

des tubes de canon par exemple, qui exigent des lingots de plusieurs tonnes, on peut la réaliser soit avec les fours à résistance type Girod de 120 creusets, soit avec les fours Hérault à deux électrodes en séries et mélangeur, mais plutôt cependant par la méthode adoptée à Unieux, qui consiste à installer un four Keller à 4 électrodes, favorisant l'emploi de grandes puissances, conjugué avec un Martin.

Nous ne considérons pas la substitution du four électrique au Bessemer, celui-ci est un appareil bien trop commode quand on opère sur les grandes masses ordinaires, mais l'électricité vient encore ici jouer son rôle, car dans l'avenir le métal Bessemer impur et de qualité inférieure se discréditera certainement s'il ne subit pas un court passage dans un four électrique. Il suffira, en effet d'une dépense de quelques kilowatts par tonne pour achever la déphosphoration et la désoxydation du bain. Cette seule opération augmentera d'une façon certaine la valeur marchande du métal Bessemer.

En résumé, quel que soit le procédé de fabrication de l'acier considéré, on voit que déjà avec les seules connaissances que l'on possède sur l'utilité du four électrique — et nous estimons que ces connaissances sont encore imparfaites, — on voit que cet appareil est appelé à jouer un rôle prépondérant dans l'aciérie de l'avenir.

On se le figure très bien, supprimant le four à cémentation allant de pair avec le four à creuset, remplaçant le Martin et venant heureusement compléter le Bessemer, en permettant dans tous les cas, comme appareil annexe, d'obtenir un métal homogène plus pur et pouvant être coulé très fluide.

On a au début considéré le four électrique comme un appareil destiné à économiser nos réserves de combustibles minéraux et on l'a étudié surtout en vue de ses applications dans les contrées dépourvues de charbon. Aujourd'hui, la question se pose autrement et les métallurgistes les plus opposés à cet appareil moderne reconnaissent que, même avec l'énergie électrique obtenue à l'aide de la vapeur, il permet la fabrication des aciers fins à meilleur compte que le procédé au creuset.

Or, l'avenir de ces aciers est très grand avec les progrès de l'industrie. On l'a bien vu ces dernières années, où leur emploi a considérablement augmenté par suite notamment de leurs applications dans la construction automobile.

Au meeting de mai dernier de l'*Iron and Steel Institute*, M. Walter Brown, dans son rapport, insistait, très judicieusement à notre avis, sur l'avenir réservé à la fabrication électrique de l'acier. Il reprochait cependant aux électrométallurgistes de penser que tous les aciers sont impurs et de qualité inférieure. Non, tous les aciers ne sont pas impurs, mais il y en a beaucoup, et personne ne niera que le four électrique, considéré comme appareil accessoire et employé à la fin des opérations habituelles d'affinage, ne permette de relever la qualité de tous les aciers même les plus ordinaires.

L'acier a tué le fer, mais le four électrique tuera l'acier ordinaire.

Travaux de dérivation du Lignon pour l'alimentation de Saint-Etienne

L'entreprise de l'adduction des eaux du Lignon à Saint-Etienne mérite à tous les titres l'attention des hydrauliciens. Cette œuvre est remarquable entre toutes celles du même genre, tant par l'importance des travaux de dérivation que par l'élégance des solutions adoptées pour l'établissement de la conduite d'amenée qui se développe sur une longueur de 56 kilomètres, tantôt en flanc de coteau et sur ponts-aqueducs avec des canalisations en ciment, tantôt en tunnel puis en tuyaux métalliques avec de nombreux siphons. Elle offre des spécimens de tous les types d'ou-

vrages d'art, les plus variés qui se puissent présenter dans des travaux de dérivation.

