

**L'ANNÉE
SCIENTIFIQUE
ET INDUSTRIELLE**

FONDÉE PAR LOUIS FIGUIER

QUARANTE-SIXIÈME ANNÉE (1902)

PAR
ÉMILE GAUTIER

109 figures

PARIS

**LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie
79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79**

1903

Droits de traduction et de reproduction réservés

PRÉFACE

Parmi toutes les industries qui ont progressé au cours de l'année 1902 — et quelle est celle qui soit restée en chemin ? — il en est une à laquelle une mention spéciale est due parce qu'elle a marché à pas de géant : c'est la télégraphie sans fil !

Je disais, il y a un an, à cette place, que la télégraphie sans fil était enfin sortie de la phase des expériences de laboratoire pour entrer dans la pratique courante, et que l'heure approchait où elle allait devenir, pour de bon, un service public. L'événement a dépassé nos prévisions, puisque, depuis, la télégraphie sans fil a conquis le monde — tout simplement.

Sans doute, elle n'est encore nulle part arrivée à l'état de service public proprement dit, mais ce n'est pas parce qu'elle n'est pas en état de tenir le rôle. Non seulement tous ses organes, si délicats et si subtils, ont été l'objet de perfectionnements merveilleux, non seulement on a trouvé le moyen, grâce à l'utilisation des phénomènes de résonance, d'assurer l'indépendance et le secret de ses communications, mais sa zone opératoire et sa portée se sont élargies dans des proportions inespérées, et dont les plus ambitieux auraient à peine osé escompter la réalisation lointaine. Il suffit de se rappeler qu'on a pu, à la faveur de sa magie, échanger des messages entre l'Amérique et l'Europe, par-dessus l'Océan infini, pour se rendre approximativement compte de la prodigieuse révolution qui nous arrive ainsi, du fond de l'inconnu, sur les ailes vibrantes de l'éther.

Les gouvernements s'y sont si peu mépris que, tremblant pour le principe d'autorité, — qui, dans les pays centralisés, s'incarne toujours à dire de légendes, en quiconque dispose du réseau télégraphique — ils se sont émus de l'avènement de cette puissance nouvelle à laquelle manque, par définition, le fil à la patte de rigueur. En France même, où l'intolérance et la néophobie bureaucratiques ne perdent jamais leurs droits, peu s'en est fallu que, sous le fallacieux prétexte de sauvegarder un monopole que personne ne songeait à usurper, on ne déclarât carrément la guerre à l'intruse. Il n'a même pas été permis à la télégraphie sans fil personnifiée par l'homme de génie à qui elle doit son existence, de procéder librement aux expériences destinées à la mettre au point, et qu'on avait pourtant laissé complètement faire autrefois à des étrangers, à l'époque où l'on pouvait croire encore qu'il n'en sortirait jamais rien de sérieux... .

Entre temps, Marconi prenait les devants et ravissait aux Français l'honneur, qui semblait devoir leur revenir de droit, d'être les premiers à franchir « radiographiquement » l'Atlantique.

Mais ce sont là les mêmes épreuves par lesquelles, chez nous, avant de s'imposer à Qui-de-Droit, sont infailliblement condamnées à passer toutes les innovations de vaste envergure. Il n'empêche que le meilleur de la gloire du miracle accompli revient encore, malgré tout, à notre savant et modeste compatriote, au professeur Branly, à qui Marconi lui-même, lors des premières expériences faites à Wimereux, à travers la Manche, a cru devoir, avec une spontanéité qui l'honore, rendre solennellement hommage.

D'aucuns ont prétendu contester à M. Branly la paternité de la télégraphie sans fil. Mais il suffit pour faire justice de ces insinuations, inspirées par l'ignorance ou l'envie, de prendre acte de ce fait qu'il n'est pas au monde une seule installation de télégraphie sans fil, dont la pièce essentielle, la cheville ouvrière, et, pour mieux dire, l'âme, ne soit le fameux tube à limaille connu dans toutes les langues sous le nom de « tube Branly ».

Il n'y a d'exception que pour les installations récemment créées d'après les instructions et sous le contrôle de M. Branly lui-même, parce qu'il a remplacé le tube à humaine par un nouveau radio-conducteur, de son invention — le trépied — infiniment plus sensible et plus parfait.

