Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 35 (1944)

Heft: 9

Artikel: Contribution à l'étude du mécanisme de la disruption électrique des câbles

Autor: Borel, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056956

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: 22.08.2025

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

kann. Die Kassette enthält bis 30 m Filmband der normalen Breite von 150 mm. Links ist in der KO-Türe der Spalt *Sp* ersichtlich, durch den der Film zur gummigepolsterten innern Schleusentüre *J* geführt wird. Als Material für die Schleuse

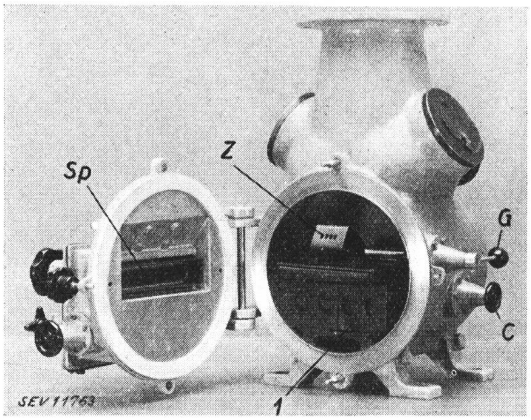

Fig. 3.
Ansicht mit geöffneter Türe des Oszillographen

1 Vorrats-Filmkassette.
C Antrieb zur Vorratstrommel.
G Antrieb zum Leuchtschirm.
Sp Spalt zur Einführung des Films in die Schleusenkammer.
Z Filmvorschubzähler.

wurde Elektronguss gewählt. Vakuumschwierigkeiten sind dabei nicht aufgetreten.

Schliesslich zeigt Fig. 4 die beiden Kassetten *1* und *2* noch für sich, die erste mit geöffnetem Leuchtschirm *L*. An der Vorratskassette *1* ist ein Antrieb *C'* vorhanden, um nach Einfüllen eines neuen Filmvorrats diesen loswickeln und entlüften zu können. Wird dieser Antrieb weggelassen, so kann der Film nicht rückwärts bewegt und nur in dem Mass entgast werden, wie er zur Belichtung vorgeschoben wird. Dies macht sich störend bemerkbar, wenn eine grössere Aufnahmeserie rasch nacheinander gemacht werden soll, weil dann die entwickelten Gase das Vakuum jedesmal einige Zeit stören, d. h. den Strahlstrom schwanken lassen. Es ist deshalb besser, den Film in der Vorbereitungszeit zu entgasen, indem man ihn in einem besondern Vorratsbehälter entgast und aufbewahrt, oder einfacher, indem er im KO selber vor Gebrauch entgast und dort belassen wird, bis man ihn braucht.

Die Aufrollkassette *2* (Schleusenkassette) lässt sich nach Abschneiden des Films mit dem Messer *M* aus der Schleusenkammer *S* herausnehmen und durch einen Griff ohne Werkzeug öffnen, wobei dann die Filmtrommel *A* mit dem Film *F* herausgenommen werden kann. Durch Zusammenlegen um die beiden Scharniere schliesst sich die Kassette um die Filmtrommel absolut lichtdicht, so dass sie am Tageslicht transportiert werden kann. Sie ist dazu sehr klein und handlich gehalten.

Auf die beschriebene Weise ist es möglich geworden, gegenüber bisheriger Praxis nicht nur wesentlich Zeit zu sparen beim Herausnehmen des belichteten Films und damit ein häufigeres Entwickeln zu ermöglichen, sondern auch den Filmverbrauch zu reduzieren. Unbenützt bleibt lediglich die Strecke vom Leuchtschirmende bis zum Messer *M*, also ca. 10 cm.

