

Durée de vie résiduelle des câbles moyenne tension

Nouvelles possibilités du diagnostic perfectionné du facteur de dissipation

De nombreuses idées erronées, contradictoires et obsolètes circulent à propos du diagnostic des facteurs de dissipation et de l'analyse corrélée de l'état des câbles moyenne tension. Cette méthode s'est pourtant développée et est devenue un procédé complet et moderne. Thorsten Schlender montre les possibilités et limites actuelles de cette technologie.

Baur GmbH a commencé ses premières expériences dans le domaine de la détermination de l'état des câbles moyenne tension par des mesures de TD (diagnostic de TD) dès les années 1990. Depuis près de 30 ans, l'entreprise fournit la technique de mesure adaptée et a ainsi pu acquérir une grande expérience dans ce domaine. Le présent document démontre que la technologie n'a eu de cesse de se développer : de la mesure d'une valeur moyenne de TD à la détermination de la durée de vie résiduelle des câbles moyenne tension en passant par l'introduction de nouveaux paramètres d'évaluation et de valeurs limites.

L'introduction du logiciel d'analyse statex a permis de poser de nouveaux jalons de l'histoire du diagnostic des câbles. Un logiciel permettant de déterminer dans les détails l'état de vieillissement, la vitesse de vieillissement et la durée de vie résiduelle statistique, est donc désormais disponible.

En plus des paramètres d'évaluation classiques conformément à IEEE 400.2 (SDTD, MTD et ΔTD), statex tient par ailleurs compte du nouveau paramètre TD-Skirt qui indique la stabilité temporelle du facteur de dissipation. Ceci permet de calculer l'indice de vieillissement et la vitesse de vieillissement de la liaison câblée. De la même manière, il est possible d'émettre une recommandation précise quant à la date de la prochaine mesure ou à la nécessité de procéder ou non à des travaux, comme le remplacement d'un tronçon (figure 1).

Difficultés pendant les essais effectués jusqu'ici à déterminer la durée de vie résiduelle

Un défaut de câble peut cacher différents mécanismes de claquage. Il est donc impossible de déterminer la durée de vie résiduelle à l'aide d'une simple formule analytique. Baur a contourné

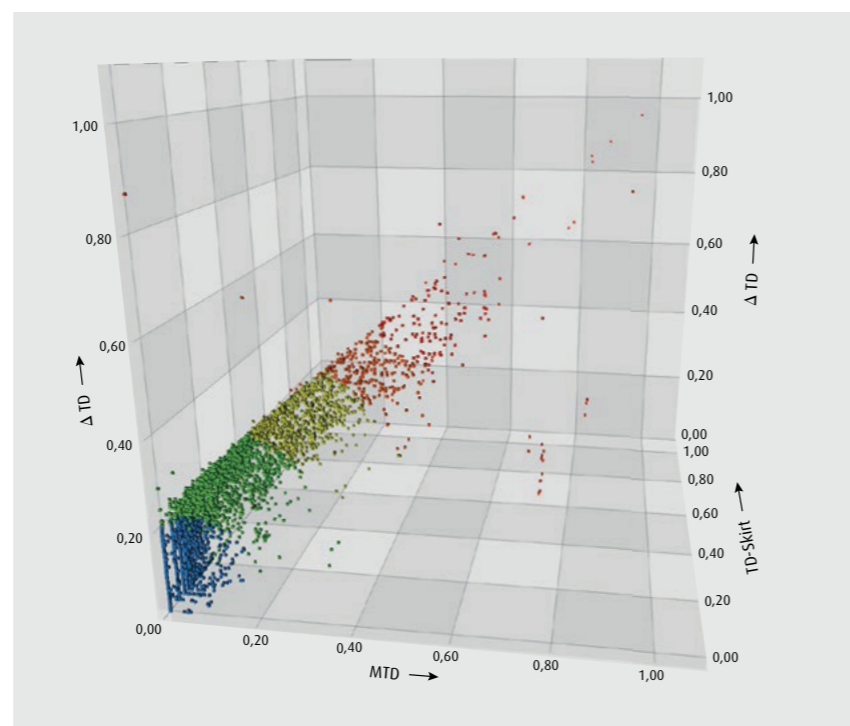


Figure 1. Graphe 3D Représentation de l'indice de vieillissement – chaque point correspond à une mesure de diagnostic

ce problème en basant la solution sur les statistiques et l'expérience. La première étape pour déterminer la durée de vie résiduelle est donc l'évaluation de l'état de vieillissement.

