

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 47 (1956)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Etendue de la zone de protection d'un parafoudre  
**Autor:** Rutz, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058186>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 18.01.2025

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

# BULLETIN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS

ORGANE COMMUN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS (ASE) ET  
DE L'UNION DES CENTRALES SUISSES D'ELECTRICITE (UCS)

## Etendue de la zone de protection d'un parafoudre<sup>1)</sup>

Par R. Rutz, Zurich

621.316.93

Des essais ont été entrepris à Goesgen sur la ligne aérienne, d'une longueur de 1 km, de la Station d'essais de la FKH, dans le but de déterminer la diminution de l'effet protecteur d'un parafoudre, selon son éloignement des objets qu'il doit protéger.

Auf der 1 km langen Freileitung der Versuchstation Gösigen der FKH wurden Versuche gemacht um festzustellen, wie die Schutzwirkung eines Überspannungsableiters (Ableiters) abnimmt, wenn dieser in einer gewissen Entfernung von den zu schützenden Objekten aufgestellt wird.

### Exposé du problème

La question de savoir à quel endroit les parafoudres doivent être situés se pose constamment pour chaque installation de couplage.

Les mesures des caractéristiques des parafoudres (tension d'amorçage et tension résiduelle) déterminées dans des laboratoires d'essais permettent évidemment de connaître sans difficulté quelle est la tension qui atteindra l'objet à protéger en cas de surtension, lorsque cet objet est directement relié au parafoudre, c'est-à-dire sans ligne intermédiaire. Mais, dès qu'il existe un tronçon de ligne entre le parafoudre et l'objet à protéger, la tension qui atteint celui-ci n'est plus la même qu'au parafoudre, car la vitesse de propagation des ondes à front raide est limitée.

Le but du présent travail était de mesurer la variation de la tension et le comportement d'un parcours isolant à différents points d'une ligne, plus ou moins éloignés du parafoudre. Comme parcours isolant, on a choisi un éclateur dans l'air *F*, constitué par un isolateur rigide muni de cornes.

### Montages

Pour ces essais, on a adopté deux montages simples, qui permettaient de constituer une installation:

1<sup>o</sup> *Poste terminus* (fig. 1): Ligne aérienne aboutissant à un transformateur *T*. Le parafoudre *A* est placé comme d'ordinaire soit directement sur le

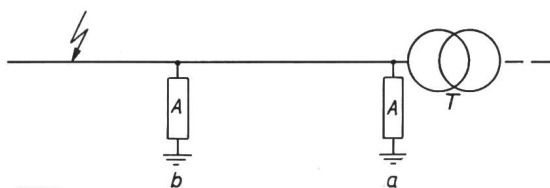


Fig. 1

Poste terminus

A Parafoudre; T Transformateur; a Parafoudre (A) à la borne du transformateur; b Parafoudre à l'entrée du poste

transformateur, soit à l'entrée de la ligne dans le poste.

2<sup>o</sup> *Poste de transit* (fig. 2): Installation comportant deux lignes ou plus, de telle sorte qu'une onde de surtension incidente peut poursuivre son chemin par une ou plusieurs lignes. Parafoudres à la barre omnibus ou à l'entrée de chaque ligne.

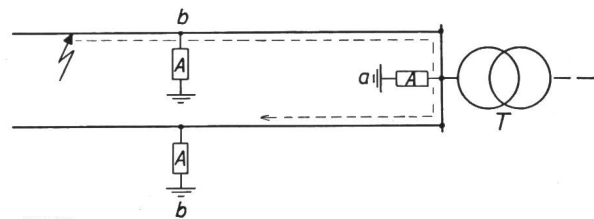


Fig. 2

Poste de transit

A Parafoudre; T Transformateur; a Parafoudre à la barre omnibus; b Parafoudre à l'entrée du poste

Pour ces essais, on disposait d'une ligne aérienne circulaire, de 1 km de longueur, qui commençait et se terminait à l'emplacement des essais, à Goesgen. De ce fait, les deux montages ci-dessus ont pu être reproduits comme suit (fig. 3):

1<sup>o</sup> *Poste terminus*. Au point de vue des ondes de surtension, le poste terminus représente pratiquement une ligne ouverte, car l'impédance caractéristique des transformateurs est beaucoup plus grande que celle des lignes (fig. 3b, c, d).

2<sup>o</sup> *Poste de transit*. On a choisi le cas le plus simple, avec deux lignes seulement, de sorte que l'onde atteignant l'une des lignes peut se propager sans changement dans l'autre ligne. Ce cas peut être très facilement représenté en fermant la fin de la ligne d'essai par une résistance qui ne donne pas lieu à des réflexions ( $R = Z =$  impédance caractéristique de la ligne) (fig. 3a).

Pour produire l'onde de surtension au commencement de la ligne, on s'est servi du générateur de chocs mobile de la FKH, qui comporte 8 échelons de  $1 \mu\text{F}$  chacun et donne une tension de charge de 80 kV.