Quoi qu'il advienne à l'avenir de la télégraphie sans fil, assez mûre d'ores et déjà pour qu'on songe à en réglementer internationalement l'application, elle gardera toujours devant la postérité l'estampille de l'homme qui trouva le premier le moyen de recueillir au vol et d'enregistrer les ondes hertziennes à l'aide d'un appareil fixateur qui est à ces radiations mystérieuses ce que la plaque sensible est aux rayons lumineux.

C'est encore à un Français, presque un enfant, plus jeune que Marconi, c'est à M. Georges Claude qu'une autre industrie, non moins paradoxale et non moins féconde, l'industrie de l'air liquide, aura dû, en 1902, de pouvoir être mise à la portée de tous. C'est grâce à l'ingénieuse machine, construite d'après des principes nouveaux, sur les conseils et avec le concours de M. le professeur d'Arsonval, que M. Georges Claude, qui nous avait déjà donné l'acétylène dissous, peut désormais se faire fort d'obtenir, à flux continu, l'air liquide à bon marché. Ce qui sortira de cette découverte, il est aussi difficile de le prévoir que de présager toutes les conséquences probables de la généralisation de la télégraphie sans fil. Tout ce que, pour le moment, il est permis d'augurer, c'est que, étant donnée la possibilité d'avoir au rabais, par ce moyen, l'oxygène pur, et, par contrecoup, les hautes températures du four électrique et de l'aluminothermie, la métallurgie pourrait bien en être, tôt ou tard, transfigurée.

L'art médical, en revanche, moins favorisé que l'art industriel, ne semble pas avoir fait, cette année, de progrès appréciables. Pas plus qu'auparavant, on ne sait encore guérir — ce qui s'appelle guérir — ni la tuberculose, ni le cancer, ni même l'appendicite, dont le plus puissant souverain du monde a failli mourir. Tout au plus, entrevoit-on la possibilité prochaine de réduire les ravages de la fièvre typhoïde par un sérum approprié.

Par contre, la chirurgie et l'hygiène ont encore gagné, pour n'en point perdre l'habitude, quelques étapes sérieuses. La chirurgie du cœur, en particulier, rompant résolument avec le noli tangere traditionnel, a inscrit à son actif un miracle de plus, tandis que l'avènement de l'adrénaline, qui, mieux que tous les écraseurs et que toutes les pinces à forcipressure, tarit instantanément les hémorragies les plus violentes, facilitait singulièrement les opérations, si nombreuses, ayant pour siège les fosses nasales, la gorge, les muqueuses, et, en général, tous les tissus richement vasculaires. Quant à l'hygiène, si elle a peu gagné en profondeur, elle a énormément gagné en étendue, en ce sens qu'elle se vulgarise de plus en plus, en acquérant chaque jour plus d'autorité. L'universalité de la campagne de défense contre la tuberculose, à laquelle tous les peuples civilisés se sont associés à l'envi, dans un beau mouvement de solidarité consciente, n'est pas le moins suggestif témoignage de ce progrès, d'un caractère plus moral que scientifique.

C'est, encore à l'hygiène qu'il faut faire honneur de cette guerre à la poussière, dont le triomphe de l'automobilisme avait fait une impérieuse nécessité, que, sur la généreuse initiative du Dr Gulielminetti, plusieurs gouvernements européens, les municipalités, les sociétés sportives et nombre de particuliers entreprenants, ont inaugurée avec autant de succès que d'en n'ont pas atteint à beaucoup près les moyennes séculaires. Par contre, on peut donner comme exceptionnelles, au point de vue de l'activité solaire, les maxima de 1778-1788-1837-1870. La période undécennale des taches de 1878 à 1889 a été plutôt faible et l'activité solaire est remontée brusquement en 1893, pour descendre en 1899. Les dernières années sont remarquables par le peu de taches aperçues sur le disque du Soleil, et c'est à peine si depuis quelques mois on signale une reprise d'activité.

D'après les statistiques, la période exacte du minimum a dû se produire dans la dernière quinzaine d'avril 1901.