Die Konstruktion dieser Schleuse war naturgemäss stark erschwert durch den vorgeschriebenen Platz am KO und die Filmbreite von 150 mm

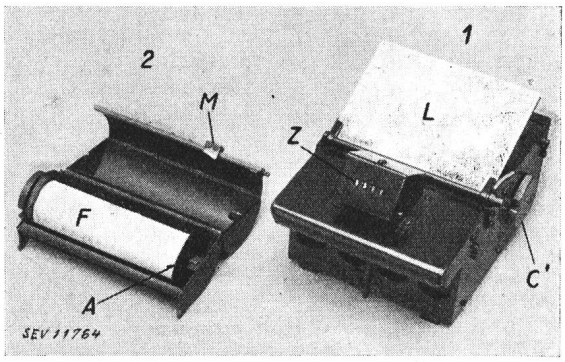

Fig. 4.
Ansicht beider Filmkassetten

1 Vorrats-Filmkassette.
2 Aufwickel-Filmkassette.
A Aufwickel-Filmtrommel.
C' Kupplungsscheibe zum Antrieb *C*.
L Leuchtschirm, halb geöffnet.
M Messer zum Abschneiden des Films *F*.
Z Filmvorschubzähler.

unserer Apparate. An neuen Oszillographen wird sich die Lösung konstruktiv einfacher anbringen lassen. Ein wesentlicher Nachteil der Innenaufnahmen dürfte damit behoben und das rasche Arbeiten mit dem KO und andern Kathodenstrahlröhren mit Film merklich erleichtert sein.

Contribution à l'étude du mécanisme de la disruption électrique des câbles

Par *J. Borel*, Cortaillod.

621.315.2.015.5

L'auteur passe en revue les diverses explications du mécanisme du claquage des câbles et en propose une nouvelle. Les idées émises dans la présente étude n'engagent que leur auteur.

Es wird eine Uebersicht über die verschiedenen Erklärungen der Vorgänge beim elektrischen Durchschlag eines Kabels gegeben. Der Autor versucht eine eigene Begründung dieser Erscheinungen zu geben und veröffentlicht diese als seine persönliche Ansicht.

Les propriétés de l'isolant des câbles électriques sont actuellement bien connues et peuvent être mesurées avec précision. Pourtant, malgré cette connaissance, basée sur d'innombrables essais et mesures, on n'est pas encore fixé sur un phénomène fondamental, à savoir le mécanisme de la disruption électrique des câbles.

Actuellement, deux théories sont en présence. La disruption est provoquée selon l'une par un phénomène thermique, selon l'autre par l'ionisation de

vacuoles. Ces deux théories sont connues. Nous nous contenterons de les résumer.

Théorie du claquage thermique

Le papier impregné, et les isolants en général, placés dans un champ électrique, s'échauffent par suite de leurs pertes diélectriques. Lorsque la chaleur ainsi engendrée peut être entièrement éliminée dans le milieu ambiant (air, terre, eau), un équilibre de température se produit. Si ce n'est pas le cas, la température de l'isolant augmente sans cesse (avalanche thermique provoquée par les pertes diélectriques), jusqu'à ce que l'isolant s'altère, puis se rompe.

Théorie du claquage par ionisation de vacuoles

Par le fait que le coefficient de dilatation cubique de la matière d'imprégnation est notablement supérieur à ceux de la cellulose et du plomb, le câble à matière renferme toujours des vacuoles contenant des gaz sous pression réduite. Ces vacuoles se forment en général dans les déjoints des rubans de papier. Dès que le potentiel disruptif des gaz raréfiés des vacuoles est atteint, l'étincelle jaillit et décompose la matière imprégnante et, dans une mesure plus faible, la cellulose. Cette décomposition se fait avec une formation abondante de produits gazeux dont la pression augmente avec la durée du phénomène. Ce phénomène est très simple à son début, mais il se complique dans la suite pour des raisons que nous ne ferons qu'énumérer. Les gaz formés ont une constante diélectrique plus faible que le papier imprégné; ils seront donc soumis à l'action d'une force centrifuge. Mais les papiers utilisés dans la fabrication des câbles à haute tension constituent à l'état imprégné une barrière infranchissable. Pourtant, par suite de leur pression élevée, les gaz peuvent progresser dans la direction de la gaine de plomb par escaliers d'une vacuole sous pression à une vacuole sous vide. L'étincelle suit le chemin des gaz par suite des contraintes tangentielles qu'elle crée.

Au début du claquage, les gaz sont la cause et l'étincelle l'effet, puis les rôles s'inversent lorsque la contrainte diélectrique causée par l'étincelle atteint une valeur suffisante pour que les rubans de papier ne soient plus contournés, mais percés. Le claquage du câble survient alors à brève échéance.

