique de l'intervalle et l'instant T_b (Time of breakdown) écoulé entre l'application de l'onde de tension et la rupture diélectrique.

Ces résultats sont utilisés à titre de comparaison avec les 2 types de paratonnerres: **PDCE-SENIOR** et **PDCE-JUNIOR**.

L'ensemble de ces essais est reporté dans les tableaux suivants :



Photographie de la tige simple PTS



Photographie du paratonnerre PDCE-senior



Photographie du paratonnerre PDCE junior

TIGE SIMPLE (PTS) AVEC VENTILATION

Détermination de la valeur U_{50}

Début : 9h40

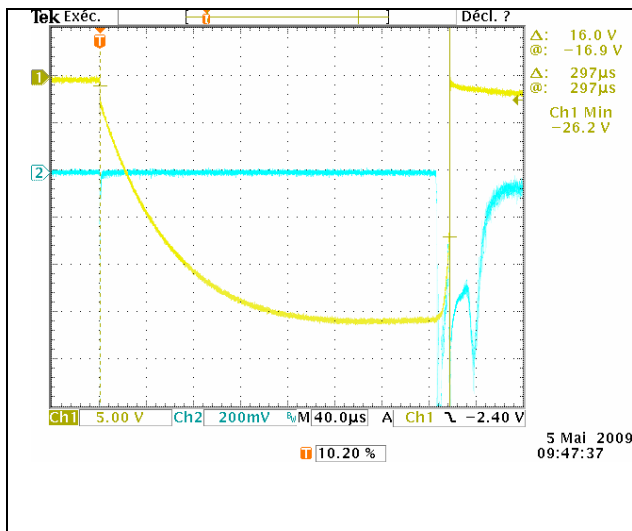
Fin : 10h15

Choc n°	U_{mesure} (V)	T_b (μ s)	Choc n°	U_{mesure} (V)	T_b (μ s)
1	22,3		16 (tek00)	26,2	297
2	23,6		17 (tek01)	23,1	165
3	23,5	163	18	22,9	186
4	23	195	19	22,9	
5	22,5		20	23,6	
6	23,4		21	23,7	170
7	24,6		22	22,9	157
8	24,9	179	23	23,9	
9	24,2	218	24	23,5	165
10	23,3		25	23,8	
11	24,8	294	26	24,5	273
12	23,4		27	24,2	
13	23,1	158	28	24,5	290
14	23,6		29	23,3	135
15	22,3		30	23,1	158

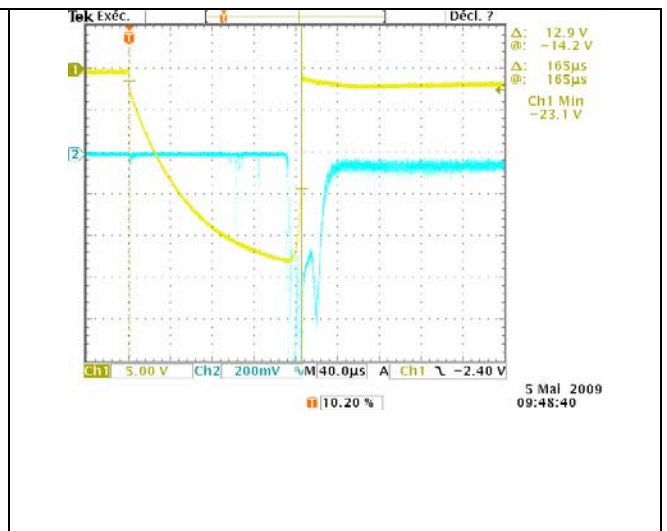
$$\langle U_{mesure} \rangle = 23,7 \text{ V}$$

$$U_{50} = 556 \text{ kV}$$

$$\langle T_b \rangle = 200 \mu\text{s}$$



Enregistrement du choc n°16 (Tek00)
[1] : Forme d'onde de tension
[2] : Lumière UV émise par la décharge



Enregistrement du choc n°17 (Tek01)
[1] : Forme d'onde de tension
[2] : Lumière UV émise par la décharge

**TIGE SIMPLE (PTS)
AVEC VENTILATION**

Essais à tension constante (à vide) : U =590 kV (Ucharge=73.5kV)

Début : 10h15

Fin : 11h

Choc n°	U_{mesure} (V)	Tb (μs)	Choc n°	U_{mesure} (V)	Tb (μs)
1	24,2	158	16	23	114
2	24,4	144	17	22,5	110
3	22,7	118	18	23,5	121
4	25,2	273	19	22,9	110
5	24	141	20	23,7	126
6	24	142	21	25,7	230
7	24,6	162	22	24,4	140
8	23,9	133	23	25,7	238
9	25,8	216	24	22,8	109
10	25,1	178	25	25,5	187
11	23,2	121	26	23,3	117
12	24	135	27	23,9	129
13	25,4	281	28	24,7	146
14	23,8	134	29	22,7	107
15	24,2	158	30	23,9	126

