

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - http://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

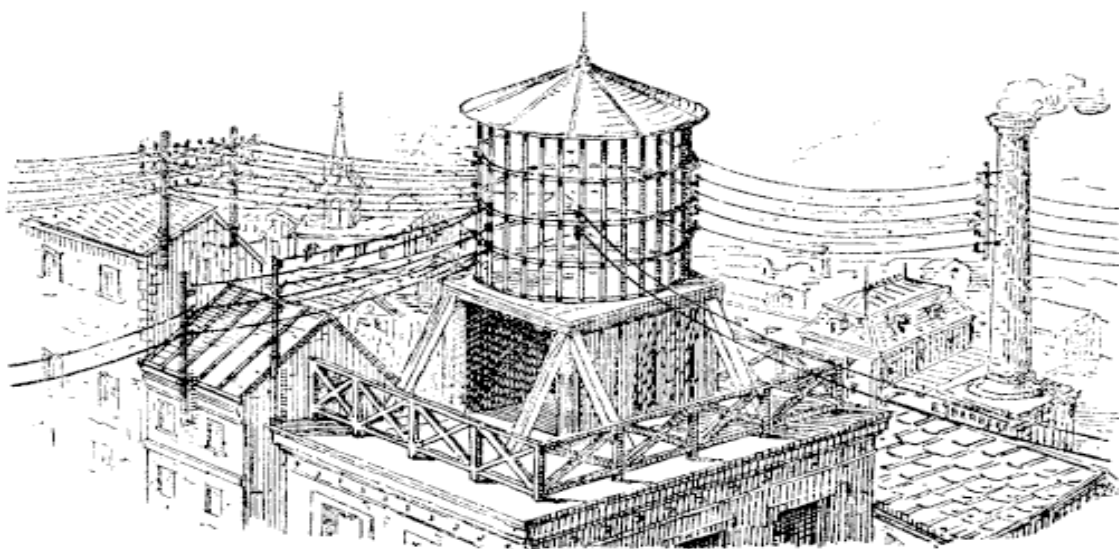
NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Vivarez, Henry (1847-1915)
Titre	Des progrès récents réalisés dans la construction des lignes télégraphiques et téléphoniques : fils de bronze silicieux, supports, appareils
Adresse	(Paris : imprimerie Chaix), [1883]
Collation	1 vol. (69-[2] p.-IV f. de pl.) : ill. ; 22 cm
Nombre d'images	77
Cote	CNAM-BIB 8 Ca 486
Sujet(s)	Lignes télégraphiques -- Conception et construction Lignes téléphoniques -- Conception et construction
Thématique(s)	Technologies de l'information et de la communication
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	21/01/2021
Date de génération du PDF	20/01/2021
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8CA486

80 Ca 486

DES PROGRÈS RÉCENTS
RÉALISÉS
DANS LA CONSTRUCTION
DES LIGNES
TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

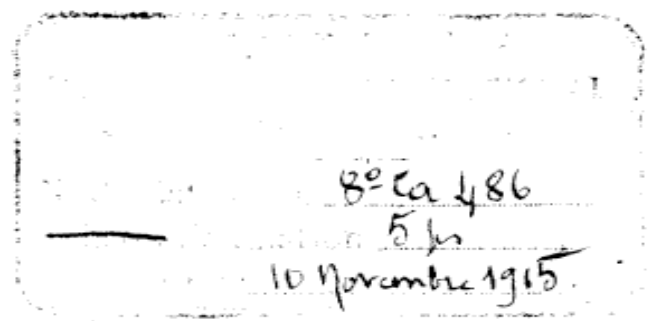
(Fils de Bronze silicieux, Supports, Appareils)



PAR

HENRY VIVAREZ

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE ET DE L'ÉCOLE DES MINES



DES PROGRES RÉCENTS
RÉALISÉS
DANS LA CONSTRUCTION
DES LIGNES
TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

I

DES FILS DE BRONZE SILICIEUX

Si la construction des appareils télégraphiques et téléphoniques a été, depuis l'origine, marquée par des progrès ininterrompus, on ne peut en dire autant des lignes, surtout des lignes aériennes, qui en sont à peu près restées, tant au point de vue de la matière première qu'à celui de l'installation, au même état qu'il y a trente ans.

Jusqu'à ces derniers temps, pas un progrès sérieux n'avait été fait à cet égard, lorsque, au moment de l'Exposition d'électricité de Paris, si féconde en résultats, un ingénieur français, M. Lazare Weiller, signala le parti qu'on peut tirer, pour la fabrication des lignes téléphoniques, du bronze phosphoreux, connu depuis plusieurs années comme un alliage de grande résistance mécanique.

Les premiers fils fabriqués y figurèrent et leur application aux lignes aériennes eut lieu immédiatement.

Le nouveau métal se recommandait en effet, de préférence au fer et à l'acier, par une conductibilité supérieure qui permettait de l'employer sous un diamètre plus faible avec une résistance à la rupture suffisante. Mais cette conductibilité, satisfaisante pour les lignes téléphoniques de longueur moyenne, était loin d'être assez grande pour les lignes téléphoniques de grande longueur et à fortiori pour les lignes télégraphiques.

C'est alors, que, cherchant à se rendre compte du rôle joué par le phosphore dans la conductibilité du bronze, M. Lazare Weiller, basant ses recherches sur des travaux antérieurs de M. H. Sainte-Claire Deville, fut conduit à lui substituer un autre métalloïde : le siccilium.

Conductibilité variable des divers cuivres. — La conductibilité électrique du cuivre est très variable suivant la manière dont il a été préparé, la nature et la proportion des matières étrangères qu'il contient.

A. Matthiessen a fait à cet égard des recherches très intéressantes dont il a consigné les résultats dans deux mémoires intitulés :

On the effect of the presence of metals and Metalloids, etc.
26 avril 1860. — *On the electric conducting power of*

copper and its alloys. 28 février 1861. (Proceedings of the Royal Society.)

Nous reproduisons ci-après ces résultats sous forme de tableaux :

Fils étirés à froid.	Mode de préparation	Pouvoir conduct ^r l'argent ayant 100	Tempé- rature au moment de l'obs.
1. Cuivre pur.	Oxyde réduit par l'hydrogène . .	93,00	18°,6
2. —	Cuivre galvanique non fondu. . .	93,43	20°,2
3. —	Cuivre de commerce non fondu . .	93,02	18°,4
4. —	N° 3. Après fusion dans l'hydrogène	92,76	19°,3
5. —	N° 3. On a fait passer de l'hydro- gène à travers le métal en fusion	92,89	17°,5
Moyenne des 12 déterminations dont les nombres précédents ont été déduits		92,08	18°,9
Extrêmes observés		{ 92,22 à 19°,3 93,81 19°,7	

On a reconnu que le pouvoir conducteur augmentait de 2,5 pour 100 environ, en faisant recuire les fils.

6. Cuivre	contenant	de l'oxyde dont la propor- tion n'a pu être déterminée avec exactitude. Cuivre gal- vanique fondu à l'air . . .	73,42	19°,5
7.	—	2,50 pour 100 de phosphore	7,24	17°,5
8.	—	0,95 — — —	23,24	22°,4
9.	—	0,43 — — —	67,67	20°,0
10.	—	5,40 — — d'arsenic . .	6,48	16°,8
11.	—	2,80 — — —	13,44	19°,4
12.	—	traces — — —	57,80	19°,7

Fils étirés à froid.	Mode de préparation.	Pouvoir conduc- teur.	Tempé- rature au moment de l'essai.
13. Cuivre allié avec 3,20	— de zinc . .	56,98	40°,3
14. — 1,60	— —	76,35	45°,8
15. — traces	— —	83,06	49°,8
16. — 4,06	— de fer. . .	24,95	44°,4
17. — 0,48	— —	34,56	44°,2
18. — 4,90	— d'étain . .	49,47	43°,4
19. — 2,52	— —	32,64	47°,4
20. — 1,33	— —	48,52	46°,8
21. — 2,45	— d'argent. .	79,38	45°,7
22. — 4,22	— —	86,91	20°,7
23. — 3,50	— d'or. . .	65,36	48°,7
24. — 0,31	— d'antimoine		
	et 0,29 — de plomb .	64,3	42°,8
25. Cuivre galvanique extrait d'un lingot dense fondu sous le charbon et coulé dans le gaz		93,3	42°,8
26. Cuivre d'un lingot poreux du même cuivre que le n° 25, mais versé dans un moule dans les conditions ordinaires.		94,8	43°,0
27. Cuivre galvanique cimenté avec du charbon et contenant du silicium et des traces de phosphore et de fer.		62,8	43°

Cuivres du commerce. — Dans cet autre tableau ci-dessus, M. Matthiessen donne les pouvoirs conducteurs de différentes variétés de cuivre de commerce, comparés avec le cuivre galvanique non fondu, qui est pris comme type, soit égal à 100 à 45°, 5 c. (1)

(1) Report to the submarine cable Company, etc.

Pouvoirs conducteurs des cuivres de diverses provenances.

Fils recuits.	Pouvoirs conduc- teurs.	Tempé- rature au moment de l'essai
1. Espagnol de Rio Tinto. Il contenait 2 pour 100 d'arsenic, outre des traces de plomb, de cuivre, de nickel, d'oxydure, etc.	44,24	14°,8
2. Russe, cuivre Demidoff. Il contenait des traces d'arsenic, de fer, de nickel, d'oxydure, etc.	59,34	12°,7
3. Tough Cake, de fabrication non spécifiée. Il contenait des traces de plomb, de fer, de nickel, d'antimoine, d'oxydure, etc.	71,03	17°,3
4. Best selected, de fabrication non spécifiée. Il contenait des traces de fer, de nickel, d'antimoine, d'oxydure, etc.	81,35	14°,2
5. Australien, de Burra-Burra. On n'a trouvé que des traces de fer et d'oxydure.	88,86	14°,0
6. Américain, Lac supérieur. Il contenait des traces de fer et d'oxydure et 0,03 pour 100 d'argent	92,57	15°,0

Influence des réducteurs sur les cuivres. — On voit que la composition des traces d'impuretés que contiennent les cuivres, même ceux qu'on désigne dans le commerce sous le nom de cuivres purs, joue un rôle capital quant à leur conductibilité électrique.

On voit aussi que la proportion d'oxydure de cuivre que renferme le métal, même débarrassé de toute autre impureté, altère sensiblement ses propriétés électriques.

Aussi ne faut-il pas s'étonner des écarts que présentent, sous ce rapport, les différentes marques

commerciales et des nombres très différents qu'on trouve dans les traités de physique pour représenter la conductibilité du cuivre par rapport à celle de l'argent.

