

# Le tunnel du Simplon

Autor(en): **Blonay, Pierre de**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **27 (1901)**

Heft 10

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-22131>

## **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.

Les frais d'établissement ont été de :

1° Achat du terrain . . . . .	Fr.	23,222.—
2° Entreprise Bellorini : terrassement . . . . .	»	70,874.—
id. Bétonnage, maçonnerie, enduit, régie . . . . .	»	238,499.—
3° Entreprise de Mollins : colonnes, couvertures, chambre de jauge. . . . .	»	58,283.—
4° Appareillages (Entreprise Duvillard); frais d'études et divers . . . . .	»	15,000.—
	Au total	Fr. 405,878.—
Ce qui fait revenir le m <sup>3</sup> utile à . . . . .	»	26.97

Lausanne, février 1901.

F. ROCHAT-MERCIER, *ingénieur civil.*

## LE TUNNEL DU SIMPLON

par M. PIERRE DE BLONAY, Ing.

(Suite)

### Les transports dans le tunnel

A la tête nord on a utilisé jusqu'à ces derniers mois des wagonnets de mine de m<sup>3</sup> 0,25 de contenance et m 0,50 d'écartement des rails (voir fig. 1 et 2, p. 13, *Bulletin* du 20 janvier 1901). Leur petitesse présentait l'avantage d'une grande mobilité; en revanche il fallait pour les vider, les renverser complètement, ce qui nécessitait une main-d'œuvre considérable. Ces wagonnets étaient, à une certaine distance de l'avancement, réunis en trains que des chevaux emmenaient à l'extérieur. Ces trains entraient par une galerie et ressortaient par l'autre. Lorsque les travaux des abatages prirent une certaine importance, ce système ne suffit plus pour emmener les grandes quantités de déblais et introduire les matériaux de revêtement. La voie Decauville de 50 cm d'écartement fut remplacée par une voie de 80 cm avec rails de profil plus fort et traverses en fer indépendantes; sur cette voie circulaient des wagons-caisses à parois latérales mobiles et de m<sup>3</sup> 1,50 de contenance, destinés aux abatages. Pour les avancements on conserva la voie étroite, seulement les wagonnets étaient à 200 ou 300 mètres du front d'attaque, amenés au moyen d'une rampe sur une plate-forme de m 0,60 de hauteur et chargés cinq par cinq sur des wagons-porteurs de 80 cm d'écartement. Des chevaux emmenaient les trains ainsi formés, d'abord jusqu'au jour, plus tard jusqu'au point où arrivaient les locomotives. — La première de celles-ci commença son service le 22 août 1899; son poids en service est de 17 tonnes; elle est construite, ainsi que les deux suivantes, de façon à pouvoir faire tout son travail dans le tunnel sans que l'on doive recharger le foyer, ceci pour éviter l'introduction de fumée dans le souterrain. La cheminée se rabat dès qu'on pénètre dans le tunnel.

Dans le courant de l'été 1900, on adopta un nouveau modèle de wagons; la caisse est indépendante du châssis sur lequel elle repose sans être fixée; elle porte à chacune de ses deux extrémités un tourillon; à la décharge, une grue électrique la saisit par ces tourillons et la fait basculer pour la vider.

On voit que la main-d'œuvre est ainsi considérablement réduite. Les wagons des abatages ont une contenance de m<sup>3</sup> 1,70; par contre ceux destinés à l'avancement ne renferment que m<sup>3</sup> 1,5; les boîtes à graisses de ces derniers sont intérieures aux roues, et la caisse encastrée entre celles-ci, de façon à réduire la largeur et la hauteur du wagon. Le chargement des déblais se fait actuellement de la façon suivante: les wagons vides attendent dans la transversale la plus proche de l'avancement; ils sont refoulés à la charge deux par deux. Pendant le chargement du premier on passe le deuxième sur une voie d'évitement au moyen d'un chariot transbordeur. Lorsque le premier est plein on avance le deuxième et ainsi de suite. La perforatrice est aussi garée sur un cul-de-sac au moyen d'un chariot. La voie de 80 cm va ainsi jusqu'à l'avancement et celle de 50 cm est complètement abandonnée.

