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

**Band:** 48 (1922)

**Heft:** 14

**Artikel:** Recherches sur les variations et sur la répartition de la température dans le barrage de Montsalvens

**Autor:** Joye, P. / Christen, A.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-37411

**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:** 12.07.2025

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

48e année 8 juillet 1922 N° 14

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr H. Demierre, ing. Paraissant tous les 15 jours

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

SOMMAIRE : *Recherches sur les variations et sur la répartition de la température dans le barrage de Montsalvens*, par P. Joye, professeur à l'Université de Fribourg, et A. Christen, docteur ès sciences (suite). — *Concours pour la construction d'une Eglise catholique, à Montana-Vermala.* — *Considérations techniques sur la navigation sur le Rhin entre Bâle et Strasbourg.* — *Ciment alumineux électrique.* — Bibliographie. — Sociétés : *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes.*

## Recherches sur les variations et sur la répartition de la température dans le barrage de Montsalvens.

par P. Joye, professeur à l'Université de Fribourg, et A. Christen, docteur ès sciences.

*(Suite[1].)*

### II

*Méthodes de mesure.*

L'emploi des thermomètres à mercure étant exclu, nous avons deux méthodes, toutes deux électriques, qui paraissent convenir à la détermination des températures à l'intérieur d'une grande masse de maçonnerie : la méthode thermo-électrique et la méthode bolométrique.

1. On peut utiliser pour mesurer une différence de température, la force électromotrice qui prend naissance entre la soudure chaude et la soudure froide d'un couple formé par des métaux différents. Parmi les couples usuels, il faut évidemment en choisir un dont le pouvoir thermo-électrique soit élevé. La relation entre la force électromotrice des couples les plus sensibles et la différence de température est donnée en microvolts [2].

| | |
|---|---|
| Fer-Constantan | $E = 52{,}94\,t - 0{,}048\,t^2$ |
| Cuivre-Constantan | $39{,}92\,t - 0{,}030\,t^2$ |
| Bismuth-Antimoine | $76{,}00\,t - 0{,}033\,t^2$ |

Le pouvoir thermo-électrique, c'est-à-dire la variation $\frac{dE}{dt}$ est, à la température ordinaire pour les mêmes couples :

| | |
|---|---|
| Fer-Constantan | 0,052 millivolt |
| Cuivre-Constantan | 0,040 millivolt. |
| Bismuth-Antimoine | 0,076 millivolt par deg. cent. |

Un millivoltmètre à faible résistance et donnant une déviation de 150 divisions pour 1,5 millivolt indiquerait pour le couple Fer-Constantan, la résistance de la ligne étant négligeable, environ 3 divisions par degré centigrade. La sensibilité serait quelque peu plus faible avec le couple Cuivre-Constantan. Quant au couple le plus sensible, *Bi-Sb*, il est de fabrication difficile.

Nous allons d'ailleurs nous rendre compte aisément que cette précision qu'il est possible d'atteindre au laboratoire est irréalisable au barrage. Une première difficulté grave se rencontre dans l'établissement et la détermination de la température de la soudure froide. Même si l'on y parvenait, il ne serait pas possible d'éviter les forces électromotrices parasites, dues à l'effet Peltier, qui existent à tous les contacts, à toutes les bornes et qui ont une action pertubatrice d'autant plus grande que les forces électromotrices à mesurer sont plus petites.

Il faudrait, pour les éliminer, que tous les contacts fussent en nombre pair et deux à deux à la même température. Il faudrait encore constituer avec un métal unique et homogène les fils de jonction du couple avec la station, le galvanomètre, les bornes et, pour éviter l'effet Thomson, maintenir tout cet ensemble à la température de la soudure froide. Il faudrait même éviter de tordre les fils pour parer à l'effet Becquerel, dû à l'écrouissage du métal.

De plus, la résistance de la ligne vient diminuer la sensibilité du galvanomètre à cadre mobile et à lecture directe, choisi déjà parmi les plus sensibles. Sa résistance est très petite afin de permettre une mesure précise et l'effet de la ligne est de doubler la résistance, donc de réduire la sensibilité de moitié. Si l'on se représente l'installation d'une ligne ayant jusqu'à cent mètres de longueur contre le parement d'un barrage, on se rendra compte aisément que les conditions énumérées sont impossibles à remplir. La valeur de la force électromotrice du couple sera complètement altérée par les forces électromotrices parasites. Ce procédé doit donc être écarté.

