

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 42 (1951)  
**Heft:** 13

**Artikel:** Les travaux de la CIGRE dans le domaine des lignes aériennes  
**Autor:** Jobin, B.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1056872>

### **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:** 25.12.2024

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

ben sich unter diesen Umständen über scheinbar lawinensichere Rücken ergossen.

Es ist sehr schwierig, irgendwelche Zahlenangaben über den Luftdruck, den *Neuschneelawinen* erzeugen können, zu erhalten. Doch ist sicher, dass sie um ein Vielfaches 100...125 kg/m<sup>2</sup> übersteigen



Fig. 12  
Gotthardleitung  
Tragwerk aus Holz an der Unterbruchstelle  
bei Mast Nr. 49 oberhalb Piotta

können, für die unsere Leitungen berechnet werden. Der Unterschied ist zu gross, als dass man hoffen könnte, ihn mit wirtschaftlichen Mitteln zu überbrücken. Für *Grundlawinen* existieren Angaben aus russischer Quelle, wonach im Kaukasus ein

Druck von über 40 t/m<sup>2</sup> festgestellt werden konnte. Ferner sei noch erwähnt, dass schon *Kriechschnee* nach schweizerischen Messungen auf Weissfluhjoch einen Druck von ungefähr 1 t/m<sup>2</sup> ausüben kann.

Es wird nach meinem Dafürhalten nicht möglich sein, Gebirgsleitungen so zu bauen, dass man eine Garantie für Lawinensicherheit geben könnte. Die entfesselten Naturkräfte sind derart gross, dass die Leitungen ihnen ausweichen müssen, soweit dies im menschlichen Ermessen liegt. Wo dagegen eine Ausweichmöglichkeit nicht besteht, muss mit gelegentlichen Störungen gerechnet werden.

Unter diesen Verhältnissen scheint es wichtig, dass die Leitungen auch im Winter durch Reparaturgruppen erreicht werden können und dass für diese in allen Gebieten Unterkunftsmöglichkeiten bereit sind. Auf der Lukmanierleitung z. B. hat die Atel drei grosse Unterkunftsräume in verschiedenen Gegenden gebaut. Daneben bestehen noch andere Gebäulichkeiten, die im Notfall von den Besitzern meistens zur Verfügung gestellt werden.

Der Transport von Werkzeugen, Material und Lebensmitteln (total etwa 4 t) konnte im Falle der Lukmanierleitung dank des Entgegenkommens der Swissair rasch und auf einfache Weise bewerkstelligt werden. Es ist zu hoffen, dass mit dem Flugzeug als Transportmittel auch in Zukunft gerechnet werden darf, weil dadurch die Reparaturen vereinfacht und beschleunigt werden. Allen an den Wiederherstellungsarbeiten Beteiligten sei an dieser Stelle der beste Dank für ihre Mitarbeit ausgesprochen.

(Am Schluss des Vortrages wurden an Hand eines kurzen Filmes über die Reparaturarbeiten an der Lukmanierleitung weitere Erläuterungen gegeben.)

Adresse des Autors:

R. Vögeli, Oberingenieur der Motor-Columbus A.-G., Parkstrasse 27, Baden (AG).

## Les travaux de la CIGRE dans le domaine des lignes aériennes

Conférence donnée à l'Assemblée générale (extraordinaire) de l'ASE, le 26 avril 1951, à Zurich,  
par B. Jobin, Bâle

621.315.1

*Aperçu des questions traitées dans le Groupe des lignes aériennes, à la Session de 1950, à Paris, de la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques, précédé d'un bref rappel de l'objet et de la structure de la CIGRE.*

*Nach einer kurzen Einleitung über Zweck und Struktur der Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE) gibt der Autor einen Überblick über die an der Session 1950 in Paris in der Gruppe «Freileitungen» behandelten Fragen, soweit sie für die Schweiz interessant sind.*

### Introduction

Le programme de la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE) s'étend à tous les problèmes relatifs à l'énergie électrique, sur le plan industriel: production, transformation, exploitation et protection des réseaux; c'est ainsi que les questions concernant les lignes aériennes y occupent une des places principales.

La CIGRE est une réunion de constructeurs et d'exploitants, encadrés par les autorités techniques des divers pays, mais où les constructeurs, comme tels, sont amenés à jouer un rôle important. Elle

constitue un point de contact international de premier plan qui donne à ses participants l'occasion de rencontrer les représentants des milieux techniques les plus divers.