Dès l'introduction de la traction à vapeur, les trains durent entrer et sortir par la galerie II, l'entrée du tunnel I n'étant pas terminée à ce moment; ce système était mauvais, toutes les manœuvres se faisant dans la galerie par laquelle passait l'air destiné à l'avancement. Actuellement le portail du tunnel I est terminé provisoirement et c'est par celui-ci que les trains entrent et sortent tous. Les wagons destinés aux abatages sont détachés du train avant d'arriver à ceux-ci et emmenés au moyen de chevaux, puis ceux des avancements sont refoulés en ce point dans la galerie II où la locomotive pénètre environ un kilomètre plus en avant; pour la sortie la marche est inverse. De cette manière le parcours des trains et des locomotives dans la galerie parallèle est réduit au minimum.

La station de triage est sur une certaine longueur éclairée à l'acétylène.

Il y a vingt-quatre trains par jour, soit huit par poste; les ouvriers sont transportés par trains, lors des relais, dans des wagons à bancs spécialement construits pour cet usage, avec tampons et suspension à ressort.

A Iselle, le mode de transport est resté le même depuis le commencement des travaux: voie de 80 cm et un seul type de wagons de m<sup>3</sup> 1,50 de contenance. La pente de 7 ‰ facilite beaucoup la manœuvre des wagons chargés de déblais. Les chevaux vont jusqu'à l'avancement.

Dès le 23 septembre 1899 les locomotives circulent dans le tunnel. Actuellement on fait quatre trains doubles, qui pénètrent par la galerie de direction, pour chacun des deux relais de jour; le premier de ces trains amène les matériaux destinés à la galerie II, l'autre ceux pour le revêtement du tunnel I; une des machines ressort à vide. Pour le relai de nuit, pendant lequel on ne travaille pas aux maçonneries, il n'y a que quatre trains simples.

Les ouvriers de l'avancement sont seuls transportés dans l'intérieur du tunnel.

### La ventilation

Comme nous l'avons vu plus haut, un ventilateur mù par un moteur à pétrole refoulait à l'origine de l'air dans les deux galeries du côté Nord.

Lorsque le puits d'aération de 47 m fut terminé, ce

ventilateur n'eut plus de raison d'être. En effet, un courant d'air s'établit de la façon suivante : l'entrée de la galerie de direction étant fermée au moyen d'une double porte, et un feu violent étant entretenu en permanence à la partie inférieure du puits, l'air extérieur se trouve aspiré par la galerie II, passe par la galerie transversale la plus rapprochée de l'avancement, la seule laissée ouverte, revient par le tunnel I, et s'échappe par le puits ; il entraîne dans son parcours l'air vicié et la fumée provenant des deux avancements et des chantiers d'abatage. Pour alimenter d'air pur les fronts d'attaque, des injecteurs à eau sous pression, branchés sur la conduite des perforatrices et placés sur le trajet de l'air frais dans la galerie II, aspirent cet air et le refoulent à chacun des deux chantiers de perforation. La conduite d'air se compose de tuyaux de 200 mm de diamètre, entre lesquels sont intercalés de place en place des tuyaux de 300 mm ; l'eau des injecteurs s'amasse dans ces renflements et s'en échappe ensuite par des orifices *ad hoc*.

Le bâtiment de la ventilation définitive qui doit fonctionner aussi pendant l'exploitation du tunnel, ne pouvant être édifié tant que les plans du portail n'étaient pas approuvés par la Confédération, et la ventilation primitive devenant un peu faible, l'entreprise installa en mai 1900, à l'entrée de la galerie II, un ventilateur, refoulant de l'air directement dans la galerie. La quantité d'air introduite pour 24 heures, qui était auparavant de 740,830 m<sup>3</sup> en moyenne s'éleva à 1,078,300 m<sup>3</sup>. Dès lors on monta encore à l'intérieur du tunnel un autre ventilateur actionné par une turbine branchée sur la conduite à haute pression.

A Iselle, l'idée d'un puits d'aération dut être écartée, l'entrée du tunnel étant dans une haute paroi à pic où la roche est très dure.

