

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 25 (1934)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Quelques expériences d'exploitation de lignes en Aldrey  
**Autor:** Thomas, Maurice  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1056538>

### **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:** 07.01.2026

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

bleiben, wobei sie allen Unbilden der Witterung ausgesetzt sind.

Wir hoffen, dass diese Ausführungen gezeigt haben, dass die verdienstvollen Forschungen über die

Blitzschläge und ihre Folgen schon heute erlauben, uns ein Gesamtbild des Verhaltens von Niederspannungsnetzen zu machen, welches zum mindesten qualitativ der Wirklichkeit nahe kommen dürfte.

## Quelques expériences d'exploitation de lignes en Aldrey<sup>1)</sup>.

Par Maurice Thomas, Zurich.

621.315.53 : 621.315.55 : 621.315.1

L'emploi de l'alliage d'aluminium, appelé «Aldrey», s'est particulièrement développé du fait de la construction toujours plus fréquente de lignes à haute et très haute tension. Il existait au 21 décembre 1932 environ 13 300 km de conducteurs en Aldrey, représentant un poids de 5100 t. L'auteur cite les expériences faites sur les lignes en Aldrey dans divers pays: excepté au début de son emploi en Allemagne, cet alliage a donné complète satisfaction. Dans ce pays, les ruptures des fils à la suite d'oscillations des câbles doivent être attribuées à l'emploi d'armatures non appropriées et à des défauts de montage.

Il est fait ensuite mention de quelques propriétés spéciales de l'Aldrey; puis l'auteur réfute par le calcul les arguments souvent invoqués par les détracteurs de l'Aldrey, en particulier la tendance des câbles à se heurter par l'effet du vent et le danger de fusion par suite d'un arc électrique.

L'Aldrey a prouvé durant ces huit dernières années son utilité et il peut être considéré comme équivalent, quelquefois même supérieur aux autres matériaux connus actuellement.

### 1<sup>o</sup> Introduction.

L'emploi de l'Aldrey comme conducteur de lignes électriques s'est constamment développé ces dernières années. Nous avons réuni quelques données à ce sujet dans le tableau I qui indique les quantités d'Aldrey, exprimées en tonnes et en kilomètres, de câbles utilisés dans différents pays.

Lignes en Aldrey.  
Etat au 21 décembre 1932.

Tableau I.

Pays	Lignes à haute tension		Lignes téléphoniques	
	t	km	t	km
Italie . . . . .	1814,4	4042	10,6	410,0
Suisse . . . . .	1383,4	2122	2,3	118,0
Espagne . . . . .	1089,2	3393	2,3	90,0
Allemagne . . . . .	556,2	1893		
Autriche . . . . .	104,4	272		
France . . . . .	85,5	1098		
Autres pays . . . . .	60,6	435		
Total	5093,7	13255	15,2	618,0

Les câbles en Aldrey sont surtout employés pour les lignes à haute tension jusqu'à 220 kV. Le tableau II indique la longueur des lignes établies en Suisse jusqu'à fin 1932 environ et les matériaux employés comme conducteurs, d'une part pour les tensions supérieures à 30 kV, d'autre part pour celles au-dessus de 125 kV. Tandis que pour les lignes d'une tension supérieure à 30 kV, on n'utilise l'Aldrey que dans la proportion de 9,9 %, pour celles à 125 kV et au-dessus, son coefficient d'emploi atteint 37,2 %, ce qui est le chiffre le plus élevé. Cette forte utilisation de l'Aldrey s'explique du fait que c'est seulement au cours de ces dernières années qu'on a construit des lignes pour des tensions si élevées. Cet alliage est aussi utilisé, dans une plus faible mesure, sous forme de câbles et de fils pour les lignes à basse tension et les lignes téléphoniques.

<sup>1)</sup> Rapport présenté à la «Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à haute tension», Paris 1933.

Mit der Entwicklung der Hoch- und Höchstspannungsleitungen hat die Anwendung der Aluminiumlegierung «ALDREY» ständig zugenommen. Die bestehenden Aldreyleitungen wiesen am 21. Dezember 1932 eine Leiterlänge von rund 13 300 km mit einem Gesamtgewicht von 5100 t auf.

Der Verfasser berichtet über Betriebserfahrungen mit Aldreyleitungen in verschiedenen Ländern: Nur in Deutschland sind anfänglich Drahtbrüche vorgekommen, die auf Materialermüdung durch Schwingung infolge unrichtiger Wahl der Klemmen und auf Montagefehler zurückzuführen sind. Hierauf sind einige besondere Eigenschaften des Leitermaterials Aldrey erwähnt. Anhand von Rechenbeispielen werden unrichtige Ansichten über Aldrey widerlegt. U. a. wird die Neigung zum Zusammenschlagen von Leitern aus Leichtmetall im Wind und die Gefahr des Verbrennens der Leiter in Flammbögen behandelt.

