

# Usine hydro-électrique de Fully (Valais, Suisse): la plus haute chute du monde (1650 mètres)

Autor(en): **Chenaud, h. / Bois, L. du**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **48 (1922)**

Heft 21

PDF erstellt am: **26.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-37426>

## **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 : *Usine hydro-électrique de Fully (Valais, Suisse), la plus haute chute du monde (1650 mètres)*, par H. CHENAUD et L. DU BOIS, ingénieurs. — *Le « Quartzilite » et ses applications dans l'électrotechnique. Communication de la S. A. Kümmler & Matter, à Aarau.* — DIVERS : *Association des Constructeurs suisses de ponts et charpentes métalliques.* — SOCIÉTÉS : *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes.* — NÉCROLOGIE : *Georges Autran.* — BIBLIOGRAPHIE.

### Usine hydro-électrique de Fully.

(Valais, Suisse.)

La plus haute chute du monde (1650 mètres),

par H. CHENAUD et L. DU BOIS, ingénieurs.

#### Introduction.

Les usines hydro-électriques installées dans les Alpes utilisant des cours d'eau alimentés par des glaciers, ont un régime très spécial en ce qui concerne le débit de ces cours d'eau. Les débits d'étiage se produisent en hiver, dans les périodes de plus grands froids, et les hautes eaux en été, dans les périodes de grandes chaleurs qui activent la fonte des glaciers. Les débits d'étiage tombent à des valeurs bien inférieures au débit moyen, et si l'on ne dispose pas d'une réserve thermique ou autre, la puissance d'une usine peut tomber à des valeurs extrêmement faibles pendant les mois d'hiver.

Un des moyens les plus rationnels de réaliser des réserves pour les périodes de manque d'eau consiste en la création de bassins d'accumulation permettant de recueillir tout ou partie de l'eau qui tombe sur la surface d'un bassin versant déterminé, soit sous forme de pluie, soit sous forme de neige. Ces réserves d'eau peuvent alors être utilisées au fur et à mesure des besoins, et il est évident que plus la chute disponible sera importante, plus le volume d'eau accumulé représentera de kilowatts-heure emmagasinés. On aura donc tout avantage à créer des bassins d'accumulation aussi élevés que possible.

Un exemple des plus intéressants d'une pareille usine de réserve est celui de *Fully* (Valais, Suisse) qui utilise

une chute de 1650 mètres, soit de beaucoup la chute utilisée la plus élevée du monde. Elle a été aménagée pour le compte de la Société d'Electro-Chimie dans les années 1912 à 1914, par les soins et sous la direction de M. A. Boucher, l'ingénieur-hydraulicien bien connu, qui détient depuis plus de vingt ans le record des plus hautes chutes utilisées par l'aménagement des usines hydro-électriques du lac Tanay (Suisse) et d'Orlu (Pyrénées), d'environ 930 mètres chacune.

Nous rappellerons pour mémoire que la Société d'Electro-Chimie a fait installer en 1909, également par les soins de M. Boucher, l'usine de Martigny (Valais, Suisse), utilisant les forces motrices de la Drance. Cette installation, qui a été décrite dans le *Bulletin technique de la Suisse romande* (juillet à octobre 1910), a été aménagée pour une puissance maximum de 16 000 HP, qui peut tomber à 5000 HP en périodes d'extrêmes basses eaux, soit à la fin de l'hiver. La chute nette utilisée est de 175 mètres. Cette installation comporte entre autres choses intéressantes

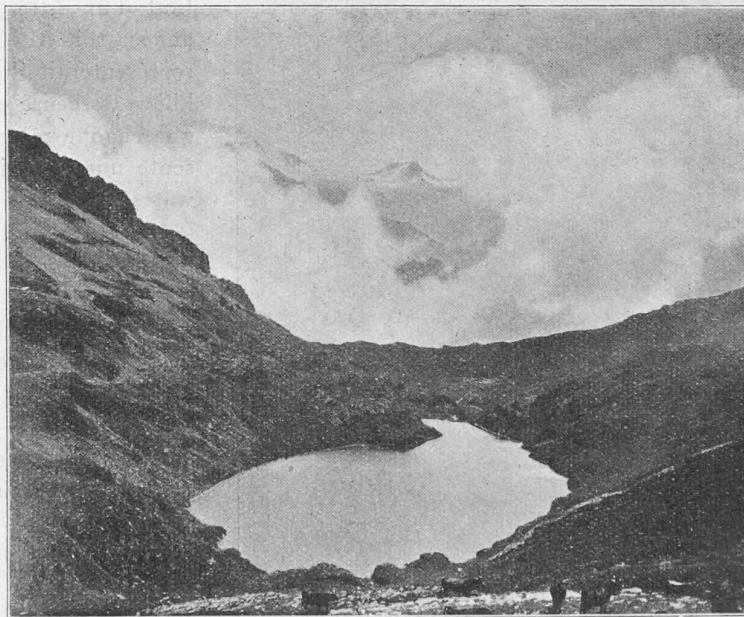


Fig. 2. — Vue du lac de Fully avant les travaux.

une galerie d'amenée partiellement en pression, dont une longueur d'environ 2600 mètres fonctionne sous une pression d'environ 60 mètres.

L'usine de Fully a été créée pour servir de réserve à celle de Martigny ; elle est en fonctionnement régulier depuis 1915 et a parfaitement rempli le but que l'on s'était proposé en l'aménageant.

L'installation d'une chute aussi élevée présentait bien des problèmes nouveaux et délicats ; aussi pensons-nous que la description des ouvrages et des machines pourra intéresser les hydrauliciens et en général tous les ingénieurs qui ont à s'occuper de forces motrices hydrauliques.