Deux ventilateurs furent installés dans le bâtiment des machines ; capables de fournir chacun, à 1200 tours par minute, 2 m<sup>3</sup> d'air par seconde ils refoulaient dans la galerie parallèle dont l'entrée était fermée par une porte. Deux injecteurs semblables à ceux de la tête nord conduisaient l'air aux deux fronts d'attaque, en le faisant ensuite ressortir par la galerie I. Dans le but de rafraîchir l'air, un second injecteur fut installé dans la galerie de base au km 1,150. La pression de l'air à l'entrée dans la conduite était de 220 à 270 mm d'eau ; à une profondeur de 2300 m, la température moyenne de l'air à sa sortie de la conduite était de 26 dans la galerie I.

La ventilation définitive installée dans un bâtiment voisin de l'entrée du tunnel (n° 4 du plan, planche 4) entra en activité le 10 juillet 1900 ; elle comprend deux turbines de 250 HP chacune et deux ventilateurs de m 3 75 de diamètre et introduit environ 2,000,000 m<sup>3</sup> d'air par 24 heures dans la galerie II. Un petit ventilateur installé au km 2,505 de cette galerie, alimente l'avancement I, et deux injecteurs l'avancement II et la dernière transversale.

Nous avons résumé dans le tableau ci-dessous (d'après les rapports trimestriels du Jura-Simplon) les températures moyennes par trimestres de l'air en degrés centigrades à l'extérieur, à l'avancement de la galerie de base et aux chantiers de maçonnerie ; pour que l'on puisse se rendre

compte de la corrélation des températures et des profondeurs, la longueur de la galerie de base à la fin de chaque trimestre a été inscrite en marge.

Trimestre	Extérieur	Avancement		Chantiers de maçonnerie	Longueur de galerie
		Perforation	Marinage		
<b>1899</b>					
<b>BRIGUE</b>					
I	3 <sup>o</sup> 24	17 <sup>o</sup> 6			803
II	13.6	19.6	21.5		1293
III	18.9	22.8		20 <sup>o</sup> 8	1837
IV	4.27	21.5	23.6	19	2300
<b>1900</b>					
I		24	25.8	19	2770
II	13.9	28	30		3252
III	18.4	27.8	29.8	25	3735
IV	5.64	29.8	30.5	26.5	4119
<b>1899</b>					
<b>ISELLE</b>					
I	1.68	16.25			364
II	13	22.8	24.7		695
III	18.1	26.2		17.5	1133
IV	4.65	26.6	29.1	17	1566
<b>1900</b>					
I		26	28	21	1992
II	13.2	25.1	28.2		2392
III	17.6	24.9	27.6	23	2768
IV	6.04	27.3	28.9	23	3148

Quantités moyennes d'air introduites dans le tunnel en 24 heures

Tri-mestre	BRIGUE			ISELLE		
	Total m <sup>3</sup>	Avanc' I m <sup>3</sup>	Avanc' II m <sup>3</sup>	Total m <sup>3</sup>	Avanc' I m <sup>3</sup>	Avanc' II m <sup>3</sup>
<b>1899</b>						
I	—	—	—	—	—	—
II	864.000	21.600	21.600	342.000	52.000	52.000
III	490.800	20.160	44.600	574.800	33.025	33.025
IV	537.100	19.200	36.500	406.100	25.191	26.160
<b>1900</b>						
I	578.600	34.440	26.400	448.070	41.450	50.620
II	740.830	33.220	40.110	691.300	39.500 26 <sup>o</sup>	40.330 22 <sup>o</sup> 5
III	970.200	37.150 27 <sup>o</sup>	51.260 24 <sup>o</sup> 5	1.724.000	57.600 25 <sup>o</sup> 5	46.560 24 <sup>o</sup> 2
IV	1.158.600	50.900 27 <sup>o</sup>	51.800 26 <sup>o</sup>	2.016.000	55.688 25 <sup>o</sup>	56.160 23 <sup>o</sup>

#### Profil géologique

La première roche rencontrée, en attaquant la *tête nord* du tunnel, était composée de schistes argileux, lustrés, avec nombreuses intercalations de quartz blanc. A l'entrée de la galerie, et sur une longueur de 30 m environ, les strates étaient presque horizontales, ce qui provenait de l'affaissement de la tête des couches vers la vallée ; le terrain était très désagrégé et un boisage robuste était nécessaire. Plus loin les couches se redressèrent peu à peu jusqu'à la verticale et se maintinrent sensiblement perpendiculaires à la direction du tunnel.

