**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens
**Band:** 29 (1938)
**Heft:** 10

**Artikel:** Les essais des câbles électriques
**Autor:** Foretay, E.
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-1058975

**Nutzungsbedingungen**
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 12.12.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

montre donc l'heureuse influence du cloisonnement de l'huile par le papier imprégné.

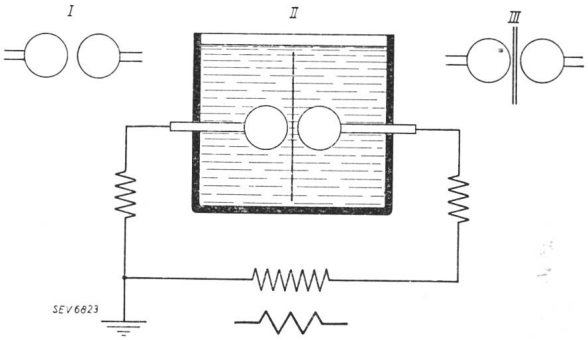


Fig. 18.
Schéma de l'expérience montrant l'influence du cloisonnement sur la rigidité diélectrique de l'huile. Ecartement des sphères 0,5 mm.

*I* Huile sans cloisonnement. Percement à 5 kV. *II* Huile cloisonnée par un papier de 0,11 mm. Percement à 10 kV. *III* Huile cloisonnée par deux papiers de 0,05 mm. Percement à 13 kV.

La seconde expérience est représentée schématiquement par la figure 19. Dans chaque expérience, une différence de potentiel fut créée entre les sphères. Dans les expériences 1 et 2 cette différence fut celle qui amena le passage de l'étincelle. Dans l'expérience 3 la différence fut la même que dans l'expérience 2; le claquage ne survint pas. Les indications du manomètre montrèrent que l'augmentation de pression fut minime dans le premier cas, très forte dans le deuxième et nulle dans le troisième. Il résulte de ces expériences que lorsque l'huile est placée en série avec un gaz, l'étincelle qui jaillit dans le gaz décompose l'huile qui se transforme rapidement en donnant de grandes quantités de gaz.

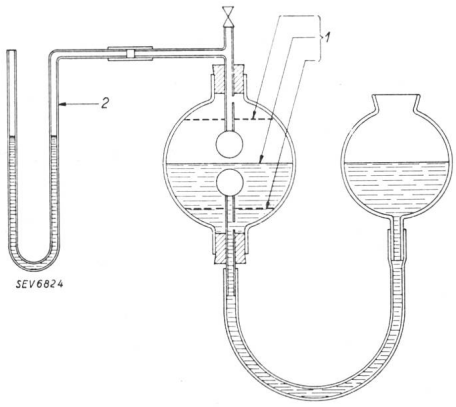


Fig. 19.
Schéma de l'expérience montrant la décomposition en gaz, de l'huile placée dans un champ électrique en série avec un gaz. *1* Niveau de l'huile. *2* Manomètre.

Il faut donc éviter que de l'air ne rentre dans un câble à huile pendant les opérations du montage et construire le câble à isolant comprimé de telle façon que la pression extérieure au câble puisse permettre les déformations nécessaires du câble pour qu'il ne se forme pas des vacuoles pendant les périodes de refroidissement.

Pour montrer la différence du degré de remplissage entre les câbles des 2 groupes, l'expérience schématisée par la figure 20 fut faite.

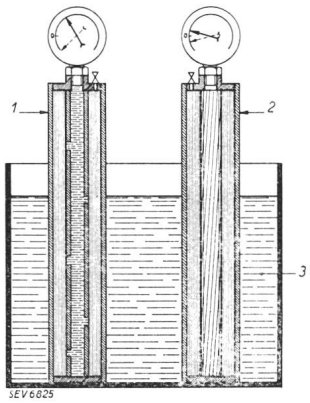


Fig. 20.
Schéma de l'expérience montrant la différence de remplissage entre un câble à huile *(1)* et un câble à matière *(2)*.
*3* Eau chaude, puis froide.

Lorsque les câbles s'échauffent, l'huile et la matière se dilatent conformément à leur coefficient de dilatation qui est à peu près le même. Le câble à huile étant plein, toute dilatation de l'huile provoque une forte augmentation de la pression, tandis que dans le câble à matière la pression reste pratiquement constante par suite de la présence de vacuoles dans lesquelles la matière provenant de l'augmentation du volume peut trouver place. Des phénomènes semblables mais inverses se produisent pendant le refroidissement. La pression dans le câble à huile baisse et atteint une valeur qui n'est qu'une petite fraction de la pression barométrique, tandis qu'elle ne baisse que peu dans le câble à matière.

# Les essais des câbles électriques.

Par *E. Foretay*, Cossonay.

*L'auteur donne un aperçu de la technique générale des câbles, et traite en particulier l'essai des matières premières, le contrôle de la fabrication, l'essai des câbles terminés en fabrique et après pose, ainsi que la recherche des défauts.*

*Es wird das gesamte Gebiet der Kabelmesstechnik skizziert, nämlich die Rohstoffprüfung, die Ueberwachung der Fabrikation, die Prüfung des fertigen Kabels in der Fabrik und nach der Verlegung und die Fehlerortsbestimmung.*

Comme tout autre industrie, celle des câbles nécessite des essais qui portent:

sur les matières premières,
sur les produits en cours de fabrication,
sur les produits terminés.

Il faut encore ajouter, comme dans l'industrie des machines qui seront installées à poste fixe:

des essais après pose.

Nous allons donc examiner ces diverses sortes d'essais:

## a) Essai des matières premières.

Les principales matières premières de l'industrie des câbles sont: le cuivre, le papier, les huiles et masses isolantes, le plomb, et les revêtements protecteurs, papiers, jute, feuillards et leurs produits d'imprégnation.

### *Cuivre.*

La qualité essentielle du cuivre est sa conductibilité électrique que l'on contrôle en général au pont double de Thomson qui permet de mesurer avec une précision de quelques $^0/_{00}$ un échantillon de 50 cm à 1 m. Le cuivre utilisé étant toujours du cuivre électrolytique de haute qualité, l'analyse chimique n'est pas nécessaire, la présence éventuelle d'impuretés étant du reste décelée avec une très grande sensibilité par la mesure de conductibilité.

On doit avoir au moins 57 $\frac{m}{ohm\ mm^2}$ à 20° C, selon les normes ASE.

Pour les câbles sous plomb qui, en fabrication et à la pose, doivent être enroulés et déroulés, une certaine flexibilité est nécessaire. Le cuivre utilisé pour les conducteurs doit donc être recuit, et on vérifie qu'il est suffisamment mou par des essais mécaniques, en particulier un essai de traction. Selon les normes de l'ASE, le cuivre pour conducteurs doit avoir une résistance à la traction de 20 à 27 kg/mm² au maximum. L'allongement à la rupture, non prescrit, doit être d'environ 30 %.

### *Papier.*

Le papier constituant l'isolant des câbles doit avoir certaines propriétés fondamentales. Pour s'imprégner convenablement de la masse ou de l'huile isolante, il doit être suffisamment poreux, et cette particularité se contrôle par un appareil spécial au moyen duquel on mesure le temps de passage d'un volume d'air donné au travers d'un échantillon de papier de dimensions déterminées sous une différence de pression constante. Le papier, après imprégnation, doit avoir une rigidité diélectrique aussi grande que possible, en même temps qu'une bonne conductibilité thermique pour permettre à la chaleur dégagée par le passage du courant dans les conducteurs de se dissiper facilement, deux qualités presque contradictoires, qui sont contrôlées par des essais appropriés. En outre, après séchage et imprégnation, il doit conserver de bonnes qualités mécaniques pour que le câble ne soit pas fragile. On s'en assure, soit par des essais de traction sur des éprouvettes de papier, soit par un essai pratique de pliage sur un échantillon de câble terminé. Enfin, il est utile, surtout pour les câbles à très haute tension, de pouvoir disposer de plusieurs sortes de papier ayant diverses constantes diélectriques que l'on contrôlera par des essais sur échantillons.