Ce dernier métal, pur, a au contraire une conductibilité qu'on peut considérer comme invariable, car si l'oxyde de cuivre est isolant, l'oxyde d'argent, plus lent d'ailleurs à se former, reste conducteur.

D'après ces observations, on conçoit que tout n'est pas dit lorsqu'on a débarrassé un cuivre des impuretés tenant à des traces de divers corps; il faut encore le débarrasser, aussi complètement que possible, des particules de son propre oxyde qui pénètrent sa masse.

De là, l'emploi d'agents réducteurs divers qui ramènent l'oxydure à l'état métallique en produisant des crasses qui sont éliminées, et, comme le réducteur reste en léger excès, le choix de corps aussi bien placés que possible dans l'échelle des conductibilités relatives.

A cet égard, le choix du phosphore ne présente qu'un avantage médiocre; celui du silicium est, au contraire, très heureux.

C'est l'emploi de ce corps réducteur que M. Lazare Weiller a fait breveter après des recherches qui ont porté sur un nombre considérable d'alliages.

Il lui ont permis d'obtenir, avec des procédés d'affinage spéciaux, des cuivres atteignant la conductibilité électrique de l'argent. Certains présentaient à 0°, sous le diamètre de 4^{mm}, une résistance de 19^{ohms}98 au kilo-

mètre, tandis que celle indiquée par Latimer Clark pour le cuivre théorique est de $20^{\text{ohms}}57$.

La moyenne des cuivres purs de la fabrication Lazare Weiller a $20^{\text{ohms}}11$ au kilomètre.

Influence des réducteurs sur les bronzes. — L'addition d'étain au cuivre, c'est-à-dire la fabrication du bronze, donne la résistance mécanique. L'emploi des réducteurs dans la fabrication du bronze a le même but que dans la préparation du cuivre pur. Ils éliminent les oxydes qui sont plus résistants au passage de l'électricité que l'étain et les traces du réducteur qui persistent dans l'alliage.

De plus, le silicium a véritablement un rôle spécial quant aux propriétés mécaniques des fils. Cela est hors de doute, car le métal désoxydé au silicium acquiert une augmentation de densité.

Il se passe probablement là quelque chose d'analogue à ce qui se produit dans la transformation du fer en acier.

Substitution des fils de bronze aux fils de fer et d'acier. — Nous venons de dire que les bronzes préparés par les procédés de M. Lazare Weiller ont une résistance mécanique considérable.

Aux débuts de la télégraphie électrique, on eut naturellement l'idée de se servir de fils de cuivre

pour les lignes. Malheureusement, le cuivre a une résistance mécanique faible (28 kilog. par millimètre carré) et, inconvénient grave, il s'allonge considérablement sous son propre poids.

C'est au point qu'une ligne télégraphique en cuivre établie, en 1848, entre Paris et Rouen, s'allongea d'une fraction importante de sa longueur initiale, aux dépens de sa section, qui, en diminuant, diminua aussi la conductibilité de la ligne.

Aussi fut-on très vite conduit à supprimer le cuivre et à le remplacer par le fer et l'acier, qui ont été employés exclusivement jusqu'au jour où a été imaginé le Bronze Weiller qui unit à la conductibilité du cuivre le plus pur, la résistance mécanique du meilleur fer avec un allongement de rupture qui n'excède pas 1 ^e/₁₀₀.

Cette résistance mécanique peut du reste varier dans des limites assez étendues.

Selon l'usage auquel le fil est destiné, on a intérêt à avoir une résistance mécanique plus considérable et à supprimer une partie de la conductibilité; suivant les cas, l'une des propriétés doit primer l'autre.

Ainsi, pour les lignes téléphoniques, il faut des fils légers ayant de grandes portées. Il est donc nécessaire que la résistance mécanique au millimètre carré soit aussi grande que possible afin que, rapportée à la section du fil, elle lui permette encore de résister aux chocs, au vent, etc.

Au contraire les courants téléphoniques ont une intensité assez faible pour qu'une conductibilité médiocre soit assez grande.

Pour les lignes télégraphiques, surtout pour les lignes internationales de grande longueur devant servir à la transmission d'un très grand nombre de dépêches la conductibilité maxima est indispensable; avec le fer, on ne l'atteint qu'avec des diamètres considérables qui transforment les fils en véritables barres et les rendent peu maniables. Avec les fils de bronze de très grande conductibilité, on arrive au même résultat sous des diamètres bien inférieurs et cependant assez forts pour assurer une résistance mécanique totale suffisante, malgré la réduction de résistance mécanique au millimètre carré.

Nous avons indiqué par une courbe comment la résistance varie avec la conductibilité (1).

L'axe horizontal donne l'échelle des résistances mécaniques exprimées en kilogrammes par millimètre carré.

L'axe vertical donne l'échelle des conductibilités électriques exprimées en centièmes par rapport à la conductibilité théorique du cuivre pur.

Nous avons marqué les points correspondants aux types de fils télégraphiques et téléphoniques employés par le Ministère des Postes et Télégraphes, savoir :

Fil télégraphique de 0^m,002 de diamètre ayant environ 45 kilos de résistance mécanique au millimètre carré et plus de 95 0/0 de la conductibilité théorique.

Fil téléphonique de 0^m,0011 de diamètre ayant environ 70 à 80 kilos de résistance mécanique au

(1) Voir planche I.

millimètre carré et 34 0/0 de la conductibilité théorique.

Ces diamètres de fils sont relatifs à des lignes de longueurs moyennes. Ils n'ont rien d'absolu et tous autres diamètres peuvent leur être substitués pour satisfaire aux conditions exigées par des réseaux déterminés.

Éléments des divers fils de bronze silicieux.

— Nous avons réuni dans le tableau général ci-après les divers éléments relatifs aux fils de divers diamètres. L'un de ces éléments, qui est très important, le poids, permettra de calculer facilement le prix d'une ligne de longueur donnée d'après le poids de bronze qu'elle exigera. Il facilitera les calculs relatifs à la détermination des flèches, l'établissement des prix de transport, etc.

BRONZE SILICIEUX

**TABLE DES RÉSISTANCES ÉLECTRIQUES
ET DES POIDS KILOMÉTRIQUES APPROXIMATIFS**

1° FILS TÉLÉPHONIQUES

DIAMÈTRES	SECTIONS	Résistance en Ohms à 0° par k ^m	Poids kilométrique
1 m/m	0.7834	64 Ohms.	6 k ^g 940
1 m/m 65	0.8655	58 —	7 655
1 m/m 10	0.9503	57 —	8 433
1 m/m 15	1.0383	48 —	9 167
1 m/m 20	1.1310	44 —	10 036
1 m/m 25	1.2252	40 —	10 850
1 m/m 30	1.3273	38 —	11 748
1 m/m 35	1.4294	35 —	12 638
1 m/m 40	1.5393	32 —	13 617

2° FILS TÉLÉGRAPHIQUES

DIAMÈTRES	SECTIONS	Résistance en Ohms à 0° par k ^m	Poids kilométrique
1 m/m 25	4.22	43 Ohms, 97	40 k ^g 85
1 m/m 30	4.7671	9 68	15 66
2 m/m	3.4416	5 43	27 96
2 m/m 25	4.4741	3 81	39 78
2 m/m 30	4.9087	3 47	44 01
2 m/m 75	5.938	2 87	52 77
3 m/m	7.0685	2 41	62 905
3 m/m 30	9.6211	1 77	85 61
4 m/m	12.5664	1 36	111 78
4 m/m 30	15.9043	1 13	141 51
5 m/m	19.6349	0 87	174 70

Comparaison avec les fils de cuivre, de fer et d'acier. — A côté de ce tableau il est intéressant de réunir les indications analogues relatives aux types de fils antérieurement employés : cuivre, fer et acier. Nous les rapportons au fil de 1^{m/m}.

DÉSIGNATION DES FILS	RÉSISTANCE A LA RUPTURE AU MILLIMÈTRE CARRÉ	RÉSISTANCE KILOM. EN OHMS A 0°	CONDUCTI- BILITÉ RELATIVE
Cuivre pur	28 K ^{os}	^{Ohms} 20,57	100
Bronze silicieux télégra- phique.	45 —	21,42	96
Bronze silicieux télépho- nique	76 —	64 —	34
Bronze phosphoreux télé- phonique.	72 —	78 —	26
Fer galvanisé de Suède . .	36	133, 2	16
Acier galvanisé Bessemer. .	40 —	156 —	13
Acier Siemens Martin . . .	42	166, 8	12

Il en résulte qu'on peut remplacer :

1° Les fils télégraphiques des grandes lignes, en fil de fer galvanisé de 5^{m/m} de diamètre, pesant 155 kil. par kilomètre, par des fils de bronze silicieux de 2^{m/m} de diamètre pesant 28 kil. par kilomètre.

2° Les fils téléphoniques ordinaires, en fil d'acier de 2^{m/m} de diamètre, pesant 25 kil. par kilomètre, par des fils de bronze silicieux de 1^{m/m}, 10 pesant 8 kil. 45 par kilomètre.

Les lignes en bronze silicieux sont donc de trois à six fois plus légères, ce qui facilite singulièrement la pose (souvent si difficile pour les lignes téléphoniques) charge moins les poteaux, permet de diminuer leurs dimensions, de les espacer davantage et procure par conséquent de notables économies.

C'est ainsi que pour le réseau téléphonique de Reims, récemment installé par l'Etat, avec des fils de bronze silicieux, on a pu constater la possibilité d'une économie considérable sur le poids des supports employés pour les fils d'acier.

Pose des lignes. — La pose des lignes se fait de la manière la plus simple.

Grâce à leur légèreté relative, les fils de bronze peuvent être tréfilés en bouts d'une longueur très considérable, ce qui réduit le nombre des ligatures à faire aux extrémités et diminue par suite en même temps les chances de perte de courant et les frais de pose.

On peut réunir les deux extrémités par des nœuds ou des ligatures. Il vaut mieux toutefois les souder ensemble dans des manchons semblables aux manchons galvanisés employés en France pour les lignes télégraphiques. Les mêmes manchons peuvent servir. Toutefois, on peut se demander si la soudure à l'étain réunissant le manchon en fer et le fil de bronze ne deviendra pas le siège de courants locaux pouvant gêner la transmission des dépêches.

Pour les éviter, M. Lazare Weiller fabrique des manchons en bronze.

Autres avantages des fils de bronze silicieux.

— La légèreté des lignes n'est pas la seule qualité qui recommande l'emploi des fils de bronze silicieux.