Si les échanges d'idées, dans les domaines de la construction du matériel électrique et celui de l'exploitation et de la protection des réseaux, conduisent à la solution de problèmes nouveaux d'une portée générale, à la coordination des constructions en vue de faciliter les interconnexions de réseaux et l'exportation de matériel d'un pays vers l'autre, le problème des lignes aériennes se présente sous

un autre jour. En effet, il est indifférent que, de part et d'autre d'une frontière entre États, les lignes aériennes soient construites selon des prescriptions différentes, si un certain minimum de sécurité est assuré. Aucune ligne ne traverse une frontière sans changer de propriétaire; ce sont des ouvrages qui ont un caractère national très marqué. De ce fait, il n'y a aucune nécessité, aussi bien sur le plan national que sur le plan international, à concevoir et construire ces ouvrages d'une manière identique. De là, la grande fantaisie des constructeurs et toutes les tentatives nouvelles qui ont déjà été faites en vue d'améliorer la sécurité, d'une part, et de réduire le coût de construction, d'autre part.

Les données du problème sont, en fait, les mêmes partout. Les solutions que l'on y apporte sont, par contre, différentes d'un pays à l'autre.

Dans le domaine des lignes aériennes, les contacts entre congressistes qui s'établissent au cours des sessions de la CIGRE ont le caractère d'échanges de connaissances et d'expériences, bonnes ou mauvaises, et ceci sans contrainte ni esprit de rivalité, mais avec une pointe de curiosité, afin d'apprendre ce que fait le voisin. Ces échanges de renseignements sont d'un très grand profit pour tous; ils conserveront toujours un caractère très amical.

Il faut constater que les lignes aériennes ont atteint, aujourd'hui, un certain degré de perfectionnement. Les progrès ne portent plus que sur des questions de détails. De par la force des choses, ces progrès sont lents et se trouvent souvent limités par les prescriptions administratives.

### Travaux de la CIGRE 1950

Lors de la session 1950 de la CIGRE, il a été présenté, dans le domaine des lignes aériennes, 28 rapports représentant 500 pages de texte; les discussions auxquelles ils ont donné lieu occupent 80 pages du compte rendu. Etant donné le volume de ces travaux et communications, il ne peut être question ici que d'un exposé très général sur les sujets traités. Ceux-ci peuvent se ranger dans trois groupes principaux:

- études comparatives et économiques entre les différents pays,
- recherches théoriques sur des problèmes spéciaux,
- descriptions d'installation.

#### a) *Etudes comparatives et économiques entre les différents pays*

Dans ce groupe se range principalement l'étude très importante de Monsieur Richard, de l'Electricité de France, sur l'influence du prix des éléments constitutifs d'une ligne de transport sur la conception des ouvrages, complétée par les résultats d'une enquête très vaste, sur les règlements ou usages selon lesquels sont construites les lignes aériennes, dans les différents pays.

L'ensemble de ces travaux constitue un tableau absolument complet de l'état de la technique actuelle de la construction des lignes aériennes. Ils sont basés sur les données récoltées dans 15 pays, chacun ayant eu à établir, conformément aux usages

et prescriptions en vigueur chez lui, le projet de deux lignes types ayant les caractéristiques suivantes:

- 225 kV,  $3 \times 411 \text{ mm}^2$  aluminium/acier,
- 63 kV,  $3 \times 181 \text{ mm}^2$  aluminium/acier.

Il fallait, en outre, répondre à un questionnaire très complet. La Suisse a participé à ce travail, grâce à la collaboration de Messieurs Dr Oertli et Preiswerk. Les conclusions à tirer de cette étude générale sont les suivantes:

La conception des lignes de transport à très haute tension et notamment à 225 kV a subi, depuis l'origine, il y a environ 25 ans, de profondes modifications dues:

- à l'amélioration de la qualité et des caractéristiques des matériaux utilisés;
- aux progrès dans les méthodes de calcul des ouvrages;
- à l'exécution d'essais systématiques, en vraie grandeur ou sur modèles réduits, grandement facilités eux-mêmes par des moyens d'investigation accrus et des appareils de mesure plus perfectionnés et plus précis, permettant une auscultation complète et l'enregistrement d'efforts statiques et dynamiques, tels que cordes vibrantes, cellules à quartz-piezoelectrique;
- à des observations nombreuses sur les conditions climatiques (vents, givre, température);
- au perfectionnement des moyens de fabrication du matériel et d'exécution des travaux (emploi d'engins motorisés tous terrains, pelles excavatrices, appareils de levage légers et motorisés, déroulage des conducteurs sous tension mécanique);
- enfin, à l'expérience tirée des résultats d'exploitation.

Toutes ces considérations ont permis progressivement l'ajustement des règlements en vigueur dans les différents pays et doivent conduire, dans un délai relativement rapproché, à une révision complète de ces règlements et à une certaine unification de ceux-ci.

