

# Transport de force électrique en montagne, à l'aide de fils nus, placés sous la neige

Autor(en): **Schmidhauser, P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **47 (1921)**

Heft 16

PDF erstellt am: **27.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-36603>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Transport de force électrique en montagne, à l'aide de fils nus, placés sous la neige*, par P. Schmidhauser, ingénieur, Directeur des travaux d'adduction des eaux du lac d'Arnon. — *Concours pour l'étude des plans d'un laboratoire cantonal de chimie à Neuchâtel (à suivre)*. — *Programme d'électrification des chemins de fer fédéraux et conséquences financières du remplacement de la traction à vapeur par la traction électrique*. — *Essai de ciments à la flexion par chocs*. — *L'exportation de notre énergie électrique*. — *Délai de régularisation des notifications faites par le Bureau fédéral de la propriété intellectuelle*. — *Sociétés : Société suisse des Ingénieurs et des Architectes*. — *Cours d'Organisation économique du Travail*. — *La section de Neuchâtel de la S. I. A. continue à faire des balades*. — *BIBLIOGRAPHIE*. — *Calendrier des concours*.

### Transport de force électrique en montagne, à l'aide de fils nus, placés sous la neige,

par P. SCHMIDHAUSER, ingénieur,  
Directeur des travaux d'adduction des eaux du lac d'Arnon.

Le problème de l'établissement de lignes à haute tension en montagne présente parfois de sérieuses difficultés en raison des perturbations provoquées par les fortes chutes de neige entraînant, soit la rupture des fils aériens surchargés, soit des ruptures de poteaux ou de pylônes.

Les travaux qui viennent d'être achevés, faits pour le compte de la *Société Romande d'Electricité*, pour amener dans la Grande Eau (vallée des Ormonts) les eaux du lac d'Arnon (bassin de la Sarine), ont exigé un transport, par-dessus la montagne, de courant triphasé 6000 volts. Etablie entièrement sur poteaux de bois, comme on a coutume de le faire, la ligne franchit la montagne au Col des Andérets à l'altitude de 2035 m. Le faite du Col des Andérets est orienté du nord au sud ; à l'ouest, la pente qui y conduit est faible ; à l'est, par contre, elle est très forte. Cette configuration du sol favorise l'amoncellement de la neige sous forme de corniche (fig. 6, 7 et 8) sur le versant Est, sous l'action des vents d'Ouest.



Fig. 1. — Versant ouest du col des Andérets. Traversée du plateau d'Isenau. Les 3 fils à haute tension et les 2 fils du téléphone de service. Hauteur moyenne de la neige : 4,50 m.

La corniche des Andérets atteignait des dimensions telles que, malgré l'emploi de hauts poteaux, elle gagnait



Fig. 2. — Le col des Andérets. Poteau de 12 m. Les 3 fils haute tension sont rompus, ainsi que les 2 fils téléphoniques. Le trait de lumière, à droite, en bas, marque le bord supérieur de la corniche.

les fils aériens et passait par-dessus (fig. 2<sup>1</sup>). Puis, lorsque la tempête cessait, et que, sous le régime de la bise, la température montait très haut pendant le jour et baissait très bas pendant la nuit (les variations de + 30° à - 30° C n'y sont pas rares), un tassement lent de la corniche se produisait, entraînant les fils aériens, provoquant un accroissement progressif de leur tension mécanique, et amenant finalement leur rupture. Il peut paraître paradoxal que ces fils surtendus n'aient pas réussi à couper la neige de la partie supérieure de la corniche et à se libérer plutôt que de se rompre. Etonné de ce fait, nous avons examiné de près ce qui se passait, et avons constaté qu'une gaine de neige glacée — ce n'était pas de la glace compacte — se formait autour de chaque fil ; on sait d'autre part que la neige qui constitue une corniche est excessivement serrée et dure.

La forte inclinaison du versant Est favorise également le glissement, fort lent d'ailleurs, de la couche de neige lorsque celle-ci atteint de grandes épaisseurs. Ce glissement est surtout sensible lorsque de grosses quantités de neige sont tombées sur une première couche dont la surface a été sérieusement « croûtée », la « croûte » constituant en quelque sorte un plan de glissement.