$\langle U_{mesure} \rangle = 24,1 \text{ V}$

$\langle U_b \rangle = 566 \text{ kV}$

$\langle T_b \rangle = 153 \text{ μs}$

**Paratonnerre PDCE- Senior
AVEC VENTILATION**

Essais à tension constante : U = 590 kV (Ucharge=73.5kV)

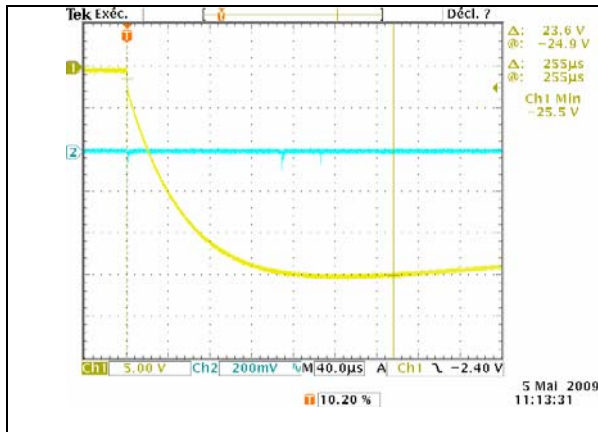
Début : 11h15

Fin : 11h45

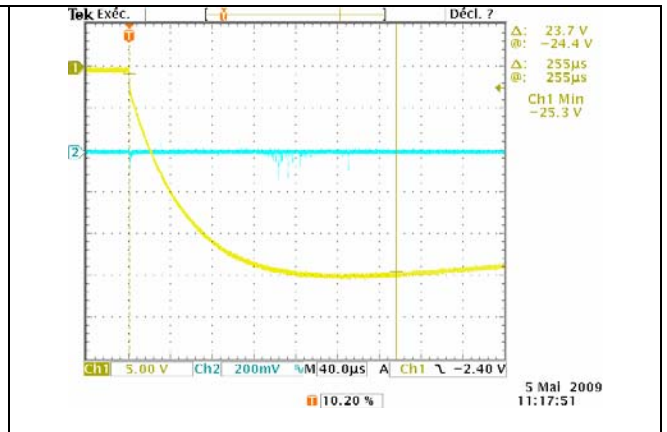
Choc n°	U _{mesure} (V)	T _b (µs)	Choc n°	U _{mesure} (V)	T _b (µs)
1	25.7	Non	16	25.2	Non
2	25.4	Non	17	25.2	Non
3	25.6	Non	18	25.2	Non
4	25.7	Non	19	25.1	Non
5	25.7	Non	20	25.2	Non
6 (tek02)	25.5	Non	21	25.3	Non
7	25.4	Non	22	25.4	Non
8	25.4	Non	23 (tek04)	25.3	Non
9	25.2	Non	24	25.4	Non
10 (tek03)	25.3	Non	25	25.5	Non
11	25.2	Non	26	25	Non
12	25.5	Non	27	25.3	Non
13	25.2	Non	28	25.3	Non
14	25.3	Non	29	25.2	Non
15	25.2	Non	30	25.2	Non

$\langle U_{mesure} \rangle = 25.3V$

$\langle U_b \rangle = 595kV$



Enregistrement du choc n°6 (Tek02)
[1] : Forme d'onde de tension
[2] : Lumière UV émise



Enregistrement du choc n°10 (Tek03)
[1] : Forme d'onde de tension
[2] : Lumière UV émise

**Paratonnerre PDCE Junior
AVEC VENTILATION**

Essais à tension constante : U = 590 kV (Ucharge=73.5kV)

Début : 12h25

Fin : 12h55

Choc n°	U _{mesure} (V)	T _b (μs)	Choc n°	U _{mesure} (V)	T _b (μs)
1	25,1	Non	16	25	Non
2	25,1	Non	17	25,2	Non
3	25,2	Non	18	25	Non
4	25,1	Non	19	25,2	Non
5	24,9	Non	20	24,9	Non
6	24,9	Non	21	25	Non
7	24,9	Non	22	24,9	Non
8	25	Non	23	25	Non
9	25	Non	24	24,9	Non
10	24,9	Non	25	25	Non
11	25	Non	26	25	Non
12	25	Non	27	25	Non
13	25	Non	28	25	Non
14	24,9	Non	29	24,8	Non
15	25,1	Non	30	25 (tek05)	Non

$$\langle U_{\text{mesure}} \rangle = 25.0V$$

$$\langle U_b \rangle = 585kV$$

$$\langle T_b \rangle = \mu s$$