### *Compound isolant.*

Après le papier, vient le compound isolant qui l'imprégnera pour lui donner les qualités électriques requises. La base de tous ces mélanges sont des huiles minérales. Pour les câbles à très haute tension on utilise des huiles fluides. Pour les câbles dits à matière, ce sont des huiles épaisses (huile à cylindre) dont on augmente la viscosité par une addition de colophane. Ces deux produits devront être contrôlés par l'analyse chimique qui doit surtout renseigner sur l'absence d'impuretés nuisibles. La viscosité et le point de fusion sont des caractéristiques importantes, faciles à déterminer par des appareils appropriés. L'essentiel, ce sont les propriétés électriques: la rigidité diélectrique qui se mesure en appliquant une tension croissante entre deux électrodes plongées dans un échantillon, la résistance d'isolement mesurée au courant continu et surtout les pertes diélectriques qu'on mesure dans un appareil spécial, sorte de condensateur démontable dont le diélectrique est constitué par un échantillon de l'huile ou de la matière à essayer (Fig. 1). Cet essai sera répété à diverses températures. Toutes ces mesures électriques sont délicates, à cause de la grande sensibilité nécessaire pour obtenir des résultats satisfaisants avec de petits échantillons, et par suite de la présence d'impuretés, en particulier des parcelles de fibres végétales pouvant causer une erreur considérable dans les mesures de rigidité diélectrique. Sous l'effet de la tension, ces fibres (fragments de coton, par exemple) qui retiennent de l'humidité se placent entre les électrodes et donnent lieu à une décharge prématurée.

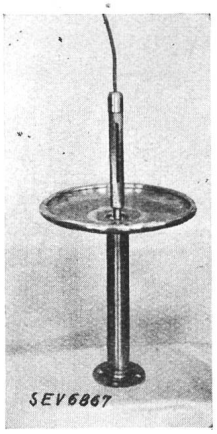


Fig. 1.
Appareil d'essai des compounds.

### *Plomb.*

Le plomb qui constituera le revêtement protecteur imperméable du câble doit être pur (au moins 99,5 %). Il faut éviter également la présence de corps étrangers sous forme de grains ou particules pouvant provoquer des trous dans le tube sortant de la presse. En général, les bonnes qualités de plomb du commerce ne donnent pas de difficultés.

### *Revêtements protecteurs.*

Le manteau de plomb des câbles doit être protégé contre l'action corrosive des liquides contenus dans le sol et il faut également le préserver mécaniquement. En outre, dans certains cas, il peut être attaqué par des courants vagabonds issus d'installations à courant continu (réseaux de tramways, etc.). Une protection efficace consiste en un ruban spécial, le «filtre électronique» enroulé directement sur le plomb [1]). La protection contre les agents chimiques est constituée par des rubans de papier imprégnés en général d'huile asphaltique puis recouverts d'un guipage de ficelle de jute également imprégné d'huile asphaltique, le tout étant encore arrosé à chaud d'un mélange de brais ou bitume. Ces produits doivent être exempts de matières capables d'attaquer le plomb (phénols, ammoniaque) ce qui sera vérifié par l'analyse chimique. En outre, le mélange imprégnant doit être suffisamment plastique pour ne pas se casser lors du déroulage du câble sans être trop fluide pour ne pas couler quand le câble est chaud.

Les feuillards d'acier qu'on applique sur le câble pour le protéger mécaniquement doivent, tout en étant assez flexibles pour s'enrouler convenablement, avoir une résistance mécanique suffisante,

[1]) Bull. ASE 1937, No. 3, p. 54.

ce qu'on vérifie par un essai à la machine de traction.

Après ces essais de matières premières, nous arrivons aux *essais de fabrication.* Avant les essais des câbles terminés, quelques mots des contrôles en cours de fabrication.

### b) Contrôle des processus de fabrication.

Des divers processus de fabrication, le plus difficile à contrôler, en même temps que le plus important, c'est le séchage et l'imprégnation. Il est possible de suivre cette opération par des mesures électriques. Au cours du séchage dans le vide, la résistance d'isolement et la capacité varient; pendant l'imprégnation, il en est de même. En particulier, la capacité croît aussi longtemps que le papier n'est pas saturé de compound isolant, ce qui permet de contrôler l'opération par des mesures de capacité et d'isolement du câble à l'intérieur de la cuve d'imprégnation. Il existe même des appareils enregistreurs permettant de suivre le processus d'une façon continue.

### c) Essais des câbles terminés.

Les câbles terminés, recouverts de leur gaîne de plomb, sont soumis à une série d'essais destinés à en contrôler les caractéristiques.

Deux mesures, pas très importantes, mais cependant intéressantes, sont celles de la *capacité* et de l'*isolement.* Au moyen d'un galvanomètre à miroir très sensible, on compare les élongations relatives au câble et à des étalons appropriés. Dans les laboratoires industriels, on utilise des appareils permettant de faire rapidement les deux mesures l'une après l'autre, la première élongation du galvanomètre mesurant la capacité, puis, après une minute d'électrisation, avec une sensibilité plus grande, on mesure la résistance d'isolement. La source de courant est une batterie de piles ou d'accumulateurs de 100 à 500 V. Nous avons introduit à Cossonay un redresseur avec lampe stabilisatrice donnant une

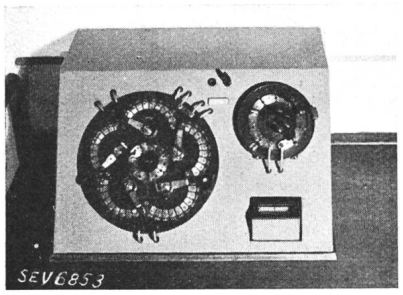


Fig. 2.
Pont de Wheatstone.

tension parfaitement constante de 300 V malgré les variations du réseau qui atteignent jusqu'à 5 %, ce qui supprime l'entretien fastidieux et coûteux des batteries de piles.

Un autre essai, plus important, est la mesure de la *résistance électrique des conducteurs.* On utilise, pour les câbles de petite section, dont la résistance est supérieure à $^1/_{10}$ d'ohm, un pont de Wheatstone classique (Fig. 2), complété en général par une résistance de compensation de la ligne de mesure reliant le câble à l'appareil, ce qui évite un calcul, l'appareil donnant ainsi directement la résistance du câble seul. Pour les câbles de plus forte section, dont la résistance est une fraction d'ohm, cette méthode est trop peu sensible et peu précise. On se sert d'un pont double de Thomson, de la méthode du voltmètre et de l'ampèremètre ou d'un ohmmètre à lecture directe à plusieurs sensibilités (Fig. 3). Dans ces diverses méthodes, il est facile

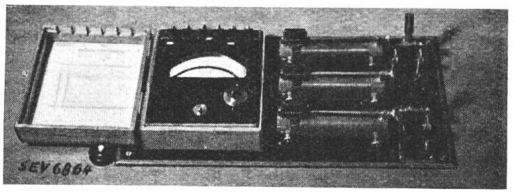


Fig. 3.
Ohmmètre.

de s'arranger de façon que les lignes reliant le câble à l'appareil n'entrent pas en ligne de compte dans la mesure. Au laboratoire d'essais à haute tension de Cossonay, ces deux appareils sont installés l'un près de l'autre, ce qui permet facilement de choisir celui convenant le mieux à chaque câble en essai (Fig. 4). Il faut évidemment noter la température à laquelle les mesures sont faites, ce qui n'est pas toujours facile à déterminer exactement.

Un essai important, c'est l'*essai de tension.* Pour s'assurer que chaque câble est capable de supporter la tension à laquelle il doit travailler, on le soumet, en général pendant une demi-heure, à une tension supérieure à sa tension de service. Actuellement, tous les câbles dits à basse tension (jusqu'à 1000 V de tension de service) isolés au papier imprégné sont essayés à 4000 V, entre conducteurs et contre plomb. Pour les câbles à basse tension isolés au

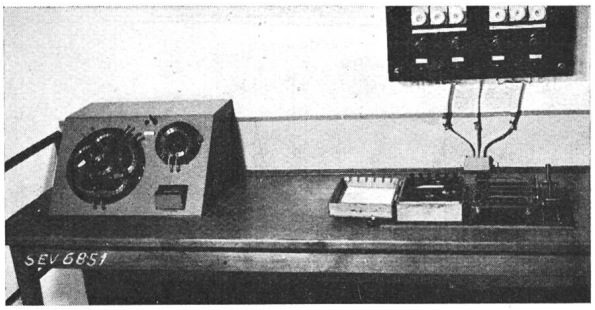


Fig. 4.
Pont de Wheatstone et ohmmètre.