Il est résulté de cette situation que, pendant plusieurs hivers, nous avons eu presque continuellement des ava-

<sup>1</sup> Cette figure représente le poteau du col tel qu'il était en 1918-1919.

ries en ce point de la ligne à haute tension alimentant le chantier du lac d'Arnon. Et nous savons, par les nombreuses expéditions que nous avons faites presque toujours par des temps épouvantables et des températures peu agréa-

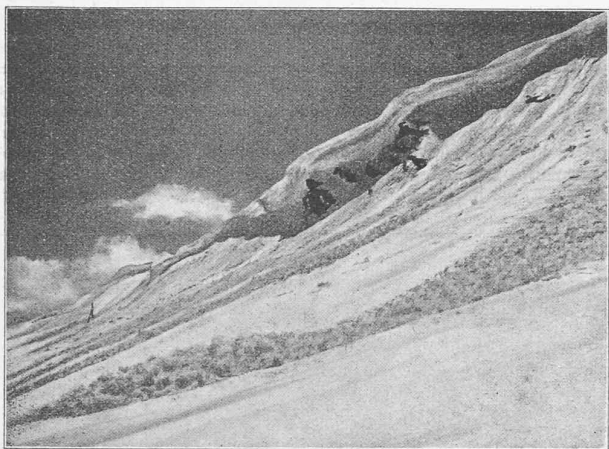


Fig. 3. — Le versant est du col des Andérets. On distingue un poteau contrefiché de la ligne aérienne qui résiste encore aux assauts des débris provenant de la rupture de la corniche.

bles, ce que coûte d'efforts et d'endurance la réparation d'une ligne à cette altitude et dans de pareilles conditions. Ces réparations devaient être faites dans le plus bref délai possible, attendu que le manque de force électrique au

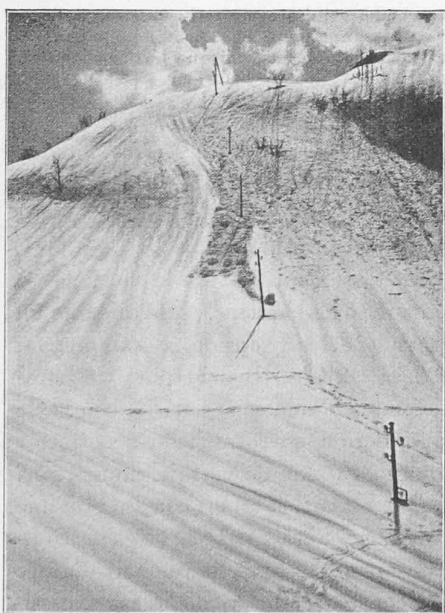


Fig. 4. — A mi-chemin entre les Andérets et le lac d'Arnon. Au premier plan, un poteau de 9 m. au sommet duquel on voit les 3 isolateurs de la ligne à haute tension et, plus bas, une ferrure d'isolateur de la ligne téléphonique, le second isolateur étant sous la neige.

chantier du lac entraînait l'arrêt complet du travail et l'arrêt des pompes d'épuisement dans les puits. Ces fréquentes perturbations nous ont conduit à modifier la ligne de façon à porter les fils à une plus grande hauteur au-dessus du sol. Mais l'hiver qui suivit cette transformation se révéla plus rigoureux que les précédents, et nous procura les mêmes ennuis, grâce surtout aux dimensions plus considérables prises par la corniche. Sur quatre mois que compte le gros de l'hiver, la totalisation des arrêts de courant s'élevait à deux et même trois semaines, malgré les travaux de déblayement exécutés

aux fins de les éviter (fig. 9 et 10<sup>1</sup>). En automne 1920, alors qu'on avait commencé à vider le lac d'Arnon à l'aide de deux pompes centrifuges actionnées chacune par un moteur de 60 HP, le besoin d'assurer, sans aucun arrêt durant tout l'hiver, l'alimentation du chantier en courant électrique apparut plus impérieux que jamais, car il y allait de la réussite de cette campagne de travaux, et le temps était compté pour achever la prise d'eau sous le lac avant que commençât la fonte des neiges.

C'est ce qui a conduit l'auteur de cet article à établir, sur une longueur d'environ 350 mètres à la traversée du Col des Anderets, une ligne de secours sur chevalets nains (fig. 11 à 13<sup>2</sup>) à une hauteur moyenne de 1 mètre au-dessus du sol. On sait que la neige constitue un mauvais conducteur de l'électricité. Prévue pour être raccordée en cas de besoin, à chaque extrémité, à la ligne aérienne, cette ligne avait pour mission d'alimenter le chantier, en cas de casse de cette dernière, pendant tout le temps nécessaire aux réparations. Très tôt recouverte, elle devait, au cours d'un hiver normal, se trouver engloutie à 3 ou 4 mètres de profondeur sous la neige à l'époque à laquelle se produisaient généralement les premières avaries à la ligne aérienne.



