Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 32 (1906)
Heft: 14

Artikel: Le tunnel du Simplon
Autor: Blonay, Pierre de
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-25579

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: 15.08.2025

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

32me Année. 25 juillet 1906. N° 14.

Bulletin technique de la Suisse romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES. — Paraissant deux fois par mois.

Rédacteur en chef: M. P. HOFFET, professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

Secrétaire de la Rédaction : M. F. GILLIARD, ingénieur.

SOMMAIRE : *Le tunnel du Simplon. Résultats obtenus et observations faites du 1er juillet 1904 au 31 mars 1906.* Par M. Pierre de Blonay, ingénieur. — *Quelques problèmes spéciaux tirés du domaine des turbo-machines hydrauliques* (suite), par M. R. Neeser, ingénieur, professeur à l'Université de Lausanne. — **Divers** : Concours pour un Hôtel de la Caisse d'épargne de Neuchâtel, à Chaux-de-Fonds. IIe prix : Projet « Tire-Lire ». Architecte : M. M. Braillard, à Genève. — *Bibliographie.* — *Concours :* Etude d'un projet de Bibliothèque cantonale et universitaire à construire à Fribourg (Suisse). — Aménagement de la rue de la Cathédrale, à Lausanne. — *Sociétés :* Société vaudoise des ingénieurs et des architectes: Bibliothèque.

Le tunnel du Simplon.

Résultats obtenus et observations faites du 1er juillet 1904 au 31 mars 1906.

Le tunnel du Simplon étant actuellement terminé, nous venons encore une fois en entretenir les lecteurs du *Bulletin technique*, en réunissant quelques résultats qui nous semblent intéressants, relatifs à la marche des travaux depuis le 1er juillet 1904, date à laquelle nous nous sommes arrêtés dans notre dernière note [1].

Nous n'entrerons pas dans les détails qui ont été rapportés dans les extraits des rapports trimestriels.

La perforation mécanique n'a pas été reprise du côté Nord depuis le 18 mai 1904, date à laquelle les portes de sûreté avaient été définitivement fermées. Du côté Sud, les perforatrices ont été arrêtées le 6 septembre de la même année par une forte venue d'eau au front d'attaque ; cette eau avait une température de 45°,4 et le dégagement de chaleur fut tel que les travaux durent être suspendus en attendant l'achèvement des installations de réfrigération ; la perforation mécanique fut reprise le 22 décembre seulement, et continuée avec quelques interruptions jusqu'à la rencontre des deux galeries, le 24 février 1905. Les circonstances qui accompagnèrent cette rencontre ne permirent pas de terminer complètement le tunnel aussi rapidement que cela était prévu. La galerie parallèle fut percée le 6 juillet, la galerie de faîte du tunnel I le 11 septembre, les abatages le 28 septembre et le revêtement le 13 octobre 1905.

Pendant la période considérée, l'avancement journalier maximum a été 6,70 m. en juillet 1904.

Depuis le 1er juillet 1904 jusqu'à fin 1905 les excavations ont atteint du côté Nord 32 491 m³, et du côté Sud 84 403 m³, au total 116 894 m³, tandis que les maçonneries exécutées s'élevaient à 13 199 m³ du côté Nord et 31 037 m³ du côté Sud, soit au total à 44 236 m³ (V. tableau III).

Les observations de température de la roche aux stations permanentes tous les kilomètres, consignées dans le tableau IV, ont montré une diminution générale de cette

[1] Voir N° du 10 septembre 1904, page 317.

TABLEAU I. — **Avancement des travaux.**

Trimestres.	Galerie d'avancement.	Galerie de faîte.	Abatages.	Revêtement.
	m.	m.	m.	m.
1904		CÔTÉ NORD.		
30 juin.	10376	9659	9635	9572
III	—	9824	9855	9689
IV	—	10100	10070	9906
1905				
I	—	10119	10119	10119
II	—	10319	10331	10202
III	—	10488	10488	10502
IV	—	—	—	10508
1904		CÔTÉ SUD.		
30 juin.	8719	7899	7750	7649
III	9110	8228	8120	7904
IV	9162	8522	8380	8271
1905				
I	9353	8856	8780	8656
II	—	9218	9125	9026
III	—	9281	9281	9249
IV	—	—	—	9261
		LONGUEURS TOTALES		
	19729	19769	19769	19769
Date d'achèvement	24 févr. 05	11 sept. 05	28 sept. 05	13 oct. 05

TABLEAU II.