Il faut toutefois noter que chaque onde réfléchie à la fin de la ligne revient au commencement de

<sup>1)</sup> Les essais ont eu lieu au Laboratoire à haute tension de l'EPF (professeur K. Berger) et à la Station d'essais de la Commission de l'ASE et de l'UCS pour l'étude des questions relatives à la haute tension (FKH).

celle-ci, c'est-à-dire au générateur de chocs, ce qui exerce une influence sur la tension à la fin de la ligne. De ce fait, la validité de cet essai est fortement limitée, car ce montage correspond en réalité

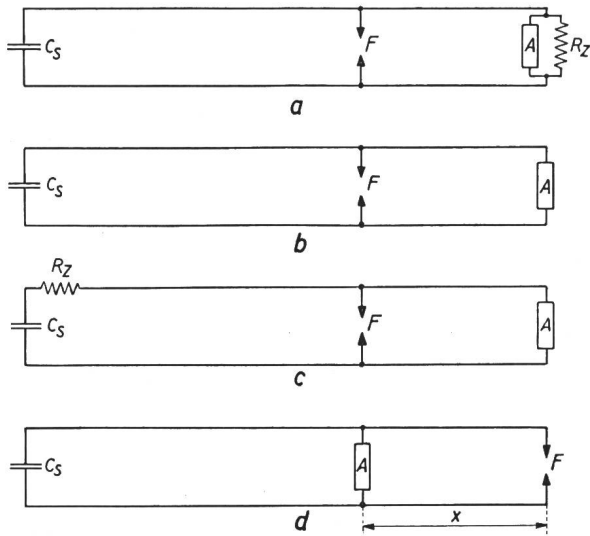


Fig. 3

Disposition des éléments de couplage de la ligne  
 Cs Générateur de chocs; Rz Résistance de compensation;  
 A Parafoudre; F Éclateur avec distance disruptive f;  
 x Distance entre A et F

à un coup de foudre direct à 1 km de distance de la fin de la ligne. Les résultats ne sont donc valables que pour ce cas spécial. Pour ce motif, on a en outre utilisé le montage selon la fig. 3c, avec commencement de la ligne exempt de réflexion, ce qui équivalait à une onde de tension incidente, provenant d'un point situé à l'infini. Ces essais sont malheureusement incomplets, du fait que l'on ne disposait plus que de la demi-tension de choc, à cause de résistance de compensation en série avec la ligne.

**Représentation schématique de la variation probable de la tension à l'éclateur**

En ce qui concerne la variation probable de la tension à l'éclateur, on a admis les simplifications suivantes:

- a) La ligne ne donne lieu à aucune perte.
- b) L'onde de tension  $u_s$  produite dans la ligne par le générateur de chocs présente un front à raideur linéaire et une queue horizontale (onde cunéiforme).
- c) Le parafoudre a une tension d'amorçage  $u_a$  et une tension résiduelle constante  $u_p < u_a$ ;  $t_{aA}$ , est son retard à l'amorçage, mesuré à partir du passage par zéro de la tension au parafoudre.

$t_x$  est le temps de propagation de l'onde pour la distance  $x$ ,  $t_L$  pour toute la ligne.

Les tensions en A et F pour le montage selon la fig. 3a se présentent dans ce cas comme suit (fig. 4):

Jusqu'à l'instant  $t_{aA}$ , aucune réflexion ne se produit à la fin de la ligne. A l'instant  $t_{aA}$ , le parafoudre fonctionne et abaisse la tension  $u_s$  à la valeur de la tension résiduelle  $u_p$ , ce qui a pour résultat d'engendrer une onde négative réfléchie  $u_r$  ayant la valeur  $(u_s - u_p)$ .

A l'éclateur situé à une distance  $x$  de la fin de la ligne, les conditions sont les suivantes: L'onde qui parcourt la ligne avec une vitesse  $v$  atteint plus rapidement le point F que le point A, la différence de temps étant  $t_x$ . Jusqu'à l'instant  $t_{aA}$ , rien ne se produit à la fin de la ligne, c'est-à-dire que l'onde

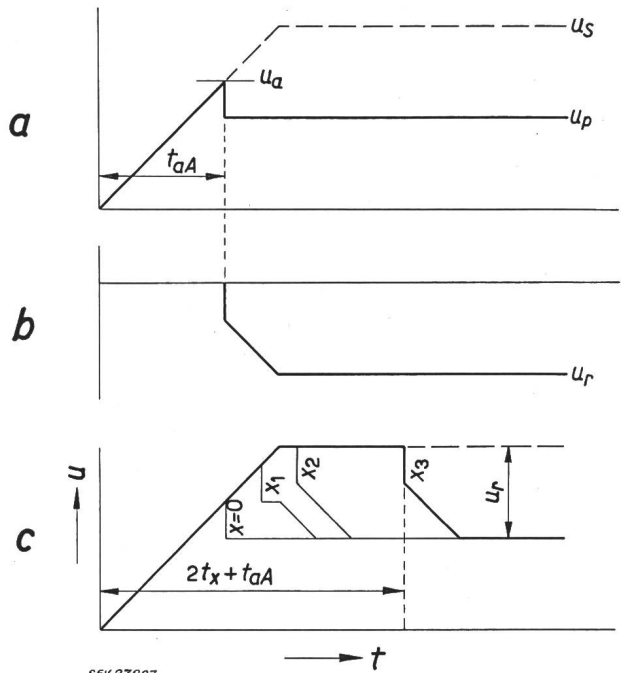


Fig. 4

Variation des tensions au parafoudre et l'éclateur, dans le cas d'une ligne fermée (Montage selon fig. 3a)

a Tension au parafoudre; b Onde réfléchie; c Tension à l'éclateur, pour différentes distances  $x_0...x_3$ ;  $u_s$  Onde parvenant dans la ligne;  $u_r$  Onde réfléchie;  $u_a$  Tension d'amorçage du parafoudre;  $u_p$  Tension résiduelle du parafoudre

