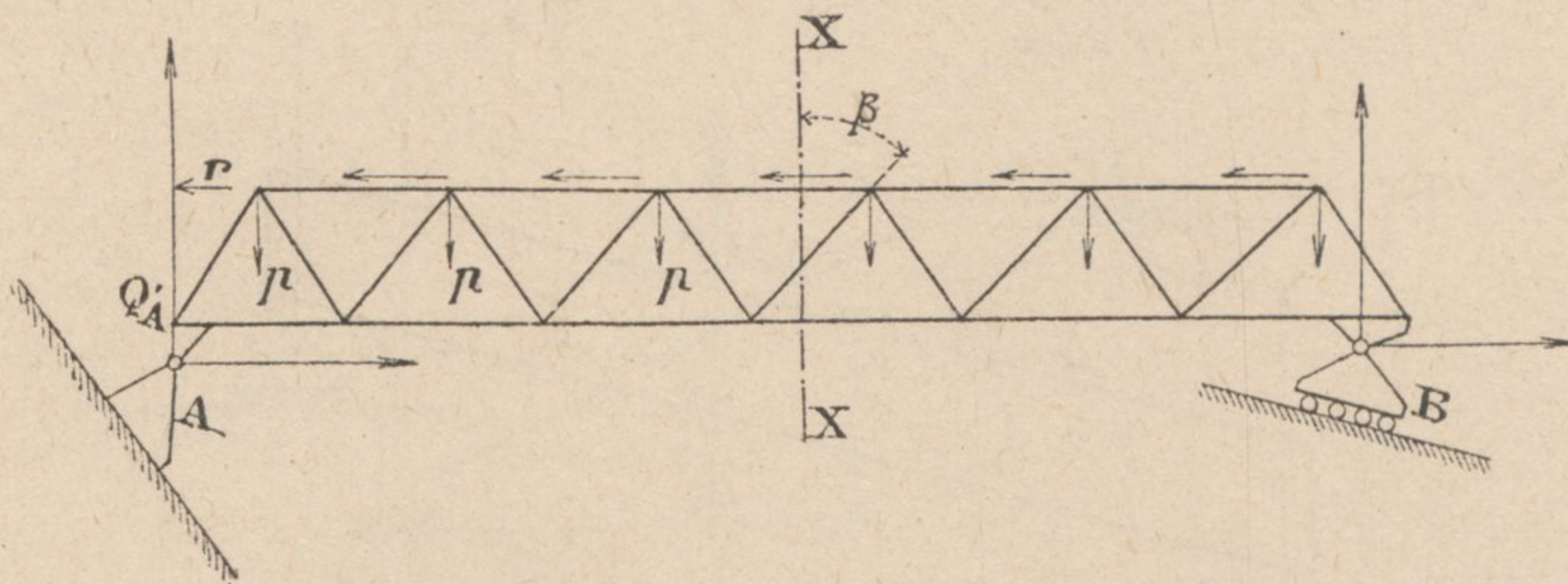


Si Z est l'effort inconnu supporté par la diagonale que coupe la section XX , on doit avoir entre cette force et les forces extérieures du système la relation suivante :

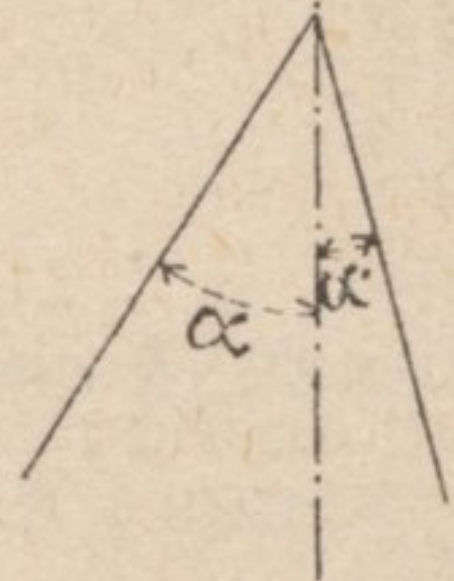
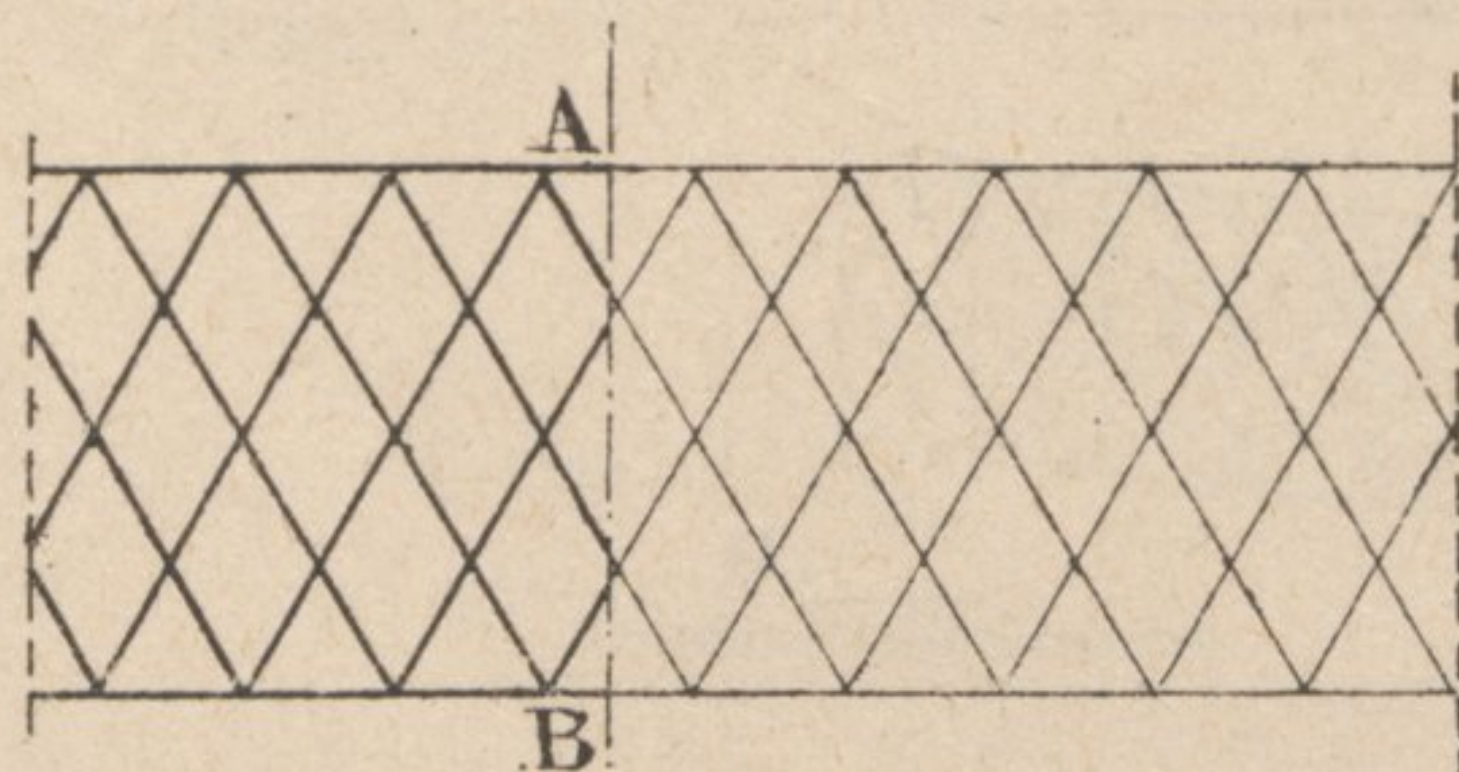
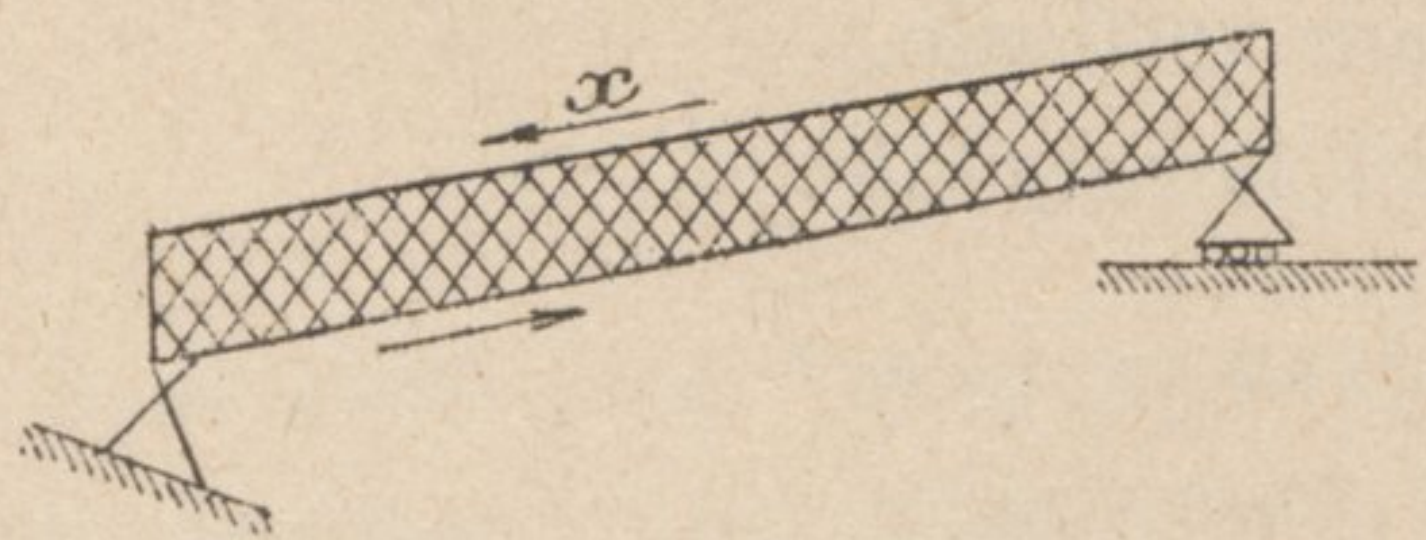
$$\pm 2 \cos \beta - \Sigma g P + Q'_A = 0$$

dans laquelle $\Sigma g P$ est la somme des forces normales p situées à gauche de la section XX .



Cette équation montre que l'effort Z de traction ou de compression d'une diagonale quelconque ne dépend que des forces normales p et des réactions des appuis et que par conséquent la fraction d'effort provenant des actions parallèles à la fibre neutre est la même pour toutes les diagonales parallèles ; il n'y a pas de raison pour que la répartition des efforts

ne se fasse pas d'une façon analogue dans le système à petites mailles que nous avons à considérer ; donc, étant donné que Q'_A aura été obtenue en faisant intervenir les deux groupes d'efforts spécifiés au paragraphe précédent. (Décomposition des actions et des réactions suivant des directions parallèles et normales aux poutres principales).



La compression ou la tension des barres s'obtiendra en ne faisant intervenir dans les équations que les efforts normaux à la fibre moyenne (effort tranchant).

On a été amené à constituer le système des barres de treillis par deux groupes de barres parallèles dans chaque groupe.

Le 1^{er} groupe fait un angle α avec la normale à la ligne moyenne, le 2^e un angle α' .

Si on envisage l'aspect du pont dans son ensemble, on peut se rendre compte qu'au point de vue de la répartition des efforts dans les membrures, cet ouvrage

se rapproche plus d'une poutre à âme pleine que d'un système réticulaire à lignes surabondantes ; le rôle des barres de treillis dans un pareil système est celui d'une âme pleine ; elles doivent par conséquent :

- 1^o. — Empêcher le glissement des membrures.
- 2^o. — Équilibrer l'effort tranchant.

Efforts développés dans les barres par leur résistance à la tendance au glissement des membrures.

Pour un intervalle Δx , la force f tendant à faire glisser une membrure sur le système de barres de treillis a pour valeur :

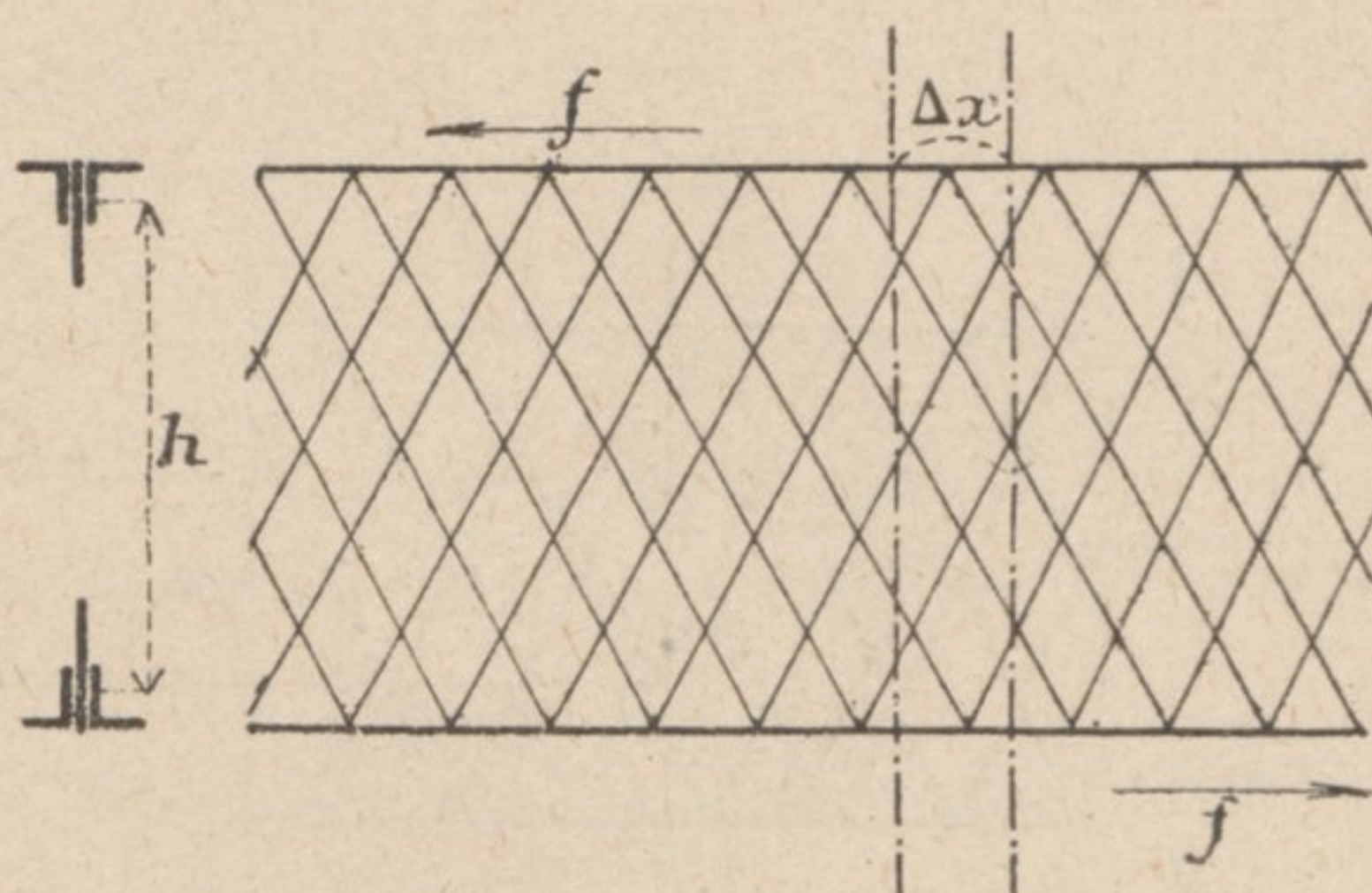
$$f = \frac{T \Delta x}{I} \times \frac{Sh}{2}$$

Si on remarque que, dans le calcul actuel,

$$I = \frac{Sh^2}{2}$$

on a :

$$f = \frac{T \Delta x}{\frac{Sh^2}{2}} \times \frac{Sh}{2} = \frac{T \Delta x}{h}$$



- T Effort tranchant
- S Surface de la section d'une membrure
- I Moment d'inertie de la section de la poutre

Si l'intervalle Δx correspond à la distance de deux croisements successifs des barres de treillis sur les membrures, cet effort doit être équilibré en entier par les deux barres de treillis.

Les efforts φ et φ' développés dans les barres sont donnés par les équations suivantes :

$$(1) \varphi \sin. \alpha + \varphi' \sin. \alpha' - f = 0$$

$$(2) \varphi \cos. \alpha - \varphi' \cos. \alpha' = 0$$

ou :

$$(1) \varphi \sin. \alpha \cos. \alpha + \varphi' \sin. \alpha' \cos. \alpha - f \cos. \alpha = 0$$

$$(2) \varphi \cos. \alpha \sin. \alpha - \varphi' \sin. \alpha \cos. \alpha' = 0$$

$$\varphi' (\sin \alpha' \cos. \alpha + \sin. \alpha \cos. \alpha') = f \cos. \alpha$$

$$\varphi' = \frac{f \cos. \alpha}{\sin. \alpha' \cos. \alpha + \sin. \alpha \cos. \alpha'} = \frac{f \cos. \alpha}{\sin. (\alpha + \alpha')}$$

On trouverait de même :

$$\varphi = \frac{f \cos. \alpha'}{\sin. (\alpha + \alpha')}$$

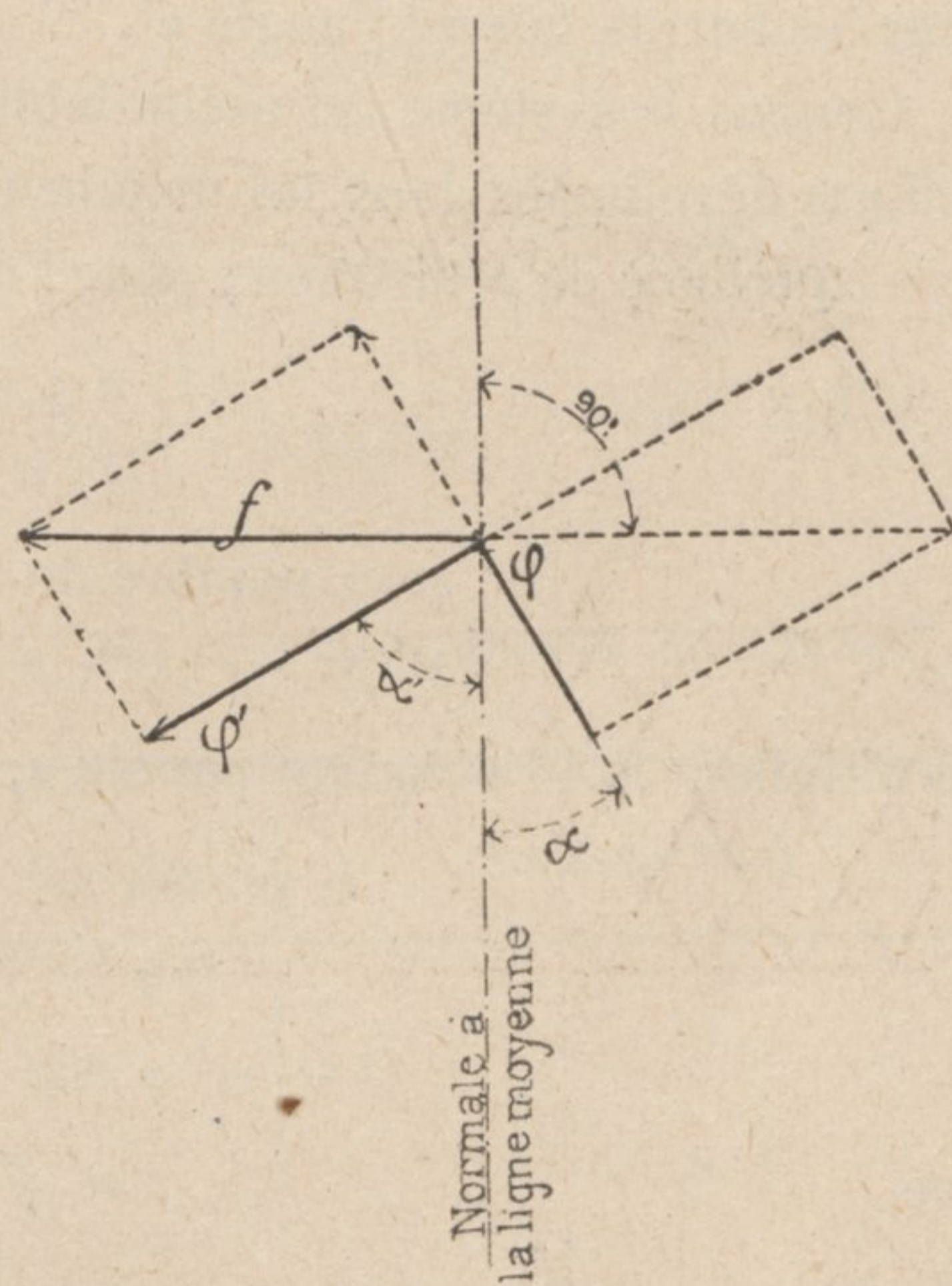
remplaçant f par sa valeur, il vient :

$$\varphi' = \frac{T \Delta x \cos. \alpha}{h \sin (\alpha + \alpha')} \quad \varphi = \frac{T \Delta x \cos. \alpha'}{h \sin. (\alpha + \alpha')}$$

dans le cas de l'ouvrage étudié, $\alpha + \alpha' = 90^\circ$.

Les expressions ci-dessus se réduisent à :

$$(a) \quad \varphi' = \frac{T \Delta \times \cos \alpha}{h} \quad \varphi = \frac{T \Delta \times \cos \alpha'}{h}$$

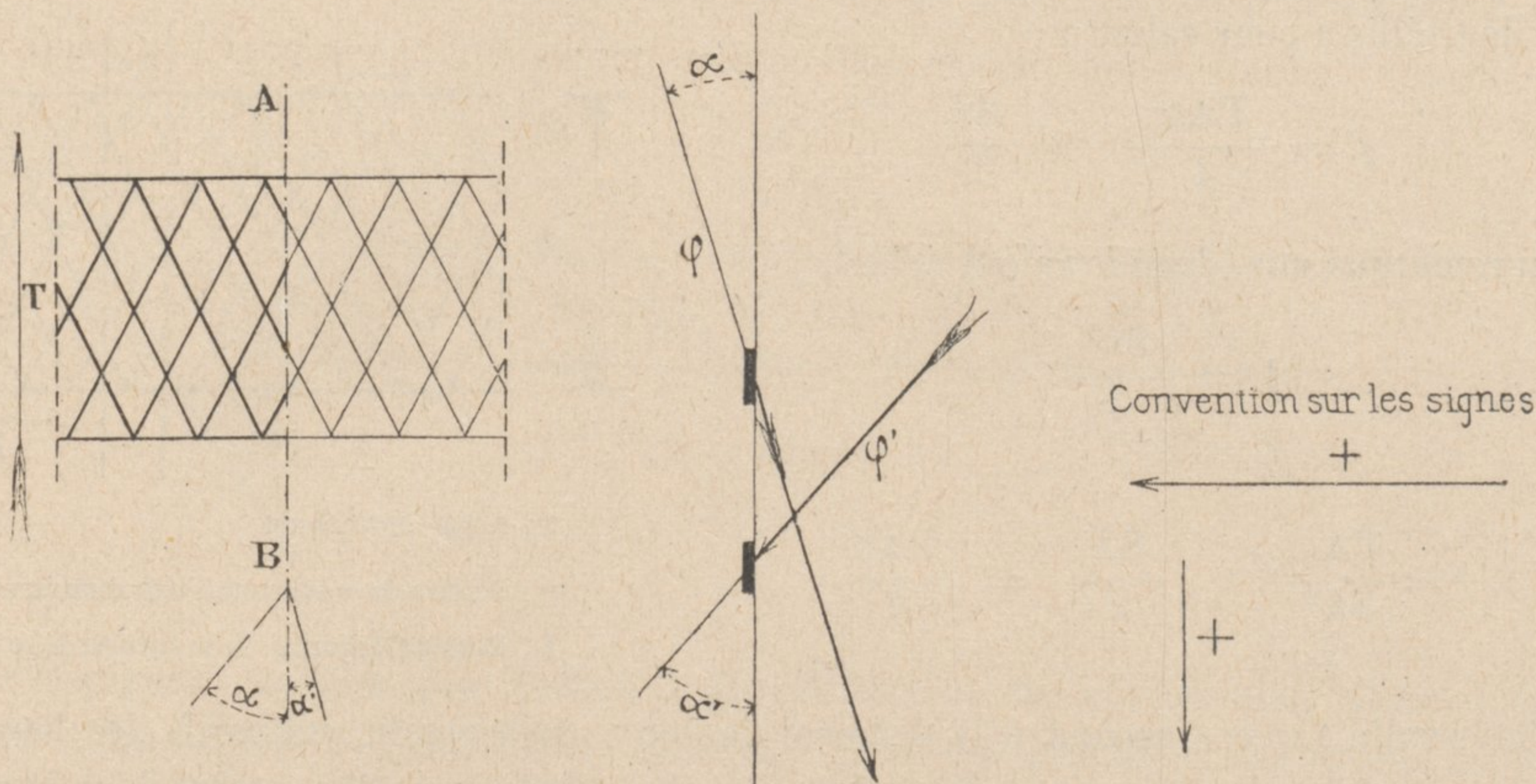


Convention sur les signes



Efforts développés dans les barres par leur résistance à l'effort tranchant.

