

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 56 (1930)  
**Heft:** 14

**Artikel:** Contraintes dans l'isolant des câbles à haute tension, contenant des inclusions  
**Autor:** Schmid, Walther  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-43516>

### **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:** 25.03.2026

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

a permis de construire les «gratte-ciel» dans des laps de temps remarquablement courts.

Un certain nombre de renseignements donnés dans notre description sont connus en Europe et en France où des systèmes de construction comparables sont mis en œuvre. Aussi nos lecteurs seront peut-être amenés à penser que l'on ne bâtit pas, de ce côté de l'Atlantique, d'une manière absolument différente de celle employée de l'autre côté.

S'il est vrai, en effet, que la construction métallique est employée dans le bâtiment en Europe depuis plusieurs années et avec succès — ce qui est une confirmation de l'excellence de la plus généralisée des méthodes nord-américaines de construction — il faut reconnaître que notre emploi d'acier dans le bâtiment n'a pas le caractère systématique et complet qu'il a aux Etats-Unis.

Une des causes de cette différence ne serait-elle pas dans la facilité qu'ont les architectes et entrepreneurs d'Amérique du Nord à se procurer tous les éléments métalliques, simples et composés, grands et petits, établis spécialement pour leur permettre de bâtir bien et vite. En Europe et en France si on peut se procurer les aciers nécessaires au gros œuvre, il n'est pas aussi aisé d'avoir tous les petits éléments tels que ceux qui servent à confectionner les planchers, les cloisons, les couvertures, les menuiseries. Il est indispensable de compléter notre série d'éléments métalliques de construction. Des architectes, des entrepreneurs de travaux publics et des constructeurs de charpentes métalliques s'y emploient de diverses manières.

Que notre étude aide à la réalisation de cette idée et son but sera atteint.

*Les photographies qui illustrent cet article émanent des Editions Paul-Martial, à Paris.*

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

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

La présence d'inclusions, — air sec, humidité, matières autres que le papier imprégné — modifie défavorablement la répartition des contraintes électriques. Ce qu'il y a de plus grave dans l'affaire, c'est que cette mauvaise qualité locale n'agit pas seulement comme telle, mais qu'elle crée des discontinuités dont le résultat le plus clair est un déséquilibre local dans les contraintes, dû au jeu naturel des constantes diélectriques différentes.

Je développe les conséquences de principes connus appliqués à la configuration particulière du câble à haute tension. Pour simplifier le langage, on appelle *corde*, le conducteur métallique formant le centre du câble, *filage* l'isolant qui le recouvre. Par-dessus ce dernier il y a l'enveloppe de plomb, avec ou sans interposition de toile que j'estime plutôt nuisible.

\* \* \*

Nous considérons deux couches concentriques de filage, d'épaisseur  $e_1$  et  $e_2$  et de constante diélectrique  $d_1$  et  $d_2$ . Le rayon de leur surface de séparation est  $r$ . Sur l'épaisseur  $e_1$  agit la tension  $P_1$  qui, en l'absence de courant de conduction est égale à la différence de potentiel entre les deux faces. Sur  $e_2$  agit la tension  $P_2$ . On a d'ailleurs  $P_1 + P_2 = P$ , tension totale.

On trouvera alors pour le rapport des contraintes sur ces deux couches :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{d_2}{d_1} \left( 1 - \frac{e_1}{2r} + \frac{e_2}{2r} \right). \quad (1)$$

Dans le cas de diélectriques limités par des surfaces planes, on a  $r = \infty$  et

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{d_2}{d_1}.$$

C'est un résultat connu.

Si les épaisseurs  $e_1$  et  $e_2$  sont égales à  $e$  on a, dans le cas d'un isolant homogène

$$P_1 = P_2 = \frac{P}{2},$$

ce qui est naturel.