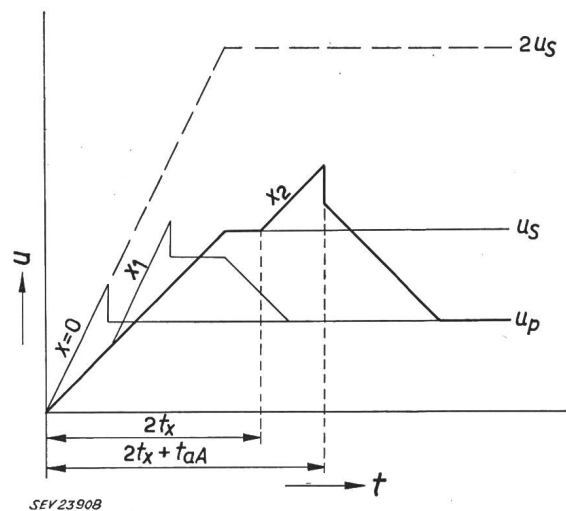


Fig. 5

Tension à l'éclateur, dans le cas d'une ligne ouverte (Montage selon fig. 3b) Même légende que pour la fig. 4

franchit sans modification la résistance R. A partir de l'instant où le parafoudre fonctionne, il s'écoule également un temps  $t_x$  jusqu'à ce que l'onde réfléchie atteigne le point F, qui est alors sollicité par la pleine valeur de l'onde  $u_s$ , jusqu'à l'instant  $2t_x + t_{aA}$  et ensuite par la différence  $u_s - u_r$ . On

considère comme temps zéro aux deux points  $F$  et  $A$  l'instant où l'onde  $y$  parvient.

Pour le montage selon la fig. 3b, les conditions sont les suivantes (fig. 5) :

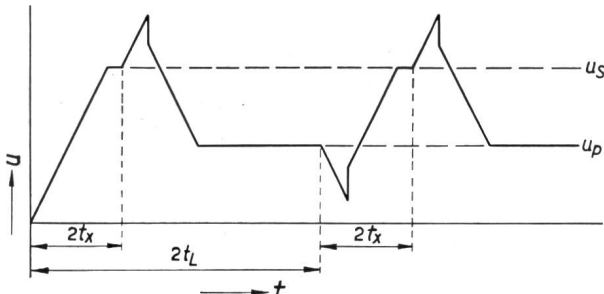


Fig. 6

Variation de la tension à l'éclateur  $F$  selon fig. 5, compte tenu de la réflexion au commencement de la ligne  
 $t_L$  Temps de propagation de l'onde pour toute la ligne  
 Pour les autres désignations, voir dans le texte

Jusqu'à l'instant  $t_{aA}$ , l'onde parvenant à la fin de la ligne est doublement réfléchi. A partir de l'instant  $2t_x$ , l'éclateur reçoit une partie de l'onde réfléchi positivement, puis après  $2t_x + t_{aA}$  il se produit un nouvel abaissement par l'onde réfléchi négativement.

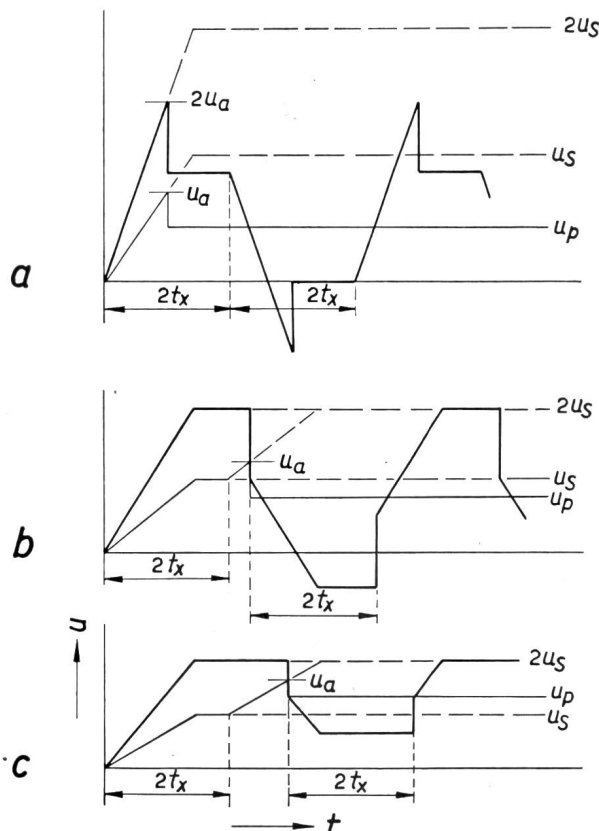


Fig. 7

Tension à l'éclateur  $F$  dans le cas du montage selon fig. 3d

- a  $u_s > u_a > u_p$
- b  $u_a > u_s > u_p$
- c  $u_a > u_p > u_s$

Même légende que pour la fig. 4

La fig. 6 donne un aperçu complet de la variation de la tension à l'éclateur  $F$ , compte tenu des réflexions continuelles à la capacité de choc infiniment grande au commencement de la ligne et au parafoudre à tension résiduelle constante, situé à la fin de la ligne.

Le montage selon la fig. 3c montre tout d'abord la même variation que sur la fig. 5. Toutefois, contrairement à la fig. 6, la tension baisse à la valeur de la tension résiduelle après la première impulsion et conserve cette valeur.

