

Le puits sous pression de la Centrale de Gondo

Autor(en): **Société OFINCO (Genève) / SA Conrad Zschokke (Genève)**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **70 (1952)**

Heft 52

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-59736>

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.

Le puits sous pression de la Centrale de Gondo

Par la SOCIÉTÉ OFINCO, Genève, et la S. A. CONRAD ZSCHOKKE, Genève

DK 627.842 (494.441.6)

Résumé

La centrale de Gondo, située sur le versant sud du col du Simplon, comporte une conduite forcée exécutée sous forme de puits incliné, en partie blindé et en partie non blindé. La Société OFINCO à Genève a été chargée par le maître de l'œuvre, l'Energie Electrique du Simplon S. A., des études et de la direction des travaux de construction et d'équipement de la centrale et de tous les aménagements qu'elle comportait. La Société anonyme Conrad Zschokke à Genève était chargée de l'exécution de tous les travaux de génie civil. Le puits sous pression de Gondo présente certaines particularités qui en font une réalisation assez nouvelle pour de pareils ouvrages, c'est pourquoi il a paru intéressant de donner ici un aperçu de sa conception et de son exécution.

1. Exposé

Les premiers puits exécutés avaient un blindage en tôle de faible épaisseur qui avait comme unique but d'assurer l'étanchéité du puits. Plusieurs de ces blindages se sont fissurés de sorte que, dans la suite, les revêtements intérieurs en tôle ont été choisis avec des épaisseurs plus fortes. En fait, le blindage supporte toujours une partie des efforts de pression intérieure. Si le recouvrement rocheux est suffisant et si le bétonnage et les injections sont faits avec soin, le blindage ne court aucun danger en cours d'exploitation. Il n'en est pas de même lors des revisions car alors des pressions extérieures peuvent le détériorer en provoquant des boursoufflures ou voilements. Pour remédier à cet inconvénient, on a cherché à raidir la tôle au moyen de différents dispositifs tels que pattes d'ancrage soudées sur la tôle ou anneaux de renforcement. Tous ces moyens ont cependant le grave inconvénient de rendre le bétonnage très difficile et incertain, les poches d'air sont à craindre, le vibrage du béton est presque impossible et la première condition pour une bonne tenue du blindage, à savoir la bonne exécution du bétonnage de remplissage entre la tôle et le rocher, ne se trouve pas remplie. C'est pourquoi les constructeurs ont souvent proposé d'augmenter l'épaisseur des tôles comme seul moyen raisonnable de lutter contre le flambage.

A Gondo, on s'est rangé à cette façon de faire et aucune patte d'ancrage ni anneau de raidissement n'ont été placés.

2. Généralités

Le puits est incliné à 70 % et sa longueur est de 800 m. Au bas de la pente, le puits présente un coude auquel fait suite une partie faiblement inclinée, avec une pente de 3 ‰, qui conduit au collecteur. Ce dernier se compose de deux embranchements de respectivement 30 et 33 m de longueur menant aux turbines. Le collecteur sort du rocher et se termine par un couvercle de visite.

Le puits est entièrement creusé dans du gneiss d'Antigorio qui présente très peu de diaclases. Dans le tiers supérieur du puits, aucun blindage n'a été placé. Le blindage, entièrement entouré de béton, recouvre les 2/3 inférieurs ainsi que la partie à faible pente et le collecteur. La disposition de l'ensemble de l'ouvrage est illustrée par la fig. 1.

3. Solution adoptée

La condition première est que le bétonnage soit parfait et, par conséquent, il faut en faciliter l'exécution. La seconde condition est celle d'éviter les voilements provoqués soit par la pression extérieure au moment d'une vidange, soit lors des injections entre la tôle et le béton après bétonnage. Examinons rapidement comment ces deux conditions ont été satisfaites.

