Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 56 (1930)
Heft: 15

Artikel: Contraintes dans l'isolant des câbles à haute tension, contenant des inclusions
Autor: Schmid, Walther
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-43518

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: 17.07.2025

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

soit en plan, soit en profil. Toute la conduite a été enterrée après la pose.

La conduite de décharge aboutit à son point inférieur dans un bassin amortisseur de 23 m de longueur moyenne, 4 m de largeur, terminé par un déversoir dont l'écoulement se fait dans le canal de fuite ;

L'axe du tuyau est à la cote 725,50.
La crête du déversoir est à la cote 726,80.
Le fond du bassin est à la cote 723,90.

Le tuyau est donc complètement noyé ; il y a 1,30 m d'eau au minimum au-dessus de l'axe du tuyau.

Lors des premiers essais de la conduite de décharge, le tuyau conique d'extrémité n'avait pas été installé. On tenait à se rendre compte de ce qui allait se passer lorsqu'il s'agirait de détruire l'énergie représentée par une masse d'eau (au maximum 6 m³/sec.) animée d'une vitesse d'environ 14 m à la seconde, arrivant dans un bassin de grande section.

On constata d'emblée que même avec des débits réduits (2 à 3 m³) il se produisait dans la partie amont du bassin, sur une distance très petite (environ 2 m), des rejaillissements à grande hauteur, inadmissibles.

Cela provenait du fait que la destruction de l'énergie était concentrée sur une faible longueur, c'est-à-dire au point où l'eau en vitesse, mélangée de beaucoup d'air entraîné, arrivait brusquement en contact avec la masse d'eau relativement tranquille du bassin. Pour répartir ce phénomène d'amortissement sur toute la longueur du bassin, on raccorda à la bride inférieure de la conduite de décharge un tuyau en tôle perforée, conique, convergent, ayant un diamètre de 0,83 m à l'amont et 0,40 m à l'aval et d'une longueur totale de 20 m. Les trous ont 30 mm de diamètre et représentent environ le cinquième de la surface du tuyau.

Ce dispositif se montra immédiatement efficace et supprima les rejaillissements hors du bassin.

Sur toute la longueur de la conduite de décharge sont réparties 14 cheminées d'air. Lorsque la conduite est en fonctionnement, certaines cheminées aspirent et les autres refoulent un mélange d'air et d'eau, sous forme de poussière. Ce qu'il y a de curieux, c'est que lorsque le régime de débit change, certaines cheminées qui aspiraient se mettent à refouler tandis que d'autres qui refoulaient se mettent à aspirer. Ceci provient probablement des parties coudées de la conduite qui modifient l'allure de la ligne de charge suivant le débit.

L'installation de la conduite de décharge étant terminée (ainsi que le canal de fuite de l'usine) avant que l'on puisse procéder aux essais des turbines, on a pu, à partir de la mise en eau du canal d'amenée (26 juin 1929), faire une série d'essais et de vérifications sur le débit du canal d'amenée, qui ont montré que sa capacité de débit dépassait largement les 6 m³ de débit maximum prévus.

(A suivre.)

Contraintes dans l'isolant des câbles à haute tension, contenant des inclusions,

par le *Dr Walther Schmid*, physicien-conseil, à Neuchâtel.