Aldrey hat in den vergangenen 8 Jahren seine Brauchbarkeit bewiesen und steht heute als gleichwertiges, meist sogar überlegenes Leitermaterial neben allen bisher bekannten.

Longueur des lignes en Suisse sous des tensions supérieures à 30 et à 125 kV. Tableau II.

Nature des Conducteurs	au-dessus de 30 kV		à 125 kV et au-dessus	
	Longueur des lignes			
	km	%	km	%
Cuivre . . . . .	4650	63,5	185	10,8
Bronze . . . . .	35	0,5	—	—
Aluminium . . . . .	935	12,8	410	24,0
Aldrey . . . . .	720	9,9	635	37,2
Aluminium/Acier . . . . .	975	13,3	480	28,0
Total	7315	100	1710	100

### 2<sup>o</sup> Historique.

Les premières lignes pour le transport d'énergie électrique ont été construites en cuivre. Déjà auparavant, mais surtout pendant la guerre mondiale, on utilisait des conducteurs en aluminium, étant donné le prix élevé du cuivre et pour différents motifs d'ordre national. Les expériences faites avec ce métal ne furent pas absolument concluantes, car on ne connaissait pas encore assez ses propriétés particulières. On réussit pourtant à reconnaître et à vaincre les défauts constatés. L'aluminium pur avait une résistance mécanique trop faible. De ce fait, il fallait construire les lignes avec de trop grandes flèches ou de trop faibles portées entre supports. On s'efforça de remédier à cet inconvénient avec les câbles bien connus d'aluminium-acier. Cette combinaison marque un progrès notable et a pris une très grande importance dans la construction des lignes. Les câbles d'aluminium-acier rendirent en effet possible une construction beaucoup plus économique que les câbles de cuivre.

Enfin le progrès le plus récent dont nous voulons parler est l'alliage d'aluminium «Aldrey» qui, pour une conductibilité de très peu inférieure à celle de l'aluminium pur, présente une résistance mécanique égale à 1,75 fois celle de l'aluminium. Pratique-

ment un câble d'Aldrey a la même résistance mécanique qu'un câble d'aluminium-acier normal (proportion acier-aluminium = 1 : 6 ou 1 : 4,3) de même résistance électrique. Comme le câble d'Aldrey est par contre environ 35 % plus léger, on peut naturellement utiliser des supports de lignes moins élevés ou des portées plus considérables, ce qui réduit les frais d'installation.

Lors de la Session de 1927 de la Conférence Internationale des Grands Réseaux, le professeur Wyssling avait présenté un rapport sur une importante ligne en Aldrey des Chemins de fer fédéraux. Depuis lors, plusieurs lignes en Aldrey ont été mises en exploitation et l'on a acquis une certaine expérience pour son utilisation. Nous mentionnons ci-après quelques-unes des lignes importantes qui ont été construites et les expériences réalisées avec ces dernières.

### 3° Lignes en Aldrey.

La plus ancienne des lignes en Aldrey est celle de *Chippis à Tourtemagne*. Elle a été montée en 1925 et est restée constamment en exploitation depuis lors sans aucun accroc. En 1932 on procéda à un examen de vérification sévère; quelques tronçons de câble furent prélevés et contrôlés sous tous les rapports. On put constater que l'alliage n'avait subi aucun affaiblissement et que ses propriétés mécaniques et électriques étaient encore les mêmes après 7 ans d'exploitation. On devait du reste s'attendre à ce résultat, car, au cours de sa fabrication, le fil d'Aldrey est revenu après étirage; on lui fait supporter une température de 150° C pendant 4 h environ. Le fil de cuivre, par contre, est câblé

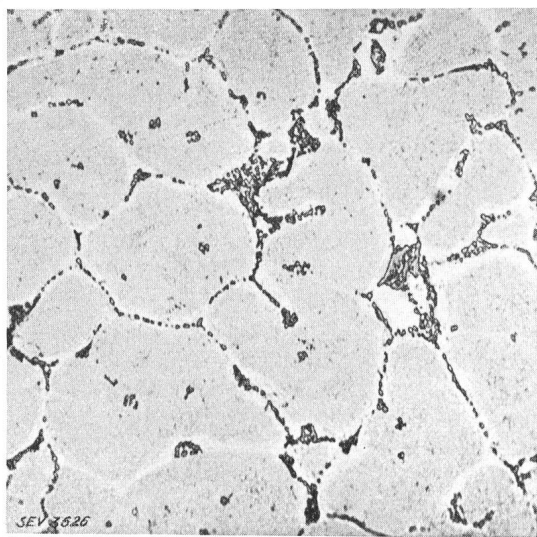


Fig. 1.

Coupe micrographique. Agrandissement 200 fois. Chauffé pendant 15 minutes à 520° C, puis trempé et revenu pendant 4 heures à 150° C.

dans l'état où il se trouve en sortant des bancs de tréfilage.