### Considérations générales.

Les voyageurs qui ont eu l'occasion de faire en bateau, sur le lac Léman, le trajet Lausanne-Vevey-Montreux, n'ont pas manqué d'admirer à partir de Vevey le magnifique panorama du fond du lac dont les Dents-du-Midi à droite et les deux Dents de Morcles à gauche, et entre deux l'entrée du Valais, forment le principal décor. Le

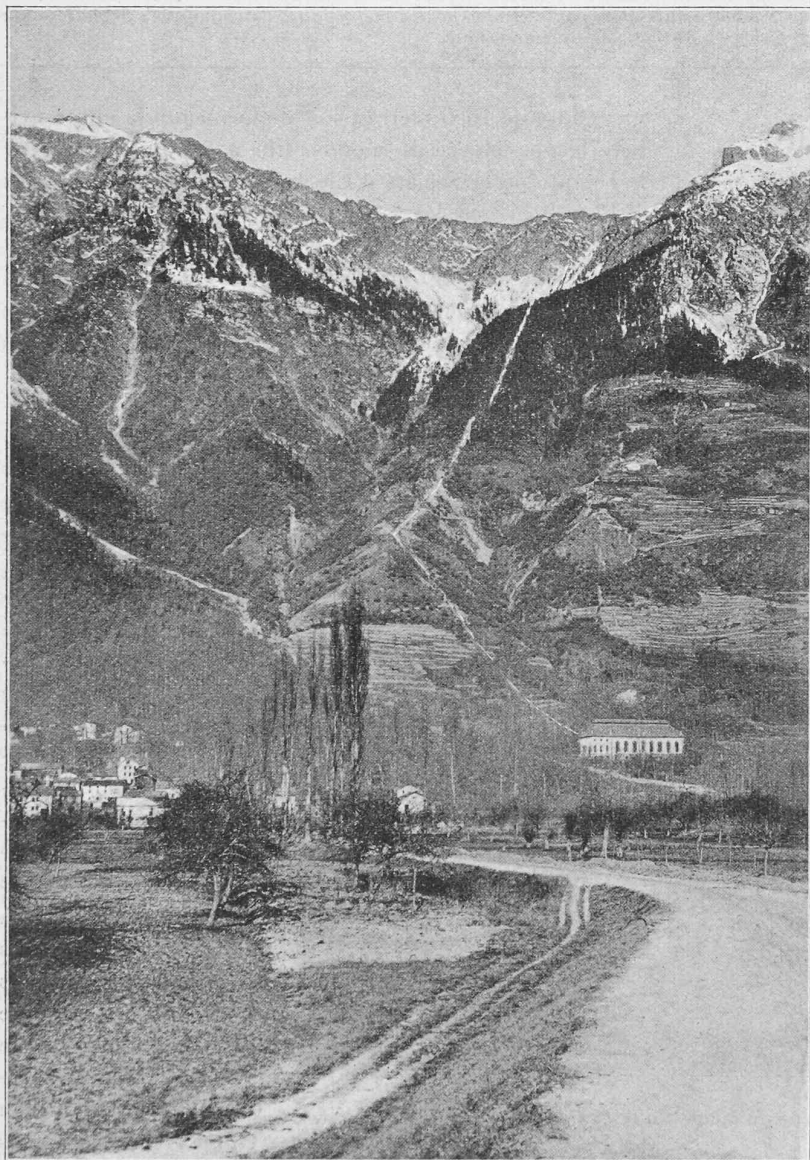


Fig. 1. — Usine hydroélectrique de Fully, vue d'ensemble.

petit lac de Fully est situé sur le versant sud-est des Dents de Morcles, à l'altitude de 2130 mètres. La vue photographique (fig. 2) fait voir ce lac avant les travaux. Un second lac, plus petit, appelé lac de Sorniot, est situé un peu plus bas (cote moyenne : 1990). Ses eaux ont également été captées et utilisées ainsi qu'on le verra plus loin. Le plan de situation (fig. 3) fait voir ces deux lacs avec le barrage qui a été construit pour augmenter la capacité du lac supérieur, et le tracé de la canalisation. La carte au 1 : 50 000 (fig. 4) montre l'ensemble des

ouvrages. Les vues photographiques (fig. 5 et 6) font voir le barrage.

Sur la vue photographique d'ensemble fig. 1, on peut suivre en partie la descente de la conduite sous pression, et l'on voit l'usine ainsi qu'une partie du village de Fully. Le sol de la salle des machines est à la cote 500,00. La crête des rochers dans le prolongement du tracé de la

conduite forme ce que l'on appelle le col de Sorniot, à l'altitude de 2060 environ. Le lac de Sorniot se trouve directement en arrière de ce col. La canalisation passe en tunnel sous le col et débouche au pied de la paroi de rochers.

Il est intéressant, pour fixer les idées, de calculer ce que représente en énergie, avec une pareille chute de 1650 mètres, l'eau emmagasinée dans le lac de Fully. Un litre d'eau par seconde, sous cette chute, développe une puissance de 16,5 HP sur l'axe des turbines en comptant sur un rendement de 75 % pour celles-ci, ou de 12 kilowatts aux bornes des génératrices. Un débit constant d'un litre par seconde pendant une année, soit 31 536 mètres cubes au total, représenterait donc une énergie de 100 000 kilowatts-heure environ. On peut aussi dire que chaque mètre cube emmagasiné représente une énergie disponible de 3,15 kilowatts-heure.

La vitesse de l'eau à la sortie de l'injecteur de la turbine est d'environ 165 mètres par seconde, soit environ 600 kilomètres à l'heure, et il suffit d'un orifice de 38 mm. de diamètre seulement pour produire, avec la chute nette de 1600 mètres, une puissance de 3 000 HP.

Avec la retenue actuelle à la cote 2139, le volume d'eau emmagasiné est d'environ 3 200 000 mètres cubes, ce qui représente donc en chiffres ronds 10 000 000 de kilowatts-heure.

On voit par ces chiffres l'importance et l'intérêt d'une pareille force motrice pouvant être accumulée et distribuée à volonté au fur et à mesure des besoins.

Une des principales difficultés pour l'exécution des travaux provenait de l'altitude élevée, plus de 2000 mètres, à laquelle une partie de ceux-ci devaient être exécutés, et du temps très court dont on disposait pendant la belle saison.

Ce n'est qu'à fin juin, et souvent même en juillet, que le lac de Fully est complètement débarrassé de glaces, et pendant les mois de juillet à septembre les travaux ont parfois été entravés par des chutes de neige assez importantes. En hiver, les travaux au lac devaient être complètement suspendus, les installations et baraquements étant ensevelis sous plusieurs mètres de neige.