2. La méthode bolométrique repose sur la mesure de la résistance électrique des métaux purs ; celle-ci croît avec la température suivant une loi qui peut être assez exactement représentée par une expression de la forme :

$$R_t = R_o\,(1 + at + bt^2)$$

dans laquelle $R_o$ est la résistance, en ohms, à 0° C ; $R_t$ la résistance à $t$° ; $a$ et $b$, deux coefficients dépendant du métal.

Pour des variations de température peu importantes, et si l'on se contente d'une certaine approximation, on peut négliger le troisième terme de la formule ($b$ est de l'ordre de $10^{-3}$ par rapport à $a$) et écrire :

$$\frac{R_t - R_o}{t} = R_o a$$

[1] Voir *Bulletin technique* du 24 juin 1922, page 145.

[2] Tables de constantes de la Société française de Physique (1913). T. 271 a.

Nous pouvons dire que l'augmentation de la résistance d'un fil métallique par degré est proportionnelle à sa résistance et à son coefficient de température ($a$ devrait en réalité s'appeler coefficient de variation de la résistance en fonction de la température).

Pour fixer les idées, nous donnons les valeurs usuelles à 0° de la résistance spécifique et du coefficient $a$ pour quelques métaux et alliages [1] :

| *Métaux* | $R_o \cdot 10^6$ | $a \cdot 10^4$ |
|---|---|---|
| Argent | 1,5 | 40 |
| Cuivre industriel | 1,6 à 2,1 | 40 |
| Fer pur commercial | 10-12 | 55 |
| Nickel | 6, 9-12, 3 | 60 |
| Platine | 8,16 | 39 |
| Or | 2-2, 2 | 37 |
| Zinc | 5, 5-6. 1 | 40 |

| *Alliages* | $R_o \cdot 10^6$ | $a \cdot 10^4$ |
|---|---|---|
| Constantan (0,6 Cu; 0,4 Ni) | 49 | —0,1 à + 0,1 |
| Laiton (0,6 Cu; 0,4 Zn) | 5,5 | 20 |
| Manganine (0,84 Cu; 0,12 Mn; 0,04 Ni) | 42 | + 0,2 |
| Nickeline (0,62 Cu; 0,20 Zn; 0,18 Ni) | 33 | 3 |

Les alliages, dont le coefficient de température est négligeable, ne peuvent servir à la construction de thermomètres électriques. Parmi les métaux purs, le cuivre et l'argent ne conviennent pas non plus à cause de leur trop grande conductibilité.

Le fer qui, à première vue, paraît tout désigné, est trop oxydable et, malgré tous les procédés employés pour combattre l'oxydation, la technique n'est pas arrivée à construire avec le fer des thermomètres électriques durables [2]. Nous le laissons donc également de côté. Restent le platine et le nikel.

Le platine, dont la conductibilité et le coefficient de résistance ont été souvent étudiés, est le métal certainement le mieux désigné pour la construction de thermomètres électriques. En effet, le coefficient de température d'un métal croît avec le degré de pureté et atteint sa plus haute valeur pour la plus grande pureté. Or, depuis plusieurs années déjà, on trouve dans le commerce des fils de platine dans un état de pureté chimique telle, qu'ils ont tous à très peu près les mêmes coefficients de résistance et de température.

Le nickel, dont les coefficients de température et de résistance sont plus élevés, est un métal peu oxydable et qui possède une résistance de base très constante [3]. Depuis 1892 et depuis 1900 surtout (date des expériences définitives de M. H. Le Chatelier) la métallurgie du nickel a fait des progrès au point de vue de l'épuration du métal ; il est maintenant possible de trouver du nickel très homogène et ce métal, peut entrer dans la confection d'un thermomètre à résistance.

Le coefficient moyen de température :

$$a_{0-100} = \frac{R \cdot 100 - R_o}{100\, R_o}$$

entre 0 et 100° de ces deux métaux varie suivant les auteurs. Il dépend du degré de pureté de l'échantillon étudié. Voici quelques chiffres pour $a_{0-100} \times 10^5$ :

| Métal | Dew. et Flem.[1] | Pécheux[2] | Nicolaï[3] | Brigmann[4] | Holborn[5] | Holborn[6] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pl. | 367 | — | 389 | 387 | 392 | — |
| Ni. | 620 | 585 | 683 | 487 | 521 | 675 |

Le nickel étudié par Holborn dans le premier travail est du nickel commercial, tandis que celui dont s'est servi Fleming [7] est un nickel électrolytique qui paraît être plus pur ; tout récemment une étude de Holborn donne le coefficient le plus élevé atteint jusqu'ici ; mais le métal obtenu ne se laisse pas étirer en fil.

