

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens

**Herausgeber:** Association suisse des électriciens

**Band:** 28 (1937)

**Heft:** 4

**Artikel:** Le câble téléphonique sous-lacustre Morat – Praz

**Autor:** Demartin, Albert

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058715>

### 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:** 10.01.2026

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

# ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

# BULLETIN

## RÉDACTION:

Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens et de l'Union des Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

## EDITEUR ET ADMINISTRATION:

S. A. Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei, Zurich 4  
Stauffacherquai 36/40

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXVIII<sup>e</sup> Année

N° 4

Vendredi, 19 Février 1937

## Le câble téléphonique sous-lacustre Morat—Praz.

Par Albert Demartin, Berne.

621.315.285 : 621.395.73

Après un exposé détaillé du développement de la pose des câbles sous-marins, l'auteur décrit dans tous les détails l'élaboration du projet, les travaux préparatoires et l'exécution de la pose du câble téléphonique Morat-Praz dans le lac de Morat, datant de la mi-octobre 1936. Cette pose de câble est particulièrement intéressante par le fait que le câble a dû être épissé au milieu du lac. L'auteur, chef de service à la Direction Générale des PTT, a rédigé cette étude à l'occasion de son 30<sup>e</sup> anniversaire comme membre de l'ASE.

Nach einer detaillierten Einführung in die Entwicklung der Tiefsee-Kabelverlegung wird die Projektierung, Vorbereitung und Durchführung der Verlegung des Telephonkabels Murten-Praz im Murtensee, die Mitte Oktober 1936 stattfand, bis in alle Einzelheiten beschrieben. Diese Verlegung ist besonders deshalb interessant, weil das Kabel in der Seemitte gespleist werden musste. Der Verfasser, Dienstchef bei der Generaldirektion PTT, schrieb diese Studie bei Anlass seiner 30jährigen Mitgliedschaft im SEV.

### Aperçu historique.

Le projet de pose du premier câble immergé pour télégraphie à grande distance remonte à 100 ans en arrière. En 1837, le physicien anglais Wheatstone suggérait la pose d'un câble télégraphique sous-marin entre l'Angleterre et la France, de Douvres à Calais<sup>1)</sup>.

Il fallut toutefois 14 ans pour surmonter toutes les difficultés inhérentes à l'exécution d'un tel projet, c'est-à-dire pour trouver la matière isolante convenable.

Un progrès notable dans la fabrication des câbles immergés survint en Europe en 1843, lorsqu'on reconnut les excellentes qualités de la *guttapercha* comme isolant. A partir de cette époque, les fabricants améliorèrent considérablement la construction des câbles sous-marins. Ce n'est qu'après avoir surmonté les plus grandes difficultés dans la fabrication et dans la pose, que ce premier câble sous-marin put être posé entre Douvres et Sangatte (Calais) à la fin du mois de septembre 1851. La réussite de cette entreprise est due à la perspicacité et à la volonté irrésistible de deux anglais: les frères Jacques et tout spécialement John Brett, auxquels il fut donné de réaliser le projet de Wheatstone.

Ce câble, composé d'un conducteur en fil de cuivre noyé dans une couche cylindrique isolante de *guttapercha*, entourée elle-même d'une armure formée de 10 fils de fer de 7,5 mm d'épaisseur, fut ouvert à l'exploitation le 13 novembre de cette même année 1851. Cette date marque l'origine du câble immergé et le point de départ de son usage pratique pour la télégraphie<sup>2)</sup>.

Ce premier câble sous-marin ayant donné des résultats probants, d'autres communications de ce genre furent établies en 1853 entre l'Ecosse et l'Irlande après 3 échecs consécutifs, puis entre l'Angleterre et la Belgique, l'Allemagne et les Pays-Bas, la Suède et le Danemark, etc.

En 1854, l'anglais John Brett, qui avait posé le premier câble sous-marin utilisable, fut chargé de la pose d'un câble dans la Méditerranée, entre la Sardaigne (Cagliari) et l'Algérie (Bône).

Cette entreprise échoua par le fait que les freins des engins de pose n'avaient pas été calculés pour supporter un effort de traction tel qu'il résulte lorsque le câble est immergé à 3000 m environ de profondeur. Les freins lâchèrent

et le câble se déroula du tambour de pose à une vitesse vertigineuse pour disparaître au fond de la mer. On n'avait pas suffisamment pris en considération la profondeur de la mer, de beaucoup supérieure à celle de la Manche où reposait le premier câble sous-marin à une profondeur de 40 à 50 m seulement.

De nouvelles tentatives entreprises l'année suivante ne furent pas non plus, pour les mêmes motifs, couronnées de succès. Découragé, John Brett se délia de ses engagements. La pose de ce câble fut alors confiée à la firme Newal et Cie, laquelle avait posé en 1854 un câble sous-marin dans la mer Noire entre Varna et Balaklava en Crimée, à une profondeur de 1600 m environ.

A la même époque (1854) nacquit le projet d'un câble transatlantique. Différents sondages faits dans l'Océan Atlantique révélèrent des profondeurs de 4000 à 4500 m environ. Le professeur américain Morse, le Père du Télégraphe, interpellé à ce sujet, donna un préavis favorable à la possibilité de télégraphier à pareille distance (4000 km); il encouragea l'exécution de ce projet gigantesque pour l'époque, en participant à la première société: «Atlantic Telegraph Company»<sup>3)</sup>.

C'est du mois d'août 1855 que date la première tentative de pose, du Cap Breton à Terre-Neuve (60 lieues). Cependant, cette entreprise échoua, le câble ayant dû être coupé pendant une violente tempête.

En 1856 on fit de nouveaux préparatifs. La firme anglaise «Glass, Elliot & Co.» reçut alors la commande pour la fabrication et la pose du premier câble transatlantique à un conducteur.

Le 6 août 1857, un ancien cuirassé anglais «Agamemnon» et la frégate américaine «Niagara», spécialement aménagés tous deux en navires-câblers et chargé chacun de 2000 km de câble, quittaient solennellement Valentia en Irlande, escortés de plusieurs vaisseaux de guerre, pour tenter la pose du câble sous-marin après avoir fait, pendant les premiers mois de l'année, plusieurs essais de pose et d'épissage du câble dans le golfe de Biscaye.