On a donc en général pour le rapport des contraintes

$$R = \frac{d_2}{d_1} \left( 1 - \frac{e_1}{2r} + \frac{e_2}{2r} \right). \quad (2)$$

Pour le moment nous ne pouvons pas déterminer ces contraintes elles-mêmes, car nous ne connaissons pas  $P$ . Nous y reviendrons plus loin. Si nous avons affaire à des papiers imprégnés d'épaisseur  $e_2 = 0,11$  mm et de constante diélectrique  $d_2 = 3,7$ , séparés par de la matière d'imprégnation d'épaisseur  $e_1 = 0,01$  mm et de constante diélectrique  $d_1 = 2,57$  (20°), il vient pour ce rapport

$$R = \frac{3,7}{2,57} \left( 1 - \frac{0,01}{2r} + \frac{0,11}{2r} \right).$$

Au point le plus exposé c'est-à-dire à la surface de la corde, pour laquelle  $r = 7,5$  on a

$$R = 1,44 \cdot 1,007 = 1,45.$$

La contrainte sur la matière est donc 1,45 fois plus forte que sur le papier. Donc si dans les intervalles des papiers il y a des bulles d'air de constant diélectrique 1, ce rapport devient :

$$R = 3,7 \cdot 1,007 = 3,73.$$

La contrainte sur les papiers imprégnés est devenue plus petite que si l'isolant était homogène. Mais même en l'absence de renseignements précis sur cette dernière différence, les chiffres de 1,45 et 3,73 correspondent à des anomalies sérieuses, surtout dans le cas de l'air. Il importe donc de savoir comment se répartit le déséquilibre sur chacun des constituants individuellement. Pour cela il faut connaître  $P$ . Ce que je veux savoir c'est la valeur de  $P$  pour une valeur déterminée  $V$  de la différence de potentiel entre le plomb et la corde, valeur que je peux me donner d'avance et mesurer. Ce sera par exemple la tension d'exploitation du câble, ou sa tension d'essai ou finalement sa tension que j'ai nommée, dès 1922, *limite* ou *critique*.

Un calcul, que nous ne reproduisons pas ici, donne pour les contraintes individuelles, dans le cas où  $e_1 = e_2$ .

$$(3) \frac{P_1}{e_1} = \frac{2V}{r \log \frac{R}{r_1}} \frac{d_2}{d_1 + d_2} \quad \text{et} \quad \frac{P_2}{e_2} = \frac{2V}{r \log \frac{R}{r_1}} \frac{d_1}{d_1 + d_2}$$

Pour  $e_1$  différent de  $e_2$ , on a

$$\frac{P_1}{e_1} = \frac{P_2}{e_2} \left( 1 - \frac{e_1}{2r} + \frac{e_2}{2r} \right)$$

C'est le rapport des contraintes que nous avons déjà trouvé en (1).

**Applications.**

Nous allons appliquer les expressions (3) à quelques cas caractéristiques. Nos constantes seront :

Corde de diamètre 15 mm, donc  $r_1 = 7,5$  mm. Isolant de 12 mm d'épaisseur, donc  $R = 19,5$  mm.

Tension d'exploitation  $V = 30$  Kv. Tensions d'essai : 45, 60, 90 Kv. Tension limite nominale (c'est-à-dire avec un isolant sans défauts) : 98 KV, en moyenne.

Ici  $\log \frac{R}{r_1} = 0,9545$ .

*Câble normal*, c'est-à-dire sans défauts, et supposé constitué entièrement de papiers imprégnés. Nous aurons, puisque  $d_1 = d_2$

$$\frac{P_1}{e_1} = \frac{P_2}{e_2} = \frac{V}{r \log \frac{R}{r_1}}$$

*Gradient normal pour*

r	30 Kv	45 Kv	60 Kv	90 Kv
mm	Kv/mm	Kv/mm	Kv/mm	Kv/mm
7,5	4,19	6,29	8,38	12,57
11,5	2,73	4,10	5,46	8,19
15,5	2,03	3,04	4,06	6,19
19,5	1,61	2,42	3,22	4,83

Ce sont les lignes en traits pleins de nos diagrammes.

*Deuxième cas.* Le plus intéressant après le câble normal est celui composé de papier imprégné et de matière. Quand on dit qu'un isolant est constitué par du papier imprégné, on ne dit pas que ce papier est enroulé en épaisseurs de 0,1 mm environ en bandes d'environ 20 mm de largeur jusqu'à l'épaisseur désirée du filage, laissant entre les papiers un certain jeu nécessaire à l'enroulement et aussi à la manutention du câble. Cette discontinuité crée une dissymétrie dans les contraintes dont le tableau suivant donne l'image.

*Papier imprégné et matière.*

$d_1$  matière 2,57

$d_2$  papier imprégné 3,7 ; épaisseurs égales.

