

A sa sortie des chambres de décantation, l'eau entre dans un canal d'amenée à flanc de coteau, et en ciment armé, dont la longueur est de 2980 mètres. Il est représenté en coupe transversale par la figure 12 ci-jointe. Les fils d'aciers verticaux, de 10 mm. de diamètre, sont espacés les uns des autres de 20 cm. Sa pente est de 1,2 ‰, et il peut débiter 8 m<sup>3</sup> par seconde. Il repose tous les 5 mètres sur des piles en ciment armé, ou en maçonnerie lorsque la hauteur est inférieure à deux mètres. Tous les 200 mètres, des trous d'homme permettent de le visiter, et il est muni de déversoir pour éviter toute suppression. Il est revenu à 100 fr. par mètre courant, sans les supports.

Ce canal en ciment armé se continue par une conduite en souterrain, de 223 mètres de longueur, en forme de fer à cheval, avec revêtement en maçonnerie dans les terres, et en béton dans le rocher. Cette conduite aboutit à la chambre de mise en charge, d'où part la conduite forcée qui alimente les turbines de l'usine de Brigue. Une conduite de trop plein déverse dans la Massa les eaux surabondantes.

La conduite forcée est en tôle d'acier rivée, elle a une longueur de 1.500 mètres, un diamètre de 1 m 60, et une épaisseur variant de 6 à 9 mm. Elle traverse le Rhône sur un véritable pont suspendu, dont elle occupe la moitié de la largeur, l'autre moitié ayant servi, pendant la période des travaux, à livrer passage à la voie ferrée de service qui amenait au tunnel les pierres des carrières de la Massa, près de la chambre de mise en charge. La charge utile est de 44 m 60, et, avec un débit minimum de 5 m<sup>3</sup>, l'entreprise disposait d'une puissance d'au moins 2200 chevaux sur l'arbre des turbines.

Dans le prochain numéro, nous parlerons de l'exploitation du tunnel.

(A suivre.)

H. BELLET.

## Le Chemin de fer électrique monophasé de l'Exposition de Milan

L'Exposition internationale de Milan, a été inaugurée officiellement le 28 avril 1906, par les souverains italiens, bien que les travaux ne fussent pas encore terminés. L'idée de faire une exposition internationale à Milan remonte à 1901, et elle fut lancée par les Milanais, désireux de célébrer

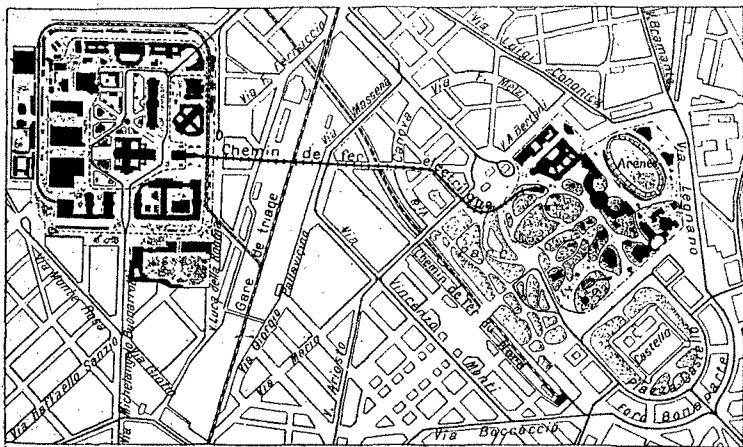


FIG. 1. — Plan général de l'Exposition.

par une grande fête l'ouverture du tunnel du Simplon. L'achèvement de cet-ouvrage remarquable devait, en effet, marquer une étape nouvelle dans le prodigieux essort industriel de la grande cité lombarde, de la ville pour laquelle avaient été créés toutes les grandes routes à travers les Alpes.

Tout d'abord, on décida de limiter l'exposition aux questions mises en évidence par le percement du Simplon. Les transports de terre et de mer devaient avoir une importance prédominante, et, si on leur adjoignait des sections d'art décoratif et de beaux-arts, c'était uniquement dans le but de mettre, à côté des choses sérieuses, des spectacles moins austères, et plus capables d'intéresser le gros public.