Résultats de la perforation mécanique d'après les rapports mensuels.

	Côté Nord	Côté Sud			Total
1904	Longueur totale de galerie.	Avancement moyen par jour de perforation mécanique.	Progrès mensuel.	Longueur de galerie.	Longueur totale de galerie.
	m.	m.	m.	m.	m.
Juillet	10376	6,70	209	8928	13904
Août	»	5,42	157	9085	19461
Septembre	»	—	25	9110	19486
Octobre	»	—	—	»	19486
Novembre	»	—	—	»	19486
Décembre	»	—	52	9162	19538
1905					
Janvier	»	3,75	83	9245	19621
Février	»	—	109	9354	19730

Rencontre des deux galeries le 24 février 1905.

TABLEAU III. — **Cubes des excavations et maçonneries.**

Trimestres	Excavations. Total par trimestre. m³	Moyenne par jour. m³	Par mètre courant dans le tunnel I. m³	Par mètre courant en dehors du diagramme. m³	Maçonneries. Total par trimestre. m³	Moyenne par jour. m³	Par mètre courant dans le tunnel I. m³	Par mètre courant en dehors du diagramme. m³
1904				**Côté Nord.**				
III	11364	143	35,05	3,22	3629	47	9,52	3,22
IV	7819	100	35,09	3,25	2981	38	9,52	3,23
1905								
I	1954	47	35,11	3,27	2048	43	9,50	3,23
II	5670	77	36,05	3,24	1017	38	9,53	3,14
III	5378	66	35,10	3,31	3249	39	9,55	3,28
IV	306 (canal)	—	—	—	275 (canal)	—	—	—
1904				**Côté Sud.**				
III	22009	259	36,—	4,47	6540	77	11,10	4,47
IV	14501	172	36,30	4,60	7972	94	11,48	4,60
1905								
I	16908	221	37,70	4,90	6403	84	12,85	4,90
II	16487	206	36,94	4,96	7034	88	11,98	4,96
III	11640	138	37,31	5,10	5722	68	12,30	5,10
IV	2856	—	—	—	366	—	—	—

TABLEAU IV. — **Température de la roche aux stations permanentes.**

(Degrés centigrades).

	Côté Nord. Roche.	Côté Nord. Air ambiant.	Côté Sud. Roche.	Côté Sud. Air ambiant.
Station à 500 m.				
Juillet 1904	19°,5	22°,0	21°,4	25°,0
Juin 1905	21°,6	25°,0	16°,6	16°,0
Février 1906	10°,4	8°,0 Mars 1906	14°,0	11°,0
Station à 1000 m.				
Juillet 1904	22°,2	25°,0	24°,0	26°,0
Juin 1905	21°,0	25°,2	17°,1	15°,7
Février 1906	14°,2	11°,5 Mars 1906	14°,0	13°,0
Station à 2000 m.				
Juillet 1904	25°,2	27°,0	23°,8	26°,5
Juin 1905	25°,2	27°,0	17°,5	15°,1
Février 1906	17°,8	15°,5 Mars 1906	16°,0	15°,0
Station à 3000 m.				
Juillet 1904	27°,2	29°,0	23°,6	25°,0
Juin 1905	27°,0	28°,5	18°,4	15°,6
Février 1906	20°,4	17°,5 Mars 1906	17°,3	16°,0
Station à 4000 m.				
Juillet 1904	29°,5	30°,5	24°,8	24°,5
Juin 1905	28°,8	30°,0	22°,1	15°,3
Février 1906	23°,5	21°,0 Mars 1906	20°,8	16°,0
Station à 5000 m.				
Juillet 1904	30°,8	31°,0	19°,2	16°,8
Juin 1905	30°,0	30°,0	20°,0	17°,6
Février 1906	—	22°,5 Mars 1906	22°,0	27°,0
Station à 6000 m.				
Juillet 1904	32°,8	31°,5	26°,0	18°,5
Juin 1905	32°,0	31°,0	26°,9	20°,8
Février 1906	28°,8	24°,5 Mars 1906	28°,6	33°,0
Station à 7000 m.				
Juillet 1904	35°,5	31°,5	27°,2	19°,5
Juin 1905	32°,0	31°,0	27°,3	22°,7
Février 1906	30°,8	25°,0 Mars 1906	32°,0	33°,3
Station à 8000 m.				
Juillet 1904	34°,5	32°,5	29°,0	23°,0
Juin 1905	34°,4	31°,5	31°,4	25°,1
Février 1906	32°,2	25°,0 Mars 1906	33°,6	33°,5
Station à 9000 m.				
Juillet 1904	—	—	42°,4	27°,0
Juin 1905	34°,8	30°,7	34°,8	28°,0
Février 1906	30°,5	21°,5 Mars 1906	34°,8	33°,6
Station à 9572 m. (point culminant).				
Juillet 1904	36°,8	29°,5	—	—
Juin 1905	36°,3	30°,7	—	—
Février 1906	35°,1	24°	—	—
Station à 10 000 m.				
Juillet 1904	37°,2	30°,0	—	—
Juin 1905	34°,7	30°,5	—	—
Février 1906	34°,0	27°	—	—