Les constructeurs du blindage cherchent, pour des raisons de rapidité de montage et de facilité d'exécution, à prévoir des viroles aussi longues que possible. De ce fait, le nombre des sou-

dures à effectuer sur place est réduit et celui des soudures à faire en atelier, c'est-à-dire dans de meilleures conditions et sous un meilleur contrôle, est augmenté. C'est donc un avantage, pour le maître de l'œuvre également. Cependant, des éléments trop longs risquent de rendre le bétonnage plus difficile. Lors de ce dernier, le béton doit pouvoir être conduit par un tuyau du sommet de la virole jusqu'à son pied. Un homme doit s'introduire entre la virole et le rocher pour vibrer le béton. A Gondo, la longueur maximum des viroles a été fixée à 12 m. Dans la partie à faible pente, cette longueur a été réduite jusqu'à 8 m pour ne pas dépasser un poids déterminé par élément. A partir du coude inférieur et jusqu'au départ des branchements, l'épaisseur de la tôle a été progressivement augmentée pour que le collecteur et les branchements puissent supporter la pleine pression intérieure. En fait, une partie de cette pression est transmise au rocher, ce qui revient à dire que le coefficient de sécurité de cette partie de la conduite est sensiblement plus élevé.

Pour satisfaire à la seconde condition, à savoir éviter des voilements provoqués par la pression extérieure lors d'une revision et pour supporter sans crainte les injections, trois moyens peuvent être employés: réduire le diamètre; augmenter l'épaisseur de la tôle; diminuer la pression extérieure.

Le diamètre est conditionné par le débit et la vitesse de l'eau qui, dans le cas de Gondo, sont respectivement de 8 m³/s et 4 m/s ce qui conduit à un diamètre de 1,60 m dans la partie blindée inclinée. Pour des raisons d'exécution, il est difficile de diminuer le diamètre en dessous de la valeur choisie.

Le diamètre étant déterminé, l'épaisseur de la tôle deviendra une fonction de la pression extérieure. Afin de diminuer le coût du blindage, il faut diminuer l'épaisseur des tôles. Pour cela, nous avons cherché à Gondo, à limiter la pression extérieure à une valeur maximum connue. Dans ce but, un peu au-dessus de la moitié de la hauteur, nous avons

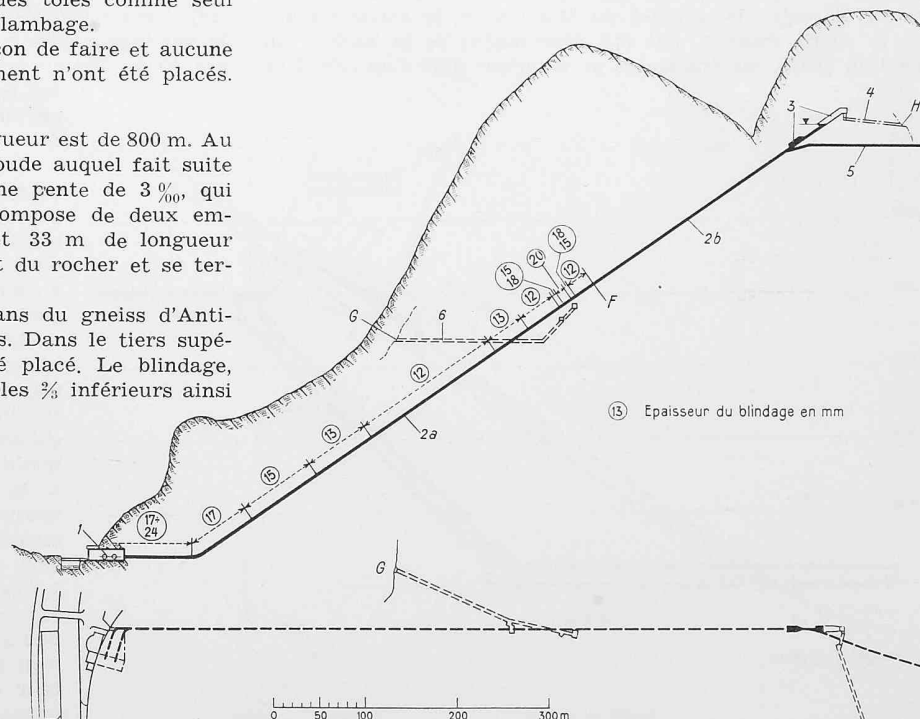


Fig. 1. Schéma du puits incliné de la Centrale de Gondo, plan et profil en long
Légende: 1 Centrale de Gondo. — 2a Partie blindée du puits, du point F à la centrale. — 2b Partie non blindée du puits, en amont du point F. — 3 Chambre d'équilibre. — 4 Fenêtre d'accès à la chambre d'équilibre. — 5 Galerie d'amenée d'eau. — 6 Fenêtre de drainage servant d'accès au puits pendant les travaux. — F Limite supérieure du blindage du puits. — G Débouché de la fenêtre N° 6. — H Débouché de la fenêtre N° 4.