Mais on eut vite fait de dépasser les limites de ce cadre primitif, et, comme l'Italie n'avait pas eu jusqu'alors de grande Exposition Internationale, on décida de faire à Milan une exposition presque universelle qui, au début du XX<sup>e</sup> siècle, donnerait une idée aussi complète que possible du développement considérable pris par l'Italie depuis son unification.

L'Exposition devait primitivement avoir lieu en 1905, mais, le Simplon ayant mis mauvaise grâce à se laisser transpercer, on recula d'une année la date d'ouverture, et on la fixa pour l'année 1906. Dès lors, comme le comité d'organisation avait du temps devant lui, on étendit successivement l'Exposition à l'agriculture, à l'hygiène, à la prévoyance et à l'économie sociale puis à presque toutes les branches de l'activité humaine.

Au début, on estimait qu'une superficie totale de 150.000 mètres carrés, avec une surface couverte de 90 000 mètres carrés, serait plus que suffisante pour l'Exposition, mais, avec les additions successivement apportées au programme primitif, la superficie totale atteignit 100 hectares, avec une surface couverte de 280 000 mètres carrés.

Pour pouvoir trouver les 100 hectares finalement requis dans des quartiers pas trop éloignés du centre de la ville, on dut se résigner à diviser l'Exposition en deux parties. Dans l'une, située au Parc, dans l'intérieur de la ville, à côté de la gare du Chemin de fer du Nord, à côté du Castello

et du rond-point du Foro Bonaparte, on fit l'entrée monumentale, et on plaça les sections de pisciculture, de prévoyance, de télégraphie sans fil, d'orfèvrerie, les palais des arts décoratifs et des Beaux-Arts italiens, la salle des fêtes, l'exposition rétrospective des transports. A la Piazza d'Armi, située sur les confins de la ville, on a réuni les transports maritimes et terrestres, les locomotives, les transporteurs et les appareils de levage, l'automobilisme, la carrosserie, la galerie du travail, ainsi que les expositions de la Navigazione generale italiana, des arts décoratifs, des industries métallurgiques italiennes, des pompiers, des Travaux publics, des Postes et Télégraphes, de l'hygiène, de la Croix-Rouge, etc.

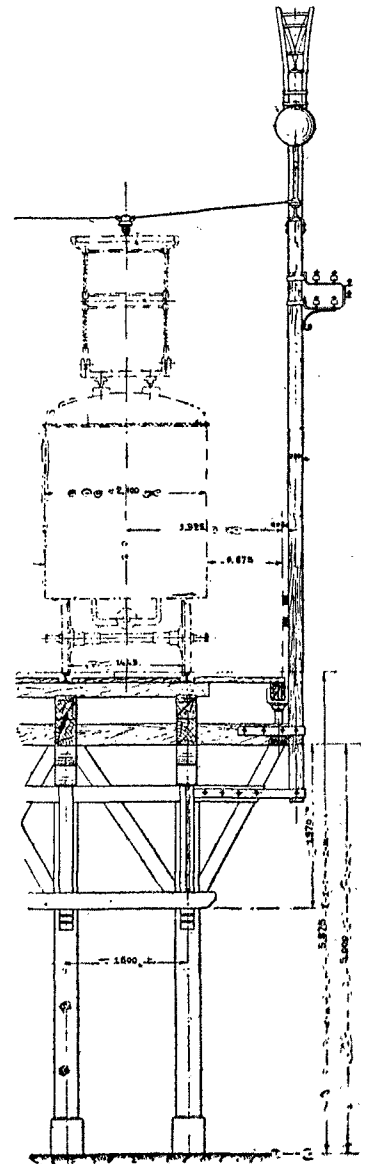


FIG. 2. — Demi-coupe verticale du viaduc.