caoutchouc, la tension d'essai est de 2000 V. Pour les câbles à haute et très haute tension, l'essai est effectué à une tension comprise entre 2 et 3 fois la tension de service. Tous ces essais se font au courant alternatif à fréquence industrielle (50 pér./s). La tension d'essai est obtenue par un transformateur généralement monophasé qui doit satisfaire à des conditions de fonctionnement très particulières. Un câble constitue un condensateur qui absorbe

une puissance apparente souvent considérable, avec un facteur de puissance qui est pratiquement 0 avance. Dans ces conditions de fonctionnement, le rapport entre les tensions primaire et secondaire est très différent du rapport entre les nombres de spires des deux enroulements et il varie avec la charge. En outre, il faut pouvoir essayer les câbles à toutes les tensions comprises entre des limites très éloignées, la puissance apparente pouvant être considérable même à des tensions peu élevées. En général, on dispose de plusieurs transformateurs, chacun d'eux avec deux rapports de transformation ou même davantage. A Cossonay, par exemple, nous avons un transformateur de 30 kVA à 8 ou 16 kV (Fig. 5), logé avec son appareillage dans l'angle du laboratoire, et un autre d'une puissance unihoraire de 500 kVA (Fig. 6) situé au fond du local[2]). Il donne 3 tensions secondaires: 90, 180 ou 360 kV. Le réglage de tension s'effectue sur la basse tension, par un régulateur d'induction, un transformateur de réglage ou une génératrice dont on fait varier le courant d'excitation. Dans beaucoup d'installations, pour diminuer la puissance de cette source de courant, on met en parallèle une self-induction réglable qui compense en grande partie le courant de capacité absorbé par le câble. Par suite de la variation du rapport entre tension primaire et secondaire selon la charge du transformateur, il est indispensable de mesurer la tension secondaire appliquée au câble. On peut utiliser un spintermètre à sphères qui demande un étalonnage pour chaque essai ou mieux une méthode de mesure directe de la haute tension dont les principales sont: voltmètre à sphères (Hueter ou Sorensen), diviseur de tension à capacités avec mesure de la tension de crête et de la tension efficace (Hartmann & Braun), mesure de la ten-

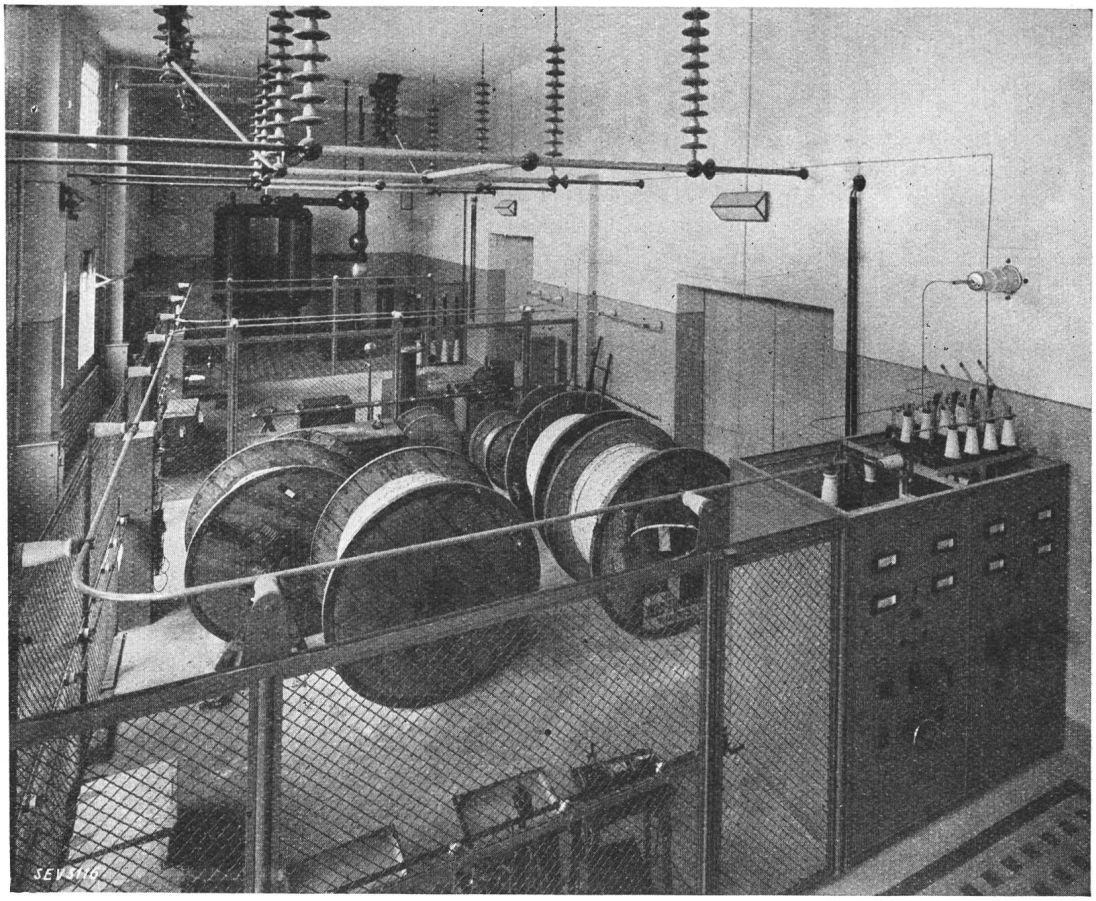

Fig. 5.
Laboratoire d'essais à haute tension.

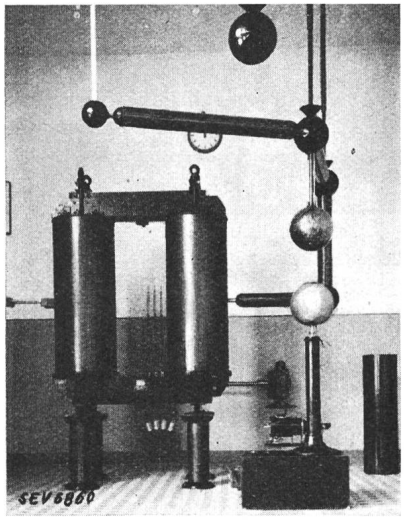

Fig. 6.
Transformateur d'essai à 360 kV, 500 kVA.

[2]) Bull. ASE 1936, No. 3, p. 74.

sion de crête par redressement du courant de charge d'un condensateur à air (Haefely, perfectionné par Cossonay)[3]), transformateur de tension convenant surtout aux tensions modérées, voltmètre électrostatique. Ces diverses méthodes donnent des résultats suffisamment précis pour la pratique industrielle.

En général, tous ces essais se font avec un pôle du transformateur à la terre, à laquelle est également relié le plomb du câble en essai. Il est facile d'intercaler un ampèremètre entre transformateur et terre, ce qui permet de mesurer le courant de charge du câble, contrôle qui est toujours à conseiller.

A part cet essai de tension, qui est plutôt empirique, une autre méthode, très importante pour les câbles à haute et très haute tension, est la *mesure des pertes diélectriques.* Tout isolant soumis à une tension alternative est le siège de pertes. D'une part, un faible courant de conduction le traverse, la résistance d'isolement n'étant pas infiniment grande. D'autre part, le diélectrique soumis à un champ électrique alternatif est le siège de pertes analogues aux pertes par hystérésis se produisant dans un fer soumis à un champ magnétique alternatif, ce qui leur a fait donner le nom de pertes par hystérésis diélectrique. Ces deux sortes de pertes représentent au total dans un bon câble 1 % de

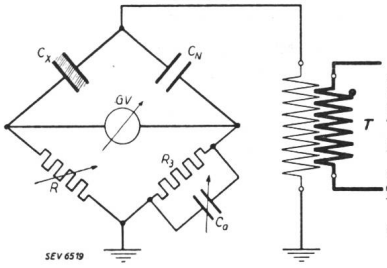


Fig. 7.
Schéma du pont de Schering.
$C_X$ câble à essayer.
$C_N$ condensateur étalon.
$R$ résistance variable.
$R_3$ résistance fixe $\frac{1000}{\pi}$
$C_a$ condensateur variable
$T$ Transformateur à haute tension.
$GV$ Galvanomètre à vibration.

la puissance apparente qu'il absorbe. Le facteur de puissance du câble est donc cos $\varphi = 0{,}01$ avance. En général, on définit plutôt le facteur de pertes donné par la tangente de l'angle entre le courant de charge effectif du câble et le courant capacitif exactement en quadrature avec la tension. Il est facile de comprendre qu'un wattmètre ordinaire ne convient pas à la mesure correcte d'un tel facteur de puissance. Il y a un certain nombre d'années, on a utilisé pour ces essais des wattmètres spéciaux, soit directement, soit par une méthode de compensation, mais ces dispositifs ont été abandonnés pour faire place au pont de mesure du professeur Schering (Fig. 7) qui donne une mesure facile et exacte de la capacité et de l'angle de perte du câble en essai sous haute tension.