Les observatoires anglais qui photographient jour par jour, en Angleterre ou aux colonies, l'état du Soleil, reportent cette date vers le 13 août suivant : il est difficile de donner raison aux unes plutôt qu'aux autres, car il y a en réalité deux minima distincts séparés par une période de forte recrudescence. Quoi qu'il en soit, l'année 1902 est en hausse sur les précédentes, et 1903 s'annonce bien. Plusieurs groupes ont été signalés par différents observateurs; l'un en janvier; l'autre en mars, qui a été visible à l'œil nu pendant quelques jours; un troisième au mois de juin; enfin, un groupe important, avec une belle formation le 28 septembre, qui, mesuré à l'observatoire de Bourges par M. l'abbé Moreux, a donné un diamètre de 25 000 kilomètres. Une autre tache a paru aussi en novembre; mais, par contre, le mois de décembre compense amplement par la pureté du disque solaire l'état d'agitation des mois précédents.

Parmi les observateurs assidus du Soleil, nous nous plaisons à citer quelques noms déjà connus, comme M. Guillaume, de l'observatoire de Lyon, MM. Colette, Honnorat, MM. les abbés Pierre et Edouard de France, Marchand, à Bourges, M. Schmoll, toujours infatigable dans ses statistiques qu'il continue depuis de longues années. Citons aussi quelques dames, que cette occupation semble passionner et qui fournissent quelques bons travaux à la Société astronomique : Mme Blain-Déjardin et Mlle de Soubbotine sont celles qui donnent l'exemple.

Enfin, nous devons parler d'une innovation qui sera bien goûtée des passionnés du Soleil et qui est destinée à faire avancer la science de cet astre : nous voulons désigner la création cette année d'une Commission solaire au sein de la Société astronomique de France. Il y a longtemps que nos voisins d'outre-Manche avaient organisé des commissions diverses pour les différentes branches de l'astronomie. En France, on imita leur exemple ; mais, à la différence des commissions anglaises, les nôtres fonctionnent mal ou ne fonctionnent même pas du tout. Cependant la Société astronomique de France a enfin senti le besoin de réorganiser les commissions existantes, et la Commission solaire a décidé l'impression de différentes notices pour faciliter à tous ses membres les observations précises et méthodiques du Soleil. Le Bulletin de cette Société, dans son numéro de septembre, a déjà publié une Introduction aux « Instructions pour les observations solaires », dans laquelle l'auteur, après avoir fait remarquer l'importance vitale d'une étude plus approfondie et plus suivie de la physique solaire, passe en revue dans vingt et un chapitres secondaires le détail de ces études, la nécessité pour tous les membres d'employer les mêmes méthodes, afin de pouvoir centraliser et agglomérer tous les résultats. Cette Introduction magistrale est due à M. Deslandres, astronome à l'observatoire de Meudon, membre de l'Institut, et que ses travaux remarquables sur la physique solaire désignaient à l'avance pour être le président de cette commission.

Les éclipses de Soleil pendant l'année 1902 ont toutes été partielles, et, de ce fait, aucun travail n'a pu être entrepris sur la couronne et les enveloppes solaires.

Mais nous devons parler ici de l'éclipsé totale du 17-18 mai 1901, dont nous avons à peine l'année dernière les principaux résultats. Cette éclipse, visible à Sumatra, a donné lieu à quelques travaux, assez peu importants d'ailleurs, en raison du temps en partie couvert qui a régné dans les différentes stations.

Le tunnel de Meudon à Chaville.

Nous avons décrit l'année dernière la ligne du chemin de fer électrique de Paris à Versailles (Voir l'Année scientifique et industrielle, quarante-cinquième année (1904), p. 314). Nos lecteurs savent donc pourquoi il nous a été impossible de parler du tunnel établi entre Meudon et Chaville; il s'était produit un éboulement qui a failli un instant compromettre l'issue de l'entreprise. Et à cette époque, il était encore impossible de prévoir la date approximative de son achèvement.

Actuellement ces travaux sont terminés et les trains électriques circulent entre les deux stations extrêmes : Paris-Invalides et Versailles-Chantiers. Nous pouvons donc compléter notre étude.