De nombreux facteurs ont une influence plus ou moins importante sur l'état de vieillissement d'un câble moyenne tension. Il s'agit entre autres de :

- la charge électrique
- la contrainte mécanique
- la contrainte thermique
- des processus chimiques
- l'humidité
- la qualité du montage et de l'installation
- des défauts matériels
- différences de qualité entre différents fabricants de câbles et d'accessoires.

Nombre de ces facteurs d'influence sont inconnus ou ne peuvent être renseignés qu'avec beaucoup d'efforts. À quelle charge le câble a-t-il été soumis au cours des 30 dernières années ? Combien de courts-circuits y a-t-il eu ? Quel type de boîte de jonction a été monté et de quelle marque ?

En quelle « forme physique » était le monteur qui l'a installée ? Pour palier ce manque d'informations, on part du fait que tous ces facteurs ont une influence sur l'ampleur des diagnostics (figure 2).

Perfectionnements dans le diagnostic des facteurs de dissipation

Statistiques et expérience

Les décennies d'expérience et une base de données contenant désormais plus de 100 000 mesures sont à la base de

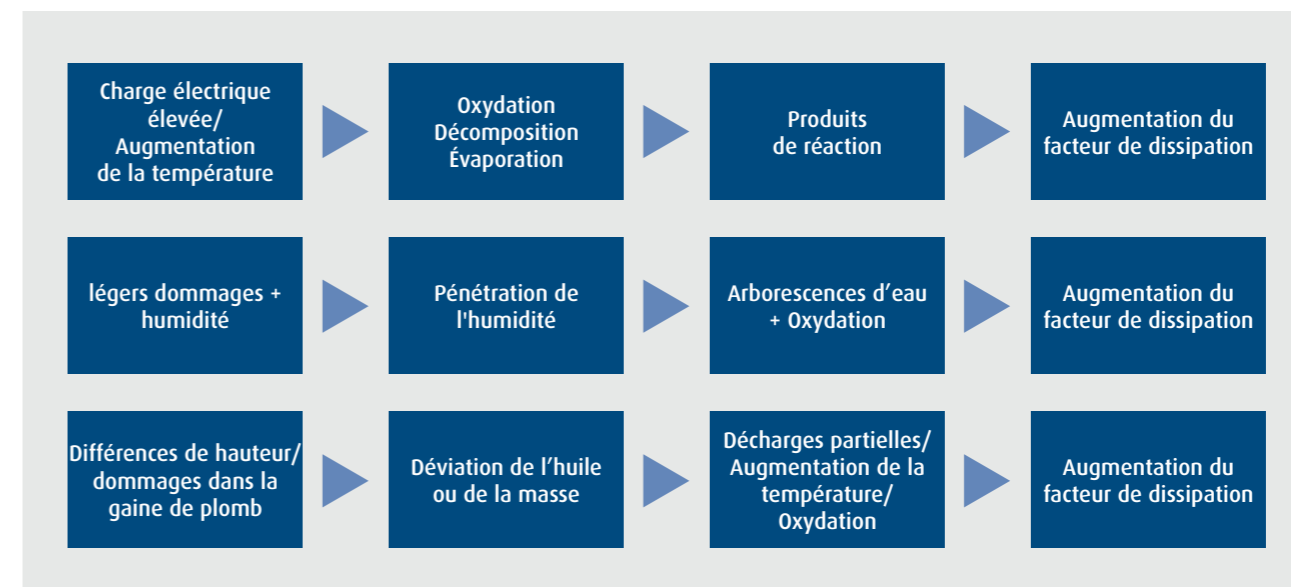


Figure 2. Processus de vieillissement pour les câbles isolés à papier imprégné et en caoutchouc en application du système NEETRAC Diagnostic Testing of Underground Cable 12.2010

divers perfectionnements dans le diagnostic de câble. De nouveaux constats ont pu être faits ; par exemple que la courbe en baignoire n'est pas pertinente pour le comportement au vieillissement des câbles moyenne tension (figure 3).

De nouvelles valeurs limites pour différentes isolations, de nouveaux critères d'évaluation comme TD-Skirt et de nouvelles combinaisons de méthodes comme Full-MWT (test et diagnostic de décharge partielle/TD simultanés) ne représentent eux aussi qu'une partie des nombreux progrès réalisés au cours des dernières années.