Il est naturel d'admettre que dans la section A B (Fig. ci-dessous) toutes les barres parallèles supporteront le même effort.



Soit φ l'effort supporté par les barres faisant l'angle α avec la verticale; φ' l'effort supporté par les barres faisant l'angle α' .

Comme le système est assimilable à une poutre à âme pleine, on ne contestera pas que les efforts développés dans les membrures étant égaux (*) et de signe contraire n'entrent pas dans les équations de projection; pour l'équilibre on a donc :

$$(1) \quad n \varphi \cos \alpha + n' \varphi' \cos \alpha' - T = 0$$

$$(2) \quad n \varphi \sin \alpha - n' \varphi' \sin \alpha' = 0$$

$n =$ nombre de barres faisant l'angle α coupées par A B

$n' =$ d° α' d°

multipliant la 1^{re} équation par $\sin \alpha$, la 2^e par $\cos \alpha$ et retranchant membre à membre, il vient

$$n \varphi \cos \alpha \sin \alpha + n' \varphi' \cos \alpha' \sin \alpha - T \sin \alpha = 0$$

$$n \varphi \sin \alpha \cos \alpha - n' \varphi' \sin \alpha' \cos \alpha = 0$$

$$0 + n' \varphi' (\sin \alpha \cos \alpha' + \sin \alpha' \cos \alpha) - T \sin \alpha = 0$$

ou

$$n' \varphi' \sin (\alpha + \alpha') - T \sin \alpha = 0$$

d'où :

$$\varphi' = \frac{T \sin \alpha}{n' \sin (\alpha + \alpha')} \quad \text{et} \quad \varphi = \frac{T \sin \alpha'}{n \sin (\alpha + \alpha')}$$

On a vu que, dans le cas particulier qui nous occupe, $\alpha + \alpha' = 90^{\circ}$; les expressions ci-dessus se réduisent à :

$$(\beta) \quad \varphi' = \frac{T \sin \alpha}{n'} \quad \varphi = \frac{T \sin \alpha'}{n}$$

(*) En réalité ces efforts sont différents, mais on verra dans la suite du calcul qu'en raison de la différence énorme entre les efforts normaux à ligne moyenne et ceux tangentiels, on peut, lorsqu'on considère simultanément ces deux groupes, admettre l'hypothèse ci-dessus.

Si on envisageait le système comme le résultat de la *superposition de plusieurs systèmes strictement indéformables*, on arriverait aux formules suivantes :

$$(\gamma) \quad \varphi' = \frac{T}{2 n' \cos \alpha'} \quad \varphi = \frac{T}{2 n \cos \alpha}$$

Voyons les résultats donnés par ces différentes formules (α), (β), (γ), pour l'ouvrage qui nous occupe :

$\alpha = 42^\circ 45'$ $\alpha' = 47^\circ 15'$ $\sin \alpha = 0.67880$ $\cos \alpha = 0.73432$ $\sin \alpha' = 0.73432$ $\cos \alpha' = 0.67880$	$\Delta x = 1.4575$ $h = 4.750$ $\frac{1}{\cos \alpha} = 1.361804$ $\frac{1}{\cos \alpha'} = 1.47319$	<p style="text-align: center;">1^{re} formule (α)</p> $\varphi' = T \times \frac{1.4575 \times 0.73432}{4.750} = 0.2253 \times T$ $\varphi = T \times \frac{1.4575 \times 0.6788}{4.750} = 0.2083 \times T$
$(\alpha) \quad \varphi' = \frac{T \Delta x \cos \alpha}{h} \quad \varphi = \frac{T \Delta x \cos \alpha'}{h}$		<p style="text-align: center;">2^e formule (β)</p> $\varphi' = T \times \frac{0.6788}{3} = 0.2262 \times T$ $\varphi = T \times \frac{0.73432}{3} = 0.2448 \times T$
$(\beta) \quad \varphi' = \frac{T \sin \alpha}{n'} \quad \varphi = \frac{T \sin \alpha'}{n}$		<p style="text-align: center;">3^e formule (γ)</p> $\varphi' = T \times \frac{1}{6 \times 0.6788} = 0.2456 \times T$ $\varphi = T \times \frac{1}{6 \times 0.73432} = 0.227 \times T$
$(\gamma) \quad \varphi' = \frac{T}{2 n' \cos \alpha'} \quad \varphi = \frac{T}{2 n \cos \alpha}$		

TABLEAU DONNANT LES VALEURS OBTENUES POUR φ ET φ' PAR LES DIFFÉRENTES FORMULES.

DÉSIGNATION DE LA FORMULE.	VALEURS DE φ .	VALEURS DE φ'
$\alpha \left\{ \begin{array}{l} \varphi = \frac{T \Delta x \cos \alpha'}{h} \\ \varphi' = \frac{T \Delta x \cos \alpha}{h} \end{array} \right.$	0.2083 $\times T$	0.2253 $\times T$
$\beta \left\{ \begin{array}{l} \varphi = \frac{T \sin \alpha'}{n} \\ \varphi' = \frac{T \sin \alpha}{n'} \end{array} \right.$	0.2448 $\times T$	0.2262 $\times T$
$\gamma \left\{ \begin{array}{l} \varphi = \frac{T}{2 n \cos \alpha} \\ \varphi' = \frac{T}{2 n' \cos \alpha'} \end{array} \right.$	0.227 $\times T$	0.2456 $\times T$

Dans le mémoire officiel, on a pris indistinctement pour toutes les barres, la formule :

$$\varphi = \frac{T \sin \alpha'}{n}$$

Le tableau précédent montre que cette formule donne une valeur voisine de la limite supérieure.

Répartition des efforts dans les membrures.

La *membrure supérieure* reçoit l'action des masses en mouvement par les entretoises et le platelage ; au moment de l'arrêt du train, les 3 roues motrices et la roue dentée de la crémaillère peuvent se trouver ensemble dans l'intervalle de deux entretoises et donner une action dont la valeur est :

α. — Provenant de la crémaillère ou du frein à mâchoires :

$$67.083 \times 0,4 = \dots\dots\dots 26.833 \text{ kil.}$$

β. — Provenant du glissement des roues de la machine seule sur le rail :

$$0,2 \times 45.000 \times 0,996 = \dots\dots\dots 8.964 \text{ »}$$

$$\text{Total} \dots\dots\dots \underline{35.797 \text{ kil.}}$$

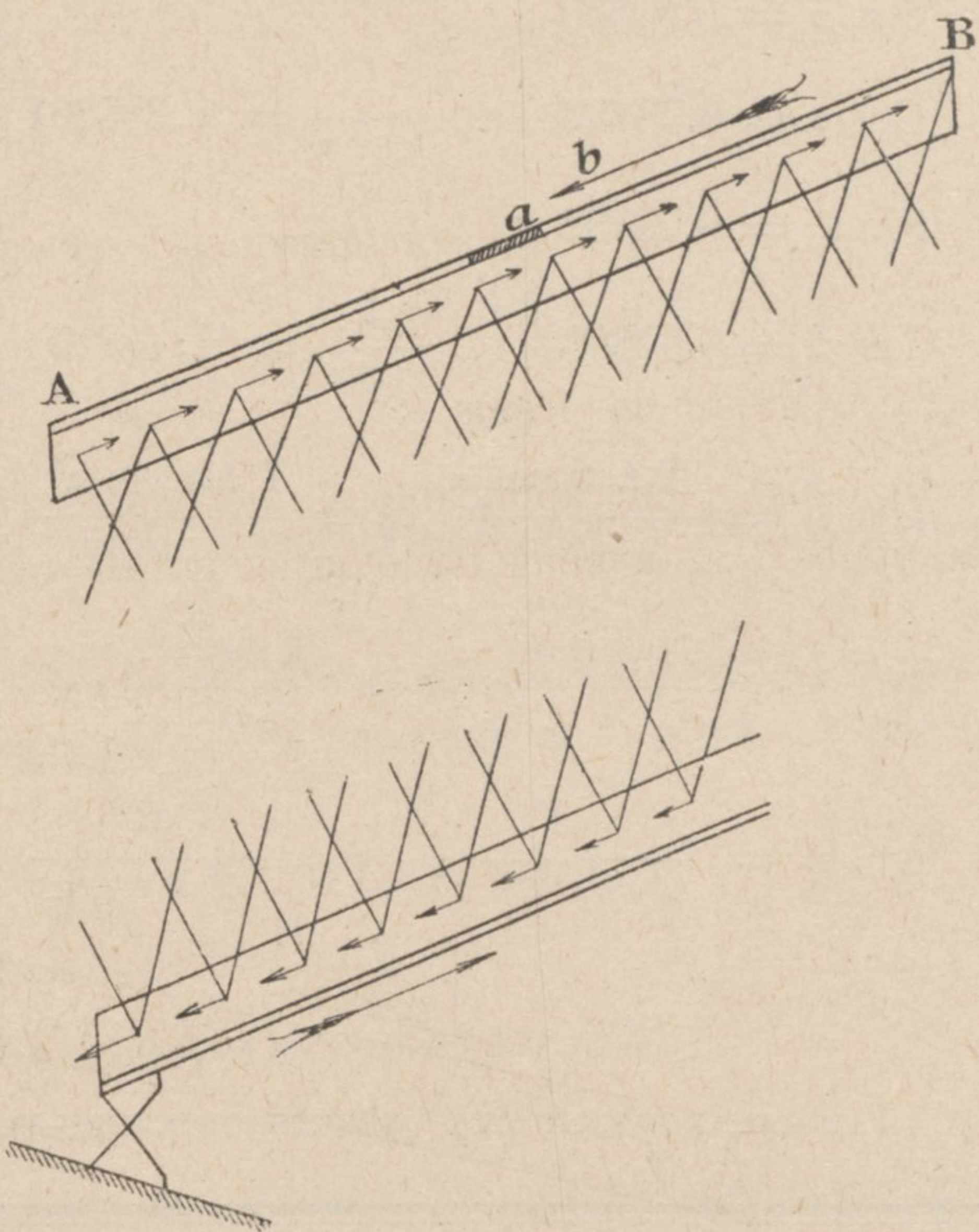
La membrure supérieure d'une poutre principale peut donc être soumise sur une longueur égale à l'espacement de deux entretoises à une réaction de : $\frac{35.800}{2} = 17.900 \text{ kil.}$

Or dans le chapitre relatif à la répartition des efforts dans les barres de treillis, nous avons démontré que la fraction d'effort supportée par les barres provenant des actions parallèles à la ligne neutre était constante pour toutes les barres ; si donc A et B sont les extrémités de la membrure *ab*, la distance sur laquelle l'effort de 17.900 kil. est localisé, la région *Aa* de la membrure sera comprimée et la région *bB* tendue.

Pour <i>ab</i> en A, on a une tension maximum =	17.900 kil.
Pour <i>ab</i> au milieu, tension = compression =	$\frac{17.900}{2}$
Pour <i>ab</i> en B, compression maximum =	17.900 kil.

Membrure inférieure. — Il résulte de la discussion précédente que, quelle que soit la position de l'action à la partie supérieure, cette membrure reçoit à chaque croisement de barre une action pareille qu'elle transmet à la culée basse où l'effort de compression est maximum, tandis qu'il est nul sur la culée haute ; au milieu il est de $\frac{17.900}{2} = 8.950 \text{ kil.}$

Quant aux forces normales à la ligne moyenne, elles donnent lieu à des efforts bien connus dans la pratique courante.



Travail maximum du métal dans les poutres principales.

α. — *Membrures.* — Du fait de l'inclinaison des poutres, on a un effort maximum de compression de : $87.217 \times 0,0898 = 7.832$, soit $\frac{7.832}{2} = 3.916$ kil. pour chaque membrure. 3.916
 On a vu que l'effort de compression maximum dû au matériel roulant est..... 17.900
 Total..... 21.816 kil.

Dans la région où cet effort produit l'effet le plus défavorable, la surface de la section de la membrure a pour valeur 26.526 m^2 .

Le travail du métal correspondant est :

$$R = \frac{21.816}{26.526} = 0^k,82$$

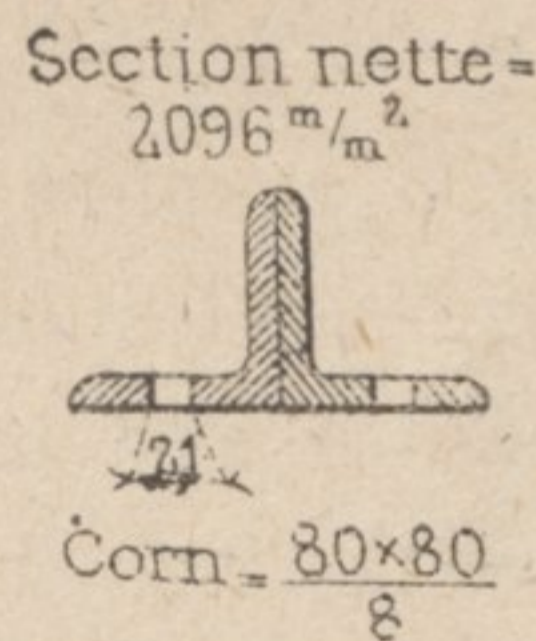
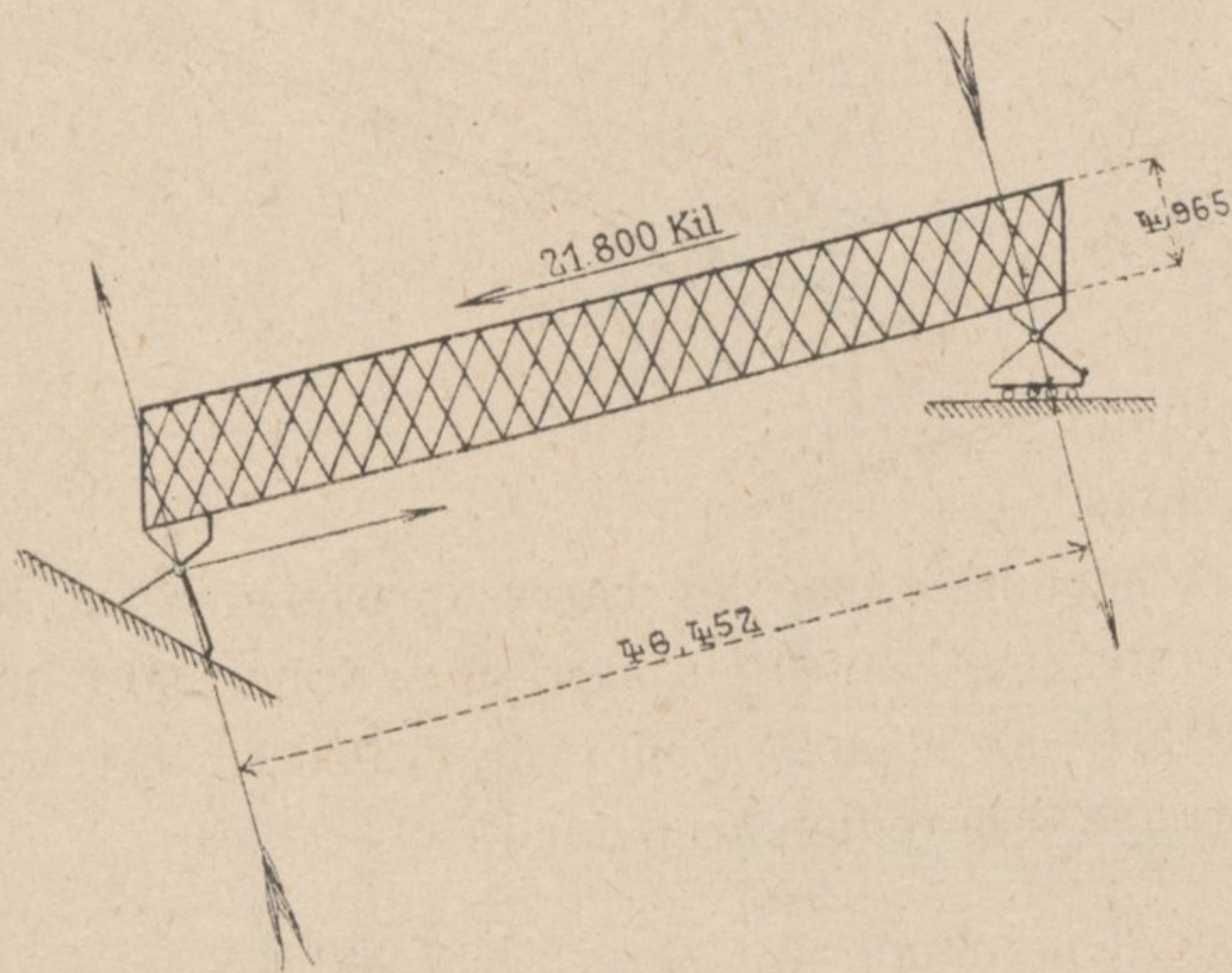
β. — *Treillis.* — Nous avons vu ci-dessus que l'effort parallèle à la ligne moyenne dû :

1° A l'inclinaison du tablier,

2° A l'action des freins,

avait pour valeur applicable à une poutre principale 21.800 kil. ; les réactions des appuis normales à cette même ligne ont pour valeur :

$$u = \frac{21.800 \times 4.965}{46.452} = 2.330 \text{ kil.}$$



et comme il résulte de la discussion de la page 8 que le rôle des treillis consiste à équilibrer cet effort seulement, on a pour valeur de l'effort de tension ou de compression d'une barre, le chiffre de :

$$N = 0,2456 \times 2330 = 573 \text{ kil.}$$

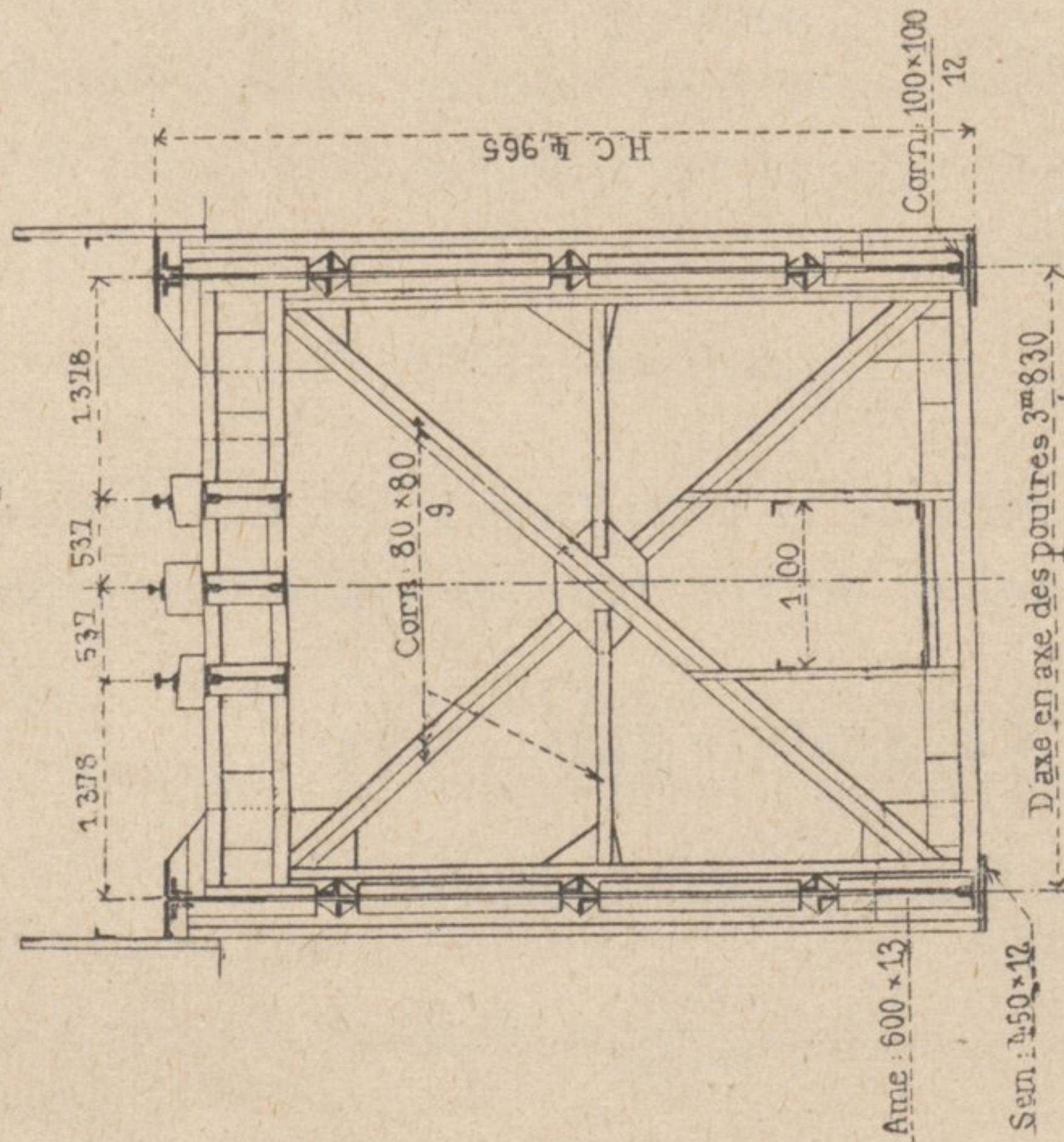
Le travail du métal correspondant à ce chiffre est :

$$R = \frac{573}{2.096} = 0^k,27$$

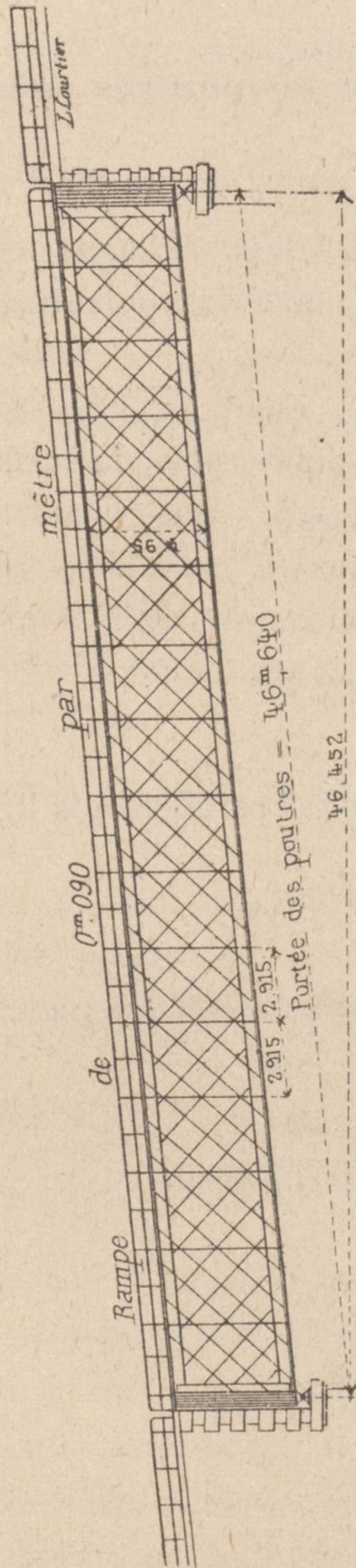
LIGNE DU FAYET A CHAMONIX. — PONT SUR L'ARVE AU KIL. 4 + 67^m.50.