*Gradient pour*

r	30 Kv		45 Kv		60 Kv		90 Kv	
mm	Kv/mm		Kv/mm		Kv/mm		Kv/mm	
	mat.	pap.	mat.	pap.	mat.	pap.	mat.	pap.
7,5	4,94	3,44	7,41	5,16	9,88	6,88	14,82	10,32
11,5	3,22	2,24	4,83	3,36	6,44	4,48	9,66	6,71
15,5	2,39	1,66	3,58	2,49	4,78	3,32	7,17	4,98
19,5	1,91	1,32	2,85	1,98	3,80	2,64	5,70	3,96

On voit que le rapport des contraintes 7,41/5,16 par exemple est bien égal à 1,44 comme nous l'avons vu plus haut pour ce cas. Nous avons mesuré sur la matière des gradients disruptifs de 23 Kv/mm environ. Mais il est bien clair que la matière a aussi une tension ou gradient limite. Si nous l'estimons à 1/5 du gradient disruptif, par analogie avec celle du papier imprégné, on obtient 4,6 Kv/mm environ. Nous voyons que dans ces conditions un essai à 30 Kv déjà risque de compromettre la sécurité du câble. (Sur la corde ; à 4 mm de la corde pour 45 Kv ; à 8 mm de la corde pour 60 Kv ; à la surface du filage déjà pour une tension d'essai de 90 Kv).

Dans la pratique, et jusqu'à preuve du contraire, c'est au papier imprégné qu'il faut en revenir pour expliquer les défauts, car la grande difficulté est de bien l'imprégner.

(A suivre.)

**L'érou de sûreté Rosset.**

M. Paul Rosset, ingénieur à Lausanne, vient de breveter un érou de sûreté qui repose sur la combinaison d'un érou ordinaire 1, ou corps d'érou (fig. 1), à la base duquel un alésage concentrique 2 renferme un érou auxiliaire 3, en forme de bague élastique, entraîné par une cheville 4 emprisonnée entre les deux écrous. L'érou auxiliaire 3 dépasse légèrement la base du corps d'érou et touche seul les surfaces à serrer.

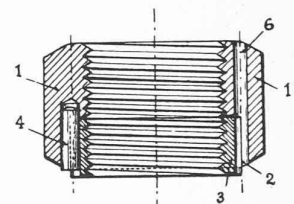


Fig. 1. — Coupe verticale.

Le corps d'érou aussi bien que l'érou auxiliaire sont taraudés au pas de vis usuel.

Une des extrémités de la bague élastique 3 est amincie selon une courbure caractéristique en forme de rampe sur environ le sixième de son périmètre et porte sur cette partie amincie une ou plusieurs encoches 5. La cheville 4 peut se déplacer avec le corps 1 dans l'évidement formé par cette partie amincie.

Un trou 6, percé de part en part sur toute la hauteur du corps 1, traverse également l'érou auxiliaire 3, étant parallèle à l'axe et à cheval sur les deux organes 1 et 3. La hauteur de l'érou auxiliaire est dimensionnée de telle sorte que le commencement et la fin de son taraudage se trouvent sur la même génératrice. Cette particularité permet de loger la bague 3 dans l'alésage concentrique 2 de deux manières différentes, suivant qu'on l'introduit dans ledit alésage avec l'une ou l'autre de ses bases, comme représenté en fig. 2 et 3.

Dans le premier cas (fig. 2), la bague élastique 3 est introduite avec la partie amincie succédant à la cheville 4 par rapport au sens de serrage de l'érou. On obtient ainsi un

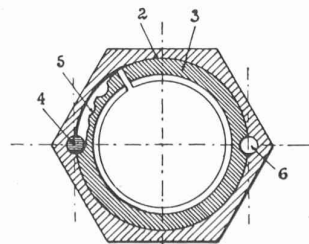


Fig. 2. — Coupe horizontale. Utilisation comme érou de sûreté.

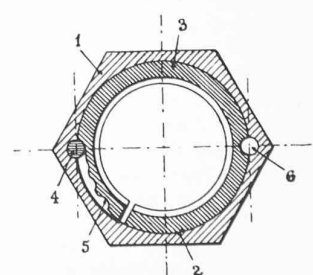


Fig. 3. — Coupe horizontale. Utilisation comme érou indesserrable.