Ils présentent certains avantages accessoires sur lesquels il est nécessaire de fixer l'attention.

Tout le monde connaît la résistance que le bronze oppose à la corrosion par les agents atmosphériques. Alors que des armes de bronze très anciennes ont pu parvenir jusqu'à nous, les armes de fer ont, pour la plupart, disparu sous la rouille.

C'est que le fer s'oxyde rapidement et que, malgré la galvanisation destinée à le protéger, la rouille s'y produit, se propage peu à peu jusqu'au centre du métal et finit par le mettre complètement hors d'usage.

Le bronze, au contraire, ne se rouille pas, il se recouvre d'une patine superficielle qui, par la propriété de l'oxyde de cuivre d'être isolant pour l'électricité, protège les fils contre toute déperdition extérieure.

Cet avantage de l'inoxidabilité donne donc une nouvelle supériorité aux fils de bronze silicieux sur les fils de fer et d'acier, supériorité surtout précieuse pour les lignes établies au bord de la mer, dans les gares, près des usines, et, généralement, partout où l'air, chargé d'émanations diverses, met rapidement les fils actuels hors d'usage.

Les fils de bronze se conservent donc et si, après un

long usage, ils sont tordus ou coupés, ils gardent toujours la valeur intrinsèque du métal.

En outre, la possibilité de réduire le diamètre des fils de lignes diminue les chances d'accident résultant de l'action du vent et de la neige, elle dispense, sur les réseaux téléphoniques, de l'emploi des sourdines indispensables pour amortir les vibrations qui se transmettent dans les fils d'acier et rendent souvent la transmission de la parole si difficile.

Elle diminue également l'induction si pernicieuse qui s'exerce de fil à fil, puisque cette induction est, à conductibilité égale, proportionnelle à la surface extérieure du fil.

Variations de conductibilité avec la température. — Enfin le bronze silicieux présente une très faible variation de conductibilité, avec la température.

M. O. Leblond, professeur d'électricité à l'école des défenses sous-marines, a fait à cet égard des expériences intéressantes.

Il est parti de la formule

$$R_t = R_{t'} [(1 + K (t' - t))]$$

dans laquelle R_t est la résistance à t' degrés $R_{t'}$ la résistance à t degrés, t et t' étant compris entre 0° et 50° , K un coefficient qui varie avec chaque corps.

De trois séries de dix expériences chacune, M. Leblond a déduit les différentes valeurs de K qui sont :

Pour le fer	0,00472
— cuivre	0,00402
— bronze ph.. . . .	0,00743
— bronze silic. . . .	0,00740

On voit que, pour ces deux derniers métaux, la variation de conductibilité est absolument négligeable.

II

DE L'EMPLOI DES FILS DE BRONZE SILICIEUX POUR LES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES. — LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES D'ÉTAT.

Opinion de M. Preece. — M. Preece, l'éminent ingénieur électricien en chef du Post-Office, dans une lecture faite en mai dernier, à l'Institution des Ingénieurs civils à Londres, exprimant dans les termes suivants son appréciation sur les services que promet de rendre à la télégraphie le bronze silicieux de M. Lazare Weiller.

« Le fil Compound, qui est un petit fil d'acier en-
» touré de cuivre, soit mécaniquement, soit élec-
» trolytiquement, a été expérimenté, mais sans succès.
» Les fils en bronze phosphoreux et silicieux com-
» mencent à être employés sur une grande échelle et
» constituent des agents de transmission pleins de
» promesses. Le bronze silicieux a la résistance méca-
» nique du fer et la conductibilité du cuivre, et pour
» peu qu'il puisse résister à l'épreuve du temps, il
» aura servi à combler une lacune très sérieuse. Nous
» trouvons maintenant, en ce qui concerne la multi-
» plicité des fils, que nos poteaux se refusent à en
» porter un plus grand nombre ; et un matériel qui,
» joignant la force à la légèreté permettrait à nos
» poteaux de porter deux fois plus de fils ou davantage

» encore, constituerait un auxiliaire considérable pour
» la télégraphie. »

Pour nous, nous affirmons sans hésitation que le bronze silicieux est appelé à produire une véritable révolution en télégraphie. Des fils conducteurs possédant une résistance à la rupture de 45 kilogrammes par millimètre carré, c'est-à-dire supérieure à celle des meilleurs fils de fer galvanisés, et une conductibilité électrique égale à 95 0/0 de celle du cuivre pur, imposent aux lignes établies sur poteaux une charge $5 \frac{1}{2}$ fois moins grande. Ils permettent des constructions plus légères et le choix de poteaux moins forts et conséquemment moins chers, et, si les lignes sont établies dans les mêmes conditions de solidité, ils donnent la possibilité de leur faire supporter un nombre de conducteurs plus que double. Ainsi se trouverait réalisé le vœu de M. Preece.

Envisagée au point de vue économique, la question est tout à l'avantage des fils de bronze silicieux. Il est facile de le démontrer.

Devis comparatif. — Nous avons établi, avec le concours d'ingénieurs possédant toutes les connaissances techniques et pratiques désirables, deux devis comparatifs, l'un relatif à la pose, entre Paris et Marseille (distance 863 kilomètres) d'un fil de fer

galvanisé de 0^m,005 de diamètre avec toutes les dépenses que comporte ce travail, l'autre relatif à la mise en place, sur la même ligne, d'un fil de bronze silicieux de 0^m,002 de diamètre, ayant la même résistance électrique. — Le problème ainsi posé est complètement en défaveur du bronze, puisque dans le cas particulier de la seule pose d'un conducteur sur une ligne faite en vue de supporter des fils de fer d'un diamètre beaucoup plus considérable, il ne bénéficie pas des économies que sa plus grande légèreté permettrait d'introduire dans le choix et la plantation des appuis. Malgré ce désavantage marqué, les chiffres auxquels on arrive ont leur éloquence et méritent d'être cités :

Pour le fil de fer de 0 ^m ,005 la dépense totale est environ de	Fr. 88.000
Pour le fil de bronze silicieux de 0 ^m ,002	94.000

La différence de 6,000 francs n'est-elle pas largement compensée par la charge près de six fois moins grande imposée aux poteaux, par les moindres effets de l'induction et des influences soit atmosphériques, soit des fils voisins ?

A côté de ce devis comparatif, nous en avons établi un second visant la construction de toutes pièces d'une ligne à huit fils entre Paris et Marseille, supportant dans le premier cas, quatre fils en fer de 0^m,005 et quatre fils en fer de 0^m,004 ; dans le deuxième cas, quatre fils de bronze silicieux de 0^m,002 de diamètre, correspondant aux quatre fils de 0^m,005 et quatre fils

de 0^m,0017 correspondant aux quatre fils de 0^m,004 en fer. Dans ce second devis nous avons pu tenir compte, et nous l'avons fait avec la modération la plus prudente, des économies résultant du nombre moins grand des poteaux doubles à employer, de la force moins grande à donner aux isolateurs, enfin des poids cinq ou six fois moindres des fils à transporter, à déposer à pied d'œuvre et à mettre en place sur les appuis.

Dans le premier cas la dépense totale est	
environ de.	Fr. 978.000
Dans le deuxième	910.000

Différence 68,000 francs. De sorte qu'il est permis de conclure que si les lignes télégraphiques aériennes étaient à faire en France, il y aurait, à employer le fil de bronze silicieux pour les construire, une économie de 7 0/0.

Pour nous placer en présence de la réalité, disons qu'il y aura sensiblement égalité dans les dépenses lorsqu'il s'agira de procéder à de simples poses ou remplacements de fils sur les lignes déjà établies, économie très sensible lorsqu'il sera question de construire une ligne neuve.

Si, à l'économie dans les dépenses, on ajoute les avantages techniques de toute nature, résultant de l'emploi de fils d'un diamètre réduit au minimum et permettant, d'une part, de se défendre dans toute la limite du possible, contre les influences électriques de toutes sortes et, d'autre part, d'arriver avec certitude et d'une façon pratique au rendement maximum

des appareils télégraphiques perfectionnés, le bronze silicieux doit, à brève échéance, supplanter les fils de fer sur nos lignes.

Lignes télégraphiques internationales. — La nécessité de cette transformation paraît encore plus saisissante sur les grandes artères télégraphiques internationales.

Le merveilleux appareil multiple de M. Baudot permet, depuis trois ou quatre ans déjà, l'échange, entre Paris et Bordeaux, de 240 à 250 dépêches à l'heure avec un seul fil, et au moyen de quatre claviers dont le travail individuel est absolument indépendant l'un de l'autre. Il répond à tous les besoins qui peuvent se présenter sur une ligne ayant un flux de 250 dépêches à l'heure, que ce flux soit tout entier dans un sens, d'intensité égale dans les deux sens, ou enfin d'un quart dans un sens et de trois quarts dans l'autre. La variété de ces combinaisons établit sa supériorité incontestable sur les appareils fonctionnant en duplex, qui perdent la moitié de leur puissance, si, momentanément, le courant des dépêches est nul dans un sens. C'est l'appareil télégraphique qui s'adapte le mieux à l'écoulement régulier des correspondances internationales, quelle que soit leur importance. Une seule condition est à remplir pour qu'il donne, entre Vienne et Paris, par exemple, un rendement égal à celui que l'on obtient chaque jour entre Paris et Bor-

deaux. Il suffit que le conducteur qui reliera la capitale de la France à celle de l'Autriche réponde aux mêmes propriétés électriques.

La première et la plus importante de beaucoup est celle de la résistance électrique; elle devra être la même, ou sensiblement la même, que celle du fil de fer de 5 millimètres qui assure le fonctionnement de l'appareil entre Paris et Bordeaux. Le bronze silicieux est seul à pouvoir donner la solution pratique du problème, car il suffira d'employer à cet effet un fil dont le diamètre est de trois et demi à quatre millimètres, tandis qu'il faudrait, pour obtenir la même conductibilité kilométrique, un fil de fer de 8 millimètres de diamètre, c'est-à-dire une véritable barre de fer. L'exiguïté relative du fil de bronze atténuera les inconvénients et les influences qui ne manquent pas de se manifester sur les longs fils, et permettra de les combattre victorieusement; l'exagération du diamètre avec le fil de fer développera l'intensité de ces mêmes phénomènes au point de ne pouvoir triompher des troubles qu'ils produiront, soit sur le fil lui-même, soit sur les fils suivant la même voie.