Coupe transversale

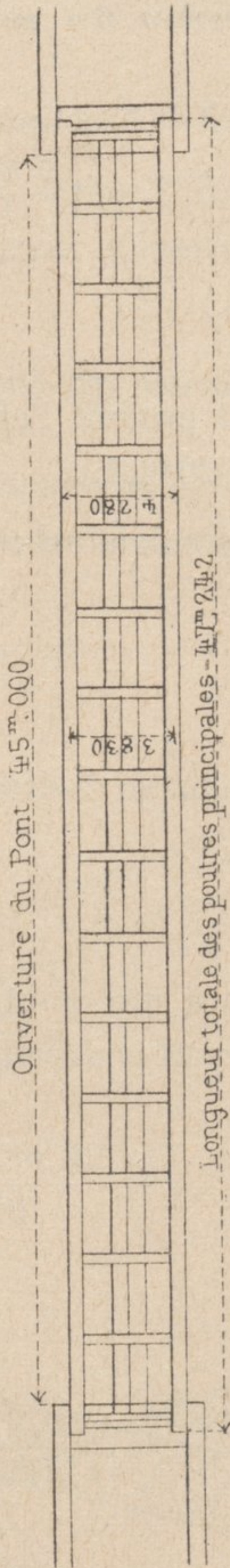
Echelle de 0.01 p.m.



Elévation



Plan



Poutres principales

Moment de flexion maximum	= 948 759
Fatigue maxima du métal dans les membrures :	R = 6K 5

Barres de treillis

Section de la plus forte barre JL Corn	$\frac{100 \times 100}{13}$	Section de la plus faible barre JL Corn	$\frac{80 \times 80}{8}$
Section nette	4186 ^{mm} ²	Section nette	2096 ^{mm} ²
Fatigue maxima du métal	5K	Fatigue maxima du métal	5K

Résumé et conclusion.

Les calculs qui précèdent font voir que les efforts, qui naissent de l'inclinaison et de l'action des freins sur les poutres principales des ponts de chemins de fer à fortes rampes, sont généralement faibles et ne modifient pas sensiblement les conditions de résistance de ces ouvrages; on pourra donc se borner à calculer ces ponts, suivant les règles ordinaires, au moyen du train type, en se réservant une marge suffisante entre la fatigue maxima à admettre et celle que le règlement ne permet pas de dépasser. Dans les ouvrages construits sur les lignes à inclinaison de 0,10 et dont la portée n'excède pas 50 mètres, cette marge sera de 1 k. pour les membrures et de 0 k. 50 pour les barres de treillis au maximum.

TRACTION ÉLECTRIQUE

SUR LES

Lignes de Milan à Gallarate, Varese, Porto Ceresio, Arona et Laveno

DU RÉSEAU DE LA COMPAGNIE ITALIENNE DE LA MÉDITERRANÉE

(Pl. X).

Le problème de la traction électrique sur les lignes de chemin de fer a déjà fait l'objet de nombreuses recherches et de longues discussions dans la plupart des grandes Compagnies de chemins de fer ; mais la question n'est pas mûre encore en tant qu'application générale sur les grandes artères où se succèdent, à des intervalles très variables, des trains de nature bien différente comme charge et vitesse.

On n'a guère fait jusqu'ici, en France, que quelques applications dans des cas particuliers : sur le chemin de fer métropolitain de Paris, par exemple, qui est plutôt un tramway souterrain qu'un chemin de fer proprement dit ; sur le chemin de fer de montagne du Fayet à Chamonix, dont les fortes rampes ne se prêtaient pas à la traction à vapeur ; sur le prolongement dans Paris, jusqu'au quai d'Orsay, du chemin de fer d'Orléans, où la voie est presque toujours en souterrain et où l'air aurait été vicié par les dégagements des locomotives à vapeur. Plus récemment, la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest a entrepris la traction électrique sur une ligne nouvelle presque exclusivement affectée aux voyageurs, et qui réunit Versailles, par Meudon, à la ligne des Invalides.

Ces entreprises, qui répondent à des besoins particuliers, dans des circonstances qui s'écartent de l'exploitation courante des grandes lignes de chemins de fer, semblent devoir rester longtemps encore isolées en France, sauf dans quelques régions de montagne où les chutes d'eau naturelles sont abondantes.

Les Compagnies italiennes, qui doivent importer toute la houille nécessaire à la traction de leurs lignes, et qui, par contre, peuvent disposer d'une grande quantité de chutes d'eau dans d'excellentes conditions, devaient nécessairement s'inspirer des essais faits en France, et être les premières à faire l'application de la traction électrique sur des parcours assez étendus.

La présente note a précisément pour but de décrire les installations réalisées par la Compagnie des chemins de fer de la Méditerranée pour la substitution de la traction électrique sur ses lignes de Milan, Gallarate, Varese, Porto-Ceresio, Laveno et Arona.

Ces lignes comprennent :

1° Le tronc commun, à double voie, de Milan à Gallarate, d'une longueur de 40 km. 300 et qui se profile en rampe jusqu'à Gallarate (rampe maxima : 6 millimètres par mètre ; rampe moyenne : 2 millimètres) ; le rayon minimum des courbes est de 800 mètres :

2° Les trois embranchements partant de Gallarate qui desservent les lacs Majeur, de Varese et de Lugano, et qui ont leur terminus respectif à Arona, Laveno et Porto Ceresio (Fig. 1); les longueurs respectives de ces trois embranchements à voie unique sont de 26 km., 31 km. et 33 km.; les rampes maxima (Fig. 2) varient entre 8 et 20 millimètres et le rayon minimum des courbes est de 300 m., comme l'indique le tableau suivant :

STATIONS	DISTANCES en kilomètres	COTES d'altitude	PENTES moyennes ‰	PENTES maxima ‰	RAYONS minimums
Milan C ¹ e.....	0	126,88	2,86	2,03	6. Parabiago 800 Busto A. 12. Induno 300 — 20. Porto Cer. 300 —
Gallarate (maximum).....	40,3	242,29	6,75		
Tunnel de Induno.....	22,8	395,67	12,25		
Porto Ceresio.....	9,9	274,	»		
}					
Gallarate.....	0	242,29	2,81	8	600
Tunnel du Ronco.....	11,8	275,50			
Laveno Mombello.....	19,4	206,51			
}					
Gallarate.....	0	24,299	5,76	10	600
Lombarda.....	7,4	284,89			
Arona.....	18,5	198,62			
}					

Le tronçon de Milan à Gallarate dessert une contrée très peuplée et très industrielle qui a de fréquents rapports avec Milan; le mouvement des voyageurs sur ce tronçon est très actif et presque constant dans toutes les saisons de l'année.

Les embranchements de Gallarate à Arona, Laveno, Porto-Ceresio et vice-versa ont un mouvement de voyageurs, faible dans la mauvaise saison, mais considérable pendant l'été et l'automne, époque à laquelle la magnifique contrée desservie est visitée par un grand nombre de touristes.

Les dites lignes subissent actuellement une grande concurrence de la part des chemins de fer économiques et des tramways de la région à cause de la possibilité qu'ont ces derniers d'offrir au public des trains légers et très fréquents et de pénétrer plus au centre des villes desservies.

La Société des chemins de fer de la Méditerranée a pensé améliorer d'une manière très notable l'exploitation de ses lignes des lacs et lutter avec succès avec les moyens de transports concurrents en rendant la communication par ses voies plus rapides, plus commodes et plus confortables, et il paraît déjà qu'elle y réussira, étant donnés les résultats obtenus depuis la mise en service du nouveau système de traction (14 octobre 1901), puisque le nombre des voyageurs transportés a augmenté de 50 % comparativement avec le mouvement de la période correspondante de l'année 1900.

Programme d'exploitation. — La ligne de Milan-Gallarate Varese-Porto Ceresio, où la traction électrique vient d'être installée jusqu'à Varese, quant à présent, a donné lieu, pendant l'année 1898, au mouvement qui est résumé dans le tableau ci-dessous, qui a servi de base au calcul de la transformation.

PARCOURS DES TRAINS PENDANT L'ANNÉE 1898.

LIGNES	SEMESTRE	TRAINS de voyageurs km.	TRAINS de marchandises km.	ESSIEUX KILOMÈTRES			
				Voitures	Wagons chargés	Wagons vides	Totaux
Milan-Varese (58 km. 7).....	I	131.529	70.935	2.289.272	2.516.322	531.846	5.337.440
	II	136.222	77.545	2.749.908	2.959.268	681.706	6.395.882
	Total....	267.751	148.480	5.039.180	5.475.590	1.218.552	11.733.322
Varese-Porto-Ceresio (14 km. 3).	I	22.620	4.848	229.302	95.264	20.340	344.906
	II	26.325	5.492	285.532	116.334	23.284	425.150
	Total....	48.945	10.340	514.834	211.598	43.624	770.056
Total.....		316.696	158.820	5.554.014	5.687.188	1.262.176	12.503.378

Il en résulte que le mouvement de trains à voyageurs sur la ligne Milan-Varese se chiffre à $\frac{5.039.180}{58.7 \times 365 \times 2 \times 2} = 60$ trajets voiture (à deux essieux) aller et retour, et pour la section Varese-Ceresio à 25 trajets voiture aller et retour.

Partant de ces données et en envisageant une forte augmentation de trafic, l'unité train électrique, en supposant qu'on fasse, chaque heure, pour chacune des directions Arona, Laveno, Porto Ceresio, un train rendu express entre Milan et Gallarate, ce qui exige des trains supplémentaires pour le mouvement local sur ce dernier tronçon, a été fixée à deux longues voitures, montées chacune sur 4 essieux, c'est-à-dire qu'une unité électrique équivaut à peu près à celle de 4 voitures actuelle à 2 essieux. L'une de ces deux voitures seule est motrice et peut remorquer l'ensemble qu'elle forme avec la seconde, à la vitesse de 90 km. sur la rampe presque continue de Milan et Gallarate.

Plutôt que d'augmenter le nombre des places offertes dans chaque train on fera un plus grand nombre de trains. Chaque heure, partiront de Milan :

- 1° Un train omnibus desservant toutes les stations entre Milan et Gallarate ;
- 2° 20 minutes derrière le train omnibus un semi-direct sur le même parcours pour desservir plus particulièrement et commodément les centres industriels de Legnano, Busto, Arsizio et Gallarate ;
- 3° 15 minutes après le semi-direct, un express qui ne s'arrêtera qu'à Gallarate, pour continuer sur Arona en s'arrêtant à toutes les stations comprises entre Gallarate et Arona ;
- 4° 10 minutes après ce premier express un second express identique qui, après l'arrêt de Gallarate, ira sur Laveno desservir toutes les stations de cet embranchement ;
- 5° Enfin, 10 minutes encore après, un troisième express pour Gallarate allant desservir les stations de l'embranchement de Gallarate Varese et Porto Ceresio.

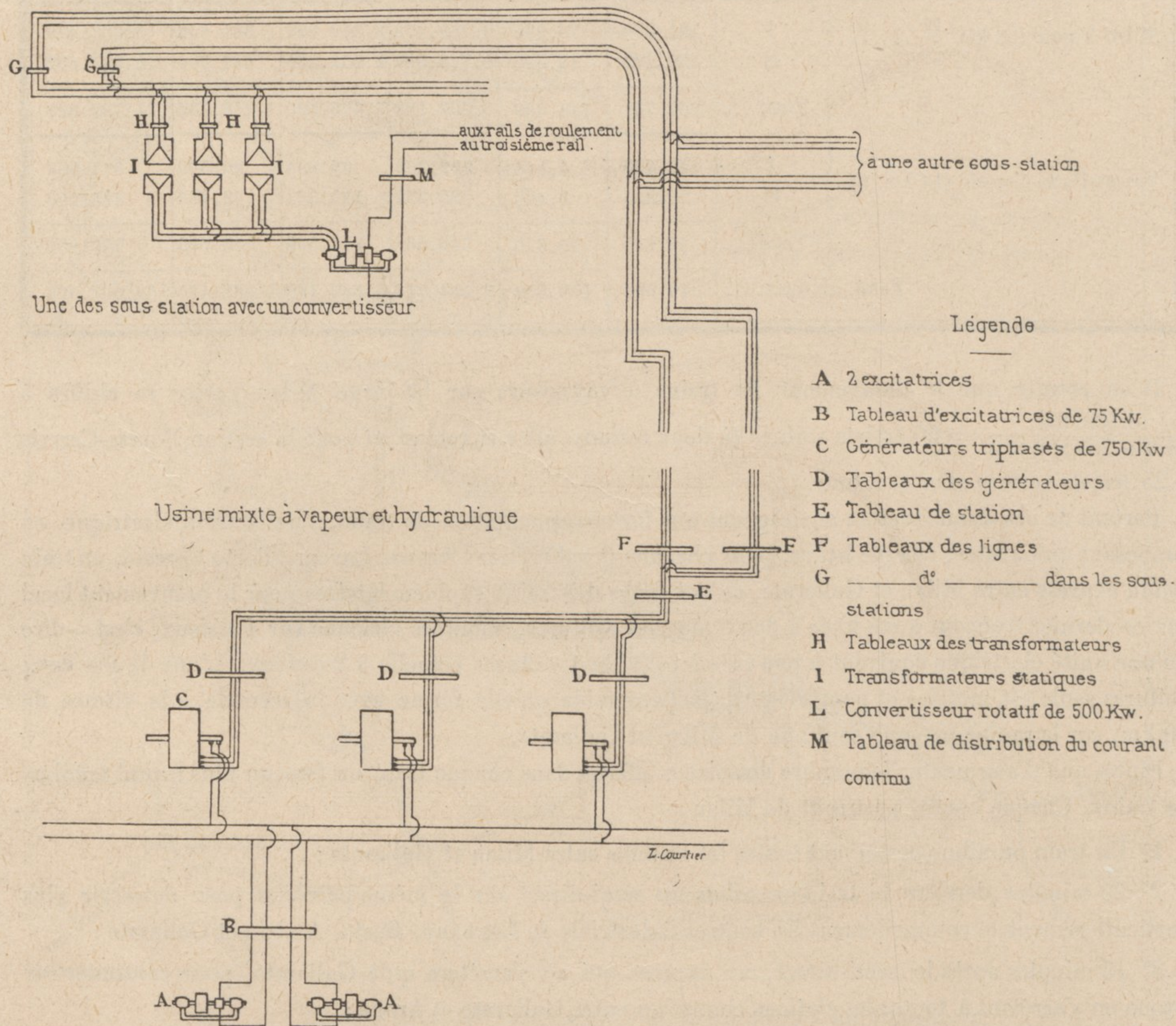
Le même service aura lieu en sens inverse :

Les trains arrivant à Gallarate de Arona, Laveno et Varese à 10 minutes d'intervalle, repartiront toujours séparément comme express sur Milan ; ces trois express étant suivis d'un semi-direct desservant Busto, Arsizio, Legnano, et enfin d'un train omnibus s'arrêtant à toutes les stations intermédiaires entre Gallarate et Milan.

Programme électrique. — Après une longue étude des divers systèmes de traction électrique, on a donné la préférence au courant continu, principalement à cause de la grande vitesse (90 km, à l'heure) qu'il fallait adopter sur le tronçon Milan Gallarate, pour vaincre la concurrence des autres chemins de fer, qui ont un parcours moins long. Le courant est fourni à des troisièmes rails

longeant la voie par des sous-stations de transformation, qui reçoivent elles-mêmes, et transforment en courant continu à 650 volts le courant triphasé à haute tension produit par l'usine génératrice, à la haute tension de 12.000 volts (Fig. 3).

Fig. 3. — SCHEMA DE LA DISTRIBUTION GÉNÉRALE.



Station centrale. — L'usine génératrice est située sur les bords du Tessin à Tornavento, (11 km. de Gallarate). (Pl. X). Elle comprend une usine hydraulique en construction, et une usine à vapeur en plein fonctionnement.

Usine hydraulique. — Le canal de dérivation prend les eaux à la décharge du canal industriel, appartenant à la Société Lombarde qui a mis en exploitation, en 1899, une installation hydro-électrique de 24.000 chevaux, et rejette ses eaux en avant du point de départ du canal dit « Naviglio Grande, » en produisant une chute utile de 7 mè. 85.

Comme le volume d'eau à prendre du Tessin peut être assuré jusqu'à concurrence de 105 m³ par seconde, la chute aura une puissance de 11.000 chevaux environ. Le barrage du Tessin est formé d'une digue mobile, de 179 chevalets tournants, du système Poirée bien connu en France.

Le canal a la section d'un trapèze ; il est large au fond, de 13 mè., et la hauteur maxima de l'eau est de 4 mè. 40, (Fig. 4) ; il est navigable, et des travaux spéciaux seront entrepris pour ménager la navigation.

Handwritten calculations:

$$\begin{array}{r} 7185 \\ 105 \\ \hline 73925 \\ 7850 \\ \hline 82425000 \end{array} \quad \begin{array}{r} 175 \\ 51 \end{array}$$

74

L'usine hydro-électrique (Fig. 5) doit comprendre huit grandes turbines, dont une de réserve, qui actionneront directement les alternateurs, et deux autres petites turbines, pour les excitatrices.

Fig. 4. — COUPE TRANSVERSALE DU CANAL.

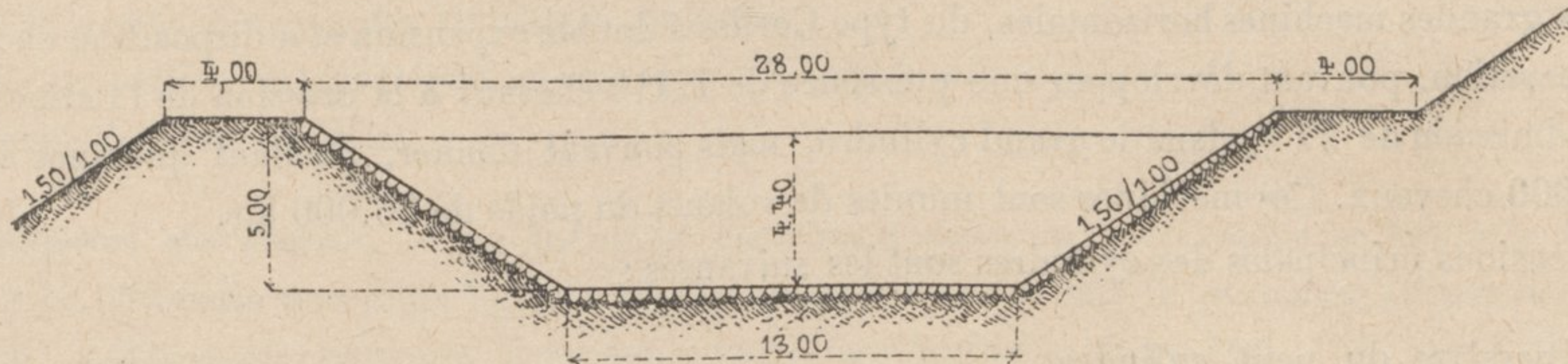
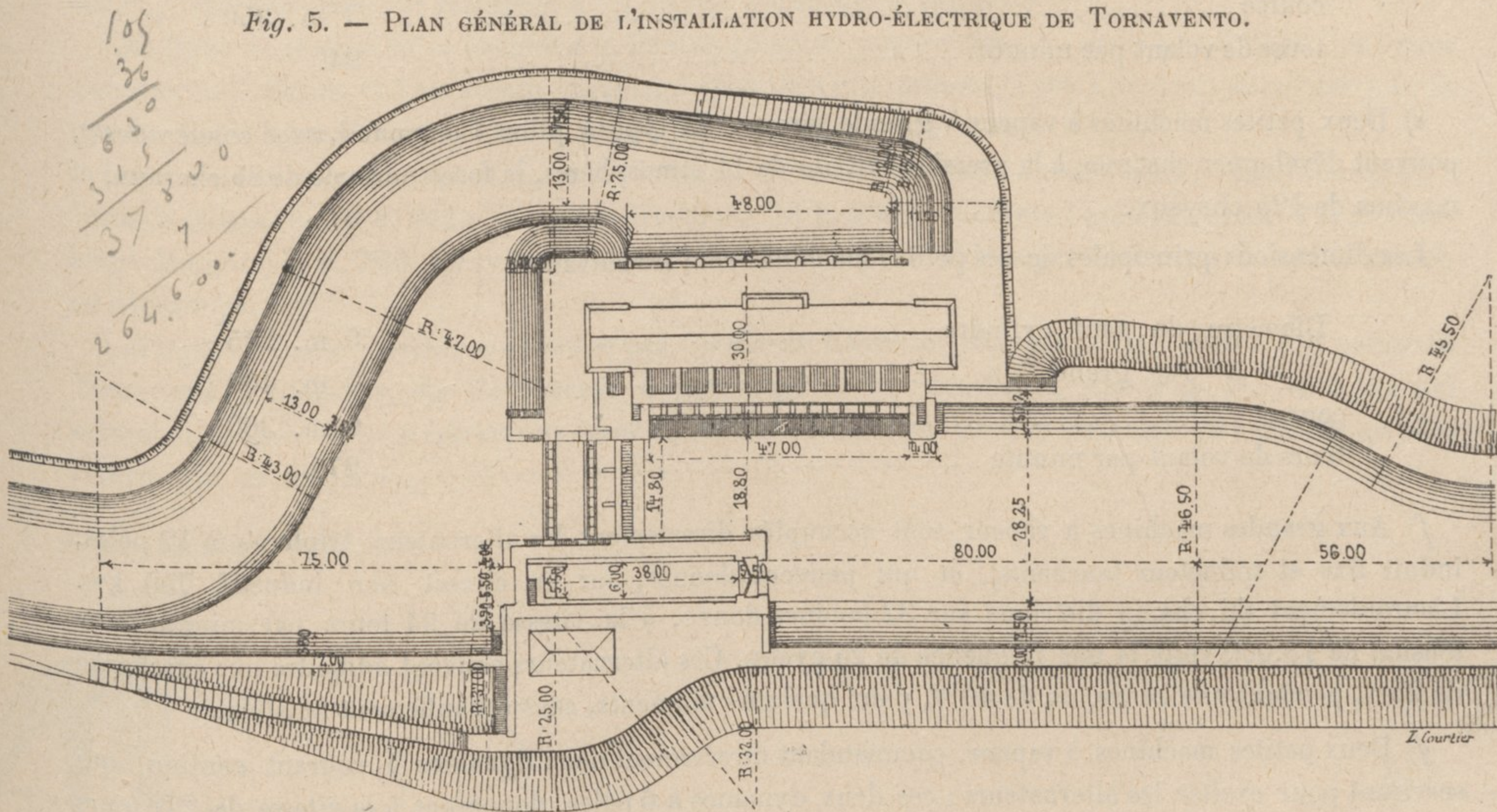


Fig. 5. — PLAN GÉNÉRAL DE L'INSTALLATION HYDRO-ÉLECTRIQUE DE TORNAVENTO.



Chaque moteur hydraulique développera une puissance de 1.200 chevaux, et celle du moteur électrique correspondant sera de 742 kw.

La planche X (Fig. 1, 2, 3, 4), donne le détail de toutes ces installations hydrauliques.

Usine à vapeur. — En attendant l'achèvement de la construction de l'usine hydro-électrique, l'énergie électrique pour la traction de la ligne Milan-Varèse Porto Cerisio, où circulent déjà les voitures électriques, est fournie par une station centrale à vapeur construite à Tornaento, tout près de l'usine hydraulique. Cette usine à vapeur servira, dans l'avenir, de réserve quand l'usine hydro-électrique subira quelque arrêt dans son fonctionnement.