(Suite[1] *et fin.)*

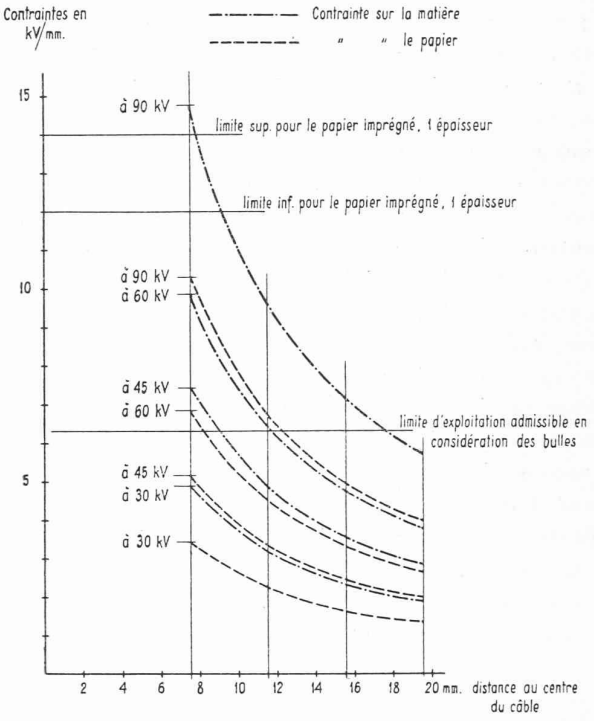


Fig. 1. — Contraintes sur papier imprégné et matière de même épaisseur dans un câble.

(Voir le texte relatif à ce tableau à la page 173 du dernier numéro.)

Ceci nous amène à nous occuper du cas où, à côté de papier imprégné, il y a des papiers « secs ». A la vérité, ce cas extrême est rare. Il n'en est pas moins vrai que, à l'essai, ces papiers « secs » donnent des gradients disruptifs qui sont tout juste le double seulement de ceux des papiers réellement secs, mais à peine le tiers des chiffres que donnent les papiers bien imprégnés. Comme il est difficile de fixer par un chiffre ce degré d'imperfection, je prends, comme cas extrême, celui des papiers réellement non imprégnés.

Papier imprégné et papier sec.

d_1 papier sec 2,2,
d_2 papier imprégné 3,7 ; épaisseurs égales

Gradient pour :

r	30 Kv		45 Kv		60 Kv		90 Kv	
mm	Kv/mm pap. sec	p. imp.	Kv/mm pap. sec	p. imp.	Kv/mm pap. sec	p. imp.	Kv/mm pap. sec	p. imp.
7,5	5,25	3,13	7,88	4,70	10,50	6,26	15,75	9,39
11,5	3,43	2,04	5,15	3,06	6,86	4,08	10,29	6,12
15,5	2,54	1,51	3,81	2,27	5,08	3,02	7,62	4,53
19,5	2,02	1,20	3,03	1,80	4,04	2,40	6,06	3,60

[1] Voir *Bulletin technique* du 12 juillet 1930, page 172.

On voit, par exemple, que 7,88/4,70 = 1,68 est bien égal au rapport inverse des constantes diélectriques.

Le papier sec a un gradient disruptif qui n'est pas éloigné de 10 Kv/mm environ. On voit que si l'on ne veut pas dépasser son gradient limite qui est bien inférieur à ce chiffre — environ 2 Kv/mm dans les mêmes suppositions que précédemment — la tension d'exploitation elle-même est dangereuse par ses effets à long terme. Il ne faut pas oublier que si l'on n'a pas été averti par le « débiottage », des défauts de l'imprégnation, on essaie le câble normalement, c'est-à-dire par exemple à 60 Kv, qui est une bien basse tension. Mais on voit qu'à cette tension, le papier, même s'il n'est pas tout à fait sec, est en somme soumis à une contrainte qui dépasse sûrement sa tension limite ; le papier est, en cet endroit, déjà abîmé, mais comme le câble n'a pas « claqué », on en conclut, en l'absence d'autres essais, qu'il est bon. C'est pour obvier à cette lacune dans l'essai que j'ai préconisé, il y a cinq ou six ans, le *toucher* pendant l'essai sur toute la longueur. J'ajouterai, que pour des raisons que j'ai développées ailleurs, la mesure des pertes renseigne d'une façon beaucoup moins sûre.

Restent les inclusions d'air et d'humidité — air sec et air humide. On voit bien par les valeurs respectives des constantes diélectriques, que c'est le cas le plus grave.