La théorie du claquage provoqué par l'ionisation de vacuoles est séduisante, car, en plus d'une explication suffisante pour la disruption de certains câbles, elle a servi de guide pour faire apporter deux perfectionnements importants par la création de câbles sans vacuoles, à savoir le câble à huile et le câble à matière sous pression. Ces deux types de câble, conformément à ce qu'on attendait d'eux, ont une remarquable tenue à la tension.

Pourtant, cette théorie est en défaut dans plusieurs cas, par exemple dans les trois cas suivants:

1° Il est facile de faire en laboratoire un échantillon de câble à matière sans vacuoles. Or, la tension de claquage d'un tel câble est pratiquement la même que celle d'un câble semblable fabriqué industriellement.

2° La tension de claquage des câbles à matière croît avec la compacité du papier employé (fig. 1).

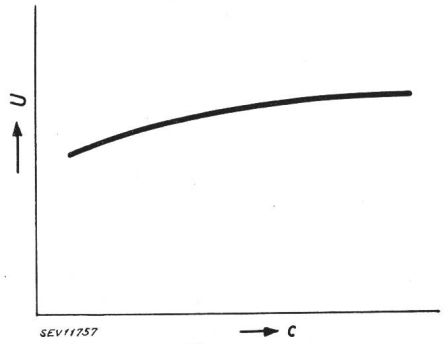

Fig. 1.
La tension de rupture (U) d'un câble à matière croît notablement avec la compacité (c) du papier utilisé. Ce n'est pas le cas avec les câbles à huile

Ainsi, un câble bien imprégné, mais isolé avec des papiers de faible compacité, claque à une tension plus basse qu'un câble semblable, mais isolé avec du papier de forte compacité, même si ce dernier câble présente une forte ionisation.

3° Si l'on comprend qu'un câble à huile puisse supporter une forte contrainte diélectrique, parce que parfaitement rempli, on ne peut expliquer pourquoi sa tension de claquage croît avec la pression (fig. 2). Mais on peut dire d'emblée que la raison de l'influence de la pression est de nature bien différente, suivant qu'il s'agit d'huile imcompressible ou d'air.

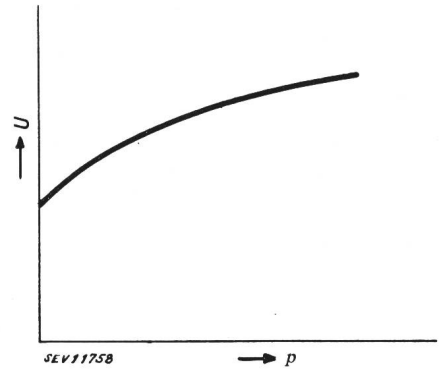

Fig. 2.
La tension de rupture (U) d'un câble à huile augmente avec la pression (p) exercée sur l'huile. Cette augmentation ne croît pas linéairement avec la pression

Bror Hansson [1]) explique comme suit l'influence de la pression sur les câbles à huile:

«En dépit d'un traitement de l'huile et du papier, prolongé pendant plusieurs jours, ils peuvent contenir tous les deux une fraction d'un pour mille d'eau et d'autres substances volatiles dont le volume à l'état liquide est minime, mais qui à l'état de vapeur peuvent occuper un volume mille fois plus considérable, lorsqu'une température trop élevée (accompagnée probablement d'un champ électrique intense) a produit une telle évaporation, l'ionisation se déclenchera amenant une destruction subséquente du papier et de l'huile et finalement le claquage.»

[1]) Bror Hansson: ASEA-Revue 1942, p. 10.

Selon le même auteur, «la température trop élevée» qui volatilise les traces d'eau et les substances volatiles est provoquée par «une quantité extrêmement faible de poussière ou d'impureté sur le papier», ou encore «par une simple empreinte digitale provenant d'une main propre». Ces impuretés de toutes sortes créeraient des points chauds par suite de leurs pertes élevées.

Cette explication est infirmée par la simple constatation suivante: Si le claquage d'un câble à huile est provoqué par des causes fortuites et forcément variables d'un câble à l'autre, on ne comprend pas pourquoi la tension de claquage de différents échantillons d'un même câble à huile est à peu près constante et pourquoi la courbe représentant le claquage en fonction de la pression est régulière, puisque cette courbe est obtenue en faisant claquer plusieurs échantillons d'un même câble, la pression variant d'un échantillon à l'autre.

