

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 33 (1907)
Heft: 9

Artikel: La ventilation et la réfrigération du tunnel du Simplon
Autor: Mermier, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-26230>

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: 12.01.2026

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

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: P. MANUEL, ingénieur, professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

Secrétaire de la Rédaction: Dr H. DEMIERRE, ingénieur.

SOMMAIRE: *La ventilation et la réfrigération du tunnel du Simplon*, par M. E. Mermier, ingénieur. — *La Fabrication des briques silico-calcaires. — Esthétique des Villes.* — **Divers**: Nouvelles concessions de chemins de fer. — *Sociétés*: Société vaudoise des ingénieurs et des architectes. — Société fribourgeoise des ingénieurs et architectes. — Circulaire du Comité central aux sections de la Société suisse des ingénieurs et architectes. — Société tessinoise des ingénieurs et architectes: Assemblée du 21 avril 1907. — Association amicale des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne: Offre d'emploi.

La ventilation et la réfrigération du tunnel du Simplon.

Par E. MERMIER, ingénieur des C. F. F.,
ancien ingénieur au tunnel du Simplon.

(Suite)¹.

Nous admettons pour w : 1,40 kg., correspondant à une pression barométrique de 0^m,700 de mercure et une température de 20°; v = 4 m.; L = 11 000, soit 10 km. de galerie auxiliaire, plus 1 km. de galerie conjuguée non encore terminée; D = 2^m,52, d'où

$$h = 1,1 \times 0,07 \frac{16}{19,62} \times \frac{11\,000}{2,52} = 274 \text{ mm. d'eau.}$$

Il faut ajouter à cette pression celle qui doit vaincre encore la résistance de 9 km. de tunnel achevé. Dans cette partie, la section étant sensiblement égale à 24 m², la vitesse de l'air est réduite à 1^m,04, le diamètre moyen D = 5^m,22 et le coefficient ρ pour les parois revêtues ne dépasse pas 0,027.

Par un calcul semblable au précédent, on trouve pour la pression nécessaire

$$h' = 3 \text{ mm.}$$

La surcharge initiale à donner à l'air est donc égale à $274 + 3 = 277$ mm., ou kilogrammes par mètre carré. Abstraction faite du rendement de l'appareil compresseur, le travail moteur théorique, nécessaire pour entretenir la permanence de ce courant, sera:

$$T = \frac{277 \times 25}{75} = 92,3 \text{ HP.}$$

Du côté Nord, la conduite de 0^m,80 devait avoir, d'après le devis de 1891, une surcharge initiale d'une atmosphère. Comme elle débouche à son extrémité terminale dans un milieu où, à quelques millimètres près que nous négligeons, la pression est égale à la pression atmosphérique, nous admettons que toute la surcharge est utilisée à vaincre les résistances de la conduite. Nous employons

pour calculer la perte de charge la formule donnée par M. Petit¹ pour les conduites métalliques:

$$h = 0,000\,765 \frac{L}{D^{1,506}} \delta V^{1,916}$$

dans laquelle:

h = perte de charge en mm. d'eau;

L = longueur de la conduite en m.;

D = diamètre » »

δ = poids moyen de 1 m³ d'air circulant dans la conduite;

V = vitesse moyenne de l'air » »

Résolue par rapport à V , cette formule devient:

$$V = \sqrt[1,916]{\frac{h \times D^{1,506}}{0,000765 \times L \times \delta}}$$

La densité de l'air à la pression atmosphérique est donnée par la formule:

$$\delta' = \frac{P}{RT}$$

A la pression moyenne de Brigue, soit à 0^m,700 de mercure,

$$P = 0,700 \times 13\,600 = 9520 \text{ kg. par m}^2;$$

R = constante = 29,656 pour l'air moyennement humide;

T = température absolue = $273 + 20 = 293$, en supposant une température moyenne de 20° dans la conduite.

$$\delta' = \frac{9520}{29,656 \times 293} = 1,095.$$

Nous admettons $\delta = 1,1$ pour la simplification du calcul.

A l'origine, la pression étant de deux atmosphères, la densité de l'air sera égale à 2,2; d'où le poids moyen de 1 m³ d'air circulant dans la conduite:

$$\delta = \frac{2,2 + 1,1}{2} = 1,65 \text{ kil.}$$

Pour une longueur de conduite de 10 000 m., la vitesse moyenne de l'air sera égale à:

¹ P. PETIT, ingénieur en chef des Houillères de Saint-Etienne: *Etude sur l'aérage des travaux préparatoires dans les mines à grisou.* — (Bull. Soc. Ind. Minérale T. XIV. — 1900).

¹ Voir n° du 10 avril 1907, page 79.

$$V = \sqrt[1,916]{\frac{9520 \times 0,80^{1,506}}{7,65 \times 1,65}} = 26^m,64,$$

ce qui donne une vitesse initiale de $17^m,77$ et une vitesse finale de $35^m,54$, correspondant à un débit de :

$$35,54 \times 0,502 = 17,84 \text{ m}^3 \text{ par seconde,}$$

à la pression atmosphérique.

Le travail moteur théorique nécessaire pour soutenir ce régime

$$T = \frac{17,84 \times 9520}{2 \times 75} = 1132,2 \text{ HP.},$$

abstraction faite du rendement de l'appareil compresseur.

Avec la double galerie, on peut donc obtenir pendant la période la plus défavorable des travaux :

$$\frac{25}{92,3} = 0,27 \text{ m}^3 \text{ d'air par seconde et par HP.}$$

et avec la conduite de $0^m,80$:

$$\frac{17,84}{1132,2} = 0,016 \text{ m}^3 \text{ d'air par seconde et par HP.}$$

A égalité de force motrice, l'intensité de la ventilation serait donc, dans le cas qui nous occupe, dix-sept fois plus grande avec la double galerie qu'avec la conduite métallique.

Il serait d'ailleurs pratiquement difficile d'augmenter le diamètre de $0,80$ déjà bien encombrant et de forcer, sans inconvénient, la vitesse de l'air au delà de la limite indiquée ci-dessus.

On aurait pu faire l'essai comparatif des deux systèmes en réalisant le programme des travaux de 1891. Il n'en fut pas ainsi : après des ajournements dus à des causes diverses on se décida finalement, en 1898, à exécuter le projet de 1891, remanié en 1893, en adoptant définitivement le

système de la double galerie sur toute la longueur du tunnel.