Fig. 5. — La cuvette du lac d'Arnon, le col des Andérets à droite et la Palette d'Isenau au milieu. La ligne à haute tension est indiquée en pointillé.

Fort heureusement pour nos travaux, l'hiver 1920-1921 a été excessivement doux, si bien qu'il n'est tombé que très peu de neige et que la ligne aérienne s'est fort bien comportée durant tout l'hiver. Nous n'avons donc pas eu à recourir à la ligne de secours établie sous la neige. Les travaux au lac ne nous ont pas accordé le loisir de procéder à un essai de mise sous tension pendant que la neige était sèche.

Le 13 mai 1921, par contre, nous nous sommes livrés à cet essai, et nous pensons que le résultat obtenu est susceptible d'intéresser les lecteurs du *Bulletin technique*.

Constitution de la ligne :

<sup>1</sup> La fig. 9 montre, de façon imparfaite, le chevalet qui a succédé au poteau de la fig. 2, en 1919-1920.

<sup>2</sup> Les fig. 11, 12 et 13 montrent la tour en bois établie en été 1920 pour porter les fils à une plus grande hauteur.



Fig. 5b. — Le lac d'Arnon en hiver.

Trois fils nus placés au même niveau, distants de 0<sup>m</sup>75 l'un de l'autre. Ligne fortement tendue, portée par des chevalets nains de 0<sup>m</sup>80 à 1 m. de hauteur. Isolateurs en porcelaine, modèle ordinaire pour 6000 volts.

Minimum de hauteur des fils au-dessus du terrain = 0<sup>m</sup>70 ; maximum = 1 m. 20. Longueur moyenne des portées = 15 m. Longueur de la ligne, environ 350 m. A chaque extrémité de la ligne, les fils remontent verticalement sur un chevalet plus élevé, comme le montre la fig. 11 et les extrémités sont recourbées vers le sol. Ces fils sont coupés trop courts afin d'empêcher leur mise en contact avec la ligne aérienne par des passants, braconniers ou skieurs.



Fig. 6. — Corniche de neige.

Le 13 mai, lors de l'essai, la ligne se trouvait déjà hors de la neige sur 30 mètres environ de sa longueur ; par ailleurs, elle était encore recouverte par 0<sup>m</sup>60 à 1 m. de neige. La neige était très mouillée, à tel point que nous appréhendions d'enregistrer un résultat nul ; sa densité

était, ce jour-là, de 0 kg. 58 au dm<sup>3</sup>, c'est-à-dire qu'elle donnait en eau le 58 % de son volume.

Afin de parer au danger de perturbations dans les réseaux de la Société Romande d'Electricité, des fusibles en fil d'argent de 3/10 mm. ont été intercalés au raccordement de la ligne aérienne avec la ligne naine. La ligne

aérienne fut coupée. Un appareil téléphonique était installé au Col des Andérets, relié avec les deux chantiers d'Ayerne (interrupteur de ligne) et du lac d'Arnon (consommateur de courant). Un service de signaux optiques avait été organisé en prévision d'une avarie à l'appareil téléphonique.

A 13 heures précises, la ligne

fut mise sous tension de 6000 volts. Tout alla bien. A 13 h. 05, au chantier du lac, on mettait en marche un petit compresseur d'air dont le débit était réglé en vue de cet essai, un concasseur de pierre et un moulin à sable, qui consommaient ensemble environ 22 kw., et on y faisait des mesures de tension. A 13 h. 37, deux des fusibles du Col des Andérets brûlèrent. L'interrupteur de ligne fut aussitôt déclenché à Ayerne, et un orage nous força à rétablir rapidement la ligne aérienne et à déguerpir.

La tension du courant transformé en basse tension au chantier du lac était :

*Le 12 mai. Alimentation par la ligne aérienne.*

Moteurs au repos . . . . . 234 volts.

Moteurs en action, environ 22 kw. . . . . 217 volts.

*Le 13 mai. Alimentation par la ligne sous neige.*

Moteurs au repos . . . . . 230 volts.

Moteurs en action, environ 22 kw. . . . . 216 volts.

La ligne est ainsi restée sous tension pendant 37 minutes.

A la fin de mai, la neige ayant disparu sur tout le parcours de la ligne, nous avons constaté qu'un court-circuit s'était produit sur un des chevalets. Deux porcelaines étaient cassées, les fils reposaient sur la traverse en bois qui portait les isolateurs, et cette traverse était carbonisée. Les traverses des autres chevalets étaient intactes.