La planche X (Fig. 5 et 6), donne la disposition de cette station centrale à vapeur, qui comprend :

a) Une batterie de huit chaudières multitubulaires, ayant chacune 290 m², et fonctionnant à la pression de 12 atmosphères. Chaque chaudière est composée d'un groupe de 114 tuyaux en aciers de 102^m/m de diamètre extérieur et 5^m500, de longueur totale ; elle est surmontée de deux corps de chaudières ou réservoirs de vapeur de 1^m100 de diamètre extérieur, et de 7^m800 de longueur totale.

b) Trois batteries d'économiseurs, à tuyaux verticaux en fonte, composées chacune de 32 tuyaux,

ayant une surface de 540 m², et munies de purgeurs automatiques actionnés par un moteur électrique.

c) Deux pompes Duplex pour l'alimentation des chaudières, pouvant débiter 25.000 à 40.000 litres d'eau à l'heure.

d) Trois grandes machines horizontales, du type Corliss à double expansion et à disposition en tandem, avec condensation, pouvant développer une puissance de 1.410 chevaux à la pression de 11 atmosphères, avec une admission de 27 % dans le grand cylindre, mais pouvant donner, pendant quelques instants, près de 2.000 chevaux. Ces machines sont munies de volants du poids de 36.000 kg.

Les dimensions principales des cylindres sont les suivantes :

Diamètre du petit cylindre.....	0 m. 725 ;
» grand »	1 m. 200 ;
course	1 m. 350 ;
tours de volant par minute	94.

e) Deux petites machines à vapeur à grande vitesse, du type à pilon Compound, avec condensateur, pouvant développer chacune, à la pression initiale de 11 atmosphères, la force normale de 85 chevaux, et maxima de 125 chevaux.

Les dimensions principales de ces petites machines sont les suivantes :

Diamètre du petit cylindre	0 m. 275 ;
» grand »	0 m. 400 ;
course	0 m. 300 ;
tours de volant par minute	270.

f) Aux grandes machines à vapeur sont accouplés directement les alternateurs triphasés (à 12 pôles, induit fixe et inducteur tournants), et qui peuvent donner, sur un circuit non inductif, 750 kw. L'enroulement du champ distribué sur 32 bobines donne, à la vitesse de 94 tours par minute, une tension de 13.000 volts et une fréquence de 25 cycles. Ces alternateurs peuvent admettre une surcharge de 25 % pendant une heure, ou de 40 % pour quelques moments, sans échauffement nuisible.

g) Deux petites machines à vapeur, commandant directement deux dynamos à courant continu, qui serviront pour exciter les alternateurs ; ces deux dynamos à 6 pôles, donneront à la vitesse de 270 tours par minute un courant de 125 volts ; leur puissance est de 75 kw. chacune.

h) Un tableau de distribution, composé de 9 panneaux ; un panneau pour les deux excitatrices avec 1 voltmètre pour courant continu ; 2 ampèremètres pour courant continu ; 2 rhéostats de champ ; 1 interrupteur pour le voltmètre ; 2 interrupteurs principaux.

3 panneaux pour les génératrices de courant alternatif avec 1 wattmètre indicateur ; 1 ampèremètre de champ ; 1 voltmètre pour courant alternatif ; 1 voltmètre pour courant continu ; 1 interrupteur de champ ; 1 rhéostat de champ ; 1 interrupteur à huile.

Un panneau totalisateur, avec 2 wattmètres enregistreurs ; 4 wattmètres indicateurs et les transformateurs rotatifs ; 6 parafoudres à haute tension ; 4 panneaux, à raison de 2 pour chaque double ligne de transmission, avec 3 ampèremètres ; 1 interrupteur tripolaire double, et un second à huile, automatique.

i) Un interrupteur à huile pour 13.000 volts est inséré dans le circuit de chaque alternateur. Les circuits à haute tension ne comportent pas de fils fusibles, mais, pour mettre la station centrale à l'abri des courts-circuits extérieurs, ou surcharges exagérées, chaque panneau de ligne est pourvu d'un interrupteur à huile, destiné à couper automatiquement le circuit dès que le courant dépasse une limite déterminée. Ces interrupteurs ont été étudiés tout récemment, et créés spécialement en vue de cette

installation ; ils sont logés dans des boîtes incombustibles placées à 1 m. 50 environ en arrière du tableau d'où ils sont commandés à l'aide d'un système de leviers.

Par l'emploi de nombreux transformateurs, la manipulation des instruments de mesures n'implique aucun danger ; de plus, les conducteurs à haute tension, qui relient les alternateurs au tableau, sont placés sous le plancher, sur des isolateurs spéciaux.

Enfin, la station est protégée contre les décharges atmosphériques par des parafoudres pour 15.000 volts du système Wirt.

Transport de force. — Le transport de Tornaento aux sous-stations se fait à la tension de 12,000 à 13,000 volts avec deux lignes à six fils de cuivre : l'une suit le parcours Tornaento-Gazzada-Bisuschio, et l'autre le parcours Tornaento-Parabiago-Murocco (Fig. 1).

Les diamètres des fils sont : entre Tornaento et Parabiago 9 m/m ; entre Tornaento et Gallarate 5,8 m/m ; entre Gallarate et Bisuschio 4 m/m ; entre Parabiago et Musocco 6 m/m.

Une ligne de réserve entre Gallarate et Parabiago est en construction, de sorte que si l'une des lignes Tornaento-Gallarate et Tornaento-Parabiago venait à s'interrompre, l'autre pourrait alimenter tout le réseau. Cette ligne de réserve est à trois fils de 4 m/m de diamètre.

Les distances entre les sous-stations de la ligne Milan-Varèse-Porto-Ceresio sont respectivement de : Gazzada-Bisuschio 14 k. 042 ; Bisuschio-Gallarate 13 k. 530 ; Gallarate-Parabiago 18 k. 770 ; Parabiago-Musocco 16 k. 390. La perte maximum dans le transport de l'énergie électrique à haute tension ne dépasse pas 8 %.

Les lignes à haute tension, constituées par des fils de cuivre nu, suivent la voie ferrée, sauf celles de Tornaento à Gallarate, de Tornaento à Parabiago et de Musocco à Rho (Fig. 1) ; les lignes qui suivent la voie ferrée ne s'écartent du tracé du chemin de fer que dans le voisinage des tunnels qu'elles évitent par un détour.

Fig. 6. — ISOLATEUR EN PORCELAINE.

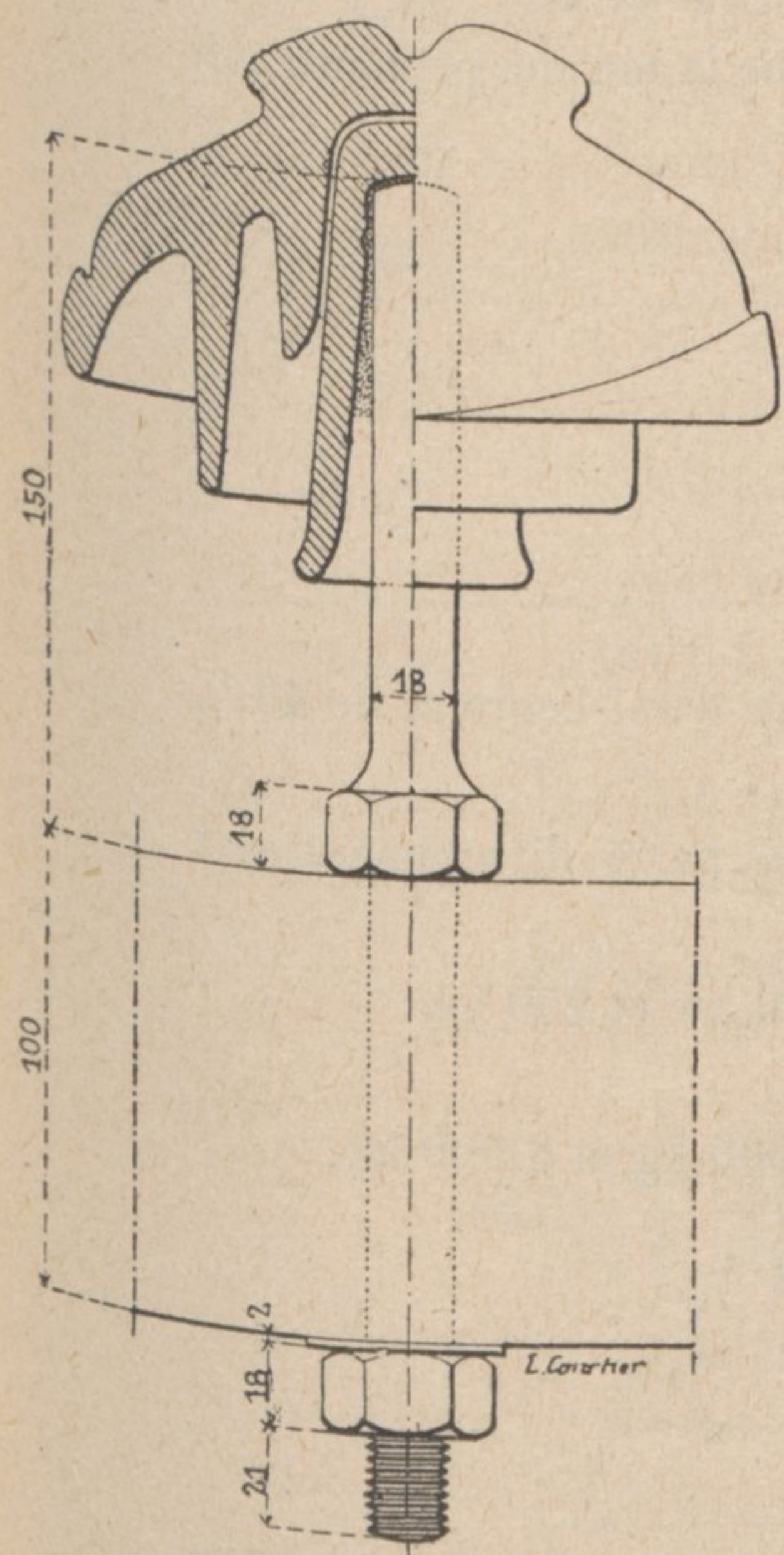
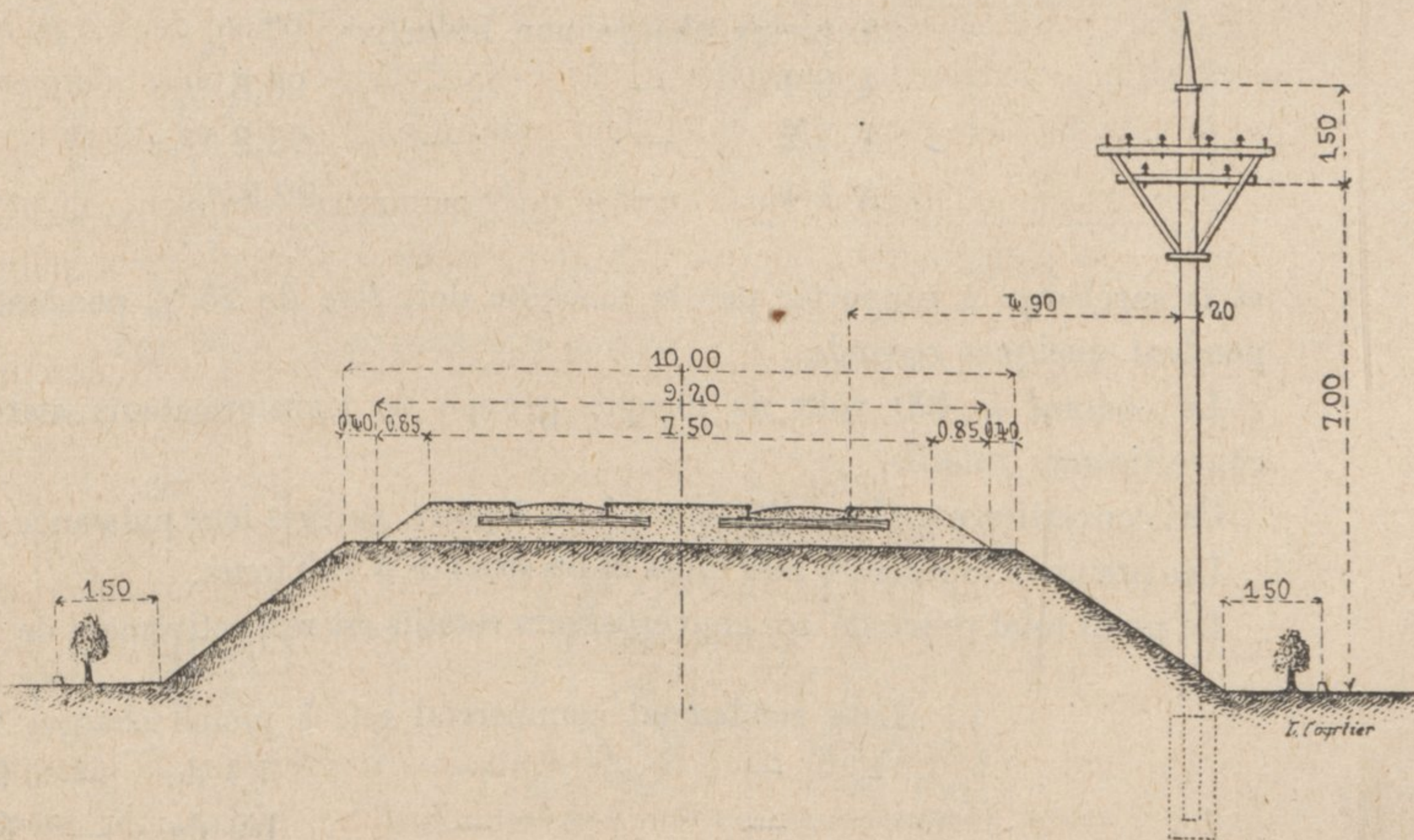


Fig. 7. — POTEAU DE LIGNES.



Le cuivre employé a une conductibilité d'au moins 98 % de celle du cuivre chimiquement pur, et une charge de rupture de 30 kg. par m².

Les isolateurs en porcelaine (Fig. 6) sont préalablement soumis à une tension de 40.000 volts.

Les poteaux, espacés d'environ 50 m., et protégés par un paratonnerre (Fig. 7) monté sur un chapeau de fonte recouvrant le poteau et relié à la terre par un fil de fer de 5 m/m de diamètre, sont posés le long des voies à 4^m,90 du rail extérieur de la voie principale la plus voisine.

Aux différents points marqués d'une croix sur la Figure 1, le réseau à haute tension est sectionné par des interrupteurs placés sur les poteaux, afin que l'on soit en état de localiser toute perturbation affectant le réseau.

Sous-stations (Fig. 8). — Dans les 5 sous-stations de la ligne Milan-Varese-Porto-Ceresio, les machines électriques sont du même type.

Des transformateurs statiques, fonctionnant à 25 cycles par seconde, réduisent la tension de 11.000 volts à 420 volts pour le fonctionnement des convertisseurs; ils sont réunis par groupes de trois, et chaque groupe alimente indépendamment son convertisseur: ces transformateurs (Fig. 9) sont du type Thomson Houston, à ventilation forcée.

Les transformateurs sont de 180 kw et de 90 kw et leur poids respectif de 2.300 et 1.550 kg.

Chaque sous-station possède deux ventilateurs actionnés par deux moteurs asynchrones de 1 cheval et le courant nécessaire à ces moteurs est pris sur le circuit secondaire des transformateurs.

Les isollements des différentes parties des transformateurs sont de nature à pouvoir soutenir, pendant 30 secondes, une différence de potentiel alternative croissant graduellement jusqu'à 20.000 volts entre les enroulements à haute tension et le bâti; 20.000 volts entre les enroulements à haute et à basse tension; 5.000 volts entre les enroulements à basse tension et le bâti.

Après une marche de 10 heures consécutives à pleine charge et avec ventilation forcée, la température de toutes les parties du transformateur ne doit pas excéder de plus de 40° celle du milieu ambiant, pourvu que celle-ci soit égale ou inférieure à 25°.

Lorsque cette dernière sera supérieure à 25°, la différence entre la température du transformateur et celle du milieu ambiant ne devra pas augmenter de plus de 0,5 % par degré en sus de 20°.

La chute de tension entre la pleine charge et la marche à vide, pourvu que la tension primaire soit constante, ne doit pas être supérieure à 1,5 %.

Le rendement commercial imposé au fournisseur est :

A pleine charge non inductive,	97 %;
A 3/4	— — 96,6 %;
A 1/2	— — 95,8 %;
A 1/4	— — 92,8 %

et la surcharge à supporter par la machine doit être de 25 % pendant une demi-heure et de 40 % pendant quelques secondes.

Le courant à 420 volts de chaque groupe de transformateurs statiques passe directement aux convertisseurs rotatifs.

Ces convertisseurs (Fig. 10) sont à 6 ou 4 pôles, suivant leur puissance : 500 kw et 250 kw.

Les premiers tournent à 500 tours et les seconds à 750 tours.

Le poids total prévu de ces convertisseurs rotatifs est respectivement de 14.500 kg et 8.000 kg.

Leur rendement commercial est, à pleine charge, 93,2 %.			
—	—	3/4 de	— 92,2 »
—	—	1/2 de	— 89,5 »

L'induit et les bobines du champ sont isolés du bâti, de façon à supporter respectivement une différence de potentiel alternative de 3.000 volts et de 5.000 volts.

Fig. 8. — PLAN ET COUPE D'UNE SOUS-STATION.

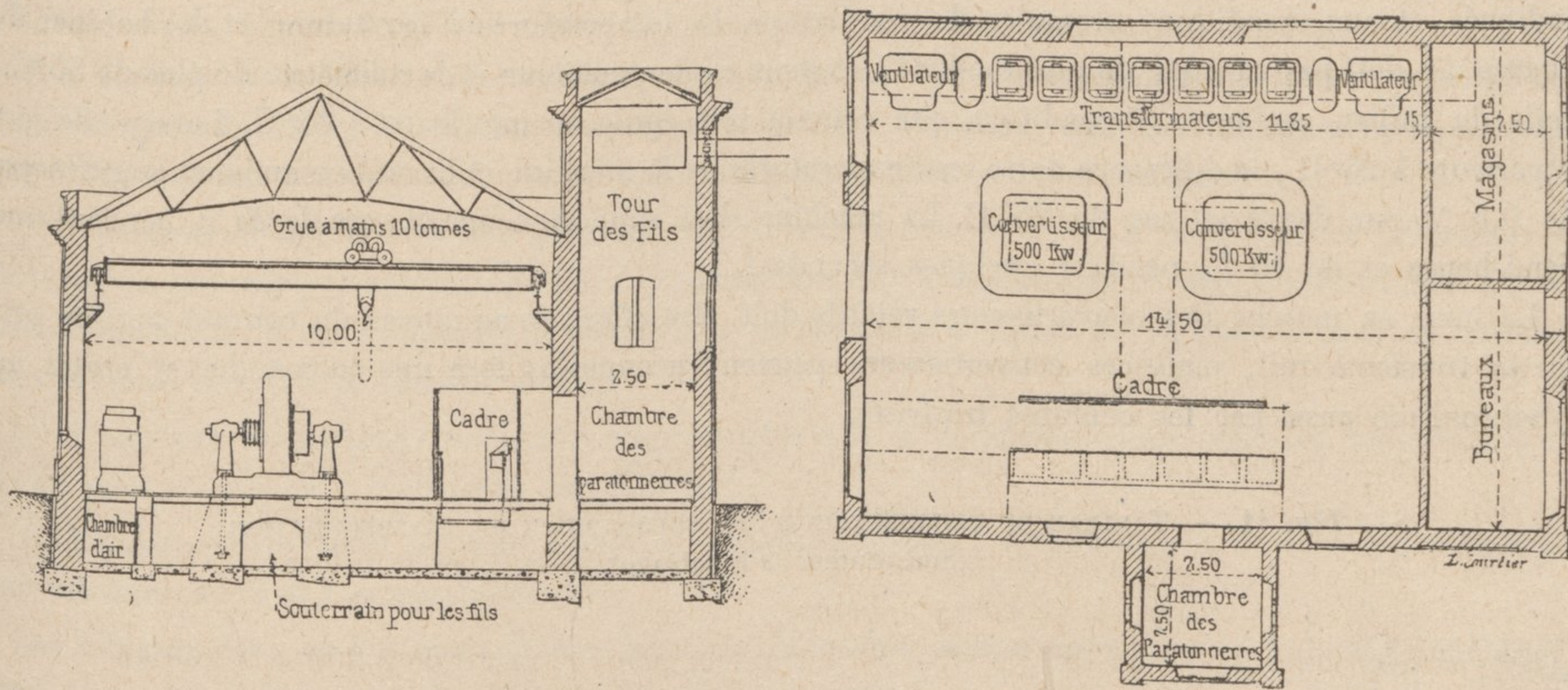


Fig. 9. — TRANSFORMATEUR STATIQUE.

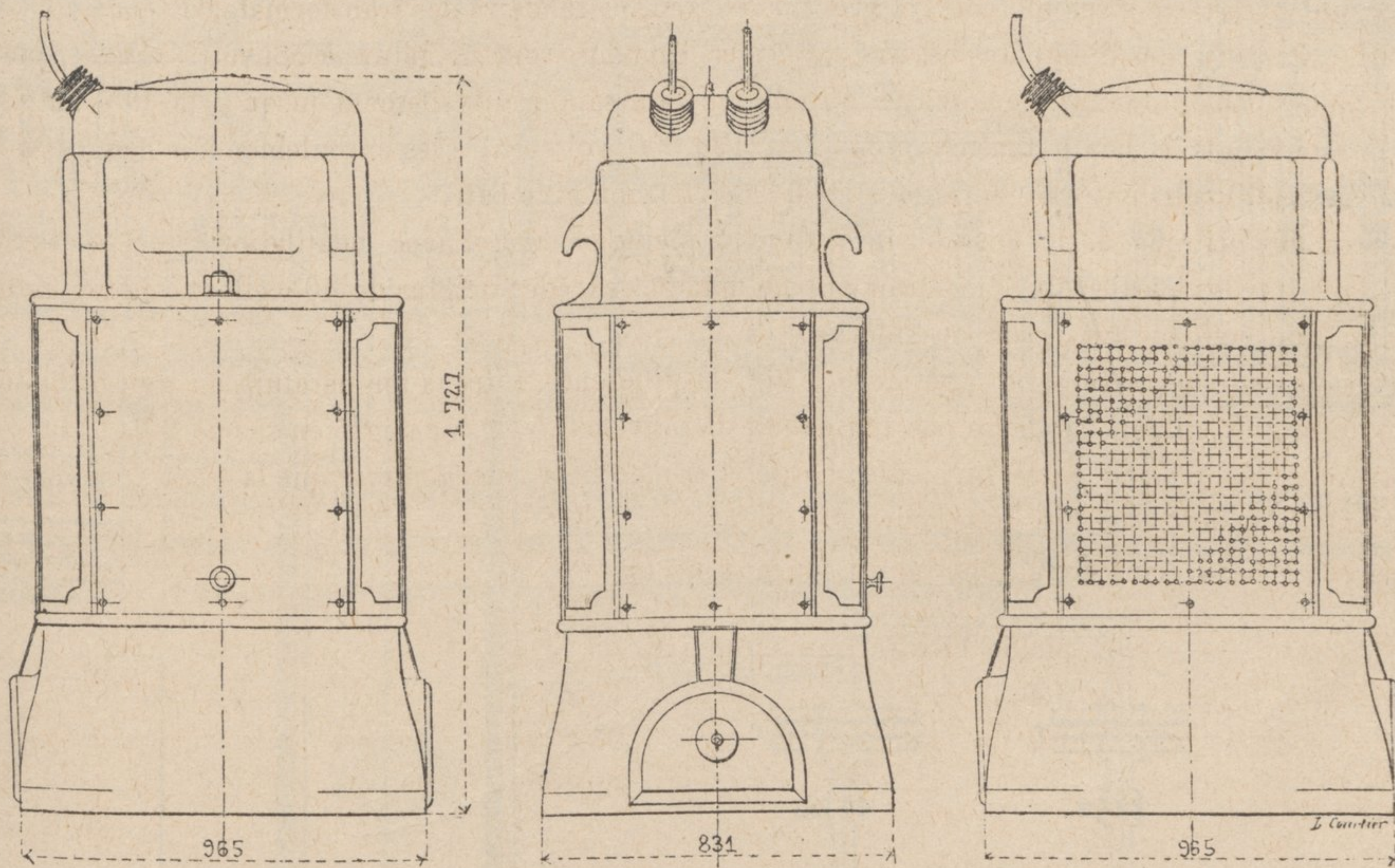
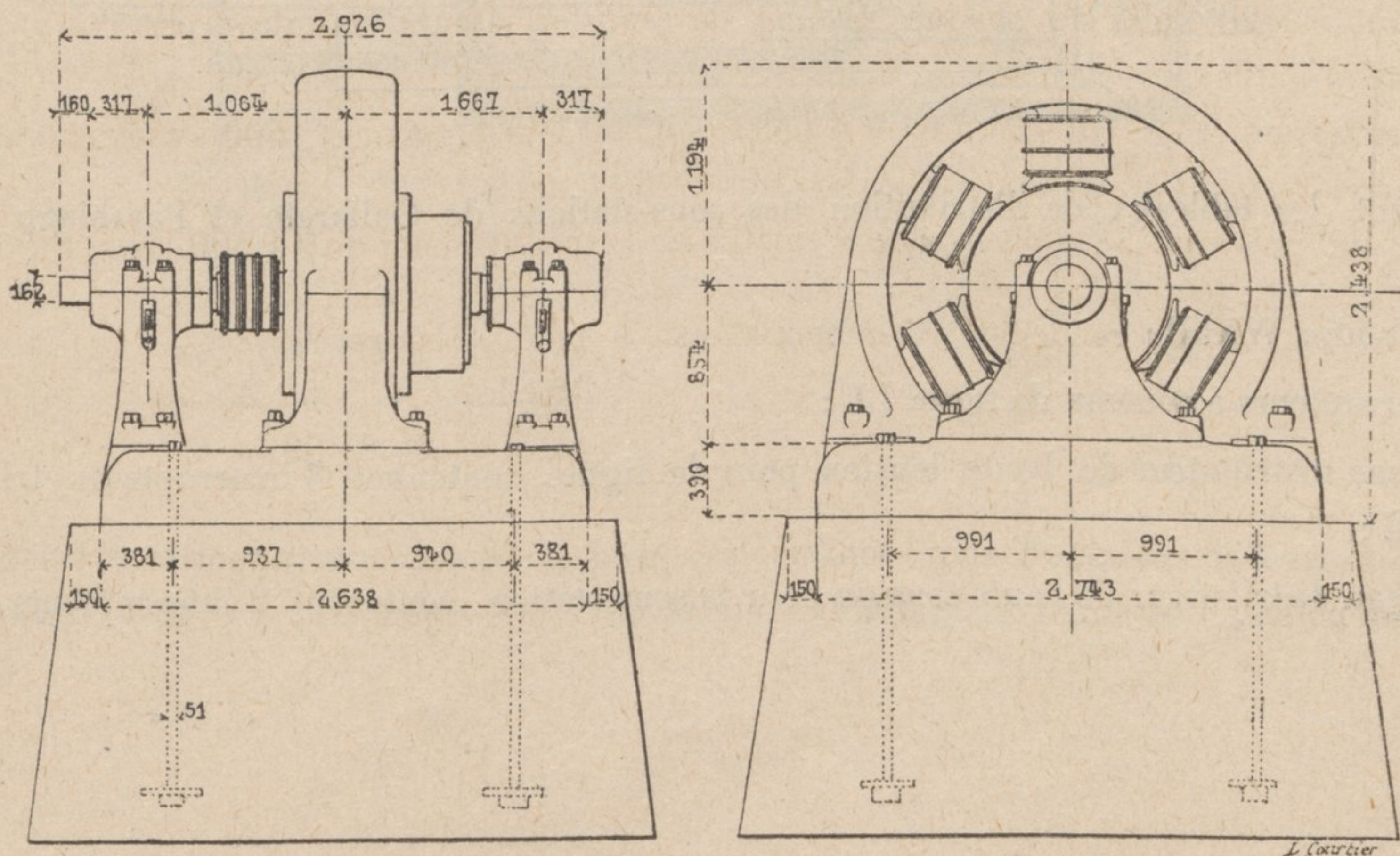