Le «Niagara» devait poser la première moitié et l'«Agamemnon» la seconde moitié, après que les deux longueurs fussent soudées ensemble au milieu de l'Océan. Le «Niagara» avait déjà posé 618 km de câble dans les meilleures conditions, lorsque le 11 août 1857 le câble se rompit pendant une forte

<sup>1)</sup> Die Postbetriebsschule No. 16 du 15 août 1936.

<sup>2)</sup> Die Postbetriebsschule No. 17 du 1<sup>er</sup> sept. 1936.

<sup>3)</sup> Die Postbetriebsschule No. 20 du 15 octobre 1936.

tempête, le bout du câble tombant à une profondeur de 3660 m au fond de la mer, perdu à jamais. L'escadre déprimée dut rejoindre son port d'attache.

Les premiers jours de juin 1858, une nouvelle tentative fut entreprise. Les mêmes vaisseaux quittaient avec leur escorte le port de Queenstown (Irlande) pour se diriger vers le milieu de l'Atlantique.

Le 16 juin 1858 les deux longueurs du câble furent d'abord soudées ensemble au milieu de l'Océan et la pose commença simultanément dans les deux directions. Le câble se rompit à nouveau par trois fois, laissant au total 900 km au fond de l'Océan. Chaque fois il fallut recommencer à nouveau.

Enfin, le matin du 5 août 1858, le cuirassé «Agamemnon» qui avait dû de nouveau lutter contre la tempête, amenait, malgré tout, la fin du câble sur la côte d'Irlande, salué par des salves d'artillerie. Le même jour le «Niagara», mieux favorisé par le temps, télégraphiait par le câble qu'il était arrivé à bon port dans la baie de Trinité à Terre-Neuve et que le câble avait été amené à la côte. Le câble ne comportait qu'un seul conducteur constitué par sept fils de cuivre câblés. L'isolation était de guttapercha. Comme armure de protection, on avait employé des fils de fer toronnés.

Ainsi était terminée cette entreprise téméraire qui reliait deux continents par un câble télégraphique.

Partout on acclamait le plus grand événement du siècle et les deux Etats intéressés: l'Angleterre et les Etats-Unis d'Amérique ouvraient à l'exploitation ce câble sous-marin de 3745 km de longueur.

On avait alors reconnu les grands mérites de l'ingénieur anglais Charles Bright qui avait dirigé la pose; à sa sagacité et à sa volonté de fer revenait en grande partie la réussite d'une pareille entreprise.

Cependant, les fêtes d'inauguration étaient à peine terminées que des pertes se firent remarquer dans le câble. Le 1<sup>er</sup> septembre 1858 la transmission télégraphique était devenue impossible à cause des pertes. On supposa alors que la guttapercha était devenue cassante pendant son long séjour à l'air avant la pose et qu'elle avait peut-être aussi été détériorée par l'emploi de tensions électriques trop fortes<sup>4)</sup>.

En 1863, la fabrique de câbles Felten et Guillaume à Cologne posait dans le lac de Constance, entre Romanshorn et Nonnenhorn, un câble télégraphique sous-lacustre composé d'un seul conducteur, formé de 4 fils de cuivre câblés, de 0,73 mm Ø chacun, entouré d'une gaine de guttapercha cylindrique, recouverte elle-même d'une première armure composée de 11 fils de fer de 2,6 mm d'épaisseur et d'une seconde armure extérieure formée de 10 fils de fer de 5,4 mm d'épaisseur. Le diamètre extérieur du câble était de 24 mm, sa longueur mesurait 23,4 km.

L'Administration des Télégraphes suisses y avait participé pour la moitié des frais<sup>5)</sup>.

Ce câble fut ouvert à l'exploitation alors que la communication télégraphique entre l'Angleterre et les Etats-Unis d'Amérique n'était pas encore rétablie. (Ce câble fut mis hors service et abandonné à son sort au cours de l'été 1936.)

Deux ans plus tard, soit en 1865, on fabriqua un nouveau câble transatlantique à un conducteur, de 4266 km de longueur, pour le poser dans l'Océan Atlantique. La Compagnie «Atlantic Telegraph Company» choisit cette fois le plus grand navire de l'époque, le «Great Eastern» (22 500 tonnes), capable de prendre en charge la longueur totale du câble. Les travaux de pose furent de nouveau dirigés par l'ingénieur anglais Charles Bright.

Le 23 juillet 1865, le «Great Eastern» quittait Valentia en Irlande pour la pose du câble sous-marin. Après que 2000 km furent posés, une formidable tempête rompit le câble. Trois tentatives de le relever restèrent infructueuses, la puissance des machines des engins de levage ne suffisant pas pour repêcher le bout du câble du fond de l'Océan. Déprimée, la petite escadre retourna à son port d'attache le 11 août 1865, laissant au fond de la mer un câble qui avait coûté une grande fortune. Les initiateurs de cette entreprise ne per-

dirent malgré tout pas courage. Une nouvelle société «Anglo American Telegraph Company», fondée par Cyrus Field, fusionna avec la précédente, l'«Atlantic Telegraph Company», et commanda un nouveau câble de même construction, ainsi qu'une longueur supplémentaire pour compléter la longueur laissée au fond de l'Océan.

Le 13 juillet 1866, le «Great Eastern» levait de nouveau l'ancre à Valentia pour tenter une nouvelle pose. Le temps fut alors favorable, si bien que 14 jours plus tard déjà, le 27 juillet 1866, le câble était amené à la côte de Heart's Content à Terre-Neuve.

Le 31 août 1866, le câble rompu l'année précédente fut repêché, après plusieurs tentatives infructueuses, d'une profondeur de 4500 m et ramené à bord du navire, les machines des engins de levage ayant été renforcées depuis l'année précédente. Le bout du câble fut soudé à la longueur supplémentaire et le 8 septembre 1866 ce deuxième câble était également amené à la côte Heart's Content à Terre-Neuve. De cette façon, deux voies de communication télégraphique étaient établies entre les deux continents, dont la liaison resta ininterrompue à partir du 27 juillet 1866<sup>4)</sup>.