Nous regrettons de ne pouvoir entrer dans le détail de leurs dispositions ; il ne nous est pas possible d'en donner un autre aperçu que celui qui se borne à une énumération sommaire. Ce faisant nous espérons néanmoins en donner une idée suffisante pour intéresser ceux de nos lecteurs qui auraient à étudier des questions d'hydraulique offrant des problèmes du même ordre à résoudre. — La publication de mémoires descriptifs des plans d'exécution sera faite d'une manière très complète, une fois les travaux terminés, par les soins des ingénieurs qui les dirigent. En attendant l'édition de ces documents, la notice suivante, fera donc tout au moins connaître dans ses grandes lignes le projet en voie de réalisation.

Rappelons d'abord que la première adduction d'eau potable dont la ville de Saint-Etienne fut pourvue, s'est alimentée à des sources captées aux flancs du Mont-Pilat dans la plus haute partie du bassin supérieur du Furens. Lorsque cette alimentation fut devenue insuffisante, on étudia un plan d'adduction des eaux de la Sémène. Mais le projet n'eut pas de suite ; on trouvait trop coûteux l'établissement d'une dérivation de plus de 25 kilomètres de longueur — soit à peu près la moitié du parcours de la canalisation d'amenée aujourd'hui en construction pour dériver le Lignon. On étudia donc et mit à exécution un autre plan qui comportait le captage et la dérivation du Furens ; c'est celui suivant lequel la ville de Saint-Etienne a été alimentée jusqu'à ce jour.

En 1864, on éleva d'abord sur le Furens, à une distance de 8 kilomètres de la ville, un premier barrage dit de Rochetaillée. Haut de 50 mètres, il crée en amont du défilé du Goufre d'Enfer un bassin de 1 200 000 mètres cubes. Ce travail a rendu célèbres les noms de M. l'ingénieur en chef des Ponts et Chaussées GRAEFF, sous la direction de qui il a été construit, de M. l'ingénieur DELOCRE, qui l'a calculé et de M. l'ingénieur DE MONTGOLFIER qui l'a exécuté ; c'est le premier barrage de grande hauteur en maçonnerie qui fut construit d'après les théories modernes alors récemment émises, sur la stabilité de ces ouvrages. On établit ensuite (1870) un peu en amont de ce réservoir, au lieu dit le Pas du Riot, un second barrage formant un nouveau réservoir d'une capacité de 1 300 000 mètres cubes (1).

Enfin le volume d'eau que nécessitait une plus abondante alimentation de la ville dont les besoins allaient d'autre part sans cesse en croissant, amena sa municipalité à faire mettre en étude de nouveaux projets d'adduction. Et l'été extraordinairement sec de 1903, pendant lequel les deux réservoirs du Furens furent asséchés, ayant provoqué la plus pénible des disettes d'eau à Saint-Etienne, la ville décida, dès la fin de l'année suivante, de poursuivre la déclaration d'utilité publique d'une partie des travaux prévus au projet, dont voici le programme sommairement esquissé.

Dans son ensemble le plan de captage des eaux du Lignon comporte en réalité deux projets ; il a été en effet étudié en vue de la création d'une usine hydro-électrique susceptible d'envoyer son énergie dans l'arrondissement d'Yssingeaux et dans la région de Saint-Etienne, en même temps qu'en vue de l'alimentation de la ville en eau potable. Le double objet de ce travail a donné lieu chez les corps électifs qu'intéressait son exécution, à de nombreuses controverses entre promoteurs du « Lignon avec force motrice » et partisans du « Lignon avec simple adduction ». En même temps il soulevait des conflits d'ordre administratif dont les solutions ne sont pas sans importance dans

(1) Voir à ce sujet *La Houille Blanche*, juillet 1905, II. BELLET, Barrages et murs de réservoirs.

le domaine de la jurisprudence. Notre collaborateur, M. BOUGAULT, a fait l'historique de ces débats et l'analyse juridique de leurs éléments dans les numéros de février et mars 1903 de *La Houille Blanche* (alimentation des villes en énergie électrique et en eau potable); nous n'y reviendrons pas.