MODE DE VENTILATION APPLIQUÉ A LA CONSTRUCTION DU TUNNEL DU SIMPLON.

Le tunnel du Simplon a donc été exécuté en excavant deux galeries parallèles. L'une, située du côté Est, a été immédiatement élargie et mise au profil d'un tunnel à voie unique; l'autre, que nous appelons galerie parallèle, a été laissée provisoirement à l'état de galerie de base. Elle sert à l'écoulement des eaux et ne doit être élargie qu'ultérieurement pour livrer passage à une deuxième voie. Des transversales obliques, d'une section de 6 m^2 environ, percées tous les 200 m. , établissent des communications successives entre ces deux galeries, qui sont distantes de $15^m,90$ d'axe en axe. Lorsque les deux tunnels seront terminés, cet intervalle sera porté à 17 m. comme le montre la figure 2, à moins toutefois qu'on ne se décide à donner au tunnel II une largeur supérieure à celle du tunnel I, en prenant l'excédent de largeur sur le côté Ouest, ce qui augmenterait l'intervalle de la moitié de cet excédent.

Les galeries d'avancement ont été faites à la base du profil.

Pour compléter le premier tunnel, on a percé une galerie de faite, puis on a procédé aux abatages successifs en commençant par ceux de la voûte. Le tunnel a été revêtu sur toute sa longueur en maçonnant les piédroits d'abord, la voûte ensuite.

Dans la galerie parallèle, la section de 6 m^2 , donnée par la perforatrice, a été portée à 7 ou 8 m^2 par un abatage à la main suivant de près le front d'attaque. Dans cette galerie, on a en outre construit le canal collecteur des eaux et revêtu provisoirement les parois où se manifestaient des pressions.

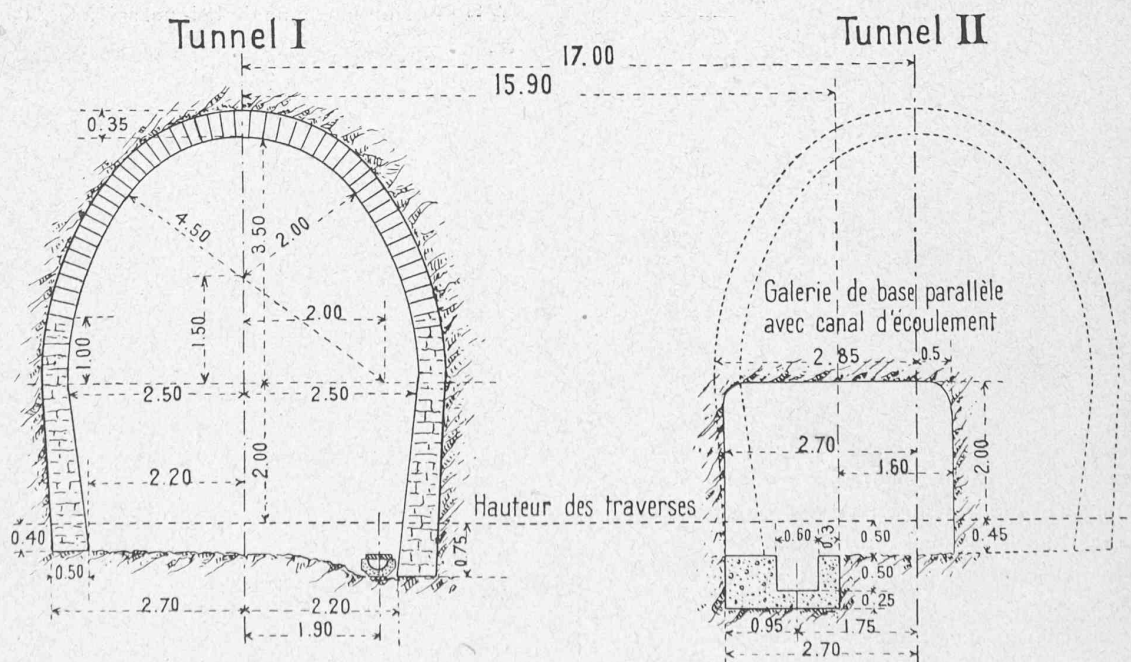


Fig. 2. — Tunnel du Simplon. — Profil-type du tunnel I et galerie parallèle avec canal d'écoulement.

En partant du portail de cette galerie parallèle, les chantiers principaux à ventiler étaient donc échelonnés comme suit :

Construction du canal collecteur. Elargissement de la galerie parallèle. Attaque de la galerie parallèle. Attaque de la galerie I. Chantier de purge de la dite galerie. Attaque d'une transversale. Galerie de faite. Battages au large. Maçonnerie du piedroit et éventuellement du radier. Maçonnerie de la voûte. Décintrement. Rejointolement des maçonneries. Canaux d'écoulement du tunnel I et des transversales, plus tard le ballastage et la pose de la voie.

L'attaque des galeries d'avancement et des transversales a été faite mécaniquement à l'aide de perforatrices rotatives, à eau sous pression, du système Brandt ; toutes les autres attaques du rocher ont été faites à la main.

Au moment de l'ouverture d'une nouvelle transversale les fronts de taille principaux se trouvaient parfois à 300 m. et plus de la dernière traverse achevée. Les galeries d'avancement formaient donc deux culs-de-sac qui ne pou-

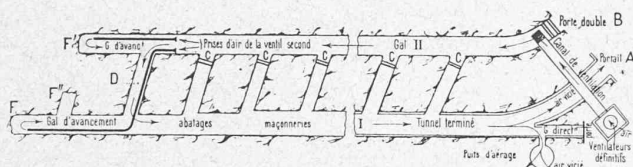


Fig. 3. — Tunnel du Simplon. — Mode de ventilation appliqué aux travaux de construction, après la mise en service des ventilateurs définitifs.

vaient participer directement au bénéfice du système de la ventilation par galeries conjuguées. Comme nous le verrons, cette difficulté a été résolue en mettant à contribution la force motrice de l'eau de la perforation.

Ventilation primaire.