En réglant $R$ et $C_a$ on réalise l'équilibre du pont, contrôlé par le galvanomètre à vibration à courant alternatif. Le condensateur étalon $C_N$ est un condensateur à air ou mieux à gaz comprimé, sans pertes. Si la résistance fixe $R_3$ est de $\frac{1000}{\pi} = 318{,}5$ ohms, et si la tension appliquée au pont a une fréquence de 50 pér./s la tg de l'angle de pertes est égale à $^1/_{10}$ de la capacité du condensateur $C_a$ exprimée en microfarads ($\mu$F) et la capacité du condensateur en essai $C_x$ est donnée par

$$C_x = C_N \frac{R_3}{R}.$$

Pour l'essai de câbles à forte capacité, le pont est complété par un shunt qui est parcouru par la plus grande partie du courant de charge du câble, une partie seulement parcourant le pont. La haute tension est appliquée aux deux condensateurs $C_X$ et $C_N$, un sommet du pont étant à la terre et la ten-

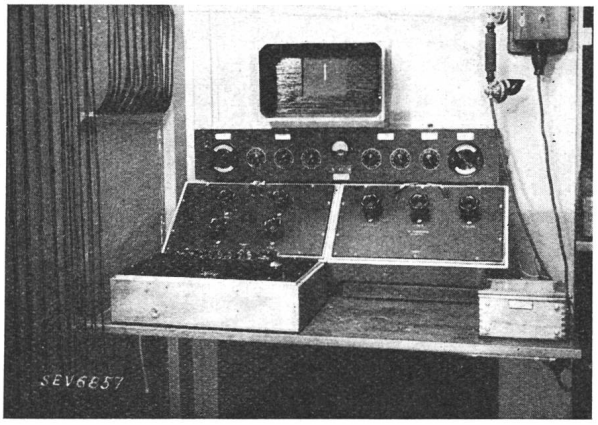


Fig. 8.
Pont de Schering.

sion aux bornes des résistances n'est que de 1 à 2 V, de sorte que les appareils peuvent être manipulés sans danger.

Cette mesure est très sensible et c'est le meilleur moyen de contrôler la bienfacture d'un câble à haute tension. Si le papier est parfaitement bien imprégné, les pertes sont faibles et elles varient très peu quand on augmente progressivement la tension d'essai (Fig. 9, courbe 2). Par contre, dans le cas d'un câble mal imprégné (courbe 1), les

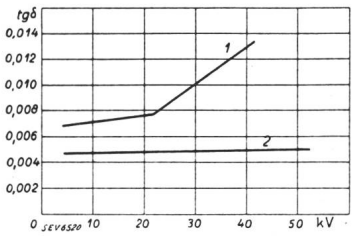


Fig. 9.
Pertes diélectriques.
*1* câble mal imprégné.
*2* câble bien imprégné.

pertes croissent à partir d'une certaine tension. Ce phénomène peut s'expliquer comme suit: le papier n'étant pas parfaitement imprégné, il y reste des vides, minuscules bulles d'air ou de gaz dont la constante diélectrique est 1, alors que celle du papier imprégné est 3,5. Par suite de cette faible valeur, le champ électrique dans les vides est supérieur à la tension qu'ils peuvent supporter et il s'y

[3]) E. Foretay, La mesure de la haute tension par courant capacitif redressé. Conf. Int. Grands Rés., Paris 1937. Rapport No. 102, voir aussi Bull. ASE 1937, No. 19, p. 460.

produit des effluves, se traduisant par une augmentation des pertes. C'est ce qu'on appelle le phénomène d'ionisation, qui ne se produit pas dans un câble parfaitement imprégné. Cette figure, extraite de l'ouvrage de Klein, Kabeltechnik, se rapporte à d'anciens câbles de la Bewag à Berlin [4]).

Il est intéressant de mesurer les pertes diélectriques non seulement à la température ambiante, mais aussi à chaud, à la température maximum que le câble prendra en service. En outre, il est important de contrôler si, après refroidissement, les per-

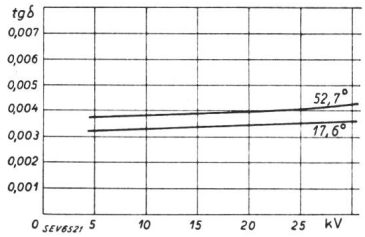


Fig. 10.

Essai de stabilité.

tes reviennent à leur valeur initiale ou si, au contraire, elles sont plus élevées, ce qui indiquerait une fatigue ou un vieillissement du câble. Cet essai de stabilité, les cycles thermiques pouvant être répétés plusieurs fois pour reproduire les conditions de fonctionnement du câble en exploitation, constitue un critère important, qui rentre déjà dans la catégorie des essais spéciaux applicables aux commandes importantes de câbles à très haute tension. La fig. 10 donne les courbes de pertes en fonction de la tension pour un câble à 3 conducteurs sectoraux de 70 mm², tension de service 16 kV. A froid, à 17,6°, les pertes varient très peu en fonction de la tension. A chaud, pour une température des conducteurs de 52,7°, les pertes sont un peu plus élevées, ce qui s'explique par l'augmentation de conduction de l'isolant. Après refroidissement, on obtient une courbe de pertes qui coïncide avec la première, ce qui prouve que le câble n'a subi aucune altération au cours du cycle d'échauffement et refroidissement.

On peut également déterminer la variation des pertes en fonction de la température.

Enfin, parmi les essais qu'on applique à des échantillons de câble prélevés sur quelques longueurs d'une commande importante, on peut citer encore:

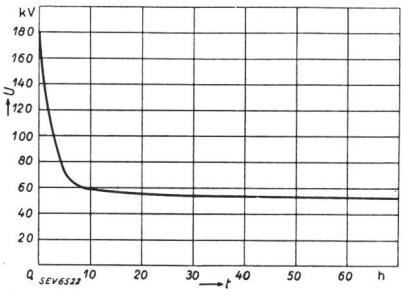


Fig. 11.

Courbe de vie d'un câble à 18 kV.

L'*essai de percement*, ou détermination de la tension provoquant la perforation de l'isolant, qui doit être un multiple suffisamment grand de la tension de service.

[4]) Klein, Kabeltechnik, fig. 75, p. 91.

*Courbe de vie* (Fig. 11): On soumet un échantillon de câble à une tension inférieure à la tension de perforation ci-dessus, maintenue jusqu'au claquage, et on note le temps nécessaire. On répète cet essai, pour plusieurs tensions de plus en plus basses. Les points obtenus forment une courbe des tensions de claquage en fonction du temps. Cette courbe tend vers une asymptote parallèle à l'axe des temps et dont l'ordonnée est la tension que le câble peut supporter indéfiniment sans altération et qui doit être plus haute que la tension d'essai normale. Cette courbe se rapporte à un câble à 3 conducteurs de 70 mm² type Hochstädter pour 18 000 V de tension de service. La tension asymptotique est un peu supérieure à 50 kV.

Un essai pratique est l'*essai de pliage* qui consiste à enrouler un échantillon de câble sur un mandrin dont le diamètre est de 12 à 25 fois celui du câble. Après redressement, l'opération est répétée plusieurs fois. L'échantillon doit ensuite supporter l'essai normal de tension et on déterminera éventuellement la tension de claquage.

*Essai de choc:* Certains câbles sont reliés directement à des lignes aériennes à haute tension, et se trouvent donc exposés à des surtensions. Il est inté-

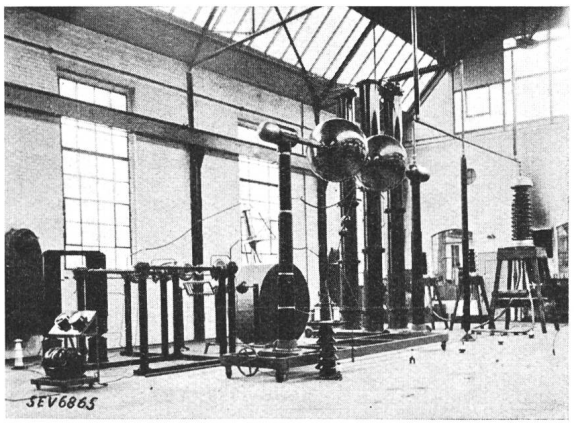


Fig. 12.
Générateur d'impulsions à 1200 kV (Brougg).

ressant de reproduire ces phénomènes en laboratoire, au moyen de générateurs d'ondes de choc contrôlés par un oscillographe cathodique à haute tension. Ces appareils, qu'on peut qualifier de générateurs de foudre artificielle, ont montré que les câbles au papier imprégné présentent une grande sécurité contre la foudre, la surtension momentanée qu'ils peuvent supporter étant de l'ordre de 20 à 30 fois leur tension de service.