Le projet le plus téméraire de l'époque avait ainsi été réalisé au prix des plus grands sacrifices après une lutte opiniâtre des initiateurs auxquels les déceptions ne furent pas épargnées. Dans le monde entier ce grand événement fut fêté solennellement, alors qu'un autre se préparait: le percement du canal de Suez achevé en 1869 et inauguré somptueusement le 17 novembre de la même année.

On doit ici rendre hommage à ces pionniers qui par leur sagacité, leur volonté indomptable et leur persévérance ont créé des voies télégraphiques entre les continents, nécessaires au développement économique des pays et favorables à l'entente entre les différents peuples.

Depuis, de nombreux câbles sous-marins ont été posés dans l'Océan Atlantique et ailleurs. Citons seulement à titre d'exemple, qu'en septembre 1926 a été posé le vingtième câble télégraphique sous-marin à travers l'Atlantique, depuis la baie Roberts (Terre Neuve) jusqu'à Penzance (Angleterre) avec le vaisseau «Colonia», le plus grand des cinquante vaisseaux étudiés et construits spécialement pour ce travail. Ce vaisseau avait les dimensions suivantes:

487 pieds de long sur 56 de large. Puissance des machines: 3750 kW. Vitesse normale: 14 nœuds. Equipage: 150 hommes<sup>6)</sup>.

Aujourd'hui, grâce aux efforts de l'inventeur italien Marconi, on échange des communications téléphoniques entre les continents à travers l'éther par TSF. C'est exactement le 18 juillet 1928 que le service de téléphonie sans fil a été inauguré entre la Suisse et l'Amérique<sup>7)</sup>.

Cela mènerait trop loin de rappeler d'autres poses de câbles sous-marins. Nous nous bornerons à citer les câbles sous-lacustres qui furent posés après 1863 dans le lac frontalier de Constance, où l'Administration des Télégraphes et des Téléphones suisses a participé aux frais d'établissement.

En 1892, un deuxième câble télégraphique sous-lacustre était posé par les soins de la fabrique de câbles Felten et Guillaume à Cologne entre Romanshorn et Friedrichshafen pour seconder son ainé posé en 1863. Ce nouveau câble, d'une longueur de 16,16 km, est composé de 2 conducteurs formé chacun de 7 fils de cuivre de 0,7 mm Ø câblés et isolés par de la guttapercha recouverte d'une couche de jute asphalté. L'armure est formée de 16 fils de fer galvanisé de 3,8 mm Ø. Les deux tronçons côtiers ont, en outre, une seconde armure sur une longueur de 1,2 km, formée de 16 fils de fer galvanisé de 5,5 mm Ø. La moitié de ce câble est propriété de l'Administration des Télégraphes suisses<sup>5)</sup>.

En 1906, on posa un premier câble téléphonique sous-lacustre pupinisé avec isolation au papier, entre Romanshorn et Friedrichshafen. Ce câble, de 12,6 km de longueur, avec 7 paires de conducteurs, est formé d'un câble sous-lacustre proprement dit et de 2 câbles côtiers. Ils sont tous munis d'une gaine de plomb recouverte d'une armure formée de 32 fils de fer rond de 3,75 mm Ø; les 2 câbles côtiers sont,

<sup>4)</sup> Die Postbetriebsschule No. 21 du 1<sup>er</sup> novembre 1936.

<sup>5)</sup> Extrait de l'album des câbles de l'Administr. des Télégr. et Téléph. suisses avec l'autorisation de celle-ci.

<sup>6)</sup> Bull. techn. Administr. Télégr. et Téléph. suisses, 1926, No. 5, p. 191.

<sup>7)</sup> Bull. techn. Administr. Télégr. et Téléph., 1928, No. 4.

en outre, protégés par une seconde armure de 30 fils de fer de 5,4 mm Ø. Ce câble contient des bobines de charge tous les 1000 m; il a été fabriqué et posé par la maison Siemens et Halske à Berlin. L'Administration des Téléphones suisses a participé pour un tiers aux frais d'installation<sup>5)</sup>.

En 1924, un quatrième câble, qui représente le deuxième câble téléphonique sous-lacustre dans le lac de Constance, fut posé par les soins de la fabrique Felten et Guilleaume à Cologne, entre Friedrichshafen et Romanshorn. Ce câble mixte du système «Krarup», de 13,64 km de longueur, est composé de 6 circuits en fils de cuivre de 0,8 mm Ø, toronnés en paires pour la transmission télégraphique, et de 14 circuits formé chacun d'un fil de cuivre de 1,16 mm Ø et de 2 fils de cuivre méplats de  $2,25 \times 0,27$  mm = 2,05 mm<sup>2</sup> de section câblés, pour la transmission téléphonique; chaque conducteur est krarupé. Deux paires de circuits sont toronnées ensemble pour former des quartes en étoile. L'isolation est en papier comme pour le câble précédent. La gaine de plomb de 4 mm d'épaisseur est pressée sur 2 spirales en fil d'acier de 1,65 mm Ø qui ont pour but d'empêcher les aplatissements du câble sous l'effet de la pression de l'eau de 25 kg/cm<sup>2</sup> au maximum. Cette gaine est recouverte d'une armure formée de 32 fils de fer profilés en Z pour le câble sous-lacustre et d'une seconde armure de 34 fils de fer profilés pour les deux câbles côtiers. La moitié des frais d'installation furent à charge de l'Administration des Téléphones suisses<sup>5) 8)</sup>.

Nous arrivons maintenant à une époque où l'Administration des Téléphones suisses entreprit, avec succès, la pose de câbles téléphoniques sous-lacustres avec les propres moyens de l'industrie suisse. Si la pose de ces câbles ne peut être comparée à celle des câbles sous-marins à travers l'Atlantique, elle offre tout de même certaines difficultés d'ordre technique à surmonter, qui pourraient intéresser le lecteur.