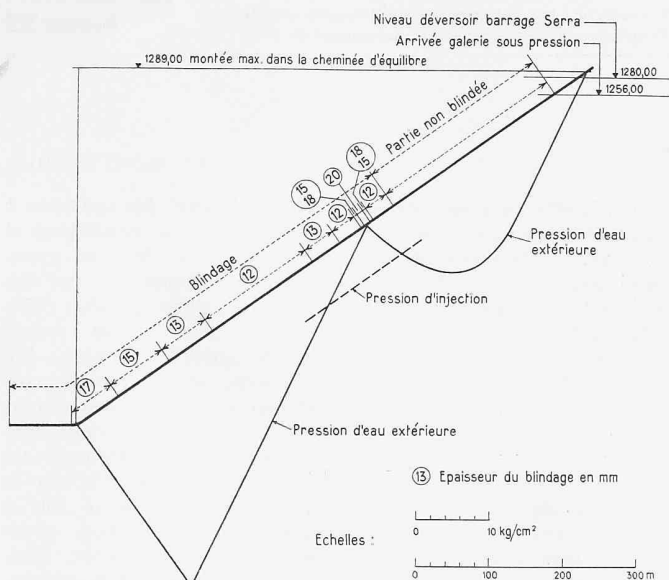


Fig. 2. Diagramme des pressions extérieures ayant servi de base au calcul des épaisseurs du blindage

percé une fenêtre qui a été utilisée pour la construction, mais qui devait surtout servir de drain aux eaux d'infiltration pouvant provenir du rocher entourant la conduite. Si l'on admet qu'au niveau de cette fenêtre, la pression extérieure de l'eau dans tout le rocher tombe à zéro, la pression extérieure au point le plus bas de la conduite ne dépassera vraisemblablement pas la différence de niveau entre ces deux points.

La fig. 2 donne le diagramme des pressions extérieures sur lesquelles il faut ainsi compter. Ce diagramme a été utilisé pour calculer les épaisseurs de la tôle permettant au blindage de résister aux pressions extérieures. Immédiatement en aval de la fenêtre de drainage, les tôles ont cependant été choisies avec une épaisseur un peu plus forte que nécessaire pour leur permettre de supporter la pression des injections.

Les épaisseurs de tôle résultant du calcul ont été augmentées uniformément de 2 mm pour tenir compte de la rouille. Les épaisseurs du blindage calculées et données sur la fig. 1, entre le sommet du blindage et le coude au bas de la partie inclinée, ont été déterminées de la sorte. En aval du coude, les épaisseurs ne résultent plus d'un calcul de

