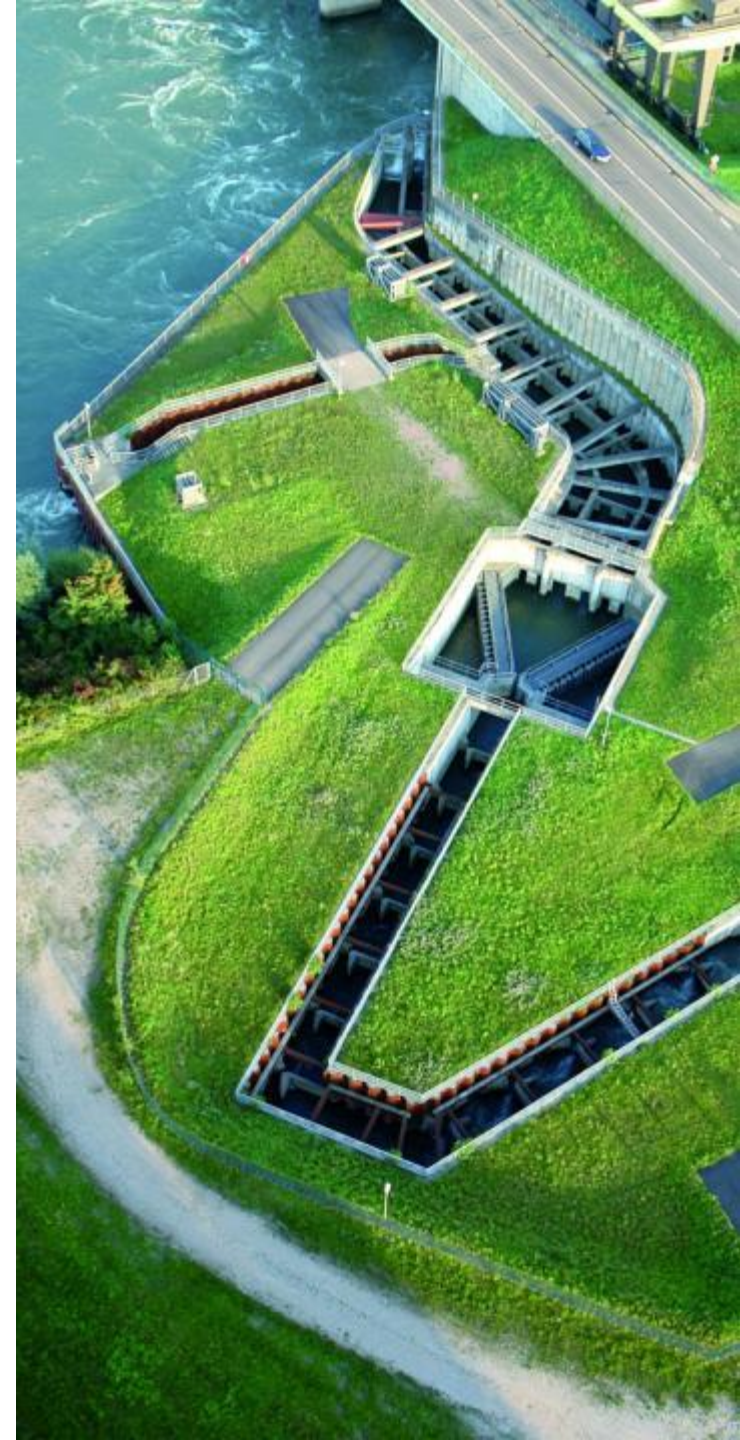


Diagnostic OFF-LINE et ON-LINE des liaisons souterraines HTA

► Soirée IEEE / PES

► 11 juin 2015

H. DIGARD



Contexte

Quelques chiffres pour le réseau d'ERDF :

Réseau MT (HTA)

351 500 km aérien

261 500 km souterrain

Postes Sources (2 200)

4 500 transformateurs HTB / HTA
(dont 400 en 225 kV / 20 kV)