Avec le montage selon la fig. 3d, il se produit en  $F$  une tension oscillante selon la fig. 7, qui dépend de la valeur de la première onde incidente  $u_s$ . Contrairement aux montages selon les fig. 3a et 3b,

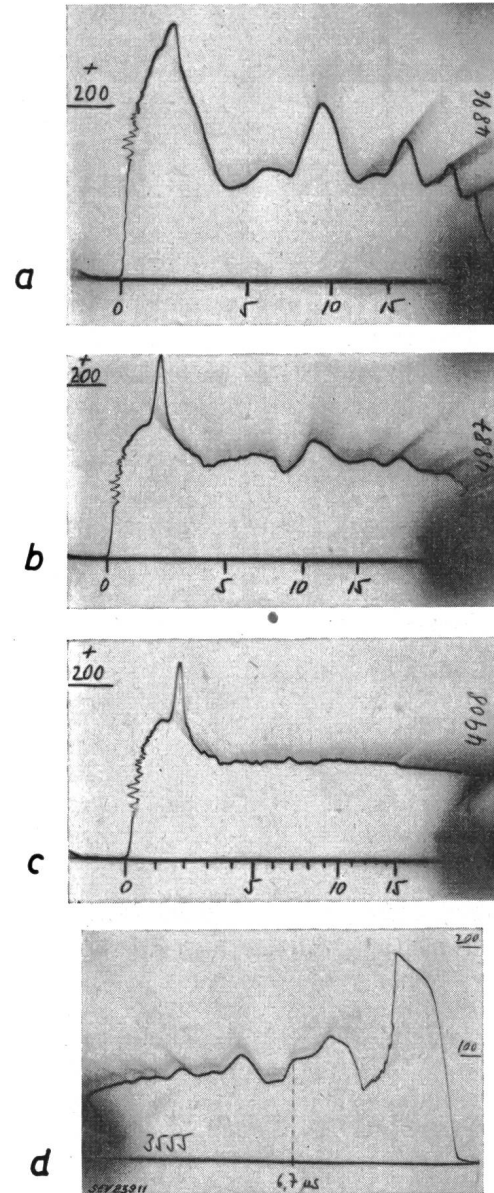


Fig. 8

Tension mesurée à l'éclateur (en kV), pour  $x = 200$  m

- a Montage selon fig. 3a (cf. fig. 4c)
- b Montage selon fig. 3b (cf. fig. 6)
- c Montage selon fig. 3c (cf. fig. 5)
- d Montage selon fig. 3d (cf. fig. 7c)

l'onde réfléchi au commencement de la ligne n'a guère d'influence sur la tension en  $F$ , car elle est affaiblie ou renforcée par le parafoudre avant d'atteindre  $F$ , de sorte qu'à cet endroit il ne se produit qu'une variation de la tension résiduelle.

Les mesures ont d'ailleurs montré que cette oscillation cesse complètement après un petit nombre de périodes (après trois périodes déjà, pour  $x =$

60 et 100 m, ou après environ cinq périodes d'oscillation de l'onde, pour  $x = 200$  m).

Si l'on compare les variations de tension calculées avec les variations relevées oscillographiquement, on constate une très bonne concordance pour la première période, c'est-à-dire  $2t_L$  pour les montages selon les fig. 3a et 3b, et  $4t_x$  sur la fig. 3d. Par contre, toutes les impulsions suivantes sont déjà si fortement amorties, qu'il serait inutile de poursuivre les calculs sans tenir compte de l'amortissement, ce qui présente toutefois de très grandes difficultés, car il faut considérer non seulement la résistance longitudinale de la ligne et de la terre, mais aussi l'effet pelliculaire et l'amortissement dû à la corrosion, ce qui n'est théoriquement guère possible.

La fig. 8 donne, pour chacun des quatre montages, un exemple des tensions mesurées à l'éclateur  $F$ .

### Appareillage utilisé pour les essais

La ligne était constituée par deux conducteurs câblés en cuivre, de 10 mm de diamètre, disposés parallèlement avec un écartement d'environ 2 m, sur des poteaux en bois, et isolés les uns des autres pour une tension de choc de 10 MV environ. Les tensions à partir desquelles se produisait un effet de couronne étaient les suivantes:

- Les deux conducteurs entre eux . . . . .  $\approx 170$  kV (valeur de crête)
- Les deux conducteurs parallèlement contre la terre . . .  $\approx 130$  kV (valeur de crête)
- Chaque conducteur contre la terre . . . . .  $\approx 110$  kV (valeur de crête)

On avait tenté tout d'abord de procéder aux mesures pour des ondes de tension aussi raides que possible. On était effectivement parvenu à produire des ondes d'une durée de front de 0,1...0,2  $\mu$ s, en utilisant comme ligne de retour du courant d'onde l'un des conducteurs de la ligne, au lieu de la terre. Les pertes par effet de couronne réduisaient toutefois à tel point la raideur de ces ondes, que la durée du front n'était finalement pas plus courte qu'en utilisant les deux conducteurs en parallèle contre la terre (fig. 9 et 10).

Les parafoudres étaient ceux des types usuels pour installations en plein air à 45 kV. L'éclateur était constitué par un isolateur rigide, muni de cornes écartées de 21, 25, 29 et 33 cm.

Pour la mesure de la tension, on s'est servi à la fin de la ligne d'un diviseur de tension capacitif, dont la capacité haute tension était constituée par un éclateur à sphères de 1 m de diamètre, écartées de 70 cm environ. Cette capacité fut mesurée exactement par comparaison avec un diviseur de tension connu; elle atteignait 18 pF environ. Elle avait été intentionnellement choisie aussi faible, afin de ne pas influencer les phénomènes dans la ligne. L'enregistrement était opéré à l'aide d'un oscillographe à cathodes froides, monté directement à côté du diviseur de tension, de manière à éviter l'emploi d'un câble de traînage. Les relevés à l'éclateur  $F$  à la distance  $x$  de la fin de la ligne eurent lieu par l'intermédiaire d'un diviseur de tension capacitif normal