température du côté Nord et du côté Sud jusqu'au km. 5,000 ; de là au km. 8,000 celle-ci s'est légèrement relevée.

Quant à la température de la roche, mesurée au fur et à mesure de l'avancement, elle s'est élevée à 45° au km. 9,185 du côté Sud, maximum observé sur ce versant (Tableau V).

La ventilation a, depuis la rencontre des deux galeries de base, été poussée à un point qu'elle n'avait pas encore atteint ; on a refoulé en moyenne et par 24 heures m³ 7 971 650 et 7 171 900 m³ (total pour les deux côtés) pendant les deux derniers trimestres de 1905 et 8 544 000 m³ pen-

TABLEAU V.

Température de la roche, mesurée au fur et à mesure de l'avancement.

CÔTÉ SUD.

Km.	1re observation Degrés C.	Dernière observation Degrés C.
8,800	40°,0	34°,2
9,000	42°,4	35°,8
9,185	45°,0	—
9,200	43°,5	34°,8

Du côté Nord, il n'a pas été fait d'observations depuis avril 1904.

TABLEAU VI.

Température de l'air (Moyennes par trimestre).

Trimestres.	Extérieur. Degrés C.	Avancement I. Perforation. Degrés C.	Marinage. Degrés C.	Maximum pendant le marinage, Degrés C.	Chantiers de maçonnerie Degrés C.
1904		CÔTÉ NORD.			
III	17,20	—	—	—	24,0-31,0
IV	3,78	—	—	—	26,0-30,0
1905					
I	1,01	—	—	—	27,5-32,5
II	13,54		30,03		27,0-31,0
III	17,02		29,50		28,0-30,0
IV	2,65		24,00		—
1904		CÔTÉ SUD.			
III	17,70	27,1	28,8	29,0	26,5-29,0
IV	5,56	30,6	31,6	34,0	28,5-30,5
1905					
I	2,58	30,0	32,5	36,0	28,5-31,5
II	12,9	31,2	32,9	34,0	31,0-33,0
III	17,33		32,00		30,0-32,5
IV	4,31		25,40		—

dant le 1er trimestre de 1906. Rappelons que les ventilateurs du côté Nord sont construits pour refouler chacun, avec une vitesse de 400 tours par minute, 25 m³ d'air à la seconde, sous une pression de 250 mm. d'eau.

Jusqu'au 16 mars 1905, la circulation de l'air a été la même que précédemment, c'est-à-dire que celui-ci était refoulé, sur les deux versants, dans la galerie parallèle pour ressortir par le tunnel I. Dès la date ci-dessus du côté Nord, et alors que la porte de sûreté n'était pas encore ouverte, l'air entra par le tunel I et fut aspiré au dehors par la galerie parallèle. Enfin, dès le 22 avril, il fut refoulé du côté Nord dans le tunnel I; une partie de cet air sortait par le versant Sud et le reste par la galerie parallèle; du côté Sud, la circulation resta la même que précédemment.