Les accessoires des câbles, boîtes d'extrémité et manchons de jonction, doivent aussi être essayés. Il s'agit évidemment d'essais de types, destinés à contrôler si de nouveaux modèles satisfont aux exigences qu'on leur impose.

Dans les manchons de jonction qui réunissent entre eux les divers tronçons d'un câble, après avoir assuré la continuité des conducteurs par des moyens appropriés on les isole selon la tension, soit par une composition isolante coulée à chaud dans un manchon en fonte en deux pièces, soit en

reconstituant l'isolation par du papier imprégné enroulé à la main et protégé ensuite par une enveloppe imperméable. Les boîtes d'extrémité constituent un organe d'obturation qui empêche l'écoulement de la matière d'imprégnation du câble et la pénétration de l'humidité. Elles laissent passage aux conducteurs par des isolateurs appropriés, généralement en porcelaine, qui sont des types d'isolateurs de traversée semblables à ceux des transformateurs.

Pour s'assurer de la bonne tenue de ces organes en service, on fera des essais de tension. Des mesures de pertes diélectriques et des essais de cycles thermiques sont également utiles, ainsi que la détermination de la courbe de vie. Tous ces essais sont semblables à ceux des câbles, et pour étudier à fond un nouveau type, on monte un tronçon de câble avec manchons de jonction et boîtes d'extrémité, et on soumet le tout à des essais complets permettant de contrôler l'homogénéité de l'ensemble. De tels essais demandent un appareillage assez important comprenant le transformateur à haute tension, le pont de mesure des pertes diélectriques avec le condensateur de comparaison et en général une machine à courant continu montée sur un support isolant et actionnée par un moteur qui l'entraîne par un long arbre isolant. Le courant qu'elle produit parcourt les conducteurs du câble qu'il échauffe à une température égale à celle qui se produira en service. La machine étant isolée se trouve portée à la tension d'essai en même temps que les conducteurs du câble. C'est ainsi qu'ont été effectuées en Hollande toute une série d'essais comparatifs de divers types de câbles à très haute tension [5]).

Dans le cas de câbles à haute tension reliés à une ligne aérienne, c'est la boîte d'extrémité qui subit avant tout les surtensions provenant de la ligne aérienne. Il est donc tout indiqué, comme le fait notre collègue M. Schneeberger qui l'a proposé dans son rapport No. 211 à la Conférence Internationale des Grands Réseaux, de soumettre les boîtes d'extrémité à un essai aux ondes de choc. Une boîte d'extrémité bien construite peut supporter sans dommage des surtensions de courte durée, soit à la fréquence industrielle, soit aux ondes de choc, jusqu'à la tension qui provoque le contournement de l'isolateur, ce qui garantit la sécurité maximum. Les surtensions se produisant en exploitation sont toujours inférieures à cette limite.

Un autre contrôle auquel doivent être soumis les câbles est la *vérification des dimensions des divers constituants.* Les normes de l'ASE ou des conventions et cahiers des charges fixent les épaisseurs de l'isolant, du plomb et des feuillards. Ces diverses dimensions sont contrôlées par des moyens convenables. Une bonne méthode consiste à peser un échantillon de câble de 1/2 mètre ou d'un mètre dont le poids effectif est comparé au poids calculé selon la carte de fabrication. Tout écart important indiquera immédiatement une anomalie qui pourra être décelée en pesant séparément les divers constituants cuivre, papier, plomb, etc.

Jusqu'à maintenant, nous n'avons parlé que des câbles isolés au papier imprégné. Pour certaines installations, surtout à basse tension, on emploie aussi comme isolant le caoutchouc. Les essais des câbles utilisant ce diélectrique sont les mêmes que ceux des câbles isolés au papier. Il faut y ajouter un essai mécanique du caoutchouc.

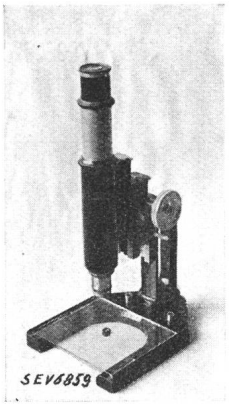


Fig. 13.
Microscope de mesure.

Le caoutchouc étant une matière élastique, la mesure exacte de l'épaisesur est difficile, les appareils de mesure usuels calibres, micromètres, etc., exercant une pression qui fausse les résultats. Nous avons introduit il y a déjà plusieurs années à Cososnay une méthode simple donnant des résultats exacts, le caoutchouc ne supportant aucune pression. On coupe sur le conducteur à vérifier une petite bague de caoutchouc qu'on place ensuite sous l'objectif d'un microscope de mesure. Il est facile, en déplaçant l'échantillon, de contrôler son épaisseur en tous les points à l'aide de l'échelle du micromètre-oculaire, et l'échantillon n'étant soumis à aucune pression, il n'y a pas d'erreur de mesure.

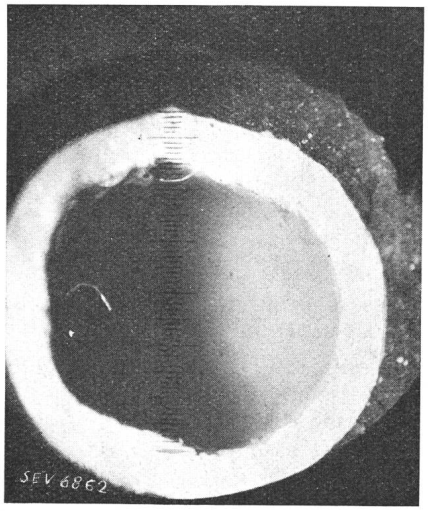


Fig. 14.
Mesure de l'épaisseur du caoutchouc.

### d) Essais des câbles après la pose.

Le câble ayant subi sans défaillance tous les essais et contrôles qui précèdent est donc prêt à être expédié et posé. Après la pose et le montage des manchons de jonction et des boîtes d'extrémité, il est indiqué de faire des essais pour s'assurer que le câble n'a subi aucun dommage lors de la pose par suite d'une manipulation maladroite et pour vérifier la bienfacture des jonctions et extrémités.

[5]) G. Th. Bakker, Un essai comparatif avec des câbles pour une tension de service de 150 kV. Conf. Int. des Grands Réseaux, Paris 1937. Rapport No. 229.

Un premier essai est la *mesure de l'isolement au courant continu.* On peut le faire par la méthode classique, mais un galvanomètre à miroir n'est pas précisément très pratique à employer sur chantier. Pour notre compte, nous préférons un mesureur d'isolement avec magnéto à haute tension par exemple à 2500 V, qui peut mesurer jusqu'à 10 000 mégohms. La sensibilité est amplement suffisante pour la pratique et l'appareil est immédiatement prêt à fonctionner. Il faut seulement prendre soin d'utiliser des lignes de mesure à très bon isolement.

La mesure de la *résistance des conducteurs* se fait facilement par un ohmmètre à cadre mobile, un pont de Thomson ou la méthode volt-ampèremètre. S'il s'agit de lignes longues dont la résistance est déja assez notable, le pont de Wheatstone usuel convient aussi, de préférence le type à fil calibré. Il faut soigner les contacts, utiliser des lignes de mesure de forte section et en mesurer ou calculer la résistance pour effectuer la correction nécessaire. Dans le cas d'un câble à 3 conducteurs, on mesure deux conducteurs en série, bouclés à l'extrémité opposée du câble et on répète l'opération trois fois en permutant. Une difficulté est la détermination exacte de la température du câble, aussi on ne peut pas exiger de ces mesures de résistance une très grande précision, mais plutôt une valeur de contrôle.

L'essai le plus important est l'*essai de tension.* Dans certaines cas, il est possible de le faire au moyen de courant alternatif, si l'on dispose d'une génératrice et d'un transformateur de puissance et tension suffisantes et ayant une marge de réglable convenable. La plupart des normes et cahiers des charges prévoient un essai d'une heure à une tension égale à 1 $^1/_2$ fois ou selon la CEI 1,73 fois la tension de service. Cependant, on préfère le plus souvent employer pour cet essai du courant continu, ce qui présente plusieurs avantages. Le câble constitue un condensateur dont la capacité devient vite importante pour une longue ligne à haute tension. La puissance apparente nécessaire pour l'essai du câble est presque toujours trop grande pour qu'elle puisse être produite par un transformateur transportable. Par exemple, pour essayer à 45 kV un kilomètre de câble de 200 mm² formé de 3 câbles à 1 conducteur, il faut une puissance apparente de 445 kVA, le courant de charge étant de 3,3 A/km pour un câble. Avec du courant continu, au lieu de devoir charger le câble à sa tension d'essai en un 100$^{me}$ de seconde, on peut consacrer à cette opération plusieurs minutes. La tension prescrite étant atteinte, il suffit de fournir au câble le très faible courant de perte dans l'isolant qui, pour le cas envisagé plus haut, sera de l'ordre de grandeur du milliampère par kilomètre. La tension continue nécessaire s'obtient par redressement du courant à haute tension d'un transformateur. L'appareillage, qui peut facilement être transportable, comprend en principe un transformateur à haute tension, dont le primaire est alimenté par un dispositif à tension réglable, transformateur de réglage ou régulateur d'induction et un redresseur constitué par un, deux ou quatre kénotrons, qui sont des soupapes à cathode incandescente avec leur source de courant de chauffage: transformateur ou génératrice commandée par moteur avec intercalation d'un arbre isolant. Le tout est complété par les appareils de manœuvre et de mesure nécessaires. Nous disposons à Cossonay de 3 appareillages transportables pour les essais à courant continu à haute tension.