Ne se sera-t-il pas accompli une véritable révolution télégraphique, ainsi que nous l'annonçons plus haut, le jour où, grâce au bronze silicieux, on verra les différentes capitales de l'Europe, à des distances respectives, électriquement parlant, égales à celles de Paris à Bordeaux, et pouvant échanger, par l'appareil Baudot, par exemple, leurs correspondances à raison de 250 à 300 dépêches à l'heure, et cela avec certitude et presque en dépit des

troubles atmosphériques, toujours trop fréquents, puisqu'il suffirait qu'un ou deux fils sur le nombre plus ou moins grand des conducteurs reliant les capitales, fussent valides, pour assurer l'écoulement de tout le trafic.

L'abaissement des taxes est et a toujours été une grande préoccupation dans chaque État, et principalement dans les conférences télégraphiques internationales. Les dispositions et les intentions de tous les gouvernements sont unanimes à chercher les moyens de donner satisfaction aux demandes de réduction des tarifs, quelquefois très lourds pour le commerce. Mais encore faut-il que les intérêts du Trésor chez chacun soient respectés, et que ces réductions ne constituent pas une perte pour lui. Les améliorations constantes du service, et surtout l'apparition et l'adoption des appareils à plus grand débit, ont permis déjà des abaissements successifs considérables.

Voici qu'un nouveau genre de conducteur vient permettre de lancer les dépêches à des distances doubles ou triples, et avec un rendement à l'heure égal, sinon plus grand. Il ne paraît pas téméraire d'entrevoir dans cette nouvelle situation la possibilité de réductions prochaines dans les taxes internationales, les dépenses diminuant d'une part avec la suppression de manipulations intermédiaires et, d'autre part, avec l'augmentation du débit par un même conducteur.

Il est une question d'une importance peut-être moins générale, mais d'un intérêt considérable pour le monde des affaires. On s'est beaucoup préoccupé, ces dernières années, d'établir en communication aussi

directe que possible les principaux marchés financiers de l'Europe. Le bronze silicieux n'apporte-t-il pas un moyen sûr d'établir ces communications, avec une vitesse d'écoulement tellement supérieure, que les dépêches de Bourses atteignent toujours avec certitude leur destination en temps utile ? Il nous semble que le jour où, au moyen d'un simple fil de bronze de quatre millimètres de diamètre, on aurait relié Paris à Vienne, à Berlin, à Rome, à Madrid, à Londres, à Marseille, etc., etc., et que toutes ces distances, réduites électriquement à celle de Paris à Bordeaux, permettraient l'échange de 250 à 300 dépêches à l'heure, les correspondances seraient singulièrement améliorées, et le monde télégraphique heureusement transformé.

Télégraphie militaire. — Ce n'est pas seulement dans la télégraphie aérienne proprement dite, que le bronze silicieux est appelé à rendre les plus grands services : ses qualités mécaniques et électriques le rendent éminemment propre à répondre aux exigences toutes spéciales de la télégraphie militaire. Personne n'ignore avec quel soin méticuleux, sont calculés jusqu'au kilogramme près, les poids, et jusqu'au décimètre cube, les volumes, des mille objets qui constituent les bagages d'une armée en campagne. Cette précaution est indispensable pour diminuer ou alléger le cortège des voitures qui l'accompagnent et sont un si grand embarras pour le commandement.

Les voitures affectées à la télégraphie militaire notamment, portent un nombre assez grand de bobines garnies de fils de fer destinés à l'établissement de lignes volantes et généralement d'un diamètre de 2 millimètres. Que l'on substitue à ces fils des fils de bronze silicieux d'un millimètre, il sera permis de réduire les poids au quart, ou d'en emporter une longueur quatre fois plus grande.

D'un autre côté, si dans les fils isolés dont sont également pourvues ces voitures, on remplace l'âme actuelle composée de fils de cuivre ordinaire d'une résistance presque nulle à la traction, par une cordellette formée de fils de bronze silicieux résistants, l'âme elle-même possédera la ténacité qu'ils doivent avoir, et il deviendra possible de réduire la protection extérieure et par suite le volume qu'ils occupent sur les bobines. Ici encore, l'emploi du bronze diminuera l'encombrement ou permettra l'augmentation de longueur des câbles constituant l'approvisionnement.

Télégraphie sous-marine. — On a tenté en télégraphie sous-marine l'emploi des câbles dits légers, moins chers que les conducteurs armés de fils de fer, et permettant, par la diminution du volume et du poids l'emploi de navires d'un tonnage moindre, ou d'un seul bâtiment, au lieu de plusieurs, pour l'immersion à la mer. Des essais ont été faits sur une assez grande échelle par des ingénieurs anglais des plus savants et des plus expérimentés dans l'art de la construction des

câbles sous-marins. L'insuccès de ces essais a été dû à la nécessité dans laquelle se sont trouvés les constructeurs, de demander aux fils de chanvre la ténacité indispensable, pour résister aux efforts mécaniques de l'immersion. L'entreprise aurait peut-être été couronnée de succès si la ténacité du conducteur avait résidé dans l'âme et si le chanvre n'avait été employé qu'à titre de matelas protecteur du diélectrique contre les frottements. On ne pouvait penser à constituer cette âme avec des fils de fer dont la conductibilité électrique eût été insuffisante. Le problème pouvait être résolu si, à l'époque de ces essais, on avait connu des fils de cuivre aussi tenaces que le fer et presque inextensibles : les fils de bronze silicieux en effet peuvent être fabriqués de manière à conserver 95 0/0 de la conductibilité du cuivre pur, avec une ténacité de 45 kil. par millimètre carré, et un allongement de 1 0/0 seulement à la rupture avec la malléabilité du cuivre ordinaire. Si l'emploi des câbles légers entre dans le domaine des faits, ce sera avec le bronze silicieux de M. Lazare Weiller.

III

DE L'EMPLOI DES FILS DE BRONZE SILICIEUX POUR LES LIGNES TÉLÉPHONIQUES. — SUPPORTS O. ANDRÉ.

Les lignes Téléphoniques en fils de bronze silicieux sont déjà nombreuses.

La première qui a été posée par l'administration des Télégraphes français est celle de Reims qui fonctionne depuis plusieurs mois de la façon la plus satisfaisante.

Un modèle réduit des éléments principaux de ce réseau figurera à l'Exposition d'électricité de Vienne.

Ce réseau présente deux particularités ; d'abord l'emploi du fil silicieux ; ensuite l'emploi de supports métalliques d'un nouveau type imaginés par M. O. André, ingénieur à Neuilly, et construits par la Société des Ateliers de Neuilly, le présent chapitre est consacré à leur description. ¹

Dans les villes, la plus grande difficulté de l'établissement des lignes aériennes consiste dans la pose des points d'appui. La forme, les dimensions absolues et relatives de ces supports, leur disposition variant sans cesse, le personnel chargé de ce travail est obligé de faire à chaque installation une étude spéciale et un

¹ Planches II, III, IV.

apprentissage nouveau. Il en résulte que, souvent, la dépense d'installation de la ligne est plus importante que la fourniture elle-même.

Tout ce qui peut rendre ce travail plus rapide, plus facile, moins dangereux et plus correct, représente une économie immédiate. Si à cette économie pouvait s'ajouter celles résultant de la suppression de l'entretien et la facilité de pouvoir doubler, tripler le nombre des fils au fur et à mesure de l'extension des abonnements, un progrès évident serait réalisé dans l'installation des lignes aériennes.

C'est le but que s'est proposé M. O. André et les faits prouvent qu'il l'a atteint.

La première application a été faite à Reims, au commencement de l'année 1883.

Cette installation, dont les types réduits au quart figurent à l'Exposition du Ministère des Postes et Télégraphes, à Vienne, a permis de se rendre compte des avantages indiscutables des dispositions employées.

Dans l'examen de ces dispositions, nous retrouvons toujours les mêmes principes.

(1) Limiter au minimum possible le nombre de modèles.

(2) Rendre les pièces uniformes, de façon que sans aucun repérage, elles puissent entrer dans la composition d'un support quelconque.

(3) Choisir les fers spéciaux, les plus légers, travaillant dans les meilleures conditions de résistance.

(4) Supprimer presque complètement le rivetage et assembler par des boulons. Cette disposition permet

à la fois la diminution du poids des *pièces unités* et rend la permutation beaucoup plus facile.

(5) Distinguer dans chaque montant (poteau, montants de herse) deux éléments :

L'un, toujours pareil de forme, ne variant que par sa longueur, la *hampe*.

L'autre, la partie terminale ou *éperon*, qui peut se placer de plusieurs façons et se modifier facilement pour chaque cas, l'une de ces branches restant constante, comme les hampes elles-mêmes, et l'autre pouvant subir toutes les transformations possibles.

(6) Permettre le réglage dans la ligne ou le plan vertical sans le contrehaubannage, souvent difficile, quelquefois impossible.

(7) Ne se servir des boulons que pour rapprocher les pièces, obtenir la jonction et l'équerrage par un double encochement des fers.

(8) Rendre toujours possible l'addition d'isolateurs nouveaux, ou l'écartement des anciens en cas d'induction en profitant de la disposition jumelée des poteaux et des traverses horizontales (jumelles).

Poteaux. — Les poteaux se composent essentiellement de trois éléments :

(a) La *hampe* qui est constante de forme et qui ne varie que par ses dimensions. Cette hampe est composée de deux fers spéciaux, entretoisés à une distance

convenable qui permet le passage de la tige des supports d'isolateurs.

(b) L'*éperon* ou équerre supportant le poteau.

(c) Les isolateurs dont le nombre varie de 4 à 12.

Herses. — Quand pour une raison quelconque, un certain nombre de fils convergent vers le même point, pour desservir par exemple un quartier de réseau, on remplace la série de poteaux nécessaires par un seul appareil appelé *herse*.

La *herse* se compose essentiellement d'un nombre variable de traverses horizontales (*jumelles*), portant les isolateurs, et reliés dans un même plan vertical par des montants jumelés qui les supportent. Une herse porte de 14 à 40 fils.

Des encoches sont ménagées dans les montants, au-dessous des jumelles et permettent l'addition de nouvelles traverses, alors que le nombre des isolateurs sera reconnu insuffisant. Pour faire cette addition, on introduit, successivement, entre les pièces du montant, les jumelles à la hauteur des encoches ménagées à cet effet. Il suffit de desserrer les boulons et de profiter de l'élasticité des deux pièces du montant.

Pièces communes aux poteaux et aux herses.
— 1° *Éperons*. — Les pièces terminales appelées *éperons* portent à la fois, à leur extrémité, et une queue

de carpe et des trous pour vis; ce qui permet de les sceller dans la maçonnerie, ou de les fixer par des tire-fonds sur des pavés de bois.