Dès septembre 1905, l'entrée de la galerie parallèle fut fermée du côté de Brigue; l'air refoulé dans le tunnel I s'écoulait en entier du côté Sud; 8 galeries transversales ouvertes permettaient le renouvellement de l'air de la galerie parallèle.

TABLEAU VII.

Perforation mécanique dans la galerie de base.

CÔTÉ SUD.

		1904 IIe sem.	1905
Section moyenne	m².	6,4	6,8
Jours de perforation mécanique		85,0	46
Avancement total	m.	439	187
» par jour de perforation	»	5,16	4,06
» par attaque	»	1,18	1,16
Attaques		371	161
» par jour		4,36	3,5
Trous de mine, nombre total		4346	2083
» » par attaque		11,6	13
» » p. m. d'avancement		9,9	11,1
» profondeur totale	m.	5223	
» » p. attaque	»	14,08	
» » p. m. d'avancement	»	11,9	
» » moyenne	»	1,20	
Dynamite, poids total	kg.	12545	6583
» p. attaque	»	33,81	40,8
» p. m. d'avancement	»	28,57	35,7
» p. trou de mine	»	2,88	3,16
Cubes excavés, total	m³.	2798	1251
» p. jour	»	32,91	27,19
» p. attaque	»	7,81	7,70
Affutages de fleurets		24946	15325
» » p. attaque		67,24	95,18
» » p. m. de trou		4,77	—
Heures de perforation, total		784,4	525,2
» » par jour		9,2	11,2
» » par attaque		2,1	3,3
» » p. m. d'avancement		1,8	2,8
» » p. m. de trou		0,15	—
» de marinage, total		1046,6	575
» » par jour		12,3	12,5
» » p. attaque			3,6
» perdues		15,5	10

La perforation mécanique n'a pas été reprise du côté Nord.

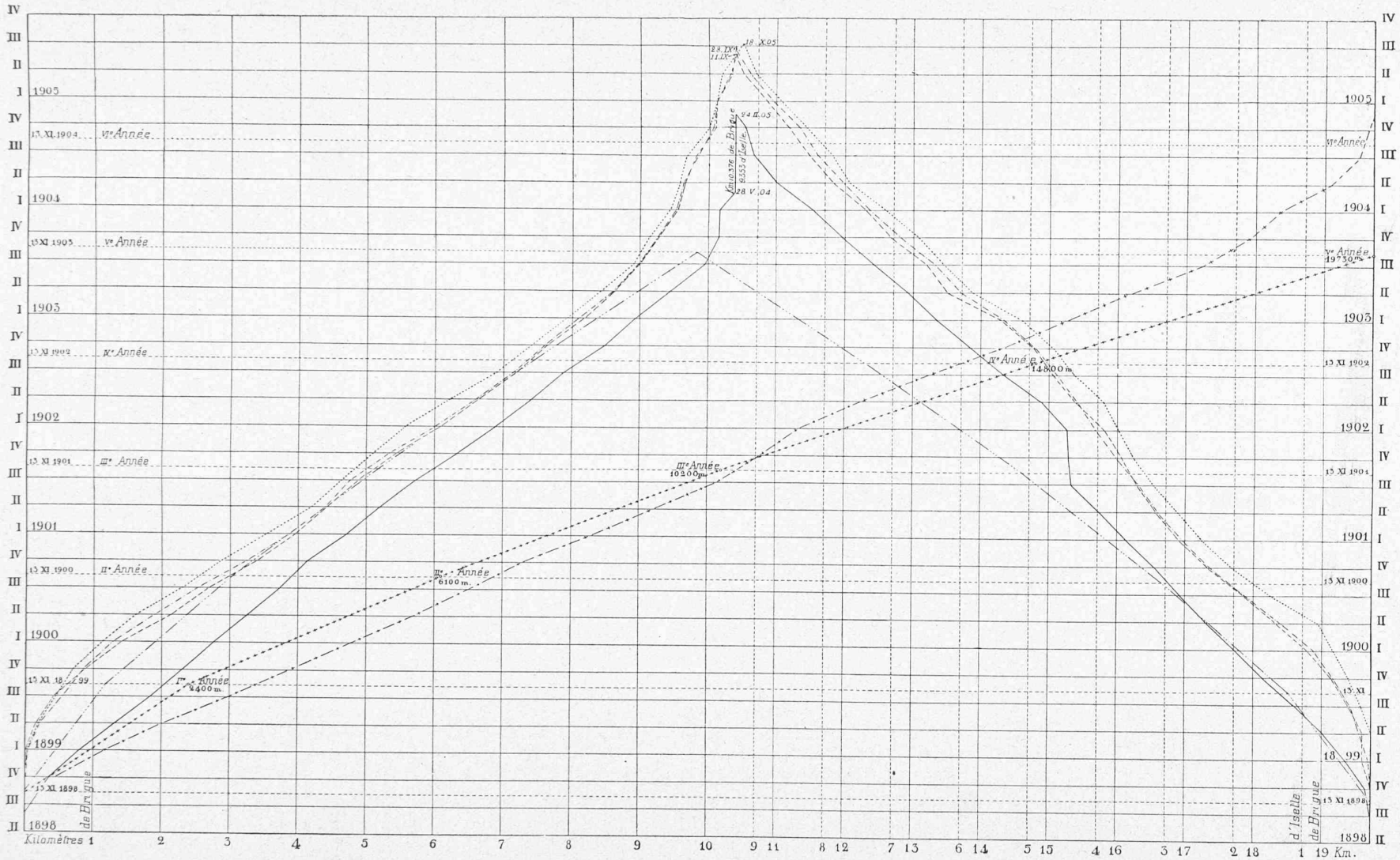
Pendant le 1er trimestre 1906, les ventilateurs du côté Nord refoulaient ou aspiraient, suivant les besoins, l'air dans le tunnel I; à Iselle, l'air entrait par la galerie parallèle et passait dans le tunnel I au km. 9,380.