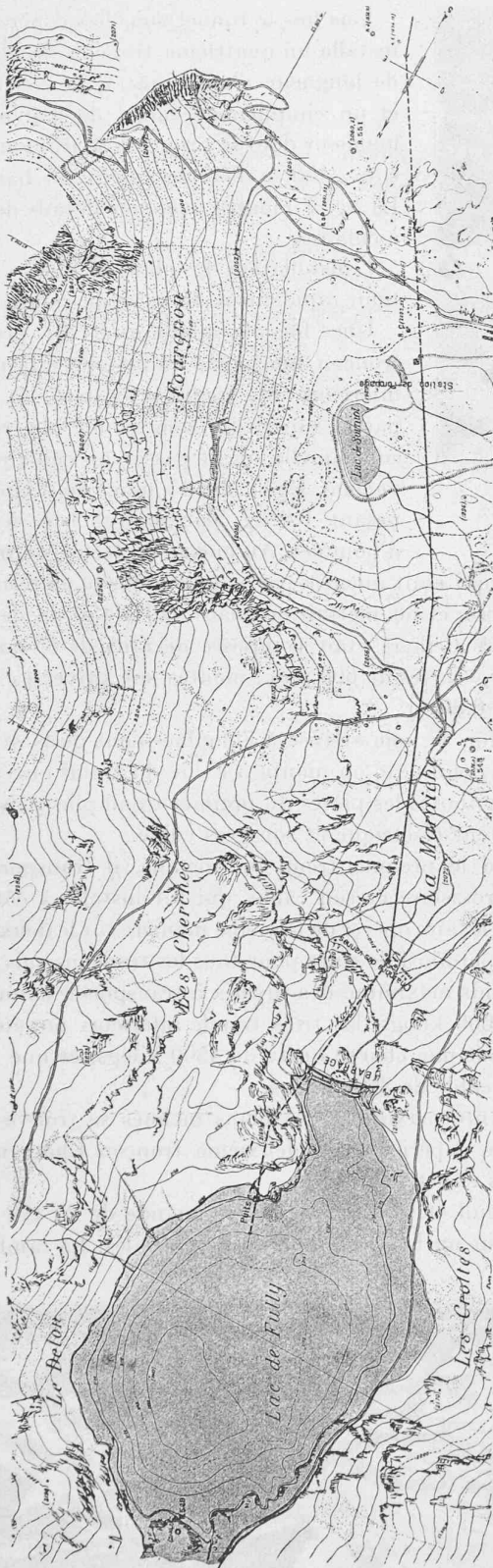


Fig. 3. — Plan de situation de la partie supérieure des installations. — Echelle 1 : 10 000.

Tant que le tunnel à forte pente sous le col de Sorniot ne fut pas percé, il n'y avait d'autre accès aux chantiers du lac qu'un mauvais sentier à piétons par lequel tous les transports durent être effectués à dos d'homme. Il fallait environ cinq heures pour se rendre de l'emplacement de l'usine au lac. Le transport des pièces à dos

d'homme coûtait 0,10 fr. par kilog pour les objets jusqu'à 20 kilogs, et davantage pour les pièces plus lourdes. Toutes les installations mécaniques pour la perforation du tunnel du lac et du puits, compresseurs, transformateurs, etc., ont dû être transportées de la sorte. La pièce la plus lourde pesait 250 kilogs.

Dès que les travaux furent décidés, on commença l'aménagement des funiculaires d'accès et on construisit une ligne de transport de force en aluminium, et une ligne téléphonique pour relier la plaine avec le lac. Pour gagner du temps, on commença immédiatement, à la main d'abord et mécaniquement ensuite, la perforation du tunnel de prise sous-lacustre, du puits de prise d'eau au bord du lac et du tunnel sous le col, après avoir aménagé des baraquements pour le logement des ouvriers et du personnel de surveillance, à 2100 mètres d'altitude.

La perforation des tunnels a commencé le 1<sup>er</sup> août 1912, et le 26 octobre de la même année de fortes chutes de neige ont bloqué les ouvriers qui, pris de panique, ont voulu à tout prix redescendre. Dans un couloir en dessous du col de Sorniot une avalanche entraîna quatre hommes qui, fort heureusement, purent être retirés sans contusions trop graves. Les travaux ne purent être repris qu'au milieu de mai 1913.

A fin septembre 1913, le tunnel incliné sous le col de Sorniot fut percé, ce qui facilita l'accès des chantiers du lac et permit à une équipe d'une dizaine d'hommes robustes et bien entraînés de travailler au lac jusqu'au 20 décembre.

En 1914, les travaux de la prise d'eau purent recommencer à fin mai, et le 11 octobre de la même année on faisait sauter le bouchon de rocher qui séparait la galerie de prise d'eau du lac.

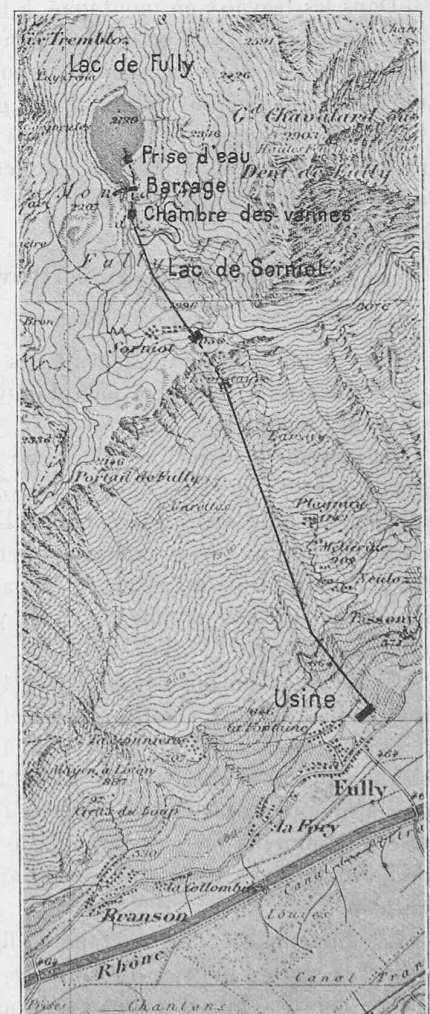


Fig. 4. — Carte générale au 1 : 5000.