Le phénomène représenté par cette courbe est régulier et doit provenir d'une cause régulière et non accidentelle.

Nouvelle explication du mécanisme de la disruption des câbles

Avant de formuler cette explication, nous l'illustrerons en décrivant encore deux essais de tension spécialement suggestifs.

Un câble à matière d'essai est caractérisé comme suit: angle de pertes faible et n'augmentant que peu avec la tension, courbe en V (variation des pertes diélectriques en fonction de la température) ouverte et présentant un minimum vers 35° C. Ce câble est donc très bien imprégné d'une matière de qualité. Sur ce câble, deux échantillons sont prélevés. Le premier est mis sous une tension correspondant à un gradient de 14,5 kV/mm, la température du local étant de 27° C. Or l'angle de pertes augmente rapidement dès le début de la mise sous tension. Il a doublé de valeur après deux heures, puis il continue de monter à un rythme accéléré. La température de la gaine de plomb augmente à un rythme semblable. Le câble ne présente pas de points chauds particuliers, mais il est uniformément chaud. Après dix heures de mise sous tension, le câble claque. La température du plomb est d'environ 100° C.

Le claquage de ce câble semble bien être provoqué par une cause thermique. Pourtant, l'élévation de température due aux pertes initiales n'est que de deux degrés, ce qui a pour effet de diminuer les pertes du câble, puisqu'elles se trouvent sur la branche descendante de la courbe en V. Il faut donc que l'effet thermique considérable soit motivé par une autre cause.

Le second échantillon de câble subit un essai de tension semblable au précédent, à cette différence près que la température du local est de 16° C. Selon la théorie du claquage par ionisation de vacuoles, ce câble doit avoir une moins bonne tenue à la tension que le précédent. Or c'est le contraire qui se produit. Ce câble, en effet, supporte pendant 100 heures la tension sans que l'angle de pertes s'élève et sans que le câble s'échauffe. Ajoutons que les deux échantillons de câble sont isolés avec du papier de faible compacité.

On peut facilement expliquer ces deux cas en admettant que le champ électrique tend à expulser la matière (ou l'huile) imprégnante.

Ainsi, dans le premier cas, par suite de la température élevée du local, la matière possède une viscosité, ou mieux une adhérence au papier suffisamment faible, pour être expulsée non seulement par les déjoints du papier, mais aussi à travers le papier peu compact.

L'expulsion de la matière produit des vides dans lesquels l'étincelle éclate, d'où échauffement et altération. Mais l'échauffement diminue la viscosité de la matière, ce qui accélère son expulsion et la détérioration du câble.

Dans le second cas, la température du local est plus basse, et la matière plus visqueuse est suffisamment adhérente au papier, pour ne pas céder à la force d'expulsion correspondant à la tension d'essai.

Où va la matière expulsée? Les câbles à matière contiennent des vacuoles régulièrement réparties. Leurs dimensions sont petites; pourtant, le volume total des vacuoles contenues dans un cm^3 est d'environ 1 à 3 mm^3. La matière expulsée remplit probablement les vacuoles en premier lieu.

D'autre part, la gaine de plomb du câble se déforme facilement, notamment par le pliage du câble. Elle se décolle, par places, de l'isolant. C'est pourquoi on place sur l'isolant des câbles à haute tension un ruban de papier métallisé qui reste toujours appliqué sur l'isolant. Par places, donc, il existe des vides sous le plomb, dans lesquels de la matière peut s'écouler sous l'influence de la force expulsive.

Il n'est probablement pas nécessaire que le volume de la matière expulsée soit grand, pour que l'étincelle éclatant dans le vide ainsi formé joue rapidement le rôle prépondérant dans la détérioration de l'isolant du câble.

Pour chaque câble, il existe une tension critique au-dessous de laquelle la force expulsive est supérieure à la force dite de démarrage de la matière, et au-dessous de laquelle la force expulsive est inférieure à cette force de démarrage. Cette tension est ce qu'on appelle la tension limite.