Ventilateurs. — Pour ventiler l'ensemble du tunnel, on lançait un courant dans la galerie parallèle, dont le portail B était fermé (fig. 3). Toutes les transversales, sauf la dernière, étant également fermées par des cloisons ou des portes C, le courant pénétrait dans le tunnel en construction en empruntant cette dernière transversale D et retournait à l'air libre par le portail A, après avoir traversé les différents chantiers d'élargissement et de maçonnerie. Les fronts de taille F F' F'' n'étant pas atteints par le courant primaire furent ventilés au moyen de prises d'air spéciales, que nous examinerons sous le titre de *ventilation secondaire*.

Les trains de personnel et de matériaux à traction à vapeur circulaient, à l'aller comme au retour, dans le tunnel I, aussi le sens du courant était-il favorable à l'évacuation rapide des fumées et des gaz produits par les locomotives.

A Brigue, comme à Iselle, le courant de la ventilation primaire était produit par des ventilateurs, installés dans un bâtiment spécial, à proximité du portail, et actionnés par des turbines utilisant du côté suisse la force motrice du Rhône, du côté italien celle de la Diveria.

L'installation à Brigue comporte deux ventilateurs à force centrifuge, accouplés directement avec des turbines Girard à axes horizontaux. Placés l'un au-dessus de l'autre, ces ventilateurs ont chacun 3^m,75 de diamètre et sont munis de 7 ailes courbes d'une largeur de 0^m,80 à la base et 0^m,30 à la circonférence, plus 7 ailettes intercalées, avec parois latérales en tôle. Le diamètre de l'œilillard est de 1^m,33. La vitesse maxima est de 400 tours par minute, donnant 78^m,53 par seconde à la périphérie.

Ces appareils sont logés dans un bâtiment en maçonnerie comprenant deux étages reliés par un escalier intérieur. Chaque étage se compose de deux locaux : l'un pour la turbine avec les conduites d'arrivée et de sortie, l'autre pour le ventilateur et ses deux prises d'air symétriques.

L'air refoulé pénètre dans un caisson rectangulaire en bois de 3 m. sur 3 m., débouchant dans un puits vertical ouvert sur le plafond de la galerie parallèle. L'étanchéité de ce canal est assez bien garantie par un revêtement intérieur en toile goudronnée.

La figure 4 donne une vue d'ensemble de cette installation.

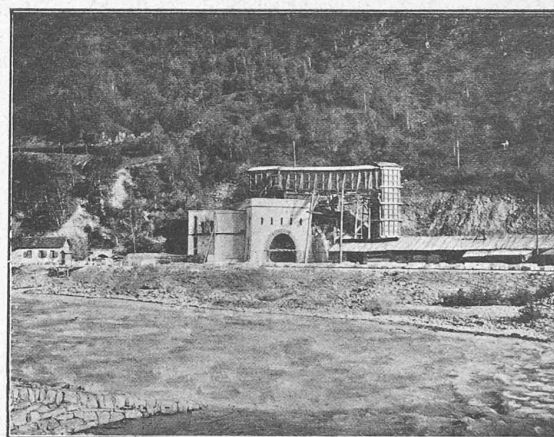


Fig. 4. — Tunnel du Simplon. — Vue du portail, côté Brigue, avec le caisson provisoire amenant l'air des ventilateurs à la galerie parallèle.

Les ventilateurs sont construits pour débiter chacun, à la vitesse de 350 tours, 25 m³ d'air par seconde avec une surcharge de 250 millimètres d'eau, et sont disposés pour réaliser les modes ci-après de ventilation :

A. Pendant la construction.

Pris isolément, chaque ventilateur peut :

1° Aspirer l'air frais de l'atmosphère et le refouler dans la galerie parallèle.

2° Aspirer l'air vicié de cette galerie et le rejeter dans l'atmosphère.

Accouplés en série, ces appareils peuvent réaliser les deux modes précédents, mais en doublant la surcharge dans le premier cas, la dépression dans le deuxième.

A Iselle, le bâtiment des ventilateurs est séparé de la tête du tunnel par la route du Simplon. Les deux ventila-