Les câbles transatlantiques sont posés à l'aide de navires transformés ou construits spécialement pour ce genre de travail, comme le «Colonia» cité plus haut. En Suisse par contre, on a été obligé de s'adapter aux bateaux de fortune en service sur les lacs où devait s'effectuer la pose.

En 1934, l'Administration des Téléphones suisses trouvait indiqué et économique de poser un câble téléphonique d'abonnés sous-lacustre dans le lac de Lugano, entre Brusino et Morcote aux fins d'éliminer le central manuel de Brusino pour raccorder les abonnés de ces parages, par le chemin le plus court, au central de Morcote. Peu avant, en 1928, les Câbleries de Brougg avaient posé un câble à haute tension dans le lac de Lugano entre Maroggia et Pojana. L'Administration des Téléphones chargea donc cette maison de la fabrication et de la pose du câble en question. Ce câble sous-lacustre, de 31 paires de conducteurs de 0,8 mm Ø, de 946 m de longueur, fut posé le 13 novembre 1934. En 1935, la même opération était reconue nécessaire dans le lac des Quatre-Cantons aux fins d'éliminer le central manuel de Seelisberg pour relier les abonnés de ce secteur au central de Brunnen. Un câble sous-lacustre de 80 paires de conducteurs de 1,0 mm Ø et de 1252 m de longueur a été posé entre Treib et Brunnen le 21 novembre 1935, également par les soins des Câbleries de Brougg<sup>9)</sup>.

Nous arrivons à la pose du troisième câble téléphonique sous-lacustre, celui du lac de Morat. Ce câble diffère des deux précédents par le fait qu'il est le plus long et possède un manchon de jonction immergé au milieu du lac.

### Travaux préparatoires.

L'Administration des Téléphones suisses, toujours soucieuse d'améliorer la configuration et le rendement du réseau téléphonique, cherche à chaque occasion qui se présente à grouper les petits réseaux avec d'autres plus importants, en améliorant ainsi l'exploitation.

Dans le cas concret, la question s'est posée de savoir si l'installation d'un central automatique à

<sup>8)</sup> Voir article de W. Trechsel, Bull. techn. Administr. des Télégr. et Téléph. suisses, 1924, No. 4, p. 98.

Praz-Vully, en remplacement du central manuel, serait plus économique que la pose d'un câble entre Praz et Morat pour raccorder les abonnés du Vully au central nodal de Morat. La pose d'un câble souterrain en contournant le lac par Sugiez et Montillier, de 7,2 km environ de longueur, s'avérait trop coûteuse. On envisagea alors la pose d'un câble sous-lacustre par la voie la plus courte à travers le lac, solution qui se révéla plus avantageuse que l'installation d'un central automatique à Praz-Vully.

Des études préliminaires furent entreprises le 30 avril 1936 pour fixer d'abord, en collaboration avec les Câbleries de Brougg qui se sont spécialisées dans ce genre de câbles, les détails tels que: Fixation du tracé, choix d'un bateau de pose. Il s'agissait également de trouver les moyens de surmonter les difficultés de transport terrestre. Ces études étaient nécessaires à l'élaboration d'un devis ferme par la fabrique de câbles.

Les calculs comparatifs prouvaient que les frais annuels des deux variantes se balançaient. Dans cette alternative, l'Administration des Téléphones opta pour la pose du câble sous-lacustre, prenant en considération la sécurité d'exploitation d'un câble et l'avantage d'éliminer un petit central.

Comme point de départ du câble immergé, à Morat, on choisit l'endroit le plus éloigné possible du débarcadère, à 120 m au nord-est de celui-ci, afin d'éviter les détériorations mécaniques du câble par la manœuvre des bateaux (coups de gaffes, jets d'ancres, ou jets de pierres, etc.).

L'arrivée du câble sur la rive de Praz était toute indiquée par un chemin de dévestiture qui aboutit à proximité de l'ancien central manuel.

Le tracé du câble sous-lacustre, ainsi que la configuration du réseau de câbles du Vully, ressortent de la fig. 1.

Le 27 juillet 1936, l'Administration des Téléphones passait aux Câbleries de Brougg la commande d'un câble sous-lacustre spécial de 100 paires de conducteurs de 0,8 mm de diamètre et de 2850 m de longueur, livrable à fin septembre 1936.

Le choix d'un câble à 100 circuits avait été fixé sur la base de l'augmentation des abonnés du Vully pendant la période des 10 dernières années, soit en moyenne 2,9 abonnés par an. A fin juin 1936, le nombre des abonnés était de 47.

La constitution et les dimensions du câble avec isolation au papier sont visibles sur la fig. 2. Un ruban d'acier SM, 6×1 mm, enroulé en spires rapprochées autour du faisceau des conducteurs, a pour but de maintenir les différentes couches du câble dans leur forme concentrique, nécessaire au maintien des propriétés électriques de celui-ci. Cette spirale protectrice doit éviter les aplatissements du câble provoqués moins par la pression de l'eau, qui n'est que de 3,4 kg/cm<sup>2</sup> au maximum,

<sup>9)</sup> Voir article de Weidmann, Bull. Techn. Administr. Télégr. et Téléph. suisses, 1936, No. 4, p. 147.

que par la chute accidentelle d'objets lourds sur celui-ci (ancres de bateaux, pierres, etc.). Les deux armures en fers méplats de 1,2 et 1,7 mm d'épaisseur, enroulées en sens inverse l'une de l'autre sur la gaine de plomb recouverte d'une couche de jute, servent à protéger celle-ci contre les détériorations mécaniques. La gaine de plomb de 3 mm d'épaisseur contient 1 % d'étain.

Diamètre sur le plomb = 42,5 mm.

Diamètre extérieur = 57 mm.

Poids du câble = 1010 kg par 100 m de longueur.