L'hypothèse selon laquelle la disruption électrique d'un câble est conditionnée par l'action de deux forces antagonistes, permet d'expliquer tous les claquages de câbles. Voici quelques explications.

1° Influence de la compacité du papier sur la tenue à la tension des câbles à matière

On a remarqué depuis longtemps que les papiers compacts permettent de faire des câbles qui tiennent notablement mieux la tension que les câbles faits avec des papiers peu compacts. L'explication de ce fait est simple: la matière adhère mieux aux papiers très compacts qu'à ceux qui le sont peu. Par conséquent, il faut une tension plus élevée pour

avoir raison de l'adhérence de la matière dans le premier cas que dans le second.

2° Influence de la pression sur les câbles à matière

Les câbles à matière sous pression (Druckkabel) sont des câbles mono- ou triphasés qui sont soumis à l'action d'une pression extérieure à la gaine de plomb. Cette pression, qui est habituellement de l'ordre de grandeur de 15 kg/cm², a pour effet de doubler, à peu près, la tension de claquage du câble.

On peut expliquer cette augmentation, qui est importante, comme suit: Pour expulser de la matière d'un câble sous pression et, par ce fait, créer des vides, la force expulsive doit vaincre cette pression, ce qui revient à dire que la tension de claquage doit être élevée.

3° Câble à huile

Le câble à huile diffère du câble à matière à haute tension par le papier qui est généralement moins compact et par l'imprégnant qui est quelque cent fois moins visqueux. Donc, selon ce qui est dit plus haut, le câble à huile devrait très mal résister à la tension. Or, c'est le contraire qui se passe, car si l'huile fluide n'adhère que peu au papier, quelle que soit sa compacité, elle est, par contre, maintenue en place par la pression qu'on exerce toujours à l'intérieur des câbles à huile (pression hydrostatique + pression du gaz contenu dans le réservoir de compensation). Cette pression se transmet instantanément dans tout le câble par suite de la grande fluidité de l'huile.

Puisque l'huile est maintenue en place presque uniquement par la pression, la valeur de la force expulsive correspondant à la tension de claquage est mesurée par la pression exercée, ce qui est d'un grand intérêt. Pourtant, une complication se présente. En effet, si l'on détermine expérimentalement l'influence de la pression sur la tension de claquage d'un câble à huile, on s'aperçoit que la relation liant ces deux variables n'est pas linéaire, à quoi il fallait s'attendre, mais exponentielle (plus exactement, elle est à peu près linéaire au début, puis exponentielle), voir fig. 2.

Il semble qu'un autre phénomène vient se superposer à l'action de la pression et en diminue progressivement l'effet. Ce phénomène est probablement l'ionisation des molécules d'huile, ionisation qui commence peu à peu lorsque la contrainte diélectrique atteint une certaine valeur, puis elle augmente rapidement, par collisions notamment, lorsque la contrainte s'élève.

L'hypothèse de l'ionisation de l'huile est confirmée par le fait suivant: Un câble à huile à papier mince a une tension de rupture plus élevée qu'un câble à huile à papier fort, parce que l'épaisseur des couches d'huile est plus mince dans le premier cas que dans le second (fig. 3).

Quoi qu'il en soit, la pression a une influence intéressante sur la tenue des câbles en tension alternative, puisque la tension de claquage augmente d'environ 50 %, lorsque la pression passe de la pression atmosphérique à 10 kg/cm², pour des câbles dont l'épaisseur d'isolement ne dépasse pas 5 mm.

En tension continue et pour les chocs, l'influence de la pression est plus faible. La tension de claquage augmente d'environ 18 % pour la même augmentation de pression que précédemment.

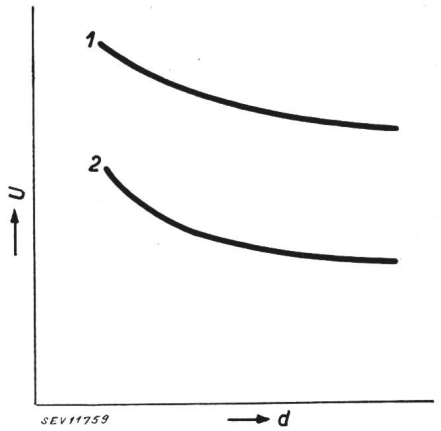

Fig. 3.
La tension de rupture (*U*) d'un câble à huile augmente lorsque l'épaisseur (*d*) des papiers diminue
1 pression $p = 15$ kg/cm². *2* pression atmosphérique ($p = 1$).