Le plan complet, comportant force motrice et adduction d'eau, est l'œuvre de M. Georges REUSS, Ingénieur des Ponts et Chaussées, à qui elle fait le plus grand honneur (1). — Seule la partie du projet qui concerne la fourniture de l'eau à Saint-Etienne a été mise à exécution; les travaux, déclarés d'utilité publique par un décret du 16 juin 1899, sont poussés très activement et s'exécutent sous la direction des ingénieurs des Ponts et Chaussées du département de la Loire.

En prévision de l'aménagement d'une usine d'énergie hydro-électrique, ce plan d'ensemble comporte d'abord, en tête de la dérivation, un barrage-réservoir projeté au lieu

qui sera donnée à la partie du projet concernant la création d'une force motrice.

Si cette partie du projet est abandonnée, le barrage-réservoir prévu pour régulariser le débit des conduites d'adduction s'élèvera à une centaine de mètres en aval, à l'endroit appelé la Valette. La contenance du bassin compensateur ou de réserve sera alors réduite à 7 millions de mètres cubes.

La dérivation proprement dite sera commandée par un barrage sur le Lignon placé juste en amont de la ligne de Montfaucon à Yssingeaux et du viaduc du Pont-de-l'Enceinte à la cote 705. — Sur la carte ci-jointe l'origine du gros trait noir qui figure le parcours des conduites de dérivation indique sur le Lignon, l'emplacement de cette prise d'eau. — Le barrage en question n'aura que 6 mètres de hauteur et ne correspondra pas à une retenue efficace.

La longueur approximative de la canalisation d'amenée du Pont-de-l'Enceinte à la Croix-de-l'Orme, son point ter-

minus, au-dessus de Saint-Etienne à la cote 630, est de 56 kilomètres. Elle comprend : 37 kilomètres environ de conduites libres en béton de ciment; 12 kilomètres, à peu près, de passages en souterrain, et 13 siphons métalliques pour la traversée des vallées, formant ensemble une longueur de plus de 7 kilomètres de conduites forcées, les unes en fonte et les autres en tôle d'acier.

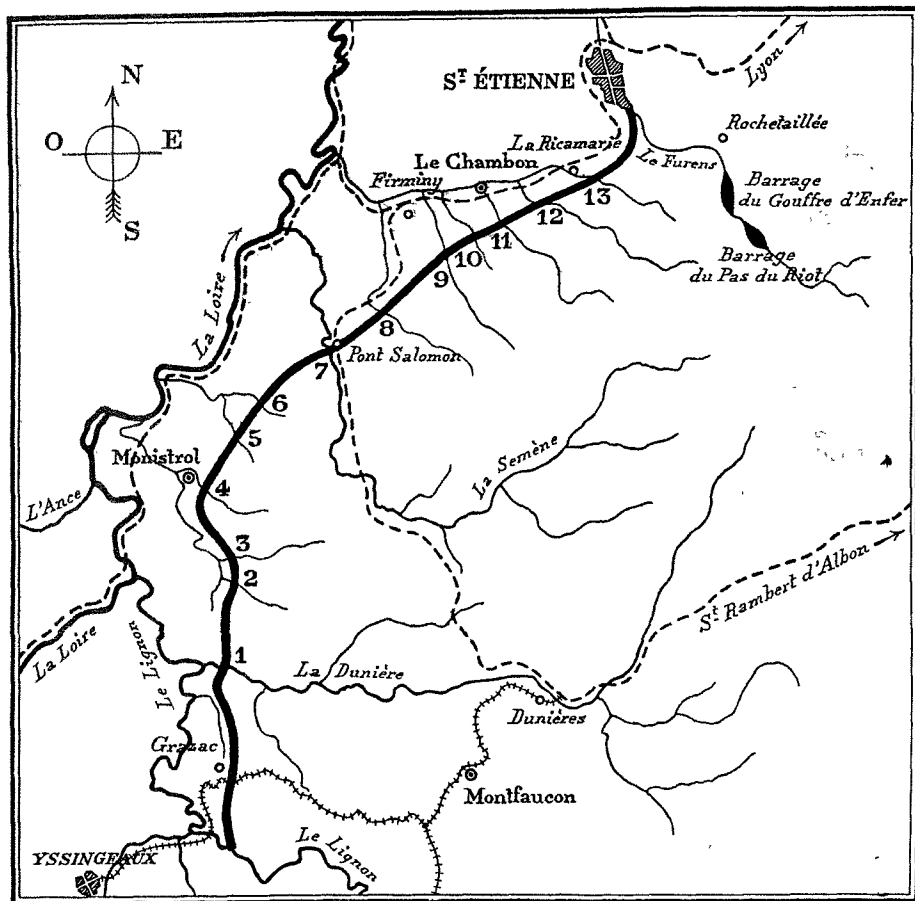
Les sections des canaux et conduites varient le long du parcours et voici quelles sont les données principales de ces remarquables ouvrages d'adduction. La différence de niveau entre la prise d'eau (cote 705) et l'extrémité aval de l'adduction (cote 630) étant de 75 mètres, on a calculé les pertes de charge de façon à ce que la vitesse ne dépasse pas 2^m50 dans les conduites métalliques et 1^m30 dans les tuyaux en béton de ciment moulés sur place, exception faite pour la première section du canal de dérivation où cette vitesse pourra atteindre 1^m70.

