

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 43 (1917)  
**Heft:** 23

**Artikel:** Le chemin de fer des Schöllenen  
**Autor:** Leyvraz, L.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-33195>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

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

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

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

Paraissant tous les  
15 jours

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

SOMMAIRE : *Le chemin de fer des Schöllenen*, par L. Leyvraz, ingénieur. — *Turbines à vapeur multiples à action*, par Ch. Colombi, ingénieur (suite et fin). — *La Houille blanche et la Métallurgie*, par G. Flusin, professeur à l'Université de Grenoble (suite et fin). — *Concours d'idées en vue de l'aménagement du quartier du Seujet et du quai Turretini, à Genève*. — *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes*. — *Bibliographie*.

## Le chemin de fer des Schöllenen

par L. LEYVRAZ, ingénieur, à Berne.

L'idée de relier Göschenen à Andermatt par une voie ferrée devait forcément surgir après la mise en exploitation de la ligne du Gothard. Mais la réalisation de cette idée se heurta à des obstacles variés. Deux concessions accordées ne purent pas arriver à exécution. Ce n'est que la troisième concession qui, octroyée en juin 1904, vient d'aboutir à la construction et à la mise en exploitation de la ligne des Schöllenen, ouverte au trafic le 12 juillet dernier.

Le projet général de construction, présenté au Département fédéral des Chemins de fer en avril 1907, ne fut approuvé que le 2 juin 1913. L'examen du projet souleva différentes objections de la part de l'autorité militaire, tant contre le tracé depuis le Trou d'Uri jusqu'au terminus que contre l'emplacement de la gare d'Andermatt. En outre, diverses exigences de cette même autorité, concernant la destruction des ouvrages d'art, donnèrent lieu à de longs pourparlers ; l'approbation du projet général et par répercussion la justification financière furent retardés jusqu'en juin 1913. Ce n'est que par suite de la construction du chemin de fer de la Furka et par conséquent de l'implantation de la gare d'Andermatt que le

tracé put être établi définitivement sur le dernier tronçon.

Le chemin de fer est mixte, soit à adhérence et crémaillère. Celle-ci est continue du km. 0,<sup>31</sup> au km. 2,5. Le reste du tracé est à simple adhérence. L'écartement des rails est de 1 m.

La ligne prend origine dans la cour de la gare de Göschenen. De grands murs de revêtement durent être construits pour l'élargissement nécessaire de cette place. De là, le tracé s'élève, parallèlement aux voies de la station de Göschenen, puis après avoir longé le bâtiment qui sert de dépôt et de sous-station, traverse la Reuss au km. 0,<sup>4</sup> sur un viaduc maçonné de six ouvertures, dont une principale à 27 m., quatre à 8 et une à 6 m. Vers le km. 0,<sup>48</sup> elle passe par un petit tunnel de 25 m., sous la route du Gothard. Là se trouve la bifurcation pour la voie conduisant aux magasins militaires et à la voie de transbordement. Ce tronçon passe sur le portail du tunnel du Gothard. Au km. 0,<sup>6</sup> se trouve un premier évitement. La Reuss est de nouveau traversée au km. 0,<sup>72</sup> par un viaduc maçonné de deux ouvertures de 27 m., respectivement de 8 m. Le tracé qui suit est à flanc de coteau, à travers un terrain d'éboulis et de couloirs d'avalanches. Au km. 1,<sup>15</sup> se trouve une galerie de protection contre les avalanches, de 79 m. de long. Au km. 1,<sup>30</sup> on a établi un second évitement. Vient ensuite, au km. 1,<sup>41</sup>,