Reproduction autorisée par le Service topographique fédéral, (28. V. 22.)

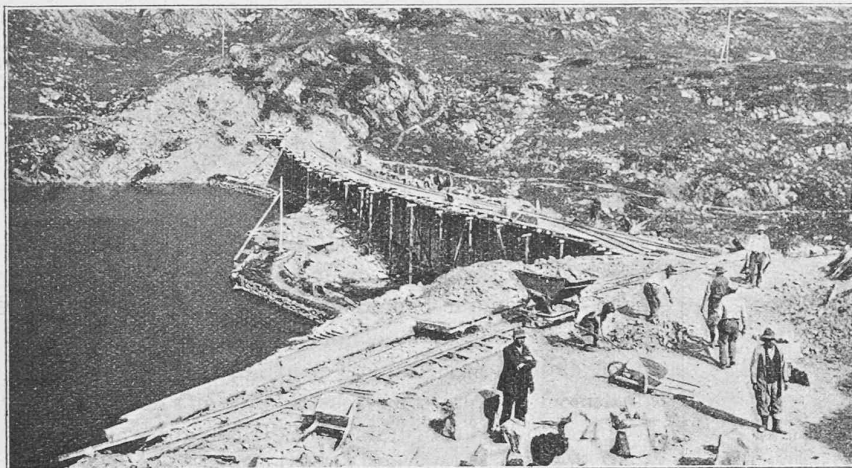


Fig. 5. — Barrage en construction, vu de l'amont.

A fin octobre 1914, donc deux ans et trois mois après le commencement des travaux, on a pu produire du courant et procéder aux essais des groupes hydro-électriques.

Dans les travaux en montagne, à haute altitude, nous avons remarqué qu'il se produit généralement un décalage de saison. Mars est plus rigoureux que décembre, et avril ne vaut pas novembre. Il fait généralement moins froid à la montagne qu'en plaine à la fin de l'automne et au commencement de l'hiver, et c'est le contraire qui se produit à la fin de l'hiver et au commencement du printemps.

### Description des travaux.

#### Voies d'accès.

Pour faciliter le ravitaillement des chantiers du lac et pour amener les tuyaux à pied d'œuvre, on installa une série de funiculaires.

Le premier plan incliné, d'environ 900 mètres de longueur, part de la plaine à la cote 470 pour aboutir en alignement à un endroit dénommé « Le Château », à l'altitude de 760 m., où se trouve le premier angle en plan. La station motrice est située à la partie supérieure, dans le prolongement du premier alignement.

Un second plan incliné, d'environ 1650 mètres de longueur, aboutit aux Garettes, à la cote 1550 et il était suivi d'un troisième tronçon d'environ 700 m. de longueur aboutissant à la cote 1900 à l'entrée du tunnel à forte pente sous le col de Sorniot où se trouve le second angle en plan.

Les funiculaires 2 et 3 étant en ligne droite, la station motrice des Garettes fut placée sur des piliers en maçonnerie, à cheval sur la voie, assez haut pour permettre le passage des vagonnets du troisième tronçon au-dessous du treuil.

Une fois le tunnel sous le col percé, on installa un quatrième tronçon de 850 m. de longueur aboutissant à la cote 2050 et un cinquième tronçon de 650 m. de longueur dont le terminus se trouvait à la cote 2150, à l'emplacement du barrage. La fig. 7 montre quelques détails des funiculaires.

L'installation des plans inclinés s'effectuait rapidement de la façon suivante :

Une fois la plateforme du premier tronçon aménagée on installa à la partie inférieure un treuil provisoire, et à la partie supérieure une poulie de renvoi sur laquelle on fit passer un câble relativement léger, de 15 mm. de diamètre, pesant 0,8 kg. par mètre, tiré à bras d'hommes. Au moyen du treuil, on monta

la voie qui était amenée par vagonnet jusqu'au terminus de la pose, et on mettait en place 120 à 150 m. de voie par jour. Celle-ci était composée de rails de 65 mm. de hauteur, écartés de 600 mm., montés sur traverses espacées de 0,80 m.

Une fois la voie arrivée à l'emplacement de la station motrice définitive, on monta à l'aide du treuil provisoire inférieurs toutes les pièces du premier treuil plus puissant, son moteur électrique et son gros câble.

Quand le premier treuil fut installé, il transporta le treuil provisoire et son câble, qui fut installé à côté de lui pour le faire opérer de la même manière sur le deuxième tronçon, et ainsi de suite pour tous les tronçons suivants.

Le poids maximum des tuyaux à transporter ayant été fixé à 4000 kilogs, les trois treuils inférieurs ont été calculés pour une charge brute de 4500 kilogs, et une traction du câble de 3600 kilogs.

La pente maximum des plans inclinés se trouve vers la partie supérieure du deuxième tronçon Château-Les Garettes et atteint 105 %.

Le treuil et son moteur de commande de 25 HP sont placés sur un bâti commun en fers profilés. Le tambour,

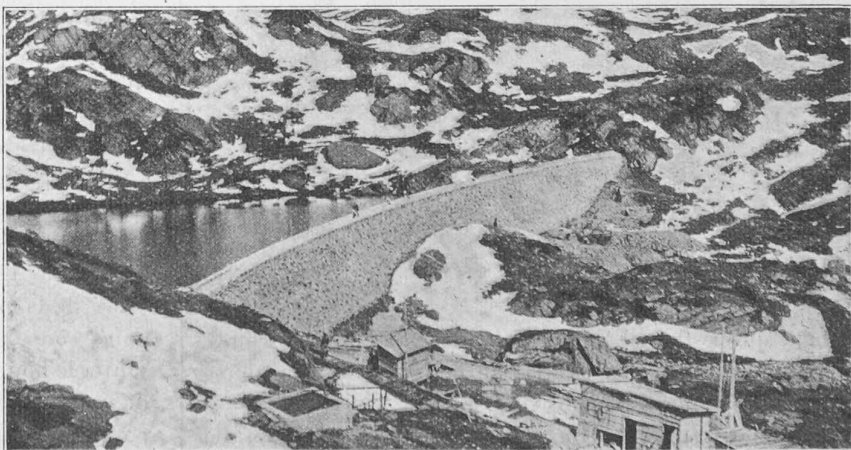


Fig. 6. — Barrage terminé (1<sup>re</sup> période).

de 1200 mm. de diamètre et 1200 mm. de longueur, est en fonte et muni à ses deux extrémités d'une bordure venue de fonte sur laquelle est boulonnée d'un côté la roue dentée en acier coulé, et de l'autre côté la poulie de freinage du frein de sûreté à ruban.