Cette première section est comprise entre le Pont-de-l'Enceinte et la Dunière (se reporter à la carte). Dans sa longueur, qui est de 8 kilomètres, elle est prévue pour débiter éventuellement 6 mètres cubes, qui seront dérivés dans le cas de la création des forces motrices. L'adjudication des travaux de cette section doit être incessamment donnée.

La première partie comporte, sur 4 kilomètres, une conduite en ciment établie tantôt en remblai et sur pont-aqueducs et tantôt en déblai. Dans la partie en déblai, la section

transversale du tuyau affecte la forme d'un anneau circulaire de 2^m30 de diamètre intérieur; la pente est de 0^m0013, ce qui donnera une vitesse de 1^m71 pour un débit de 6 mc. par seconde. Le type du tuyau diffère quelque peu dans les parties en remblai et sur pont-aqueducs. Sur les 4 kilomètres de la seconde moitié de cette section, le canal passera en souterrain; il sera de forme ovoïdale, mesurant 2^m50 de hauteur, 1^m70 au niveau du plafond et 2 mètres de largeur aux naissances de la voute.

La deuxième section va de la Dunière à la Chapelle d'Aurec. La conduite doit y débiter 2 mètres cubes à la seconde dans l'hypothèse des forces motrices. Une partie en tranchée est du type ovoïde avec les dimensions suivantes : hauteur = 1^m80, ouverture = 1^m50; la pente est de 0^m0005 par mètre. Comme dans la section précédente, le type de conduite en remblai et sur ponts-aqueducs est un peu différent. Une partie en souterrain est de forme trapézoïdale à côtés curvilignes et mesurant : 2^m30 de hauteur



dît la Chazotte. Sa situation est à 6 kilomètres du pont de l'Enceinte, en amont de la ligne de Montfaucon à Yssingeaux. Il est étudié pour faire face à une retenue de 50 mètres de hauteur, laquelle devant s'étendre sur 7 kilomètres à l'amont, et recouvrir une superficie de 150 hectares, formerait un bassin d'une contenance de 30 millions de mètres cubes. Sa base mesurera 44^m54 de largeur; sur le couronnement (à la cote 804,50) et dont l'épaisseur doit être de 5 mètres, est prévue une voie charretière large de 3^m40; sa longueur suivant l'axe de la chaussée comprend 223^m45. La construction de cet imposant ouvrage dépend de la solution

(1) M. REUSS avait déjà attaché son nom, comme ingénieur ordinaire chargé des projets et travaux, aux barrages réservoirs de l'Échappe (ville de Firminy), du Cotatay (ville de Chambon Feugerolles), de l'ondenon (ville de la Ricamarie), de 35 à 45 mètres de hauteur, construits dans les dix dernières années et destinés à l'alimentation en eau potable de ces centres industriels.

et 1^m 30 au plafond, 1^m 80 de largeur aux naisances de la voute et 1^m 50 à la base.