Le coefficient de température de chaque métal n'est pas le même à toutes les températures. Voici les valeurs données par Holborn du coefficient moyen, à la température $t$, définies par

$$a_t = \frac{R_t - R_o}{t\, R_o}$$

pour le nickel et le platine.

Coefficient moyen : $a \cdot 10^5$

| *Métal* | —135° | —39° | 50° | 150° | 250° | 350° | 450° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Platine | 421,1 | 402,6 | 392,0 | 380,4 | 368,8 | 357,2 | 345,6 |
| Nickel (1918) | 325,7 | 423,0 | 521,0 | 655,2 | 862,6 | 1059,7 | 441,0 |
| Nickel (1921) | | | 675,0 | | | | |

Alors que les variations du coefficient du platine sont régulières dans tout le domaine de — 135° à + 450° ; aux environs de 400°, il existe un brusque changement pour le coefficient du nickel qui passe brusquement de 1,0597 à 0, 4410.

H. Pécheux [8] a également trouvé par l'étude des propriétés thermo-électriques du nickel que ce métal subit deux transformations moléculaires successives ; la première vers 240°, la seconde vers 380°. Ces températures varient légèrement avec le degré de pureté du métal.

Pour donner à un métal des propriétés constantes dans un intervalle de température donné, de telle sorte qu'il reste comparable à lui-même, il est nécessaire de le recuire pendant quelques heures dans une atmosphère non oxydante.

Le fil de nickel, convenablement recuit, au-dessus de ses points de transformation moléculaire, peut donc servir, presqu'aussi bien que le platine, à la mesure des températures. Dans le cas qui nous occupe où la température oscille dans un intervalle très restreint (de — 20° à + 40° au maximum), son emploi paraît même tout à fait indiqué. Nous n'avions d'ailleurs pas le choix : le fil de platine pur, de petit diamètre, était introuvable en Suisse pendant la guerre.

[1] Recueil des constantes (1913). T 246.
[2] Brüger. E. T. Z. (1906), S, 531.
[3] L. Holborn. Ann. d. Phys. (1919), Bd. 59, S. 145.

[1] Dewar et Fleming. Phil. Mag. (5) 36, P. 271, 1893.
[2] Pécheux. Le pyromètre thermoélectrique.
[3] Nicolaï. Phys. Zeit. (1908), S. 187.
[4] P. W. Brigmann. Proc. Nat. Acad. of Sc. Vol. 3, p. 10 (1907).
[5] L. Holborn, loc. cit., S. 165.
[6] L. Holborn, Zeit. f. Phys. (1921), Bd. 8, S. 58.
[7] Fleming, loc. cit. p. 50.
[8] H. Pécheux, C. R., 1907, II, p. 591.

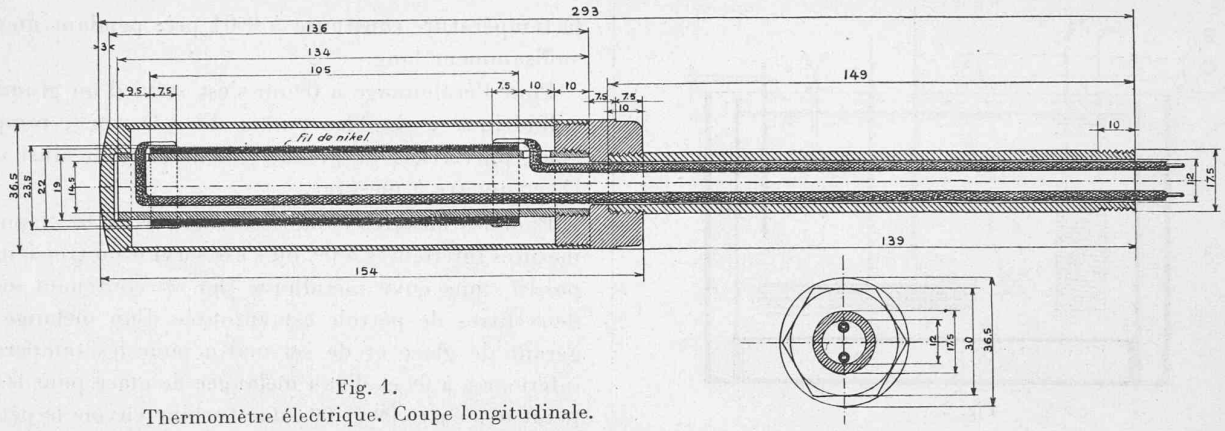


Fig. 1.
Thermomètre électrique. Coupe longitudinale.
Echelle 1 : 2.