47 000 cellules HTA

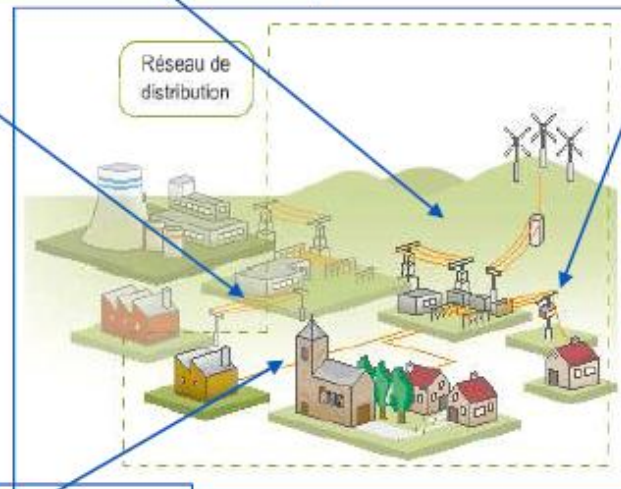
Postes MT / BT (750 000)

Différents types de postes (poteau, urbain, compact...)

Le réseau public de distribution

Age moyen réseau aérien : 30 ans

Age moyen réseau souterrain : 17 ans



Réseau BT

415 100 km aérien

276 900 km souterrain

Le diagnostic des réseaux HTA souterrains

Deux principaux objectifs :

- Réduction du nombre de défaillances,
- Optimisation du renouvellement des actifs.

ERDF et EDF R&D s'intéressent à 2 types de diagnostic :

- Le diagnostic **Off line**
 - Déployé sur 23 régions
- Le diagnostic **On line**
 - Expérimentations sur le réseau et en laboratoire



Le Diagnostic des Liaisons Souterraines

▶ Diagnostic OFF-LINE

- Tests des Liaisons Souterraines **HORS TENSION** => Consignation des ouvrages
- Mesures de Facteur de pertes (Tan Delta) et de Décharges Partielles (DP)
- Diagnostic Off-line versus On line :
 - Mesures ponctuelles
 - Déconnexion du réseau
 - Sollicitation des câbles à différents niveaux de Tension



▶ Diagnostic ON-LINE

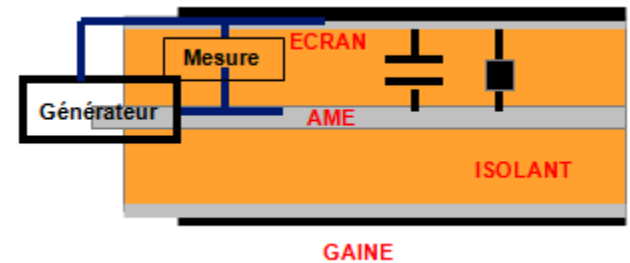
- Tests des Liaisons Souterraines **EN SERVICE** => Pas de Consignations
- Mesures de pré-défauts (transitoires brefs) et de Décharges Partielles
- Diagnostic On-line versus Off line :
 - Scrutation en permanence du réseau : Évolution des paramètres vs Temps
 - Réseau chargé (contraintes U et I simultanées)
 - Possibilité de prévenir les défaillances avec localisation des points faibles

Le diagnostic Off-Line des LS : TANGENTE δ

- **Sollicitation en tension alternative de la liaison**

- Générateur de tension autonome

- Très basse fréquence « VLF » (0,1 Hz)
- Variation de tension entre 0,5 et 1,5 U₀



- **Mesure des pertes diélectriques de l'isolation**

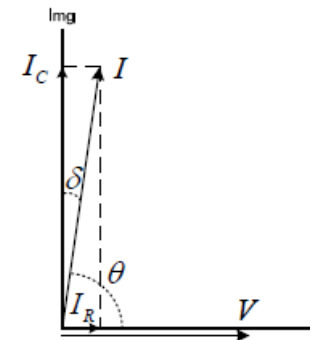
- **Adaptée à la détection de la pénétration d'humidité**

- Mesure globale pour toute la liaison (câble + accessoires)