Enfin dans sa troisième section comprise entre la Chapelle d'Aurec, (1) ou plus exactement le souterrain de Remondière, et Saint-Etienne, la conduite d'amenée peut débiter 1.200 litres, sur lesquels la Ville est autorisée à prendre 800 litres par seconde. Cette partie de la canalisation est du type ovoïde, avec 1^m 80 de hauteur et 1^m 30 d'ouverture en tranchée où la pente est de 0^m 0005 par mètre, et d'un type quelque peu modifié en remblai et sur ponts-aqueducs.

Les siphons, indiqués sur la carte, par les nos 1, 2, 3, etc., sont au nombre de 13. Savoir les siphons: 1^o de la Dunière, 2^o de Boucherolles, 3^o du Cros, 4^o de Martinas 5^o des Praillettes, 6^o de Bel-Air, 7^o de la Semène, 8^o de la Gampille, 9^o de l'Echapre, 10^o de Valchérie, 11^o de Jame-lard, 12^o de Cotatay, 13^o de l'Ondenon. Ils réalisent des différences de niveaux très variables; la plus forte, celle de la Dunière est voisine de 137 mètres; trois autres sont voisines de cent mètres. En certains endroits, leur déclivité va jusqu'à 1^m 03 par mètre.

Ces siphons sont constitués par deux tuyaux établis parallèlement, en fonte jusque vers les parties basses des vallées qu'ils franchissent et en tôle d'acier pour ces traversées. La dépense de leur établissement a été prévue, pour une somme d'environ 750.000 francs.

La fourniture et la pose des tuyaux en fonte a été adjugée à la Société anonyme des Hauts-Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson (2). Dans les parties supportant de 0 à 70 mètres de charge, les conduites sont en fonte ordinaire à emboîtement et cordon, du type de la Ville de Paris. Au de là de 70 mètres de charge, on a employé les tuyaux en fonte frettés d'acier à chaud système X. Roger, que *La Houille Blanche*, dans son numéro de mai 1903, a décrit en détail (3). Le diamètre des tuyaux du siphon de la Dunière est de 0^m 75, et celui des tuyaux en fonte des autres siphons de 0^m 70.