En contrôlant les fils au microscope, on ne put constater aucune apparence de corrosion. Quoique l'Aldrey soit considéré comme un alliage, il est composé cependant presque uniquement d'aluminium (98,7 %), auquel viennent s'ajouter 0,3 % de fer

et, dans une proportion bien déterminée, 1 % de silicium et de magnésium. Lors du traitement thermique, qui doit être fait à des températures et pendant un temps bien déterminés, ces métaux additionnels sont dissous dans l'aluminium et ne restent par conséquent pas en suspension comme des corps étrangers. Du fait qu'ils sont ainsi en solu-

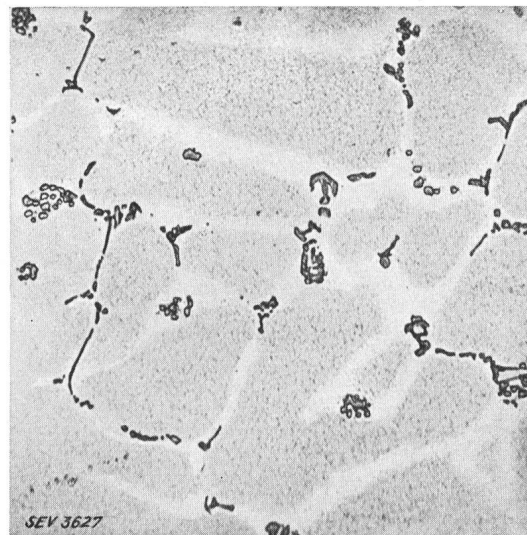


Fig. 2.

Comme fig. 1, mais chauffé pendant 30 minutes.

tion, ils ne peuvent donner lieu à des phénomènes de corrosion, ce qui explique pourquoi l'Aldrey n'est pas plus sensible à la corrosion que l'aluminium pur, utilisé normalement pour la fabrication des câbles. Nous avons vu que le résultat observé concorde avec ces conclusions. On verra dans les figures 1 et 2 le processus de la solution des métaux additionnels dans l'aluminium. Il y a lieu, lors de la fabrication des fils et des câbles d'Aldrey, de vouer un soin tout particulier à ce qu'ils ne puissent être en contact avec du cuivre, car la moindre souillure par celui-ci peut donner lieu à des phénomènes de corrosion.

La ligne à 132 kV de *Vernayaz à Ruppenswil* des Chemins de fer fédéraux, dont il est question plus haut, a été soumise après quatre années d'exploitation, à un contrôle très sévère, exécuté par le Laboratoire fédéral d'Essais des Matériaux de Zurich.

Des tronçons de câbles furent prélevés de la ligne en exploitation et examinés au point de vue de la limite d'élasticité, de la limite d'étirage, de la charge de rupture, du module d'élasticité et de l'allongement à la rupture. Les valeurs trouvées ne présentèrent aucune différence importante par rapport à celles obtenues sur des câbles inutilisés et restèrent toutes dans la limite des garanties offertes lors de la livraison.

Une autre ligne en Aldrey, dont il vaut la peine de parler, est celle de *Bachgaden-Zurich* des *Services électriques de la Ville de Zurich*. La ligne se compose de six câbles de 350 mm<sup>2</sup> de section et est en exploitation depuis 5 ans. En 1932, la période de garantie étant échue, la ligne fut con-

trôlée à fond par son exploitant. On se demandait particulièrement si l'on trouverait des fils cassés à la suite de vibrations. C'est pourquoi la majeure partie des pinces d'alignement furent ouvertes et le câble contrôlé. On ne trouva pas un seul fil rompu. Ce n'est qu'en Allemagne que l'on a constaté jusqu'ici quelques ruptures de fils dues à des oscillations dans les lignes en Aldrey. Les lignes qui donnèrent lieu à des ruptures dues aux oscillations représentent moins de 5 % de toutes les lignes en Aldrey. La cause du phénomène réside avant tout dans un choix non approprié des armatures et des défauts de montage. On a pu constater en effet en Allemagne comme ailleurs que lorsque les armatures sont établies correctement et que le montage est bien exécuté, il ne se produit aucune rupture de fils.

La ligne Bachgaden-Zurich, qui n'a donné lieu à aucune avarie durant les quatre premières années de son exploitation, présente également ceci d'intéressant qu'elle est la ligne la plus sollicitée, comme effort moyen, de celles exploitées dans tous les pays. Cette particularité ressort nettement du Tableau III, dans lequel nous avons indiqué les lignes les plus importantes dans divers pays. Nous avons d'une part relevé les règles de calcul imposées pour le calcul des lignes par les prescriptions des différents pays et, d'autre part, dans les colonnes de droite, les sollicitations réelles des lignes pour un même état, c'est-à-dire à 0° C et sans surcharge additionnelle. On remarque la différence entre les prescriptions et les sollicitations réelles. C'est par ces chiffres qu'on peut juger de la plus ou moins grande confiance accordée à cet alliage dans divers pays.