- Pas de possibilité de localiser les points faibles de la liaison

- Mesure indépendante de la longueur (tronçon homogène) mais des valeurs spécifiques pour les différents types d'isolants,

- Le diagnostic VLF ne permet pas de déterminer le composant faible de la liaison.



$$\tan \delta = I_r/I_c$$

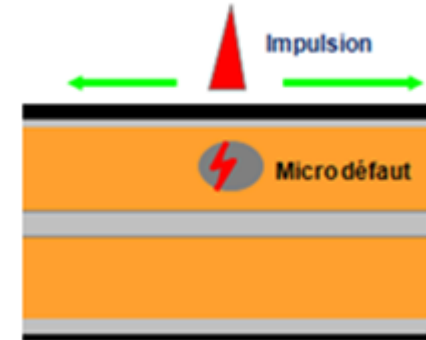
La mesure de TD : Critères d'évaluation

- **Valeur de la tangente delta à 0,5 U0**
 - Comparaison par rapport à la valeur normale et au seuil critique (S_c)
- **Evolution de la tangente delta en fonction de la tension**
 - Evolution relative en % entre 0,5 U0 et 1,5 U0 / variation de tension (U0)
- **Stabilité de la tangente delta sur un palier de mesure**
 - Quantifier l'instabilité de la tan delta sur le palier de mesure
 - Ecart type relatif sur 8 mesures du palier à 1,5 U0
- **De nouvelles méthodes de mesures investiguées**
 - Spectroscopie Diélectrique Fréquentielle (FDS)
 - Mesures TAN δ à très basse fréquence : 0.1 à 0.001 Hz
 - Spectroscopie Diélectrique Temporelle (TDS)
 - Mesures du courant de polarisation / Dépolarisation

Le diagnostic Off-Line des LS : Mesures de DP

● Sollicitation en tension alternative de la liaison

- Générateur de tension de 2 types
 - Très basse fréquence (0,1 Hz)ou
 - Systèmes OWTS (onde oscillante)
- Variations de tension entre 0,5 et 1,5 U₀