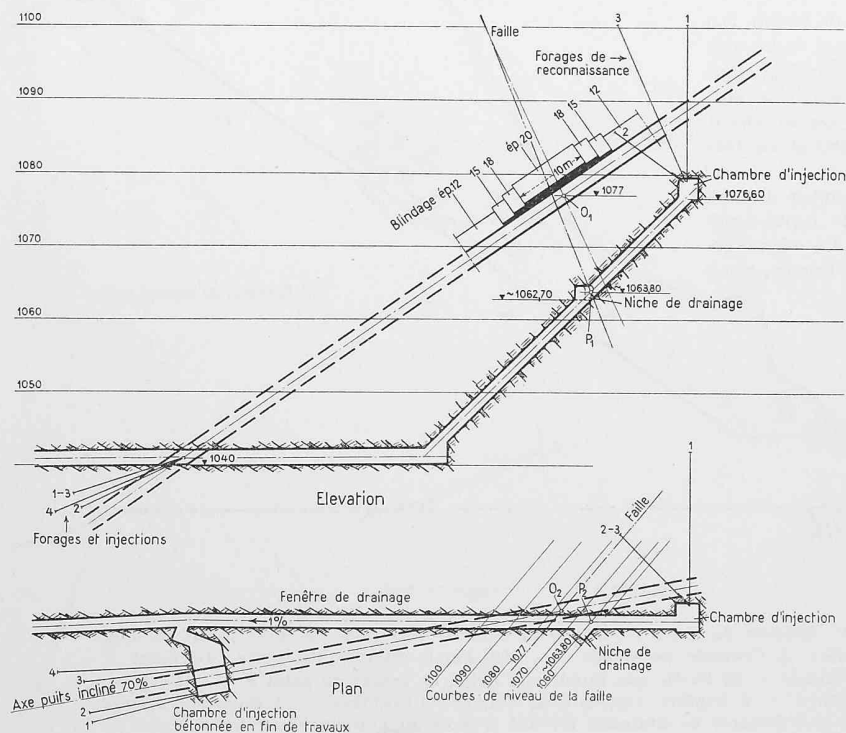


Fig. 3. Traversée de la faille, fenêtre à la cote 1040, chambres d'injection et forages

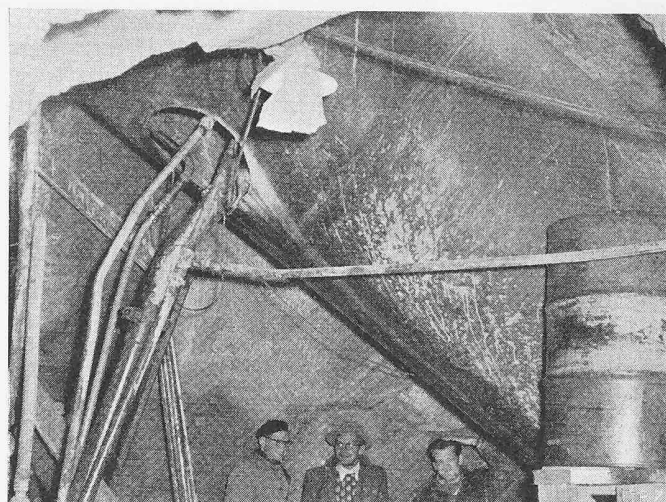


Fig. 4. Chambre d'injection à la cote 1040. Passage du blindage et trou d'homme

la pression extérieure mais, comme il est dit plus haut, d'un calcul de pression intérieure.

4. Exécution

a) partie blindée

Au cours de l'excavation du puits incliné, nous avons cherché à adapter l'emplacement de la fenêtre de drainage, qui avait été choisi à une cote théorique, aux conditions locales. Nous avons trouvé, à la cote 1040 m, une faille assez importante, avec des venues d'eau, et avons décidé de nous servir de cette faille pour drainer les eaux extérieures à la conduite et les rejeter à l'air libre. La fenêtre, attaquée à la cote 1040 m pour des raisons topographiques, a donc été conduite jusqu'à cette faille. La fig. 3 donne le dispositif choisi pour passer cette faille avec le blindage, y faire aboutir le drain et ne pas contrecarrer, par les injections, le but poursuivi. Au passage de la faille, le blindage a reçu une épaisseur lui permettant de supporter toute la pression intérieure. La virole de passage de la faille a été raccordée en amont et en aval au reste du blindage par des viroles d'épaisseurs décroissantes. Au-delà de la faille, vers l'amont, le blindage a encore été continué sur environ 40 m et, dans ces 40 m, l'homogénéité du rocher et l'absence de faille ont été contrôlées par des sondages effectués en partant d'une chambre à laquelle on aboutit depuis la fenêtre.

Dans un blindage pour lequel la pression extérieure joue un rôle, il n'y a pas intérêt à prendre des tôles à forte résistance, mais, au contraire, il faut choisir des tôles de qualité normale qui augmentent l'épaisseur à donner au blindage. Il est en revanche intéressant de choisir des tôles à résilience élevée.

Les viroles sont constituées, pour le puits incliné, par de la tôle de qualité A 35 à grain fin, de 35 à 42 kg/mm² de résistance à la traction, tandis que la partie inférieure et le collecteur sont constitués par de la tôle de qualité A 42, de 42 à 50 kg/mm² de résistance à la traction. Toutes les viroles ont été essayées aux ateliers du constructeur, avant expédition, à la pression intérieure. La pression d'essai adoptée correspondait à 0,7 à 1 fois la pression d'exploitation pour les viroles du puits incliné et de la partie à faible pente qui lui fait suite, et à 1,5 fois la pression d'exploitation pour les viroles du collecteur et pour les tronçons à l'air libre. En outre, toutes les viroles constituant le collecteur ont été recuites avant montage.