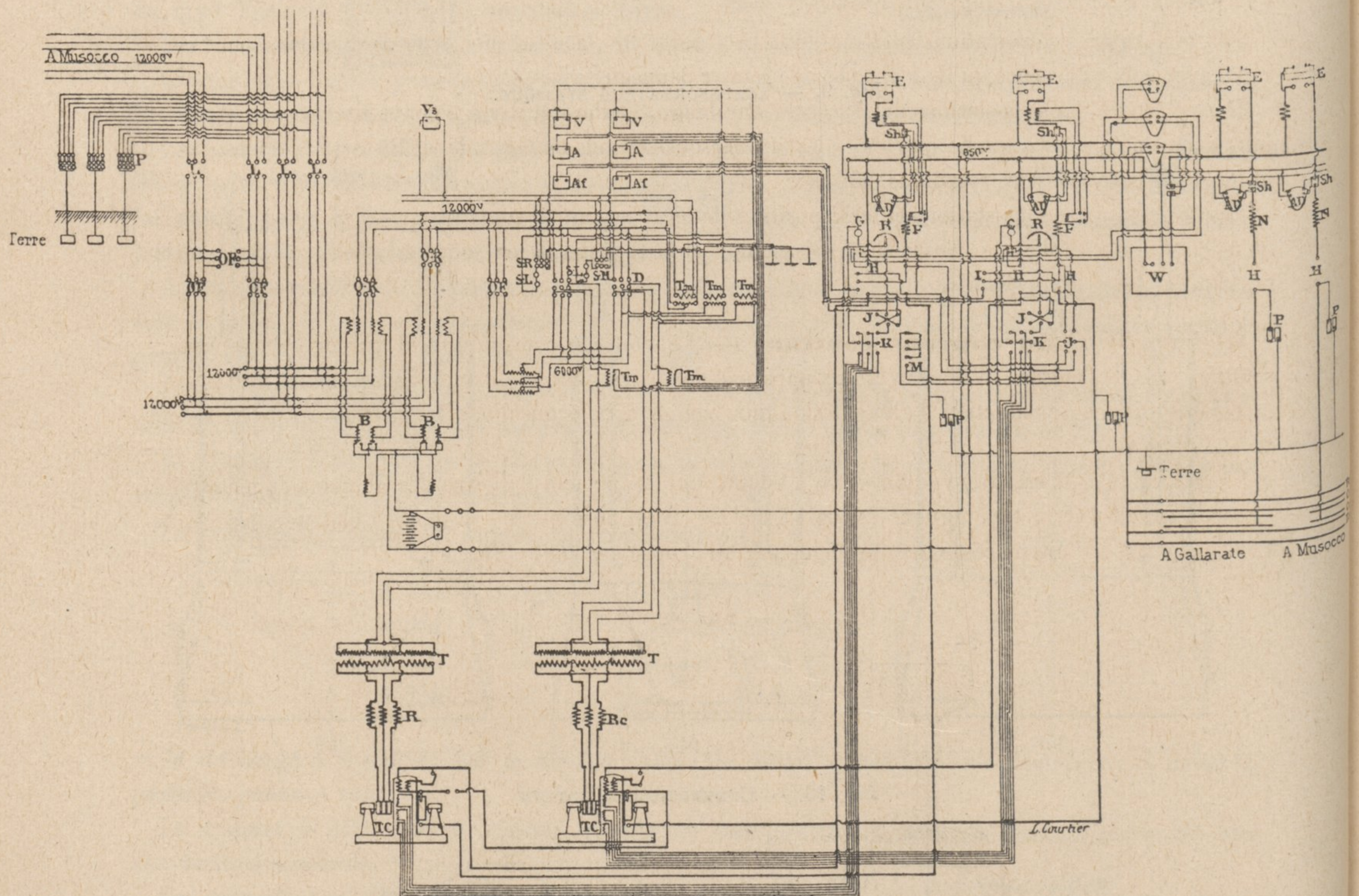
Fig. 10. -- CONVERTISSEUR ROTATIF



Après une marche de 24 heures consécutives à pleine charge, à la vitesse et au voltage ci-dessus indiqués et aux conditions normales de ventilation, la température de l'armature et des bobines du champ ne doit pas excéder de plus de 45° C. et pour le commutateur et le collecteur de plus de 55° C., celle du milieu ambiant, à condition que celle-ci soit égale ou inférieure à 25° C. Lorsqu'elle sera supérieure à 25° C., la différence entre les températures de la machine et du milieu ambiant augmentera de 0,5 % par degré en sus de 25° C. La machine doit supporter une charge de 25 % pendant une demi-heure et de 40 % pendant quelques secondes.

La mise en marche des convertisseurs rotatifs doit être effectuée au moyen du courant continu pris sur le troisième rail, mais ces convertisseurs peuvent néanmoins être mis en marche et portés au synchronisme aussi par les courants triphasés.

Fig. 11. — TABLEAU DE DISTRIBUTION D'UNE SOUS-STATION DE TRANSFORMATION.
(Sous-station de Parabiago).



Actuellement, les tableaux de distribution des sous-stations de Gallarate et Parabiago (Fig. 11) comprennent :

- (a) 1 parafoudre Wirt P ;
- (b) 12 interrupteurs à couteau de ligne LL ;
- (c) 1 panneau distributeur de haute tension pour la ligne. contenant 3 interrupteurs tripolaires à huile OE, OE ;
- (d) 1 panneau distributeur de haute tension pour la sous-station, contenant 2 interrupteurs tripolaires

à huile automatiques OK, OK, 1 interrupteur tripolaire à huile OF pour le compensateur, et 1 voltmètre à haute tension ;

(e) 1 panneau de haute tension pour chaque convertisseur, contenant un interrupteur-commutateur D, 1 ampèremètre de champ Af, 1 ampèremètre pour courant alternatif, avec son transformateur, 1 voltmètre Vs, avec son transformateur, et un dispositif complet pour la synchronisation ;

(f) 1 panneau de courant continu pour chaque convertisseur, contenant 2 interrupteurs principaux à couteau, un interrupteur automatique E, 1 ampèremètre AD, 1 rhéostat de champ, 1 interrupteur tripolaire de champ K, 2 commutateurs de champ IJ ; un dispositif complet JJ, M pour la mise en marche des convertisseurs avec le courant continu ;

(g) 1 panneau totalisateur contenant 1 ampèremètre AD, 2 voltmètres (l'un pour les convertisseurs, l'autre pour la ligne) et 1 wattmètre enregistreur ;

(h) 2 panneaux de feeder (capacité 1.200 A) contenant chacun 1 interrupteur à couteau H, 1 interrupteur automatique E et 1 ampèremètre AD.

Les tableaux des sous-stations extrêmes Musocco, Bisuschio, sont comme ceux de Parabiago et Gallarate, avec cette différence qu'ils n'ont pas de premier panneau.

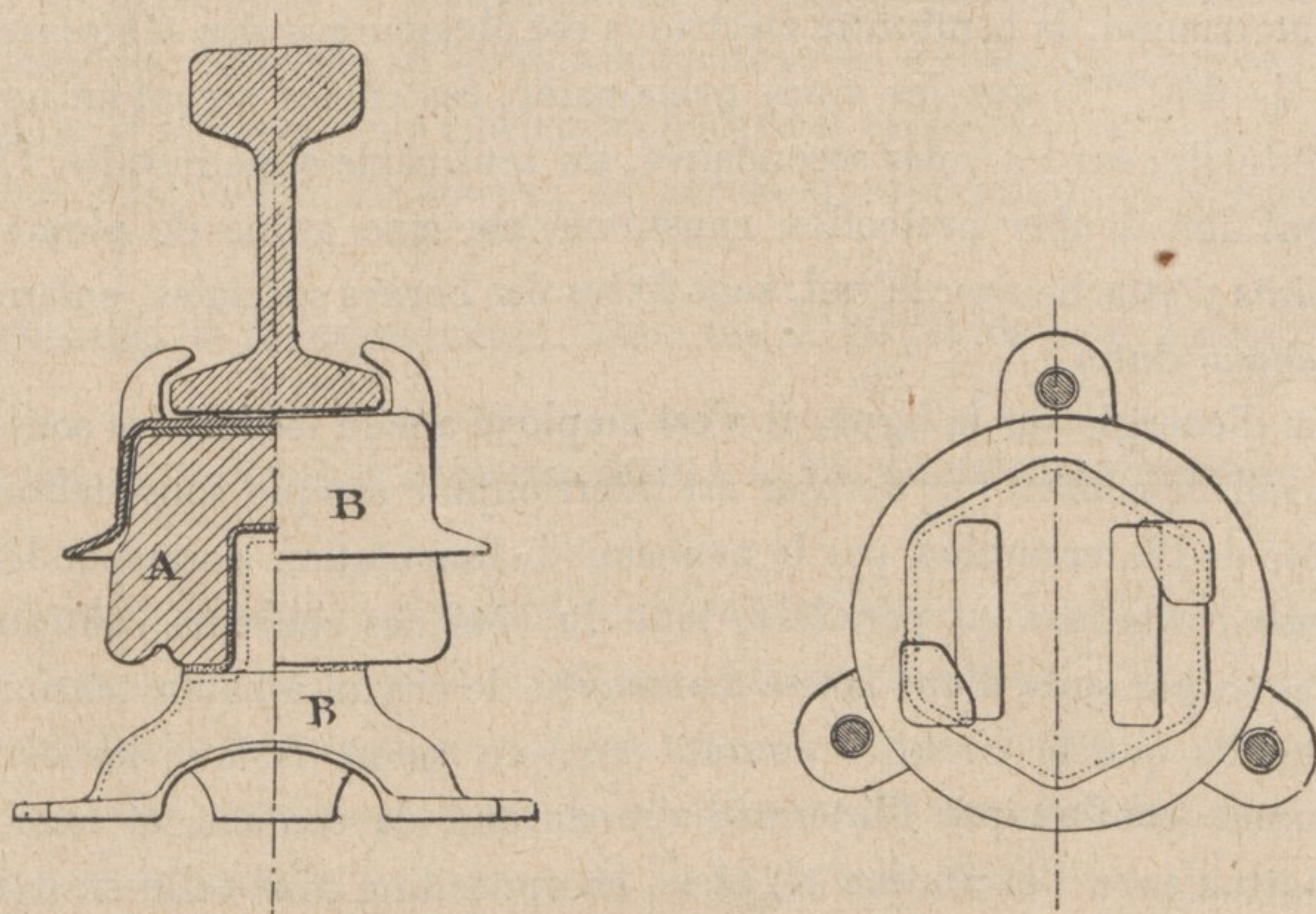
Dans chacune des sous-stations de Musocco, Parabiago, Gallarate, il y a 2 convertisseurs rotatifs de la puissance de 500 kw, tandis que dans les autres sous-stations de Gazzada et Bisuschio, il n'est prévu qu'un seul convertisseur rotatif de 250 kw.

Les bâtiments des sous-stations et la disposition de leurs machines sont presque identiques à Musocco qu'à Parabiago, Gallarate, Gazzada et Bisuschio, et la Planche X en montre, mieux qu'une longue description, les divers détails.

Distribution du courant continu. — Le courant continu fourni par les convertisseurs rotatifs, après le passage au tableau et aux appareils de distribution et de mesure, est amené, au moyen de câbles isolés, au conducteur d'alimentation qui, comme nous avons dit, est constitué par un troisième rail.

Ce rail de contact est du type 45 kg 1/2 adopté par la Société italienne des Chemins de fer sur les lignes à grand trafic ; sa longueur est de 12 mètres. Il est posé sur des supports isolateurs, espacés de 4 m., constitués d'une pièce de grès protégée par un chapeau en fonte (Fig. 12).

Fig. 12. — RAIL DE CONTACT.

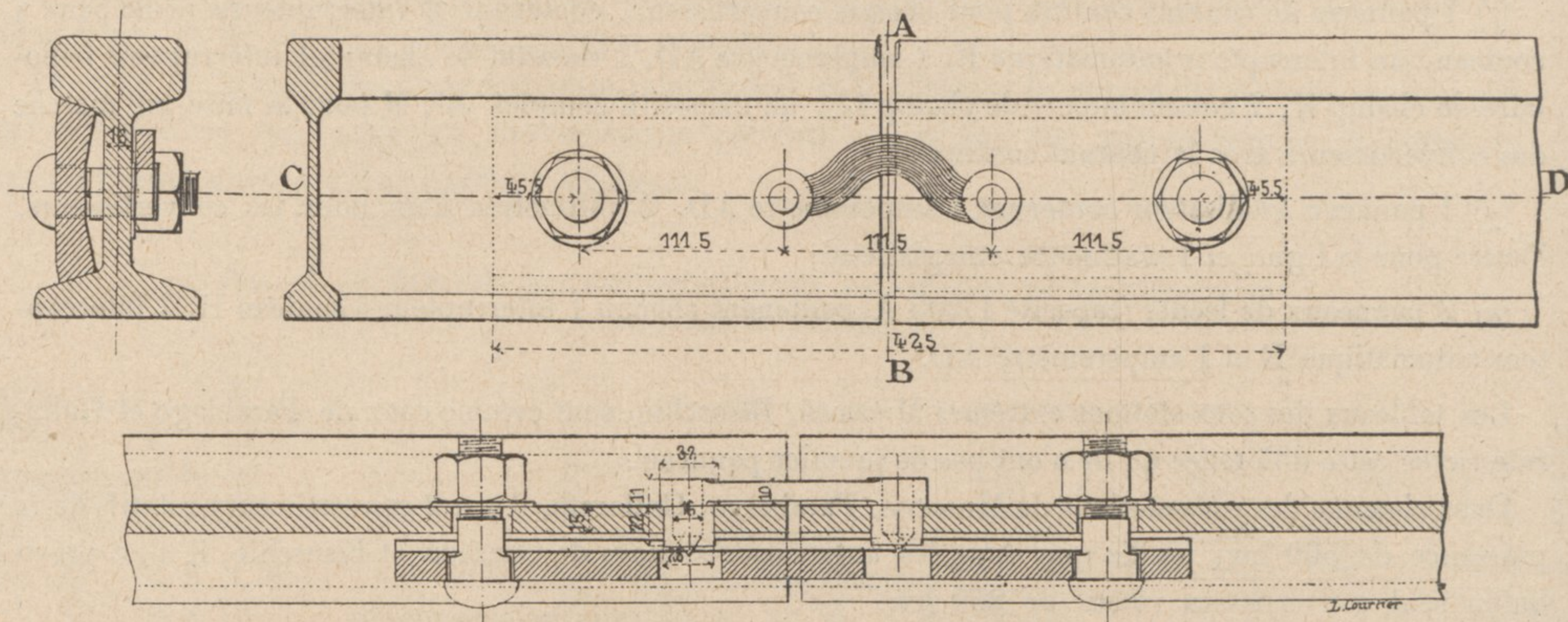


Comme le montre cette Figure, le rail est posé sur le chapeau de l'isolateur de façon à pouvoir se déplacer librement lorsque se produisent des contractions ou dilatations provoquées par les variations de

température, ou lors du léger mouvement vertical imprimé à l'isolateur quand les roues du train franchissent la traverse sur laquelle il est fixé.

Le troisième rail n'ayant pas à supporter de fortes pressions, une éclisse de 200^{mm} (Fig. 13), maintenue par deux boulons de 25^{mm}, et qui assure une surface de contact continue, suffit parfaitement.

Fig. 13. — ÉCLISSAGE DU RAIL DE CONTACT.



Pour éviter le glissement sur les déclivités, les rails sont solidement éclissés dix par dix, et ancrés au point de milieu du tronçon ainsi constitué. Les mouvements de dilatation et de contraction provoqués par les variations de température étant considérables, vu la longueur de la voie, des connexions flexibles spéciales sont placées sous les éclisses mécaniques à l'extrémité de chaque section, ce qui permet d'obtenir un jeu suffisant.

La continuité électrique du rail de contact est renforcée par des éclisses électriques flexibles (*rail-bonds*) ; chacune d'elles consiste en un faisceau de fils de cuivre terminé à ses deux extrémités par des bouchons, d'un diamètre un peu plus fort que celui des trous ad hoc perforés dans les rails où on les enfonce ; sur le tronçon à double voie de Milan à Gallarate, on a établi, tous les 100 mètres, une connexion au moyen d'un fil de cuivre de 11^{mm} de diamètre et de 950^{mm} de longueur, fixé aux deux rails de la même manière que les rail-bonds.

Aux bifurcations, croisements, passages à niveau, etc., c'est-à-dire partout où le troisième rail doit nécessairement être interrompu, la continuité électrique est obtenue par des câbles isolés souterrains dont la section totale est de 400^{mm}² ; sur les voies principales, ces câbles seront au nombre de deux, l'un servant de réserve éventuelle ; sur les voies secondaires, un seul câble a été installé. Ces câbles sont isolés pour 650 volts ; ils ont une double protection constituée par une gaine de plomb et une armature à ruban de fer. Aux points d'attache avec le rail, sont fixées des bornes spéciales, enfermées dans des boîtes protectrices en caoutchouc durci.

Pour la distribution d'énergie sur la ligne, il n'est employé aucun feeder, les sous-stations alimentant toutes directement le rail de contact ; ce dernier est interrompu à chaque sous-station, et l'alimentation est faite de chaque côté de l'interruption par le panneau d'alimentation correspondant. De cette façon, toutes les sous-stations travaillent en parallèle, tant du côté des courants continus que de celui des courants alternatifs, et si, par suite d'une fausse manœuvre, le circuit à haute tension d'une sous-station venait à être ouvert tandis que le circuit à courant continu serait fermé, les convertisseurs rotatifs absorberaient du courant continu par l'intermédiaire du rail de contact, et fonctionneraient comme moteurs à courant continu avec l'excitation en série, en opposition avec celle en dérivation. Toutefois, pour éliminer cette éventualité, les panneaux à courant continu des convertisseurs rotatifs ont été munis d'interrupteurs automatiques d'inversion, lesquels, à l'aide d'une bobine auxiliaire en dérivation, coupent le circuit dès que le courant tend à changer de sens.

Les interrupteurs de sections de rail de contact sont composés : d'un commutateur ; d'une boîte de

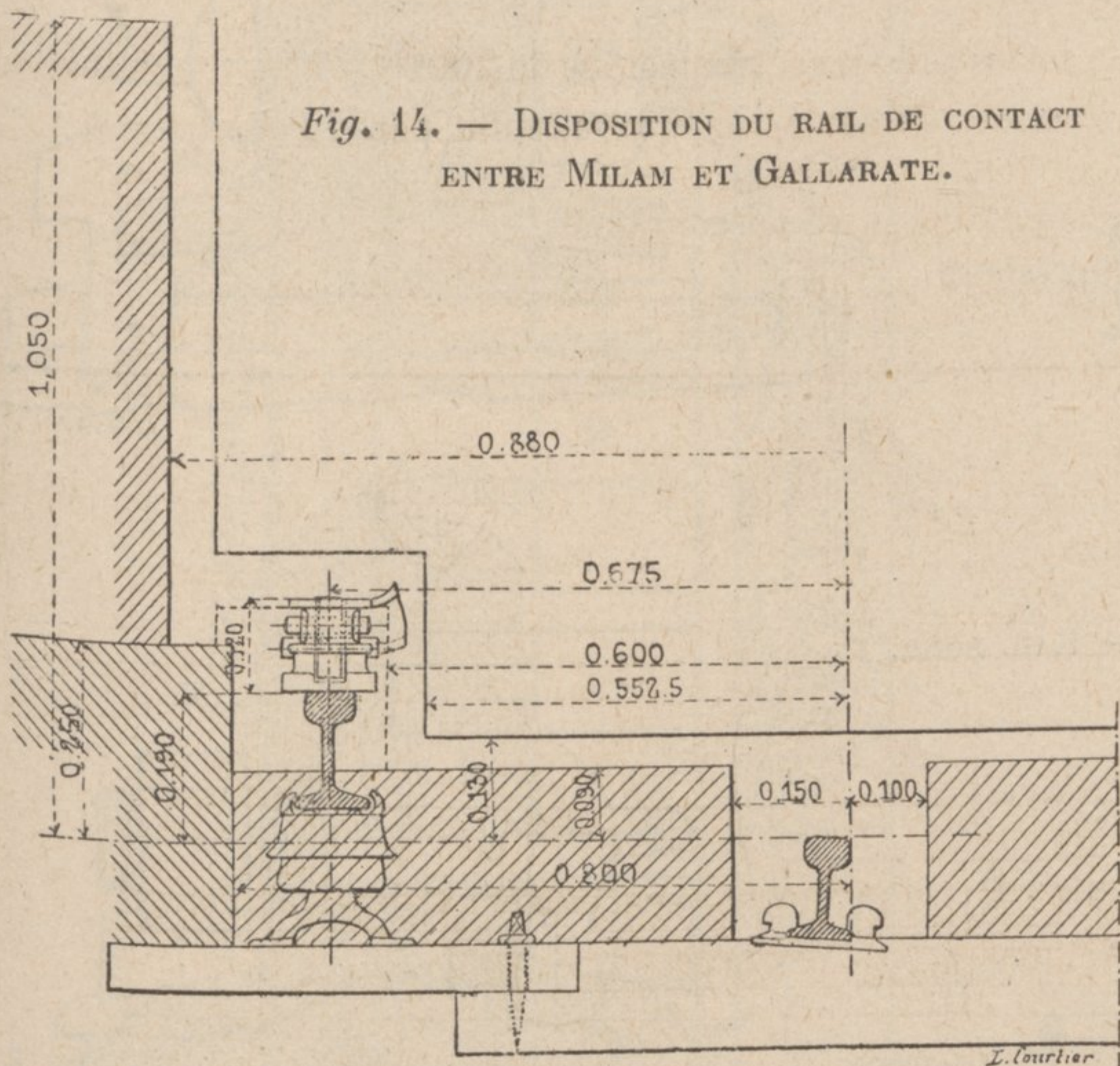


Fig. 14. — DISPOSITION DU RAIL DE CONTACT ENTRE MILAN ET GALLARATE.

protection en fonte montée sur un poteau support ; de quatre câbles de raccord de 10 m. de longueur et de 150mm^2 de section et de pièces isolantes en bois paraffiné. Ces dernières pièces isolantes permettent de supprimer à volonté l'alimentation d'un côté ou de l'autre de l'interruption.