A partir de Meudon-Val-Fleury, la voie entre en souterrain sur une longueur totale de 3560 mètres : puis elle rejoint, pour ne plus la quitter, l'ancienne ligne de Montparnasse à Versailles, non loin de là, entre la gare de Chaville-Vélizy et celle de Viroflay.

Cette partie aérienne de la nouvelle ligne n'a donné lieu à aucune surprise du genre de celles que nous avons signalées entre Issy-les-Moulineaux et Meudon. Pour cette raison nous ne nous en occuperons pas davantage.

Il ne nous reste donc à parler que des travaux du souterrain.

Le tunnel a été commencé en même temps que la voie elle-même, c'est-à-dire en 1897. Le tracé, en plan et en profil, avait été préalablement soumis aux géologues les plus compétents en matière de terrains parisiens ; d'après leur rapport, les travaux devaient s'effectuer dans des conditions tout à fait normales, le sous-sol rencontré devant être sec malgré la présence d'une nappe d'eau dont on connaissait l'existence à un niveau intermédiaire entre le tunnel et le sol. Cette nappe était en effet séparée du niveau du tunnel par un banc de calcaire et de marne dure, très résistant, que l'on supposait étanche. Malheureusement, ainsi que nous le verrons par la suite, cette supposition était inexacte, et les suintements ont failli compromettre l'existence même du tunnel.

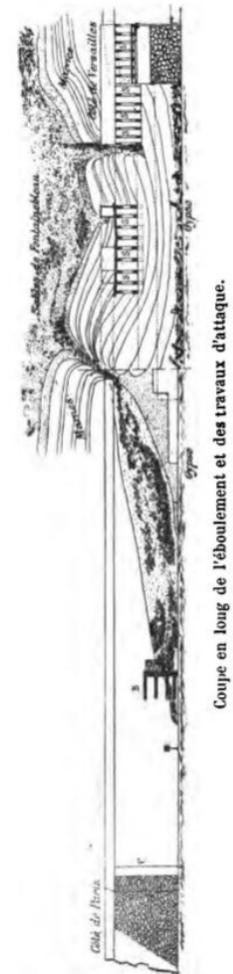


Tunnel de Meudon : entrée du côté de Versailles.

Le souterrain traverse, à une profondeur moyenne de 80 mètres, un plateau couvert de forêts et suivant une pente vers Paris d'environ 8 millimètres par mètre. Les dimensions d'ouverture intérieure sont : largeur, 9 mètres ; hauteur sous clé, 7^m,50.

La construction commença par les procédés ordinaires, c'est-à-dire par la voûte, en l'appuyant de chaque côté sur un terrain résistant (gypse) et ensuite les piédroits. Elle fut conduite d'abord très rapidement, jusqu'à une distance de 1800 mètres, du côté de Paris; on avançait de 5 à 6 mètres par journée de vingt-quatre heures, en pleine marche.

L'attaque vers Versailles dénonça un sol moins favorable ; et, au lieu de terrain sec, on dut travailler en permanence, sur une distance de 1560 mètres, dans des marnes infiltrées par l'eau provenant de la nappe supérieure, et sur les 40 derniers mètres, à la jonction du lot de Paris, dans du sable mouillé coulant comme un liquide, auquel on a donné le nom de sable bouillant. On s'aperçut alors que la fameuse nappe d'eau, d'une puissance de 15 à 20 mètres, occupait la partie inférieure des sables de Fontainebleau, sables très fins, dont le gisement en cet endroit a 40 ou 50 mètres d'épaisseur. La partie mouillée coule comme un liquide et passe à peu près partout où peut s'infiltrer l'eau. Ce sable devient très fluent dès qu'il contient 10 pour 100 d'eau; abandonné à lui-même, en tas, la partie supérieure paraît s'assécher; mais dès qu'on le remue un peu, il coule de nouveau. C'est comme le sable de plage dans lequel en piétinant, on enfonce et on s'enlise.



Malgré ces infiltrations à travers la marne de Saint-Ouen qui est au-dessous de la nappe, les travaux avançaient, lentement il est vrai, mais avec espoir, et l'on pouvait en escompter la fin dans un délai assez rapproché, lorsque le 27 juin 1900 un éboulement se produisit au piquet 110, c'est-à-dire à peu près vers le milieu du tunnel.