La fig. 4 montre le passage de la conduite à travers la chambre d'injection représentée en plan sur la fig. 3. Un trou d'homme a été découpé dans la conduite pour permettre l'exécution des travaux de peinture intérieure du blindage. Ce trou d'homme a été bouché

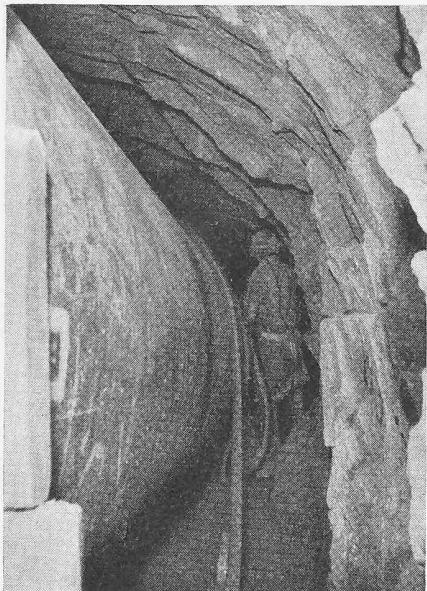


Fig. 5. Bétonnage d'une virole

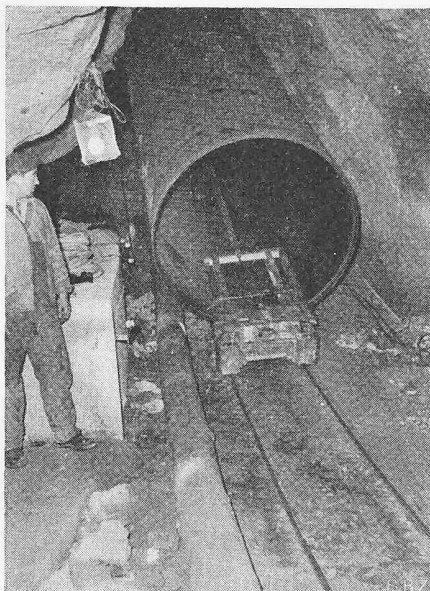


Fig. 6. Montée d'un élément du blindage

en fin de travaux, puis la chambre a été bétonnée. La fig. 5 montre le bétonnage d'une virole après l'exécution de la soudure circulaire, la fig. 6 représente la montée d'une virole dans l'excavation.

b) partie bétonnée

L'exécution du revêtement du puits non blindé qui est sollicité, dans sa partie inférieure, par une pression hydrostatique exceptionnellement forte pouvant atteindre 18 atmosphères, a fait l'objet d'une étude attentive. Il était, en effet, indispensable de réaliser un revêtement en béton présentant toute garantie, quant à ses qualités de résistance et d'homogénéité. Comme il n'est pas exclu, ainsi que les calculs d'élasticité le font présumer, que l'anneau en béton se fissure, il fallut tout spécialement réaliser un béton de haute qualité qui puisse résister, dans tous les cas, aux effets mécaniques d'une eau charriant temporairement des sables quartzes, de même qu'aux effets dissolvants d'une eau chimiquement pure.

C'est ainsi que l'on choisit, pour les agrégats du béton, une bonne granulométrie et, pour le dosage, 275 kg de ciment Portland, additionné de 50 kg de ciment pouzzolanique, avec adjonction de Darex AEA donnant 2,5 à 3 % d'air occlus; de plus, la surface du béton frais fut lissée avec une pâte de ciment. L'épaisseur du revêtement, fixée dans le projet à 20 cm, minimum 15 cm sur pointes de rocher, devint en réalité 35 cm environ, du fait des hors-profil. La liaison entre béton et rocher, ainsi que le remplissage des petites failles de la roche, furent obtenus par des injections de ciment.