Nous pouvons donc en conclure que la rupture des fusibles était due à un court-circuit accidentel que l'on pourra facilement éviter à l'avenir en vouant un soin tout particulier au choix des isolateurs quant à leur forme et à leurs dimensions. Et nous avons acquis la conviction qu'une telle ligne se comporterait admirablement bien sous la neige pendant le gros de l'hiver, c'est-à-dire jusqu'au moment où commence à s'opérer la fonte des neiges. Si dans la neige aussi saturée d'eau que celle du 13 mai, la

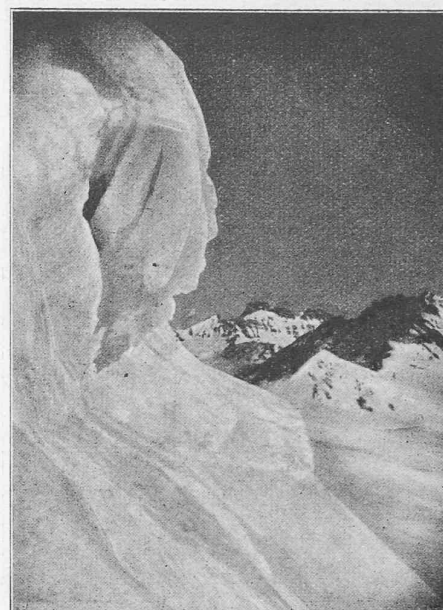


Fig. 7. — Corniche de neige.

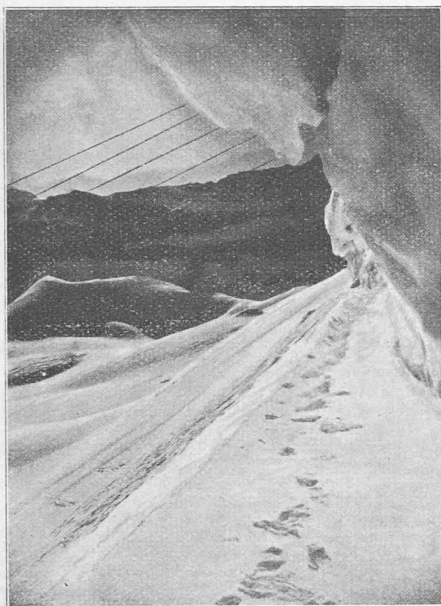


Fig. 8. — La corniche des Andérets.

Cela nous semble confirmé d'autre part par le fait que la ligne aérienne est restée parfois submergée par la corniche durant plus de 72 heures sans que nous ayons constaté la moindre perturbation dans le courant.

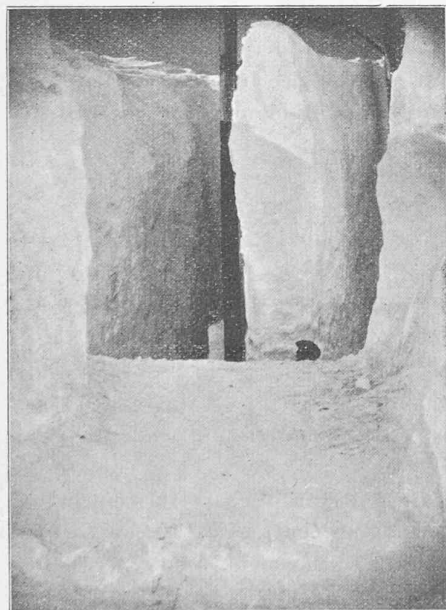


Fig. 9. — Intérieur de la tranchée creusée au col des Andérets pour soustraire les poteaux à l'action de la poussée de la neige. On distingue la tête d'un homme qui est debout à côté des poteaux; à ses pieds il y a encore 1,20 m. de neige.

Il ne faudrait donc pas craindre d'établir, dans des cas spéciaux comme celui qui nous occupe, et en tant qu'installation de secours bien entendu, des lignes sur poteaux nains que l'hiver ensevelirait sous de fortes épaisseurs de neige, de s'en servir chaque fois que la ligne aérienne se trouverait être avariée, et pendant tout le temps que dureraient les réparations. Il faut que le conducteur soit de section suffisante pour éviter tout échauffement, et il importe que les portées soient courtes et la ligne fortement tendue de telle sorte que la charge de la neige ne puisse en aucun cas lui donner des flèches qui, par places, la rapprocheraient par trop du sol. Nous

recommanderions de ne pas adopter des portées de plus de 15 mètres. Il est nécessaire en outre de s'assurer un coefficient de sécurité électrique supérieur à ce qui est d'usage, car il serait bien difficile de remédier à des ruptures électriques d'isolateurs. Les ferrures des isolateurs et les chevalets doivent être très robustes.