La distance qui sépare les parties les plus rapprochées des enceintes des deux expositions est d'environ un kilomètre. Aussi, afin de favoriser les moyens de communication entre les deux expositions, a-t-on créé deux services de transport en commun d'une enceinte à l'autre. L'un est assuré par une ligne de tramways du service de la ville, qui emprunte les voies publiques, et ne prend ni ne laisse de voyageurs en route; l'autre est fait par une ligne de chemin de fer, à voie particulière surélevée, et à traction électrique par courant alternatif monophasé. Nous nous proposons, dans le présent article, de donner quelques détails sur ce chemin de fer, d'après l'étude que M. FUMERO en a faite l'année dernière dans l'*Electricità*.

double, et est constituée par deux fils de cuivre dur électrolytique, de 50 millimètres carrés de section. Elle est maintenue suspendue à une hauteur normale de 5<sup>m</sup>50 au-dessus des rails (hauteur réduite à 4<sup>m</sup>80 aux deux stations) par des fils de fer transversaux, fixés à des poteaux faisant partie de l'échafaudage du viaduc. La tension de la ligne est de 2 000 volts.

**Matériel roulant.** — Le service était assuré normalement par quatre trains; aux moments d'affluence, il y avait toujours un train en chargement à chaque station, et deux trains en mouvement sur le viaduc. Chaque train était composé de quatre voitures automotrices, de 10 mètres de longueur chacune, et pouvant transporter jusqu'à 250 voyageurs, dont 96 assis. Le poids total d'un train complet était d'à peu près 56 tonnes, et la vitesse maxima prévue était de 35 km. à l'heure.

La commande se faisait sur les deux voitures extrêmes, d'après les brevets Finzi et Finzi-Tallero, qui emploient deux transformateurs en série, l'un en tête et l'autre en queue. Une particularité assez originale est la disposition en Z de la ligne à haute tension qui se compose de 3 fils courant sur le toit des voitures.

Le courant à 2 000 volts, et 15 périodes, traverse d'abord une bobine de self, de protection contre la foudre, passe par un interrupteur principal et par un limiteur de tension, d'où il se rend au transformateur de la première voiture, puis revient de nouveau sur le toit des voitures pour se rendre au second transformateur, et ensuite aux rails. La troisième ligne du toit de la voiture sert pour la mise en

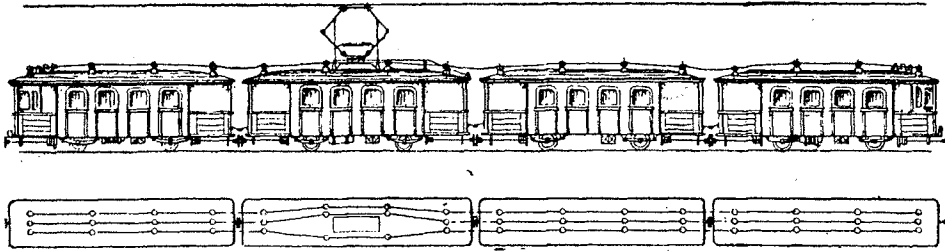


FIG. 3. — Vue d'un train complet.

**Voie.** — Le chemin de fer est à la largeur normale de 1<sup>m</sup>44, et à double voie, sauf aux deux stations. Sa longueur est de 1373 mètres. A partir de la Piazza d'Armi, il est en ligne droite sur 885 mètres, puis il décrit une courbe à double inflexion, de 90 m. de rayon, avant d'arriver à la station du Parc, où sa pente maxima atteint 35 pour 1000, afin de ne pas cacher, de l'Exposition, la vue de l'arc de triomphe du Simplon, qui est tout proche.