Pour un tel puits d'exécution difficile, la question du coffrage et de la mise en œuvre du béton est, pour le moins, tout aussi importante que les caractéristiques du projet. La solution à adopter devait donc tenir compte de sujétions particulières, telles que la limitation des joints de reprises, la mise en œuvre correcte et la vibration parfaite du béton, le lissage du béton frais après décoffrage et surtout le contrôle permanent et effectif de ces opérations. C'est ainsi qu'on en vint à envisager notamment l'utilisation d'un système de coffrage spécial, connu dans la construction de silos en béton armé, le coffrage glissant.

Dans le cas particulier, ce coffrage était constitué (fig. 7) par un moule cylindrique de 4,50 m de longueur, en tôle d'acier très fortement raidie par des cercles et des longerons; le plan supérieur formait plancher de travail et l'arrière se prolongeait par une plateforme légère d'où un maçon effectuait le lissage du béton. Deux patins fixés à l'avant du moule le guidaient le long des rails du funiculaire de service, ces rails restant par ailleurs incorporés dans le radier bétonné au préalable.

Le mouvement ascendant était obtenu en agissant sur deux palans à chaîne, de 15 t de force chacun; ces machines étaient accrochées à des éléments métalliques de deux chaînes, dénommées échelles, qui étaient elles-mêmes ancrées dans des traverses en béton armé réparties le long du radier,

à raison d'une tous les 60 m. La manœuvre consistait donc à libérer successivement les éléments d'échelles chaque fois que le coffrage avait été remonté de la valeur de la longueur d'un élément; les éléments devenus libres étaient raccrochés plus haut pour reconstituer finalement une nouvelle échelle de 60 m. Ce mode de faire permettait par conséquent d'assurer un mouvement continu qui, en réalité, a dû être interrompu deux fois pour nettoyer le moule des incrustations de ciment qui s'y étaient déposées peu à peu. Les fig. 8 et 9 montrent le coffrage glissant vu par l'arrière et les plans de déplacement de ce coffrage.

La vitesse de remontée donnée au moule a varié de 30 à 50 cm par heure et dépendait essentiellement de la cadence de bétonnage et de l'importance des hors-profil à remplir de béton; ce dernier était amené à pied d'œuvre dans une benne de funiculaire, de 1 m³ de contenu, déversé sur le plancher de travail, repris à la pelle, puis vibré. Le fait que le béton était mis en œuvre à fleur du bord supérieur du moule a permis un

contrôle effectif de la bienfaisance du béton.

Si la mise au point du procédé et l'organisation du travail continu, soit 24 heures par jour, samedis et dimanches compris, ont rencontré certaines difficultés et ont coûté beaucoup d'efforts, ceux-ci ont été récompensés par le plein succès qui a été remporté dans la réalisation du revêtement du puits incliné de Gondo.

c) injections

Il était prévu d'exécuter un rideau d'injections perpendiculaires à l'axe de la conduite, juste en aval du début du blindage, pour couper les infiltrations éventuelles qui, de la partie non blindée, chercheraient un cheminement vers le drain. En fait, ce rideau n'a pas été exécuté, étant donné l'excellente qualité du rocher en cet endroit, ce qui a été confirmé par des sondages de contrôle qui ont donné des carottes de 1 à 2 m de longueur. Ces trous de sondages essayés sous pression n'ont absorbé aucune quantité d'eau. En aval de la faille par contre, un rideau d'injections a été fait pour éviter ainsi, autant que possible, les pressions extérieures sur le tronçon blindé.

Après bétonnage, les injections entre tôle et béton ont été faites avec une pression de 6 at. Les quelques failles rencontrées ont été ensuite injectées à des pressions plus