Informations supplémentaires grâce à un diagnostic simultané

L'essai de câble ainsi que les mesures de Tangente Delta et des décharges partielles se complètent idéalement, car ils permettent d'évaluer l'état général du câble, mais aussi de détecter et de localiser les défauts individuels que peut présenter ce dernier. Des mesures de diagnostic et un essai parallèle permettent ainsi d'obtenir, sans plus d'effort, des informations supplémentaires.

La détection des arborescences d'eau n'est plus un facteur clef

À l'origine, le diagnostic TD était essentiellement utilisé pour des câbles endommagés par des arborescences d'eau. Avec l'arrivée de nouveaux câbles étanches à l'eau en sens longitudinal et transversal, ce domaine d'utilisation perd progressivement en importance. Les applications actuelles sont d'autant plus intéressantes. Il ne s'agit plus de déterminer s'il y a présence d'arbores-

cences d'eau ou pas, mais d'établir l'état de vieillissement général du câble. Le diagnostic TD et statex fonctionnent donc également, mais pas exclusivement pour des câbles vétustes en raison d'arborescences d'eau.

Économie des ressources par un choix intelligent d'échantillons d'essai

Un autre constat établi au cours de l'analyse des mesures de TD est que les valeurs du facteur de dissipation pour des câbles neufs ou des câbles posés récemment montrent des valeurs plus élevées en raison des agents de réticulation clivables. Le facteur de dissipation diminue dans ces cas avec le temps. Ce

n'est que lorsqu'il augmente à nouveau qu'une mesure est pertinente pour déterminer l'état. C'est la raison pour laquelle le point de départ du vieillissement (DSP, Degradation Starting Point) a été introduit. Des analyses chimiques qui ont été réalisées au cours de chaque année d'exploitation ont permis de démontrer que, pour de nombreux types de câble, le vieillissement commençait à partir de la treizième année. Ce résultat coïncide avec les observations des fabricants de câbles.

Le fait de supprimer les mesures de TD sur des câbles n'ayant pas encore atteint le début statistique de vieillisse-

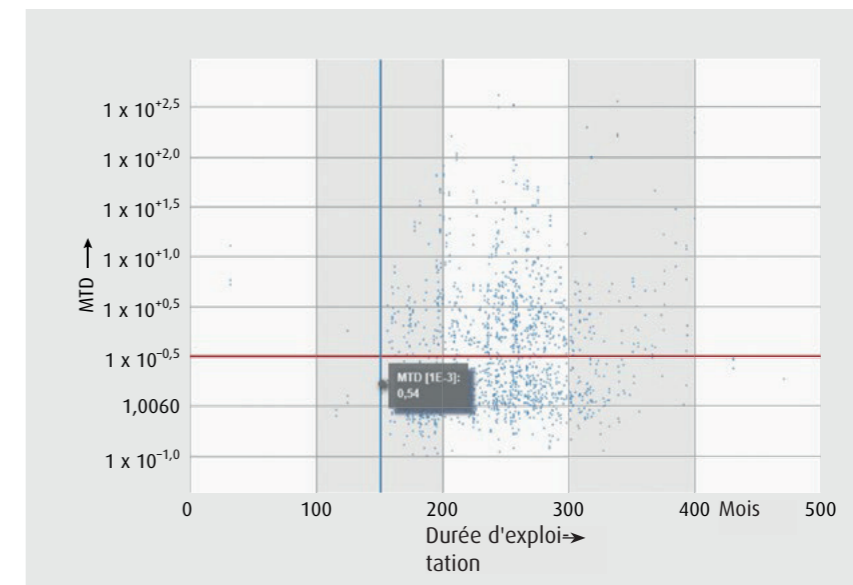


Figure 3. Une évaluation statistique de quelques milliers de mesures de diagnostic montre que le comportement au vieillissement ne suit pas une courbe en baignoire, mais présente plutôt une vaste dispersion.