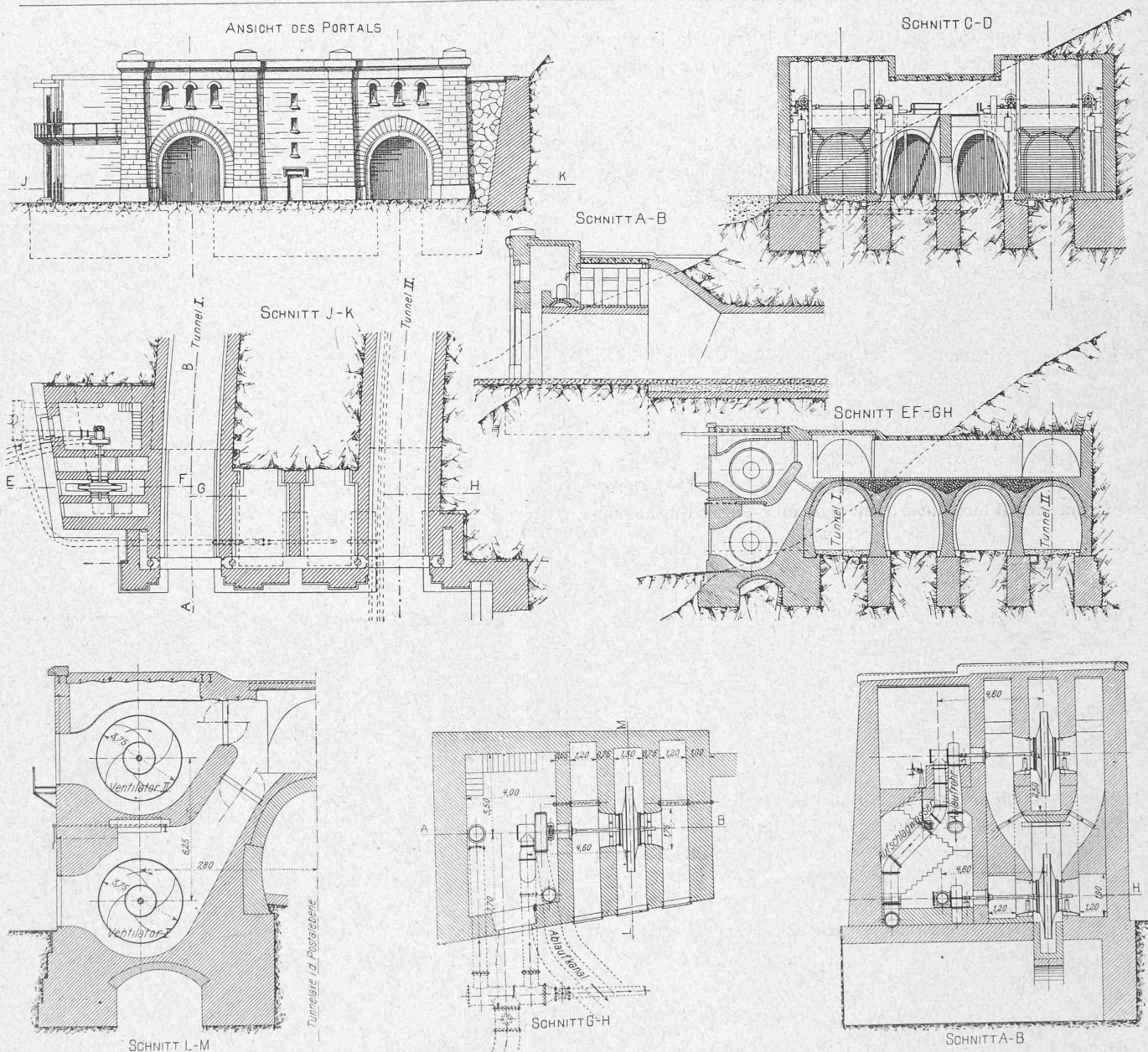


Fig. 5 à 12. — Elévation, plan et coupes des installations de la ventilation du tunnel, côté de Brigue.

Clichés de la « Schweizerische Bauzeitung ».

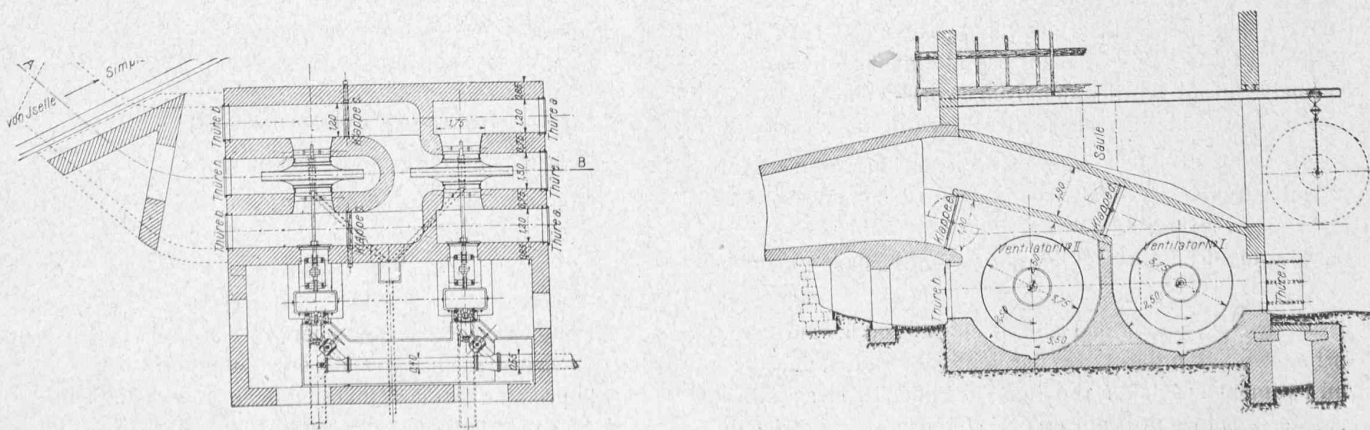


Fig. 13 et 14. — Plan et coupe des installations de la ventilation du tunnel, côté d'Iselle.

Clichés de la « Schweizerische Bauzeitung ».

teurs sont placés l'un derrière l'autre, sur le même plan horizontal, et peuvent fonctionner comme ceux de Brigue.

B. Pendant l'exploitation.

Les deux portails du tunnel seront fermés par des rideaux en forte toile aménagés de façon à pouvoir être relevés rapidement au moment du passage des trains.

Les deux ventilateurs de Brigue, accouplés en quantité, refouleront un volume d'air double par une ouverture spéciale ménagée dans la voûte du tunnel terminé. Ceux d'Iselle, accouplés également en quantité, aspireront ce même air, en produisant une dépression qui réduira d'autant la surcharge, et par conséquent le travail qu'auront à produire les ventilateurs de Brigue. De cette manière, la ventilation ne subira pas d'arrêt, mais sera seulement réduite pendant l'ouverture des rideaux et dans le cas où la force motrice viendrait à manquer d'un côté.

Des transversales laissées ouvertes mettront provisoirement la galerie parallèle au bénéfice de la ventilation, dans la mesure où le permettra la faible différence de pression qui existera entre les deux têtes du tunnel terminé.

Les figures 5 à 12 donnent les détails de l'installation de la ventilation telle qu'elle avait été projetée à Brigue pour l'aérage des deux tunnels en exploitation.

Cette installation sera modifiée, en partie, du fait qu'il sera nécessaire d'établir de nouveaux ventilateurs pour le tunnel II, ceux actuels devant être affectés exclusivement au tunnel I.

Nous reproduisons néanmoins ces figures parce qu'elles représentent la disposition même des ventilateurs telle qu'elle a été exécutée pour ce qui concerne le tunnel I.

Les figures 13 et 14 montrent en plan et en coupe verticale la disposition qui a été adoptée pour le côté d'Iselle.

Les différents modes de fonctionnement indiqués plus haut sont obtenus, d'une manière simple et ingénieuse, par l'ouverture et la fermeture des portes représentées schématiquement, avec le local de la turbine *T*, les ventilateurs *V* et le canal de ventilation *K*, par les figures 15 à 18.

Pour chaque ventilateur on a disposé six portes : trois en relation avec l'air extérieur (*a*, *b*, *c*) et trois avec le tunnel (*d*, *e*, *f*).