1° Un appareil donnant jusqu'à 5000 V et 100 mA (Fig. 15), construit dans nos laboratoires et pouvant servir aux essais de câbles à basse tension.

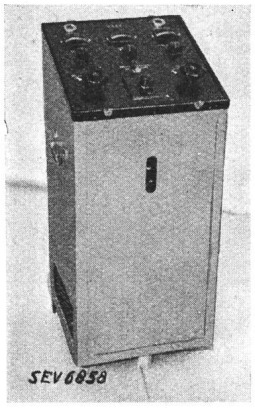


Fig. 15.

Station à courant continu 5 kV.

Il est plus spécialement destiné à alimenter le pont de mesure à haute tension que nous verrons plus loin au chapitre des localisations de défauts *).

2° Un appareillage à un kénotron, contenu entièrement dans un pupitre et servant pour les essais jusqu'à 30 kV. (Fig. 16.)

3° Un appareillage pour les essais jusqu'à 200 kV (Fig. 17 et 18) qui comprend: un pupitre de manœuvre contenant un transformateur de réglage pouvant être alimenté sous n'importe laquelle des 5 tensions usuelles en Suisse avec tous les appareils

Fig. 16.

Station à courant continu 30 kV.

de manœuvre et de mesure nécessaires et des dispositifs de sécurité évitant les surcharges et les fausses manœuvres. La mesure exacte de la haute tension se fait par un spintermètre de précision qui est utilisé également pour décharger le câble à la fin de l'essai. La haute tension est produite par un transformateur de 10 kVA, 220/100 000 V. Le courant est redressé par deux kénotrons sup-

*) Voir Bull. SEV 1938, Nr. 4, p. 76.

portés par leurs transformateurs de chauffage dont l'un est soumis à la tension totale de l'appareil. Un condensateur double à huile de deux fois 0,04 $\mu$F permet de doubler la tension produite par l'appareil. Deux résistances formées d'un tube en

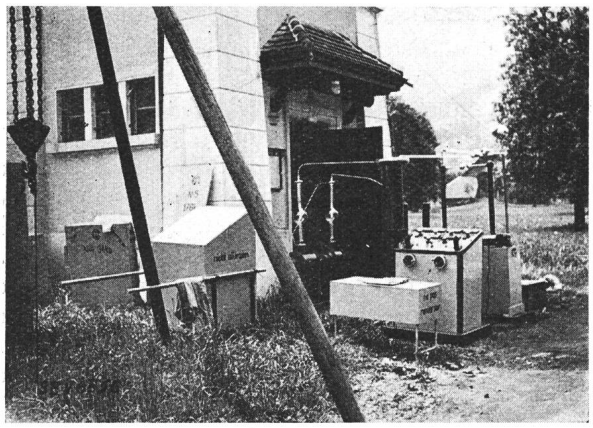

Fig. 17.
Station à courant continu à 200 kV.

verre rempli d'eau distillée limitent le courant dans le cas d'un défaut du câble ou d'un amorçage au spintermètre. Les câbles reliant les divers appareils ainsi que les connexions à haute tension sont très bien combinés de sorte que, une fois les divers organes amenés à leur place dans les caisses qui les protègent pour le transport, il suffit de moins d'une heure pour que tout l'appareillage soit prêt à fonctionner. Le schéma de la fig. 19, réduit aux organes essentiels, indique le mode de fonctionnement.

On peut également utiliser pour le chauffage des cathodes des kénotrons des dynamos montées sur un support isolant et actionnées par de longs arbres en matière isolante, comme dans l'appareillage à 400 kV de la Câblerie de Brougg. (Fig. 20.)

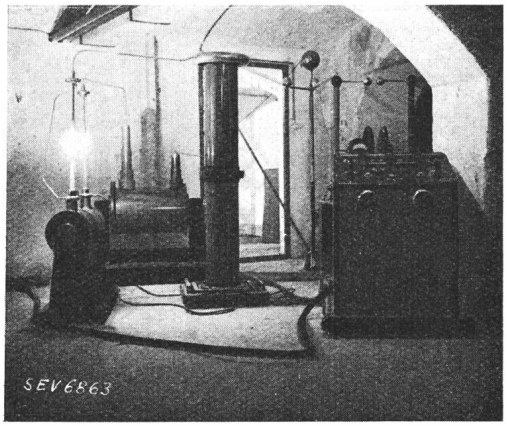


Fig. 18.
Station à courant continu à 200 kV.

Un autre principe, très intéressant, est celui du montage en cascade de plusieurs unités composées chacune d'un transformateur et d'un kénotron. Chaque transformateur porte un enroulement isolé qui alimente l'étage suivant. C'est la solution adoptée par la Câblerie de Cortaillod pour son appareillage à 450 kV.

Dans la règle, pour tenir compte de ce que la fatigue de l'isolant est moindre sous une tension

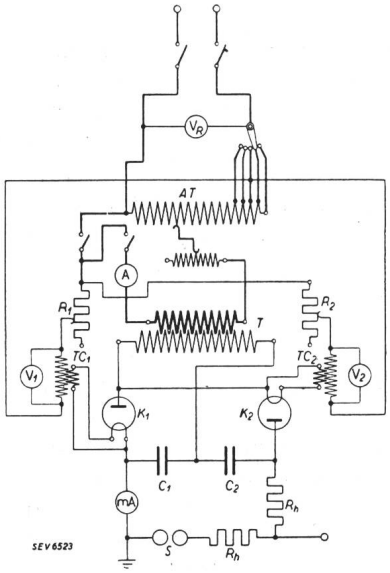


Fig. 19.
Schéma de la station à courant continu à 200 kV.
$V_R$ voltmètre du réseau.
$AT$ auto-transformateur.
$A$ ampèremètre.
$R_1$ $R_2$ rhéostats de chauffage.
$TC_1$ $TC_2$ transformateurs de chauffage.
$V_1$ $V_2$ voltmètres.
$T$ transformateur à haute tension.
$K_1$ $K_2$ kénotrons.
$C_1$ $C_2$ condensateurs.
$mA$ milliampèremètre.
$S$ spintermètre.
$R_h$ résistances hydrauliques.

continue, on essaie le câble à une tension plus haute qu'en alternatif, soit à 4 fois la tension de service. Si l'appareillage employé comporte un milliampèremètre suffisamment sensible intercalé dans le conducteur de terre, il est facile de mesurer le faible courant de perte absorbé par le câble et d'en déduire la valeur d'isolement sous haute tension. De plus, tout point faible de l'installation provo-

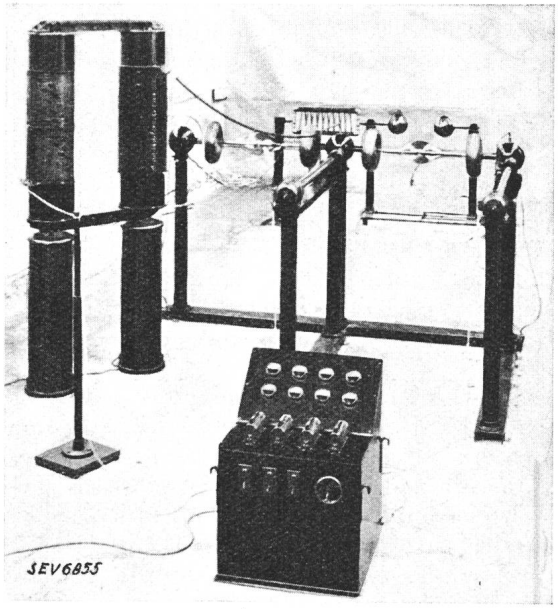


Fig. 20.
Station à courant continu 400 kV (Brougg).

quera une instabilité de ce courant accusée par de brusques mouvements de l'aiguille de l'appareil. En général, le courant décroît progressivement, surtout pendant les premières minutes de l'essai.