Le 28 juillet 1936, l'Administration chargeait Monsieur A. Kuriger, géomètre officiel à Morat, de mesurer, par un polygone de triangulation, la

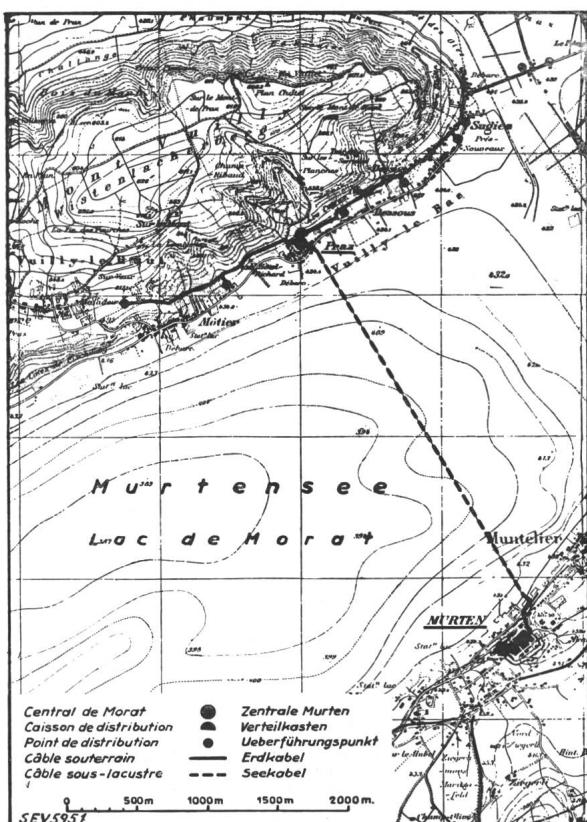


Fig. 1.

Tracé du câble sous-lacustre Morat-Praz.

distance exacte entre deux points fixes sur les digues de Morat et de Praz, puis de relever le profil longitudinal du tracé sous-lacustre au moyen d'un télémètre et d'une sonde appropriée. Trente deux sondages ont été faits: sur les bords tous les 50 m, ensuite tous les 100 m et vers le milieu du lac tous les 150 à 200 m environ.

La longueur horizontale de l'axe de pose, mesurée avec l'aide de bases différentes de la triangulation fédérale de IV<sup>e</sup> ordre, est de 2734,50 m, soit de 50 m environ plus courte que la distance mesurée sur la carte topographique à l'échelle de 1 : 25 000.

La profondeur maximum du lac est de 33,9 m, mesurée le 1<sup>er</sup> août alors que le niveau du lac cotaït 430,23 m au-dessus du niveau de la mer.

La longueur déployée du profil relevé a servi de base approximative pour déterminer la longueur du câble à immerger.

Le nombre des sondages effectués n'était pas suffisant pour relever toutes les anfractuosités du fond du lac. Pendant la pose il est, en outre, impossible de suivre exactement l'axe du profil relevé, le bateau étant inévitablement soumis à une certaine dérive par la traction unilatérale du câble immergé d'une part, et par l'effet d'un courant quelconque, d'autre part. Par une forte dérive on tombe inévitablement dans un profil différent de celui relevé qui peut, suivant les lacs, différer de plusieurs mètres en profondeur. Pour parer à toutes les éventualités et à de mauvaises surprises, il avait été prévu une longueur supplémentaire suffisante.

Les travaux préparatoires incombaient à l'Administration des Téléphones. A mi-septembre, deux socles d'ancrage en béton de  $1,3 \times 0,8 \times 0,6$  m pour amarrer le câble étaient placés à 5 m en retrait de la digue du lac à Morat et à Praz. Quelques jours auparavant les 2 câbles souterrains, du type normal, devant raccorder le câble sous-lacustre au central de Morat d'une part, et à un caisson de distribu-

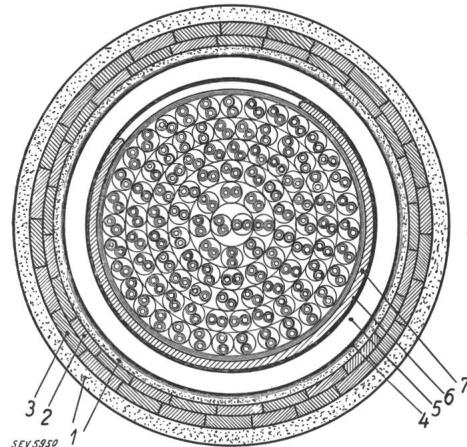


Fig. 2.  
Coupe du câble (grandeur naturelle).

1 Jute asphalté. 2 Fers méplats, zingués 1,2 mm. 3 Fers méplats, zingués 1,7 mm. 4 Papiers bitumés. 5 Gaine de plomb (1% Sn) 3 mm. 6 Ruban en coton. 7 Spirale en acier SM 6×1 mm.

tion à Praz d'autre part, furent posés jusqu'aux endroits prévus pour les épissures à proximité des socles d'ancrage, c'est-à-dire un câble gradué de 140—100×2 à Morat et un câble de 100×2 à Praz.

La livraison du câble étant assurée pour le commencement d'octobre, la pose de celui-ci fut fixée à partir du lundi 12 octobre 1936.

#### Pose du câble immergé.

La pose du câble s'effectua par les soins des Câbleries de Brougg avec leur personnel et à leurs risques et périls, sous l'experte direction de Monsieur P. E. Schneeberger, fondé de pouvoir.

Le choix du bateau de pose était tombé sur un chaland métallique construit dans les ateliers

Giovanola frères S. A. à Monthey (Valais), utilisé sur le lac de Neuchâtel pour le transport de sable extrait du lax au moyen d'une drague. Ce bateau, «Le Neuchâtelois», muni d'une cuve de forme rectangulaire au centre se prêtait bien à l'installation des engins nécessaires à la pose; il a les dimensions suivantes: Longueur: 30 m; largeur 6,5 m; hauteur de la quille au pont de commande: 4,6 m; puissance du moteur Diesel (Sulzer): 45 kW; charge normale: 100 t.

L'aménagement nécessaire à la pose fut effectué par les monteurs des Câbleries de Brougg au chantier de Neuchâtel, les vendredi et samedi précédents.