Ces éperons sont en fer méplat pour les poteaux et en fer carré pour les pieds de herses, mais ils peuvent toujours se placer à volonté dans l'un ou l'autre des plans rectangulaires principaux passant par l'axe du montant.

Un autre genre d'éperon qui répond à tous les cas qui peuvent se présenter est *l'éperon-pivot*.

Cet éperon se compose d'un fer plat sur champ, roulé à son extrémité comme une penture de porte, qui permet le passage d'un boulon. Ce même éperon peut encore se mettre sur plat, mais alors il est soutenu par une jambe de force scellée dans la maçonnerie; cette disposition permet d'échapper aux grandes saillies d'architecture.

Si une difficulté de pose se présente, le monteur enlève deux boulons, emporte l'éperon, le tord, l'allonge par un encollage chez le premier serrurier qu'il rencontre et le remet en place sans la moindre difficulté.

Brides. Le plus près possible du point où le montant échappe la construction et aussi loin que possible de l'éperon, le poteau est maintenu par un collier à scellement ou à vis appelé *bride*.

Supports d'isolateurs. — Les supports d'isolateurs se composent d'une tige droite ou coudée, taraudée

pour recevoir la porcelaine à l'une de ses extrémités et à l'autre un écrou. Vers le milieu de sa longueur, la tige est renflée de façon à venir porter sur une contreplaque percée d'un trou, ordinairement conique, avec ergot. De cette façon on n'a pas à craindre un encollage mal fait, l'attache est plus sûre et il est toujours possible d'interposer entre les flancs de la jumelle et de la contreplaque, un corps mauvais conducteur du son tel que, plomb, liège, caoutchouc, etc.

Avec le fil de bronze siliceux cette simple précaution suffit pour assourdir les vibrations sonores; avec le fil d'acier il faut souvent recourir à l'assourdissement successif, au pied des montants ou à la porcelaine.

Il est bien entendu que ces supports d'isolateurs servent non seulement pour des poteaux ou pour les herses, mais encore pour les tourelles dont nous parlerons plus loin.

Haubans rigides. — Quand une herse ou un poteau a une grande hauteur, ou quand la direction des fils qu'il supporte est oblique, pour qu'il puisse résister aux actions auxquelles il est soumis, il est nécessaire de le haubanner; et comme souvent l'attache d'un hauban à la traction est impossible, il faut recourir au *hauban rigide*, agissant à la traction ou à la compression.

Le *hauban rigide* se compose ordinairement d'un tube en fer soudé, à parois fortes, terminé à chaque extré-

mité par un manchon intérieurement taraudé l'un à droite, l'autre à gauche. Dans chacun de ces manchons pénètre la tige d'un piton, taraudée du même pas ; ce piton est engagé dans un œil qui, à l'extrémité basse, est soudée à une plaque à queue de carpe percée de trous et pouvant se sceller ou se visser d'une façon parfaitement solide ; en haut, l'œil est terminé par un simple boulon, qui permet de relier le hauban au poteau.

Le hauban, mis en place, est réglé au moyen d'une clé qui permet d'arriver à la plus grande correction de pose.

Tourelle de concentration. — Dans l'installation d'un réseau il y a toujours un point de convergence des fils, c'est le bureau central.

Pour recevoir tous ces fils, il faut une disposition spéciale : c'est la *tourelle de concentration*, qui doit être disposée de façon à suffire, autant que possible, à tous les besoins futurs de ce poste.

La tourelle se place généralement sur le comble du poste central dont on aménage la charpente à cet effet.

La traction des fils sur la tourelle pouvant être très irrégulière, il faut que cette construction soit d'une solidité à toute épreuve.

Elle se compose d'une série de montants, constitués comme les jumelles de herses, moisés de distance en

distance entre les jantes à joints croisés de cercles en fer [—].

Les arêtes de ces fers sont contre-encochées et le boulon d'assemblage passe dans la fente des montants jumelés.

L'ensemble de la construction devient ainsi d'une rigidité absolue.

La toiture couverte de zinc est terminée par un paratonnerre.

Les isolateurs employés sont identiques à ceux des poteaux. Les fils revêtus de l'enveloppe isolante, pour se rendre de l'isolateur au bureau central, sont logés dans le creux des fers [—] des montants où ils sont maintenus par des tourniquets placés sur chaque contre-plaque d'isolateur et alternés de sens, de telle sorte que chaque fil est maintenu tous les 50 ou 60 centimètres.

Matériel employé pour la pose des lignes aériennes. — Indépendamment du matériel courant, échelles, cordages, etc., et de l'outillage spécial des différents corps d'états intervenant dans ce travail, on a étudié successivement des engins ou dispositions spéciales qui rendent la pose plus facile, moins coûteuse et moins dangereuse.

1° Afin de bien placer et dégauchir entre eux les montants d'une herse, un cadre léger, parfaitement équerré et garni d'un fil à plomb, est fixé sur le premier montant; on attache de l'autre

côté vertical du cadre le second montant à poser, on scelle après avoir vérifié si l'aplomb est parfaitement correct ; il ne reste plus qu'à enlever les quatre boulons du cadre et à mettre la jumelle en place, ce qui ne présente aucune difficulté, les distances d'encoche étant absolument constantes.

2° *Echafaudage mobile* pour poser les isolateurs et les sourdines s'il y a lieu.

Il se compose de deux consoles à crochets très légères qui viennent se prendre sur la première jumelle ; une barre d'écartement en bois réunit les pieds des consoles, la planche à barrettes en retient les semelles et une corde reliant les deux crochets maintient les montants de garde-corps.

3° *Dévidoir*. La légèreté, par conséquent la ténuité du fil de bronze silicieux pourrait présenter quelque difficulté soit à raison du peu de soin des ouvriers ou de la complication de la manœuvre elle-même.

Il a fallu trouver une combinaison qui permit de dévider en toute sécurité le fil sans qu'il y ait de chances de l'embrouiller, et en même temps de calculer la sortie du fil, de façon que l'ouvrier sente toujours une certaine résistance et que jamais, en faisant ressort ou par sa vitesse acquise dans son mouvement de rotation, la botte de fil ne pût se dérouler trop vite.

Une boîte en cuir embouti, garnie de bandes d'acier s'ouvre à la façon des bonbonnières en deux parties, l'une d'elles porte au centre un axe de rotation creux et à la périphérie, une sorte de trompe flexible dont l'entrée est adoucie et dont la sortie est garnie d'une douille à serrage comme un porte-crayon. Sur l'axe se

place un moulinet que l'on garnit préalablement de la botte de fil ; le bout intérieur de la botte est attaché au moulinet, le bout extérieur est passé à travers la trompe et le porte-crayon ouvert. On met alors le moulinet en place, on ferme la boîte et la bobine est placée sur une broche quelconque.

L'ouvrier tire sur le brin extérieur ; la trompe dirige sans flexion trop courte le fil dans le sens de la traction. La boîte ne tourne pas pendant le mouvement, le moulinet seul tourne sur l'axe creux.

Deux ressorts placés dans la boîte et agissant sur les deux bords extérieurs du moulinet, empêchent le fil de sauter entre le flanc du moulinet et les parois intérieures de la boîte.

Application au réseau de Reims. — Les supports André ayant été adoptés à Reims, l'Administration fit d'abord une installation mixte comportant, sur une partie du réseau, des fils de bronze silicieux de 11/10 de millimètre de diamètre ; sur l'autre, des fils d'acier de 2 millimètres.

Or, après plusieurs mois, sur le réseau de bronze, tout était resté en parfait état ; pas un montant, pas une jumelle, pas un support d'isolateur n'avait fléchi.

Sur le réseau d'acier, au contraire, de nombreuses déformations s'étaient manifestées :

Supports d'isolateurs coudés ouverts au coude et tordus ; extrémité en porte à faux des jumelles infléchies, poteaux ayant cédé, montant de herse tordus.

La tourelle centrale s'était déformée violemment.

La cause de ces accidents n'était pas douteuse ; elle tenait au poids de la ligne d'acier pour laquelle les supports étaient d'un type insuffisant. Il aurait fallu les remplacer par des supports de plus grandes dimensions correspondant à une augmentation des $\frac{2}{5}$ de la dépense initiale, ce qui correspond à une économie équivalente due à l'emploi des fils de bronze.

En outre, cette expérience comparative a permis de faire une constatation intéressante.

Avec les lignes ordinaires, la question des sourdines a une grande importance. Avec les lignes en bronze silicieux, elle est simplifiée. Car, sauf les cas exceptionnels où les supports sont posés contre un coffre de cheminée, un pan de bois, etc., la sonorité est presque nulle, tandis qu'avec les fils d'acier, le sourdinage est indispensable presque partout.

Ceci est loin d'être négligeable sous le rapport de la dépense.

IV

COMPARAISON DES FILS SILICIEUX AVEC LES FILS DITS COMPOUND.

Les considérations qui précèdent établissent d'une façon incontestable la supériorité des fils de bronze silicieux sur les fils de fer et d'acier.

Il n'est pas sans intérêt de dire aussi quelques mots sur un genre de fils dont on a fait récemment grand bruit en Amérique, bien que leur invention remonte déjà à plusieurs années.

Nous voulons parler des fils dits *Compound* qui consistent en un fil de fer ou d'acier recouvert d'un dépôt galvanique de cuivre.

Ces fils ont été, comme on l'a vu, assez sévèrement jugés par M. Preece.

Les fils Compound présentent en eux-mêmes certains inconvénients graves. L'inégale dilatation du fer et du cuivre, leur inégale résistance mécanique peuvent produire des déchirements de la pellicule de cuivre, surtout aux points où le fil est coudé. Il n'est même pas bien certain qu'aux points où la surface est corrodée, le contact du fer et du cuivre ne produise, à l'humidité, de petits courants locaux pouvant gêner la transmission.

D'ailleurs, voyons comment se comporte le fil, au point de vue purement électrique.

Nous avons eu sous les yeux des renseignements relatifs à un fil Compound américain dont l'âme était formée d'un fil d'acier n° 11 B W G, recouvert de 120 livres de cuivre précipité par mille de longueur.

Le prix de revient de ce fil est, paraît-il, de 75 dollars le mille, et sa résistance électrique est de 5 ohms 48 par mille, comme il est calculé ci-après.

Examinons les sections, le poids et les résistances de chacune des portées du fil.

Le diamètre de l'âme correspondant au n° 11 de la jauge de Birmingham est de 3 millimètres 03.

Le dépôt de cuivre, à raison de 120 livres par mille, correspond à une couronne de cuivre de 0 millimètre 32 d'épaisseur.