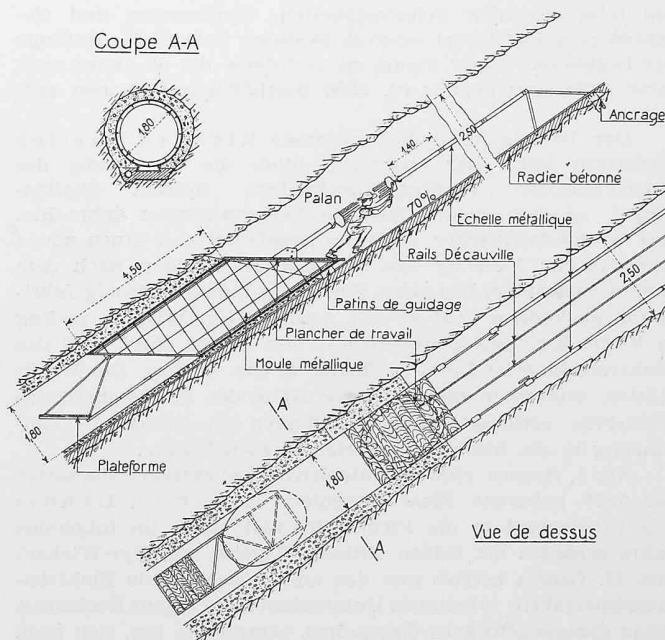


Fig. 7. Coffrage glissant pour le bétonnage de la partie non blindée du puits



Fig. 8. Coffrage glissant vu par l'arrière

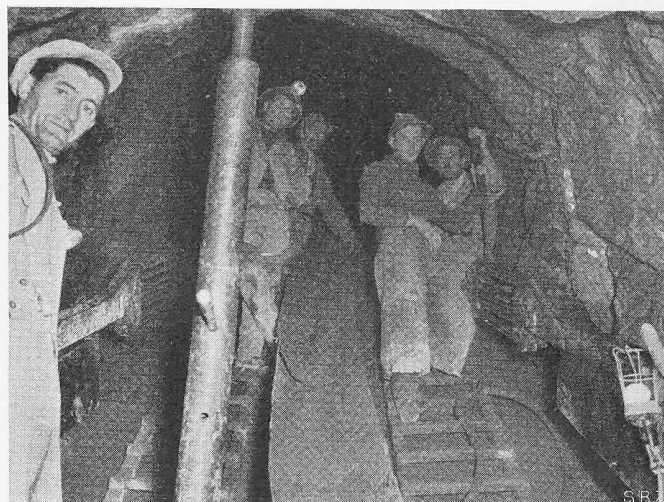


Fig. 9. Palans de déplacement du coffrage glissant

fortes allant jusqu'à 12 at. Après exécution d'une première série d'injections, la tôle a été sonnée au marteau et tous les endroits qui sonnaient creux ont été marqués à la craie. Une nouvelle série d'injections a été effectuée en ces endroits, l'injection étant faite à travers le béton jusqu'au rocher. Ces secondes injections ont eu pour effet non pas de combler les vides entre cuir et chair, mais de resserrer tout l'anneau de béton contre la tôle. Un contrôle ultérieur a démontré que, pratiquement, tous les vides avaient disparu aux endroits marqués à la craie.

Dans la partie supérieure non blindée, le diamètre a été porté de 1,60 à 1,80 m pour faciliter l'exécution du bétonnage. Les injections effectuées après bétonnage ont été poussées à une pression aussi forte que possible et jusqu'à 25 at, qui représentaient la limite admissible avec la machine employée. On peut remarquer que, dans la partie blindée, la pression des injections ne doit pas être exagérée pour ne pas provoquer le flambage de la tôle. Cette crainte n'existant pas pour la partie non blindée, il y a intérêt à pousser les injections à une pression aussi haute que possible.

5. Résultats

Après montage, la partie blindée du puits a été essayée et les pertes mesurées, afin de contrôler la parfaite étanchéité du blindage. Les pertes ont été au total de 5,7 l/h. Le blindage était fermé en haut par un couvercle soudé, en bas par le couvercle de visite, d'une part, les deux vannes principales des turbines, d'autre part, et enfin les vannes de la conduite de dérivation allant aux groupes auxiliaires. Dans les pertes indiquées ci-dessus, les suintements des vannes et couvercles sont compris, ce qui confirme la très bonne étanchéité du blindage.

En fin de bétonnage et d'injection de la partie non blindée et après enlèvement du couvercle soudé au sommet du blindage, le puits entier a été essayé à la pression d'eau. Il a été rempli jusqu'à son niveau maximum puis maintenu rempli pendant plusieurs heures. Ensuite, le niveau d'eau a été contrôlé pour permettre une évaluation des pertes d'eau. Celles-ci ont été inférieures à 10 l/min, ce qui a également démontré la parfaite tenue de la partie non blindée.