En outre, deux portes pouvant mettre en communication la chambre du ventilateur du 1^{er} étage (*A*) avec les prises d'air de celui du 2^e étage (*B*). Au total, quatorze portes jouant comme suit :

Un ventilateur en service :

1^o Refoulement de l'air dans le tunnel (fig. 15).

Portes ouvertes : *a*, *c*, *e*.

Portes fermées : *b*, *d*, *f*.

2^o Aspiration de l'air du tunnel (fig. 16).

Portes ouvertes : *b*, *d*, *f*.

Portes fermées : *a*, *c*, *e*.

Les portes de communication entre les ventilateurs étant fermées n'ont pas été figurées pour simplifier.

Deux ventilateurs en série.

1^o Refoulement de l'air dans le tunnel à pression double (fig. 17).

Les ventilateurs superposés ont été placés l'un à côté de l'autre sur la figure : *A* est celui du 1^{er} étage, *B* celui du 2^e.

Une ouverture rectangulaire, indiquée en pointillé, pratiquée au plafond de la chambre du ventilateur *A* communique avec deux ouvertures *o* et *o'* des chambres de prise d'air du ventilateur *B* par un canal bifurqué dont les portes sont ouvertes.

Portes ouvertes : *a*, *c*, *o*, *o'*, *e'*.

Portes fermées : *b*, *d*, *e*, *f*, *a'*, *b'*, *c'*, *d'*, *f'*.

2^o Aspiration de l'air du tunnel à dépression double (fig. 18).

Portes ouvertes : *d*, *f*, *o*, *o'*, *b'*.

Portes fermées : *a*, *b*, *c*, *e*, *a'*, *c'*, *d'*, *e'*, *f'*.

Il n'y a rien de particulier à noter pour l'accouplement des ventilateurs en quantité.

Quantité d'air. — Le volume de 25 mètres cubes par seconde correspond à une vitesse de 3 m. à 3^m,50 dans la galerie parallèle dont la section varie entre 7 et 8 m². Dans la galerie de base du tunnel I, qui a 6 m² environ de section, cette vitesse ascende à 4 m. et dans les parties où stationnent les trains en chargement, notamment sous les cheminées d'attaque de la galerie de faite, la présence des hommes, des wagons, des boisages, des conduites, etc., réduit la section libre effective à 4 ou 5 m². Sur ces derniers chantiers, la vitesse de l'air atteint 6 m. et plus, ce qui est bien voisin de la limite que peuvent supporter les ouvriers.

Cette grande vitesse a, en outre, l'inconvénient de transporter au loin les poussières des déblais et d'incommoder les équipes qui se trouvent à l'avant.

En fait, le volume d'air maximum qui a été lancé dans la galerie parallèle a atteint 35 à 36 mètres cubes, lorsque les ventilateurs marchaient à 400 tours, mais les pertes par les transversales, surtout par les canaux d'écoulement des eaux sous les cloisons et par l'ouverture des portes, ramenaient ces chiffres à 20 mètres cubes environ à la distance de 9 ou 10 kilomètres du portail.

Les lampes des mineurs ne purent résister au courant et furent remplacées par des lanternes fermées dès que les ventilateurs définitifs furent mis en service.

Nous savons que c'est le système de la double galerie qui a permis l'introduction d'un tel volume d'air.

A la vérité, s'il ne se fut agi que de renouveler l'air vicié des chantiers, il eût suffi d'un volume bien moindre.

Le calcul approximatif suivant permet de fixer les idées à ce sujet :

On sait qu'un homme travaillant de force consomme facilement 40 litres d'air par minute. Or, si l'air inspiré ne contient que quelques dix millièmes d'acide carbonique, il en renferme, à l'expiration, jusqu'à 3 à 4 centièmes et l'on

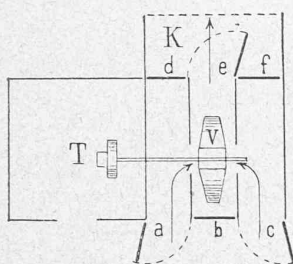


Fig. 15. — Refoulement de l'air dans le tunnel.

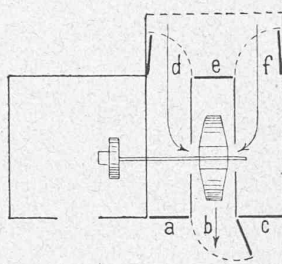


Fig. 16. — Aspiration de l'air du tunnel.

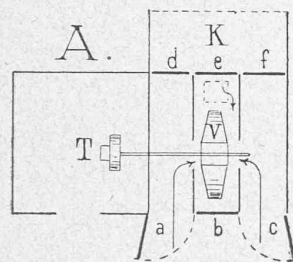


Fig. 17. — Refoulement de l'air dans le tunnel à pression double.

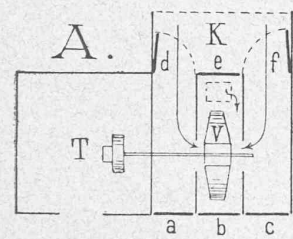


Fig. 18. — Aspiration de l'air du tunnel à dépression double.

admet qu'avec cette proportion il faut le remplacer parce qu'il devient difficilement respirable.

Admettons 1000 hommes travaillant simultanément dans les galeries et la présence d'un effectif double dans le tunnel lors du changement des postes. Une lampe de mineur étant comptée pour un homme et un cheval pour trois, il faudra renouveler, si l'on admet une vingtaine de chevaux et une consommation de 500 kil. de dynamite par 24 heures exigeant 300 m³ d'air par kilog. :

a/ Pour les hommes : $2000 \times 0,04$	80 m ³ ,	par minute
b/ Pour les lampes : $2000 \times 0,04$	80 m ³ ,	»
c/ Pour les chevaux, munis de lampes : $20 \times 4 \times 0,04$	3 m ³ ,2	»
d/ Pour la dynamite : $\frac{500 \times 300}{1440}$	104 m ³ ,2	»
Total	267 m ³ ,4	par minute
		ou 4 m ³ ,45 par seconde.