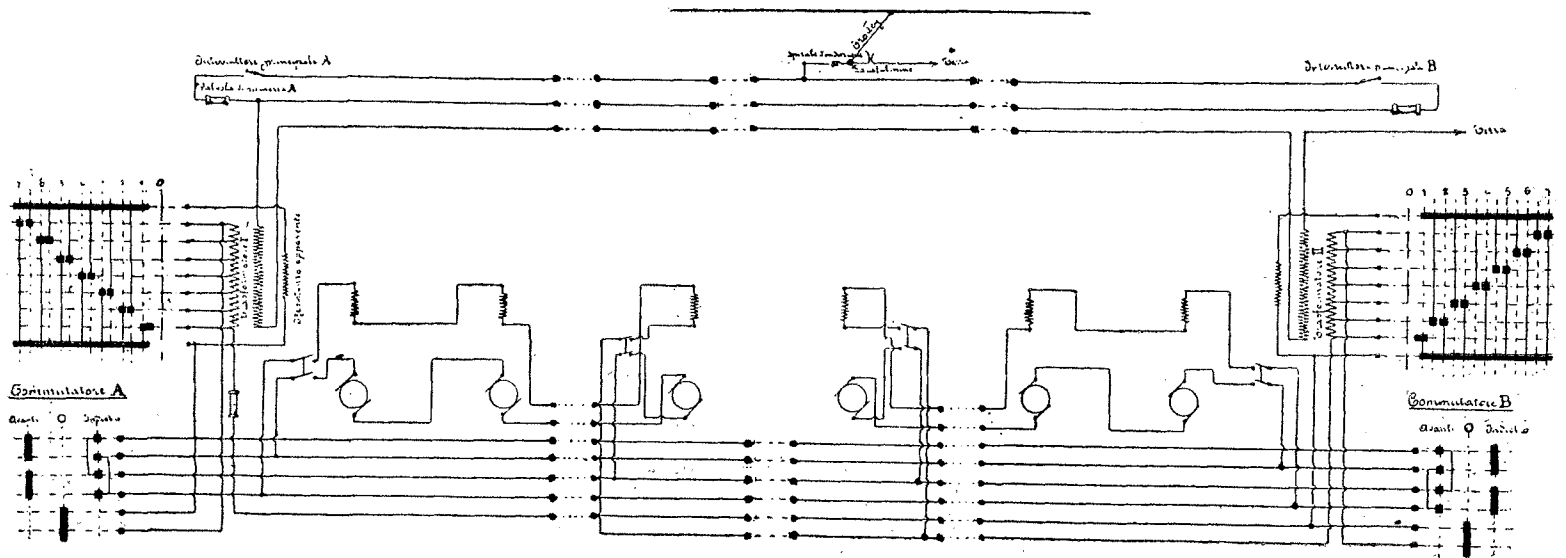


FIG. 4. — Schéma de la commande des moteurs d'un train.

Le chemin de fer est établi sur un viaduc, qui est en bois sur presque tout son parcours, sauf aux passages sur la ligne de chemin de fer qui aboutit à la gare du Nord, et sur la gare de triage, ainsi que sur les grandes voies publiques, où il est en fer, avec piles en béton armé. Les rails sont à une hauteur moyenne de 5<sup>m</sup>87 au-dessus du sol. Ils sont du type employé sur l'ancien réseau de l'Adriatique (poids 27,6 kgs au mètre courant), et ont été mis à la disposition du Comité d'organisation par l'Administration des chemins de fer de l'Etat. Aux joints, ils sont reliés entre eux par des connexions de cuivre de 70 mm<sup>2</sup> de section.

La ligne électrique aérienne d'amenée du courant est

parallèle des deux interrupteurs principaux, sur la prise de courant et sur le premier transformateur.

Les voitures d'extrémité sont équipées chacune avec deux moteurs monophasés, système Finzi, de 30 chevaux chacun, tandis que les deux voitures du milieu n'ont chacune qu'un seul moteur. Ainsi que le montre la figure 4, les trois moteurs des deux voitures de chaque moitié du train sont groupés en série sur le secondaire du transformateur correspondant. A la première position du contrôleur, chaque groupe de trois moteurs n'est soumis qu'à la tension du transformateur de ce groupe, soit 180 volts. A la septième position de ce contrôleur, la tension est celle des deux trans-

formateurs réunis, soit 360 volts, et chaque moteur n'est soumis à ses bornes qu'à une tension de 60 à 120 volts. Afin de pouvoir passer aux diverses positions du contrôleur, sans mettre en court-circuit une section des transformateurs, on leur a adjoint une bobine de self. Le contrôleur est muni d'un inverseur de marche, analogue à celui qui est employé pour la traction par courant continu.