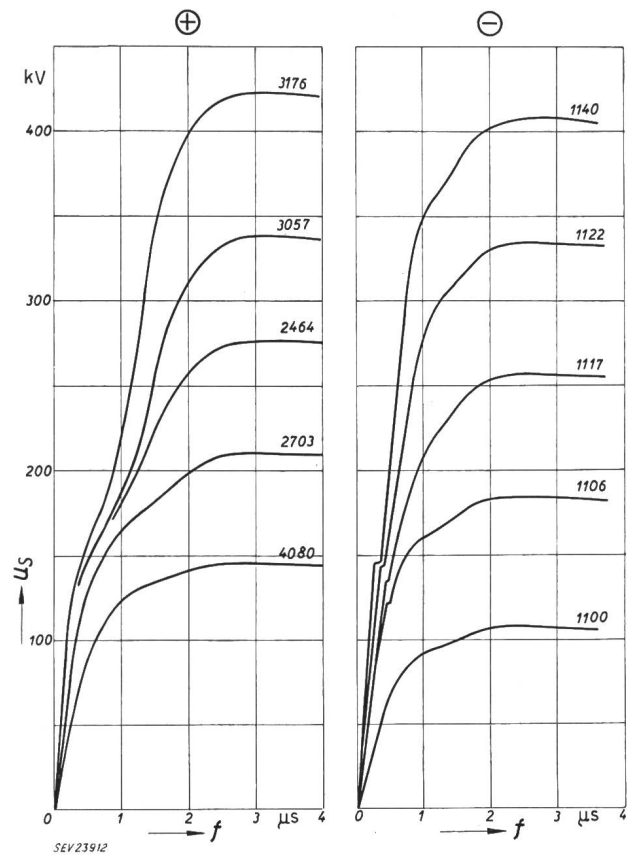


Fig. 9  
Front de l'onde de tension ayant parcouru 1 km de ligne  
Les deux conducteurs câblés de la ligne sont couplés en parallèle. Retour du courant par le sol.  
t Temps;  $u_s$  Onde de tension

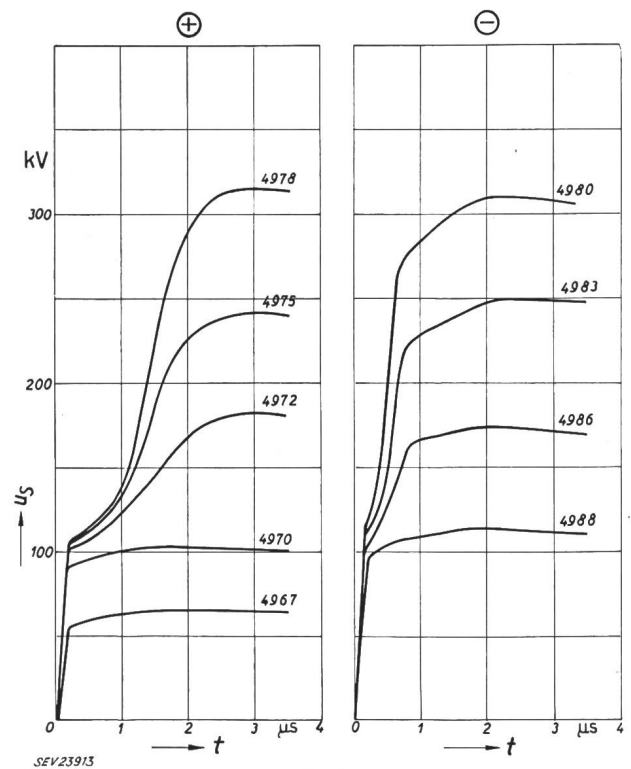


Fig. 10  
Front de l'onde de tension ayant parcouru 1 km de ligne  
L'un des deux conducteurs câblés de la ligne est couplé en parallèle avec le sol servant de conducteur de retour (tension à partir de laquelle se produit un effet de couronne, env. 100 kV)  
t Temps;  $u_s$  Onde de tension