On peut aussi mesurer les *pertes diélectriques* d'un câble après la pose. Comme pour les essais en usine, on utilise le pont de Schering, mais il doit être modifié, le plomb d'un câble posé étant nécessairement mis à la terre. On peut alors intercaler le pont entre le transformateur d'essai et la terre, ou, ce qui se fait le plus, mettre le pont du côté de la haute tension. Dans ce cas, le point commun au câble et au condensateur de comparaison

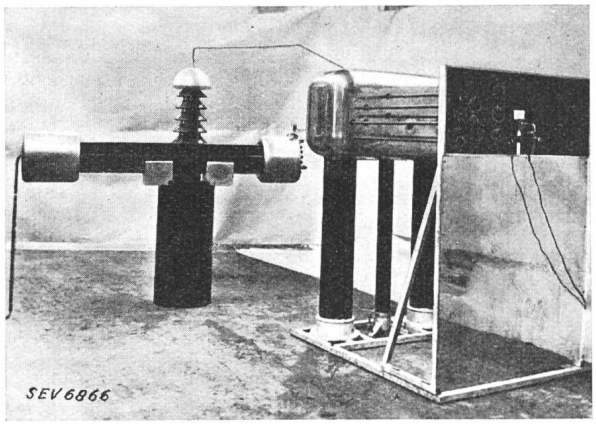


Fig. 21.
Pont de Schering pour essais après pose.

est mis à la terre, le point commun aux résistances étant relié au pôle haute tension du transformateur d'essai. L'ensemble des appareils avec le galvanomètre à vibration se trouve alors porté à la tension d'essai par rapport à la terre.

Pour éviter des erreurs causées par les capacités des appareils par rapport au sol et aux objets voisins, l'ensemble est logé dans une cage de Faraday en grillage dans laquelle prend place aussi l'opérateur, le tout étant supporté par des isolateurs calculés pour la tension d'essai maximum.

Une autre solution, proposée par M. Schneeberger, consiste à mettre sous haute tension seulement les appareils qui seront commandés par l'intermédiaire de tiges isolantes. L'opérateur est alors entièrement en sécurité [6]).

Pour les câbles à très haute tension à huile fluide, un essai d'étanchéité est nécessaire, comme l'essai des conduites contenant les câbles sous pression.

Une excellente pratique adoptée par certaines compagnies de distribution consiste à soumettre leur réseau de câbles à haute tension à des essais périodiques: mesures d'isolement et essais de tension au courant continu. Ce contrôles permettent de déceler un affaiblissement des câbles causé par des accidents éventuels (par exemple des lésions du plomb causées par des effets mécaniques extérieurs ou par de la corrosion) à son début, alors qu'une interruption de service n'est pas encore à craindre, ce qui permet de remédier au défaut assez tôt. Ils s'appliquent également à des réseaux dont on augmente la tension de service. Les fabriques de câbles peuvent se charger de faire ces essais dans les réseaux ne disposant pas du matériel nécessaire.

*Localisation des défauts.*

Tous ces essais nombreux et compliqués auxquels sont soumis les câbles à l'usine et après la pose ne laissent subsister aucune possibilité de défauts quelconques. Toutefois, un câble parfaitement bien fabriqué peut être abîmé par des causes mécaniques extérieures: coups de pioche, affaissements de terrain ou par de la corrosion provoquée par des courants vagabonds allant jusqu'à perforer complètement le plomb qui laisse pénétrer l'humidité du sol environnant. Par suite d'une manipulation maladroite lors de la pose, le câble peut être tordu ou plié, ce qui casse les papiers et provoque un défaut d'isolement. Il faut donc pouvoir déterminer l'emplacement de ces défauts pour les réparer.

Deux cas principaux se présentent. Ou bien il y a un court-circuit entre un conducteur et le plomb ou entre plusieurs conducteurs, éventuellement les 3 conducteurs peuvent être en court circuit entre eux et avec le plomb. Il peut arriver qu'on n'ait pas un court-circuit franc, mais seulement un mauvais isolement, inégal pour les divers conducteurs.

Un autre cas est celui des conducteurs interrompus, qui se rencontre particulièrement dans les réseaux à basse tension. Lors d'un court-circuit, le courant qui passe dans le défaut est si intense qu'il se produit un arc puissant qui brûle les conducteurs qui sont parfois volatilisés sur plusieurs centimètres. Ce défaut est quelquefois combiné avec un défaut d'isolement plus ou moins complet.

Les méthodes applicables à la localisation sont complètement différentes dans les deux cas. Je citerai seulement pour mémoire, afin de mieux faire ressortir les progrès réalisés, la méthode empirique employée au début de la technique des câbles. Quand un tronçon de câble avait un défaut, on le coupait à la moitié, on coupait de nouveau en deux celui des deux tronçons qui était mauvais et ainsi de suite jusqu'à un tronçon de quelques mètres contenant le défaut et qui était alors remplacé par un câble neuf. Après réparation, le câble était transformé en un chapelet de manchons de jonction. S'il n'est pas possible de garantir une précision du centimètre, les méthodes actuelles donnent cependant des résultats très satisfaisants quand on sait les appliquer. Il y a du reste une difficulté très fréquente: les exploitants demandent qu'on mette le doigt sur le défaut, à quelques millimètres près, mais il est généralement impossible de connaître la longueur du câble avec une précision supérieure à quelques mètres.

Si un câble présente un défaut d'isolement sans court-circuit direct, le plus simple consiste à brûler le défaut au moyen de courant alternatif ou continu de façon à provoquer un court-circuit franc entre conducteurs ou contre plomb. Une méthode très intéressante que nous verrons tout à l'heure

[6]) E. Schneeberger, L'essai de câbles à très haute tension après la pose. Conf. Internationale des Grands Réseaux, Paris 1935. Rapport 222, p. 11.

est l'emploi de courant continu à haute tension avec un pont de mesure spécial.

Quand le contact est franc, on procédera à la localisation par une *mesure de résistance.* Il faut évidemment éviter que la résistance du défaut intervienne dans la mesure. Supposons par exemple le cas d'un court-circuit entre un conducteur et le plomb, les autres conducteurs étant sains. On réunira ensemble à une extrémité du câble le conducteur défectueux et un conducteur sain, et à l'autre extrémité on installera les appareils de façon à constituer un pont de Wheatstone (Fig. 21) dont les deux branches sont constituées par les deux tronçons du conducteur défectueux avec retour par le conducteur sain, les deux autres branches étant des résistances réglables étalonnées. Quand le pont est en équilibre, on a l'équation:

$$\frac{a}{b} = \frac{X}{2\,L - X} \quad \text{ou} \quad X = \frac{2\,aL}{a+b}$$

C'est la méthode, dite de la boucle. Dans le cas d'un défaut entre deux conducteurs, on procèdera de même, la terre étant remplacée par le conducteur défectueux. S'il n'y a dans le câble aucun conducteur sain pour constituer la boucle, on sera obligé de dérouler le long du parcours une ligne auxiliaire qui sera généralement de section plus petite que celle des conducteurs du câble, ce qui oblige à faire intervenir dans le calcul le rapport des résistances par mètre de la ligne auxiliaire et du câble.

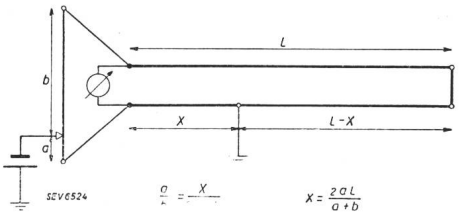


Fig. 22.
Localisation d'un défaut à la terre, par la méthode de la boucle.

Dans le cas d'un conducteur interrompu, on procède à des *mesures de capacités.* Les conducteurs sains sont reliés au plomb et à la terre, et on mesure, à partir des deux extrémités du câble, la capacité des deux tronçons du conducteur interrompu. Cette mesure de capacité peut se faire en courant continu ou alternatif. Dans le premier cas, on utilise une batterie de piles et un galvanomètre très sensible à miroir ou à aiguille. Les déviations de l'appareil sont proportionnelles aux capacités.

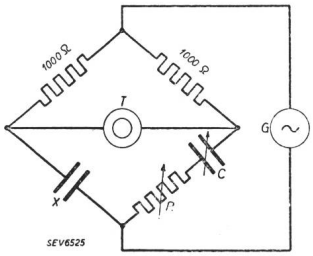


Fig. 23.
Pont de mesure des capacités.
*X* capacité à mesurer.
*R* résistance variable.
*C* condensateur variable.
*T* téléphone.
*G* générateur.