La réfrigération a exigé des installations très complètes, qui se composaient de grands pulvérisateurs, d'appareils à jet d'eau avec petits pulvérisateurs et de conduites plus ou moins longues (de 5, 10, 16 ou 25 cm. de diamètre) munies d'un grand nombre de petits pulvérisateurs. L'eau était projetée contre la roche ou contre les tuyaux amenant l'air à l'avancement; elle était du côté Nord refoulée depuis l'extérieur, tandis que du côté Sud elle provenait des sources froides du km. 4,400.

La température de l'air a atteint au front d'attaque Sud, et pendant le marinage, un maximum de 36°, tandis que sur les chantiers de maçonnerie elle ne dépassait pas 32°,5 du côté Nord et 33° du côté Sud.

Le tableau VII donne encore quelques résultats et moyennes relatifs à la perforation mécanique.

TABLEAU GRAPHIQUE DE L'AVANCEMENT DES TRAVAUX DU TUNNEL DU SIMPLON



Longueur totale entre les têtes des deux galeries de direction	19 729,00 m.
» de la galerie parallèle	19 795,00 m.
Longueur réelle du tunnel I	19 802,80 m.

TABLEAU VIII. — **Ventilation et introduction d'eau dans le tunnel.**

Trimestres.	Quantités moyennes d'air introduites en 24 heures. Total. m³.	Avancement I. m³.	Avancement II. m³.	Eau introduite en 24 heures. m³.	Température initiale de l'eau introduite. Degrés C.	Volume d'eau sortant du tunnel. Litres par seconde.
			Côté Nord.			
1904						
III	2 934 140			8640 (6480)[1]	7,7	196—198
IV	2 935 000			7948 (5961)	2,2	200
1905						
I	2 967 000			6912 (5443)	3,9	200—134
II	4 492 850			6480 (5357)	7,1	143—88
III	4 752 000			2765 (2048)	8,5	88—72
IV	4 924 800			1987 (1555)	0,5	72—58
1906						
I	6 944 000			864	2,5	60
			Côté Sud.			
1904						
III	2 361 310	157 000	172 000	2557	9,6	1153—881
IV	2 461 540	196 000	186 000	6912 (4320)[2]	5,0	881—875
1905						
I	2 814 050	266 000	214 500	2678 (5184)	4,0	875—833
II	2 769 120	—	252 000	3197 (5184)	8,6	833—1167
III	3 159 650	—	—	3110 (3888)	10,3	1167-1217
IV	2 947 100	—	—	2678 (1300)	2,0	1217-1062
1906						
I	1 600 000	—	—	1210	4,0	1062—942

[1] Pour la réfrigération.
[2] Du côté Sud, l'eau destinée à la réfrigération a été prélevée sur l'apport des sources froides du km. 4,400.