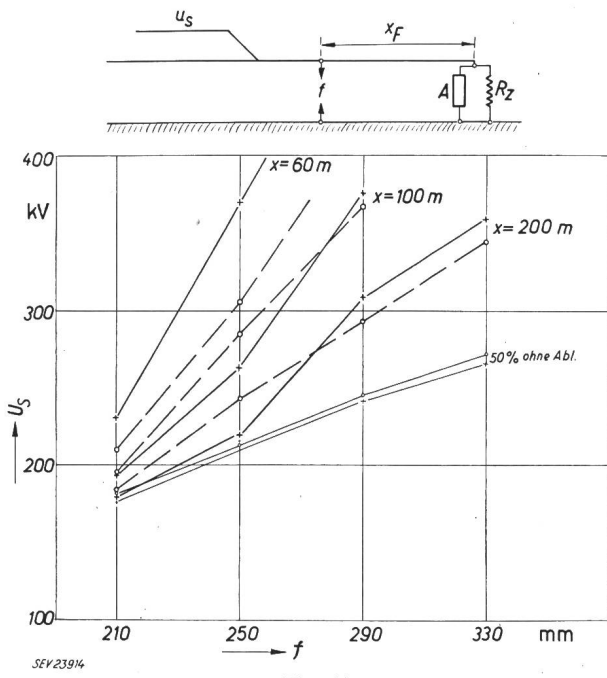


Fig. 11

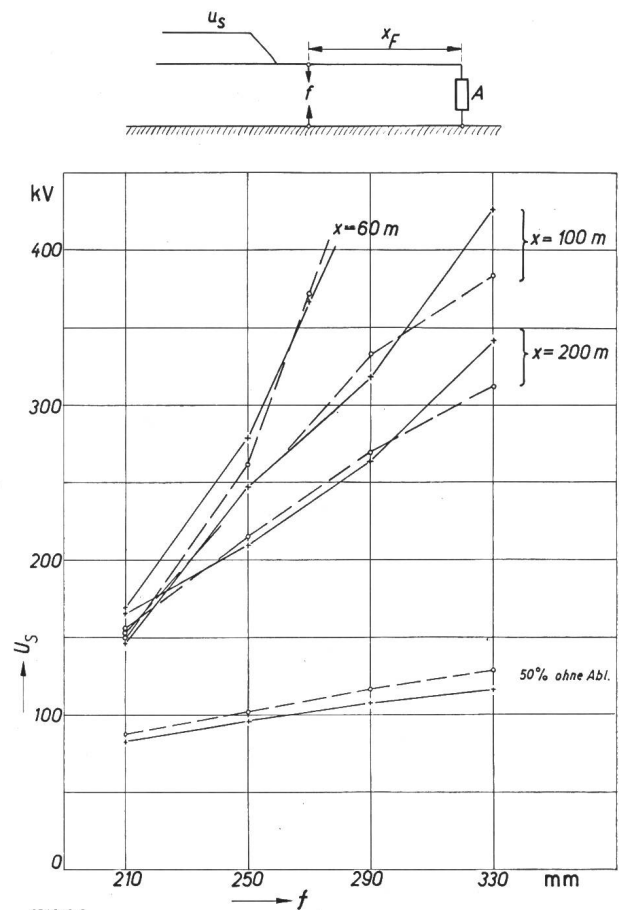


Fig. 12

Fig. 11 à 14

**Limite d'amorçage (env. 50 % de contournements) de l'éclateur, dans le cas des montages selon fig. 3**

$U_s$  Valeur de crête de l'onde incidente  $u_s$ ;  $f$  distance disruptive de l'éclateur;  $x$  Distance entre parafoudre et éclateur. Les indices A et F indiquent respectivement si l'onde incidente atteint tout d'abord le parafoudre ou l'éclateur

- + Points de mesure pour chocs négatifs
- Points de mesure pour chocs positifs

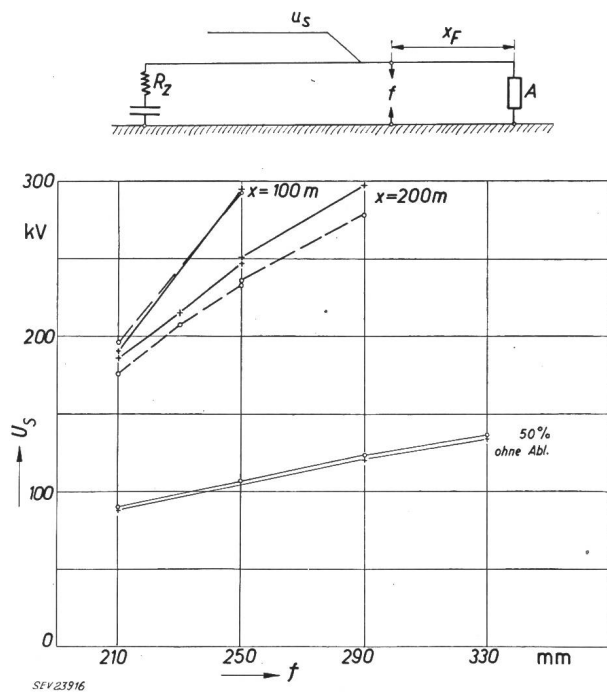


Fig. 13

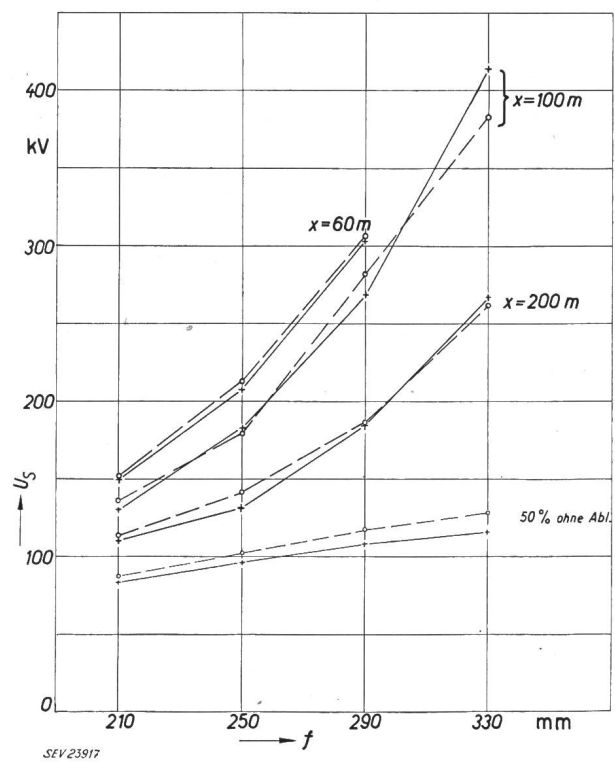


Fig. 14

avec câble de traînage. Il en résultait naturellement des déformations, mais ces relevés avaient simplement pour but de montrer le déroulement des phénomènes en  $F$ .