L'air humide est bien le plus dangereux, car il occasionne, quand la pression décroît, des dépôts conducteurs sur les parois de la bulle. Mais cela jusqu'à une certaine pression seulement, car ainsi que l'a fait observer Bouty, aux pressions inférieures à 5 mm le dépôt disparaît et il fait observer, de plus, que « la vapeur d'eau isole parfaitement bien ». A la pression normale et 25° C, on a des observations d'un Américain consignées dans le tableau suivant : elles concernent les valeurs de la tension disruptive.

Epaisseur des bulles en mm	Tension disruptive en Kv/mm
0,137	6,7
0,254	4,15
0,51	3,55
0,11 (extrapolé)	8,2 environ.

Ce sont les plus petites bulles qui résistent le mieux. Ceci explique aussi pourquoi, ainsi que je l'ai fait remarquer autrefois, quand un câble est « chaud » il résiste mieux. Le filage, comprimé dans son enveloppe plus rigide, comprime à son tour ses inclusions. Et comme d'ailleurs, la rigidité de l'air augmente avec la pression, ce double effet explique parfaitement ce qu'on observe.

Dans l'ignorance où l'on est de ce que contient réellement un câble, il est difficile de coordonner les effets possibles de ces diverses causes de trouble, et surtout de les doser convenablement.

Papier imprégné et air.

d_1 air 1

d_2 papier imprégné 3,7 ; épaisseurs égales.

Gradient pour

r	30 Kv		45 Kv		60 Kv		90 Kv	
mm	Kv/mm air	Kv/mm p. imp.	Kv/mm air	Kv/mm p. imp.	Kv/mm air	Kv/mm p. imp.	Kv/mm air	Kv/mm p. imp.
7,5	6,62	1,78	9,93	2,68	13,24	3,57	19,86	5,36
11,5	4,32	1,15	6,48	1,75	8,62	2,30	12,96	3,45
15,5	3,28	0,87	4,92	1,31	6,56	1,74	9,84	2,61
19,5	2,55	0,68	3,83	1,02	5,10	1,35	7,65	2,03

On voit que dans ce cas, à la tension d'exploitation déjà, la contrainte sur l'air dépasse sa rigidité électrique au point le moins exposé, c'est-à-dire sous le plomb. On s'explique pourquoi l'on a cherché par tous les moyens à empêcher cette ionisation dangereuse sous le plomb. L'un des moyens les plus intéressants d'empêcher cette formation ou plutôt de la rendre inoffensive, consiste à métalliser le dernier papier extérieurement. La surface conductrice ainsi formée fait partie intégrante du câble.

Son contact avec le plomb est assuré par une bande de toile en partie tissée de brins de cuivre. Ce système "*H*" — du nom de son inventeur, Höchstaedter — est vraiment d'une efficacité extraordinaire. Il a fourni la preuve que dans la majorité des cas ce sont ces bulles superficielles qui font la mauvaise qualité (si aucun autre défaut de fabrication ne peut être constaté ou soupçonné). Il a aussi permis de constater que la détérioration d'un filage peut tout aussi bien commencer