Le poids de l'âme est, par mille, de.	91 kil. 700
Celui du cuivre 120 livres	54 360
Soit, au total.	146 kil. 360

La couronne de cuivre équivaut, en se basant sur le meilleur cuivre théorique, à 6 ohms 43 par mille.

L'âme en acier a une résistance de 38 ohms 61.

D'après la formule des courants dérivés, la résistance x de l'ensemble des deux métaux de résistance R R' , formant le fil compound est donnée par la formule :

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R'}$$

d'où $x = 5$ ohms 48 par mille.

Or, le fil de bronze silicieux ayant une résistance

de 5 ohms 40 par mille aurait seulement 2 millimètres 26 et pèserait 70 kil. 79, tandis que le compound Wire a un diamètre de 4 millimètres 34 et un poids de 146 kil. 060.

Quant au prix de revient il est de 75 dollars, soit 375 francs par mille, il est bien supérieur au prix de vente du bronze silicieux qui, au prix très élevé de 5 francs le kilogr., ne coûterait que 303 fr. 45 cent. le mille.

Encore faut-il remarquer que, pour comparer raisonnablement ces prix, il faudrait tenir compte que le meilleur cuivre, celui du lac Supérieur, revient naturellement meilleur marché en Amérique qu'en France, où il nous arrive grevé de frais de transport, de transbordement, etc.

La question des fils Compound nous paraît donc absolument tranchée.

APPLICATION DES FILS SILICIEUX AU TRANSPORT DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ

A côté de la Télégraphie et de la Téléphonie, une question nouvelle a surgi dans les dernières années : c'est le transport de la force à distance par l'électricité.

Or, dans un tel problème, si la distance joue un rôle important, c'est surtout par la résistance du fil qui réunit les machines génératrice et réceptrice.

Dans le numéro du 14 juillet 1883 du journal *la Lumière électrique*, M. Franck Géraldy a développé avec esprit cette observation générale : « Il est bien vrai, dit-il, » que la résistance est un élément dont on dispose. Ainsi » que l'a écrit un peu naïvement un savant éminent : » La résistance du circuit extérieur peut être rendue très » petite, même pour de grandes distances, en prenant » du fil très gros. » Il n'y a rien de plus certain, cela » est même par trop clair, mais l'auteur en question a » immédiatement ajouté le correctif. « C'est, dit-il, » une question de dépense, d'installation. » Eh oui, » c'est cela, voilà justement la difficulté, c'est que pour » réduire la résistance il faut payer. Si l'argent, qui » est notre meilleur conducteur, ne coûtait que 0^{fr}10 » le kilogr., il n'y aurait presque pas de questions de » transport; on mettrait une belle barre d'argent de

» gros diamètre entre les deux stations et, quelle que
» fût la distance, les machines fonctionneraient pres-
» que comme au contact. Par malheur, au prix où
» sont les métaux, il faut compter et compter sévère-
» ment les kilos; pour cela il faut savoir diminuer la
» quantité de métal, par conséquent user de fils min-
» ces, augmenter la résistance entre les machines et
» pouvoir cependant la franchir. C'est la question
» même du transport électrique de la force.

» *Cette résistance est donc le véritable élément à con-*
» *naître; au point de vue électrique, c'est celle qui*
» *donne la valeur de la solution; au point de vue*
» *économique, en la combinant avec la distance, il*
» *est possible de calculer au moins approximativement*
» *le prix de l'installation et par conséquent d'estimer*
» *son utilité pratique.* »

Or, nous avons dit que les fils fabriqués par M. Lazare Weiller ont une conductibilité voisine de celle de l'argent. C'est donc, au point de vue spécial du transport de la force, un progrès très sensible; car il permet de substituer à un métal qui coûte 200 fr. le kil., un métal tout aussi conducteur qui coûte plus de 50 fois moins cher, et qui possède des propriétés de résistance à la rupture égales à celle du fer.

Il est donc certain que le bronze silicieux sera largement appliqué dans les transports de force, dès que ceux-ci seront employés industriellement.

VI

DESCRIPTION DE L'USINE DE M. LAZARE WEILLER

Cette description a été publiée d'abord dans *l'Engineering*, puis dans le journal français : *l'Électricien*. Il n'est pas sans intérêt de la reproduire ici, pour montrer le soin que M. Lazare Weiller a apporté dans les côtés accessoires de sa fabrication.

L'usine de la Fresnaye est située dans un des faubourgs d'Angoulême, à une distance de plusieurs kilomètres de l'habitation de son propriétaire. Une ligne téléphonique réunit les deux établissements; elle est naturellement formée d'un fil de bronze silicieux, et présente cette particularité intéressante que, sur plusieurs points de son trajet, elle offre plusieurs portées, de poteau à poteau, égales à 200, 250 et 300 mètres.

Nous ne nous étendrons pas longuement sur les procédés de fabrication et de tréfilage des bronzes phosphoreux et silicieux. Ces opérations comportent des tours de main et des procédés spéciaux que M. Weiller ne juge pas à propos de faire connaître.

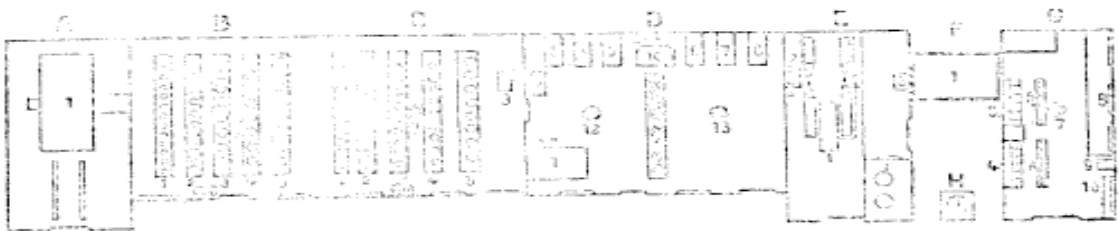
C'est donc plutôt les côtés accessoires de son industrie que son industrie elle-même que nous nous proposons de faire connaître, et en particulier, les

appareils électriques d'éclairage et de mesure, installés de la façon la plus complète. Nous donnerons à cet égard quelques renseignements propres à guider ceux des industriels qui voudraient s'inspirer de l'exemple qui leur est offert par cette usine modèle.

Organisation générale. — L'établissement de M. Weiller se compose de deux corps de bâtiments principaux dont la figure ci-dessous donne le plan de l'ensemble.

On y voit : à gauche du dessin, un édifice rectangulaire, terminé par deux ailes en saillie, long de 90 mètres, large de 16 et divisé en cinq parties qui sont : 1^o la salle des machines E; 2^o la salle des laminoirs D; 3^o la tréfilerie en deux ateliers B et C; 4^o la forge; 5^o les fours à recuire A.

Le second corps, disposé transversalement à la suite du premier, en est séparé par un intervalle de 10 mètres. Il a 12 mètres de largeur, 18 mètres de profondeur et contient la fonderie.



Ces deux bâtiments sont entièrement construits en pierres blanches du pays; ils sont percés de larges baies qui laissent un libre passage à l'air et à la lumière.

Devant ces bâtiments s'étend une vaste cour autour

de laquelle sont répartis les bâtiments accessoires. L'un d'eux contient le laboratoire de chimie où se font les analyses des cuivres et des bronzes. Dans une annexe du laboratoire sont préparés les composés servant à la désoxydation du bronze (phosphures ou siliciures); sur le côté se trouvent la salle de dessin et les bureaux.

Enfin, en face de la fonderie et à 30 mètres de distance environ, s'élève un chalet de bois que M. Weiller a fait venir tout construit de Norwège, et dans lequel sont installés les appareils qui servent à la mesure de la résistance électrique et de la résistance mécanique des fils, ainsi qu'un cabinet de travail.

Ajoutons aussi la mention d'un laboratoire de chimie organisé avec le même soin qui a procédé au reste de l'installation, et qui, en raison de l'importance des opérations chimiques dans l'usine de M. Weiller, présente les ressources d'un laboratoire modèle.

La fonderie constitue à elle seule une usine indépendante, dans laquelle sont fabriqués les lingots et pièces mécaniques de bronze phosphoreux. Elle fournit en outre, les 2,000 kilos d'alliage en barres qui passent quotidiennement à la tréfilerie pour la fabrication des fils.

Elle comprend douze fourneaux en deux groupes de six (3, 4) séparés par une grande cheminée produisant le tirage. En avant est la fosse (5, 6) qui contient les lingotières, dans lesquelles se font les coulées. En 1 se trouve le séchoir des moules; 8 est la table des mouleurs et 10 un établi; 9 est la cisaille; 7 est

l'emplacement d'un régulateur électrique faisant partie de l'éclairage d'ensemble dont nous parlerons ci-après.

Les laminoirs et les bancs de tréfilerie occupent la partie centrale du grand bâtiment.

Dans la salle des laminoirs le plan général indique :

Le four à recuire (1); les bobines (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8); la transmission et les laminoirs (10 et 11); (12 et 13) sont des lampes électriques, (9) un cadran.

Les deux ateliers de tréfileries comprennent les bobines (1, 2, 3, 4, 5,) des poêles (6), des lampes électriques (7), une machine à faire les pointes (8).

Cette partie de l'usine comprend l'exécution des travaux spéciaux pour la fabrication des fils téléphoniques et télégraphiques.

Les laminoirs et la tréfilerie sont encadrés dans deux ailes en saillie dont la première contient les fours à recuire desservis par une petite voie ferrée; la seconde contient le moteur qui est une machine fixe de 100 chevaux système Compound, sortie des ateliers de M. Weyher et Richemond à Pantin. Les générateurs sont en 1, et la cheminée en tôle en 1".

La transmission générale de l'usine est souterraine et la petite galerie qui la renferme est recouverte de plaques de tôle striée qui préviennent toute chance d'accident.

Avant d'arriver à la grande cour de l'usine on traverse un jardin faisant partie de l'établissement. Entre le jardin et la cour coule une rivière appelée l'Anguienne, sur laquelle sont établis les lavoirs de l'usine. C'est là que se fait le décapage des fils et ensuite leur lavage.

Ces opérations sont classées parmi les plus importantes; aussi l'établissement du lavoir est-il formé par une série de bâtiments. Un peu en amont on a établi sur la rivière une prise d'eau qui traverse, sous un canal recouvert, la grande cour de l'usine. L'eau, à son entrée dans l'usine, passe à travers un filtre et se jette ensuite dans un puits qui alimente la chaudière du moteur.