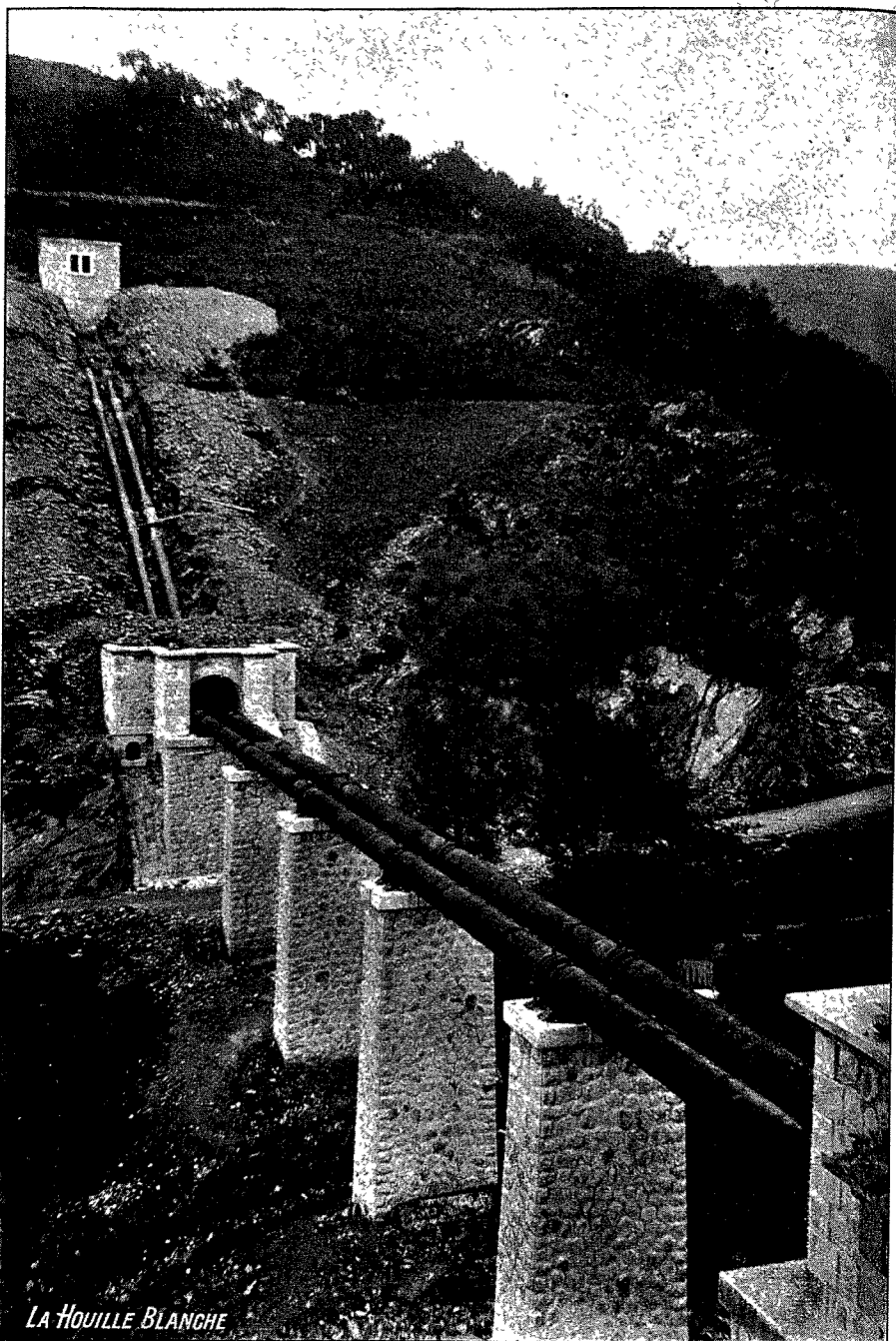
Quant aux tuyaux en tôle d'acier du bas des siphons, à la traversée des vallées, leur longueur totale développée est de près de 360 mètres. Voici d'ailleurs un tableau donnant le détail de leurs dimensions.

SIPHONS	Longueur des tuyaux en tôle d'acier mètres	Diamètre intérieur mètre	Ouverture des travées mètres	Pression	Pression	Épaisseur des tôles m/m
				de régime mètres	d'essai atm	
de la Dunière	65,00	0,750	2 de 7,000 3 de 11,000	135,00	25	12 et 16
de Martinas...	35,38	0,600	4 de 7,345	50,84	15	8 et 7
des Praillettes	34,78	0,600	4 de 7,194	40,28	15	8 et 7
de la Semène	38,50	0,600	supports à 4 m 20 sur passerelle de 2 6 m	73,43	15	7
de la Gampille	25,40	0,600	2 de 9,700	43,77	15	11 et 7
de l'Echapre.	29,10	0,600	1 de 9,000 2 de 7,700	85,36	15	10, 9 et 7
de Valchérie.	43,00	0,600	2 de 10,200	96,10	15	13, 10, 7
de Cotatay...	38,40	0,600	3 de 10,800	20,90	15	12 et 7
de l'Ondenon.	48,50	0,600	5 de 8,500	28,65	15	10 et 7

(1) La Chapelle d'Aurec est à mi-chemin entre les siphons 6 et 7.

(2) L'adjudication a été prononcée à la suite d'un concours.

(3) Voir à ce sujet dans le numéro indiqué, article: « Conduites forcées en fonte, etc. » les importantes applications qui ont déjà été faites de ce système, notamment: Pour les conduites du Loing et du Lunain, 13.000 mètres de tuyaux d'acier frettés à chaud, de 1^m 250 et 1^m 50 de diamètre intérieur; pour la conduite de refoulement des eaux du Rhône au réservoir de Bron (Lyon), 8.000 mètres, de 1^m de diamètre.