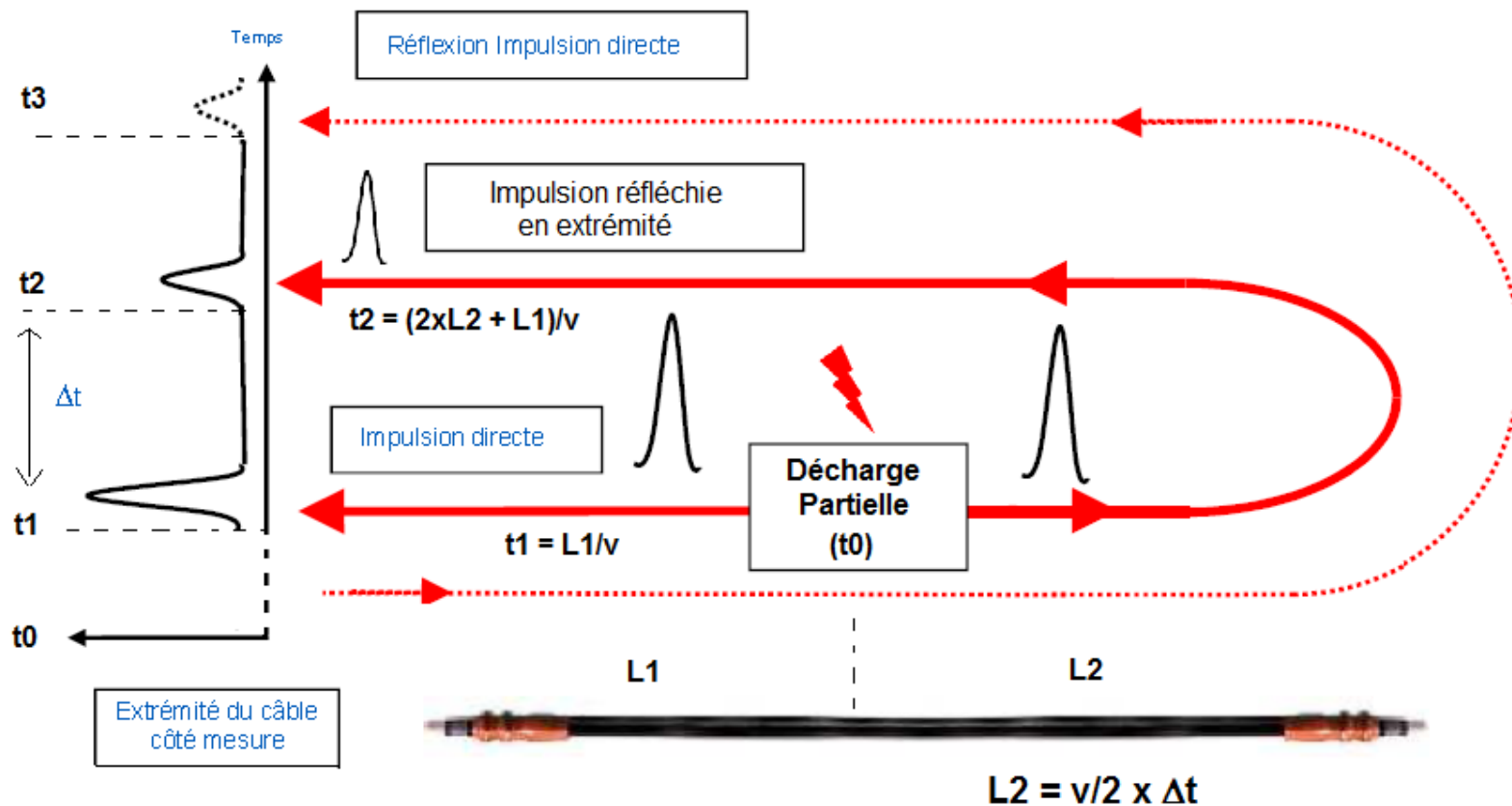


● Mesure de décharges partielles

- Détection et localisation de micro claquage se produisant dans une partie de l'isolation
- Adaptée à la détection zones fortement contraintes par le champ électrique :
 - Contrainte / agression mécanique
 - Dégradation des papiers d'isolation
 - Défaut de mise en œuvre / confection d'accessoires
- **Possibilité de localiser les points faibles** par la mesure du temps de propagation des impulsions

Localisation des sites de Décharges Partielles

● Réflectométrie



La mesure des DP : Les critères d'évaluation

- **Niveau de l'activité à la tension nominale**
 - Energie des DP à la tension d'utilisation du câble
 - Seuil de risque selon la nature de l'isolation
- **Intensité de l'activité**
 - Nombre de décharges par unité de temps
- **Répartition de l'activité**
 - Pour les câbles papier, prise en compte d'une activité modérée mais sur une partie étendue du câble.

Le Diagnostic ON-LINE

Diag ON-LINE : Diagnostic au Poste Source

► Un système centralisé

- Scrutation permanente du réseau souterrain HTA
- Mesures de signaux transitoires de fortes amplitudes : Pré-défauts
- Mesures de Décharges Partielles

► Plusieurs postes sources instrumentés à ERDF

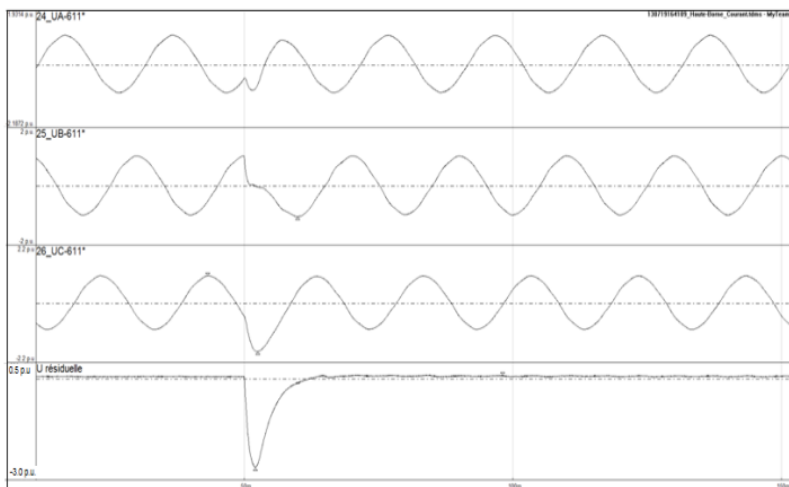
- Stockage des données sur serveurs, accessibles par Internet
- Analyses des transitoires mesurés sur site :
 - Pré-défauts (Self Extinguishing faults)
 - Analyse activité DP versus Pré-défaillances