La première source fut rencontrée à une profondeur de 80 m, elle suivit l'avancement sur près de 100 m, avec un débit de 25 à 30 litres par seconde, pour se localiser enfin sur une vingtaine de mètres.

Au km 0,677 survint une couche de gypse, anhydrite et dolomie blanche ou grisâtre, avec pyrites ; cette couche, sans affleurement à l'extérieur, et imprévue, avait une épaisseur de 40 m environ ; puis le schiste foncé reparut avec nombreux plis et replis remplis de quartz blanc. Au km

1,113 se rencontra une zone de froissements sans lits de quartz; le schiste avait été visiblement broyé et n'offrait aucune solidité. On retrouva au km 1,236, soit un peu plus tôt que ne le prévoyait le profil géologique, une nouvelle couche de 155 m d'anhydrite blanchâtre ou bleuâtre, grossièrement grenue, localement schisteuse et micacée, et ressemblant à du gneiss blanc. Puis la galerie, après quelques alternatives de gypse et de schistes, rentra définitivement dans le schiste argilo-calcaire avec intercalations de calcite blanche et de quartz. Les sources, variant de légères infiltrations à un débit de 3 à 4 litres par seconde, furent assez nombreuses dans cette région. A fin septembre 1899, les venues d'eau totales étaient estimées à 65 litres par seconde. Dès lors, la roche resta très uniforme; schistes lustrés riches en mica gris, avec feuillet de quartz d'épaisseur très variable, et permettant de reconnaître les contournements qu'a subis le terrain; schistes calcaires gris avec bancs de calcaire grenu silicieux, etc.

Dès le km 2,440 on pénétra dans une zone riche en sources d'importance très variable et dont la plus forte, à la profondeur de 2.980 m, atteignit plus de 30 litres par sec. Au bout d'un certain temps, ces sources, qui jaillissaient aussi bien des parois et du seuil que du plafond de la galerie, diminuèrent sensiblement et, à fin juin 1900, alors que le front d'attaque était au km 3,250, les venues d'eau totales étaient évaluées à 85 litres par seconde.

A 3.695 m se rencontra à nouveau une roche fort peu solide, dont l'état d'effritement causa de véritables coulées de schiste décomposé mêlé d'eau; cette couche, qui dut être boisée complètement, avait une épaisseur de 40 m. Dès le km 3,500, le plongement des couches, jusqu'alors constamment voisin de la verticale, et leur direction presque perpendiculaire à l'axe de la galerie, varièrent assez fortement, revenant parfois à leurs directions primitives. Au km 3,843 parut une zone dolomitique prévue, avec des alternances de schiste et de calcaire dolomitique; cette dernière roche, d'une épaisseur de 8 m, quoique compacte en apparence, était parcourue en tous sens de fissures invisibles, si bien que sous l'action du choc et de l'eau qui suintait en abondance, elle perdait toute consistance et formait de véritables coulées; la traversée de cette roche exigea plus de 10 jours. Après se succédèrent, jusqu'au km 4,119, où l'avancement se trouvait à fin décembre 1900, et par couches successives, des dolomites plaquetées, des gneiss plaquetés et schisteux, des calcaires dolomitiques et enfin une intercalation de gneiss aplitique.

Les dernières sources, peu nombreuses et en partie séléniteuses, de cette période se trouvent aux km 3,775, 3,813 et 3,816, et ont un débit de 10 à 20 litres par minute.

Du côté sud la roche fut dès l'origine beaucoup plus dure; c'était le gneiss, dit d'Antigorio, très compact, avec quelques fissures et d'assez fréquentes zones kaolinisées, coïncidant toujours avec des suintements d'eau; localement on rencontrait des filons de quartz avec pyrite, mais jamais de source notable. Le gneiss d'Antigorio, de couleur claire au commencement, se transforma ensuite en un gneiss à grain plus fin, plus foncé, puis redevint clair; par endroits,

la kaolinisation était fortement prononcée et la roche très tendre.

La direction de la schistosité fut généralement NE-SW, et le plongement de 10 à 30° au S-W, puis au N-W; quelquefois même, entre 1500 et 2000 m, le plan de la schistosité devint horizontal.