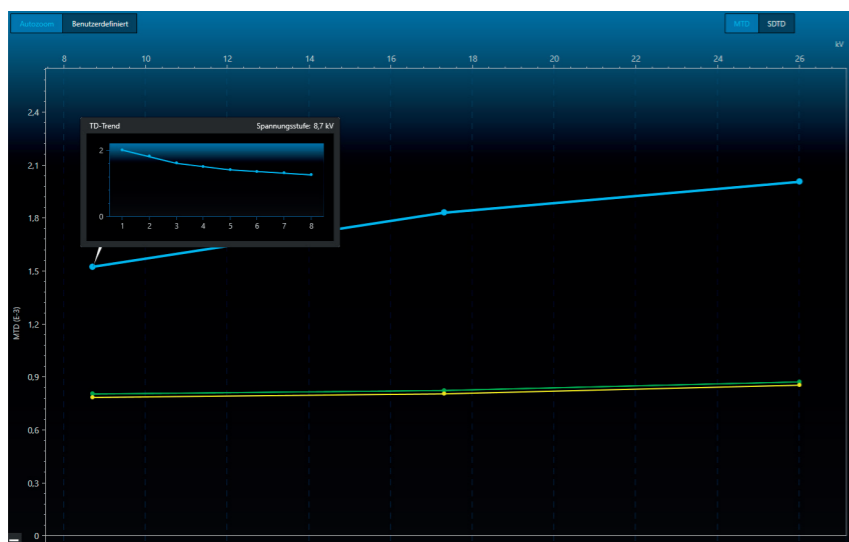


Figure 4. Une tendance descendante permet de détecter l'humidité dans la boîte de jonction sur L1 (bleu)

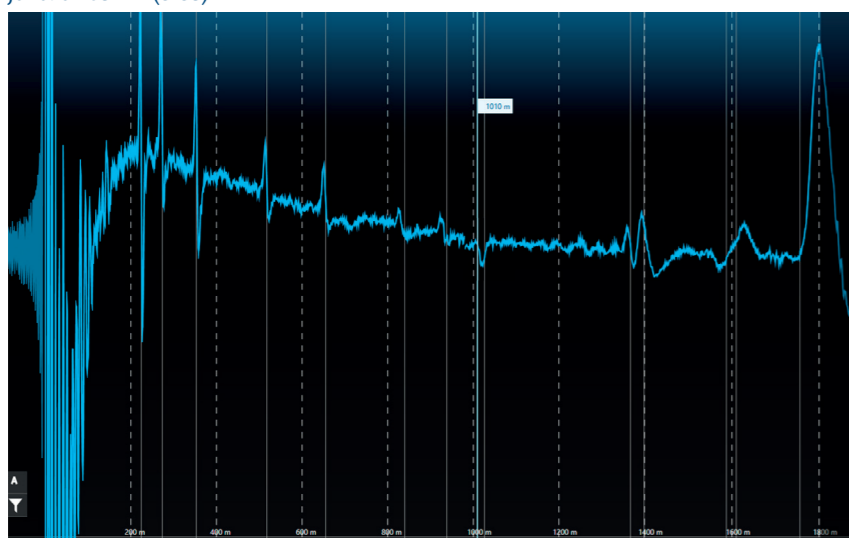


Figure 5. Courbe TDR/de calibration avec la détermination d'une boîte de jonction avec une arborescence d'eau à 1 010 m

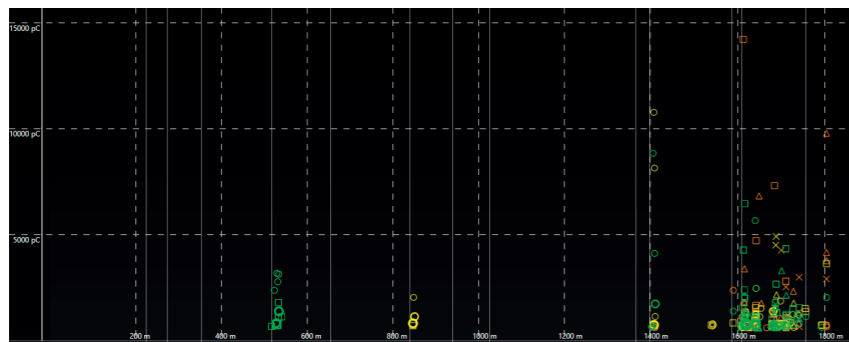


Figure 6. La boîte de jonction humide détectée lors de la mesure de TD n'est pas détectable lors de la mesure des DP

ment permet de libérer des capacités qui pourront aider à diagnostiquer des liaisons câblées critiques et/ou fortement vétustes.

Diagnostic du facteur de dissipation pour découvrir des faiblesses locales

La dépendance à la tension du facteur de dissipation et la tendance dans un

palier de tension sont parfaitement adaptés pour identifier une influence exercée par des accessoires. Une tendance TD descendante permet par exemple d'identifier des boîtes de jonction humides (figure 4). Une mesure TDR permet de déterminer la position de la boîte de jonction (figure 5). Une mesure des décharges partielles serait

insuffisante pour un cas d'application de ce type, car des décharges partielles sont souvent difficilement identifiables en cas d'humidité élevée (figure 6).