*Vue de face.*

Le nickel dont nous nous sommes servi n'est d'ailleurs pas un nickel dont on puisse comparer le degré de pureté avec celui étudié par Fleming. C'est du nickel commercial et impur qui nous a été fourni par la maison Huber et Cie, à Pfæffikon. Nous avons arrêté notre choix sur un fil de 0,15 mm. de diamètre, de densité égale à 8,64 à 18° et dont la résistivité à 16° est égale à $\rho_{16^\circ} = 103,89.10^{-7}$.

Pour donner au thermomètre une sensibilité suffisante, nous avons choisi 100 Ω comme résistance à 0°. Il faut environ 17 m. de fil pour atteindre ce chiffre. Dans ce cas, en admettant un coefficient moyen de température égal à 0,004 entre 0° et 20°, une variation de température de 0,1° correspond à une variation de résistance de 0,04 ohm (4/10,000) qu'il est aisé de mesurer.

*Recuit :* le fil, par longueur d'environ 100 m. est enroulé (sans être serré) sur une bobine de fer recouverte de papier d'amiante et placée dans un four électrique à résistance de chauffe dont on élève lentement la température jusqu'à 750°. Un courant d'hydrogène, produit par électrolyse, traverse constamment le four dont la température est mesurée par un couple platine-platine-rhodié préalablement étalonné. La température est maintenue à 750° pendant environ deux heures et elle est ensuite abaissée très lentement, surtout vers 380° et 240°.

Par suite du recuit, le coefficient de température de tous les échantillons étudiés a augmenté, et d'autant plus que la résistivité a diminué (d'environ 4 à 5 %). Le coefficient moyen entre 0 et 20° a atteint jusqu'à 0,0046[1]. Si nous comparons divers échantillons recuits dans une même opération, nous constatons que leurs coefficients, sans être égaux, sont plus voisins les uns des autres que ceux qui proviennent de deux opérations de recuit différentes. Le manque d'homogénéité du métal nous obligera donc à étalonner séparément chaque thermomètre et ne nous permettra pas de nous servir d'un appareil, étalonné en degrés C°, pour la mesure de toute la série des thermomètres.

3. Le thermomètre électrique, tel qu'il est représenté par la fig. 1 est très différent des modèles classiques que l'on connaît. Comme il n'est pas absolument nécessaire que le thermomètre se mette rapidement en équilibre thermique avec le milieu dont on veut déterminer la température, on n'a pas cherché à réduire considérablement son volume ni son poids. Ce qu'il importait de réaliser, c'est une solidité à toute épreuve, une étanchéité parfaite et une excellente isolation. Cependant le temps nécessaire pour la mise en équilibre du thermomètre avec le bain ne dépasse pas une dizaine de minutes.

Le fil de nickel de 0,15 mm. de diamètre est bobiné sur un tube d'ébonite chassé à chaud sur un tube de laiton de 13 cm. de long et fileté au pas de 0,31 mm. Les extrémités du fil sont soudées sur deux bagues d'où partent les deux fils de la ligne. Le tube de laiton est vissé dans un écrou qui reçoit en même temps le tube protecteur en acier et le tube panzer[1] dans lequel passe la ligne (fil de cuivre de 1,6 mm. avec forte isolation). Le tube panzer a été rempli de masse isolante (Chatterton) sur une longueur de 15 cm. et l'isolation de chaque thermomètre a été exactement vérifiée. Ainsi l'espace contenant le fil de nickel est complètement séparé de l'air extérieur et les échanges de chaleur entre le thermomètre et le milieu à mesurer ne se font que par conductibilité. Le fil de nickel est protégé contre les poussières et les écailles métalliques qui pourraient tomber du tube d'acier par une feuille de mica ou de cellonite enroulée sur le tube d'ébonite.

Le poids du thermomètre, tel qu'il est représenté par le dessin, y compris 15 cm. de tube panzer rempli de matière isolante, est de 670 gr. L'étanchéité de chaque pas de vis est réalisée au moyen d'étoupe et de minium. Chaque enveloppe, avant que le thermomètre soit placé dans le barrage, est protégée contre l'oxydation par plusieurs couches de minium et de vernis asphalte, ou encore goudronnée.