Cette méthode peut donner des résultats satisfaisants si les deux tronçons ne sont pas trop inégaux, et si l'isolement est bon à l'endroit du défaut, ce qui n'est généralement pas le cas lorsque l'interruption a été causée par un court-circuit ayant plus ou moins complètement carbonisé les papiers du câble. L'emploi sur le terrain d'un galvanomètre très sensible qu'il faut soigneusement mettre de niveau est aussi un inconvénient.

Nous préférons de beaucoup la mesure de capacité en courant alternatif à fréquence phonique (800 pér./s) que nous avons introduite à Cossonay. On utilise un pont de mesure semblable à ceux employés dans la technique des câbles téléphoniques (Fig. 23) qui comprend deux branches fixes de 1000 ohms, une résistance et une capacité réglable en série et la capacité à mesurer dans la 4e branche. Comme source de courant, un générateur à lame vibrante actionné par une batterie de piles et comme déceleur de courant un bon téléphone. Cette méthode présente sur celle à courant continu plusieurs avantages importants. Le condensateur de comparaison, dont la capacité, quand le pont est en équilibre, est égale à celle du tronçon de câble mesuré, peut être étalonné avec une grande précision, au moins 1 ‰ près, et la mesure du câble sera aussi précise, quelle que soit la capacité du tronçon. Des longueurs très inégales de part et d'autre du défaut pourront donc être déterminées avec la même précision relative, ce qui n'est pas le cas des mesures au courant continu. Il nous est arrivé par exemple, lors de la localisation d'un fil cassé d'un câble de signalisation d'environ 500 m, d'obtenir comme distance du défaut à partir d'une extrémité du câble 30 m en courant continu et 6 m en courant alternatif. Le défaut était à 5,90 m. Un second avantage très important de la méthode à courant alternatif, c'est que le courant de perte, qui peut être assez considérable si le défaut est brûlé, est en phase avec la tension, alors que le courant de capacité est en quadrature. Ces deux vecteurs sont donc équilibrés séparément; la perte par la résistance réglable et la capacité par le condensateur. Avec le courant continu, le courant de perte et le courant de charge s'ajoutent, de sorte que dans le cas d'un mauvais isolement on obtient une capacité apparente trop élevée. N'employant pas de galvanomètre, instrument délicat qui doit être soigneusement mis de niveau, la méthode à courant alternatif est d'un emploi plus pratique et plus rapide sur le terrain.

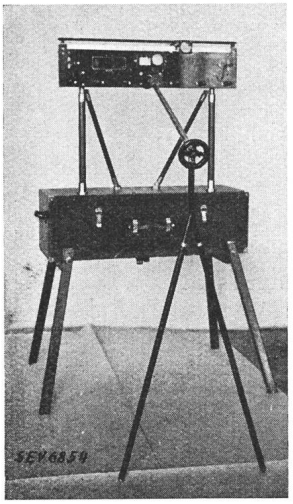


Fig. 24.
Pont à fil calibré à haute tension.

Pour la localisation des court-circuits, il existe des ponts de mesure à haute tension. L'appareil est

monté avec son galvanomètre sur un support isolant et commandé par une tige isolante. La lecture se fait à distance par une lunette ou une loupe. Le gros avantage, c'est de pouvoir utiliser du courant continu à haute tension produit par un des générateurs utilisés aux essais de câbles après pose. En effet, dans le cas de câbles à très haute tension, le défaut a souvent une résistance si élevée qu'une batterie de piles, même de 100 ou 200 V, ne donne pas un courant suffisant pour avoir une sensibilité convenable. Dans certains cas, en particulier si le défaut est dans un manchon de jonction rempli de compound isolant, il est très difficile d'obtenir un défaut franc. Si on le brûle, au moyen de courant alternatif, pendant qu'on déconnecte le transformateur d'essai et qu'on relie l'appareillage de

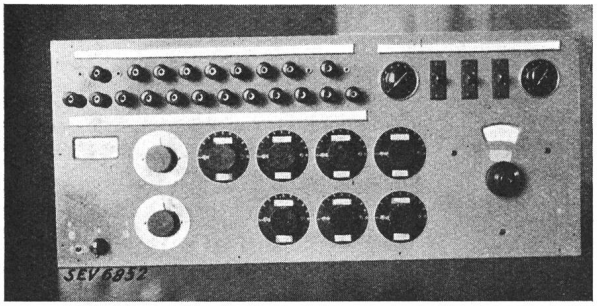


Fig. 25.
Appareil universel de localisation de défauts.

mesure, le compound isolant fond autour du défaut qui disparaît de nouveau. En employant le pont à haute tension, c'est le même courant qui sert à brûler le défaut puis à faire la mesure.

On peut aussi combiner dans un même appareil, tel que celui que nous avons construit dans notre laboratoire, tous les éléments nécessaires pour réaliser divers schémas de mesure de résistances et capacités.

Un dispositif intéressant dans certains cas a pour principe de déceler le champ magnétique variable qui environne un câble parcouru par un courant alternatif ou interrompu. Le plus simple de ces appareils est un cadre de forme triangulaire d'environ 1 mètre de côté formé d'un grand nombre de spires de fil isolé reliées à un téléphone. Tenant le cadre à la main avec un des côtés parallèle au sol, on entend dans le téléphone le son produit par les courants induits dans le cadre par un câble en service posé en terre et parallèle au cadre. On peut ainsi retrouver le tracé d'un câble par simple prospection à la surface du sol. Dans le cas d'un défaut à la terre, le courant cesse au delà du défaut dont l'emplacement peut être déterminé par la cessation du son. Certains appareils plus perfectionnés comportent, au lieu du cadre, une bobine à noyau de fer reliée au téléphone par un amplificateur. Dans certains cas, surtout pour les câbles qui n'ont pas d'armature de fer, on obtient des résultats assez satisfaisants pour la localisation des défauts.

Comme on peut le deviner, la localisation des défauts de câbles est un art autant qu'une science qui demande une longue pratique. En fait, chaque cas particulier est nouveau et différent de ceux qui l'ont précédé. En voici par exemple un assez spécial. Un câble triphasé pour 6000 V présentait sur un conducteur un défaut d'isolement contre terre. En appliquant à ce conducteur la tension du générateur à courant continu à 30 kV pour franchir le défaut, on obtient tout d'abord quelques décharges, puis on peut monter la tension jusqu'à 24 kV et la maintenir sans qu'il ne se passe rien. Le défaut d'isolement a ensuite disparu. Quelques heures plus tard, il reparaît. Un nouvel essai de tension donne le même résultat que le premier. Comme il s'agit d'humidité qui pénètre dans le câble et se dissipe sous l'effet de la tension, nous avons essayé de l'échauffer par passage d'un courant intense suivi de périodes de repos pendant lesquelles l'humidité devait pénétrer à nouveau. Toujours aucun résultat. Ayant mis en service le pont de mesure à haute tension, nous avons pu obtenir une vague indication pendant les quelques instants où le courant passait. Le défaut devait être près d'une extrémité du câble. Un manchon de jonction se trouvant en cet endroit, nous l'avons fait ouvrir et avons trouvé dans le compound de remplissage une poche d'air dont les parois étaient humides. Sous l'effet de la tension, cette humidité qui donnait passage au courant s'évaporait, ce qui faisait disparaître le défaut. Après refroidissement, l'eau se condensait de nouveau, reproduisant le défaut d'isolement.

J'espère avoir montré que la technique des essais des câbles est une science assez complexe et variée, qui atteint un degré de développement permettant de garantir une excellente qualité des produits de notre industrie.

# Hochfrequenztechnik und Radiowesen — Haute fréquence et radiocommunications

## Comité International Spécial des Perturbations Radiophoniques (CISPR).

Réunion de Bruxelles, décembre 1937.

621.396.82

A la séance du Groupe d'Experts du Comité International Spécial des Perturbations Radiophoniques de la Commission Electrotechnique Internationale (CISPR), qui eut lieu du 15 au 17 décembre 1937 à Bruxelles, prirent part des délégués de la Belgique, de l'Allemagne, de la France, de la Grande-Bretagne, des Pays-Bas, de l'Italie, de l'Autriche, de la Pologne, de la Suisse et de la Tchécoslovaquie, ainsi que des observateurs de la Norvège, du Japon et des Etats-Unis. Le Comité Electrotechnique Suisse y était représenté par Messieurs W. Gerber (PTT) et H. Bühler (ASE).

Pour les appareils électriques de ménage transportables, alimentés sous courant alternatif 50 pér./s, mis à la terre ou non, on convint de donner une valeur maximum de 0,005 $\mu$F