Ne peut-on pas en déduire que la force expulsive de la tension continue est plus faible que celle de la tension alternative? Et ne serait-ce pas la raison du fait que le rapport de la tension de claquage d'un câble en tension continue à la tension de claquage en tension alternative est notablement supérieure à 1,4?

L'essai suivant montre comment se manifeste l'expulsion dans un câble à huile ayant les caractéristiques suivantes: longueur10 m, section 150 mm², isolant épaisseur 16,5 mm. Ce câble est relié à deux

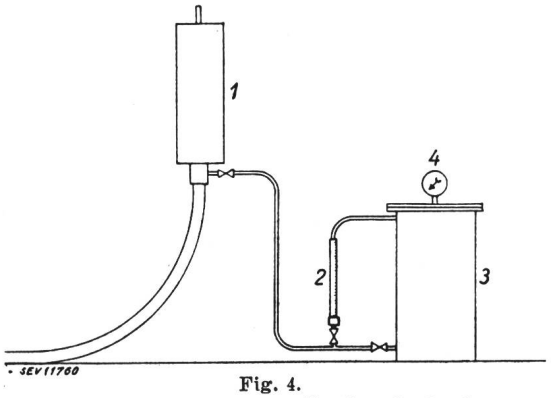

Fig. 4.
Dispositif utilisé pour constater l'action de la force expulsive dans un câble à huile
1 Boîte d'extrémité.
2 Burette de verre divisée en dixièmes de cm³.
3 Réservoir de compensation.
4 Manomètre.

réservoirs de compensation, dont l'un, constitué par une burette de verre divisée en dixièmes de cm³, est de faible volume et dont l'autre est un réservoir ordinaire (fig. 4).

Pendant la mise sous tension du câble, la compensation est assurée par la burette seulement, ce

qui permet de mesurer l'augmentation de volume avec précision.

Remarque. Il est possible de déduire l'angle de pertes du câble de l'augmentation de volume survenant pendant les deux ou trois premières minutes, avant qu'elle soit freinée par la dissipation de chaleur dans l'air ambiant.

La tension à laquelle le câble est soumis est augmentée de 20 kV en 20 kV jusqu'au claquage. Chaque tension est appliquée pendant 15 minutes, la pression du câble étant de 3 kg/cm², puis on laisse le câble reprendre la température du local. On applique alors une seconde fois la tension, la pression du câble étant de 1 kg/cm², soit la pression atmosphérique.

Tableau I

Temps	p = 3 kg/cm² Augmentat. de volume		p = 1 Augmentat. de volume	
min	totale cm³	par min cm³	totale cm³	par min cm³
1	2,7	2,7	2,8	2,8
2	5,4	2,7	5,5	2,7
3	8,0	2,6	8,2	2,7
4	10,55	2,55	claquage après 3 min 40 s. Le volume de l'huile dans la burette augmente lentement, puis très rapidement dès 15 s avant le claquage.	
5	13,1	2,55		
6	15,55	2,45		
7	18,0	2,45		
8	20,45	2,45		
10	25,2	2,37		
12	29,8	2,3		
15	36,7	2,3		

A titre d'exemple, nous donnons dans le tableau I les mesures faites à la tension qui amena le claquage du câble, soit la tension de 350 kV, le gradient maximum étant de 34,6 kV/mm.

L'augmentation du volume dans la burette pendant les 15 s nécessaires pour que l'étincelle perfore complètement l'isolant fut d'environ 10 cm³. Elle fut lente au début, très rapide dans la suite, ce qui peut s'expliquer comme suit: A la tension de 350 kV, la force expulsive est légèrement supérieure à la pression atmosphérique, par conséquent, elle peut expulser de l'huile et créer ainsi des «vides», dans lesquels l'étincelle éclate immédiatement.

L'étincelle a un double effet:

I⁰ Elle crée à son extrémité opposée au conducteur une contrainte notablement plus élevée que celle qui existait auparavant.