A l'une des extrémités du second arbre intermédiaire est placée la poulie de freinage d'un frein à main, et à l'autre un régulateur de vitesse qui enclenche le frein de sûreté si le treuil dépasse une vitesse déterminée. Le frein de sûreté peut également être actionné par le mécanicien en appuyant simplement sur une pédale.

La commande se fait par engrenages cylindriques en acier coulé, à dents fraisées. Le moteur, qui tourne à 720 tours, est muni d'un appareil de démarrage pour marche avant et marche arrière.

Le treuil peut marcher, suivant la charge, à deux vitesses, 0,30 m. et 0,75 m. par seconde.

Une sécurité de 5 a été prévue pour le câble, ce qui donne une résistance effective du câble à la rupture de 18000 à 20000 kilogs, et un diamètre de 19 mm.

Le câble est composé de 114 fils de 1,25 mm. de diamètre et pèse 1,25 kg. par mètre courant.

Pour le transport des tuyaux de 4000 kilogs au maximum, ayant 6 à 12 m. de longueur suivant les épaisseurs, on a utilisé deux vagonnets à trucks pivotants, reliés par une chaîne. Chaque vagonnet pouvait porter 2000 kilogs et permettait, grâce au truck pivotant, de passer des courbes de 6,00 mètres de rayon. Les roues, en acier Siemens-Martin, avaient 300 mm. de diamètre et 100 mm. de largeur. La fig. 8 montre la construction d'un de ces vagonnets.

A chaque station motrice se trouvait une voie d'évitement, et la manœuvre de croisement d'un wagon chargé montant avec le wagon vide descendant s'effectuait en 2 à 3 minutes de la façon suivante : le wagon vide descendant étant amarré sur la voie d'évitement à un câble dormant, on accrochait le câble supérieur au wagon chargé montant. Après avoir laissé redescendre un peu le wagon pour rendre le câble inférieur libre et permettre de le détacher, le wagon chargé était tiré sur le plan incliné supérieur, tandis que le vagonnet vide, après avoir été fixé au câble inférieur et détaché du câble dormant, redescendait.

Tous les signaux étaient donnés par deux fils de sonnerie en bronze silicieux, de 1,8 mm. de diamètre, courant tout le long de la voie, au moyen d'une baguette de contact en mains du conducteur du convoi.

Les deux treuils inférieurs reliant l'usine aux Garettes sont restés à demeure après la fin des travaux pour faciliter l'accès au lac, et leur exploitation s'est toujours effectuée sans aléas.

### Prise d'eau.

Le dessin de la fig. 9 montre l'ensemble de la prise d'eau dans le lac supérieur.

Le projet prévoyait que la galerie de prise, d'environ 500 mètres de longueur, serait poussée à la cote 2100 environ, jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'une épaisseur de 2 à 3 mètres de rocher.

Au bord du lac même, et au point le plus rapproché de la prise d'eau dans le lac, un puits fut creusé. Une fois ce puits aménagé, on comptait faire sauter l'écran de rocher restant au moyen de mines que l'on aurait fait détonner à distance par décharge électrique, sous une pression d'environ 30 m. d'eau.

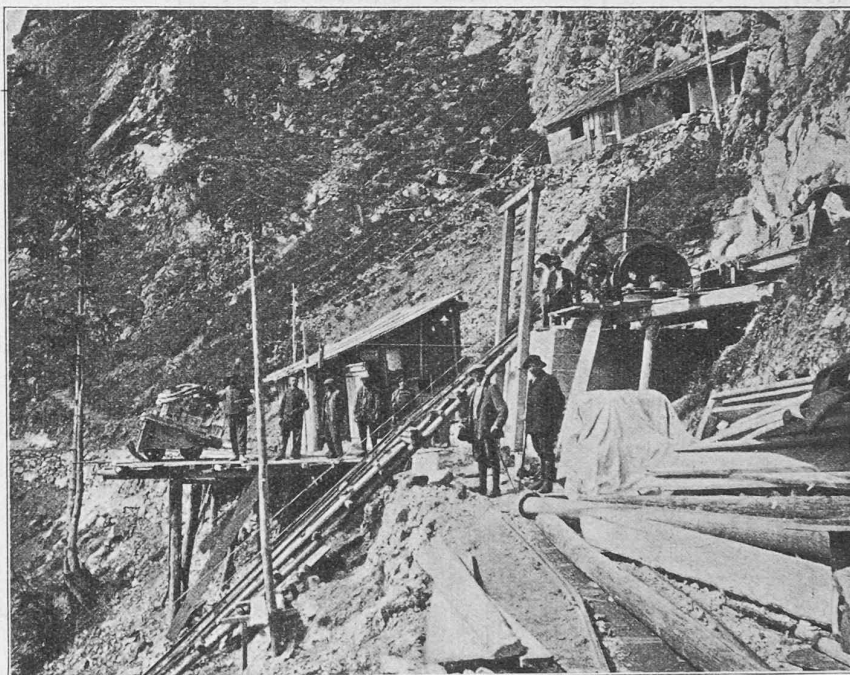


Fig. 7. — Tête aval du tunnel de Sorniot.

Des sondages nombreux avaient permis de déterminer très exactement le profil du fond du lac au-dessus de la galerie de prise. On avait pris en outre la précaution de faire exécuter par une maison spécialiste huit sondages pour reconnaître la roche en place, d'après lesquels on avait déterminé le profil du rocher indiqué en pointillé sur le dessin (voir fig. 10).

Les forages ont été exécutés sous une couche d'eau de 18 à 25 m. et descendus à une profondeur variant entre 2,50 et 6 m. suivant la nature des terrains rencontrés. Les trous de sondage avaient environ 0,15 m. de diamètre et ils ont été arrêtés après avoir pénétré d'environ 1,00 m. dans ce qu'on pensait être de la roche en place.