Le lundi matin, 12 octobre, le bateau équipé des engins de pose avec, en particulier, un tambour de 2,95 m de diamètre sur 1,5 m de large, placé sur un chevalet en bois au moyen d'un axe de 140 mm de diamètre, était amené de Neuchâtel par le canal de la Broye jusqu'à proximité de la gare de Faoug.

Certaines difficultés de transport avaient dicté la fabrication du câble en 2 longueurs. Les 2 bo-

permettait (voir fig. 4). Le bout du câble fut tiré jusqu'à la rive au moyen d'une corde métallique et enfilé dans un canal de protection en fers zorès de 5 m de longueur emmuré dans la



Fig. 4.  
Bateau à Praz.

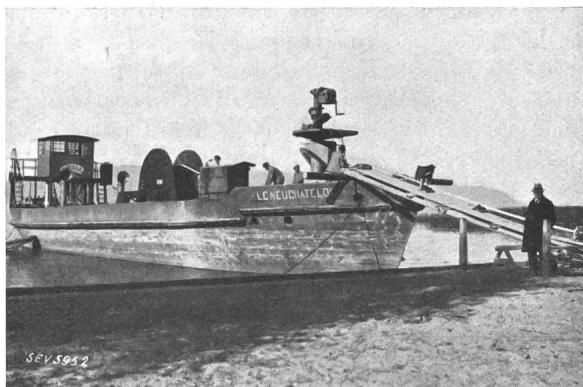


Fig. 3.  
Bateau amarré au bord du lac.

bines contenant l'une 1511 m et l'autre 1372 m de câble d'un poids respectif de 17 et 15,5 t, avaient été transportées jusqu'à Faoug par rail sur 2 wagons expédiés des Câbleries de Brougg, pour être transbordées l'une après l'autre de la voie des CFF sur le tambour installé sur le bateau.

Le bout de la première longueur de 1511 m fut amené à force de bras sur un jeu de galets posés sur le sol, du wagon CFF jusqu'au bateau amarré au bord du lac à une distance de 150 m environ de la voie, pour être enroulé sur le tambour de pose actionné par son propre moteur Diesel (voir fig. 3). Le bateau chargé de cette longueur, représentant un poids total de 22 t avec les engins de pose, fut amené le soir même au port de Morat.

Le mardi, 13 octobre, à 8 h 10, le bateau, libéré de ses amarres, était dirigé vers Praz avec un radeau formé de 4 pontons accouplés ensemble et une petite chaloupe «Bubenberg» qui complétait la flottille. Le bateau fut amené aussi près de la rive que possible jusqu'au point où le tirant d'eau le

digue. Le câble fut ensuite fixé dans les brides de l'armature du socle d'ancre en laissant une longueur de 8,5 m jusqu'à l'épissure avec le câble de raccordement. Un canal protecteur en fers zorès plombés fut ensuite ajusté autour du câble, au moyen du radeau formé des 4 pontons visible sur la fig. 5. Ce canal protecteur part du socle d'ancre et s'avance 33 m dans le lac. Il a pour but



Fig. 5.  
Pontons.

de protéger le câble contre des détériorations mécaniques provoquées par des coups de gaffes, ancrages de bateaux, etc. Ce travail d'abordage du câble à la rive de Praz et de montage du canal de protection dura de 8 h 30 à 10 h.

A 10 h commencèrent les travaux d'immersion proprement dits. Le temps était beau, sans vent, avec une visibilité excellente: un temps idéal pour ce genre de travail. Le bateau avança par la force de son propre moteur de 45 kW à une vitesse de 2,3 km à l'heure pour arriver à 10 h 39 au milieu du lac.

Pour maintenir le bateau autant que possible dans l'axe du profil relevé, Monsieur W. Leimgru-



Fig. 6.  
Bateau avec radeau.

ber, lieutenant-colonel d'artillerie, vérifiait la direction au moyen d'un théodolite et d'un télémètre placés sur le pont de commande et donnait les ordres nécessaires au pilote. Tous les 100 m le câble portait une marque pour pouvoir comparer, à l'aide d'un tableau, la longueur du câble immergé avec la distance parcourue, visible sur le télémètre. Chaque contrôle correspondait de 2 à 3 m près aux calculs. La direction se contrôlait au moyen de 2 mires en bois de  $1,5 \times 2$  m placées, au préalable, à Praz, exactement dans l'axe, à environ 90 m de distance l'une de l'autre. Ce contrôle, basé sur le principe de la feuille de mire et du guidon d'un fusil, s'effectuait au moyen du théodolite réversible avec un double contrôle sur un autre point de repère situé sur l'autre rive à Morat.

Le déroulement de la bobine du câble, actionnée par son propre moteur, devait marcher de pair avec la vitesse du bateau, en laissant toujours au câble le temps d'épouser toutes les sinuosités du fond du lac. Le câble était soumis à une pression intérieure constante de  $1,5 \text{ kg/cm}^2$  d'air sec pour contrôler l'étanchéité de la gaine de plomb pendant la pose. Les directives au chef-mécanicien étaient données du pont de commande, d'où le chef de pose dominait toute la manœuvre. Un frein à mâchoires assurait l'arrêt de la bobine. Pour contrebalancer l'effort de traction unilatéral du câble immergé sur la poupe du bateau, variant d'après les calculs de 128 à 460 kg, on avait rempli, en partie, les chambres d'eau de la proue. Ces chambres d'eau sont prévues pour compenser le poids de la grue pivotante du ruban transporteur de sable, placée en porte-à-faux latéralement au bateau dans son emploi

habituel. Cette grue pivotante a été démontée pour le travail de pose.

Au milieu du lac, le bout du câble fut amarré sur le radeau en pontons ancré aux quatre coins. Pour toute précaution, le bout du câble avait été fixé à une bouée formée de 4 tonneaux vides de 120 litres chacun (voir fig. 6).

Ce travail terminé à 11 h 30, le bateau fut dirigé ensuite vers Morat laissant le radeau au milieu du lac jusqu'au lendemain.