Le trolley est d'un type spécial, représenté en élévation et en plan par la figure 5. A première vue, il ressemble à un double archet, et il fonctionne indifféremment dans les deux sens.

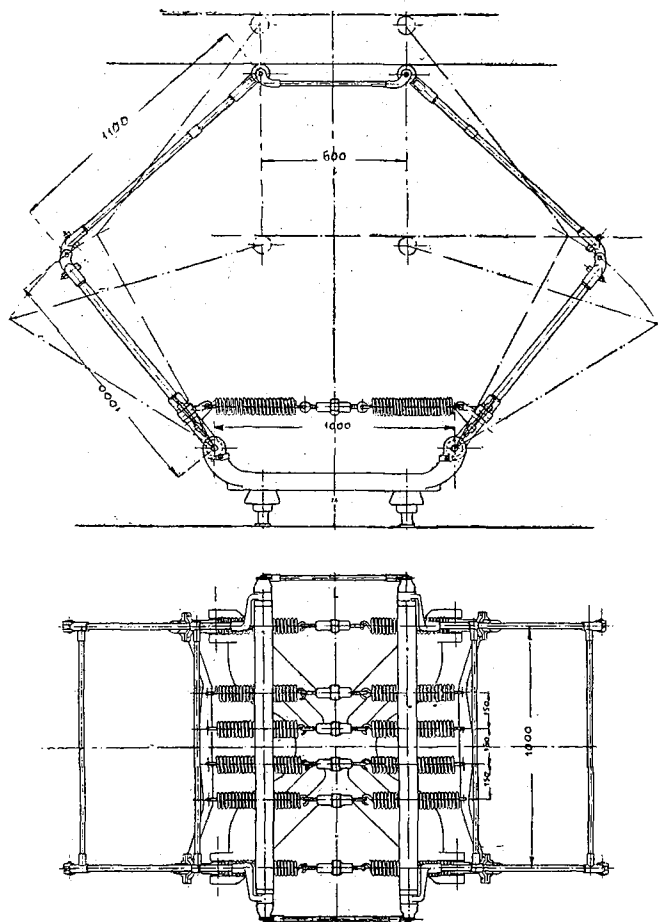


FIG. 5. — Elévation et plan du trolley.

Les moteurs sont hexapolaires, à courant monophasé, système Finzi. Ils sont du type série, à inducteurs feuilletés, et à enroulement compensateur produisant un champ déphasé sensiblement en quadrature par rapport au champ principal, de manière à neutraliser le flux propre de l'induit, et à augmenter le facteur de puissance et le rendement. Le poids des moteurs est de 1 000 kgs, et le rapport du nombre de tours des roues à celui des induits est de 1 à 5.

Chaque train est muni de freins à air comprimé; celui-ci étant produit par deux compresseurs montés sur l'un des axes des voitures d'extrémité. L'éclairage des trains se fait au moyen de batteries d'accumulateurs Henseberger, analogues à celles qui sont en usage sur les chemins de fer de l'Etat. L'éclairage de la voie est assuré par 48 lampes à arc, divisées en 6 séries de 8 lampes, fonctionnant sur un circuit alternatif triphasé à 320 volts 42 périodes.