VUE DU SIPHON DE L'ONDENON

Le siphon de la Semène est porté par une travée métallique de 26 mètres d'ouverture. Toute cette partie de la dérivation a été exécutée par les Ateliers de constructions Broyet, Chappard et Pommier de Saint-Etienne, et d'une façon qui leur vaut les éloges les plus mérités.

Les tuyaux métalliques reposent, en général, sur des supports en maçonnerie comme le représente la photographie ci-jointe qui est une vue du siphon de l'Ondenon. Leurs épaisseurs ont été calculées: 1^o à la flexion sous le poids du tuyau, sans la charge d'eau, mais avec le poids et la charge des passerelles, augmentés d'une surcharge au milieu, de 500 kilos; 2^o à la tension résultant de la pression de l'eau. Ces deux épaisseurs s'ajoutent.

On a adopté le système de joint de caoutchouc Ch. Gibault, pour relier entre eux les tronçons rivés

En raison de la grande déclivité des siphons en certains de leurs passages, il y avait à prendre des dispositions spéciales pour prévenir le glissement des conduites. On y est parvenu très simplement en faisant appuyer les épaulements formés par les parties emboîtées des tuyaux en fonte sur des sommiers solidement ancrés dans le rocher.

Pour éviter le glissement des remblais dans la fouille, on a exécuté de distance en distance des murs en maçonnerie reposant sur les massifs de fondation des sommiers, lorsque le terrain était particulièrement décliné.

Aux deux extrémités de chaque siphon, la conduite générale débouche dans un petit bassin qui est logé dans une maisonnette, dont une est visible sur la photographie ci-jointe. Un système de deux vannes, correspondant chacune à un tuyau, permet d'interrompre à volonté l'admission de l'eau dans l'une ou l'autre des canalisations ou dans toutes les deux à la fois.

Telles sont les principales données de cette grande et belle entreprise, comme on le voit intéressante au premier chef à suivre dans les détails techniques de son exécution. Nous y reviendrons lorsque les documents dont nous avons parlé au début de cette notice seront divulgués.

E.-F. CÔTE.

INDICATEUR D'ÉTAT DE CHARGE d'un conducteur électrique (*)

Des ouvriers électriciens, des contremaîtres, des ingénieurs même, sont chaque année victimes d'accidents, au cours de leurs travaux, par suite de l'ignorance dans laquelle ils se sont trouvés de l'état de charge de conducteurs d'énergie électrique au moment où il était nécessaire d'y faire un travail quelconque et de l'impossibilité de constater rapidement cet état lui-même.

Le Ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, justement préoccupé de la gravité de ces accidents, avait, d'accord avec le Comité d'électricité, prié un certain nombre de Sociétés ou d'associations s'intéressant aux applications de l'électricité, de mettre à l'étude un *appareil portatif permettant de reconnaître, par une simple observation, l'état de charge d'un conducteur électrique*.

L'Association des Industriels de France contre les accidents du travail avait été désignée par ces différents groupements, pour organiser, dans ce but, un concours public international et pour réunir les fonds nécessaires.

Une Commission spéciale du concours avait été constituée et elle avait dressé le programme suivant :

PROGRAMME. — L'appareil faisant l'objet du concours est destiné à être mis entre les mains de toutes personnes ayant à effectuer des travaux sur des canalisations électriques ou à proximité de celles-ci, de façon à leur permettre de s'assurer d'une manière permanente qu'elles ne courent aucun danger en touchant à ces canalisations.

L'appareil doit être robuste, d'un transport et d'un maniement faciles ; son fonctionnement ne doit pas être troublé par les agents atmosphériques et ses indications doivent toujours être très sûres en tout temps et en toute circonstance.