Parmi d'autres lignes en Aldrey construites en Suisse, nous pourrions encore citer la ligne *Löntschi-Grynau* de la Société des Forces motrices du Nord-Est de la Suisse, qui présente des portées normales de 350 m et une portée maximum de 890 m avec une différence de niveau de 300 m.

En Italie, il faut mentionner en particulier la ligne à 220 kV *Cardano-Cislago* de la Società Idroelettrica Piemontese, qui est montée en partie avec des câbles d'Aldrey de 360 mm<sup>2</sup> de section. Pour ce cas particulier, qui aurait exigé, en raison des pertes par effet couronne, avec l'emploi de cuivre, des câbles creux compliqués, l'utilisation d'aluminium-acier ou d'Aldrey était particulièrement indiquée. Non seulement le conducteur lui-même est plus simple, mais on économise également sur le prix des pylônes, des armatures, des isolateurs, des fondations et du terrain. Les câbles pleins en Aldrey seront probablement plus économiques jusqu'à des tensions de 380 kV dans des conditions variables suivant les prix et les prescriptions imposées. On construit aussi différents types de câbles creux en Aldrey très appropriés à leur emploi; quelques échantillons sont actuellement montés à titre d'essais sur des lignes en exploitation.

L'Aldrey a également été utilisé en Espagne et, jusqu'à présent, on n'a jamais constaté de fils cas-

sés sur les 3393 km de lignes actuellement montées, quelques-unes depuis fin 1928. Pourtant, certains des câbles ont été soumis à des sollicitations mécaniques anormales, dues par exemple pour une ligne à un défaut de construction des armatures et pour une autre à une formation de givre extraordinaire.

#### 4° Expériences.

Nous pourrions encore parler de plusieurs lignes actuellement en service et qui se comportent d'une manière satisfaisante. Nous préférons relever quelques difficultés et appréhensions qui jouent un rôle dans la construction des lignes et en particulier dans celles en Aldrey.

Nous avons déjà dit au chapitre 3 que le choix des armatures jouait un rôle important pour le montage et que depuis qu'on utilisait du matériel approprié, on n'avait plus observé en Allemagne de cassures par fatigue du métal. A la suite de recherches théoriques et pratiques, on en est venu à employer des armatures légères et pourvues d'une articulation, qui n'offrent aux oscillations qu'une résistance très réduite. Ces derniers temps, des dispositifs spéciaux de protection contre les vibrations sont venus également sur le marché, soit pour les lignes de cuivre, soit pour celles d'aluminium-acier, d'aluminium pur ou d'Aldrey. Jusqu'à maintenant, pour les lignes en Aldrey, un simple bandage du câble au moyen d'un ruban d'aluminium recuit s'est révélé suffisant comme protection dans les pinces d'alignement.

Ce ruban protecteur doit être en aluminium pur recuit et avoir une largeur équivalente à environ la moitié ou les deux tiers du diamètre du câble; son épaisseur doit être de 1 à 2 mm. On l'enroule très régulièrement sur le câble, de manière qu'une spire dépasse la borne d'attache de chaque côté; il est ainsi possible de constater à distance sur une ligne en service si le ruban ne s'est pas déplacé. Désire-t-on que le ruban dépasse davantage la borne d'attache, il faut faire une ligature avec un fil ou le fixer avec une pince légère, de manière qu'il ne puisse se dérouler et reposer sur le câble sans être tenu. Tout objet qui repose sur le câble sans être fixé est dangereux, car il peut le blesser lorsqu'il se produit des oscillations.

Une propriété des matériaux généralement employés comme conducteurs de lignes, mais en particulier de l'Aldrey, est celle de l'augmentation de résistance mécanique en fonction d'une diminution de la température. Lorsqu'un fil d'Aldrey passe de + 20° C à - 60° C, sa résistance mécanique s'accroît de 10 %. L'augmentation est proportionnelle à la diminution de la température. C'est là une caractéristique favorable, car les plus grandes sollicitations des conducteurs de lignes ont lieu évidemment aux températures les plus basses, la flèche diminuant à cause du raccourcissement du câble, selon son coefficient de dilatation.

Nous avons déjà parlé au chapitre 3, au sujet de la ligne Tourtemagne-Chippis, du traitement à faire subir aux fils lors de leur fabrication. L'influence de l'opération du revenu auquel sont soumis les fils