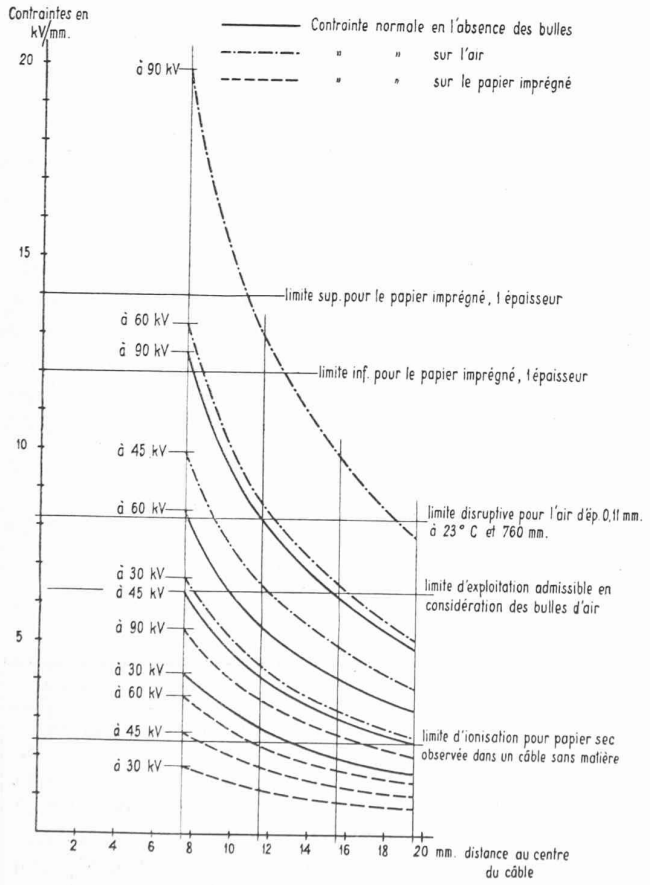
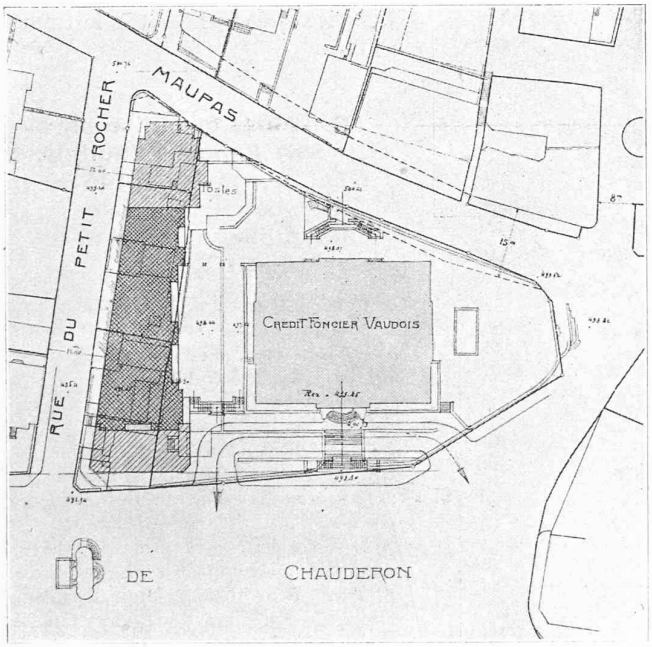


Fig. 2. — Contraintes sur papier imprégné et bulles d'air de même épaisseur dans un câble.

Vue de la rue du Petit Rocher et de l'hôtel du Crédit Foncier.

CONCOURS
POUR LA RECONSTRUCTION
DES IMMEUBLES
DU
CRÉDIT FONCIER VAUDOIS,
A LAUSANNE

1er prix :
projet « La Rampe »,
de M. *L. Dumas*, architecte,
à Clarens.



Plan de situ tion. — 1 : 3000.

Perspective.

à l'endroit le moins exposé, si des bulles ou autres conditions favorables s'y trouvent, ainsi que le faisait présumer le simple bon sens et les calculs de contrainte.