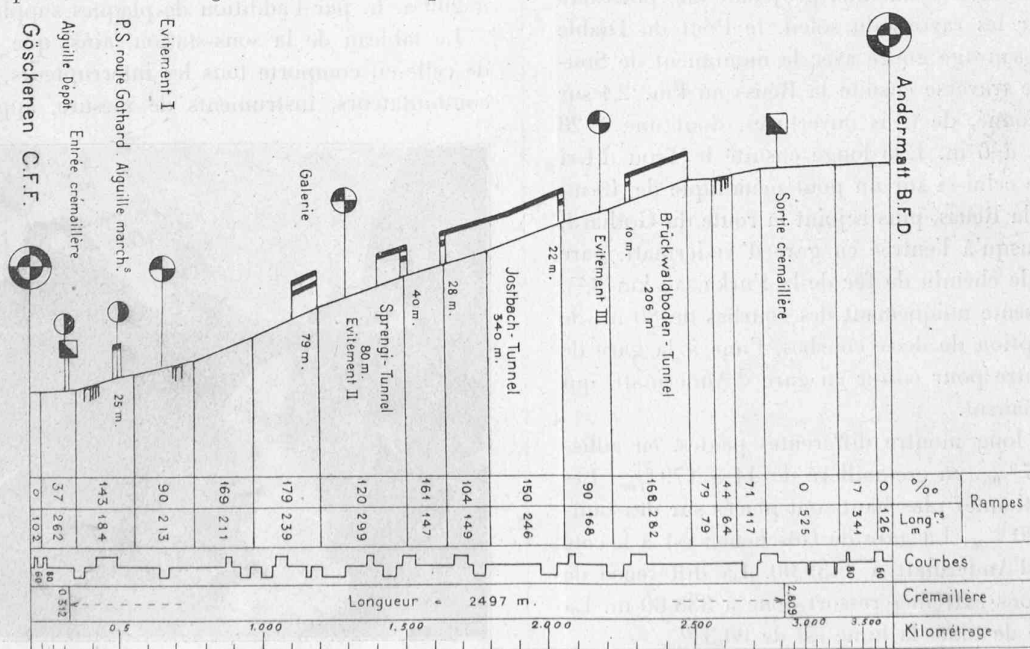


Fig. 1. — Profil en long de la ligne des Schöllenen.

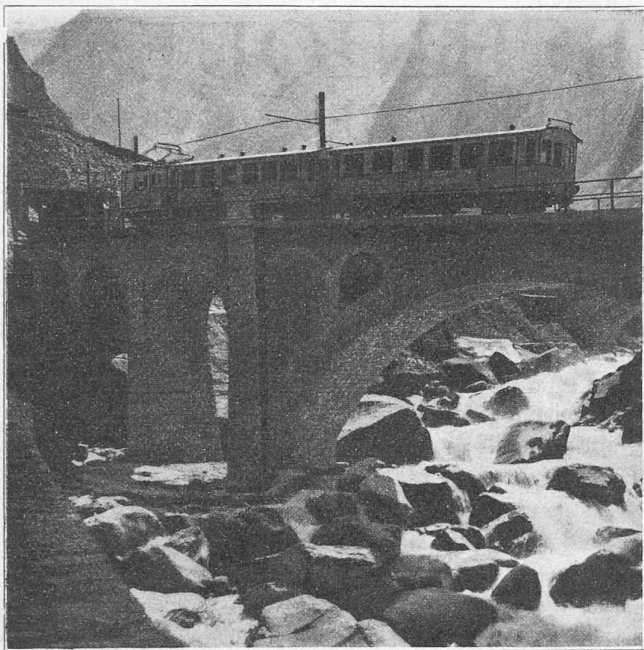


Fig. 2 — Pont sur la ligne des Schöllenen.

le tunnel de Sprengi, de 80 m. de long, évitant un couloir d'avalanches, prolongé par une galerie de protection de 40 m. Un court tronçon à ciel ouvert, puis, au km. 1,<sup>89</sup>, une nouvelle galerie de 28 m., précédant immédiatement le tunnel de Jostbach, de 340 m., lequel est suivi d'une autre galerie de 22 m. On débouche alors au troisième évitement, au km. 2,<sup>20</sup>, qui sert en même temps de gare aux marchandises pour le fort de Bözberg et les magasins à munitions voisins. Au km. 2,<sup>30</sup>, la ligne coupe un contrefort de la montagne par le tunnel de Brückwaldboden, de 206 m., précédé d'une galerie de 10 m., et débouche sur la Reuss au-dessus du Pont du Diable. Depuis la ligne, on jouit d'un paysage grandiose, formé par la cascade de la Reuss, aux flots écumeux, projetant une poussière d'eau irisée par les rayons du soleil, le Pont du Diable plus bas, et la sauvage gorge avec le monument de Souwaroff. La voie traverse ensuite la Reuss au km. 2,<sup>6</sup> sur un viaduc maçonné, de trois ouvertures, dont une à 23 mètres et deux à 6 m. Elle longe ensuite le Trou d'Uri à l'extérieur de celui-ci sur un pont métallique de 40 m, jeté le long de la Reuss, puis rejoint la route du Gothard, qu'elle longe jusqu'à l'entrée en gare d'Andermatt, gare commune avec le chemin de fer de la Furka, au km 3,<sup>75</sup>.