Ce fut une véritable avalanche de calcaire, de marne, de sable, dont il serait presque impossible de se faire une idée. Sur une longueur de 35 mètres, la calotte du tunnel se déchira, et, en même temps que les matériaux et boisages s'engloutissaient sous un amas de matières de toutes sortes, il se produisait deux coulées de sable bouillant dont l'une, la plus importante, menaçait d'envahir toute la partie du tunnel déjà construite vers Paris.

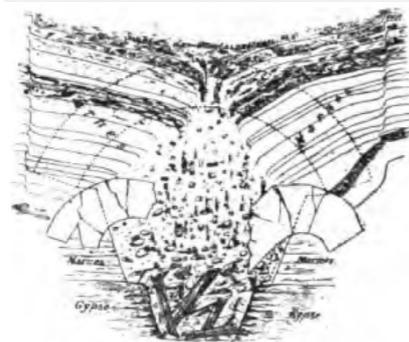
Le premier soin des ingénieurs fut d'enrayer cette invasion. A cet effet, ils construisirent un barrage solide B, fait de meulrières et de madriers ; mais, pendant la nuit, le flot de sable l'avait soulevé comme un liège et le lendemain l'obstacle surnageait. Il ne restait plus d'autre ressource que de fermer entièrement le souterrain par un solide rempart de maçonnerie C.

C'était faire la part du feu. Il devint alors possible de concentrer tous les efforts de déblaiement sur un seul point. L'ère des difficultés venait seulement de commencer.

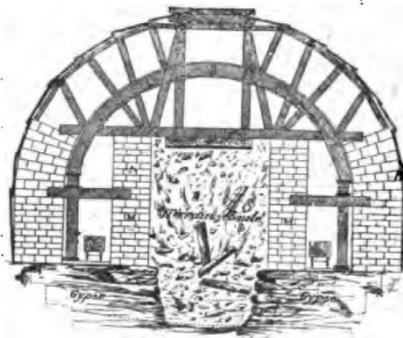
Pendant les quinze mois qui suivirent l'éboulement, la science des ingénieurs fut mise à une rude épreuve, car la nature avait accumulé en cet endroit toutes les difficultés les plus imprévues. La présence d'esprit et l'opiniâtreté seules pouvaient avoir raison de ce flot boueux toujours envahissant, qu'il ne suffisait pas d'endiguer, mais qu'il fallait aussi enrayer. Dans la circonstance, aucun procédé ordinaire n'était applicable : il importait donc d'en créer de toutes pièces. Après bien des essais, les ingénieurs adoptèrent un nouveau mode de combat emprunté à

la navigation : les cloisons étanches. De chaque côté des piédroits et parallèlement à eux, on éleva d'épaisses murailles de maçonnerie M, que l'on avançait au fur et à mesure des déblaiements ; puis l'espace compris entre ces murailles et les piédroits fut divisé en sections isolées S S à l'aide de poutres en bois. Lorsque l'une de ces sections devenait libre, on en disposait une seconde, puis une troisième.

Tous les efforts se portèrent d'abord vers les côtés du souterrain, qui se trouvèrent libres sur une certaine distance, au bout de quelques mois. Cela permit de diriger une seconde attaque vers le milieu de l'éboulement dans le but de supprimer le plus rapidement possible l'une des deux coulées de sable.



Coupe en travers de l'éboulement.



Coupe au travers des travaux de déblaiement.

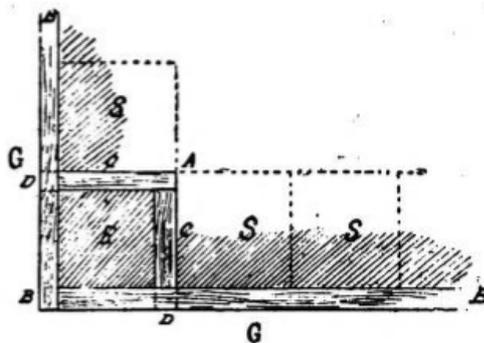


Schéma de la disposition des chambres de sable.