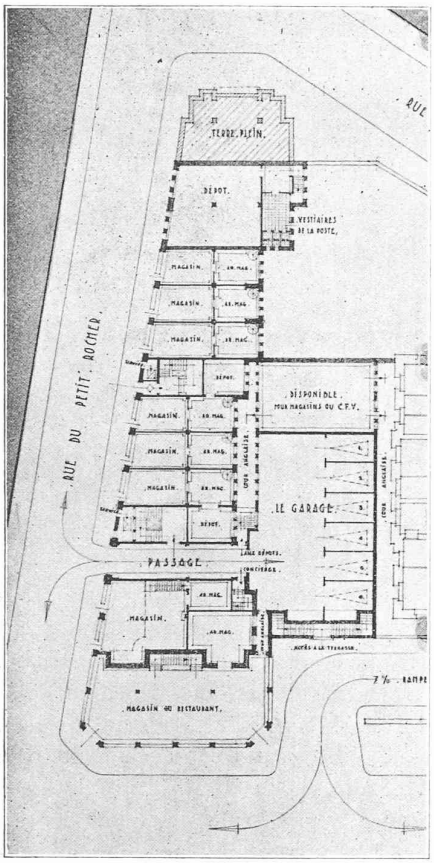
On voit, par le dernier tableau, que le câble « claquera » sur la corde, à 45 Kv ; à 11,5 mm du centre, c'est-à-dire à 4 mm à l'intérieur du filage : à 60 Kv ; à 8 ou 9 mm de la corde, pour 90 Kv. Si l'essai n'a pas duré assez longtemps pour brûler complètement le filage, ce dernier sera néanmoins plus ou moins endommagé en un point qui formera une amorce de dommages futurs à longue échéance. Ainsi s'expliquent les malheurs postérieurs à la pose de câbles mal essayés et que l'on croyait sains uniquement parce qu'ils avaient tenu la tension d'essai. Les prétendus mystères de la fabrication courante sont des inventions de l'ignorance et de la négligence.

* * *

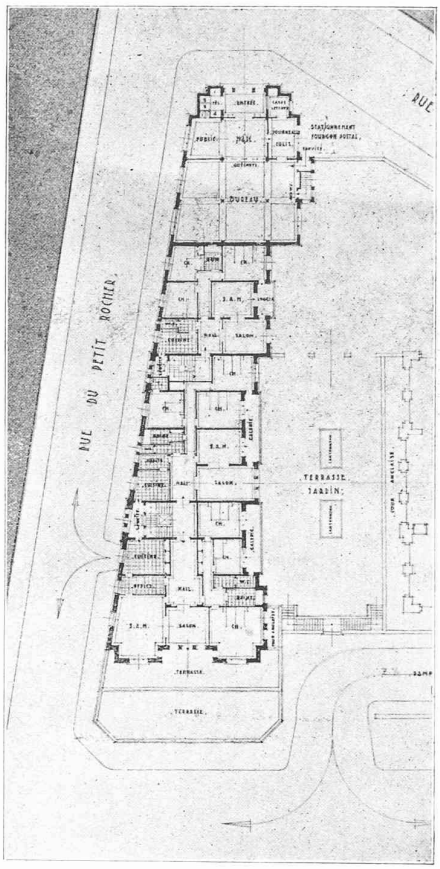
Revenons aux chiffres du tableau précédent. Nous avons vu que, déjà à 30 Kv, la contrainte sur l'air, dans la supposition de nos calculs, est de 6,62 Kv/mm au voisinage de la corde. Les procédés de *Pirelli* par étagement des papiers de constantes différentes et de *Silbermann* par nivellement électrostatique des contraintes représentent deux tentatives très intéressantes d'améliorer le fonctionnement des câbles. En fabrication courante, ces contraintes sont dangereuses. En réalité d'ailleurs les bulles sont plus minces que le papier. Quelle est cette épaisseur ?

Emanueli a étudié cette question et plusieurs expérimentateurs admettent que cette épaisseur est au plus de 0,1 mm.

Il n'y a que l'expérience qui puisse nous tirer d'embarras. Des essais ont été faits par *R. Shanklin* qui arrive à la conclusion que 6,3 Kv/mm est la limite actuelle d'exploitation des câbles en considération des bulles. Ceci correspondrait à une tension limite de $6{,}3 \cdot 7{,}16 = 45{,}1$ Kv. Nous avons effectivement rencontré des câbles, contenant des bulles dont la tension