L'après-midi du même jour, la seconde longueur du câble fut dévidée du wagon des CFF à Faoug et renvidée sur le tambour aménagé sur le bateau (voir fig. 3).

Cette longueur de 1372 m fut transbordée en 1 h 30. Le bateau amené ensuite au port de Morat, on put commencer les préparatifs pour l'épissure du câble prévue pour le lendemain.

Le mercredi, 14 octobre, était le jour le plus important, c'est-à-dire: la soudure des 2 bouts de câbles au milieu du lac, la descente du manchon de jonction jusqu'au fond du lac et l'immersion de la seconde longueur de câble jusqu'à Morat.

A 6 h un monteur de l'Administration partait avec la chaloupe «Bubenberg» jusqu'à Praz à l'extrémité de la première longueur immergée la veille pour isoler les circuits, opération nécessaire pour effectuer les mesures de rigueur avant la confection de l'épissure. Le temps était couvert, maussade et froid. A 7 heures, le bateau fut détaché de ses



Fig. 7.  
Confection de l'épissure.

amarres au port de Morat et dirigé jusqu'au radeau au milieu du lac. Le bout du câble immergé fut amené sur le bateau ancré. Alors commencèrent les travaux préliminaires à la confection de l'épissure, soit: numérotage des conducteurs et mesure des déséquilibres du couplage par capacités entre les circuits; préparatifs qui durèrent de 7 h 30 à

9 h 30. Ces mesures furent effectuées par Mr. O. Strub, inspecteur technique de la Division des Télégraphes et des Téléphones, aux fins de fixer les croisements de circuits nécessaires dans l'épissure pour égaliser les valeurs de diaphonie.

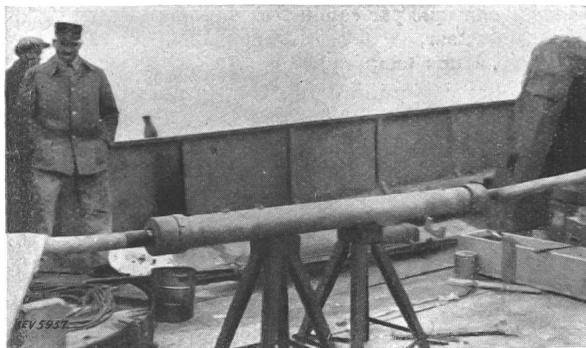


Fig. 8.  
Second manchon terminé.

La confection de l'épissure proprement dite, c'est-à-dire la soudure des 102 circuits du câble (dont 2 de réserve) dura de 9 h 30 à 10 h 50 (voir fig. 7). Ce travail délicat fut exécuté par deux épiseurs des mieux qualifiés de l'Administration.

Ensuite l'épissure fut séchée pendant une bonne demi-heure au moyen de 2 lampes à souder pour évaporer toute l'humidité qui aurait pu se déposer pendant sa confection. A ce moment, une pluie fine se mit à tomber, forçant d'abriter l'épissure par une tente. L'épissure suffisamment séchée, le manchon de plomb fut glissé dessus et soudé avec la gaine de plomb des 2 longueurs du câble. De l'air sec fut envoyé dans le câble soudé (env. 3 m<sup>3</sup> d'air) jusqu'à obtention d'une pression de 1,9 kg/cm<sup>2</sup>, pour s'assurer que le manchon de l'épissure était absolument étanche, ce qui fut le cas. Tout ce tra-

seconde armure du câble par un dispositif spécial faisant corps avec celle-ci. Ce genre de fixation du manchon d'acier sur l'armure du câble fut soumis



Fig. 10.  
Bateau en marche.

à une traction d'essai de 5000 kg dans les usines de Brougg, sans broncher (voir fig. 8). Les vides entre le manchon de plomb et chacun des deux tubes d'acier furent remplis de bitume liquide, assurant ainsi une parfaite étanchéité de l'épissure. Ce travail minutieux fut terminé à 15 h 30. Alors on s'apprêta à descendre le manchon dans son nouvel élément. A 16 h 05 il était immergé (voir fig. 9).

Entre temps, la visibilité s'était améliorée. Le bateau mis en marche pour immerger la seconde longueur, fut escorté, non pas de cuirassés comme dans la pose du premier câble transatlantique, mais bien d'un bon nombre de petites barques à rames et, naturellement, de la chaloupe «Bubenberg» qui faisait partie de la flottille de pose (voir fig 10). Le bateau était constamment entraîné à une légère dérive, en direction sud-ouest, par un courant imperceptible, ce qui nécessita une correction cons-



Fig. 9.  
Descente du manchon.

vail se termina à 11 h 45. Les monteurs des Câbleries de Brougg se chargèrent ensuite de l'ajustage, sur le manchon de l'épissure, d'un premier tube en acier fixé au moyen de bagues sur la gaine de plomb renforcée. Un second manchon extérieur en tuyau d'acier «Mannesmann» fut coincé sur la

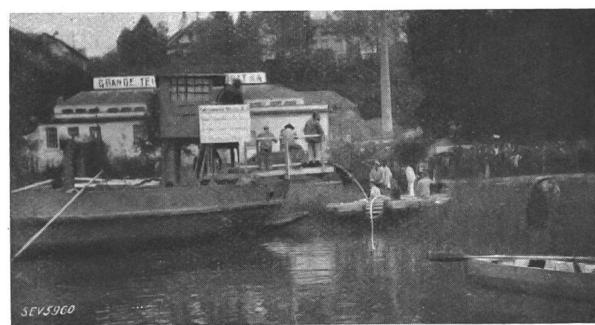


Fig. 11.  
Bateau à Morat.

tante de la direction. A 16 h 45, le bateau arrivait aussi près que possible de la rive à Morat, en virant sur la gauche, pour permettre la manœuvre d'abordeage du câble jusqu'au socle d'ancre (voir fig. 11). Une foule de curieux assistait à ce spectacle. Ce travail fut terminé à 17 h 30. Au moyen

du radeau à pontons on ajusta le canal protecteur en fers zorès plombés qui s'avance de 33 m dans le lac. Ce travail toucha à sa fin à 18 h 30, à la tombée de la nuit. C'était, sous tous les rapports, l'heureuse réussite de cette pose de câble favorisée par un temps propice et par une bonne visibilité.