La figure 14 donne la disposition adoptée pour le conducteur de contact qui sera posé entre les deux voies de Milan à Gallarate, extérieurement et latéralement à la voie, sur les autres embranchements qui sont à simple voie ; ce rail de contact est surélevé de 190mm par rapport aux rails de roulement et écarté de ceux-ci de 675mm .

Le retour du courant a lieu au moyen des rails de roulement (vignole 36 kilogr.) convenablement réunis par un éclissage

électrique constitué d'une tige de cuivre du diamètre de 11 mm. et d'une longueur variable suivant le modèle du rail de roulement. Les figures 15, 16, 17 et 18 donnent les trois modèles de rail-bonds adoptés pour chacun des trois modèles de rails de roulement qui se trouvent sur les lignes en question.

Tous les 100 m., les deux rails d'une même voie sont reliés par un fil de cuivre nu de 11 mm. de diamètre et de $1^{\text{m}}80$ de longueur (Fig. 19) ; et sur le tronçon à double voie Gallarate-Milan, les deux voies sont reliées, également tous les 100 m., par un fil de cuivre nu de 11 mm. de diamètre, mais de $3^{\text{m}}70$ de longueur.

Matériel roulant. — Le matériel roulant, pour la traction électrique des lignes Milan-Gallarate-Varese-Porto Ceresio est composé de 20 voitures motrices semblables à celles qu'on a pu voir à l'Exposition Universelle de Paris (annexe de Vincennes), et de 20 voitures remorquées. Toutes ces voitures sont à double bogie entre lesquels est interposée une poutre suspension élastique (Fig. 20 et 21).

La caisse a une longueur totale de $17^{\text{m}}890$, une hauteur de $4^{\text{m}}145$, une largeur extérieure de $2^{\text{m}}960$ à la partie centrale et de $2^{\text{m}}400$ aux deux extrémités (entrée et cabine de wattman).

Les voitures sont subdivisées, au moyen de parois transversales, en plusieurs compartiments, à savoir :

1^o Deux compartiments de première classe, dont un à 16 places pour fumeurs et l'autre à 8 places pour non fumeurs ;

2^o Deux compartiments de troisième classe, dont 1 à 23 places pour fumeurs et l'autre à 16 places pour non fumeurs ;

3^o Deux vestibules d'entrée aux extrémités, couverts et divisés, dans les voitures motrices, en deux parties distinctes : l'une pour la cabine du wattman, l'autre réservée aux voyageurs debout.

Tous ces compartiments communiquent entre eux au moyen de portes centrales roulant sur elles-mêmes, et l'entrée des voyageurs s'opère par les vestibules des deux extrémités.

Au total, chaque voiture motrice peut contenir 75 voyageurs, dont 63 assis, et chaque voiture remorquée, environ 90 voyageurs dont 63 assis.

Les voitures sont éclairées électriquement ainsi que les cinq fanaux extérieurs, soit en tout 20 lampes par voiture.

Fig. 15. — RAIL BOND.

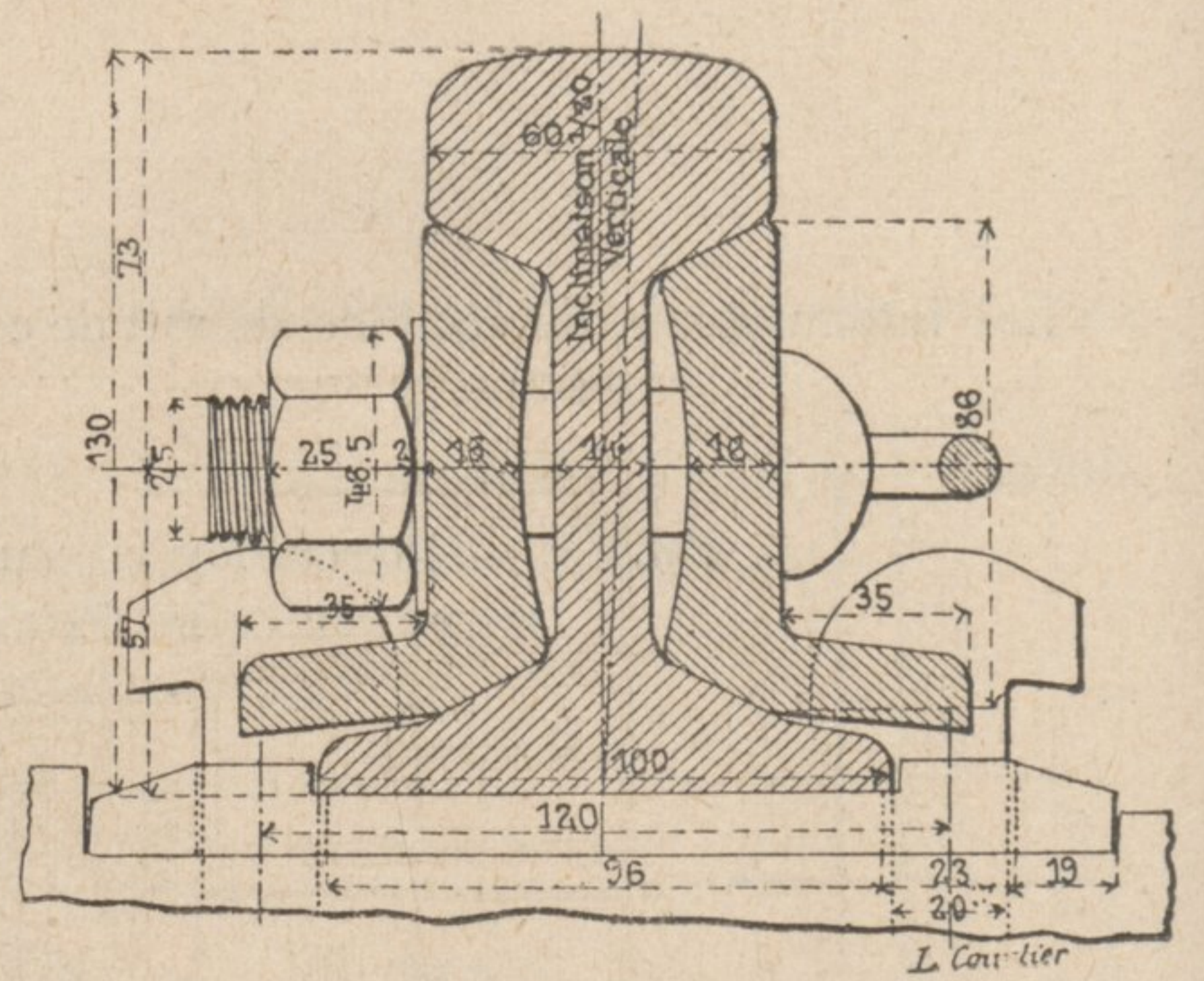
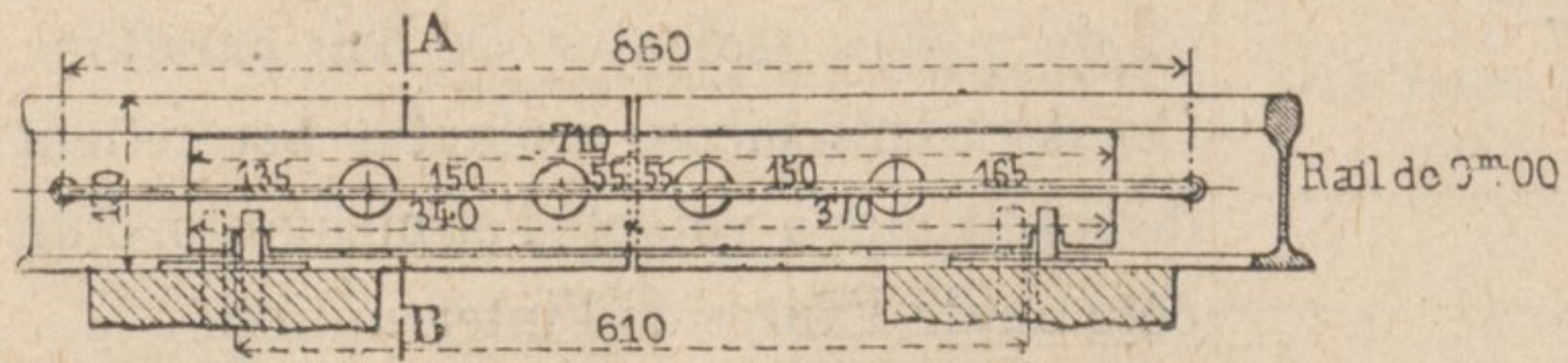


Fig. 16. — RAIL BOND.

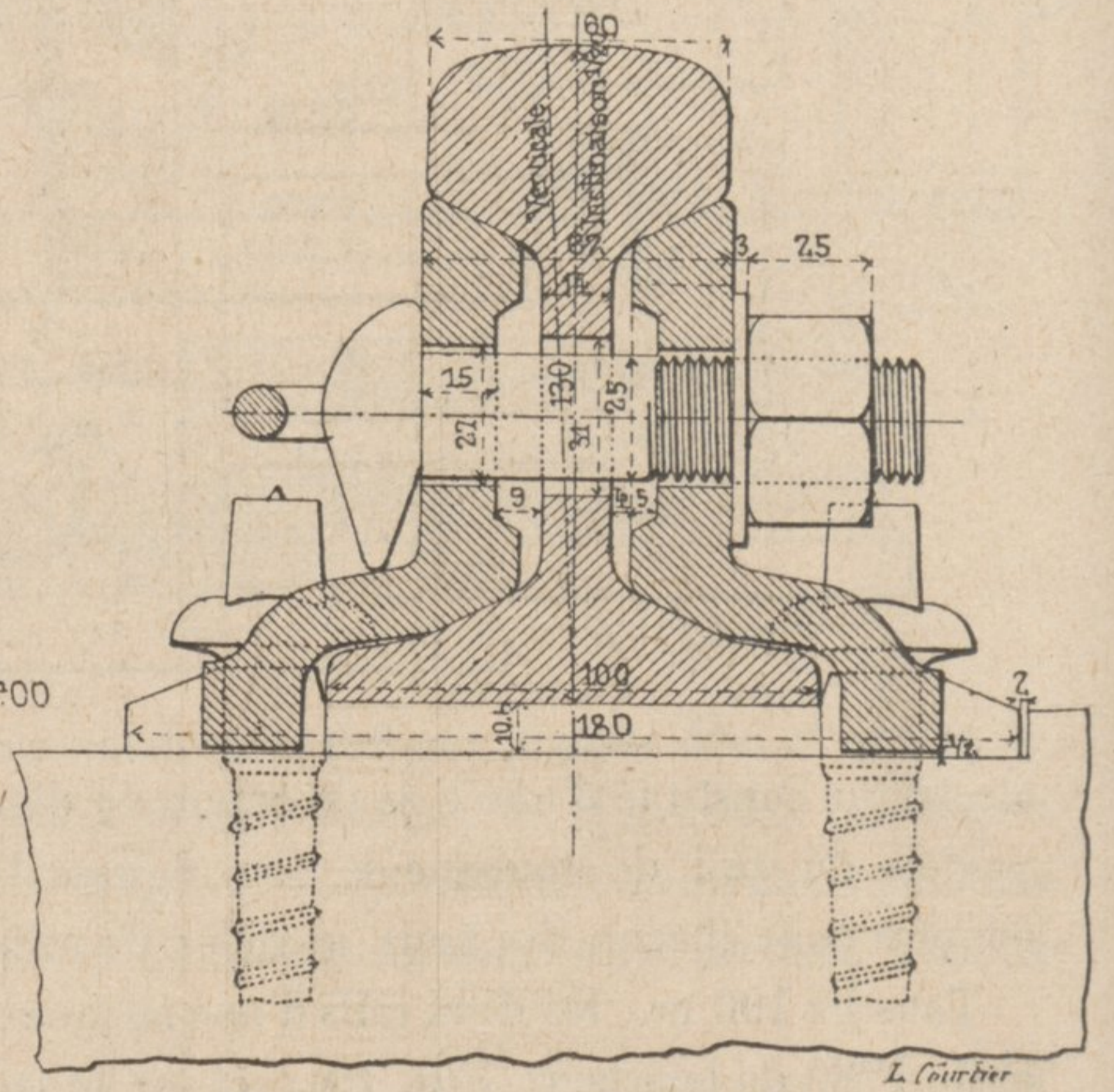
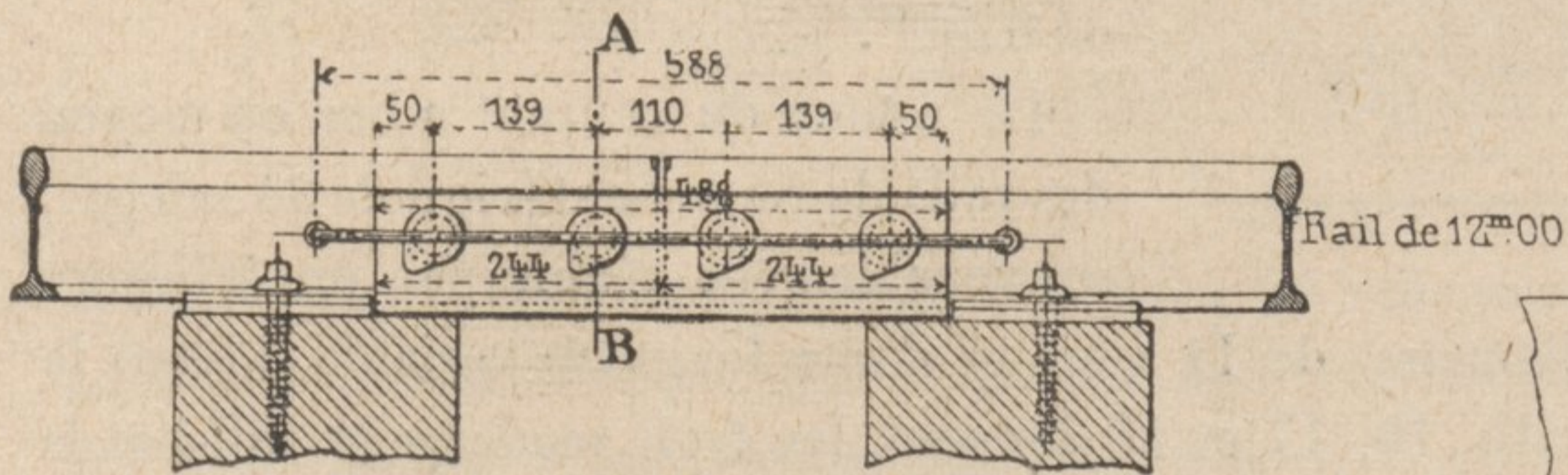


Fig. 17. — RAIL BOND.

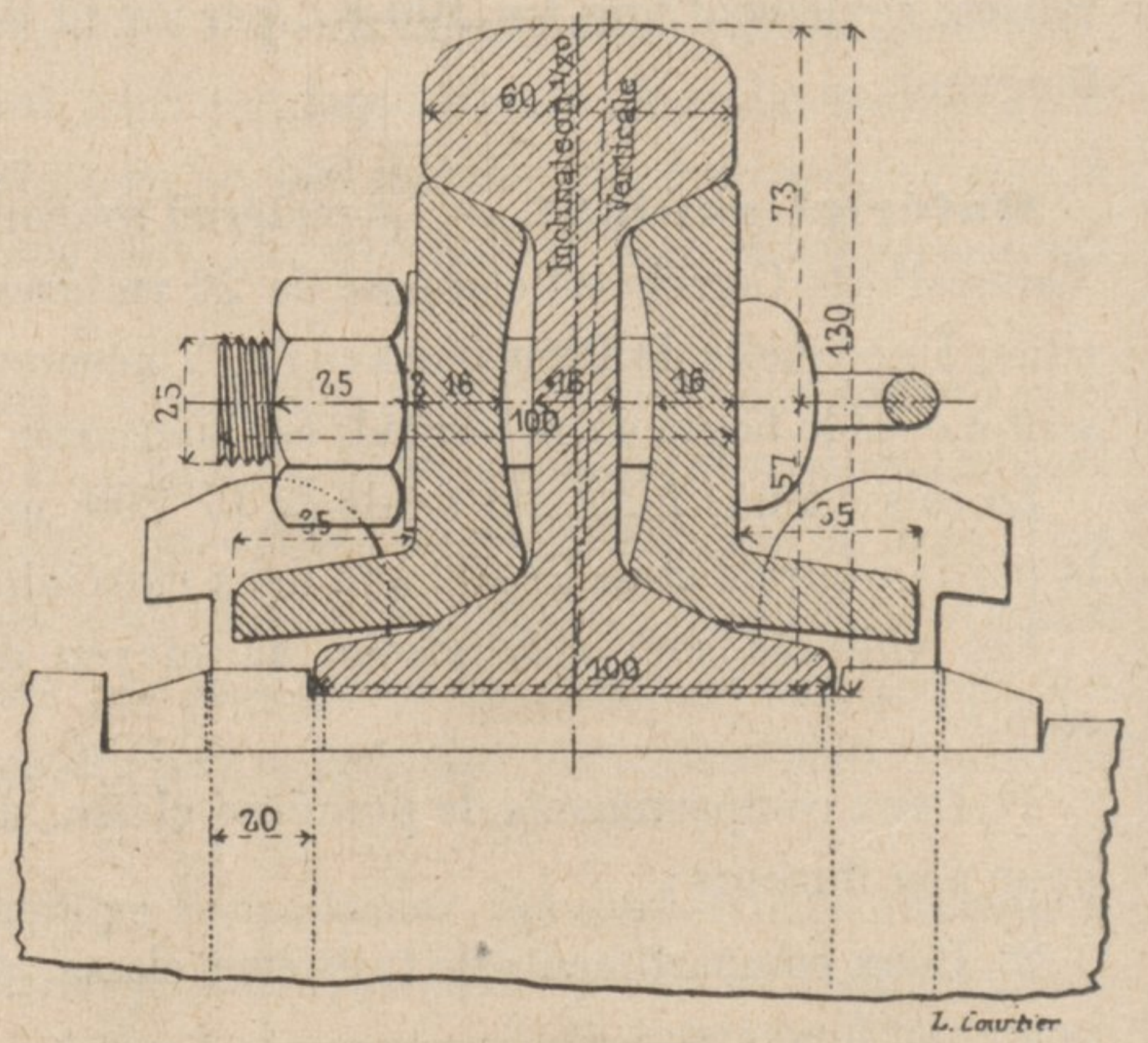
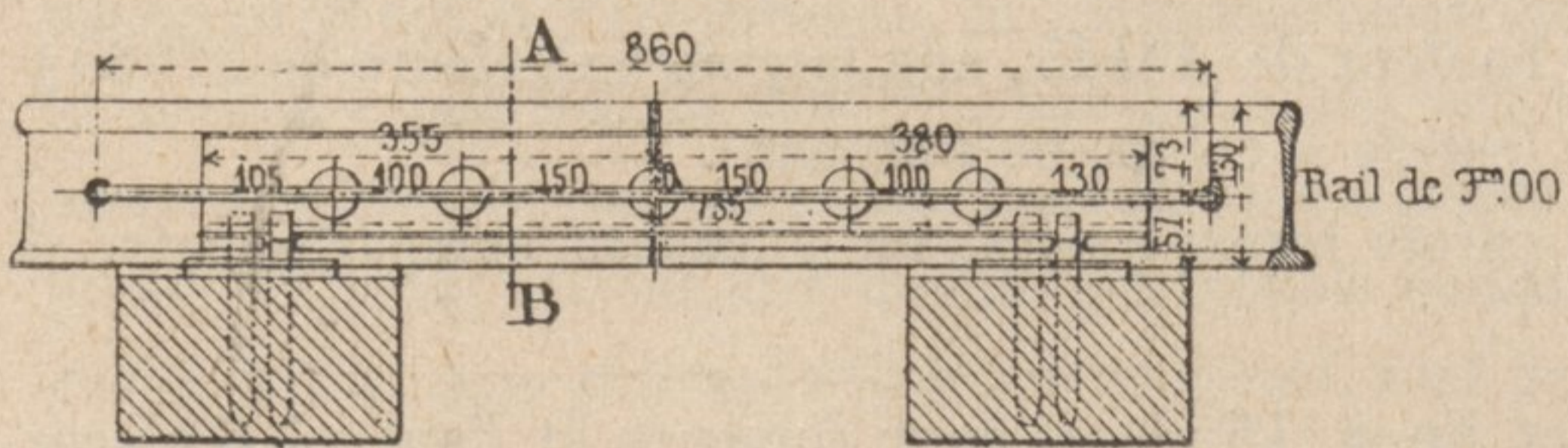


Fig. 18. — ATTACHE DE LA LIAISON ÉLECTRIQUE DE RAIL A RAIL.