Au km 2,500, le gneiss compact et massif contenait de grands cristaux de feldspath blanc; on ne distinguait plus guère de schistosité, la roche était massive, avec de rares fissures, pour reprendre ensuite son aspect primitif. De faibles suintements d'eau se rencontrèrent dans toute la galerie; ce n'est qu'à la profondeur de 2.500 m que l'on rencontra deux petites sources d'environ 1 litre par minute, puis, au km 3,002, une autre de 2 litres, et au km 3,093 une de 1 litre par seconde. Enfin aux km 2,831, 2,839 et 2,848 ont surgi trois sources de 5, 10 et 120 litres par minute, qui ont presque totalement disparu dès lors.

De nombreuses observations ont été faites par les ingénieurs de la Compagnie du Jura-Simplon sur la température de la roche et des eaux d'infiltration. Elles sont résumées dans les rapports trimestriels que la Compagnie adresse au Conseil fédéral, que le *Bulletin* publie et dans lesquels nous avons déjà puisé des renseignements.

La température de la roche se prend, à Iselle comme à Brigue, à m 1,50 de profondeur dans une des parois latérales de la galerie, et cela de deux manières différentes: En premier lieu, au fur et à mesure de l'avancement (à l'origine dans la galerie II puis dans la galerie I), on fait tous les 200 mètres des observations destinées à constater la variation immédiate de la température de la roche; ensuite, des stations permanentes, où les observations continuent à être faites régulièrement, sont établies tous les kilomètres dans la galerie II; la température de l'air ambiant est notée simultanément.

En troisième lieu, la Compagnie fait faire, le long du profil superficiel, des observations de la température du sol, à 1 m de profondeur, et de l'air extérieur. Du côté nord, des stations superficielles sont installées jusqu'à 2.030 m d'altitude; du côté sud, jusqu'à 2.690 m.

Voici quelques résultats d'observations faites dans l'intérieur du tunnel; on remarquera qu'à profondeur égale la température est plus élevée à Iselle qu'à Brigue, ce qui provient de ce que la tête sud se trouve dans une paroi de rocher très élevée.

Profondeur	Moyenne	
	BRIGUE	ISELLE
50 m	9.6° cent.	12.5° cent.
100	10.6	14.7
200	10.75	16.2
300	12.15	18.7
400	12.8	20.8
500	14.5	20.9
600	15.05	23.9
700	15.9	25.05
800	15.9	26.15
900	16.4	27.2, puis 21.2
1000	16.7	27.05 23.1
1200	17.4	28.9 26.1
1400	18.4	30 27.9
1600	19.7	31.4 29.4

	BRIGUE		ISELLE	
	Première observat.	Dernière observat.	Première observat.	Dernière observat.
1800	20	19.8	31.8	28.6
2000	20.8	19.8	33	29.1
2200	21	20.7	33.5	29.6
2400	21.2	20.7	33.1	29.2
2600	22.2	22.2	31.8	29.6
2800	23.9	23.8	31.8	30.5
3000	26	25.6	31.6	30
3200	26.8	26.5		
3400	27.8	27.5		
3664	28.6	28.2		
3800	28.6	28.2		
4000	28.5	28.5		

Stations permanentes

	BRIGUE		ISELLE	
	Roche	Air ambiant	Roche	Air ambiant
<i>Station à 500 m</i>				
Juin à fin septembre 1899 . . . . .	14.2	14.2	20.9	20.2
	14.4	15.5	20.8	19.8
	13.75	13	20.3	18.1
Octobre 1899 . . . . .	13.6	12.4		
Novembre . . . . .	12.7	10		
Décembre . . . . .	11.7	10		
Janvier 1900 . . . . .	11.2	9		
Février . . . . .	11.8	11.8		
Mars . . . . .	11.8	11.6		
Avril . . . . .	12.4	13.5		
Mai . . . . .	13.6	15	16.1	15.8
Juin . . . . .	14	16	16.7	15.5
Juillet . . . . .	14.8	18.5	16.9	16.2
Août . . . . .	14.5	16.8	17.4	14.6
Septembre . . . . .	14.3	15.6	17.2	14.5
Octobre . . . . .	12.8	12	16.8	13.8
Novembre . . . . .	12.3	11.5		
Décembre . . . . .	12.4	8.4	15.5	13