TABLEAU IX. — **Avancement des travaux.**

Résumé pour tout le tunnel.

	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	Total
CÔTÉ NORD									
Galerie d'avancement	m. 333	1967	1819	2216	2134	1675	232	—	10376
» parallèle	» 206	1857	2021	2110	2213	1696	151	11	10165
» de faite	» —	876	2520	2045	2200	1620	839	388	10488
Abatages	» —	872	2380	2100	2259	1638	821	418	10488
Revêtement	» —	695	2178	2236	2319	1698	780	602	10508
CÔTÉ SUD									
Galerie d'avancement	m. 76	1490	1582	1280	1431	1893	1410	191	9353
» parallèle	» 25	1380	1745	1323	1330	1965	1404	458	9630
» de faite	» —	578	1821	1244	1292	2096	1491	759	9281
Abatages	» —	547	1803	1390	1163	1994	1483	901	9281
Revêtement	» —	335	1685	1449	1178	1967	1657	990	9261

Avant de terminer nous résumerons encore en quelques mots la marche générale des travaux du tunnel.

En examinant le 1er tableau graphique nous constatons que l'avancement du côté Nord a progressé régulièrement sans interruption notable jusqu'au 21 novembre 1903, date à laquelle une source chaude (48-49°) a complètement inondé la partie en contrepente de la galerie d'avancement ; des installations d'épuisement furent faites et le 20 mars 1904 la perforation mécanique fut reprise pour être définitivement arrêtée le 18 mai suivant. Du côté Sud, l'a-

vancement a dès l'origine, et par suite de la dureté et de la configuration de la roche, été plus lent, sans cependant subir d'arrêt important jusqu'au 30 septembre 1901. La venue des grandes sources froides au km. 4,400 interrompit la perforation mécanique à cette date; elle fut reprise le 15 novembre suivant, mais le 22 du même mois il se produisait un nouvel arrêt au km. 4,422, par suite de la rencontre d'une roche très mauvaise, qui nécessita la pose de 74 cadres complets en fer à ⊢ de 40 cm. entre les km. 4,418 et 4,460, soit sur une longueur de 42 mètres. Enfin, le 20 mai 1902, les perforatrices purent recommencer à fonctionner.

C'est depuis cet arrêt considérable que l'Entreprise se trouva en retard sur le programme définitif des travaux.

A partir du 20 mai 1902 l'avancement Sud reprit une marche régulière, sans grandes interruptions jusqu'au 6 septembre 1904, date à laquelle surgit au km. 9,110 une source chaude (45°,4) de 76 litres par seconde, qui causa un nouvel arrêt des travaux. Les perforatrices recommencèrent à marcher le 22 décembre; enfin, le 24 février 1905, eut lieu la rencontre des deux galeries de base.

Celles-ci avaient été attaquées le 1er août 1898 du côté de Brigue et le 16 du même mois du côté d'Iselle; il a donc fallu 2392 jours de travail, ce qui correspond à un progrès journalier de m. 8,25. Il en résulte pour la perforation mécanique sur les deux versants un avancement moyen de m. 10,63 par jour de travail.

PIERRE DE BLONAY, ingénieur.

(A suivre).

Quelques problèmes spéciaux tirés du domaine des turbo-machines hydrauliques.

Par M. R. NEESER, ingénieur, professeur à l'Université de Lausanne, avec la précieuse collaboration de M. R. SIEGMUND, ingénieur à Milwaukee, Amérique.

(Suite)[1].