Le calcul correspond à un travail intensif. Il montre qu'au Simplon le gros volume d'air prévu avait surtout pour but l'abaissement de la température de l'ambiance, qu'on prévoyait devoir s'élever à 40 ou 42°. Mais la température de 54° rencontrée n'a pu être assez abaissée par la ventilation proprement dite, bien qu'elle ait atteint le maxi-

mum admissible, et il a fallu faire intervenir, comme moyen auxiliaire, la réfrigération par pulvérisation d'eau froide, dont nous parlerons plus loin.

La pureté de l'air a naturellement bénéficié de l'actif renouvellement entretenu dans les galeries et nous pouvons citer à ce sujet les expériences faites par M. le Professeur L. Pagliani¹, du côté d'Iselle, et M. le Dr Pometta², du côté de Brigue sur la teneur de l'air du tunnel en acide carbonique :

Sur quinze expériences faites du côté d'Iselle, la proportion d'acide carbonique trouvée dans différents chantiers a varié de 0,50 à 7,53 ‰ et sur six expériences faites du côté Brigue, cette proportion a varié de 0,7 à 4,8 ‰ seulement.

Ces expériences ont été faites du côté de Brigue au moyen du carbacidomètre (Luftprüfer) du Dr Wolpert, basé sur la décoloration d'une solution de phénolphtaléine, appareil donnant des résultats approximatifs.

Nous avons constaté, avec ce même procédé, que la proportion de CO₂ était beaucoup plus forte dans la galerie d'avancement au moment du passage du panache de fumée d'une attaque, aussi faisait-on évacuer la dite galerie jusqu'à ce que le nuage ait passé. Arrivée à la hauteur des chantiers d'élargissement, cette fumée était assez diffusée par la ventilation primaire pour ne pas gêner le travail. Du reste, son passage durait peu et se renouvelait à des intervalles assez éloignés.

Le tableau suivant donne les quantités d'air fournies par les ventilateurs et les températures de cet air dans les chantiers les plus difficiles à aérer.

Pression de l'air. Nous avons vu que les ventilateurs ont été construits de manière à pouvoir débiter ce volume de 25 m³ à une pression effective de 250 mm. d'eau. Il est facile de se rendre compte que cette faible pression était suffisante pour vaincre la résistance des galeries lorsqu'elles seraient arrivées à leur plus grand développement, qu'on peut répartir en 10 km. de galerie parallèle, 1 km. de galerie de base du tunnel I et 9 km. de tunnel terminé.

En admettant comme coefficient de frottement 0,07 pour les galeries à parois nues et 0,027 pour celles à parois revêtues, un diamètre moyen de 2 m,95 pour la galerie parallèle, 2 m,52 pour la galerie de base et 5 m,22 pour le tunnel terminé, la résolution de la formule I donne comme perte de charge :

Pour la galerie parallèle	$h = 140$ mm.
Pour la galerie de base	$h' = 25$ mm.
Pour le tunnel terminé	$h'' = 3$ mm.
Total	168 mm.

La pression de 250 mm. admise tenait donc un compte suffisant des imprévus et des pertes qui pouvaient se produire entre les ventilateurs et la galerie.

¹ Prof. L. PAGLIANI. *Sulle condizioni igieniche e sanitarie dei lavori al Traforo del Sempione*. 1900.

² Dr Daniel POMETTA. *Sanitäre Einrichtungen und ärztliche Erfahrungen beim Bau des Simplon Tunnels*. 1906.

Trimestres.	Côté de Brigue.				Côté d'Iselle.				Observations.
	Quantité d'air introduite par seconde. moyenne	Température de l'air en degrés C.			Quantité d'air introduite par seconde. moyenne	Température de l'air en degrés C.			
		A l'exté-rieur	Dans la galerie de faite.	A la ma-çonnerie de la voûte		A l'exté-rieur.	Dans la galerie de faite.	A la ma-çonnerie de la voûte	
m ³	moyenne	maximum	maximum	m ³	moyenne	maximum	maximum		
1899	I	—	3,2	—	—	4,6	—	—	
	II	10,—	16,6	—	—	4,—	13,—	—	
	III	5,6	18,9	—	—	6,6	18,1	—	
	IV	6,2	4,3	21,—	—	4,7	4,6	—	
1900	I	6,6	—	21,—	19,—	5,1	—	—	
	II	8,5	13,9	27,5	25,—	8,—	13,2	27,3	28,—
	III ¹	11,2	18,4	28,5	25,—	20,—	17,6	25,—	23,—
	IV	11,3	5,6	29,5	26,5	23,—	6,—	—	—
1901	I ²	26,—	0,3	30,—	30,—	24,—	—	—	23,—
	II	20,—	14,1	30,2	28,9	32,—	13,6	28,—	27,1
	III	26,5	17,—	30,3	28,—	30,7	17,—	28,5	28,1
	IV	29,—	3,9	29,8	27,9	27,5	4,3	24,9	24,6
1902	I	28,—	3,—	29,7	28,4	27,—	3,2	27,5	25,5
	II ³	34,7	12,7	29,—	29,—	17,4	12,8	24,5	23,5
	III	34,2	16,9	28,5	27,—	19,4	16,6	26,—	21,—
	IV	28,6	4,6	26,—	28,—	30,7	5,—	26,—	25,—
1903	I	32,2	3,—	31,—	29,5	33,—	3,5	25,5	25,—
	II	29,5	12,7	27,5	29,—	31,7	12,—	27,5	27,—
	III	31,1	17,5	32,—	31,—	28,6	16,6	29,5	29,5
	IV	26,3	4,8	32,5	34,—	28,2	5,6	29,5	30,—
1904	I	28,3	2,2	31,—	31,5	31,3	2,6	29,5	29,5
	II ⁴	27,3	15,—	33,—	32,5	25,4	14,5	29,5	29,5
	III ⁵	33,9	17,2	30,5	31,5	27,3	17,7	29,—	29,—
	IV	34,—	3,8	30,5	29,—	28,5	5,6	31,—	30,5
1905	I ⁶	34,4	1,—	—	32,5	32,6	2,6	30,—	31,5
	II ⁷	52,—	13,5	30,5	31,—	32,1	12,9	33,—	33,—
	III ⁸	55,—	17,—	28,5	30,—	36,6	17,3	—	32,—
	IV ⁹	57,—	2,6	—	—	34,1	4,3	—	—
1906	I ¹⁰	80,—	—	—	—	—	—	—	—

¹ Mise en service de la ventilation définitive, à Iselle, le 10 juillet 1900.