Les grands traits de l'évolution des lignes de transport ont été:

- une augmentation progressive des portées moyennes par l'emploi de conducteurs hétérogènes aluminium-acier, almélec ou aldreyc-acier, à la place de conducteurs homogènes en aluminium ou en cuivre;
- une réduction consécutive du poids au kilomètre des ouvrages;
- une réduction du volume de béton des fondations, allant jusqu'à sa suppression complète, grâce à l'augmentation de leur empattement;
- l'affermissement de la technique de la disposition des conducteurs en nappe horizontale qui présente, entre autres, l'avantage d'une meilleure protection contre la foudre et le givre;
- une tendance à l'augmentation des isolements et, par suite, à l'espacement des conducteurs, celui-ci n'ayant d'ailleurs pas augmenté proportionnellement à l'accroissement des portées, ainsi qu'y auraient conduit les premières règles sur le télescopage;
- un accroissement de la qualité de la protection contre les coups de foudre assurée par les câbles de terre, grâce à une surélévation de ceux-ci sur les ouvrages et une diminution de leur flèche par rapport à celle des conducteurs;
- par ailleurs, une tendance à la suppression de ces câbles de terre par l'emploi, de plus en plus généralisé, de disjoncteurs à réenclenchement ultra-rapide;
- sur certaines lignes où les efforts longitudinaux sont particulièrement importants et du même ordre de grandeur que les efforts transversaux, on a trouvé économique de disposer les faces du fût dans des plans à  $45^\circ$  du plan de la ligne.

La documentation présentée a permis de constater :

- une grande analogie des méthodes générales de calcul ;
- une dispersion considérable des hypothèses relatives aux efforts extérieurs (vent, givre, hypothèses de rupture) agissant sur les pylônes et sur les conducteurs ;
- une dispersion des contraintes maxima admissibles pour les matériaux de construction ;
- une dispersion étonnante des méthodes de calcul au flambage des barres comprimées des pylônes.

Comme autre genre de conclusion, il convient de citer :

- la tendance à construire des pylônes de plus en plus hauts, ce qui devrait conduire à une révision des hypothèses relatives aux efforts du vent en fonction de la hauteur au-dessus du sol ;
- les fondations de pylônes sont pour ainsi dire toutes surdimensionnées. En effet, on peut constater sur tous les ouvrages détruits pendant la guerre, qu'aucun n'a péri par sa fondation. De grand progrès ont été faits, dans ce sens, particulièrement en France et en Italie où l'on cite des lignes à 225 kV, qui ne comportent que 10 m<sup>3</sup>/km de béton de fondation.

#### b) Recherches théoriques sur des problèmes spéciaux

Le calcul mécanique des conducteurs fait toujours l'objet de recherches nouvelles, en particulier en ce qui concerne l'influence des déformations non élastiques qui suivent la pose des conducteurs ; ce problème n'est pas encore résolu d'une manière satisfaisante.

Dans le domaine des vibrations de conducteurs, un rapport de Messieurs Preiswerk et Dassetto comprend un exposé général sur ce problème, au cours duquel il est donné un tableau complet de tous les dispositifs amortisseurs, actifs ou passifs. Ce rapport conclut que la solution recherchée peut être obtenue, dans les conditions les plus simples, par les pinces de suspension du type articulé.

Un travail du Dr Oertli sur la soudure des fils d'aluminium pur et aldre mérite de retenir l'attention. Il s'agit de la soudure des fils constituant les conducteurs câblés ; ce travail se réfère aux récentes prescriptions étudiées en Suisse.

En Amérique, on a procédé à des recherches sur une formule pour l'estimation du poids des pylônes, en vue de faciliter les études économiques d'établissement des lignes aériennes. Dans ce domaine, il y a encore passablement de travail à fournir.

Finalement, le calcul des fondations de pylônes a donné lieu à des travaux très importants d'un Comité belge qui a procédé, sous la direction de Monsieur Ramelot, à un nombre considérable d'essais. Il s'agit, en effet, de recherches qui complètent les connaissances en géotechnique pour le cas particulier de fondation de petites dimensions à faible profondeur. Ces travaux, d'un intérêt théorique considérable, ne conduisent pratiquement pas à des économies substantielles par rapport à d'autres méthodes introduites en France et en Suisse. Ils ne se rapportent qu'à des fondations massives et doivent être complétés par des recherches sur les fondations pour pylônes à pieds indépendants.