Avant de se rendre à la chaudière, l'eau du puits est élevée par une pompe Greindl dans un grand bassin de tôle d'un volume de 50 mètres cubes. Ce bassin est placé à une hauteur de 10 mètres et supporté par douze colonnes en fonte. C'est de ce réservoir que l'eau se rend à la chaudière; puis, en sortant du condenseur, elle retourne au moyen d'une seconde canalisation en aval du cours d'eau qui traverse l'usine.

Installations électriques. — Les installations électriques comportent un laboratoire de mesures et un éclairage électrique général.

Mesures électriques. — La salle des mesures électriques a été montée sous la direction d'un électricien distingué, M. Leblond, professeur d'électricité à l'École des défenses sous-marines de Boyardville.

L'ensemble des appareils qu'elle renferme est représenté par la figure 2.

Au milieu de la pièce se trouve un socle en pierre de taille scellé dans le sol et soustrait aux trépidations,

surmonté d'une pyramide de bois qui porte un galvanomètre Thomson à miroir. A ce galvanomètre aboutissent les fils des différents appareils de mesure établis dans la salle. Ces appareils sont fixés sur deux tables placées dans toute la longueur du laboratoire en

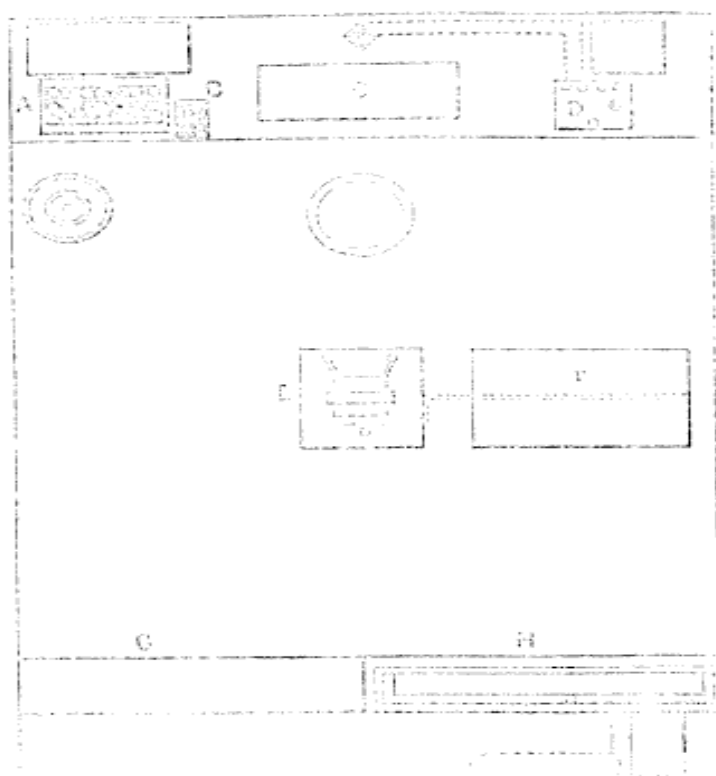


Fig. 2 — Plan du laboratoire. — A, pont de Wheatstone. — B, commutateur. — C, lampe et échelle. — E, galvanomètre. — G, machine d'essai pour la résistance à la rupture. — H, pont de Wheatstone. — I, boîte de résistance.

avant et en arrière du galvanomètre. Les fils sont isolés et renfermés dans des rainures pratiquées dans le parquet et sur les parois de la pyramide qui supporte le galvanomètre.

A chacun des appareils correspond un commutateur

double qui permet de lancer le courant dans les diverses directions. Au-dessus sont placés des cylindres à cannelures hélicoïdales, sur lesquels sont enroulés les fils soumis aux essais. La circonférence de ces cylindres est connue, le nombre de tours du fil permet d'en calculer immédiatement la longueur. Ce fil est lui-même placé sur une bobine tronconique, d'où il se déroule pour s'enrouler sur les cylindres cannelés.

De cette façon on peut aisément faire des essais sur de très grandes longueurs de fils et les utiliser de nouveau dans l'écheveau, auquel appartient le fil essayé. Pour cela il n'y a qu'à faire une opération contraire à la première et dérouler le cylindre pour l'enrouler sur la bobine tronconique comme il l'était auparavant.

En face du galvanomètre à miroir et à 0^m,60 au-dessus de l'une des tables, sur lesquelles sont placés les appareils, est fixée l'échelle graduée avec sa lampe; de cette manière l'opérateur peut lire les déviations du galvanomètre tout en restant placé en face de l'échelle graduée.

Les autres appareils sont des ponts de Wheatstone, boîtes de résistance, etc.

Les principales mesures faites dans ce laboratoire sont les mesures de la conductibilité des divers fils de cuivre, bronze silicieux ou phosphoreux, fers, acier, etc., etc.

Dans la même salle s'accomplissent aussi les mesures destinées à rechercher la résistance à la rupture des fils, leur degré d'allongement sur un poids donné,

le nombre de pliages qu'ils peuvent subir, etc., évaluations qui correspondent aux exigences des cahiers des charges de l'État et des Compagnies.

Éclairage électrique. — L'éclairage électrique de l'usine de M. Weiller a été installé par les soins de MM. Sautter et Lemonnier, constructeurs électriciens à Paris. En raison de l'activité qui règne dans l'usine, il fonctionne sans interruption depuis plusieurs mois et tout le monde s'en déclare satisfait, tant au point de vue de la lumière produite que de l'économie réalisée sur l'éclairage au gaz.

Les machines électriques sont au nombre de deux : l'une, type F (machine Gramme à électros-plats), alimente cinq régulateurs Gramme ; la deuxième est une petite machine Gramme qui met en action 15 lampes à incandescence Swan.

La force nécessaire pour la rotation des machines électriques est prise sur la transmission du moteur général qui se trouve dans la même pièce, comme on le voit sur notre plan général. L'arbre principal tourne à 100 tours et porte deux poulies : l'une de 0^m,96 qui correspond à la grande machine : l'autre de 0^m,81 correspondant à la petite.

Elles sont actionnées, comme l'indique la figure 3. et tournent la première à la vitesse de 1,300 tours avec une poulie de 20 centimètres, et la seconde à la vitesse de 2,000 tours avec une poulie de 10 centimètres.

En nous reportant au rapport déjà bien souvent cité

de MM. Allard, Joubert, Leblanc, Pothier et Tresca, nous trouvons que, à la vitesse de 496 tours, la machine F prend environ 8 chevaux et donne par régulateurs des intensités de 442 carcels horizontalement, 184 carcels maxima et 102 carcels moyenne sphérique,

Ici la force absorbée est un peu inférieure (5 à 6 chevaux) et le résultat photométrique doit aussi être un peu plus petit. Les lampes Swan ont une intensité individuelle de 1 bec carcel environ. La machine qui les alimente absorbe un cheval $1/2$. Les lampes Gramme

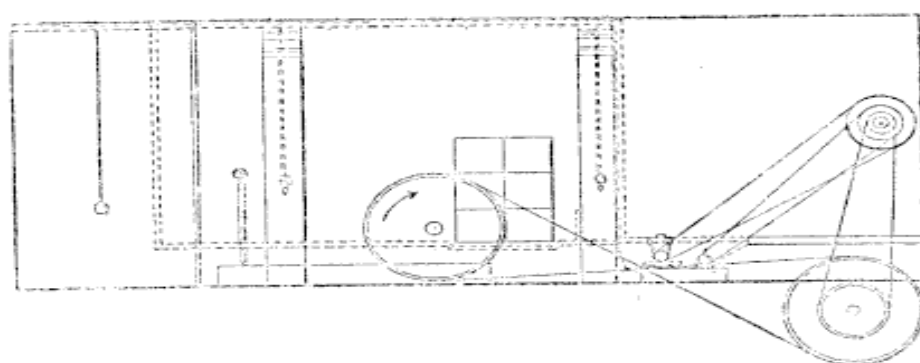


Fig. 3. — Disposition des transmissions pour la commande des machines dynamo-électriques.

exigent un courant de 16 ampères ; les lampes Swan, un courant de 32 ampères.

Répartition des foyers. — Les 5 lampes Gramme sont ainsi réparties : 1 dans la fonderie : 2 aux laminoirs ; 3 aux tréfileries.

La salle des machines contient 4 lampes Swan qui servent à son éclairage et qui fonctionnent aussi comme témoins permettant au mécanicien de juger de la marche des autres, qui sont réparties dans la salle des

mesures et dans les bureaux. Comme, par suite de l'emploi du moteur général, il pourrait se produire, suivant les efforts variables exercés par les outils, des variations assez considérables de vitesse, surtout dans la petite machine électrique, le circuit qui alimente les lampes à incandescence porte un commutateur de résistance qu'on règle à la main de façon à avoir une intensité lumineuse constante.

L'éclairage électrique produit un pouvoir éclairant total qu'on peut évaluer à 500 carcels pour les cinq régulateurs, 15 carcels pour les quinze Swan, soit 515.

Or, à Angoulême, le gaz coûte 0 fr. 37 le mètre cube. Si l'on compte qu'il donne 1 carcel pour un débit de 140 litres à l'heure, on aura pour la dépense horaire minima correspondant à ces 515 bees :

$$515 \times 0^m,140 \times 0 \text{ fr. } 37 = 2 \text{ fr. } 6677$$

Que coûte l'éclairage électrique?

Force motrice. — L'éclairage électrique prend environ 7 chevaux. Le moteur consomme moins de 1 kilo par cheval et par heure (900 grammes environ). La consommation est donc, à raison de 30 francs la tonne de :

$$\frac{0,900 \times 7 \times 30}{1000} = 0 \text{ fr. } 19.$$

La grande machine électrique est graissée 3 fois par jour et consomme au total un litre d'huile de 1 fr. 40. La machine fonctionnant douze heures par jour, le graissage coûte 0 fr. 091 par heure. Avec le graissage de la petite machine c'est environ 0 fr. 10.

Les crayons des régulateurs coûtent 1 fr. 60 le mètre. Les cinq lampes Gramme fonctionnent toute la nuit et on change les crayons toutes les sept heures. L'usure est de 0^m17 pour le charbon négatif, 0^m33 pour le positif, soit 0^m50 pour sept heures. La dépense correspondante par heure est donc

$$\text{de } \frac{0,50 \times 1,60 \times 5}{7} = 0 \text{ fr. } 57 \text{ pour les 5 lampes.}$$

Les petites lampes Swan coûtent 10 francs. Elles ont déjà duré trois cents heures, et, sur 43, deux seulement ont été remplacées. Si on les compte à une durée de 4000 heures (durée annoncée), la dépense horaire par lampe serait de 1 centime, soit 0 fr. 43 pour les 43.