### Résultats des essais

Les résultats de toutes les mesures sont groupés sur les fig. 11 à 15, qui indiquent en premier lieu la tension 50 % de contournement au choc de l'éclateur  $F$ , avec onde de choc pleine, c'est-à-dire sans le parafoudre, en fonction de la distance disruptive  $f$  de l'éclateur. Une deuxième famille de

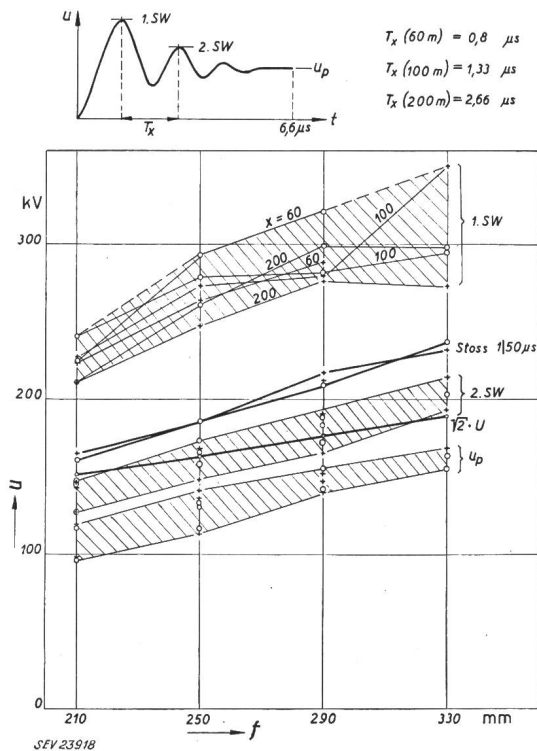


Fig. 15

Comparaison des tensions ( $u$ ) provoquant un contournement de la distance disruptive  $f$  de l'éclateur. Les parties hachurées indiquent les valeurs de la tension en  $F$  dans le cas du montage selon fig. 3c  
 $x$  Distance entre parafoudre et éclateur

courbes indique la valeur  $U_s$  de celle des ondes incidentes, pour laquelle environ la moitié des chocs appliqués ont provoqué un contournement à l'éclateur  $F$ , malgré la présence du parafoudre à une distance  $x = 60, 100$  ou  $200$  m de  $F^2$ ).

Il y a lieu de noter que l'ordonnée  $U_s$  est toujours la valeur de crête de l'onde originale qui parcourt la ligne. En outre, toutes les tensions ont été ramenées aux conditions atmosphériques normales ( $20^\circ\text{C}$  et  $760$  mm Hg).

Ces courbes donnent donc un bon aperçu de la distance à laquelle certains parcours isolants sont encore protégés par un parafoudre, à vrai dire uniquement pour une limite supérieure de l'onde de surtension incidente d'environ  $400$  kV. Des lignes montées sur poteaux en bois sont toutefois capables de transmettre des tensions de choc bien supérieures. De ce fait, la distance protégée par le parafoudre diminue sensiblement, de sorte qu'il ne suffit plus

<sup>2)</sup> Le domaine des valeurs d'ondes pour lesquelles le parafoudre protège efficacement l'éclateur  $F$  est donc compris entre les deux genres de courbes.

d'un seul parafoudre pour protéger avec certitude toute la ligne à l'intérieur du poste. Il serait par conséquent avantageux, et nécessaire pour l'application pratique des courbes, de limiter la valeur de la surtension dans la ligne déjà, par exemple en installant des éclateurs à des poteaux mis à la terre.

Une comparaison des deux dispositions, avec parafoudre à la fin de la ligne ou à l'entrée du poste, montre qu'il n'y a guère de différence. Généralement, le premier cas (parafoudre à la fin de la ligne) est le plus favorable, c'est-à-dire qu'il admet des ondes de surtension un peu plus grandes et qu'il se produit des sauts de tension plus faibles à la fin de la ligne (transformateur), lors du fonctionnement du parafoudre.

Ainsi qu'on l'a fait remarquer au début, les courbes des fig. 11 à 15 ne sont valables que pour les montages indiqués sur la fig. 3 et pour les courbes de tension résultantes à l'éclateur  $F$ , de même qu'uniquement pour la forme d'onde de choc selon la fig. 9. Une autre limitation est en outre motivée par le matériel utilisé pour ces essais (parafoudres et éclateur). On ne peut donc pas appliquer directement ces résultats à d'autres tensions nominales, car des distances disruptives différentes donnent lieu à des retards à l'amorçage différents et il est probable qu'elles ne se comportent pas de la même façon quand il s'agit de sollicitations de tension compliquées. Il importe surtout de constater que l'étude d'une variation composite de la tension ne peut conduire à un résultat que si l'on peut en même temps vérifier le comportement de l'objet à protéger lors d'une sollicitation par cette tension, ce qui n'est toutefois possible que par un essai. Des tensions de choc d'une forme selon les fig. 8a et 8d pourraient être reproduites, par exemple, avec un générateur de chocs suroscillant, et celles selon les fig. 8b et 8c pourraient l'être, éventuellement, à l'aide de parafoudres pour tension d'amorçage plus élevée.

On pourrait s'attendre à ce qu'un éclateur ne soit pas contourné, lorsque la tension de choc appliquée est abaissée à la valeur de la tension résiduelle, durant un temps plus court que le retard à l'amorçage pour cette tension, pour autant que la tension résiduelle soit inférieure à la tension de claquage statique. Il semble toutefois que durant la première pointe de tension, même brève, l'air dans la distance disruptive de l'éclateur est partiellement ionisé. Cette durée est cependant trop brève pour l'établissement d'un arc. Même après l'abaissement de la tension à la valeur de la tension résiduelle du parafoudre, des ions demeurent quelque temps encore dans la distance disruptive et affaiblissent ainsi le parcours isolant, de sorte qu'il suffit alors d'une tension modérée pour former un arc<sup>3)</sup>.

### Résumé

Pour le cas le plus simple d'un poste terminus et d'un poste de transit, on a mesuré avec du ma-

<sup>3)</sup> cf. *Mayr, O.*: Positive Ionen mit hohem Ionisierungsvermögen und deren Einfluss auf den elektrischen Durchbruch in Luft. Arch. Elektrotechn. t. 24(1930), n° 1, p. 8...14, selon lequel des ions se produisent à des pointes métalliques dans des champs de forte intensité, ces ions étant déjà capables de poursuivre l'ionisation de l'air à partir d'intensités de champ de  $6$  kV/cm seulement.

tériel pour 45 kV la zone de protection d'un parafoudre et la variation de la tension à l'objet à protéger de part et d'autre du parafoudre.