Dans le domaine des recherches théoriques, aucune communication n'a amené de résultats particulièrement nouveaux ou proposé d'études de notions nouvelles. On doit, d'ailleurs, constater, comme déjà dit plus haut, que les lignes aériennes ont atteint un certain degré de perfectionnement. Des idées nouvelles et fondamentales comme a été l'introduction des tubes d'acier remplis de béton selon la technique Motor-Columbus ne peuvent naître chaque jour.

#### c) Descriptions d'installation

Parmi les descriptions d'installation, il convient de citer celles présentées par les congressistes des pays nordiques (Suède et Finlande), où des tentatives ont été faites de réaliser des fondations de pylônes en bois imprégné ou en béton précontraint en éléments préfabriqués ; les résultats obtenus par ces nouvelles constructions ne sont pas encore connus.

D'autres descriptions intéressantes sont celles présentées par Monsieur Vögeli concernant des lignes construites en Suisse : Amsteg-Mettlen, Lukmanier, Realta-St-Gall, toutes réalisées avec des pylônes en tubes d'acier remplis de béton. Ces communications sont accompagnées de nombreuses indications sur les conditions de montage et le prix de revient.

En Italie, Monsieur Pramaggiore fait rapport sur la construction de la ligne à 225 kV au Col du Stelvio et en relève les dispositions particulières. Les pylônes sont construits en tubes d'acier ordinaires et sont à base carrée avec face orientée à 45° par rapport à la direction de la ligne ; il a été fait des essais d'enduit de vaseline sur les conducteurs, en vue de combattre l'adhérence de la neige et du givre ; les résultats de ces essais ne sont pas encore concluants.

Il convient de relever tout particulièrement les essais faits en France, en vue de faire fonctionner des lignes à des tensions supérieures à celles pour lesquelles elles sont conçues. Il s'agit, d'une part, de lignes 150 kV exploitées à la tension de 220 kV, sans apporter aucun changement aux chaînes d'isolateurs et, d'autre part, de lignes 60 kV, exploitées à 150 kV, en allongeant simplement les chaînes d'isolateurs. Il est certain que la sécurité de ces ouvrages est légèrement réduite, mais les expériences permettent de conclure qu'elle est nettement suffisante pour les conditions ordinaires auxquelles doivent satisfaire les réseaux.

#### d) Divers

Au cours de la discussion, un ingénieur français, Monsieur Poyard, a fait un exposé sur l'application des charges creuses à la construction des lignes. Une charge creuse est une masse d'explosif, très brisant, généralement de forme cylindrique, évidée en forme de cône à sa partie inférieure. Une charge de 1 kg représente un cylindre de 25 cm de diamètre et 35 cm de hauteur. En tirant une telle charge, posée à même le sol (terre ou gravier), sans

précautions particulières, on obtient un trou cylindrique de 30 cm de diamètre et de 1 m de profondeur environ. Par le tir d'une seconde charge posée à l'orifice de ce trou, à l'aide de simples lattes ou de branchages, celui-ci peut être approfondi à 2 m. Les matériaux évacués sont projetés dans un rayon d'une dizaine de mètres. Dans le rocher, l'effet des explosions est, en principe, le même, seule l'efficacité est quelque peu réduite. Le maniement de ces charges exige certaines précautions, notamment par suite de l'effet de souffle. Actuellement, le prix de revient d'un trou ainsi fait est encore supérieur à celui d'un trou creusé à la main, mais cette question n'en est qu'à ses débuts et fait encore l'objet de recherches.

Des charges creusées de plus petites dimensions, de 15 g seulement, permettraient de réaliser, dans du béton, des trous de 1 cm de diamètre sur 20 cm de profondeur; des essais faits dans de l'acier, ont permis d'obtenir des trous de même diamètre, mais de 8 cm de profondeur seulement.

#### Comité d'études

Toutes les questions concernant les lignes aériennes sont traitées plus particulièrement par deux

comités d'études. L'un, n° 6, présidé par l'Italie, s'occupe de la construction, en général, et des conducteurs, en particulier, l'autre, n° 7, présidé par la Suisse, se consacre aux pylônes et massifs de fondation. La Suisse est équitablement représentée dans l'un et dans l'autre.

Ces deux comités ont pour tâche principale de préparer les thèmes de discussion pour les sessions de la CIGRE et finalement de tirer des travaux et discussions, présentés aux sessions, les conclusions qui s'imposent. En vue de la préparation de la session 1952, ces comités se réuniront au début du mois de juin à Stockholm.

Par ce bref exposé, sur un sujet qui ne constitue qu'un point particulier du programme général de la CIGRE, on peut mesurer tout l'intérêt qui s'attache à son activité et aux travaux qu'elle provoque. Ses comptes rendus de session constituent une source de documentation de premier choix qui peuvent être recommandés à tous ceux qui s'intéressent, de près ou de loin, aux problèmes des réseaux électriques à très haute tension.