C. *Détermination de* ψ_{2i}.

Constatons tout d'abord que les trois groupes d'éléments qui suivent suffisent pour déterminer sans ambiguité la forme de l'aube dans le voisinage immédiat de l'arête $A\,B\,C$;

1° l'arête de sortie $A\,B\,C$, donnée par exemple par les courbes $a\,b\,c$ et $A'\,B'\,C'$ définies ci-dessus;

2° les filets liquides 1—1, 2—2, ... 9—9;

3° les diagrammes de sortie, c'est-à-dire les angles β_{2i} donnés par la figure 6.

Il suffit pour cela de faire voir que tous les plans tangents à l'aube le long de l'arête $A\,B\,C$ sont déterminés. Or nous connaissons en un point quelconque de $A\,B\,C$, J par exemple (fig. 3 et 4), deux droites de ce plan tangent; ce sont les tangentes à deux courbes de la surface de l'aube, savoir:

la tangente T à l'arête $A\,B\,C$, donnée par ses deux projections t et t' (fig. 4);

la tangente R à la trajectoire relative; celle-ci est en effet située sur la surface liquide déterminée par le filet du point J, en sorte que la tangente R se trouvera dans le plan tangent à cette surface liquide en J; ce plan tangent contient aussi la direction de la vitesse périphérique u_{2i}, et comme la droite R doit faire avec $-u_{2i}$ un angle connu β_{2i}, elle est déterminée sans ambiguité.

Il va de soi que ce raisonnement peut se répéter pour tous les points de l'arête $A\,B\,C$. Les éléments 1, 2 et 3 suffisent donc bien pour déterminer tous les plans tangents à l'aube le long de $A\,B\,C$ et par suite l'aube elle-même dans le voisinage immédiat de cette arête.

Examinons maintenant dans quelle hypothèse, et de quelle façon on peut engendrer une région *finie* de l'aube, voisine de $A\,B\,C$.

Pour que la veine liquide comprise entre deux aubes consécutives sorte de la turbine sous forme de jet à faces parallèles, faisant en tous les points du cercle de diamètre D_{2i} avec la direction de $-u_{2i}$ l'angle β_{2i} fixé par les diagrammes (fig. 6), on donne, comme chacun le sait, à la trajectoire relative, dans le voisinage du point de sortie du moins, et sur une longueur suffisante, la forme d'une développante de cercle[1] enroulée pour ainsi dire sur la surface liquide correspondante. Comme ces surfaces liquides sont en général gauches, on leur substitue dans la partie voisine de l'arête $A\ B\ C$ leur cône de raccordement, c'est-à-dire une surface développable, sur laquelle il est possible de tracer la développante faisant avec le cercle de diamètre D_{2i} l'angle donné β_{2i}. En relevant le cône, on obtient la dernière partie de la trajectoire relative, c'est-à-dire une courbe appartenant à l'aube cherchée[2]. Si l'on répète cette construction pour un nombre suffisant de points de l'arête $A\,B\,C$, on détermine ainsi dans l'espace une série de courbes partant de $A\,B\,C$, et par lesquelles on peut faire passer une surface continue, qui sera la dernière partie de l'aube, c'est-à-dire la région finie cherchée.

Par conséquent, si aux éléments 1, 2 et 3 cités plus haut on ajoute la condition du parallélisme de la veine liquide à sa sortie de la turbine, condition réalisée comme nous venons de le dire par l'emploi d'une développante de cercle pour la dernière partie de la trajectoire relative, l'aube est déterminée non seulement dans le voisinage immédiat de $A\,B\,C$ mais dans une région finie voisine de l'arête de sortie. On sera donc à même de déterminer l'intersection de cette région-là et d'une surface quelconque, et en particulier les tangentes à cette intersection. Choisissons par exemple

[1] Voir N° du 10 juillet 1906, page 145.

[1] Quelques auteurs ont proposé la spirale logarithmique qui, entre autres avantages, présente celui de couper tous les cercles concentriques sous le même angle. — Voir en outre les travaux de Prasil déjà cités.

[2] M. Kaplan a donné (voir *Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen*, 1905) le principe d'une méthode plus exacte, qui consiste à remplacer toute la surface liquide par une série finie de cônes de raccordement successifs.