Le tracé présente uniquement des courbes de 80 m. de rayon, à l'exception de deux courbes, l'une à la gare de Göschenen, l'autre pour entrer en gare d'Andermatt, qui ont 60 m. seulement.

Le profil en long montre différentes pentes, en adhérence de 0 à 37 ‰, en crémaillère de 44 à 179 ‰. Les évitements mentionnés plus haut sont placés sur des rampes de 90 et 120 ‰. La gare de Göschenen est à la cote 1109,40, celle d'Andermatt à 1439,00. La différence de niveau des stations extrêmes ressort donc à 338,60 m. La rampe moyenne de toute la ligne est de 90,3 ‰.

La voie est établie autant que possible sur le rocher,

Les tunnels, percés dans le granit, n'ont pas eu besoin de revêtement. Ils sont à peu près secs, à l'exception du tunnel de Jostbach, où il y a des infiltrations d'eau. Le ballast graniteux est maintenu par des murettes en pierres sèches.

Pour les travaux d'art, on a recouru surtout à la pierre, afin de ne pas déparer le paysage. Exception a été faite pour le pont au droit du Trou d'Uri, dont la construction en pierre n'était pas possible, parce qu'elle aurait empiété de façon inadmissible dans le lit de la Reuss.

La voie de fer se compose de rails de 24,5 kg/m, de 11,4 m. de long, reposant sur 15 traverses de 15 kg/m. La crémaillère Abt, à double lamelle de 33<sup>mm</sup> d'épaisseur, repose au moyen de supports en fonte sur les traverses. La longueur d'une lamelle est de 2,28 m. La crémaillère a été fabriquée dans les ateliers de la *Fonderie de Berne*, tandis que les rails et les traverses viennent des *Usines de Burbach*. La voie est très robuste. Les aiguilles à crémaillère pour les évitements sont d'une construction particulièrement solide, vu les rampes sur lesquelles elles sont placées.

Le courant primaire pour la traction électrique est fourni par l'usine génératrice d'Altorf, sous forme de courant triphasé à 15,000 volts, 42 périodes. Après son entrée dans la sous-station de Göschenen, il passe dans les transformateurs à bain d'huile, qui abaissent la tension à 500 volts. Les deux groupes transformateurs se composent d'un moteur asynchrone triphasé de 230 HP à 840 tours, accouplés à une dynamo-shunt de 150 kw. de puissance horaire, à 1200 volts. Un survolteur-dévolteur, actionné par un moteur de 80 HP, à 840 tours, d'une puissance de 50 kw., avec deux collecteurs, permet de survolter jusqu'à 200 volts. Les deux collecteurs peuvent être couplés en série pour la charge, en parallèle pour la décharge de la batterie. Celle-ci se compose de 580 éléments d'une capacité de 180 a. h., pouvant être portée à 299 a. h. par l'addition de plaques supplémentaires.

Le tableau de la sous-station, ainsi que l'appareillage de celle-ci, comporte tous les interrupteurs, sectionneurs, commutateurs, instruments de mesure, appareils de ré-

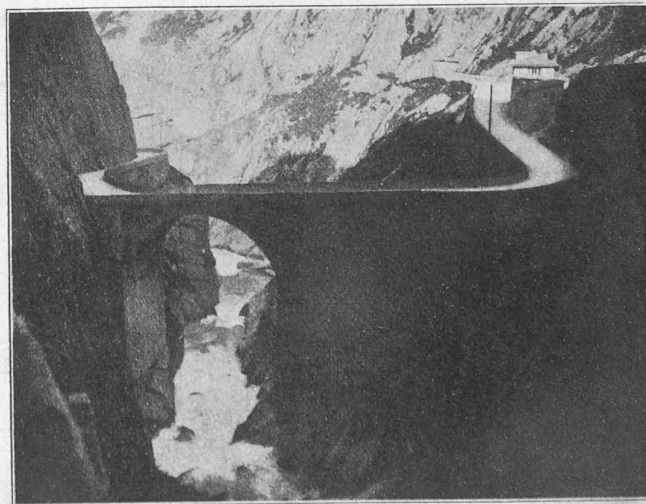


Fig. 3. — Le pont du Diable vu de la ligne.

glage et dispositifs contre les décharges atmosphériques exigés par les prescriptions en la matière. L'équipement électrique de la sous-station a été fourni par *Brown-Boveri et Cie*, la batterie provient de la *Fabrique d'accumulateurs d'OErlikon*.