Il importe également que le matériel destiné aux connexions ne soit pas déposé sur place, afin qu'il soit impossible à un tiers de faire des sottises. Il conviendrait encore de ne plus recourir à cette ligne lorsque, au printemps, la densité de la neige dépasserait 0,4 à 0,5.

Vous nous direz peut-être que cette ligne naine peut, pendant qu'elle est sous tension, présenter de réels dangers. A quoi nous nous empresserions de répondre que, dans le cas particulier du Col des Audérets, nous aurions été forcés de la mettre en service sitôt après que le courant eut manqué au chantier du lac, quel qu'ait été l'état du ciel; que, si ç'eût été par la bourrasque, les hommes chargés de cette opération eussent lestement regagné leur domicile sitôt celle-ci terminée; que pendant le temps que durait la bourrasque, aucun mortel quelconque n'eût songé à se promener là-haut; que, sitôt la bourrasque passée, une équipe s'y serait rendue aux fins de réparer la ligne aérienne, et des sentinelles auraient été placées pour



Fig. 10. — La tranchée dans la corniche des Andérets, vue de l'intérieur vers l'extérieur.

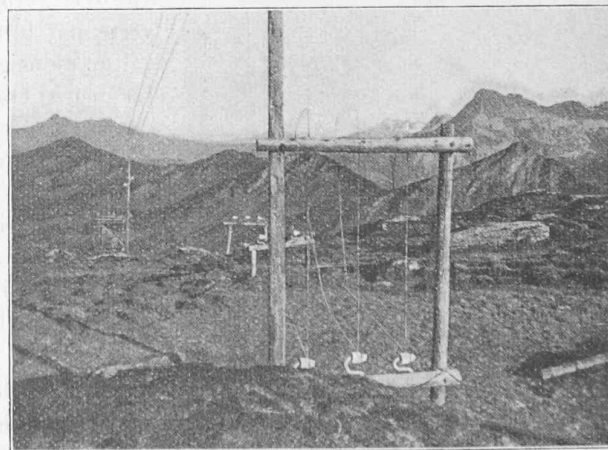


Fig. 11. — Tête amont de la ligne de secours.

éloigner les passants éventuels ; que, si même une personne arrivait à passer à skis au-dessus d'une telle ligne, elle ne courrait aucun danger parce que isolée de la ligne par la neige qui la recouvre, et isolée du sol à plus forte raison ; qu'en enfonçant son bâton dans la neige pour en sonder la profondeur, comme il arrive, le skieur ne court aucun danger parce que isolé lui-même du sol par la neige, et parce que son bâton est toujours en bois, et en bois bien sec, car le skieur ne va pas se distraire à ces altitudes par la tempête.

Il va sans dire que, malgré toutes les assurances que donne la qualité d'excellent isolant de la neige, il conviendrait d'être prudent et de ne pas laisser la ligne sous tension sans prendre la précaution d'en empêcher l'accès, soit par une clôture et des affiches, soit par des sentinelles qui renforceraient l'effectif de l'équipe chargée des travaux de réparation. La clôture pourrait être constituée par des fils de fer tendus sur des montants fichés dans la neige.

Les fig. 1, 2 et 3, qui montrent la ligne sous tension à hauteur d'homme, sont là pour prouver qu'en haute montagne la ligne aérienne présente plus de dangers que la ligne enfouie profondément sous la neige, ceci pour autant que la couche de neige atteint une forte épaisseur.

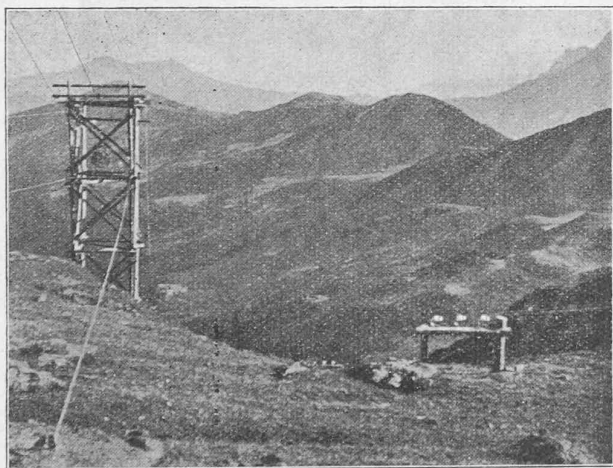


Fig. 12. — Chevalet supérieur de la grande portée de la ligne aérienne; à droite : un chevalet nain de la ligne de secours.