Si l'appareil est mis directement ou indirectement en contact avec un ou plusieurs conducteurs chargés, il ne doit pouvoir en résulter aucun accident pour l'opérateur, l'appareil ou le réseau de distribution. Il ne doit survenir aucune gêne dans le réseau de distribution de la mise en contact de l'appareil avec une canalisation, ni de son fonctionnement.

Le même appareil doit également s'appliquer aux distributions à courant continu et courants alternatifs à basse tension et à haute tension, aux canalisations aériennes et souterraines.

(*) D'après le rapport présenté par M. Charles Roux à l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail.

Grâce au concours de généreux donateurs, une somme de 6000 fr. avait été affectée aux prix à décerner aux appareils reconnus les meilleurs.

Dix-huit concurrents avaient répondu à l'appel qui leur était adressé.

Après une première étude des dispositifs présentés au concours, la Commission d'examen en a retenu 10, présentés par 8 concurrents, pour être soumis aux épreuves pratiques. A la suite de ces épreuves les conclusions de la Commission ont été les suivantes :

Pas de premier prix.

Un deuxième prix, de 3.500 francs, à M. Maurice Miet, ancien ingénieur du secteur de la Rive gauche, à Paris.

Un troisième prix, de 1.000 francs, à M. J.-B. Taylor, de Schenectady (Etats-Unis).

Deux mentions honorables, de 500 francs, à M. William Thornton, de Newcastle, et à la Minerallac Company de Chicago.

Appareil de M. Miet. — Cet appareil se compose (fig. 1) d'un tube de verre épais A fermé à une extrémité (épreuve de laboratoire).

Ce tube porte un bouchon en caoutchouc B laissant passer une tige de laiton C terminée par une boule de cuivre D à l'extérieur et par deux minces feuilles d'aluminium E à la partie inférieure.

En tenant l'éprouvette à la main par la partie F et approchant la boule D d'un conducteur en charge, les feuilles d'aluminium s'écartent comme le montre la figure.

L'écart est d'autant plus grand que la tension de ligne essayée est plus élevée. C'est en somme un électroscope dont la confection est facile et dont le prix de revient ne dépasse pas 50 centimes.

L'électroscope peut être tenu à la main sans danger, car il n'a pas besoin d'être amené au contact des conducteurs chargés, sauf s'ils le sont à basse tension. — En approchant la boule de cuivre à 2 ou 3 cm d'un conducteur chargé à 2500 volts, la répulsion des feuilles d'aluminium était presque totale.

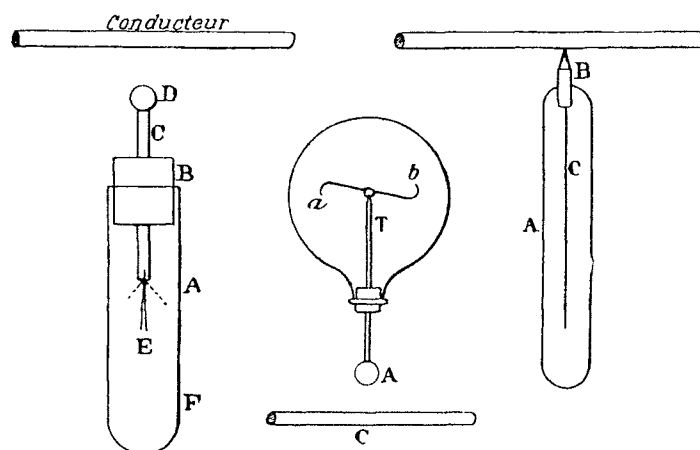


FIG. 1.
Electroscope
de M. Miet

FIG. 2.
Appareil de M. Taylor
haute tension

FIG. 3.
Appareil de M. Taylor
basse tension

Lorsque le conducteur était porté à 10 000 volts, la séparation des feuilles d'aluminium était très notable en tenant la boule de cuivre à 10 cm du conducteur.

D'ailleurs, si on mettait la boule en contact avec un conducteur, il ne se produirait pas d'inconvénient pour l'opérateur