Le lendemain, jeudi 15 octobre, la longueur supplémentaire prévue en cas de forte dérive, fut posée dans la canalisation en fers zorès du câble souterrain, laissée ouverte à cet effet, jusqu'au manchon de jonction avec le câble de raccordement au central de Morat.

Le bateau fut ramené à son port d'attache à Neuchâtel, soit au chantier de M. Bühler, son propriétaire, où les engins de pose furent démontés, le vendredi 16 octobre, par les monteurs de Brougg.

Les longueurs du câble complet, après montage, sont les suivantes:

	m
Central Morat — manchon «Teinturerie» . . . . .	564
Manchon «Teinturerie» — ancrage à Morat . . . . .	46
Ancrage Morat — manchon immergé . . . . .	1297,85
Manchon immergé — ancrage à Praz . . . . .	1500,50
Ancrage Praz — manchon souterrain . . . . .	5,65
Manchon souterrain — Caisson de distribution à Praz	245
Longueur totale	<u>3659</u>
Longueur du câble sous-lacustre . . . . .	2850
Longueur immergée dans le lac . . . . .	2787
Longueur immergée en plus de la longueur de l'axe horizontal . . . . .	32
Longueur immergée en plus, suivant prévision . . . . .	<u>27</u>
Différence en plus des prévisions . . . . .	5

En date du 24 octobre 1936, c'est-à-dire 9 jours après l'immersion complète du câble, l'Administration des Téléphones fit effectuer les mesures de rigueur pour la réception du câble. Le câble qui avait soutenu une pression constante de 1,9 kg/cm<sup>2</sup> fut reconnu étanche.

Les propriétés électriques mesurées du câble sont les suivantes:

<i>Isolement</i> du câble immergé minimum . . . . .	114 000 MΩ/km
du câble complet, c'est-à-dire du distributeur de Morat au caisson de Praz	minimum 15 000 »
par conducteur, maximum	32,1 Ω/km »
mesurée à une température de 9° C.	33,1 »
<i>Capacité</i> . Les déséquilibres du couplage par capacités mesurés après l'immersion, ont une moyenne de:	
1 <sup>re</sup> longueur de 1511 m . . . . .	40 μμF
2 <sup>e</sup> longueur de 1372 m . . . . .	30,5 »
Les 2 longueurs soudées ensemble . . . . .	26,6 »

A l'aide des croisements de circuits dans l'épissure au milieu du lac, on a corrigé les déséquilibres et, partant, les valeurs de diaphonie à 9,1 Néper, au minimum. Ce résultat garantit une transmission excellente des conversations. Le câble a été reconnu conforme aux prescriptions et accepté par les organes de l'Administration.

Les conditions posées par l'Administration fixent un délai de garantie de 5 ans à partir du jour de la réception. Pendant ce délai, la fabrique de câbles est responsable de tous les dommages qui seraient dus à des défauts de construction, de fabrication ou qui auraient été provoqués par les travaux de pose. Elle est notamment tenue de remplacer le câble si, durant le délai de garantie, celui-ci devait défectueux.

Après la réception du câble, les 3 circuits interurbains Morat-Praz ont été intercalés dans celui-ci. La mise en service définitive du câble s'est effectuée le 12 décembre 1936, où tous les abonnés du Vully ont été raccordés directement au central de Morat, soit 61 au total avec ceux de Mur et de Guévaux. Ils bénéficient maintenant d'un service permanent de jour et de nuit.

## Versuche an einem selbsterregten Asynchrongenerator.

Von Arnold Wälti, Zürich.

621.313.332

Im folgenden wird ein Versuch beschrieben, bei welchem eine gewöhnliche Asynchronmaschine als Asynchrongenerator auf einen Wasserwiderstand arbeitet, und zwar bei variabler Drehzahl und konstanter Maschinenspannung. Parallel zur Asynchronmaschine ist eine Synchronmaschine als Erreger, d. h. als Lieferantin des Magnetisierungsstromes geschaltet; diese Maschine läuft leer mit, also ohne Antriebsmaschine. Ganz allgemein wird damit gezeigt, dass eine gewöhnliche Asynchronmaschine als Bremsmaschine bei beliebigen Drehzahlen, Spannungen und Belastungen benützt werden kann. Diese Tatsache ist von besonderer Bedeutung für Laboratorium und Prüffeld, eventuell auch für Abnahmeversuche.

Im hydraulischen Laboratorium der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich (Vorstand: Herr Professor R. Dubs) stellte sich kürzlich folgende Aufgabe: Eine Hochdruckpumpe, gekuppelt mit einem dreiphasigen Asynchronmotor, sollte als Turbine in Betrieb genommen werden. Dabei musste der Asynchronmotor bei verschiedenen Drehzahlen und Belastungen als Generator betrieben werden.

L'auteur décrit un essai au cours duquel une machine asynchrone ordinaire débite en génératrice asynchrone sur une résistance liquide, à vitesse variable et à tension de la machine constante. Une machine synchrone travaille en parallèle avec la machine asynchrone, comme excitatrice, c'est-à-dire qu'elle fournit le courant magnétisant; cette machine tourne à vide, sans moteur d'entraînement.

Cela montre d'une façon générale que l'on peut utiliser une machine asynchrone ordinaire comme machine-frein à des vitesses, tensions et charges quelconques. Cette constatation peut être utile pour les laboratoires et plate-formes d'essai, éventuellement aussi pour les essais de réception.

Damit die Asynchronmaschine als Generator arbeiten kann, ist es nötig, dass sie mit einem Netz verbunden ist; diesem fällt die Aufgabe zu, einerseits der Maschine den Magnetisierungsstrom zu liefern, anderseits die vom Asynchrongenerator erzeugte Leistung aufzunehmen. Für die Erregung, d. h. zur Lieferung des Magnetisierungsstromes kann aber auch ein der Maschine parallelgeschalteter