Adresse de l'auteur:

B. Jobin, directeur de la Sté Suisse d'Electricité et de Traction, 32, Malzgasse, Bâle.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Bühnen-Beleuchtung in England

628.973 : 725.82 (42)

[Nach Theatre Engineering. Electrician, Bd. 146(1951), Nr. 13, S. 1033...1037.]

Das elektrische Licht auf der Bühne hat erstmals 1877 mit Einführung der Kohlebogen-Lampen in der Pariser Oper Eingang gefunden; etwas später wurde durch die Einführung der Glühlampe die Erzeugung vieler und neuer Licht-

Bühne aus gesehen), angebracht. Grosse Szenerieteile, umfangreiche mechanische Ausrüstungen beschränken auf der Bühne den Platz, so dass die Schaltanlage oft mehrstöckig ausgeführt werden muss. Von wachsender Bedeutung ist auch das Problem, die Wärme der Vorschalt-Widerstände abzuführen. In Theatern mit raschem Szenenwechsel, wo eine schnelle Beleuchtungsänderung nötig ist, hat man Massnahmen getroffen, um die Beleuchtung für den nächsten Akt

vorbereiten zu können, ohne Hunderte von einzelnen Regulierorgane betätigen zu müssen. Auch nimmt das «Lichtspiel» auf der Bühne eine immer grössere Bedeutung im Rahmen der Ausstattung ein, so dass der Beleuchtungsspektor an einer Stelle sein sollte, die ihm den vollen Blick auf die Bühne ermöglicht. Die Entwicklung zielt darum dahin, der Schaltanlage die grösste Regulierbarkeit bei geringsten Abmessungen zu verleihen und für das Schalterpult einen Ort mit ungehinderter Sicht auf die Bühne zu finden.

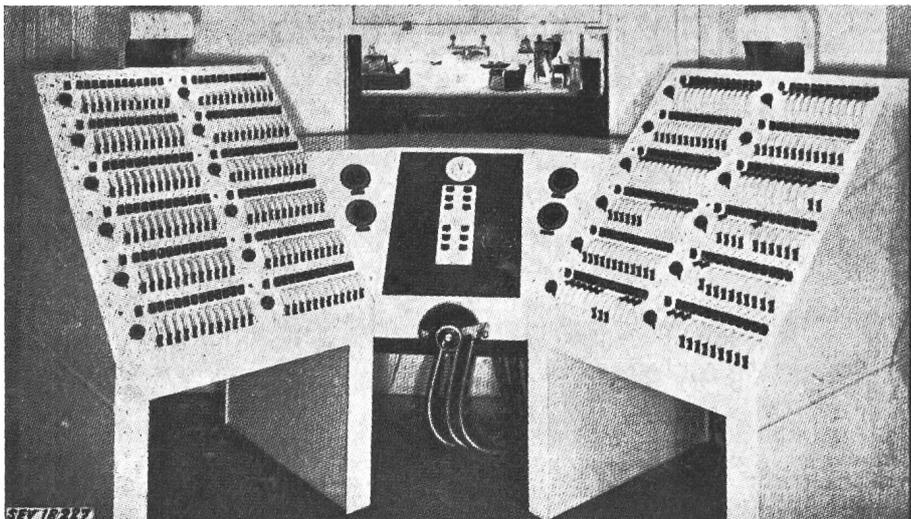


Fig. 1  
Schalterpult der Beleuchtung  
im New Theatre, London

effekte ermöglicht. Das Glühlampenlicht konnte nach Belieben ein- und ausgeschaltet, später sogar allmählich verdunkelt werden, wie das erstmals anfangs der 1890er Jahre in Paris der Fall war. Regulierbare Bühnen-Beleuchtungen wurden von da an allgemein verwendet.

Die elektrische Schaltanlage für die Bühnen-Beleuchtung wird in grossen modernen Theatern auf einer Galerie über der Bühne, meist auf der Souffleurseite (rechts von der

Ein Blick in die führenden Londoner Theater zeigt, dass die Widerstände der Regulieranlagen aus der Bühne entfernt oder durch andere Verdunkelungsmittel ersetzt wurden. Die weitere Forderung, das Schalterpult in den Theaterraum zu verlegen, ist bis jetzt im Palladium, im Old Vic, im Shakespeare Memorial-Theater und auch im Watgate Theater, in welchem verdunkelbare Fluoreszenz-Lampen eingerichtet sind, erfüllt worden.