Pays	Ligne	Câble			Portée mo- yenne m	Sollicitation maxima		Sollicitation en kg/mm <sup>2</sup> à 0° C sans surcharge pour les Portées en mètres de				
		$q$ mm <sup>2</sup>	Construction	$d$ mm		kg/mm <sup>2</sup>	Condition	100	150	200	250	300
Suisse	ITAG : Turtmann – Chippis	135	30 Fils à 2,4 mm Ø	15,4	220	18	0° + 2 kg/m	15,5	12,0	8,1	5,15	4,2
	SBB : Puidoux – Rapperswil	240	37 „ 2,87 „	20,1		12	0° + 2 kg/m	10,0	7,8	5,8	4,5	3,95
	EWZ : Dübendorf – Eichhalde	180	37 „ 2,48 „	17,36		16	0° + 2 kg/m	—	—	9,07	6,53	5,09
	„ : Bachgaden – Zürich	350	48 „ 3,05 „	24,9	225	15	0° + 2 kg/m	—	13,45	12,3	10,9	9,6
	„ : Samstagern – Bachgaden	350	48 „ 3,05 „	24,9	270	7 max 13	0° sans s 0° + 2 kg/m	7	7	7	7	7
	NOK : Löntsch – Grynau	230	37 „ 2,81 „	19,7	350	7,5 max 18	10° sans s 0° + 2 kg/m	8,8	8,7	8,6	8,5	8,4
Allemagne	OWAG : Insterburg – Tilsit	70	19 „ 2,1 „	10,5	220	12	— 5° + 180 $\sqrt{d}$	9,4	7,3	5,4	4,2	3,8
	ESAG : Cunrau – Salzwedel	127	37 „ 2,1 „	14,7	350	13,25	— 5° + 180 $\sqrt{d}$	—	10,7	9,56	8,85	7,24
	Wüleg : Fellbach – Pinache	205	37 „ 2,6 „	18,2	250	9	— 5° + 180 $\sqrt{d}$	—	5,8	5,25	4,75	4,45
	AIAG : Schwörstadt – Rheinfelden	228	37 „ 2,8 „	19,6	—	10	— 5° + 180 $\sqrt{d}$	—	7,58	7,05	6,25	—
	MEW : Grünberg – Schwiebus	120	19 „ 2,8 „	14,0	220	12	— 5° + 180 $\sqrt{d}$	—	9,15	7,8	6,65	5,65
	„ : Finow – Pasewalk	120	19 „ 2,8 „	14,0	300	12	— 5° + 180 $\sqrt{d}$	—	9,15	7,8	6,65	5,65
	ESAG : Nachterstedt – Halberstadt	95	19 „ 2,5 „	12,5	260	10	— 5° + 180 $\sqrt{d}$	—	5,63	4,32	3,68	3,38
Italie	SIP : Cardano – Cislago	380	61 „ 2,82 „	25,4	—	10	0° + 2 kg/m	6,64	6,45	5,27	4,5	4,2
	SIC : Moline – Porto – Marghera	198	37 „ 2,61 „	18,3	200	11,6	0° + 2 kg/m	7,1	6,05	4,2	3,4	3,06
	„ : San Silvestro – Moline	160	30 „ 2,61 „	16,7	—	11	0° + 2 kg/m	6,25	3,75	2,73	2,4	2,27
	SFIAC : Pelos – Fadalto	153,2	30 „ 2,55 „	16,2	—	11	— 18° + 1,63 kg/m	5,35	3,49	2,87	2,61	2,48
	ADRIATICA : Maser – Marghera	201	37 „ 2,63 „	18,4	230	11	0° + 2 kg/m	—	5,33	3,68	3,10	2,84
	„ : Marghera – Paluello	201	37 „ 2,63 „	18,4	230	10	— 15° + 0,75 kg/m	—	6,75	6,05	5,55	5,19
	AFL : Sesto S. Giovanni – Bobbio –				Tracé montagneux colline plaine	8	— 20° + 1,62 kg/m	2,23	1,89	1,79	1,745	1,725
	Pontremoli e Bobbio –	153,2	30 „ 2,55 „	16,2		8	— 20° + 1,09 kg/m	3,46	2,69	2,49	2,405	2,36
	Genova					8	— 20° + 0,986 kg/m	4,545	4,17	3,91	3,77	3,685
Espagne	Salto del Alberche : Puente Nuevo – Madrid	228	37 „ 2,79 „	19,5	320	12	0° + 0,75 · 125 kg/m <sup>2</sup> vent	10,85	9,7	8,1	6,82	5,9
	Salto del Alberche : Puente Nuevo – Segovia – Avila	70	19 „ 2,17 „	10,85	220	10	0° + 0,706 · 125 „ „	6,07	3,33	2,62	2,36	2,23
	Salto del Alberche : Madrid – Cara- banchel – Cuatro Vientos	35	7 „ 2,54 „	7,6		10	0° + 0,706 · 125 „ „	3,29	1,98	1,67	1,57	1,53
	CSE : Empalme – Alcalá del Rio	63,3	14 „ 2,4 „	10,5	185	10	— 5° + 0,5 · 125 „ „	6,98	4,95	3,77	3,28	3,06
	„ : Viar – Llerena { Peñarroya Villafranca	90,3	19 „ 2,46 „	12,5	—	10	— 5° + 0,6 · 125 „ „	6,98	4,95	3,77	3,28	3,06
	„ : Buitreras – San Fernando	150	27 „ 2,66 „	16	200	10 12	— 5° + 0,5 · 125 „ „	2,6 10,78	7,68 10,22	7,00 9,48	6,40 8,70	5,78 7,95
Autriche	Ö. B. B. : Pass Thurn	182	4 26 „ 2,7 „ } 2,8 „ }	17,5		12,6	— 5° + 180 $\sqrt{d}$	—	9,4	9,4	8,7	7,8
	Ö. B. B. : Gastein	182	37 „ 2,5 „	17,5		12,6	— 5° + 180 $\sqrt{d}$	—	9,4	9,4	8,7	7,8
	Lasberg	25	7 „ 2,15 „	6,5		10	— 5° + 180 $\sqrt{d}$	2,2	—	—	—	—