L'aménagement de ces cloisons étanches n'était pas chose facile à réaliser, comme bien l'on pense ; nous allons essayer de faire comprendre schématiquement le procédé employé.

BB représentant en plan un blindage qui maintient le sable S le long de la galerie G, il s'agit d'agrandir le déblai aux dépens du sable sans le laisser couler dans la galerie et en évitant autant

que possible toutes les fuites. Pour cela, on établit d'avance, c'est-à-dire sans supprimer le blindage BB, des cloisons ce qui isolent un espace E du reste de la masse sableuse. Il est nécessaire d'établir au moins quatre cloisons [pour obtenir un isolement parfait : une horizontale à la partie inférieure, une autre horizontale à la partie supérieure et deux verticales se rencontrant en A. Comme il ne faut pas songer à démolir le masque B, on constitue chaque cloison par une série de poutres en bois de 15 centimètres environ d'équarrissage, qui sont enfoncées une à une à travers ce masque par des trous carrés qu'on perce seuls d'avance.



Tunnel de Meudon : barrage de garde contre l'invasion du sable.

Nous nous trouvons donc ici en présence d'un travail excessivement délicat, et, croyons-nous, unique dans les annales des ponts et chaussées.

Le percement de ces trous ne pouvait avoir lieu à la hache ni à la scie, parce que Ton aurait créé une ouverture par laquelle se fût échappé avec violence le sable liquide, supportant la pression formidable de 15 à 20 atmosphères, et qui n'eût pas tardé à remplir de nouveau les galeries. On a eu recours à la tarière pour percer un grand nombre de trous petits et très rapprochés, disposés suivant les côtés d'un carré de dimension égale à l'équarrissage de la poutre à enfoncer. Puis, de la galerie, à l'aide d'un vérin puissant de 20 à 30 kilogrammes, on introduisait la poutre en faisant sauter le carré de bois ainsi découpé comme un timbre poste, et par conséquent sans rien ouvrir. Cependant il arrivait encore fréquemment que le sable s'échappait par ces trous de tarière avec assez de force pour obliger les ouvriers à les boucher. Lorsque la tête de la poutre était introduite dans le trou, on la faisait pénétrer dans le sable jusqu'à 1 ou 2 mètres de longueur par la force du vérin.

Ces travaux étaient nécessairement très longs, d'autant plus que, fréquemment, les poutres ainsi chassées un peu à l'aveuglette dans le sable se rencontraient imparfaitement à leur extrémité, ou bien encore présentaient entre elles des interstices ouvrant passage au sable qui inondait les ouvriers et même mettait leurs jours en péril. Il fallait alors fermer promptement les ouvertures, parfois même recommencer tout l'ouvrage !

On mit en service des poutres creuses en bois, puis en fer, munies longitudinalement de couvre-joints; elles ont donné d'excellents résultats en ce sens qu'une partie du sable pouvait s'écouler librement par le conduit naturel qui lui était laissé, ce qui diminuait d'autant la pression

de la masse ; et, d'autre part, les couvre-joints présentaient l'immense avantage de supprimer presque radicalement toutes les fissures.

Lorsque les quatre cloisons qui forment ce que nous conviendrons d'appeler la chambre de sable sont en place, on peut abattre sans inconvénient la partie DD du blindage primitif et enlever le sable. On a alors conquis un certain espace, mais après combien d'efforts !



Tunnel de Meudon : éboulement du point 110. Vue prise en avant du chantier.

Pour en donner une idée, nous nous contenterons de dire que ces chambres de sable atteignent rarement 1 mètre cube de capacité, et qu'il faut environ une semaine pour effectuer le travail de construction et de déblaiement de l'une d'elles. Si à ces renseignements nous ajoutons que deux chantiers seulement ont pu être occupés en même temps, on conviendra que la lenteur des travaux est des plus explicables.

Nous ne saurions dire même approximativement combien de chambres de sable ont été cloisonnées; mais ce qu'il importe de connaître, c'est que l'éboulement de 1900 a occasionné un retard de quinze mois dans la construction du tunnel. Qu'y a-t-il d'étonnant à ce que les ingénieurs aient pu douter, à certains moments, du succès final ? Il est impossible de ne pas reconnaître qu'il leur a fallu une grande sagacité et plus encore de volonté pour ne pas reculer devant toutes ces difficultés.