Le forage s'effectuait au moyen d'un trépan et de tuyaux de sonde de 120 mm. de diamètre intérieur.

Le radeau supportant les outils de sondage (voir photographie fig. 10) avait 4,00 m. sur 5,70 m., et était constitué par 22 tonneaux de 250 litres.

Sur la foi des résultats obtenus par les sondages exé-

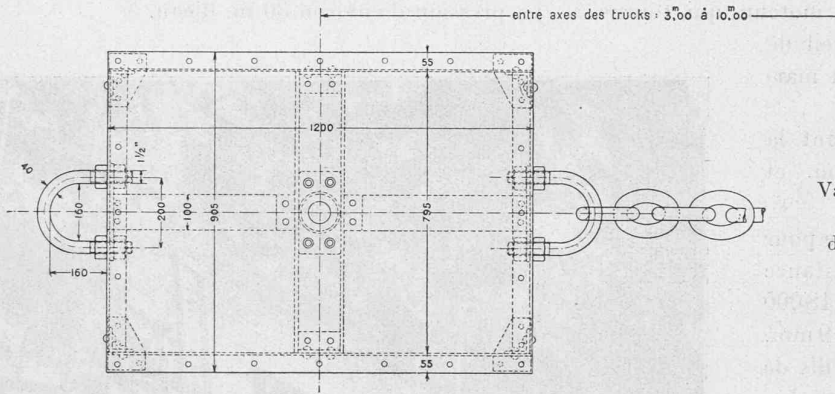
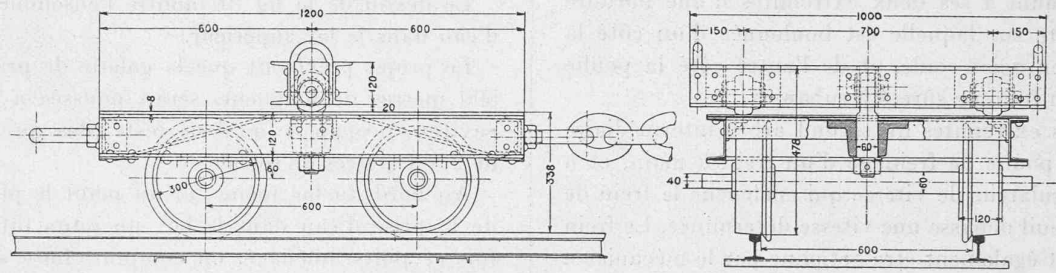


Fig. 8.  
 Wagonnet à truck pivotant  
 pour le transport  
 des tuyaux, charge utile  
 2T par truck.  
 Echelle 1 : 20.

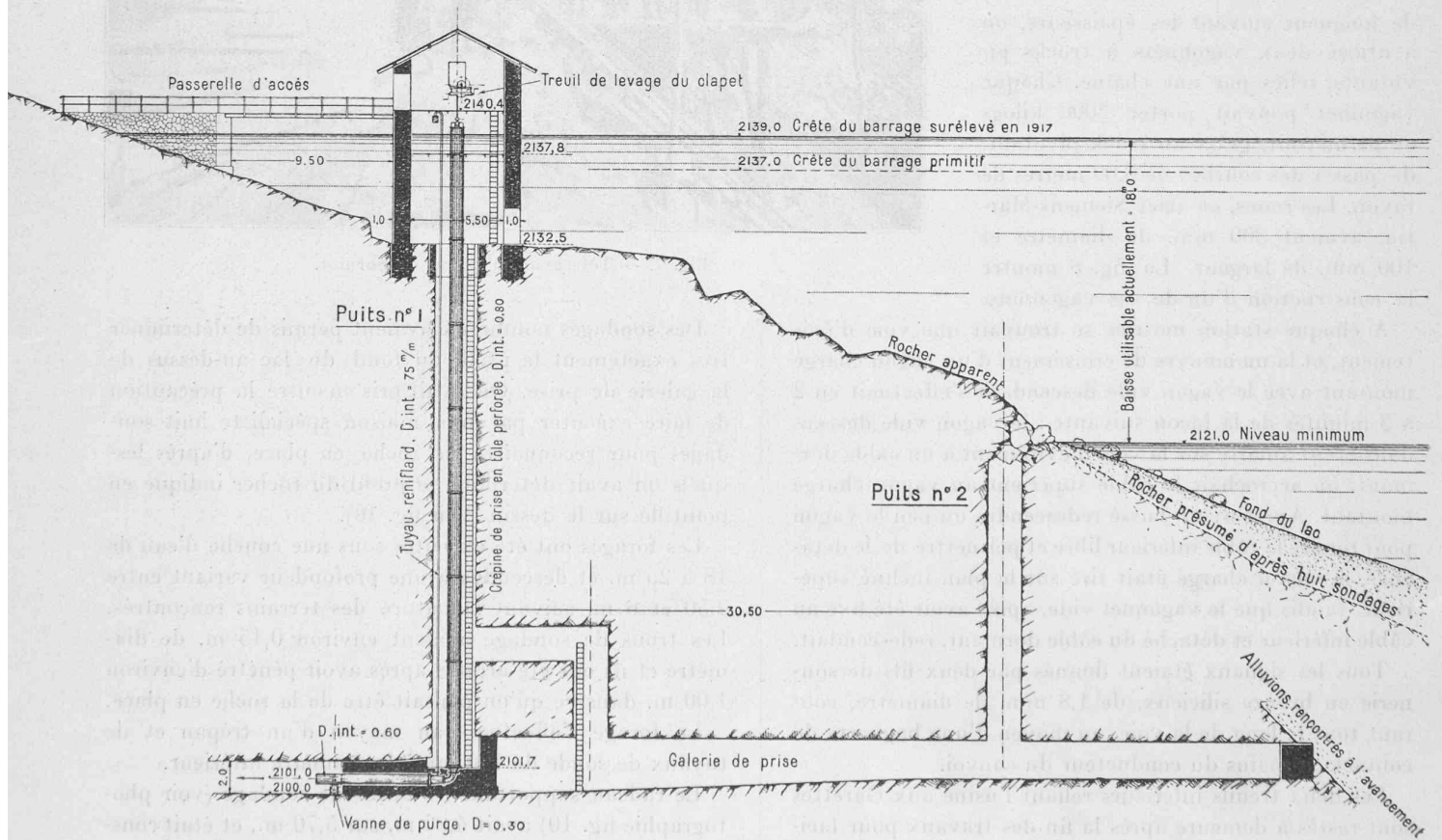


Fig. 9. — Prise d'eau au lac de Fully. — Echelle 1 : 400.