se traduit par une faible diminution de la résistance mécanique sous l'effet de températures très élevées qui peuvent se produire lorsque la ligne est surchargée et qu'en même temps elle est exposée à un soleil intense. On a fait subir à différents matériaux une température constante pendant 180 jours. Les figures 3 et 4 montrent la diminution de résis-

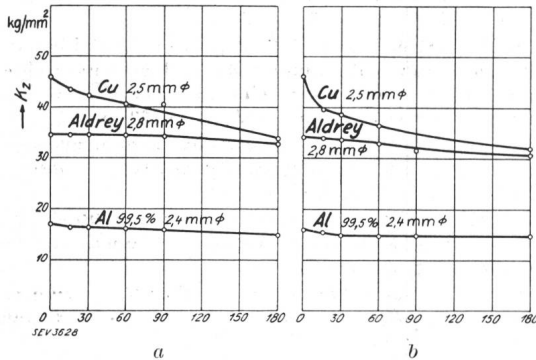


Fig. 3.

Influence d'un échauffement durant 180 jours sur la résistance à la traction de fils de cuivre, aluminium pur et aldrey (résistance à la traction en fonction de la durée de l'échauffement).  
a Echauffement à 75 à 80° C      b Echauffement à 100° C.

tance mécanique en fonction du temps et des températures pour le cuivre, l'aluminium pur et l'Aldrey. Le résultat obtenu avec l'Aldrey est particulièrement favorable. Sa résistance mécanique diminue beaucoup moins que celle du cuivre.

On entend souvent prétendre que les câbles en métaux légers ont une *tendance à se heurter*, car l'effet du vent se fait sentir davantage sur eux. Le principal élément à considérer pour juger du bien-

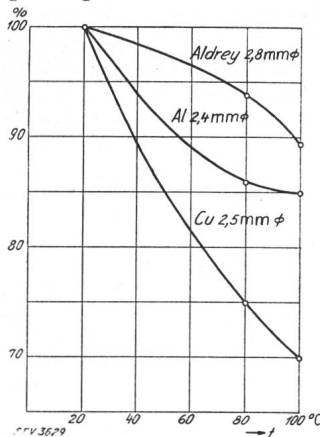


Fig. 4.

Influence d'un échauffement durant 180 jours sur la résistance mécanique de fils de cuivre, aluminium et aldrey (résistance mécanique en fonction de la température).

fondé de ce reproche est la distance horizontale entre les conducteurs et les pylônes dans le plan vertical de la ligne. Un simple calcul prouve que cette distance horizontale est plus petite pour le câble en Aldrey que pour celui en cuivre, si les conducteurs sont tirés avec le même coefficient de sécurité à la rupture, selon les prescriptions suisses et si les conducteurs sont soumis à l'influence d'un vent d'une même intensité. Bien que le câble en Aldrey de même résistance électrique offre une plus grande surface d'attaque au vent et qu'il soit plus léger, il a par contre l'avantage d'avoir une plus petite flèche (fig. 5). L'angle dans le plan vertical est plus grand, mais la distance horizontale du balancement est néanmoins plus petite et par consé-

quent il s'ensuit une tendance plus faible des câbles à se heurter. La nécessité d'augmenter la distance entre conducteurs pour l'Aldrey ne se justifie donc que du fait des plus grandes portées, mais non par un plus grand danger de contact des câbles.

Il faut toujours éviter que des conducteurs, spécialement s'ils sont en Aldrey, soient posés dans un même plan vertical. En effet, en cas de chute de neige, si celle-ci se dépose sur le conducteur inférieur et puis tombe brusquement, ce dernier est projeté verticalement et a tendance à reprendre la flèche qu'il avait avant la surcharge. Le câble

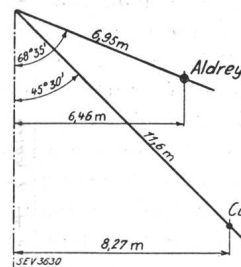


Fig. 5.

Déplacement des câbles de cuivre et d'aldrey sous l'effet du vent.  
Force du vent: 120 kg/m<sup>2</sup> à + 40° C.  
Câble de cuivre:  
178,5 mm<sup>2</sup> (37 · 2,48 mm Ø).  
Câble d'aldrey:  
100 mm<sup>2</sup> (19 · 2,59 mm Ø).  
Sécurité à la rupture:  
2 à 0° C et avec 2 kg/m de surcharge.  
Portée admise: 250 m.

s'élève alors jusqu'à une hauteur presque double de la différence des deux flèches et ne reprend sa position d'équilibre que lentement. Cette différence dépend du module d'élasticité du métal conducteur; elle est élevée si ce module est faible et inversement. Comme l'Aldrey a un module d'élasticité relativement peu élevé, il faut en tenir compte pour la contraction des pylônes.