Le courant est fourni par une sous station installée à la gare de la Piazza d'Armi. Cette sous-station comporte deux alternateurs, débitant du courant monophasé à 2 000 volts, 15 périodes, accouplés: le premier à un moteur triphasé de 600 HP, alimenté par du courant à 3 600 volts, 42 périodes qui vient de la station de la Porte Volta, alimentée elle-

même à 13 000 volts, par l'usine hydro-électrique de Paderno, sur l'Adda, à 13 km. de Milan; le second, à un moteur de secours de 500 HP, à gaz pauvre. Un groupe moteur-générateur, asynchrone triphasé, transforme du courant alternatif à 320 volts, 42 périodes, en courant continu à tension variable, de 110 à 160 volts, pour l'excitation des alternateurs monophasés, et pour la charge des accumulateurs de l'éclairage des trains.

Le matériel électrique a été fourni par la Société *Unione Elettrotecnica Italiana*.

A. REY,  
Ingénieur civil, licencié ès-Sciences.

## LE MOIS HYDRO-ÉLECTRIQUE

### ACADÉMIE DES SCIENCES

#### MÉCANIQUE ET ÉLECTRICITÉ

**Influence de la température ambiante sur l'intensité lumineuse d'une lampe électrique à incandescence.** — Note de MM. LA-PORTE et R. JOUAUST. Séance du 25 mars 1907.

Au cours de recherches entreprises au laboratoire central d'électricité sur les étalons lumineux et l'influence des différentes conditions atmosphériques (humidité de l'air, température), nous avons été amenés à essayer si la température ambiante avait une action mesurable sur les constantes physiques d'une lampe à incandescence électrique, et, en particulier, sur son intensité lumineuse.

Une lampe à incandescence, consommant environ 4 watts par bougie, a été placée dans une étuve munie d'une paroi transparente. Un photomètre était placé à une distance fixe de l'étuve, et l'équilibre des éclairagements sur l'écran du photomètre était obtenu par le déplacement de la lampe étalon. De grandes précautions ont été prises pour maintenir constante la différence de potentiel aux bornes des lampes; elle était mesurée au potentiomètre. Pour que la variation de température n'influe pas sur les résistances des contacts, les fils amenant le courant ou servant à la mesure de la différence de potentiel, ont été soudés sur les paillettes du culot même des lampes.

L'éclairage et l'intensité du courant dans la lampe ont été mesurés dans les conditions suivantes:

- 1° Avec l'étuve froide à la température de 15 degrés environ;
- 2° Pendant l'échauffement de l'étuve;
- 3° La température de l'étuve étant maintenue à 115 degrés;
- 4° Pendant le refroidissement de l'étuve;
- 5° Avec l'étuve complètement refroidie à la température de 15 degrés environ.

Les éclairagements mesurés ont été reconnus comme pratiquement constants, la plus grande variation n'atteignant pas un centième entre les mesures extrêmes. L'intensité du courant à travers la lampe, mesurée dans les conditions expérimentales précédentes, a été reconnue constante à un deux millièmes près de sa valeur. Ces résultats nous ont semblé intéressants à signaler, certains expérimentateurs ayant observé une variation de un millième par degré de la température ambiante pour l'intensité lumineuse d'une lampe à incandescence.

D'ailleurs, si l'on applique au filament d'une lampe à incandescence les lois du rayonnement, on peut chercher, par le calcul, l'accroissement de la température du filament produite par la variation de la température ambiante, de 100 degrés, qui nous a servi dans cet essai.

En admettant, pour la température absolue du filament de la lampe à incandescence,  $\theta = 1800^\circ$  centigrades, la loi de Stefan, pour le rayonnement intégral.

$$\text{Rayonnement intégral} = K(\theta^4 - \theta_0^4)$$

et la formule qui, d'après M. Ch.-Ed. Guillaume, représente, d'après les travaux de Lummer et Kurlbaum, l'éclat propre du corps noir:

$$\text{Eclat} = K' \theta^3 (\theta - 650)$$

on trouve, en égalant l'énergie rayonnée dans les deux cas par la lampe à incandescence, que la température du filament augmente de 0,5 centigrade, quand la température ambiante augmente de 100 degrés.

Dans ces conditions, l'intensité lumineuse augmenterait de quatre millièmes pour 100 degrés de variation, ce qui n'était pas observable dans les conditions expérimentales où nous avons opéré.