► Des Tests à EDF Lab : Boucle HTA et le Concept GRID

- Vérification des systèmes d'acquisition : Réponses sur transitoires
- Simulations de défauts : court-circuit sur extrémité de câbles par exemple
- Recherche de solutions permettant la pré-localisation des points faibles.

Identification des Pré-défaillances

► Phénomènes identifiés sur les câbles CPI et leurs accessoires



Mesures 3xV et U résiduelle (pré-défaut)



Mesure : pré-défaut suivi d'un défaut franc

► Phénomènes de Pré-défauts également identifiés sur des éléments de postes HTA-BT

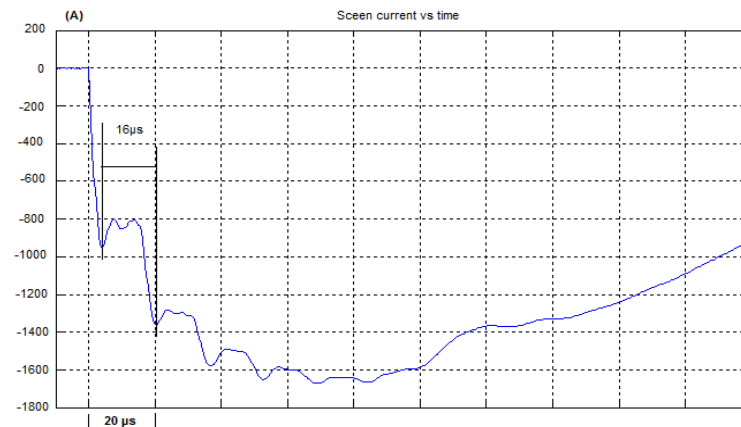
- Pré-défaillances avant défaut : Délais observés de qq heures à une année.

► Études de solutions de pré-localisation.

Etude de Pré-localisation des pré-défaillances

► Réflectométrie « simple » en 1 point

- Analyse des réflexions liées à la propagation des signaux
 - Réflexions entre le défaut et le poste source ou entre le défaut et le bout de ligne
 - Atténuation des réflexions avec la longueur de liaison
 - + Difficultés d'interprétation avec la présence de dérivations



► Détection en 2 points d'une liaison

- 1 Mesure au PS et une mesure en extrémité de ligne,
- Nécessité de synchroniser les mesures : 2 méthodes
 - Avec une synchronisation GPS
 - Avec une impulsion de synchronisation (mesures en 2 points + liaisons GSM)

CONCLUSION

● DIAG OFF LINE

- La méthode de diagnostic permet :
 - L'identification de la plupart des risques de défaillance avec un champ d'application très large : liaisons CIS, CPI, Mixte et accessoires.
 - Un interclassement des liaisons sous la forme d'un risque évalué sur 3 niveaux (faible, modéré, élevé).
- De nouvelles études sont menées pour :
 - Mieux discriminer le risque modéré,
 - Identifier de nouveaux critères pour améliorer la robustesse de l'évaluation de la dégradation des câbles à isolation synthétique.

● DIAG ON LINE

- Les pré-défaillances de fortes amplitudes affectant les câbles HTA permettent d'anticiper certaines défaillances des liaisons (câbles anciens, accessoires).
- Des expérimentations labo et réseau sont en cours afin de valider une solution de pré-localisation des pré-défauts / défauts.

MERCI DE VOTRE ATTENTION