Aussi bien pour l'humidité que pour les décharges partielles dans des accessoires, il est conseillé de renouveler des accessoires individuels pour obtenir de meilleurs résultats et pouvoir déterminer une durée de vie résiduelle avec plus de précision. Pour des câbles courts ou des câbles avec de faibles valeurs de TD, des accessoires défectueux individuels ont plus de poids et devraient donc être remplacés. La figure 7 montre un diagramme simplifié qui doit servir d'exemple recommandé : un diagnostic de DP et TD est réalisé sur un câble moyenne tension, soit conformément à la planification, soit en fonction d'un événement (après un défaut de câble ou une réparation). Si des décharges partielles ou une influence sur l'humidité peuvent être identifiées pour cette mesure, des actions nécessaires doivent être effectuées sur le court terme. Si le câble est (ensuite) exempt de décharge partielle et s'il n'est pas altéré par l'humidité, statex peut déterminer la durée de vie résiduelle et la date de la prochaine mesure.

Des facteurs d'influence externes peuvent être compensés

Des facteurs d'influence externes comme des décharges partielles ou des courants de fuite peuvent influencer le résultat d'un diagnostic de TD. Néanmoins, ils peuvent également être compensés sans gros effort. Des décharges partielles corona sur le point de raccordement et sur la fin de la liaison câblée peuvent être bloquées par des capots (p. ex. des demi-coquilles en aluminium).

Des courants de fuite s'écoulent par la surface des extrémités à la terre et influencent ainsi le résultat de mesure. Ces courants peuvent être dérivés, mesurés et compensés à l'aide des bandes en cuivre entourant les extrémités.

Le diagnostic du facteur de dissipation est possible et pertinent pour tous les types de câbles moyenne tension

Différents types de câbles se distinguent par rapport à leurs valeurs de DP. Des câbles isolés à papier imprégné, des câbles en plastique de la première et de la deuxième génération présentent des valeurs de mesure très différentes. Il y a même d'autres différenciations au sein de cette subdivision. Une distinction est faite par exemple entre les câbles homopolymères et copolymères, notamment par rapport à leurs valeurs MTD (valeurs

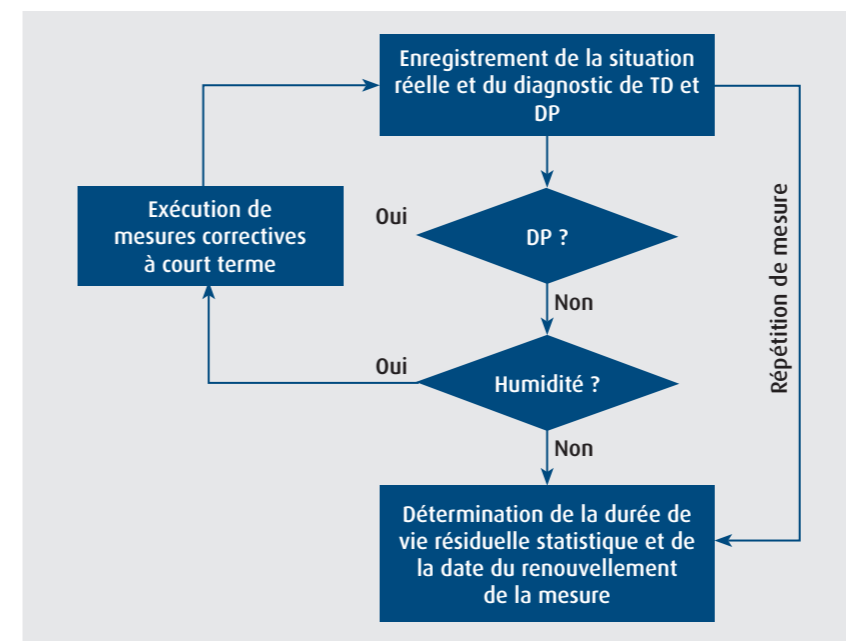


Figure 7. Schéma : mesures correctives à court terme et détermination de la durée de vie résiduelle

moyennes de DP par palier de tension). Ce comportement n'étant pas nouveau, les valeurs limites pour différents types de câble ont déjà été enregistrées dans l'annexe de l'IEEE 400.2-2013.