[1] Au cours de nouvelles recherches sur le nickel, nous avons obtenu des échantillons de ce métal dant le coefficiant de température était celui donné par Holborn (1919) soit 0,00581. Cependant nous avons préféré, pour la construction de nouveaux thermomètres électriques, le platine au nickel ; malgré tous les soins apportés au recuit de ce nickel plus pur, nous n'avons pas pu obtenir un coefficient de température qui soit le même pour tous les thermomètres.

[1] Le tube panzer est un tube d'acier Mannesmann revêtu intérieurement de carton imprégné de matière isolante.

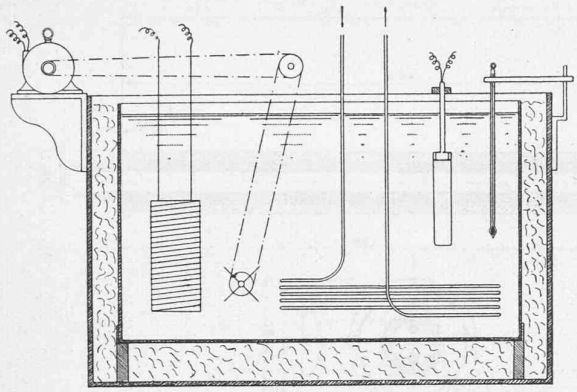

Fig. 2.

## III

*Exécution des mesures.*

1. Nous avions d'abord cherché à donner à chaque thermomètre exactement 100 Ω à 0° et dans ce but nous avons construit un pont Wheatstone spécial, dans le genre de celui dont se sert la Reichanstalt pour la comparaison des résistances étalons [1]. Mais l'étalonnage à 0° offrant de grandes difficultés à cause des variations de la température et de la masse des thermomètres, nous avons convenu de leur donner à chacun 106 Ω à 15°. Les thermomètres n'étant pas comparables entr'eux, cet étalonnage ne nécessite plus une précision très grande et par la suite nous avons encore simplifié la construction en donnant au fil de nickel une longueur telle (en admettant 0,004 comme coefficient moyen de température du métal) que chaque thermomètre ait environ 100 Ω à 0°.

Dans les premières mesures d'étalonnage, le tube d'ébonite portant le fil de nickel plongeait directement dans un bain de pétrole. Nous nous aperçumes bientôt que le pétrole attaquait l'ébonite qui gonflait et étendait le fil ; nous fûmes contraints de procéder différemmment. Les thermomètres, complètement montés, tels qu'ils sont représentés par la fig. 1 et qu'ils seront installés au barrage, furent réunis en groupe de cinq et plongés dans le bain.

Ce dernier comprend : une cuve de zinc (fig. 2) (36 × 45 × 30 cm.) contenant environ 40 litres de pétrole. Les parois de la cuve sont recouvertes d'épaisses feuilles de feutre et la cuve elle-même est contenue dans une caisse, remplie de paille de bois, afin de diminuer les échanges de chaleur par conductibilité et par rayonnement. Le bain est chauffé au moyen d'une résistance traversée par un courant dont on peut régler très exactement l'intensité. On peut refroidir le bain jusqu'aux environs de 6° grâce à une circulation d'eau dans un long tuyau de plomb (20 m.), enroulé contre les parois de la cuve. Un agitateur à palettes actionné par un petit moteur remue constamment le liquide ; il est ainsi aisé de maintenir la température constante à 0°01 près pendant un temps suffisamment long.

Pour l'étalonnage à 0° on s'est servi d'un grand vase cylindrique à doubles parois dit « Dewar », rempli de glace pulvérisée, et préalablement refroidi ainsi que le thermomètre à mesurer.

Pour les mesures comprises entre 0° et 6° et pour les mesures inférieures à 0°, on s'est servi d'un troisième dispositif : une cuve métallique (fig. 3) contenant environ deux litres de pétrole est entourée d'un mélange réfrigérant de glace et de sel marin pour les températures inférieures à 0° et d'eau mélangée de glace pour les températures entre 0° et 6° ; une turbine envoie le pétrole à travers un long tuyau de plomb qui serpente au milieu du mélange puis est enroulé en spirale contre les parois du Dewar, lui-même rempli de pétrole, et retourne à la cuve. On réalise ainsi une circulation de pétrole refroidi dont on peut régler à volonté la vitesse et la température.