50 Jahre im Dienste der Messung elektrischer Energie

DK 061.75:621.317

Unter diesem Titel gab die Firma Landis & Gyr Ende 1951 eine prachtvoll ausgestattete Jubiläumsschrift heraus, die ein Dokument der weltweiten Bedeutung dieses bekannten Unternehmens der schweizerischen Exportindustrie, aber auch ein Zeichen der Weltoffenheit in einer Zeit der internationalen Schwierigkeiten, Spannungen und Gefahren sein soll. Es ist reizvoll, in dieser Schrift die Anfänge der bekannten Zuger Firma zu verfolgen, die 50 Jahre nach ihrer Gründung bereits rd. 2300 beschäftigte Personen aufwies.

Der 1841 in Einsiedeln geborene Richard Theiler übernahm Mitte der neunziger Jahre die Vertretung des amerikanischen Westinghouse-Zählers, System Shallenberger, an dem er verschiedene Verbesserungen anbrachte. Auf Grund zahlreicher Versuche konstruierte er einen neuen Apparat zur Messung von Wechselstrommengen nach dem Induktionsprinzip. Um seine Erfindung industriemässig fabrizieren zu können, trat er mit Adelrich Gyr-Wickart in Zug in Verbindung und gründete mit ihm am 30. Juni 1896 das Elektrotechnische Institut Theiler & Cie. in Zug. Die Werkstätten wurden in unmittelbarer Nähe des Knabeninstitutes «Minerva» errichtet, dessen Zöglingen die praktische Einführung in die Mechanik geboten werden konnte.

Am 1. August 1903 trat als dritter Kollektivgesellschafter der 1879 geborene Elektroingenieur Heinrich Landis von Richterswil in die Firma ein, und schon im folgenden Jahre schieden die beiden Gründer Theiler und Gyr-Wickart aus. H. Landis betrieb nun das ausschliesslich als Elektrizitätszählerfabrik arbeitende Unternehmen auf eigene Rechnung. Seine damals schwache Gesundheit veranlasste ihn, sich nach einem Teilhaber umzusehen, den er in der Person des ebenfalls 1879 geborenen Dr. Karl Heinrich Gyr aus

Zürich¹⁾ fand. Am 1. Dezember 1905 wurde die neue Kollektiv-Gesellschaft unter dem Namen Landis & Gyr, vormals Theiler & Cie., im Handelsregister eingetragen. Damals zählte die Firma 35 Arbeiter und Angestellte; sie stellte im Jahre 1905 etwa 3600 Zähler her.

Die ersten Jahre waren schwer. Zu den technischen Schwierigkeiten traten die Bemühungen der ausländischen Konkurrenten, die dahin zielten, das junge Unternehmen von internationalen Märkten fernzuhalten. Dieser Kampf wurde vor allem auf der innern Front, im eigenen Betrieb ausgefochten, dort, wo sich das Produkt aus der Synthese aller einzelnen Anforderungen und Bedingtheiten zu einem neuen Ganzen gestaltet, d. h. im Konstruktionsbureau. Das Ergebnis war ein besonders leicht gebauter Einphasen-Wechselstromzähler, bei dem alle früher in Guss hergestellten Teile aus Blech bestanden, die im eigenen Werk geformt wurden. Dieser Zähler kam 1910 auf den Markt. Er setzte sich rasch durch. Schon 1912 musste in St. Ludwig eine erste ausländische Zweigfabrik eröffnet werden.

Um die Marktpreise weiter senken und so im Konkurrenzkampf besser bestehen zu können, musste die Produktionskapazität weiter gesteigert werden. Dies machte eine neue rechtliche Grundlage erforderlich. Sie bestand in der Umwandlung der Firma in die Landis & Gyr Aktiengesellschaft, die am 2. Juli 1914 mit einem Aktienkapital von 2,6 Mio. Fr. vollzogen wurde. Der erste Weltkrieg brachte eine starke Belebung des Zählergeschäftes, die sich u. a. im Anwachsen der Belegschaft auf 1250 Personen (1918) äusserte. Diese Zahl wuchs nach vorübergehendem Rückgang (im Jahre 1921 auf 900) bis zum Jahre 1930 auf 2500 an. Die allgemeine Wirt-

¹⁾ Nekrolog SBZ Bd. 128, S. 261* (16. Nov. 1946); Dr. K. H. Gyr war mit A. Gyr-Wickart nicht verwandt.