La fig. 2 prouve surabondamment que la neige, au gros de l'hiver, constitue un excellent isolant. Au moment où cette photo a été prise, les deux fils du téléphone ainsi que les trois fils à haute tension venaient d'être rompus. Ce n'est que l'impossibilité de communiquer par téléphone avec le lac d'Arnon qui donna l'éveil ; aucune perturbation quelconque n'avait été observée ni au chantier d'Ayerne ni à l'usine génératrice du Pont de la Tine. Nous ne doutions nullement que la ligne électrique fût rompue elle aussi, ni que le courant faisait défaut au chantier du lac ; la ligne était toujours sous tension. L'un de nous descendit au lac, l'autre retourna à Ayerne, et chacun revint le lendemain avec une équipe d'ouvriers. Il est équitable de reconnaître, en passant, que si les grandes quantités de neige présentent parfois de gros inconvénients, elles

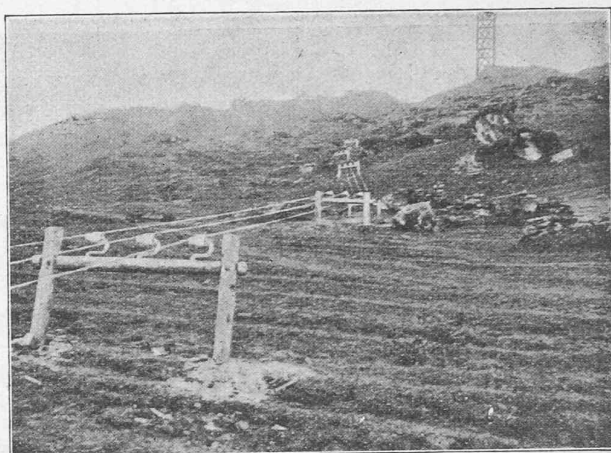


Fig. 13. — Ligne de secours.

offrent aussi cet avantage que les réparations peuvent être faites sans emploi de fers à grimper. Maigre compensation, nous direz-vous ? Soit. Et, au fait, vous avez raison : avec la ligne sur poteaux nains qui se trouverait à trois ou quatre mètres de profondeur dans la neige, on éviterait non seulement les fers à grimper, mais surtout les sempiternelles réparations.

Après quoi, rien n'empêcherait de perfectionner le système.

Les Diablerets, juin 1921.

### Concours pour l'étude des plans d'un laboratoire cantonal de chimie à Neuchâtel.

(Suite.)<sup>1</sup>

N° 15. *Les Remparts*. — Une bonne distribution synthétique des locaux, clairement disposés suivant un grand axe longitudinal, telle est l'impression que donne l'examen des plans. Les services sont rationnellement répartis au rez-de-chaussée ; ils devraient cependant être intervertis pour la bactériologie et l'hygiène, respectivement placés au sous-sol et au premier étage. La salle de cours et de collections est mal située au nord-est, à l'étage du rez-de-chaussée et du côté des prisons. L'éclairage direct, par les fenêtres prévues, serait d'ailleurs insuffisant, même si le local était mis à un autre endroit. Au sous-sol, le prolongement du vestibule jusqu'à la façade sud prive d'une fenêtre les salles du côté de l'orientation la meilleure. L'écurie et ses dépendances, placées au sous-sol en arrière d'une galerie ouverte avec baies en plein cintre, constitue une heureuse combinaison, mais le concierge chargé de soigner les animaux en sera trop éloigné, son logement étant aux combles. Cet appartement est bien distribué, mais mal éclairé par des fenêtres de dimensions insuffisantes. Le monte-charge qui met en relation le magasin de verrerie avec les laboratoires à chaque étage est un dispositif qui aura son utilité (fig. 11 à 13).

Les façades, bien étudiées, ont une bonne proportion générale, mais l'arrangement des baies n'est pas très heureux. Aux étages supérieurs, les grandes ouvertures des façades sud et ouest sont parfaites pour l'éclairage des locaux, mais elles ne sont pas de meilleur effet dans l'ensemble du dessin ; les

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 23 juillet 1921, page 173.