Il est vrai de dire également qu'ils ont été secondés d'une manière intelligente et dévouée, non seulement par les entrepreneurs de travaux, mais aussi par leurs ouvriers. C'est encore un talent, qui malheureusement se fait rare de nos jours, pour des chefs d'entreprise, de savoir inspirer une confiance absolue à leur personnel.

Cependant, la tâche était non seulement pénible, mais aussi très dangereuse. Dès qu'une fuite un peu importante se produisait entre les poutres de blindage, il fallait aussitôt l'aveugler avec du foin et des coins enfoncés au maillet, sous peine de la voir grossir de plus en plus et livrer passage à une quantité de sable qui n'eût pas tardé à envahir le chantier et enliser les ouvriers : c'est à cause de cette crainte perpétuelle d'envahissement que les cloisons étaient maintenues autant que possible, même lorsqu'elles ne semblaient plus être d'aucune utilité et gênaient le travail. En cas d'accident, les ouvriers devaient se retirer en fermant une porte derrière-eux.

Grâce à ces précautions, il ne s'est produit aucun accident de personne du fait de l'invasion du sable qui était souvent abondante. Ainsi une seule venue a parfois exigé pour son enlèvement le remplissage de 30 wagonnets.

Les ouvriers travaillaient continuellement dans la boue étaient obligés de changer de vêtements plusieurs fois par séance de trois heures consécutives.

Les photographies que nous reproduisons ci-contre donnent une idée exacte de ce qu'ont été ces chantiers de déblayage. La première représente un barrage de garde (côté de Paris). Au premier plan, on remarque les matériaux approvisionnés pour fermer, en cas d'alerte, les passages réservés dans le barrage.

Au second plan, se trouve un tuyau d'évacuation des eaux provenant des chantiers d'amont et un barrage en meulière sèche avec revêtement en maçonnerie de sacs de ciment mélangé avec du sable.



Tunnel de Meudon : cloison de protection contre l'envahissement du sable.

A gauche, en haut et en bas, on aperçoit les passages réservés aux ouvriers et aux matériaux. La seconde photographie est une vue d'une chambre centrale d'un chantier supérieur, aménagée pour la traversée du sable bouillant. Le plafond est blindé et des poutres en bois destinées à constituer les cloisons d'une chambre de sable sont en préparation sur le plancher de garde. L'élévation d'une ferme de cintre est également très visible.

D'après ce qui vient d'être dit, on peut se demander, et avec juste raison, si, étant donné les circonstances exceptionnelles qui ont retardé les travaux du tunnel, la construction présente des garanties suffisantes de solidité» c'est-à-dire de sécurité pour les futurs Voyageurs de la nouvelle ligne. La menace d'un second éboulement n'est-elle pas constamment suspendue au-dessus de cette voûte qui continue à supporter l'énorme pression de sable bouillant ? N'existe-t-il pas, en somme, un danger permanent, que les secousses produites par le passage des trains ne sauraient que rendre plus certain ?

Nous n'hésiterons pas à répondre catégoriquement qu'aucun accident n'est à redouter, car les précautions les plus minutieuses ont été prises aux points les plus dangereux de la traversée. Et c'est pour bien le démontrer que nous demanderons encore à nos lecteurs un peu de patience en les invitant à nous suivre dans cette seconde partie de notre étude.

Bien que l'épaisseur de la maçonnerie dans la zone du sable soit de 1^m,60, il y avait à tenir compte, non seulement de l'énorme pression du sable, mais aussi et surtout des infiltrations d'eau par les joints qui, en un temps plus ou moins éloigné, eussent fini par désagréger le mortier et

provoquer des avaries. Cela, il fallait l'éviter à tout prix, vu l'intensité de la pression. C'est alors qu'a été imaginé le système de blindage étanche que nous allons décrire.