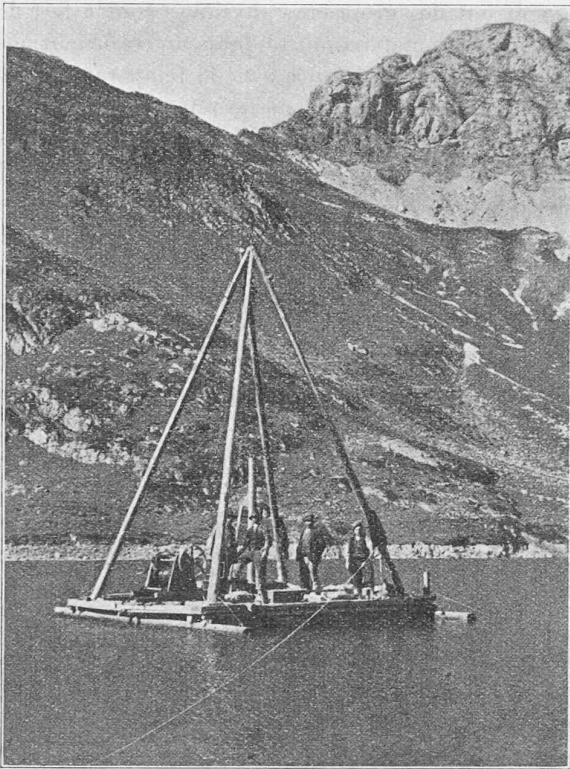


Fig. 10. — Sondages au lac de Fully.

cutés, de consultations géologiques, de l'allure générale du terrain environnant, ainsi que de celle du rocher nu, libre d'alluvions, qui se rencontrait jusqu'à une vingtaine de mètres environ vers l'intérieur du lac au-dessus de l'axe du tunnel de prise, on pensait pouvoir perforer la galerie dans du rocher solide sur une longueur de 65 m. à partir du puits.

Lorsque la galerie arriva à 48 m. du puits, on eut la désagréable surprise de rencontrer à l'avancement un banc de limon alors qu'on comptait se trouver à l'abri d'un toit de rocher solide de 8 à 10 m. d'épaisseur sous lequel la galerie pouvait se poursuivre en sécurité.

Cet arrêt brusque, imprévu, du rocher plongeant sous une inclinaison anormale de 5 de base pour 6 de hauteur était l'indice certain d'une surface rocheuse tourmentée que le fond régulier du lac ne révélait pas, en sorte qu'il était impossible d'en suivre l'allure.

Les boues glaciaires rencontrées à l'avancement étant décomposables sous l'influence de l'eau et de l'air, il en résultait qu'on se trouvait dans des conditions dangereuses et à la merci d'aléas et d'imprévus. Dans ces circonstances il était imprudent de vouloir continuer la galerie de prise d'eau prévue sans avoir diminué la charge liquide qui la recouvrait.

Cette solution conduisait à envisager la nécessité de vider le lac, opération qui n'était pratiquement possible, étant donné les conditions locales, qu'en abaissant le plan d'eau par décharges successives au moyen d'une succession de tranchées ou de galeries et de puits, de façon à n'avoir au-dessus des travaux qu'une tranche de quel-

ques mètres d'eau au lieu d'en avoir plusieurs dizaines.

En procédant de cette manière on aurait diminué les aléas sans les éviter complètement, mais cela aurait nécessité la perte d'une ou deux années d'exploitation. Ces considérations ont fait paraître plus avantageuse la solution suivante, ne présentant aucun aléa, et permettant d'utiliser immédiatement le lac pour l'exploitation, sans perdre une nouvelle campagne.

On maçonna l'extrémité de la galerie de prise et on attaqua, à une quinzaine de mètres de son extrémité amont, une cheminée débouchant dans la partie du lac où la roche en place était encore visible à l'œil nu, à la cote 2121. Au moment des travaux, le niveau du lac était à la cote 2131 environ, soit à 10 mètres au-dessus de l'endroit où devait déboucher la cheminée n° 2.

Quand il ne resta plus qu'un écran de rocher de 2 à 3 mètres d'épaisseur, on le fit sauter au moyen de mines allumées électriquement depuis le sommet du puits. La photographie fig. 11 montre l'effet produit à la surface du lac par cette explosion.

Pour compenser le volume d'eau compris entre la cote 2121 et la cote 2100, on suréleva le niveau du lac par un barrage en maçonnerie.

Si le besoin s'en fait sentir, rien n'empêchera d'abaisser ultérieurement le niveau de la prise d'eau par des procédés de fonçage spéciaux, mais il est à remarquer que depuis sept ans que l'usine est en exploitation, le niveau le plus bas n'est jamais descendu en dessous de la cote 2125. Il n'a donc pas encore été possible de mettre la prise d'eau à sec et de voir l'orifice produit par l'explo-

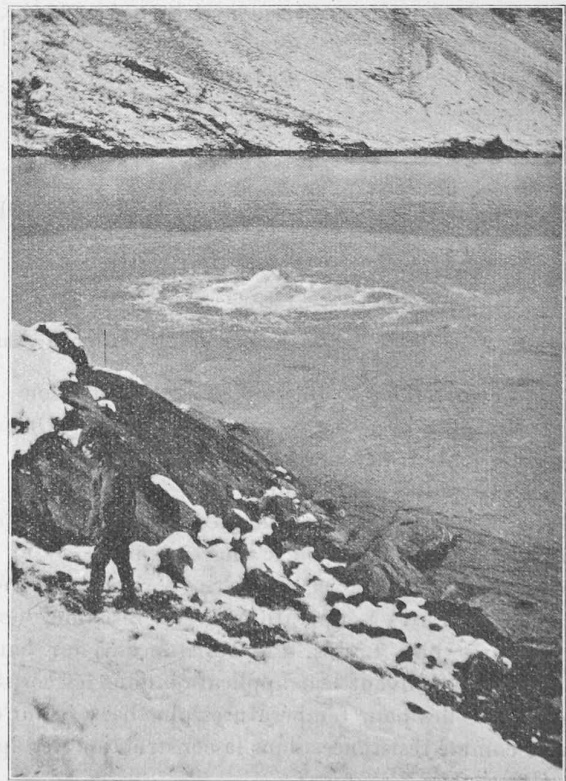


Fig. 11 — Coup de mine. Percée du lac.



sion qui a mis en communication le lac avec la galerie de prise d'eau.