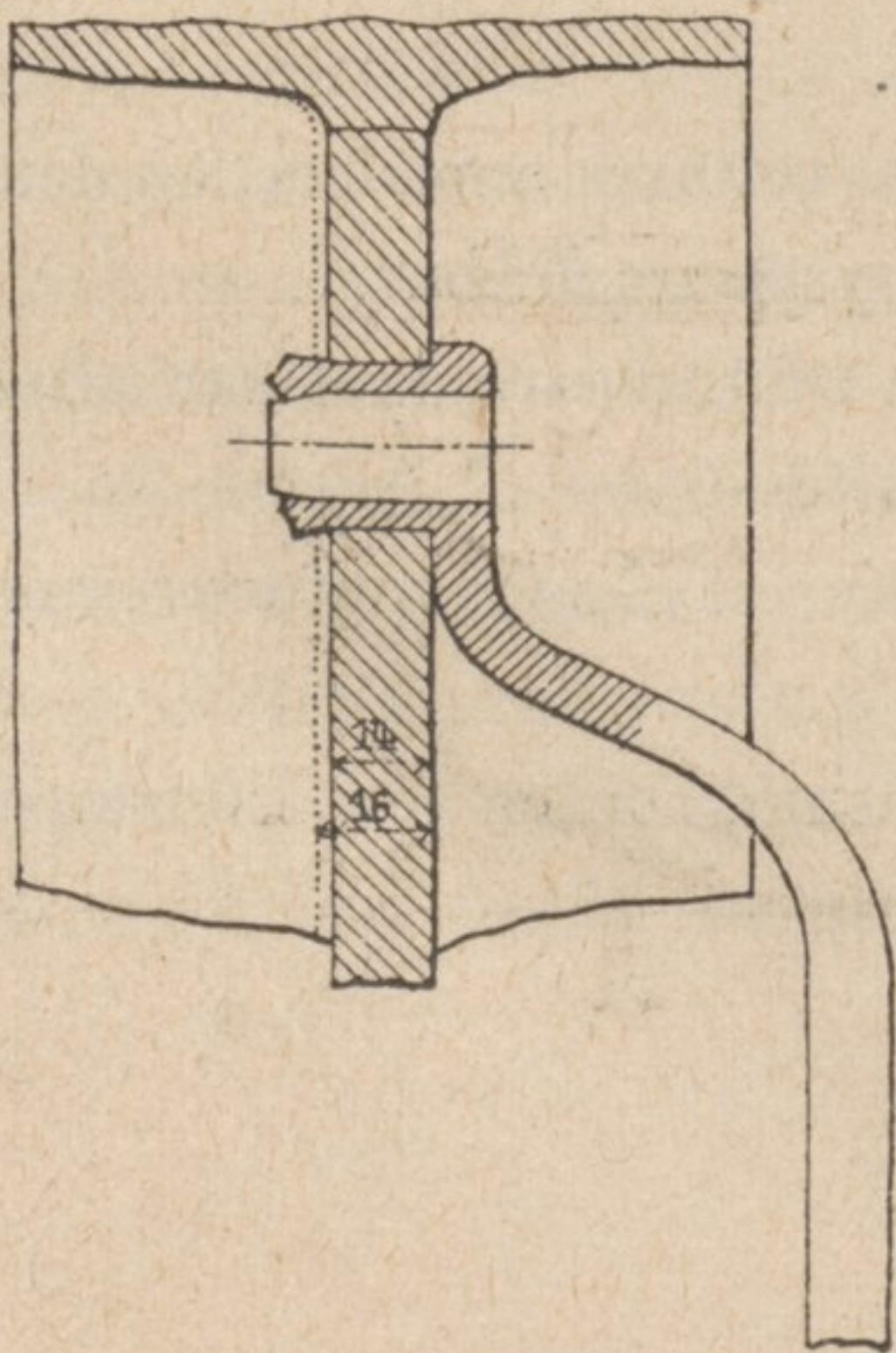


Fig. 19. — LIAISON ÉLECTRIQUE ENTRE LES RAILS PARALLÈLES.

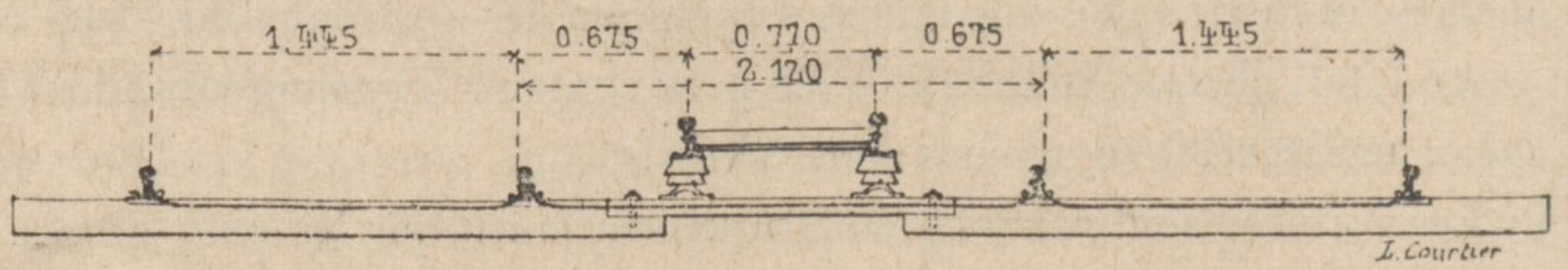


Fig. 20. — VOITURE AUTOMOTRICE (Élévation et coupe).

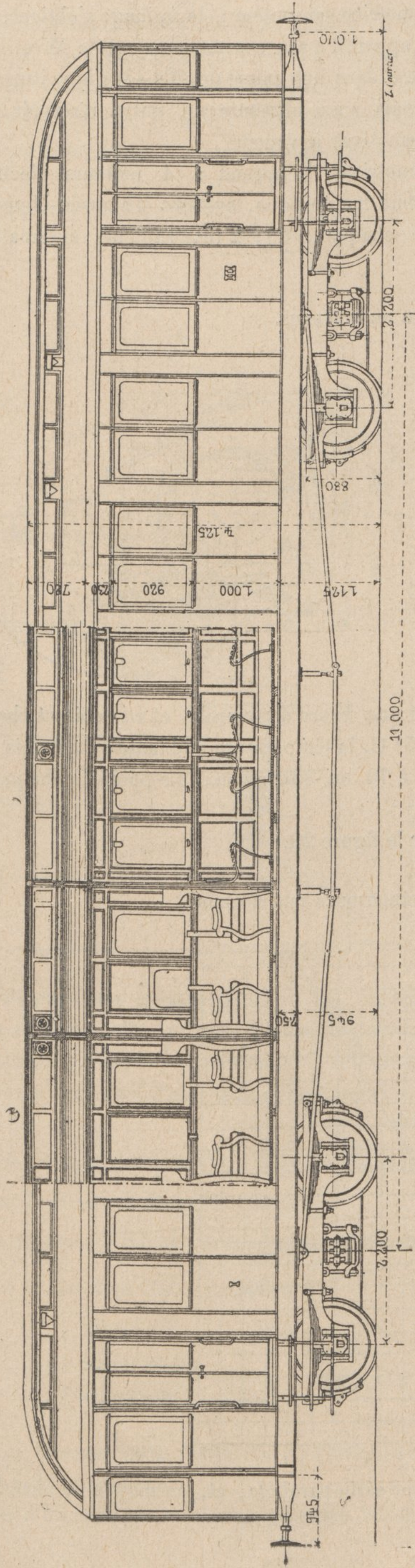
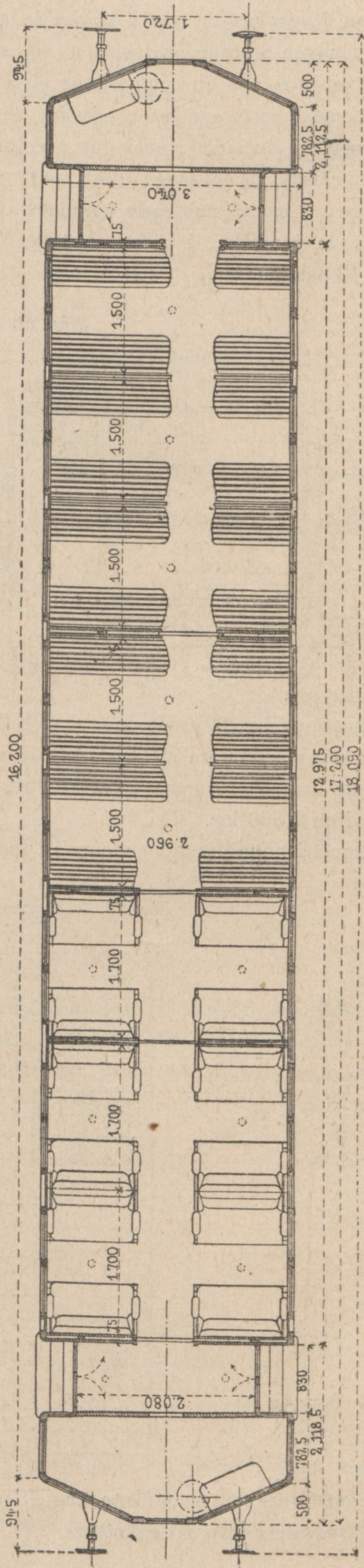


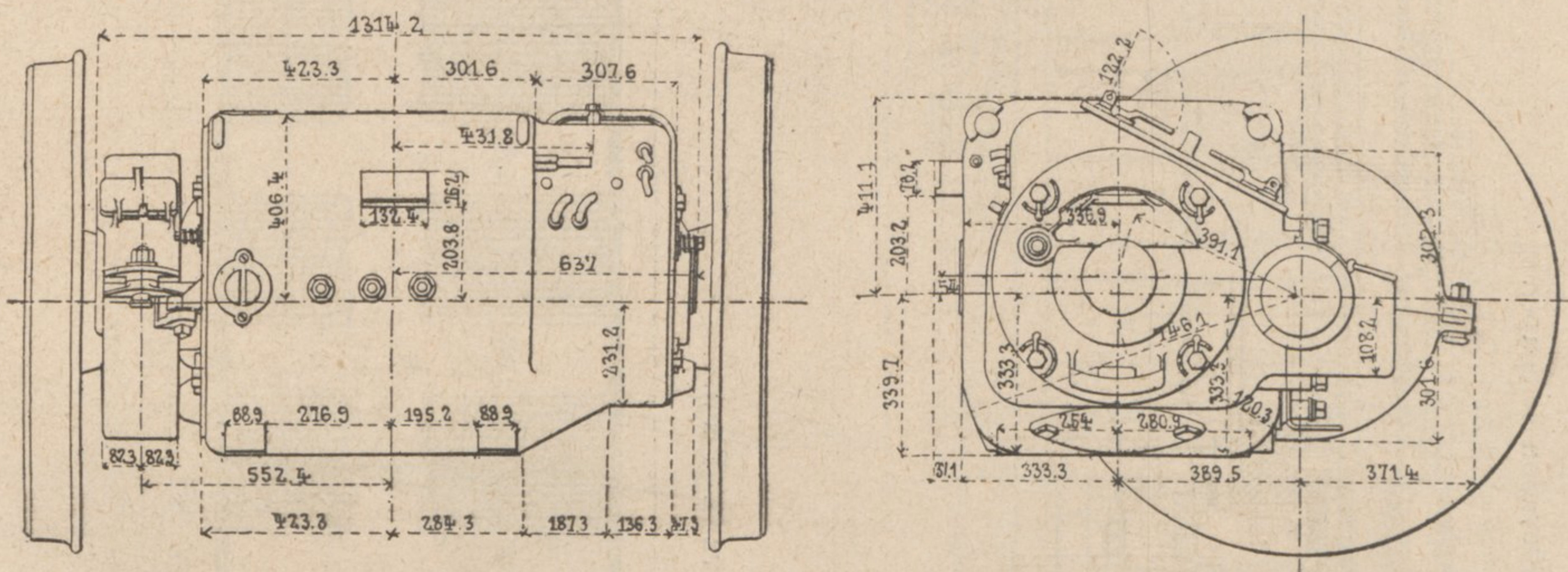
Fig. 21. — VOITURE AUTOMOTRICE (Plan).



Chacun des essieux des deux bogies de la voiture motrice est moteur ; le freinage s'obtient, soit à la main, au moyen du frein ordinaire à vis, soit avec l'appareil à air comprimé, système Westinghouse, qui est constitué par un compresseur électrique placé dans une caisse de tôle sous la voiture et qui, non seulement sert pour les réservoirs du frein, mais aussi alimente un autre réservoir pour le fonctionnement du sifflet, analogue à celui des locomotives à vapeur.

L'équipement de chacune des vingt voitures motrices comprend : 4 moteurs électriques à engrenage ; 2 contrôleurs série parallèle avec souffleur magnétique, système Thomson-Houston ; 24 rhéostats de contrôle ; 4 patins frotteurs (deux de chaque côté) ; 2 interrupteurs automatiques de circuit ; 2 parafoudres.

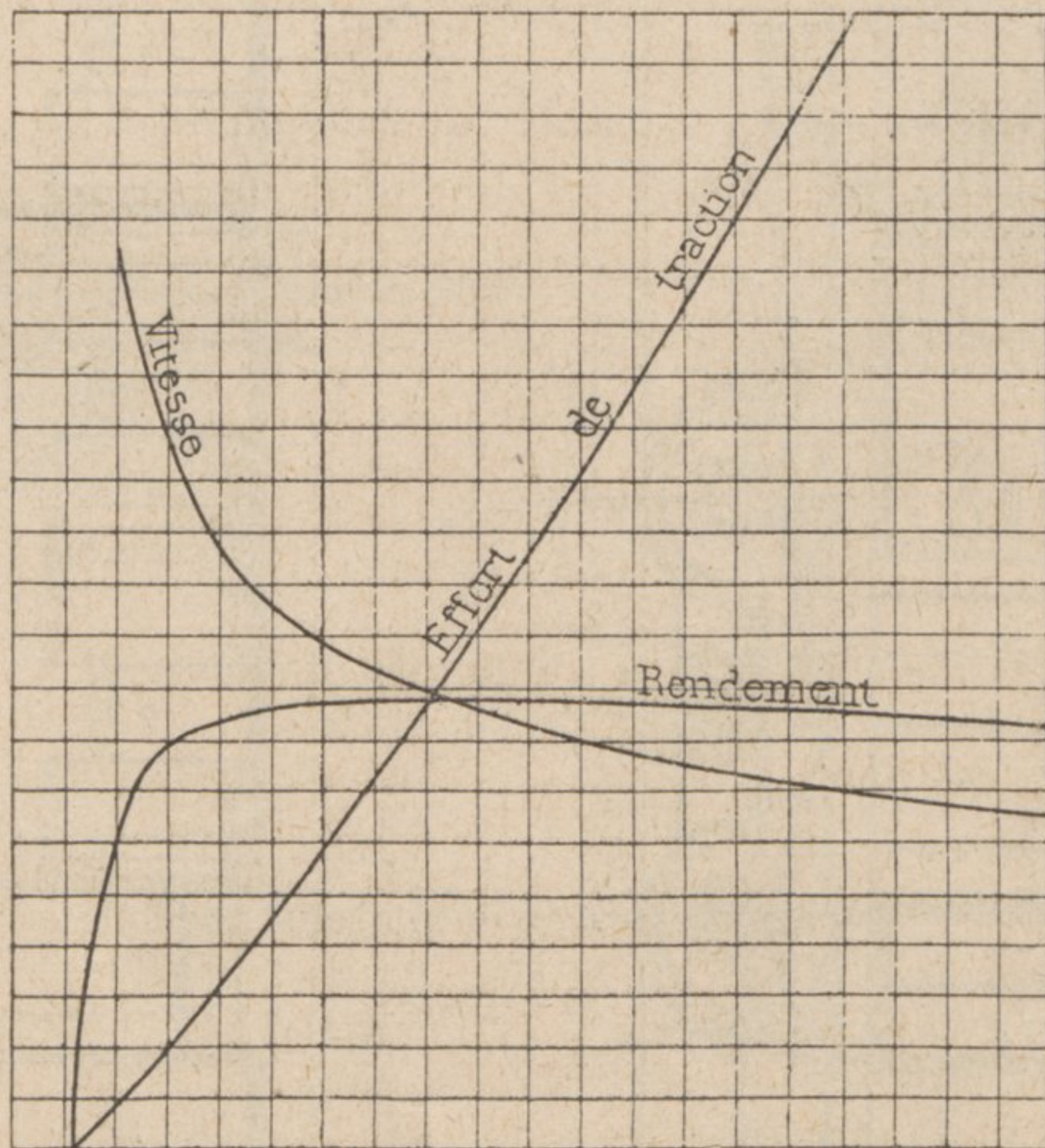
Fig. 22. — MOTEUR DE VOITURES.



Les moteurs (Fig, 22) sont du type GE 55 ; après une heure de marche et en débitant chacun 160 chevaux leur température ne devra pas dépasser de 75° C, la température ambiante ; toutefois le débit continu de chaque moteur ne devra pas être supérieur à 70 ou 75 chevaux. Le poids de chaque moteur est d'environ 2.500 kg.

La caractéristique des dits moteurs est indiquée par la figure 23.

Fig. 23. — COURBES CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS.

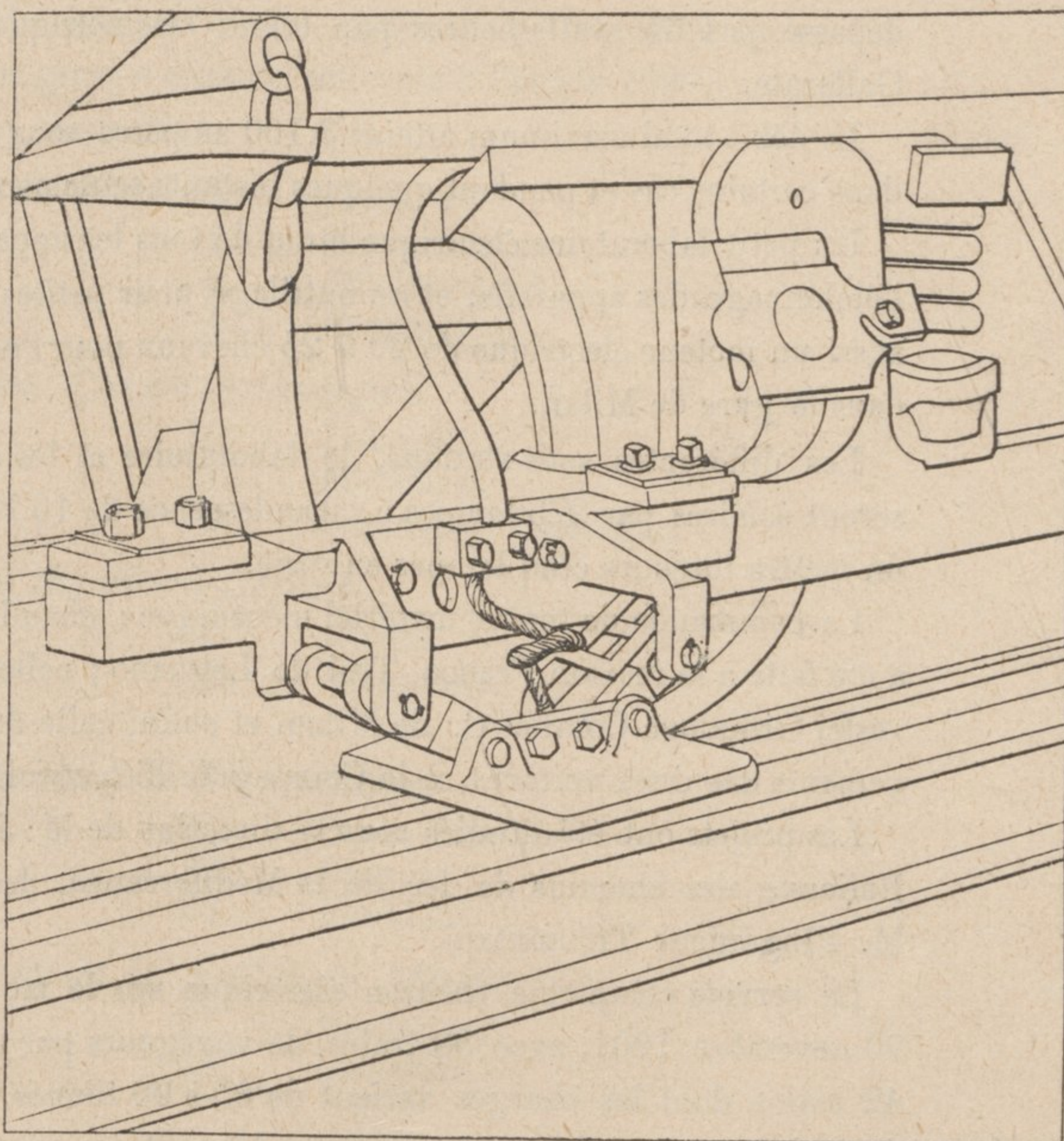
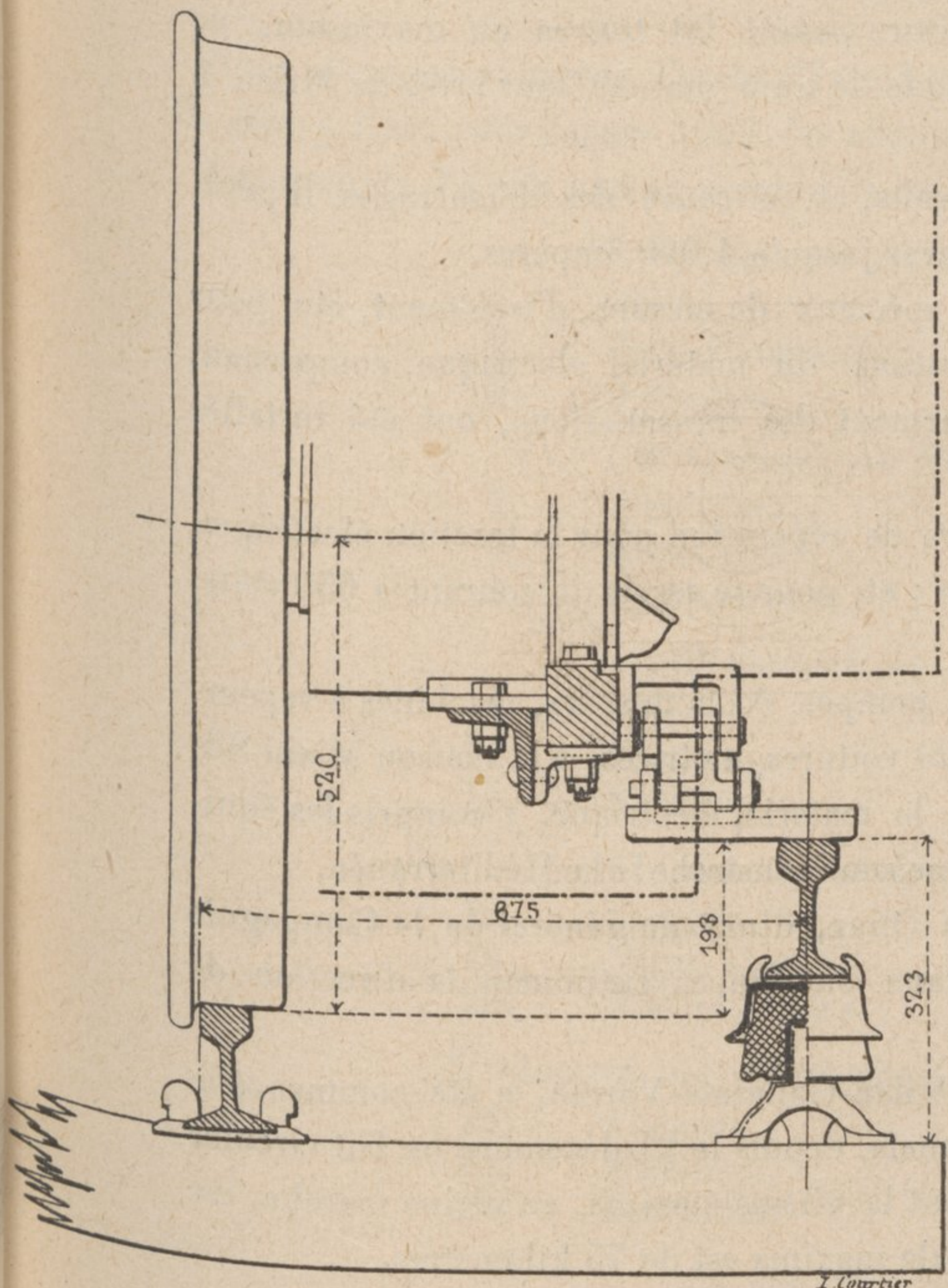


Les contrôleurs sont à soufflage magnétique, du type série-parallèle, et, au moyen de chacun d'eux, on peut gouverner les quatre moteurs.

Les patins de contact (Fig. 24 et 25) destinés à recueillir le courant amené par le troisième rail, sont supportés par une poutrelle en fer fixée sur les boîtes à graisse des trucks ; ce dispositif assure un contact très souple. Les patins sont placés à chaque extrémité de la voiture, en vue d'assurer une communication constante, même dans les endroits où le rail de contact, placé d'un seul côté de la voie, est interrompu sur de courtes longueurs, comme aux aiguillages et aux P. N, par exemple.

Fig. 24. — PATIN DE CONTACT.

Fig. 25. — VUE PERSPECTIVE DE LA PIÈCE DU COURANT.



Considérations générales. — La capacité de l'ensemble des installations électriques doit être d'une efficacité telle, qu'après la mise en service simultanée de tous les groupes de machines dans la station centrale et dans les sous-stations, il soit possible de faire le service maximum suivant, en supposant les trains composés d'une voiture automotrice et d'une voiture de remorque et pesant au total 65 tonnes ;

1° Sur le tronçon de ligne entre Milan et Gallarate ;

(a) Dans la direction Milan-Gallarate :

2 trains express en marche normale à la vitesse de 90 km. à l'heure ;

(b) Dans la direction Gallarate-Milan :

1 Express.....	} Tous les trois en marche normale à la vitesse de 90 km. à l'heure.
1 Semi direct.....	
1 Omnibus.....	

2° Sur le tronçon entre Gallarate et Porto-Ceresio, dans la direction de Porto-Ceresio, un train démarrant à Induno Olona.