La ligne de contact est supportée par des poteaux en bois avec bases métalliques, sauf dans les stations où les supports sont en fer profilé. Les consoles sont en tubes à gaz, les porte-fils non isolés sont attachés à des fils transversaux munis à chaque extrémité de deux isolateurs en porcelaine. La ligne de contact se compose de deux fils de cuivre dur de 9<sup>mm</sup> de diamètre. Au pont sur la Reuss, vers le Trou d'Uri, où l'on craint que la poussière d'eau ne forme autour des deux fils une masse compacte de glace, on a dévié l'un des fils sur les poteaux. Au droit de la galerie de flanquement du fort de Bühl, la ligne est démontable et elle est doublée par un câble souterrain. L'éclissage électrique des rails est formé par de petites bandes souples en cuivre, soudées à l'étain contre les abouts du champignon.

Le matériel roulant se compose de quatre locomotives, sept voitures de 2<sup>me</sup> et 3<sup>me</sup> classe à quatre essieux, six wagons à marchandises couverts et ouverts. Les locomotives sont analogues à celles du chemin de fer Blonay-Les Pléiades en ce qui concerne la partie mécanique, construite par la *Fabrique de locomotives de Winterthur*. Par contre, la partie électrique, fournie par *Brown-Boveri et Cie*, présente une innovation intéressante. Les moteurs, de 160 HP, sont compound, avec un régulateur d'excitation dans le circuit dérivé. Le controller comporte neuf touches de démarrage avec résistances, puis 35 touches de réglage de la vitesse. Il est actionné par un volant à portée du mécanicien. Le système permet de régler la vitesse d'une façon très exacte, et celle-ci est constante, quelle que soit la charge ou la rampe. A la descente, grâce à l'excitation dérivée, la locomotive récupère du courant dans la ligne de contact, et par suite dans la batterie. La récupération atteint le 50 % de la puissance exigée pour la montée, toutes charges égales. Il y a donc économie notable de puissance électrique.

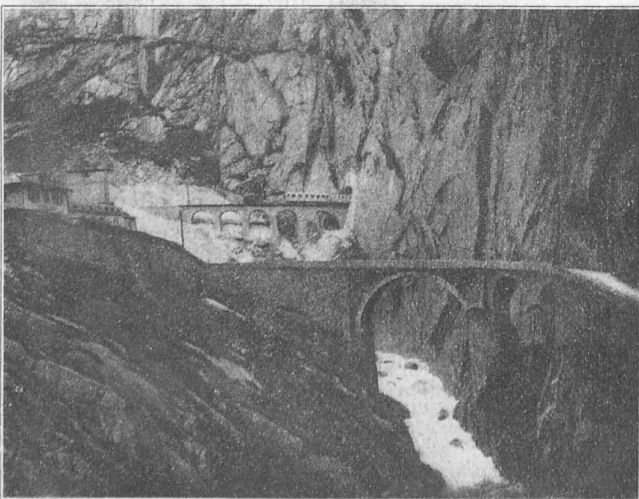


Fig. 4. — Pont du Diable et pont du Brückwaldboden.

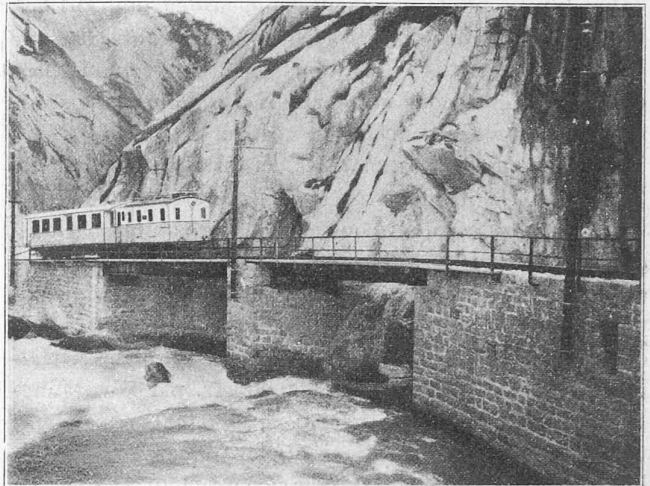


Fig. 5. — A la sortie du Trou d'Uri.