Il n'est pas prouvé que pratiquement un câble en Aldrey présente un *danger plus grand de fusion par suite d'un arc électrique* qu'un conducteur en cuivre. Différents essais ont même montré le contraire. Il suffit de rappeler que le point de fusion du cuivre est à 1064° C et celui de l'Aldrey à 658° C; or, la chaleur dégagée par la flamme d'un arc atteignant plusieurs milliers de degrés centigrades, cette faible différence de 400° ne joue pas un rôle important. Pour faire fondre un tronçon de câble, on a besoin d'une certaine quantité de chaleur afin d'atteindre la température de fusion et pour transformer les molécules de leur état solide à leur état liquide. La chaleur spécifique du cuivre entre 20° C et sa température de fusion est de 0,110 Cal/kg et celle de l'aluminium de 0,247 Cal/kg. La quantité de chaleur nécessaire pour faire fondre le cuivre est de 42 Cal/kg et l'aluminium de 93 Cal/kg. Si nous comparons un câble de cuivre de 100 mm<sup>2</sup> de section avec un câble d'Aldrey de 178,5 mm<sup>2</sup>, c'est-à-dire de conductibilité égale et tous deux de 1 m de longueur, il sera nécessaire, pour faire fondre ce tronçon de câble, de développer 142 Cal s'il est en cuivre et 122 Cal s'il est en Aldrey. On voit que ces valeurs ne sont pas très éloignées les unes des autres. Les coefficients de transmission de chaleur sont pour des sections de même résistance électrique pratiquement égaux, et quand on considère la plus grande surface de rayonnement du câble en Aldrey, on arrive à la conclusion qu'il faut à peu près la même quantité de chaleur pour faire fondre un câble équivalent de cuivre ou d'Aldrey. Ces consi-

dérations théoriques confirment ainsi les résultats des essais.

Pour terminer, nous faisons ressortir un avantage des câbles en Aldrey. Supposons que pour une tension de 110 kV, on doive choisir un câble de cuivre de 100 mm<sup>2</sup> de section; avant tout dans le but d'éviter les pertes par effet couronne, mais que, pour la transmission de la puissance, un câble de même section en Aldrey soit suffisant, les frais de construction de la ligne seront moins élevés dans le cas de l'emploi d'Aldrey.

Si, par contre, il est nécessaire de choisir une section de 100 mm<sup>2</sup> de cuivre pour le transport de la puissance, la section correspondante en Aldrey qui devrait être choisie est de 178,5 mm<sup>2</sup>: à égalité de prix des conducteurs, les frais de construction de la ligne seront d'environ 5 à 10 % meilleur marché qu'une ligne en cuivre de 100 mm<sup>2</sup>, compte tenu des prescriptions en vigueur pour la construction des lignes et de la nature du terrain. Il restera toujours comme avantage important de la ligne en Aldrey qu'elle pourra être exploitée à une tension plus élevée, si plus tard la puissance à transporter devenait plus considérable. Le câble en Aldrey de 178,5 mm<sup>2</sup> permet, pour les mêmes conditions, une tension de 27 % plus élevée, correspondant dans le cas présent à 140 kV. Pour une perte effective équivalente, la puissance de transport pourra donc être augmentée de 27 % et, pour une même perte relative, de 60 %. Enfin l'Aldrey a une valeur intrinsèque et peut toujours être récupéré.

Nous espérons que les considérations ci-dessus auront prouvé que les différentes craintes qu'on pouvait avoir au début de l'utilisation de l'alliage d'aluminium «Aldrey» dans la construction de lignes à haute tension ne se sont pas réalisées dans la pratique et ont confirmé ainsi les déductions théoriques. L'Aldrey a prouvé durant ces huit dernières années son utilité, et on peut le considérer actuellement comme équivalent, quelquefois même supérieur aux autres matériaux connus jusqu'à ce jour.

#### Bibliographie.

- Peck junior, F. W., Dielectric phenomena in high voltage engineering, 1920, p. 199.  
Legierter Aluminiumdraht «Drahtlegierung 3». Mitt. der Aluminium-Industrie A.-G., Neuhausen (Schweiz. Bauzeitung, t. 87, 1926, p. 323).