Pour déterminer la température du bain, on s'est servi d'un thermomètre à mercure divisé en $^1/_{20}$ de degré. Avec une loupe, et en évitant les erreurs de parallaxe, il est aisé d'estimer le $1/_{100}$ de degré. Le thermomètre a été calibré en 1904 par la Physikalisch-Technische Reichanstalt et nous l'avons fait contrôler le 20 janvier 1920 par le Bureau fédéral des Poids et Mesures. Entre la calibration de 1904 et celle de 1920, les changements sont insignifiants.

2. Les résistances ont été mesurées au laboratoire par le procédé classique du pont de Wheatstone.

Les deux bras formant le rapport étaient constitués par un groupe de résistances construites par Wolff à Berlin de 1000 et 100 ohms ; la résistance variable à curseur (Siemens et Halske) possède les dixièmes d'ohms. Toutes ces résistances furent contrôlées sur des résistances étalons. On pouvait lire directement le $^1/_{100}$ d'ohm. Un galvanomètre à cadre mobile et à miroir, placé à trois mètres de l'échelle, donnait une déviation de 15 mm. pour une variation de $^1/_{100}$ d'ohm. La force électromotrice (4 volts) était fournie par des accumulateurs au plomb.

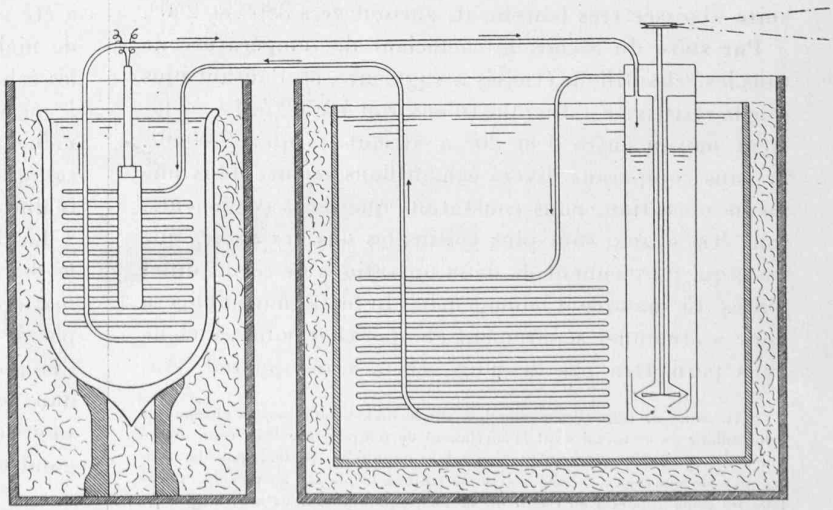

Fig. 3.

[1] Feussner u. Lindeck, Z. S. f. Instr. (1895), S. 426.

Un commutateur permettait de renverser le sens du courant.

Pour s'assurer que le courant de mesure n'échauffait pas le fil, on le laissa passer pendant 15 minutes en observant le galvanomètre, le thermomètre étant placé dans un bain dont la température était maintenue rigoureusement constante. On ne nota aucune déviation du galvanomètre.

La résistance de chaque thermomètre fut mesurée de 3 en 3 degrés, depuis 0° à 24°, plus un certain nombre de mesures de contrôle à 5°, 10° et — 10°. Chaque mesure était répétée plusieurs fois, en changeant le sens du courant pour éliminer les forces thermo-électriques qui furent d'ailleurs toujours très faibles. Les thermomètres qui, à une même température, présentaient des différences supérieures à 0,01 ohm étaient soumis à une révision et parfois rejetés. Chaque série de thermomètres était étudiée plusieurs jours de suite et les dernières qui furent placées dans le barrage, furent contrôlées plusieurs mois après leur première calibration.

3. Pour pouvoir exécuter des mesures de résistance pendant la construction du barrage, nous avons dû adopter le procédé du laboratoire en transformant quelque peu le dispositif du pont de Wheatstone à fil afin de le rendre transportable tout en gardant une sensibilité suffisante (fig. 4).

Le système que nous avons fait construire dans ce but comprend un fil de manganine (12,28 Ω) bobiné sur un tambour muni d'un cercle gradué. Aux extrémités du fil se trouvent deux bobines $R$ (76,6 Ω) en série d'une part avec une résistance (100 Ω) et le thermomètre d'autre part. Le courant est fourni par trois éléments Edison ; un galvanomètre à aiguille $G$ complète le dispositif. Ce pont permet la mesure des résistances de 84 à 116 Ω. Le cercle gradué est divisé en 1000 parties.