Pour la marche sur l'adhérence, la vitesse maximum est de 20 km./h., tandis que sur la crémaillère elle est de 8 km. Le dépassement de cette dernière d'environ 20 % fait fonctionner le frein de vitesse de la locomotive. Le trajet de Göschenen à Andermatt ou vice-versa, dure 26 minutes. La vitesse moyenne de marche est d'à peu près 9 km./h.

Tous les véhicules sont construits de façon à pouvoir circuler sur la ligne de la Furka; ils ont les mêmes attelages, la roue dentée de freinage sur la crémaillère, et le frein Hardy est installé. Lors du fonctionnement du frein de vitesse de la locomotive, le frein à vide des véhicules du train est également actionné, de sorte que l'arrêt du train est très rapide.

La charge totale d'un train est au maximum de 56 tonnes, soit une locomotive et deux voitures ou wagons chargés, exigeant sur la rampe de 179 ‰ un effort de traction de 10 500 kg. sur la crémaillère. Cet effort se répartit sur les deux roues dentées motrices à raison de 5250 kg. par roue, soit environ 80 kg. par millimètre de largeur des lamelles, chiffre qu'il faut considérer comme un maximum. La locomotive se trouve toujours en tête du train.

Pour le moment, l'exploitation n'est prévue que pendant la saison d'été. L'exploitation pendant l'hiver pourrait présenter, suivant l'état de l'atmosphère et de la neige, quelques dangers. Puis, dans le tunnel de Jostbach, la formation de la glace est abondante et exigerait un travail de déblaiement considérable; enfin, la glace et le givre se formant autour du fil de contact aux abords de la Reuss s'opposeraient à un bon contact des archets-pantographes. Il faut encore tenir compte des avalanches qui pourraient tomber sur la voie, comme ce fut le cas l'hiver dernier, malgré les travaux de protection. L'expérience de quelques années montrera quels sont les obstacles à vaincre pour assurer l'exploitation en hiver. Il est évident qu'Andermatt, station d'hiver, aurait tout intérêt à être relié à Göschenen pendant la saison des sports. D'autre part la vallée d'Urseren aurait aussi avantage à être mise au bénéfice d'une communication permanente avec le reste du canton d'Uri.

Les travaux de la ligne ont commencé en juin 1913. A la fin de cette année-là, ils avaient assez avancé. Lorsque la guerre éclata, ils furent totalement interrompus pendant deux mois, pour ne reprendre ensuite que dans une mesure très réduite, même en 1915 et 1916.

Le devis primitif estimait les dépenses de premier établissement à 2,600,000 francs. Ce devis a été dépassé d'abord parce qu'il fallait construire la ligne au gabarit du chemin de fer de la Furka, pour permettre à ses véhicules de venir jusqu'à Göschenen, puis par suite de l'augmentation du rayon des courbes de 60 à 80 m., enfin à cause du renchérissement général. Les dépenses totales atteindront 3,100,000 francs, soit 800,000 fr. par km. (Jungfrau 1,720,000 fr.; Montreux-Glion 933,000 fr. par km.) Ce chiffre est très élevé, mais il s'explique par les nombreux travaux d'art que l'on rencontre tout le long du tracé. Le bâtiment servant de dépôt et de sous-station a coûté également très cher, vu sa situation et les gros déblais et murs de soutènement exigés. La Confédération a fourni à la Compagnie une première subvention à fonds perdu de 125,000 francs; une deuxième subvention de 150,000 francs est encore demandée par la Compagnie.

## Turbines à vapeur multiples à action

par CH. COLOMBI, ingénieur,  
professeur à l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne.

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

Nous allons appliquer maintenant les dernières équations trouvées à l'étude d'une turbine à action multiple et dans ce but nous choisissons en premier lieu un diagramme de vitesse type nous fixant les relations géométriques qui existent, pour tous les éléments de la turbine, entre les différentes vitesses de la vapeur à considérer, leurs directions, etc.