Sur toute la paroi intérieure de la voûte a été d'abord appliquée une tôle T de 1/2 millimètre d'épaisseur, reposant sur des tasseaux en chêne de 0^m,04 d'épaisseur; puis, à 1 mètre de distance l'un de l'autre, on a percé dans la maçonnerie des trous destinés à recevoir d'énormes pitons de fer P, terminés en queue de carpe à chaque extrémité, pénétrant dans la maçonnerie de la moitié de leur longueur et scellés avec du ciment. Entre cette tôle et la maçonnerie, on a ensuite injecté du ciment de manière à remplir entièrement l'intervalle annulaire. Pendant que s'effectuait cette seconde opération, on établissait sous la tôle un faisceau de barres de fer représentant une armature formée de tiges croisées à angle droit de 0^m,45 et de 0^m,020, les premières en cerceau transversalement à la direction du tunnel, les secondes droites suivant cette direction. Les ligatures de ces gros arceaux et de ces tiges longitudinales plus minces sont effectuées en fil de fer, et, de plus, à chaque point de rencontre, un second fil de fer de 0^m,006 de diamètre, dont les extrémités sont recourbées, est placé de manière à relier encore plus étroitement ce treillage à la masse du béton.

Le tout est noyé, non pas dans du ciment pur, mais dans un béton formé par le mélange, en proportions déterminées, de ciment de Portland à prise lente, de gravier et de sable. Le béton est maintenu par une cloison en planches, et les ouvriers le tassent à l'aide d'une tige terminée en queue de carpe, afin d'obliger chaque grain de gravier à occuper sa place, dans le but d'éviter tout vide à l'intérieur de la frette ou béton armé.



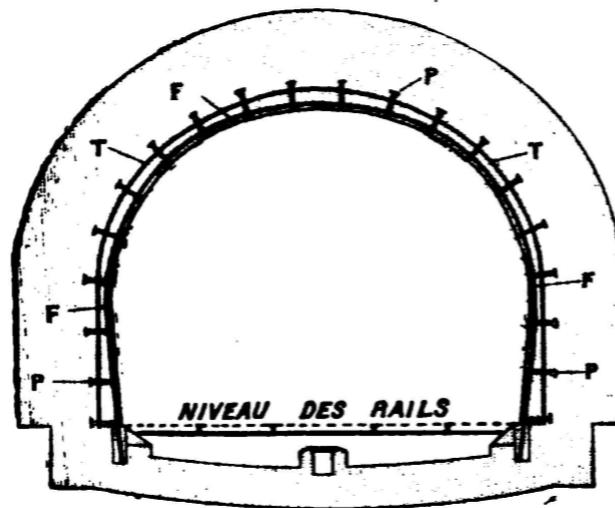
Tunnel de Meudon : attache de l'armature sur les flancs.

De chaque côté du tunnel, en bordure sur les piliers, on a également creusé une galerie de 0^m,75 de profondeur sur 0^m,25 de large, dans laquelle se termine, au sein du béton, l'armature métallique.

Le revêtement en maçonnerie se trouve donc renforcé sur une longueur de 50 mètres environ par cette frette extrêmement solide et d'une étanchéité absolue, vissée pour ainsi dire à la maçonnerie, avec laquelle elle forme un tout absolument compact.

Les travaux du tunnel de Meudon, comme ceux du reste de la ligne d'Issy et de l'embranchement de Viroflay, ont été exécutés par M. Rabut, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, sous la haute direction de M. Moïse, puis de M. E. Widmer, ingénieurs en chef de la construction de la Compagnie de l'Ouest. Les entrepreneurs sont MM. Fougerolles frères, pour la partie côté de Versailles, où se sont rencontrées les grandes difficultés, et A. Picard, pour la partie côté de Paris. Les croquis que nous donnons aideront nos lecteurs dans la compréhension parfaite de tous les travaux effectués, en leur laissant entrevoir, par la même occasion, les difficultés sans nombre qui se sont accumulées comme à plaisir pour retarder l'achèvement de ce fameux souterrain.

Ce tunnel, du moins en ce qui concerne les 35 mètres où s'est produit l'éboulement, peut être considéré comme ayant battu le record du prix de revient par mètre courant sur tous les travaux similaires ; il détient également celui des difficultés vaincues. Il est heureux que ces difficultés aient été compensées par la nature excellente du sol sur les 1800 mètres les plus voisins de Paris.



Coupe de la voûte revêtue intérieurement de son armature.