L'exactitude des mesures de résistances avec un pont à fil est la plus grande à proximité du milieu du fil [1]. Une erreur de $^1/_{10}$ de division auprès des traits :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500, |
| ou | 990 | 950 | 900 | 800 | 700 | 600 | |

introduit une erreur relative de la résistance à mesurer de

$$\frac{1}{99} \quad \frac{1}{470} \quad \frac{1}{900} \quad \frac{1}{1600} \quad \frac{1}{2100} \quad \frac{1}{2400} \quad \frac{1}{2500}$$

Si l'on dispose d'une résistance de comparaison variable, on peut s'arranger pour rester au milieu du fil. Mais comme la résistance de comparaison doit être fixe et égale à 100 Ω, pour des raisons de commodité, il est nécessaire, pour faire de bonnes mesures, de modifier le schéma ordinaire du pont.

Les résistances, que nous avons à mesurer, restent comprises entre 84 et 116 Ω. Nous n'utiliserions dans le montage habituel que la partie médiane du fil (de la division 467 à la division 533). L'erreur relative des mesures est donc certainement faible. Par contre, la sensibilité est tout à fait insignifiante : 33 divisions par 16 Ω, c'est environ deux divisions par ohm et un ohm correspond à 2°5. On pourrait à peine estimer le demi-degré.

Pour augmenter la sensibilité, nous avons mis en série à chaque bout du fil une bobine dont nous calculons la résistance $R$ de manière à utiliser toute la longueur du fil, mais sans que la précision des mesures ait à en souffrir. Désignons par $r$ la résistance du fil. Lorsque la résistance à mesurer est 116 Ω nous avons la relation :

$$116 . R = 100\,(R+r) \qquad r = 12{,}28\,\Omega$$
$$R = 76{,}6\,\Omega$$

Chaque résistance en série avec le fil mesure donc 76,6 Ω.

Ainsi 16 Ω de différence donnent 500 divisions du tamtour. Le galvanomètre étant assez sensible pour permettre

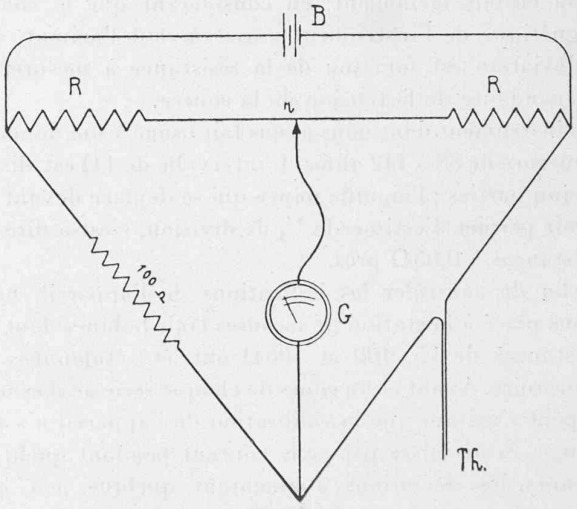


Fig. 4.

l'installation du tambour à moins d'une demi-division près nous pouvons déterminer les résistances à 0,016 Ω près, ce qui correspond à 0°04. Nous nous sommes d'ailleurs contenté de mesurer le $^1/_{10}$ de degré. Le pont a été étalonné sur une résistance normale et une table de calibration a été dressée.

4. Chaque détermination de la température du barrage comporte à la station de mesure la détermination de la résistance de 30 thermomètres et la réduction en températures de ces résistances.

L'opération est d'ordinaire assez longue et nous devions choisir, pour mesurer les résistances, une méthode rapide et cependant exacte. C'est pourquoi nous avons laissé de côté les méthodes de zéro qui utilisent une résistance variable, telles que le pont de Wheatstone ou le galvanomètre différentiel.

Un milliampèremètre pourrait être gradué en résistances à condition que la tension de la pile reste constante. Or rien n'est moins sûr. La tension peut changer d'un jour à l'autre et même dans le cours d'une série de mesures.

Il existe divers instruments qui peuvent servir à la mesure directe des résistances et dont la graduation est

[1] Kolbrauch u. Holborn. Leitvermögen der Elektrolyte, p. 43.

indépendante de petites variations de la tension de la pile. Nous avons choisi le modèle décrit par M. Brüger [1] sous le nom d'ohmmètre et construit par la maison Hartmann et Braun ; il présente extérieurement l'aspect classique d'un ampèremètre ou d'un voltmètre pour tableau.