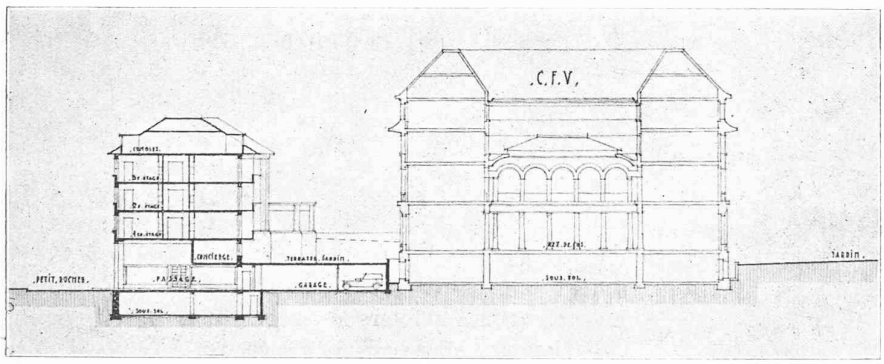


Rez-de-chaussée.

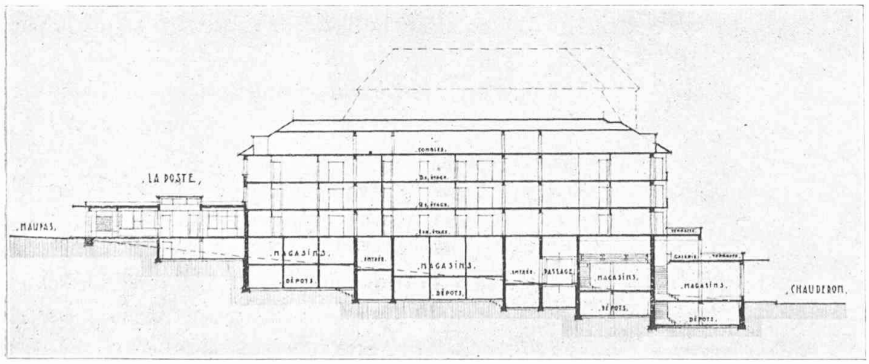


Ier étage.

1 : 800.



Coupe transversale sur passage et garage. — 1 : 800.



Coupe longitudinale. — 1 : 800.

CONCOURS CRÉDIT FONCIER, A LAUSANNE

Ier prix : M. *L. Dumas.*

limite était d'environ 60 Kv présentant ainsi, par rapport à cette prescription américaine une marge, d'environ 15 Kv.

Dans la pratique on se garde bien de monter à 6,3 Kv/mm. Avec le système "*H*" et des câbles bien faits, on risque 5 Kv/mm.

P. S. — Sous le titre : «Nouveau point de vue pour juger de la qualité des câbles à haute tension », l'auteur publiera ailleurs des développements sur quelques questions seulement mentionnées ici, et d'autres qui sont tout à fait nouvelles.

Concours organisé par le Crédit Foncier Vaudois, à Lausanne, pour l'étude de la reconstruction de ses immeubles de la Rue du Petit Rocher.

Le Crédit foncier vaudois a acquis les bâtiments côté sud-ouest de la rue du Petit-Rocher en vue d'édifier à leur place des constructions rationnelles, harmonieuses et dont le caractère architectural ne soit pas en désaccord avec le bâtiment principal, tout en recherchant des solutions qui soient de nature à améliorer les accès et les abords de ce bâtiment.

Les concourants étaient rendus attentifs au résultat esthétique qui pourrait être obtenu, pour ledit bâtiment par un bon dégagement de la vue du côté de la place Chauderon et de la rue du Maupas.

Ils devaient porter une attention particulière à l'étude de l'angle Chauderon-Petit-Rocher, de façon à bien dégager le bâtiment du Crédit foncier.

L'ensemble des bâtiments à prévoir en bordure du Petit-Rocher devait être conçu en tenant compte de l'élargissement de la rue à 12 mètres, de façade à façade et on devait prévoir, au rez-de-chaussée de ces bâtiments des magasins et aux étages des appartements. En outre, des garages devaient être aménagés pour loger 4 à 6 voitures.

Les concourants devaient prévoir à l'angle Maupas-Petit-Rocher une construction réservée aux bureaux de poste du Maupas, avec, au rez-de-chaussée, 210 m² répartis en bureaux.