- Wyssling, Eine Weitspannleitung der SBB für 132 kV aus hochleitender, zäher Aluminiumlegierung (Rapport No. 55 de la Conférence Internationale des Grands Réseaux électriques, Paris, 1927 [Sonderdruck]).  
Zeerleder, A. v., et Bosshard, M., Neue Wege im Freileitungsbau (Z. f. Metallkunde, t. 19, 1927, p. 459).  
Schmitt, Hochleitfähige vergütbare Aluminiumlegierungen in der Freileitungstechnik (ETZ, t. 48, 1927, p. 1176).  
Fuchs et Kaufmann, Lichtbogenwirkungen an Freileitungseilen (ETZ, t. 49, 1928, p. 126).  
Bohner, H., Zugfestigkeit und elektrische Leitfähigkeit von Reinaluminium und Aluminiumleichtlegierungsdrähten in Abhängigkeit von mechanischer und thermischer Behandlung (Hauszeitschrift der VAW, t. 1, 1929, p. 12).  
Dusaugy, A., Rupture accidentelle des conducteurs aériens: comparaison des conducteurs de cuivre et d'aluminium (RGE, t. 24, 1928, p. 36).  
Vallauri, G., et Giacobini, Impiego dei conduttori in alluminio nelle grandi linee elettriche (Annali dei Lavori Pubblici, No. 10, 1929, p. 930).  
Zeerleder, A. v., et Bourgeois, P., Effect of temperature attained in overhead electric transmission cables (Journal Inst. of Metals, t. 42, 1929, p. 321).  
Schmitt, Die Aluminium-Demonstrationsleitung auf Sylt (Hauszeitschrift der VAW, t. 1, 1929, p. 31).  
Pape, H. M., Beanspruchung schwingender Drahtseile unter besonderer Berücksichtigung der Beanspruchungen an den Tragklemmen von Freileitungen (Mitteilung Nr. 7 des Wöhler-Institutes, Braunschweig, 1930).  
Pester, F., Die Festigkeitseigenschaften von elektrischen Leitungsdrähten bei tiefen Temperaturen (Z. f. Metallkunde, t. 22, 1930, p. 261).  
Zeerleder, A. v., Einfluss der Korona-Erscheinungen auf Freileitungsdrähte (Bull. SEV, t. 22, 1931, p. 215; Hauszeitschrift der VAW, t. 3, 1931, p. 267).  
Kocherhans, E., Aluminium im Freileitungsbau (STZ, 1931, p. 465).  
Strand, O., Ueber das Problem der Phasenabstände bei elektrischen Leitungen (ETZ, t. 52, 1931, p. 889).  
Porter, J. H., Aluminium busbars resist power arcs (Electr. World, t. 98, 1931, p. 104).  
Wöhr, F., Korona an Kupfer- und Aluminiumseilen (Hauszeitschrift der VAW, t. 3, 1931, p. 266).  
Wöhr, F., Die Einwirkung von Kurzschlußströmen auf die Festigkeit von Leitungsseilen aus Aluminium und Kupfer (Hauszeitschrift der VAW, t. 3, 1931, p. 271).  
Potthoff, K., Koronaverluste an Kupfer- und Aluminiumseilen (Elektrizitätswirtschaft, septembre 1931).  
Pramaggiore, C., Conduttori in lega di alluminio. I conduttori in Aldrey (Alluminio, t. 1, 1932, p. 80).  
Nefzger, J., Die Leitungsschwingungen — Versuche zur Lösung der Klemmfrage (Techn. Mitteilungen der Firma J. W. Hofmann, Köttschenbroda-Dresden, März 1932).  
Pester, F., Festigkeitsprüfungen an Stangen und Drähten bei tiefen Temperaturen (Z. f. Metallkunde, t. 24, 1932, p. 67, 115).

## Wirtschaftlichste Verteilung der Blindlast auf verschiedene Kraftwerke.

Von Albert Egli, Basel.

621.311.1.004

Es wird gezeigt, dass beim Energiebezug von mehreren Kraftwerken über verschiedene Leitungen eine bestimmte günstigste Blindlastverteilung möglich ist, die minimale Jahreskosten der Uebertragungsverluste herbeiführt. Diese Verteilung richtet sich nur nach den kW-Kosten im betreffenden Betriebsmoment bei den für die Energielieferung in Betracht kommenden Elektrizitätswerken und nach den Ohmschen Widerständen der Uebertragungsleitungen vom gemeinsamen Netz bis zu den Generatoren. Die günstigste Blindlastverteilung ergibt sich also dann, wenn die Blindlastleistungen der einzelnen Energiebezüge umgekehrt proportional dem Produkt kW-Preis für den Betriebsmoment mal Ohmschen Widerstand der Uebertragungsleitung ist.

L'auteur démontre que, lorsque l'on achète l'énergie de plusieurs usines par l'intermédiaire de différentes lignes, il est possible d'obtenir une répartition optimum de la charge réactive, pour laquelle les frais annuels provenant des pertes de transport sont minimum. Cette répartition n'est basée que sur les frais de puissance active au moment donné de l'exploitation des usines entrant en considération pour la livraison d'énergie et sur les résistances ohmiques des lignes de transport entre le réseau commun et les générateurs. La répartition de la charge réactive est la plus favorable lorsque les puissances réactives des différentes lignes sont inversement proportionnelles au produit des frais de puissance active au moment donné par la résistance ohmique de la ligne considérée.