Dans le champ magnétique $H$ créé par un aimant muni de pièces polaires cylindriques se trouvent un noyau de fer, de section ovale, et un système de deux cadres croisés, fixes l'un par rapport à l'autre et mobile autour d'un axe passant par les points de croisement.

L'un des cadres est en série avec une résistance $R$ constante, l'autre avec la résistance à mesurer $x$, et les circuits sont en parallèle sur la source de courant. Les enroulements des deux cadres sont tels qu'ils tendent à tourner en sens opposés ; le système n'est soumis à aucune force directrice mécanique, les fils qui servent à l'amenée du courant étant extrêmement souples.

On établit facilement, en considérant que le champ magnétique de l'instrument varie suivant l'azimut, que la déviation est fonction de la résistance à mesurer et indépendante de la tension de la source.

L'instrument dont nous avons fait usage a son domaine de mesure de 88 à 112 ohms. L'intervalle de 1 Ω est divisé en cinq parties ; l'aiguille mince qui se déplace devant un miroir permet d'estimer le $^1/_4$ de division, c'est-à-dire les résistances à 0,05 Ω près.

Afin de contrôler les indications de l'appareil, nous avons placé à la station de mesures trois bobines dont les résistances de 95, 100 et 105 Ω ont été étalonnées au laboratoire. Avant et au cours de chaque série de mesures, on peut s'assurer que la calibration de l'appareil n'a pas changé. Si on laisse passer le courant pendant quelques instants, les déviations augmentent quelque peu, par suite, croyons-nous, de l'échauffement des petites lames qui amènent le courant. (*A suivre.*)

---

## Concours pour la Construction d'une Eglise catholique à Montana-Vermala.

*Rapport du jury.*

Le jury se réunit sur place et examine les projets présentés le 4 mai 1922.

Il constate que 14 projets ont été remis en temps utile et remplissent les conditions du programme.

Le jury procède individuellement à l'examen des projets. Il décide de baser son jugement en tenant compte des points suivants :

1° Valeur esthétique des envois.
2° Leur caractère par rapport au pays.
3° Disposition du plan.

Au premier tour sont éliminés comme insuffisants dans le sens de ce qui est dit ci-dessus huit projets.

Le jury procède à un second tour d'élimination et écarte deux projets.

Restent en présence les projets : Croix latine, Weisshorn, N.-D. des Neiges, Croix Romaine.

[1] Dr Brüger. E. T. Z. (1906), S. 531.

CONCOURS POUR UNE ÉGLISE CATHOLIQUE A MONTANA

Perspective du projet de MM. *Gilliard & Godet.*

*N.-D. des Neiges.* Bon projet, bien dans le caractère du pays. Préférence donnée à la variante dans l'orientation *E-O.* Belles proportions dans la façade et le porche d'entrée, ainsi que dans l'architecture intérieure soit en plan soit en élévation. Agrandissement très facile à réaliser. Plan d'aménagement de terrains bien étudiés et d'une exécution facile.

(*A suivre.*)

---

## Considérations techniques sur la navigation sur le Rhin entre Bâle et Strasbourg.

*C'est le titre de la conférence qu'a faite, le 9 juin, devant la sous-section de Lausanne de l'Association suisse pour la navigation du Rhône au Rhin, M.* H.-E. Gruner, *ingénieur-conseil à Bâle, le constructeur de plusieurs barrages très remarqués, entr'autres celui de la Jogne, familier aux lecteurs du* Bulletin technique.

*Après avoir rappelé la situation topographique et le régime hydrologique du Rhin, M. Gruner a fait en ces termes la critique des projets d'aménagement de ce fleuve :*

« Considérons le projet de régularisation tel qu'il a été élaboré par la Commission suisse du Rhin et examinons si ce projet est exécutable dans sa forme actuelle. Ce projet poursuit deux buts : d'une part il cherche à rendre le lit uniforme par la construction d'épis latéraux de manière à produire un chenal moyen, profond et régulier permettant de naviguer durant une période plus longue qu'aujourd'hui ; en second lieu il cherche à faire disparaître l'obstacle principal : la barre d'Istein où le Rhin a l'allure d'un torrent, tandis qu'en amont, jusqu'à la ville de Bâle, le fleuve présente des conditions relativement favorables à la navigation. Ces conditions favorables s'expliquent, d'une part par le remous créé par la barre, et d'autre part par le fait que le Rhin, dans sa partie supérieure, près de la ville de Bâle, ne coule plus dans un lit mobile de gravier, mais que, par suite de la présence de grands bancs de calcaire, de poudingue et de marne bleue, il s'est