² Mise en service de la ventilation définitive, à Brigue, le 18 mars 1901.

³ Mise en service de la réfrigération, le 3 juin 1902, côté Brigue

⁴ Fermeture des portes de sûreté et suppression de la ventilation secondaire, côté Brigue, le 28 mai 1904.

⁵ Mise en service de la réfrigération, côté d'Iselle, le 12 sept. 1904.

⁶ Rencontre des deux galeries le 24 février 1905.

^{7, 8, 9} De Brigue, on refoule l'air par le tunnel I.

¹⁰ Tous obstacles enlevés, le courant passe directement de Brigue à Iselle par le tunnel I.

La force motrice nécessaire pour refouler 25 m³ par seconde à la pression de 250 mm. est égale à :

$$\frac{25 \times 250}{75 \times 0,55} = 151 \text{ HP,}$$

mais comme les ventilateurs pouvaient marcher à 400 tours on les a accouplés à des turbines de 200 HP. La force motrice totale affectée au service de la ventilation était donc de 400 HP de chaque côté du tunnel.

Il n'est pas inutile de faire remarquer ici que la faculté d'envoyer un volume d'air double dans le tunnel, en accouplant les ventilateurs en quantité, était impraticable pendant la période de construction qui a précédé la rencontre des galeries Nord et Sud, période pendant laquelle l'air devait forcément circuler à l'aller, ou au retour, dans la petite galerie.

En effet, 50 m³ au lieu de 25 donnant une vitesse double, la pression correspondante, qui est en raison directe

du carré de cette vitesse, est quadruplée et devient égale à $4 \times 250 = 1000$ mm. Or, dans ce cas, la force motrice nécessaire est égale à :

$$\frac{50 \times 1000}{75 \times 0,55} = 1212 \text{ HP,}$$

c'est-à-dire le triple au moins de celle dont on disposait.

Un élément important dans la détermination de la surcharge à donner à l'air est le coefficient de résistance des parois des galeries.

Les coefficients donnés par M. Murgue, adaptés à la formule I, sont les suivants, en admettant que le poids de 1 m³ d'air est égal à 1,2 :

Galeries avec cadres de boisages.	0,0942 à 0,1557
Galeries à parois nues.	0,0562 à 0,0798
Galeries revêtues.	0,0196 à 0,0405

Nous avons fait différents essais en vue de déterminer au Simplon le coefficient de frottement du tunnel terminé et de la galerie parallèle.

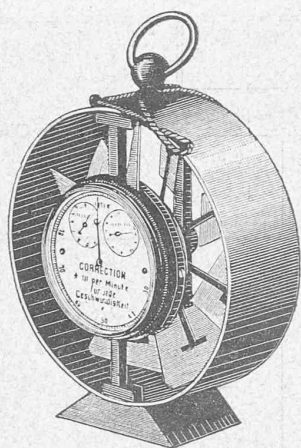


Fig. 19. — Anémomètre permettant de mesurer la vitesse de l'air de 0^m,50 à 12 m. à la seconde.

A cet effet, nous mesurons la surpression au portail au moyen d'un manomètre à U, en verre calibré, donnant directement la dénivellation en mm. d'eau. Quant à la surpression d'un deuxième point situé à l'intérieur de la galerie à des distances diverses du portail, elle était déterminée comme suit :

On établissait, à une heure fixée, la pression atmosphérique, telle qu'elle devait exister au point considéré, en faisant abstraction de la ventilation, et on mesurait au même instant la pression réelle existant en ce point. La différence donnait la surcharge. En comparant cette dernière à la charge au portail, on avait par différence la mesure de la perte h . Introduite dans la formule I , résolue par rapport au coefficient $\rho = \frac{2ghD}{V^2 L \omega}$, nous avons obtenu, pour ce coefficient, les valeurs suivantes :

Expérience du 23 juin 1905	$\rho = 0,02596$
» 24 »	0,02621
» 24 » (2 ^e exp.)	0,02666
» 6 juill. 1905.	0,02832
» 6 » (2 ^e exp.)	0,02517
» 6 » (3 ^e exp.)	0,02203
» 17 »	0,03124
» 18 »	0,03404

dont la moyenne est $\rho = 0,027454$.

Comme instruments, nous disposions du baromètre normal de la station météorologique, installé à côté du portail de Brigue et permettant de lire le $\frac{1}{20}$ de millimètre de mercure ; d'un grand baromètre anéroïde Goldsmid, vérifié spécialement par la maison Usteri-Reinach, de Zurich ; de chronomètres battant le $\frac{1}{5}$ de seconde et de thermomètres contrôlés donnant le $\frac{1}{10}$ de degré C. Les vitesses de l'air dans les galeries étaient mesurées au moyen d'anémomètres de la maison Fuess, de Steglitz, près Berlin, instruments à moulinets de deux modèles différents ; l'un (fig. 19), pour les faibles vitesses allant de 0^m,50 à 12 m. à la seconde, l'autre (fig. 20), plus robuste, pour les vitesses plus grandes allant jusqu'à 50 m., est accompagné d'une table de correction. Nous mesurons en outre l'humidité de l'air avec un psychromètre à aspiration d'Assmann, et

les teneurs absolues en vapeur d'eau étaient calculées au moyen des tables de Jelinek.

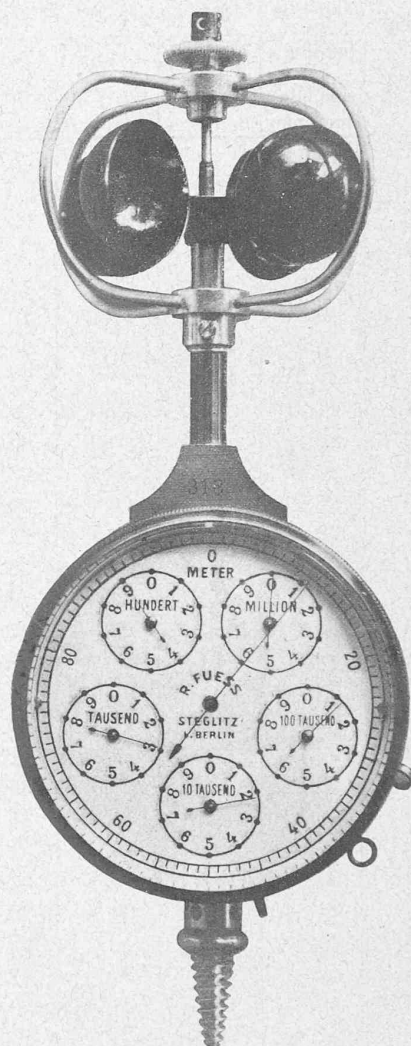


Fig. 20. — Anémomètre permettant de mesurer la vitesse de l'air de 0^m,50 à 50 m. à la seconde.