2⁰ Elle décompose l'huile avec une abondante formation de gaz.

Ces deux phénomènes s'entr'aident et ont rapidement raison de l'isolant.

Dommage aux installations électriques et danger collectif

347 : 621.3

L'art. 228 du Code pénal suisse (entré en vigueur le 1er janvier 1942) a remplacé les art. 55 et 56 de la loi fédérale de 1902 sur les installations électriques.

Ces dernières dispositions déterminaient la peine applicable à celui qui à dessein (art. 55) ou par négligence (art. 56) endommageait ou mettait en danger une installation électrique, s'il exposait par son acte ou son omission des personnes et des choses à un danger grave. Elles prévoyaient une aggravation de la peine en cas de dommage considérable causé aux choses ou lorsqu'une personne avait été grièvement blessée ou tuée.

L'art. 228 déclare punissable celui qui intentionnellement ou par négligence détruit ou endommage des installations électriques et met par là sciemment en danger la vie ou l'intégrité corporelle des personnes ou la propriété d'autrui.

Le tribunal cantonal zurichois a, dans un jugement du 9 avril 1943, comparé l'art. 228 CPS aux art. 55 et 56 Lél.

Le 28 mai, la charge de troncs d'arbre que conduisait X. heurta et renversa un poteau en bois de l'installation d'éclairage public. L'accident se produisit quelques heures avant le crépuscule, où s'allument les lampes le long des routes et des rues. Les mesures qui s'imposaient furent aussitôt prises pour empêcher la mise en service de l'installation endommagée.

Le tribunal de district condamma X. Il lui appliqua l'art. 228 CPS. Le tribunal cantonal, au contraire, l'acquitta. Il constata que X. n'avait pas créé de «danger» en détériorant l'installation d'éclairage public. Celle-ci n'était pas en service lors de l'accident. Un danger immédiat était par conséquent exclu. Il est vrai qu'en droit pénal on assimile à certains égards le danger proche au danger immédiat. Cependant, l'accident n'avait pas davantage causé de danger proche, puisque d'après le règlement d'exploitation l'installation ne serait entrée en fonction qu'au crépuscule, donc quelques heures après l'événement, et que l'on avait de suite pris les mesures pour éviter qu'elle ne fût mise en service avant la réparation du dégât.

Le tribunal cantonal ajoute dans son jugement que l'art. 228 CPS est plus restrictif que les art. 55 et 56, en ce qu'il exige que le danger soit collectif, alors que les dispositions de la loi de 1902 se contentaient d'un danger grave.

Le danger dont parle l'art. 228 est incontestablement un danger collectif. Il menace en effet «la vie ou l'intégrité corporelle des personnes ou la propriété d'autrui». Le caractère spécifique du danger visé à l'art. 228 ressort en outre de la place qu'occupe cette disposition; elle fait partie du titre septième de la partie spéciale du Code pénal suisse, titre qui traite des crimes et délits «créant un danger collectif».

Il y a danger collectif lorsque le péril ne menace pas une personne ou une chose déterminées, mais *les* hommes et *les* biens. Le danger collectif est essentiellement général. Le déchaînement de forces de la nature crée les cas typiques de ce genre de danger. Ce sont ces cas que définit le titre septième, qui met l'électricité au nombre de ces forces, avec le feu, l'attraction, la puissance explosive, l'action de l'eau et des gaz.

D'après le jugement du tribunal cantonal le «danger grave» des art. 55 et 56 Lél n'était pas un danger collectif. Cette opinion nous paraît erronée. Suivant ces dispositions, le «danger grave» devait menacer «des personnes ou des choses»; il s'agissait donc d'un danger général, partant collectif. Les art. 55 et 56 visaient, exactement comme l'art. 228, le déchaînement d'une force de la nature, l'électricité, qui, débridée par le dommage causé aux installations, menace personnes et choses.

En n'exigeant plus que le danger collectif soit grave, l'art. 228 a étendu à cet égard la protection pénale qu'accordaient les art. 55 et 56 [1]). *R. Lorétan.*

[1]) V. dans le même sens Bulletin ASE, t. 34 (1943), no 7, p. 161.