Il est par ailleurs également possible de créer différentes isolations et leurs sous-catégories dans statex. Des portions de câble mixtes peuvent par exemple être considérées séparément avec différentes parties de portions de câble XLPE. Il est ainsi possible de déterminer la durée de vie résiduelle des portions de câble mixtes (figure 8).

Les analyses des décharges partielles pour des câbles XLPE copolymères (à partir de

2005 environ) sont particulièrement intéressantes parce que l'influence de la charge électrique, des variations de température, des harmoniques, etc. sur le comportement au vieillissement a jusqu'ici été peu explorée. Il serait donc judicieux dans ce contexte d'investir en amont dans la collecte et l'analyse des données de diagnostic pour observer le vieillissement et éviter de futures pannes.

Conclusion

Il a été démontré comment de nouvelles solutions logicielles et matérielles associées à une expérience approfondie ont conduit au perfectionnement du diagnostic de DP. Ces perfectionnements

hissent les possibilités de l'application du diagnostic de DP ainsi que son évaluation à un niveau supérieur, jusqu'à la détermination exacte de la durée de vie résiduelle des câbles moyenne tension.



Thorsten Schlender M. Sc., Ingénieur commercial, Baur GmbH, Grevenbroich

>> thorsten.schlender@baur-germany.de
>> www.baur.eu/de

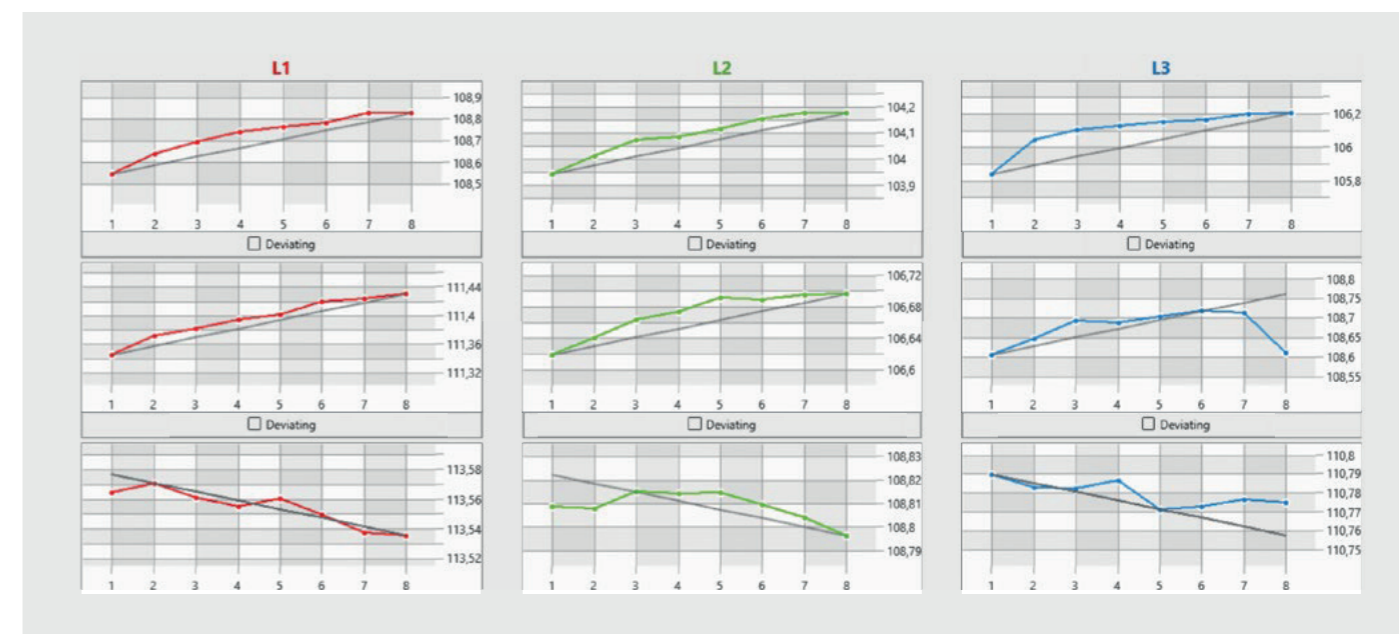


Figure 8. Comportement type d'une portion de câble mixte vétuste ; pour les deux premiers paliers de tension (0,5 U_0 en haut et 1 U_0 au centre) la montée de TD est prédominante en raison de l'isolation vétuste. Pour le palier de tension 1,5 U_0 , l'influence de l'humidité s'affiche en bas.