*Station à 1000 m*

1 <sup>re</sup> observation . . . . .	16.7		27.6	20
Décembre 1899 . . . . .	15.3	15.2		
Janvier 1900 . . . . .	14.8	14.5		
Février . . . . .	15	15.5		
Mars . . . . .	15.2	15.5		
Avril . . . . .	15.4	16.5	19.4	15.8
Mai . . . . .	16	17.5	19.4	16.2
Juin . . . . .	14	16	19.6	18
Juillet . . . . .	14.8	18.5	19.6	18.2
Août . . . . .	14.5	16.8	19.2	18
Septembre . . . . .	14.3	15.6	19.8	18
Octobre . . . . .	15.4	14.8	19.5	17.5
Novembre . . . . .	15	14.5	17.6	12
Décembre . . . . .	14.5	13	16.5	9.5

*Station à 2000 m*

1 <sup>re</sup> observation . . . . .			33	
Mai 1900 . . . . .			32	24.8
Juin . . . . .	20.4	21.5	28.4	22.8
Juillet . . . . .	20.2	20.1	28.2	22.8
Août . . . . .	20	21.2	27.2	22.5
Septembre . . . . .	19.8	19.6	26.8	20.4
Octobre . . . . .	19.2	19.5		
Novembre . . . . .	19	18.5		
Décembre . . . . .	18.5	17.5	22.8	15.8

*Station à 3000 m*

Juillet 1900 . . . . .	25.3	25.6		
Septembre . . . . .	24.9	25		
Octobre . . . . .	25.1	25.5		
Novembre . . . . .	23	23.3		
Décembre . . . . .	22.5	21.4	30.6	25.8

Quant à la température des sources rencontrées, nous trouvons entre autres pour le côté nord :

Profondeur km	Température de l'eau
0.085-0.179	11° cent.
0.677	16.2
2.251	21.2
2.444	22.2
2.468	23.8
2.592	22.8
2.725	24
2.822	25.4
2.965	25.8
2.991	25.2
3.294	28
3.405	29.3
3.527	28.9
3.712	28.7
3.816	29.4

Du côté sud, la première source rencontrée, soit au km 2.500, avait une température de 33°.2. Celle des sources aux km 2.831, 2.839 et 2.848 était respectivement de 31.8, 31.5 et 32.3°.

(La fin prochainement.)

DIVERS

**Frottement des tourillons d'appuis de ponts.** — Dans le *Centralblatt der Bauverwaltung* du 24 avril 1901, M. le prof. A. Föppl de Munich publie les résultats d'essais de frottement des tourillons d'appuis de ponts sous diverses charges, non graissés et graissés avec diverses matières. Le tourillon de l'appareil ayant servi aux essais avait 20 cm de longueur et 5 cm de diamètre et était muni à ses extrémités de têtes hexagonales ; un levier emboîté sur une des têtes fut chargé jusqu'à ce que la rotation du tourillon se produise ; nous donnons ci-après pour les divers essais la charge totale *Q* appliquée sur l'appareil, la charge du levier ramenée à la périphérie du tourillon *P* et le coefficient de frottement *f* correspondant :

Tourillon	Q =	kg	kg	kg	kg	kg	kg
		5000	10000	20000	30000	40000	50000
I. Non graissé	<i>P</i> =	2350	4470	8630			
	<i>f</i> =	0.235	0.223	0.213			
II. Graissé av. de l'huile de machines...	<i>P</i> =		3830	7670			
	<i>f</i> =		0.191	0.192			
II. Graissé av. de la graisse de machines	<i>P</i> =		3420	6470	8870		
	<i>f</i> =		0.171	0.162	0.142		
III. Graissé av. du suif. . . . .	<i>P</i> =		304	304	384	384	464
	<i>f</i> =		0.015	0.0075	0.0064	0.0048	0.0046
IV. Graissé av. de la stéarine . . . . .	<i>P</i> =		444	524	604	604	604
	<i>f</i> =		0.022	0.013	0.010	0.0075	0.0060
V. Graissé av. 1 de suif et 3 de stéarine	<i>P</i> =		224	184	254	324	384
	<i>f</i> =		0.014	0.0046	0.0042	0.0040	0.0038
VII. Graissé avec de la paraffine. . . . .	<i>P</i> =		124	204	214	214	264
	<i>f</i> =		0.0062	0.0051	0.0036	0.0027	0.0026