La variation de la tension calculée concorde bien, dans la première période du choc oscillant, avec les valeurs mesurées. Par contre, aucune des

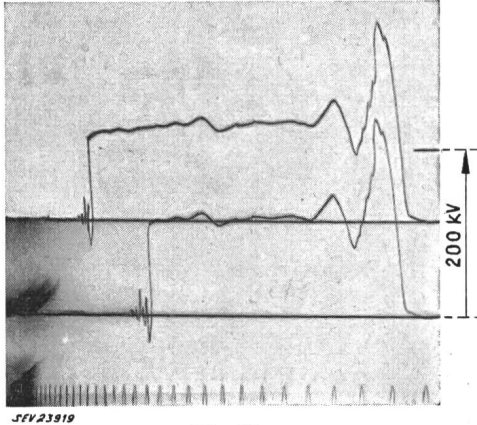


Fig. 16

Oscillogrammes obtenus dans le cas du montage selon fig. 3d Parafoudre de l'éclateur à la distance  $x = 100$  m, distance disruptive  $f = 210$  mm, marque de temps 1 MHz. Amorçage de l'éclateur, env. 11 et 18  $\mu$ s après le début de la tension résiduelle

périodes suivantes ne doit être calculée sans tenir compte de l'amortissement (résistance et effet de couronne), car la déformation de l'onde est déjà considérable. D'autre part, la variation de tension ainsi calculée pour le parcours isolant à protéger doit être vérifiée par un essai, car le comportement en cas de contraintes compliquées ne peut pas être directement déduit du comportement au choc normal.

Les courbes des fig. 11 à 14 indiquent, pour un éclateur avec différentes distances disruptives (21, 25, 29 et 33 cm) et placé à différentes distances (60, 100 et 200 m) devant ou derrière le parafoudre, celles des valeurs de l'onde incidente, qui provoquent un contournement de l'éclateur pour environ la moitié des chocs. A titre de comparaison, on a indiqué en outre la tension 50 % d'amorçage, sans parafoudre. D'une façon générale, on constate que la zone de protection est bien moins étendue qu'on ne le supposait, car un éclateur fonctionne également à la tension résiduelle du parafoudre considérée comme non dangereuse, lorsqu'il est sollicité au début, même brièvement, au-delà de sa tension 50 % d'amorçage (fig. 16).

Adresse de l'auteur:

R. Rutz, Laboratoire à haute tension de l'EPF, Gloriastrasse 35, Zurich 7/6.

## Zentralisierte, elektrische Werkzeugmaschinen-Steuerung

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 10. November 1955 in Olten,  
von R. Müller, Basel

621.316.7 : 621.9

*Es werden allgemeine Betrachtungen über elektrische Werkzeugmaschinensteuerungen angestellt unter Berücksichtigung des Gestehungspreises, der Wirtschaftlichkeit, Betriebstüchtigkeit, Betriebssicherheit, des Platzbedarfes und der Formschönheit. Im weiteren wird das Prinzip des Monokontrollers, eines Spezialschalters für zentralisierte Steuerungen, anhand von Schemata und Bildern erläutert.*

*Considérations générales sur les commandes électriques de machines-outils, compte tenu de leur prix, du rendement économique, de la sécurité de fonctionnement, de l'encombrement et de l'esthétique. Description, à l'aide de schémas et d'illustrations, du monokontrollleur, qui est un commutateur spécialement prévu pour les commandes centralisées.*

Die Werkzeugmaschinen-Industrie, und darunter ganz besonders die schweizerische, hat im Verlaufe der letzten Jahre Erzeugnisse auf den Markt gebracht, die hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Genauigkeit kaum mehr zu überbieten sind. Nicht unbeteiligt an dieser Entwicklung sind die in den modernen Werkzeugmaschinen eingebauten, elektrischen Steuerungen.

Das wichtigste Problem bei der Bestimmung der Steuerung für Werkzeugmaschinen ist die Grenzziehung zwischen der mechanischen, hydraulischen und elektrischen Steuerung. Diese Aufgabe kann nur durch engste Zusammenarbeit zwischen dem Maschinenkonstrukteur und dem Fachmann für elektrische Steuerung gelöst werden. Für die Wahl der Steuerung sind folgende, wichtigste Faktoren zu berücksichtigen:

- Gestehungspreis;
- Wirtschaftlichkeit;
- Betriebstüchtigkeit;
- Betriebssicherheit;
- Platzbedarf und
- Formschönheit.

Der Gestehungspreis der elektrischen Ausrüstung hat natürlich Einfluss auf den Verkaufspreis einer

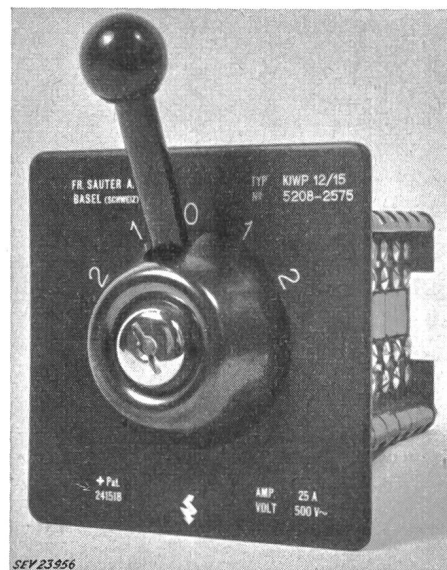


Fig. 1  
Monokontrollleur