La densité de l'air était calculée à chaque expérience.

Pour tenir compte de la rampe du tunnel, on admettait qu'à l'altitude de Brigue (680 m.) la pression atmosphérique diminue de 1 mm. de mercure par dénivellation de 11^m,50.

Le calcul des pressions était fait avec réduction à 0°, en corrigeant du reste, à l'entrée et à la sortie du tunnel, les petites différences qui existaient entre les indications de l'anéroïde et celles du baromètre normal.

Pendant les expériences, on avait réduit à un minimum négligeable les pertes d'air par les transversales, en fermant les principaux orifices de communication sur la section considérée.

En opérant d'une manière semblable dans la galerie parallèle, nous avons obtenu pour les parois nues un coefficient moyen $\rho = 0,06676$.

On pouvait vérifier les calculs dans ce dernier cas en mesurant directement, à travers une cloison de transver-

sale, avec un manomètre à *U*, la différence de pression existant entre les deux galeries : connaissant la perte de charge dans la galerie voûtée, on en déduisait celle de la galerie à parois nues.

Les coefficients ci-dessus peuvent être considérés comme offrant une exactitude suffisante, eu égard à la longueur exceptionnelle des galeries sur lesquelles on a expérimenté, longueurs qui se sont élevées jusqu'à 6 et 8 km.

(A suivre).

La Fabrication des briques silico-calcaires à durcissement accéléré.

(Société suisse des briques économiques).

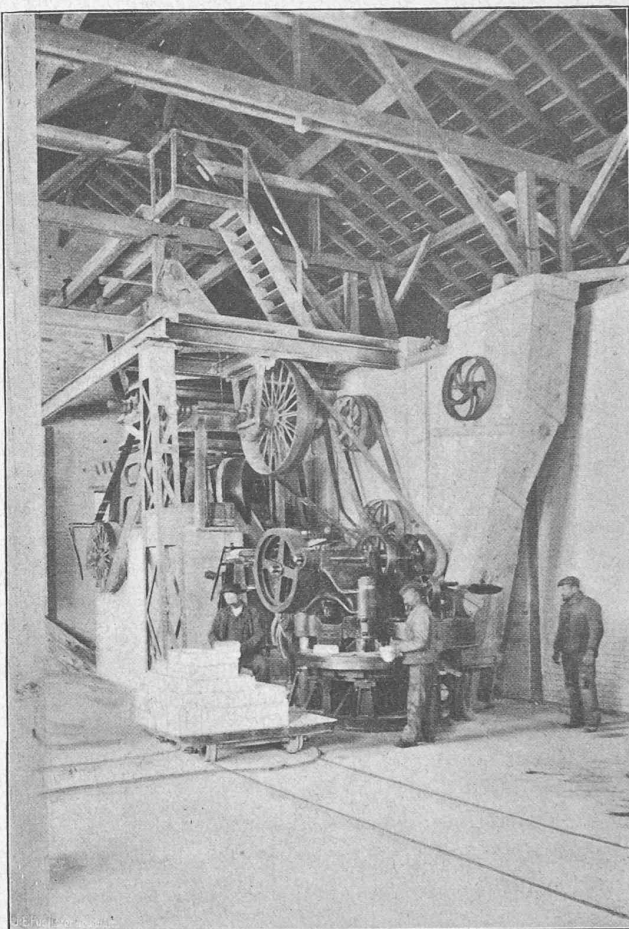
Sans vouloir faire ici l'histoire de la brique silico calcaire, nous donnons en deux mots quelques explications à ce sujet.

Il est reconnu depuis une époque lointaine, puisque nous pouvons parler du temps des Romains, que le mélange d'un sable siliceux avec un calcaire traité par l'eau donne des agglomérés qui acquièrent par l'action de l'air et de l'eau, ou par l'un ou l'autre de ces éléments, une dureté équivalente à celle de la pierre. Or, l'échelle de durcissement des différents matériaux employés varie depuis la chaux ordinaire ou chaux grasse jusqu'au ciment portland, selon le temps employé par ces différents matériaux pour leur liaison ou solidification qui se produit par la combinaison du calcaire avec la silice contenue dans le sable. Si nous considérons un mortier de chaux grasse nous remarquons que ce dernier n'a aucune propriété hydraulique : son durcissement est dû à une carbonatation des particules de chaux et la solidification ne se fait qu'à la longue et peut durer plusieurs décades.

Si nous prenons, par contre, le ciment portland, le meilleur produit agglomérant que l'on connaisse, nous remarquons que sa solidification et sa combinaison avec la silice n'est due qu'à l'action de l'eau et se produit pour les toutes premières qualités dans l'espace de deux à trois ans.

Entre ces deux produits extrêmes nous avons toute l'échelle des chaux maigres, semi-hydrauliques et hydrauliques dont la période de durcissement varie suivant la qualité.

Depuis 1880 le Dr Michaelis a étudié en détail la solidification des différentes chaux et ses études ont été couronnées de succès, vu qu'il est arrivé au durcissement rapide d'un mortier de chaux ordinaire ou grasse en utilisant la vapeur à haute pression. Cette propriété une fois acquise, l'industrie a tout de suite cherché à en tirer parti et depuis nombre d'années déjà, en Allemagne, les usines se créent pour la fabrication de briques avec durcissement accéléré.



Il a fallu toutefois passer par bien des périodes d'essais et la disposition des appareils ainsi que leurs formes varient à l'infini. Ce n'est, en somme, que ces toutes dernières années que l'on est arrivé à une fabrication parfaite et donnant un produit régulier et de toute confiance, ceci en