La durée d'un parcours ininterrompu entre Milan et Gallarate sera au maximum de 30 minutes avec

les trains express, sans arrêt. Les moteurs des voitures motrices marcheront en parallèle sur le tronçon Milan-Gallarate, et en série de Gallarate à Porto Ceresio, et, pour s'assurer que le personnel observe cette dernière disposition, on donnera l'ordre au chef de gare de Gallarate d'enlever une des manivelles du contrôleur, aux wattmans des trains se dirigeant vers Porto-Ceresio.

Le rendement total de la transmission, c'est-à-dire le rapport entre les lectures des wattmètres indicateurs de la station centrale et celles des voltmètres et ampèremètres pour courant continu des sous-stations, a été trouvé de 80 %. La consommation d'énergie des trains électriques, mesurée par un compteur placé sur la voiture motrice remorquant une voiture pesant 28 tonnes au maximum, ne dépasse pas 65 watts-heures par tonne kilométrique lorsque le train marche sans arrêt de Milan à Gallarate.

Le débit total maximum atteint 3.100 ampères sous 625 volts, et, à cause des démarrages, il peut, dans certains cas et pendant quelques instants seulement s'élever jusqu'à 4.000 ampères.

Un petit laboratoire électrique muni de tous les appareils spéciaux de mesure, d'isolement, etc, pour l'étalonnage des appareils, et un outillage pour petites réparations du matériel électrique, comprenant aussi un moteur électrique de 20 à 25 chevaux pour l'actionnement des transmissions, ont été installés dans la gare de Milan.

Les différentes sous-stations, le laboratoire et les ateliers de réparation pour la traction électrique, seront éclairés par 225 lampes à incandescence de 16 bougies ; et, pour se servir du courant à 650 volts, on mettra toujours cinq lampes en série.

La commande de tout le matériel mécanique : chaudières, pompes, économiseurs, machines à vapeur, a été faite à la maison Franco Tosi de Legnano ; celle des 20 voitures motrices, à la maison Miani Silvestri Grondona Comi et C. de Milan, et enfin, celle de tout le matériel électrique, y compris les équipements des dites voitures, à la Compagnie d'électricité Thomsom Houston, de la Méditerranée.

Les projets ont été étudiés sous la direction de M. Joseph Oliva, directeur général de la Compagnie Italienne des chemins de fer de la Méditerranée, les travaux ont été exécutés sous la direction de M. l'Ingénieur Trémontani.

Le service complet à traction électrique sur le tronçon Milan-Gallarate-Varese, a été commencé le 20 novembre 1901, avec 38 trains de voyageurs par jour ; mais, depuis le 21 décembre on fait circuler 42 trains dont les charges varient de 65 à 90 tonnes, et dont la vitesse maxima, en pleine marche, est de 90 kilomètres à l'heure, tandis que leur vitesse commerciale maxima est de 75 kilomètres.

Fig. 1 et 2. — USINE HYDRO-ELE...

Fig.1. Vue de l'arrière

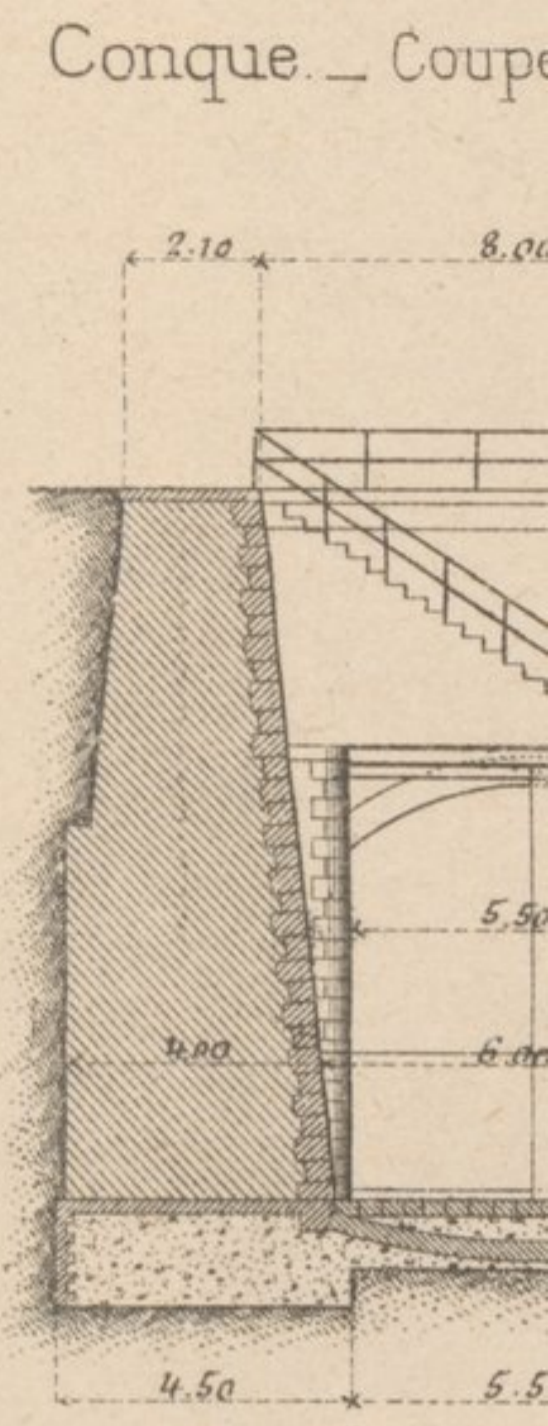
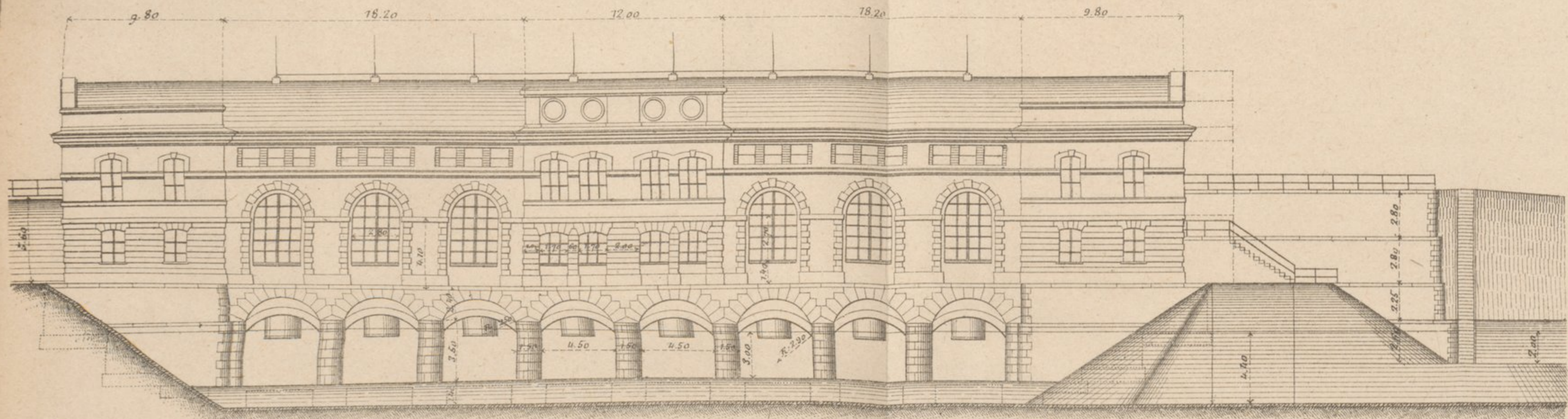


Fig. 3 et 4. — BATIMENT DES MOTEURS

Fig.3 Front amont

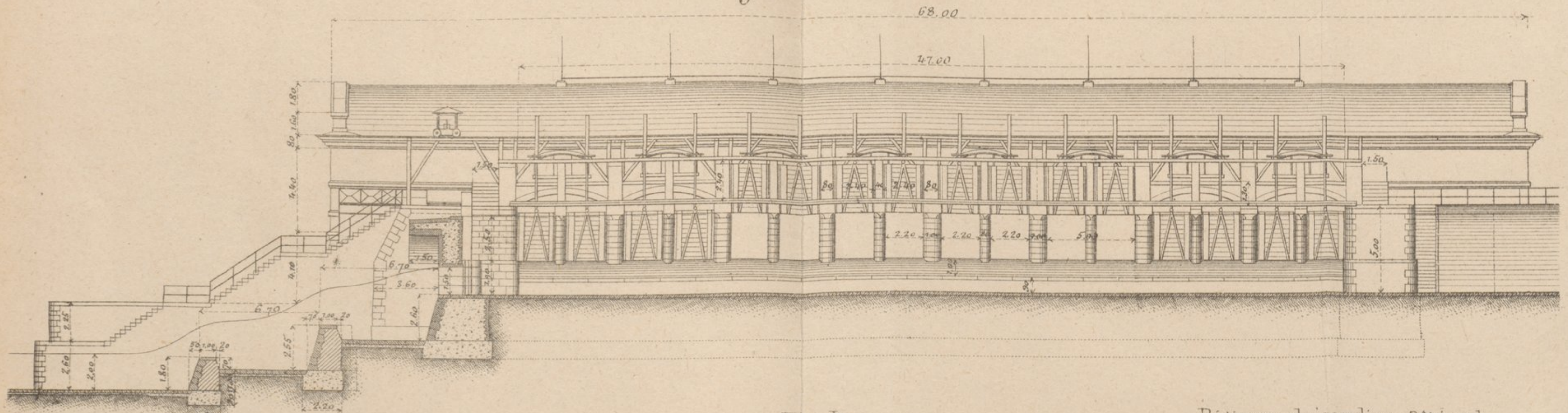


Fig. 4.

Décharge Front aval

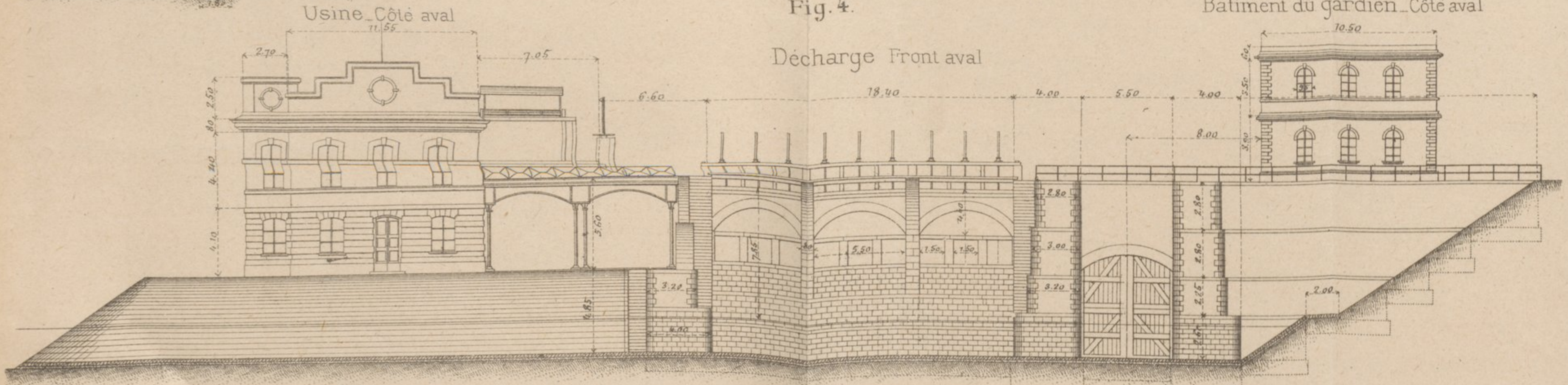


Fig.5 Coupe transversale

g. 1 et 2. — USINE HYDRO-ELECTRIQUE

Fig. 2.

Conque. — Coupe transversale

Coupe longitudinale

Bâtiment des moteurs — Coupe transversale

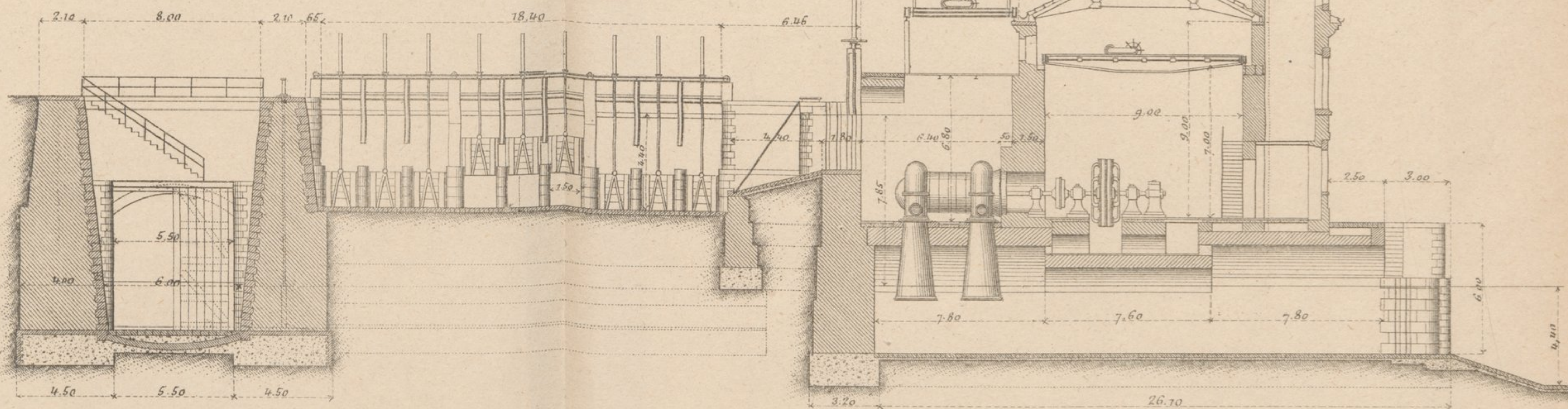
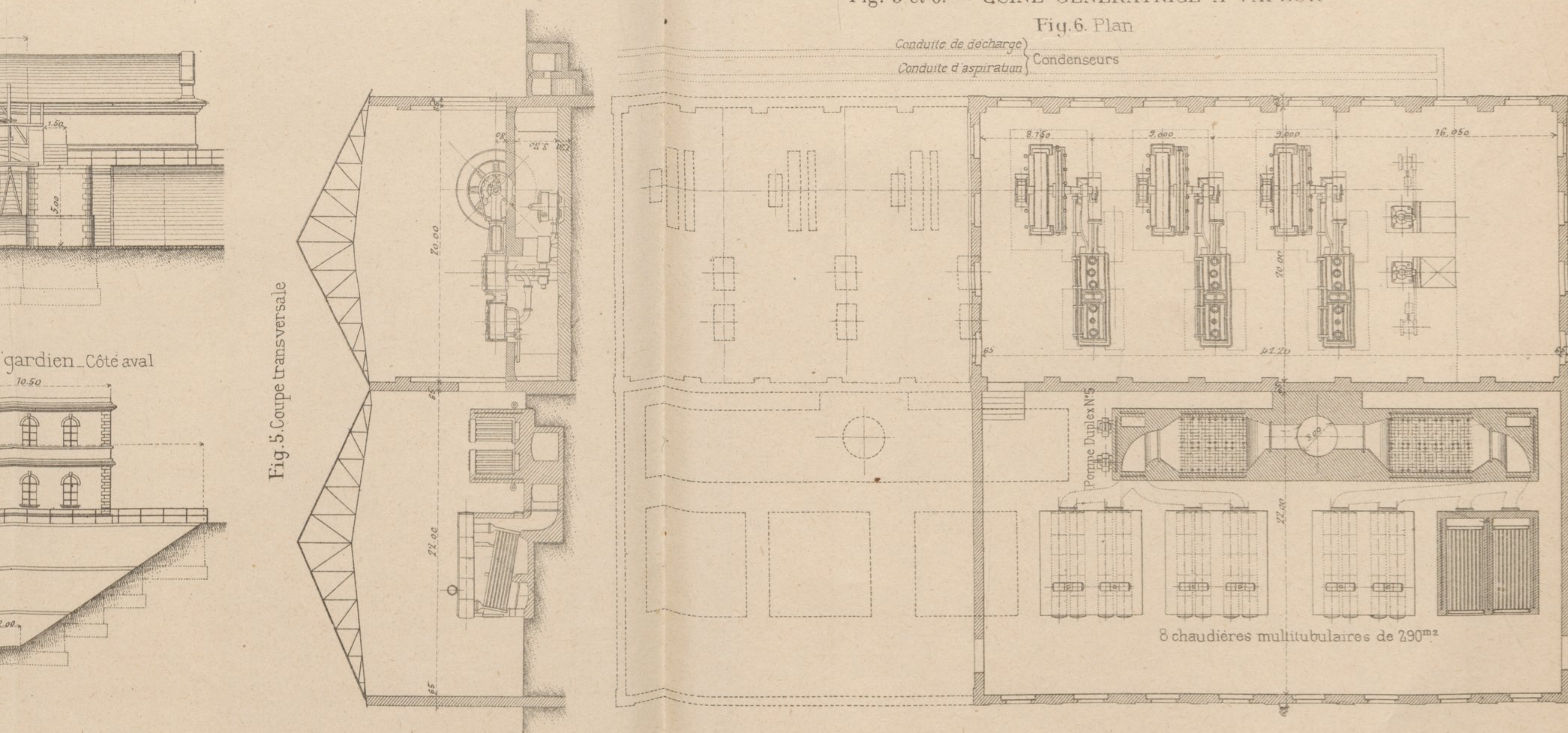


Fig. 5 et 6. — USINE GENERATRICE A VAPEUR

Fig. 6. Plan

Conduite de décharge }
Conduite d'aspiration } Condenseurs

Fig. 5. Coupe transversale



et 2. — USINE HYDRO-ELECTRIQUE

Fig. 2.

Conque. — Coupe transversale

Coupe longitudinale

Bâtiment des moteurs — Coupe transversale

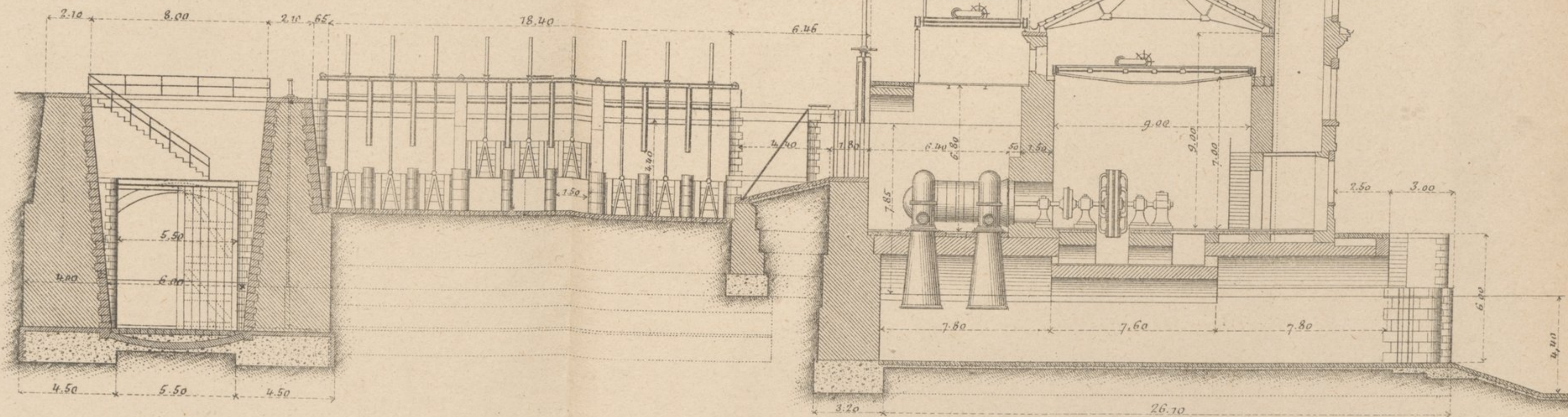
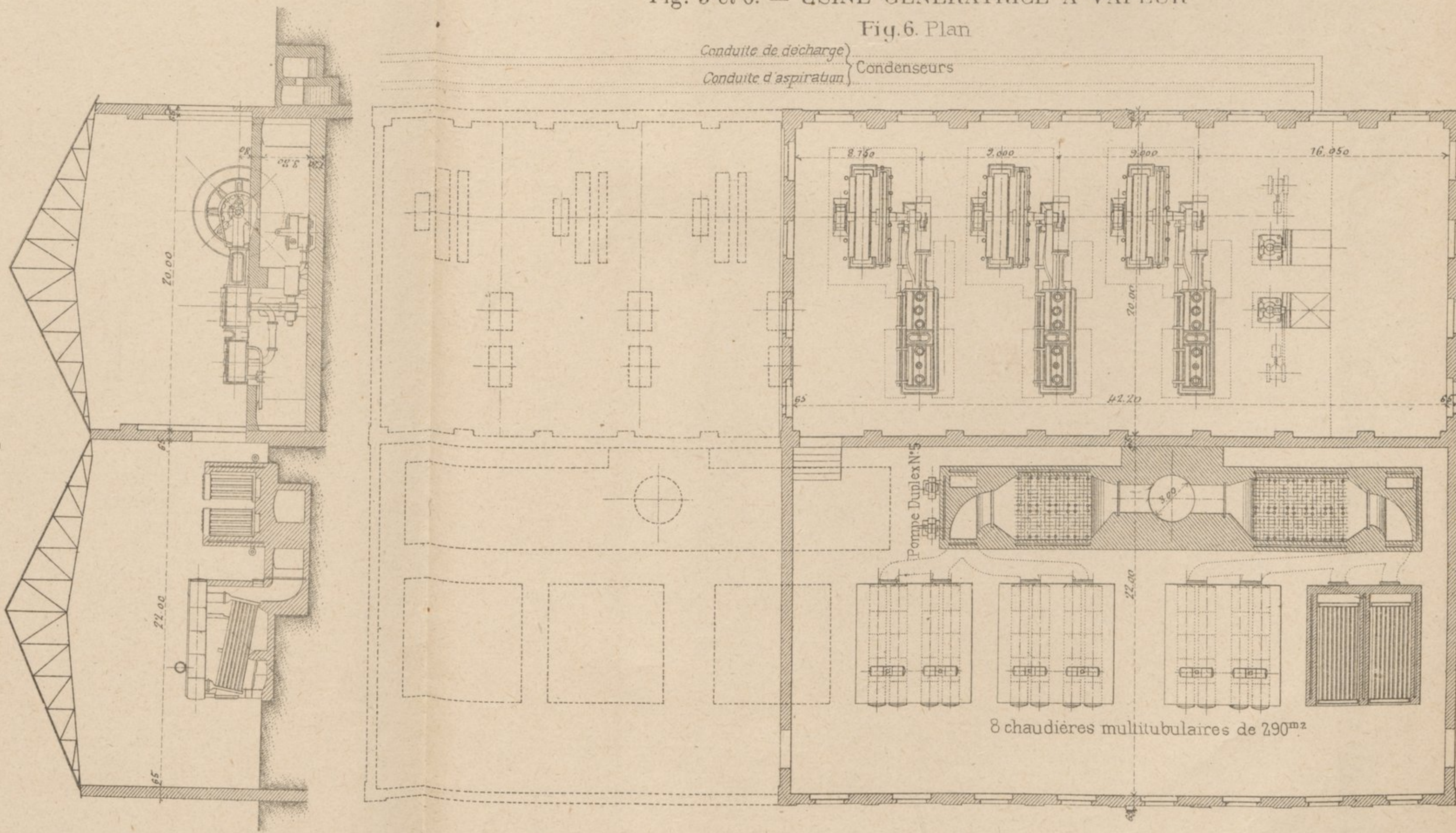


Fig. 5 et 6. — USINE GENERATRICE A VAPEUR

Fig. 6. Plan

Conduite de décharge }
Conduite d'aspiration } Condenseurs

Fig. 5. Coupe transversale



8 chaudières multitubulaires de 290^m²