Nous admettons que, pour tous les éléments, la vitesse absolue de la vapeur à la sortie du distributeur est définie par  $c_1 = \varphi c_m$  avec  $\varphi = 0,95$ , que la relation  $\omega_2 = \psi \omega_1$  avec  $\psi = 0,85$  lie les vitesses relatives d'entrée et de sortie de la vapeur dans la roue mobile de chaque élément, que l'angle compris entre la direction de la vitesse périphérique et la direction de la vitesse absolue de sortie de la vapeur du distributeur est toujours  $\alpha_1 = 17^\circ$  et finalement que les angles définissant les directions des vitesses relatives d'entrée et de sortie de la roue mobile sont égaux entre eux, soit  $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ . En un mot nous adoptons, pour tous les étages de la turbine, le diagramme des vitesses représenté par la figure 3<sup>1</sup>. Ceci posé nous pouvons calculer sans autre deux quantités qui nous intéressent immédiatement, la vitesse absolue de sortie de la vapeur et le rendement réel de l'élément, en fonction du rapport  $\frac{u}{c_1}$  entre la vitesse périphérique et la vitesse absolue d'entrée de la vapeur ou, ce qui revient au même

puisque nous n'avons affaire qu'à des rapports, en fonction de  $u$  la vitesse  $c_1$  étant considérée comme constante.

En tenant compte de la figure 3 nous pouvons établir le calcul suivant :

$$\begin{aligned} c_2^2 &= \omega_2^2 + u^2 - 2u\omega_2 \cos \beta_2; & \omega_1^2 &= c_1^2 + u^2 - 2uc_1 \cos \alpha_1 \\ \omega_2^2 &= \psi^2 \omega_1^2 = \psi^2 c_1^2 + \psi^2 u^2 - 2uc_1 \psi^2 \cos \alpha_1 \\ \omega_2 \cos \beta &= \psi \omega_1 \cos \beta = \psi (c_1 \cos \alpha_1 - u) \end{aligned}$$

par substitution :

$$\begin{aligned} c_2^2 &= \psi^2 (c_1^2 + u^2 - 2uc_1 \cos \alpha_1) + u^2 - 2u\psi (c_1 \cos \alpha_1 - u) \\ &= u^2 (1 + \psi^2 + 2\psi) - u (2c_1 \cos \alpha_1) (\psi^2 + \psi) + \psi^2 c_1^2 \end{aligned}$$

en introduisant les valeurs de  $\varphi$  et de  $\psi$  admises et en mettant en évidence  $u$  et  $c_m$  nous obtenons :

$$c_2^2 = 3,425u^2 - 2,855uc_m + 0,652c_m^2$$

Si, pour les raisons exposées, nous considérons  $c_1$  (respectivement  $c_m$ ) comme une constante que nous posons = 40 pour obtenir des rapports simples entre  $u$  et  $c_1$  nous obtenons finalement :

$$c_2^2 = 3,425u^2 - 30,05u + 72,25$$

Cette équation n'est valable, bien entendu, que pour le cas de diagramme que nous avons pris en considération, pour les valeurs admises de  $\varphi$ , de  $\psi$  et de  $\alpha_1$ , etc., mais nous pourrions naturellement déduire des équations analogues pour tout autre cas de diagramme à étudier.

Le rendement réel de chaque élément peut s'exprimer par la relation,

$$\tau_n = 2\varphi^2 (1 + \psi) \frac{u}{c_1} \cos \alpha_1 - 2\varphi^2 (1 + \psi) \left(\frac{u}{c_1}\right)^2$$

Cette relation étant connue et d'un usage courant, nous n'insistons pas sur les calculs qui permettent sa déduction, nous remarquerons seulement qu'il est possible de l'établir en partant du calcul des pertes dont nous nous sommes servis auparavant.

En substituant dans cette équation aux différentes notations les valeurs admises, on obtient :

$$\tau_n = 0,3195u - 0,03342u^2$$

Au moyen des deux équations trouvées pour  $c_2^2$  et pour  $\tau_n$  nous avons calculé différentes valeurs numériques de ces quantités, valeurs qui ont été reportées en courbes, en fonction des rapports  $\frac{u}{c_1}$  dans la figure 4 avec d'autres quantités à la détermination desquelles nous allons nous appliquer tantôt.

L'une et l'autre de ces deux courbes ont une allure tout à fait caractéristique. Sans insister sur leur discussion qui nous entraînerait trop loin et qui est d'ailleurs connue, nous remarquons seulement que la courbe du rendement réel de l'élément (courbe 1 de la figure 4) nous montre clairement que cette valeur atteint son maximum aux environs de  $\frac{u}{c_1} = 0,5$  tandis qu'elle tombe à 0 dans le voisinage de  $\frac{u}{c_1} = 1$  rapport qui définit la vitesse d'emballlement de la turbine élémentaire sous

<sup>1</sup> Voir Bulletin technique du 20 octobre 1917, p. 205.