La prise d'eau a été prévue pour pouvoir débiter 800 litres par seconde, permettant de produire une puissance instantanée de 12 000 HP. Comme on voulait éviter de mettre le lac à sec afin de ne pas perdre le volume d'eau accumulé en une saison, on a aménagé complètement et définitivement tous les organes du puits de prise avant d'opérer la percée du lac.

Pour éviter que les débris provenant de l'explosion du bouchon ne viennent obstruer le bas de la crépine, on raccorda la galerie de prise proprement dite au puits par l'intermédiaire d'un petit puits vertical et d'une galerie formant équerre, et on ferma par un bouchon en maçonnerie la partie inférieure du puits. Un tuyau de vidange, muni à son extrémité aval d'une vanne de purge, permettra de vider la galerie de prise à l'amont du puits lorsque le niveau du lac aura été abaissé au niveau de la prise d'eau proprement dite.

Les organes du puits de prise d'eau étant normalement noyés et inaccessibles, il y avait lieu d'éviter des appareils délicats et sujets à usure.

La canalisation sous pression part du fonds du puits de prise. Elle débouche à l'intérieur d'un tuyau-crépine de 800 mm. de diamètre qui va jusqu'au sommet du puits et qu'on peut nettoyer et visiter à mesure que le niveau du lac baisse.

Un clapet de sûreté muni d'un by-pass de remplissage, de construction aussi robuste que possible, permet de fermer l'entrée de la conduite.

Un tuyau de rentrée ou d'échappement d'air (reniflard) de 75 mm. de diamètre intérieur, est branché sur la conduite directement à l'aval du clapet et débouche à l'air libre à la partie supérieure du puits.

(A suivre.)

## Le "Quartzilite" et ses applications dans l'électrotechnique.

Communication de la S. A. Kummler & Matter, à Aarau.

En électrotechnique on connaît et on emploie une grande diversité de matières résistantes solides. On peut diviser ces matières en deux groupes principaux :

1° Les résistances métalliques et

2° Les résistances non métalliques, soit les métalloïdes, les carbures métalliques ou le charbon même.

Dans ces deux groupes, on distingue encore les résistances pour hautes températures et les résistances pour températures plus basses. Les résistances pour hautes températures trouvent leur application dans les corps de chauffe, et celles pour températures plus basses sont employées comme résistances dans la construction des appareils électriques.

Les matières résistantes des deux groupes cités précé-

demment ont des propriétés physiques tout à fait différentes. Ainsi les métaux ont toujours un coefficient positif de variation de la résistance avec la température, tandis que les matières du deuxième groupe sont à coefficient négatif. D'autre part, la résistance spécifique des métaux est faible en général,  $1 \Omega \text{ mm}^2$  par  $m$  au maximum, tandis que celle des matières du deuxième groupe peut être variée à volonté, on peut en particulier la rendre très grande. Il est encore à remarquer que les résistances du deuxième groupe sont non inductives, tandis que les métaux ne constituent des résistances non inductives que par l'artifice de constructions spéciales. Ces propriétés déterminent les domaines d'application des résistances de l'un et de l'autre groupe.

Il est aussi important de remarquer qu'il n'existe que peu de métaux pouvant s'employer comme résistance aux hautes températures, tandis que par exemple les résis-

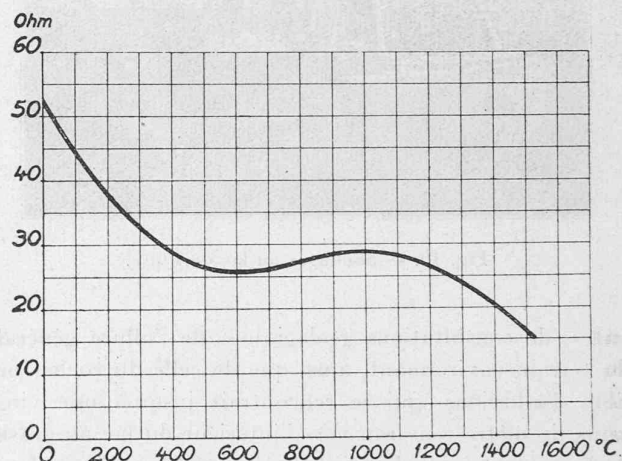


Fig. 1. — Résistance d'un corps de chauffe de quartzilite en fonction de sa température.

tances de carbures métalliques peuvent supporter des températures auxquelles ne résisteraient jamais les métaux.

La S. A. Kummler et Matter à Aarau fabrique un carbure métallique : le « quartzilite », qui supporte des températures pouvant aller jusqu'à 1700° C. Le quartzilite est un composé de quartz et de carbone formé aux températures de 2000 à 3000° C.

La température d'incandescence 1700° C indiquée plus haut est la température limite à laquelle le métal commence à s'oxyder et à brûler peu à peu. Il est ainsi nécessaire dans les applications pratiques de cette matière de ne pas dépasser des températures de 1200 à 1400° C afin d'éviter sa détérioration. Cette matière résistante est fabriquée surtout sous forme de crayons, mais il est aussi possible d'en faire des tubes et des plaques. Cette dernière forme n'est toutefois pas avantageuse, car par suite du coefficient négatif de variation de la résistance avec la température de la matière, le courant est le plus fort là où l'échauffement est le plus fort, l'échauffement minimum se produit ainsi dans les parties de la plaque où la résistance est maximum.