Enfin, il faut compter pour la surveillance, un ouvrier employé à un autre service, dont le salaire par heure affecté à l'éclairage peut être évalué à 0 fr. 20.

Donc en résumé :

	fr.	c.
Force motrice	0	19
Graissage	0	10
Crayons	0	57
Lampes Swan	0	43
Surveillance	0	20
Ensemble	1	21



Contre 2 fr. 67 d'éclairage au gaz.

On voit que la marge d'économie est largement suffisante pour tenir compte de l'imprévu et de l'amortissement des frais de premier établissement.

Ces derniers frais se calculent comme suit :

1. — ÉCLAIRAGE PAR RÉGULATEURS

	francs
Machine Gramme F.	2.200
5 lampes à 300 francs	1.500
5 suspensions avec abat-jour et contrepoids . .	150
5 interrupteurs.	250
90 mètres de câble à 2 francs.	180
Une boîte d'accessoires comprenant :	
Balais de rechange, lunettes, bornes, serre-fils, etc..	100
Un compte-secondes	80
Un compte-tours.	45
Un ampère-mètre.	160
	4.765

2. — ÉCLAIRAGE A INCANDESCENCE

	francs
Une machine dynamo-électrique.	500
Chaque lampe avec supports nickelés et abat-jour opales à 58 francs, soit pour 15 lampes . . .	570
600 mètres de câble à 80 centimes	480
	1.550

Le prix d'achat total est donc de 6,315 francs auxquels il faut ajouter un millier de francs pour les frais d'installations, de transmissions, etc.

L'éclairage électrique a donc coûté 7,315 francs. Or, l'économie faite sur l'éclairage au gaz est de 1,46 par heure.

En comptant 300 jours de travail par an et une moyenne de 8 heures par jour, soit 2,400 heures par an, on voit qu'il suffirait de trois ans au maximum pour l'amortissement du matériel. Encore n'avons-

nous pas tenu compte dans nos calculs de l'amortissement du prix d'installation du gaz.

Ces calculs justifient largement le choix des appareils électriques que M. Weiller a fait pour l'éclairage de son usine.

Il y trouve économie, salubrité et facilité de travail.

CONCLUSION GÉNÉRALE.

De tout ce qui précède, il résulte que M. Lazare Weiller a créé de toutes pièces à Angoulême une industrie absolument nouvelle qui, fondée il y a deux ans à peine, a déjà donné des résultats techniques et industriels tout à fait remarquables.

Elle apporte au transport de l'électricité, quel qu'en soit le but, des facilités nouvelles et l'on ne peut nier que ce soit là un immense service rendu au moment où le rôle de l'électricité se développe au point qu'on pourra bientôt utiliser son concours dans tous les genres d'industrie.

Le fil, qui livre passage à ce fluide mystérieux, est de tout point assimilable aux rails des voies ferrées.

De même que ceux-ci permettent de transporter des milliers de voyageurs et de tonnes de marchandises avec une vitesse considérable, les fils combinés aux appareils transmetteurs les plus perfectionnés permettent de transmettre jusqu'à neuf mille mots par heure !

Et malgré ces satisfactions données au besoin de communication, ce besoin grandit tous les jours davantage.

Il est tel aujourd'hui que les lignes télégraphiques deviennent tout à fait insuffisantes. Les poteaux surchargés par un nombre considérable de fils ne peuvent

en recevoir davantage. Les fils de fer et d'acier, employés sous des diamètres de plus en plus torts, opposent aux transmissions une résistance impossible à diminuer sans une augmentation de poids qui rendrait impossibles les lignes de très grande longueur.

Le fil de bronze silicieux intervient donc à propos comme un auxiliaire des plus précieux et nous estimons que son invention peut être classée à bon droit parmi les plus remarquables et les plus utiles dans les applications industrielles de l'électricité.

VIII

VII. — APPAREILS DE TRANSMISSIONS TÉLÉGRAPHIQUES.

Nous avons plusieurs fois, au cours de ce travail, dit quelques mots des appareils télégraphiques à transmissions multiples. Nous reproduisons ci-après une notice relative au plus intéressant d'entre eux :

Division des réseaux télégraphiques en trois catégories de lignes. — Dans l'exploitation des réseaux télégraphiques, on distingue en général trois catégories de lignes :

1° Les lignes principales ou grandes artères qui relient entre eux les centres importants, les villes de premier ordre. Elles sont en petit nombre et doivent assurer l'écoulement du *quart* environ du nombre total des dépêches ;

2° Les lignes qui relient ces centres principaux aux villes de second ordre et ces villes de second ordre entre elles. Leur nombre est considérable et elles transmettent la *moitié* environ du nombre total des dépêches ;

3° Les fils qui relient les petits bureaux. Ils sont en très grand nombre et ils effectuent la transmission du *quart* du nombre total des dépêches.

Lignes de petit trafic. — Si on veut classer ces catégories par ordre de trafic, on peut dire que la première catégorie est constituée par les lignes de grand trafic, la seconde par les fils de moyen trafic, la troisième par les lignes de petit trafic.

Chacune de ces catégories de lignes est pourvue d'un outillage spécial d'appareils de transmission.

Si on prend l'exemple de l'exploitation du réseau français, les lignes de petit trafic sont desservies par l'appareil Morse. Cet appareil suffit largement, son rendement étant de 500 à 600 mots par heure.

Lignes de moyen trafic. — Pour les lignes de moyen trafic, on emploie assez généralement l'appareil Hughes ; mais, dans un certain nombre de cas, son rendement, qui est d'environ 1,400 à 1,500 mots à l'heure, est insuffisant et on est obligé d'augmenter le nombre des fils.

Lignes de grand trafic. — Enfin, pour les lignes de première catégorie, les lignes du grand trafic, on a recours aux appareils dits rapides ou perfectionnés et on fait concurremment usage du Hughes, du Morse automatique Wheatstone, du Morse multiple Meyer et enfin de *l'imprimeur multiple Baudot*.

Inconvénients résultant de la diversité des appareils. — On voit donc qu'il y a une grande diversité d'appareils, ce qui présente de graves inconvénients pour l'exploitation.

On comprend, en effet, que cette variété de matériel s'oppose à l'uniformité des installations. Elle est une cause d'encombrement dans les bureaux télégraphiques ; les tables sont forcément disposées de telle sorte qu'il y a de la place perdue ; il y a enfin des pertes de temps motivées par le passage d'un appareil à l'autre.

D'autre part, le recrutement et l'apprentissage professionnel du personnel manipulant est plus difficile et plus long : d'où résulte une augmentation de dépenses.

But poursuivi par M. Baudot. — Le but poursuivi par M. Baudot, dans ses recherches qui datent de dix ans, était de trouver *un appareil imprimeur rapide, d'un rendement supérieur aux autres et pouvant s'approprier aux exigences les plus diverses d'une exploitation.*

Ce but est aujourd'hui complètement atteint.

Transformation du premier type Baudot. — Tout le monde connaît l'appareil Baudot qui a figuré à l'Exposition universelle de 1878 et qui a valu à l'in-

venteur un grand prix et la croix de la Légion d'honneur. C'était un *appareil imprimeur à transmission multiple*. Il était très compliqué. De 1878 à 1881, l'inventeur n'a cessé de perfectionner son système et à l'Exposition internationale d'électricité de 1881, le premier type avait subi de telles modifications et même une telle transformation que les électriciens n'ont pas reconnu l'appareil primé de 1878.

Le modèle de 1881, qui à son tour a remporté un diplôme d'honneur, présentait encore une certaine complication. Cette complication était toutefois plus apparente que réelle. Au surplus, le mécanisme ne pouvait pas être tout à fait simple, puisque l'appareil avait une fonction très complexe à remplir, il était *sextuple*, c'est-à-dire qu'il servait à 6 transmissions par le même fil.

Résultats de l'expérience poursuivie pendant 3 ans en France. — La pratique a démontré l'excellence du système. Pendant 3 ans, l'Administration française l'a appliqué entre *Paris et Bordeaux* et *Paris et Lyon*; le succès de cette longue expérience a été tel qu'on l'a mis en service sur les lignes de *Paris-Lille*, *Paris-Le Havre*, *Lyon-Marseille*, *Marseille-Bordeaux* et enfin *Paris-Marseille*, avec relais à *Lyon*.

Le type employé est le *multiple quadruple*, sauf sur *Paris-Marseille* où il est *sextuple*.

Chaque fil peut donner avec le quadruple *six mille* mots à l'heure, avec le sextuple, jusqu'à *neuf mille* !

Mais il ne s'agit encore ici que de l'appareil multiple desservant les lignes de grand trafic, et, comme nous l'avons dit, M. Baudot voulait généraliser l'application de son système; il cherchait un appareil qui pût satisfaire à toutes les exigences, et tous les besoins des trafics les plus différents.

Il a réussi.

Baudot type. — Le dernier type créé réalise le programme de la manière la plus complète et la plus ingénieuse.

Baudot simple. — S'agit-il de desservir une ligne ordinaire, du moyen trafic? L'installation se compose d'un manipulateur et d'un récepteur. L'employé transmet *seul* et fournit un rendement d'environ *4,500 mots* à l'heure imprimés au départ et à l'arrivée en caractères typographiques d'une netteté parfaite.

Baudot duplex. — Le trafic de la ligne augmenté-il, une simple manœuvre de commutateur, et l'appareil est installé en *duplex*, prêt à fournir un rendement de *3,000 mots* à l'heure.

Baudot multiple. — Enfin, ce dernier rendement devient-il lui-même insuffisant, on n'a qu'à atteler,

qu'à grouper 2, 3, 4 et même 5 et 6 récepteurs autour d'un distributeur général, unique, pour constituer un système multiple permettant de fournir un rendement croissant et pouvant atteindre *neuf mille* mots à l'heure.

Baudot à transmission automatique. — M. Baudot s'est préoccupé enfin de donner satisfaction à un besoin tout particulier, à savoir, les exigences spéciales des dépêches de presse dont le nombre augmente sans cesse, et qui, dans certains pays, apportent un contingent considérable au trafic général.

Il a appliqué la transmission automatique à son système, et, sans qu'il soit rien changé au type du récepteur, l'appareil peut effectuer plusieurs expéditions d'une même dépêche, télégramme de presse, circulaire, etc.

Parallèle entre le Hughes et le Baudot. — Comparons maintenant le Baudot et l'appareil Hughes. En ce qui concerne l'apprentissage du personnel, il faut deux mois à peine pour former un agent manipulant au Baudot; pour le Hughes il faut un an au minimum.

La manipulation du Baudot est beaucoup moins fatigante; elle est facile, elle laisse absolument libres les yeux de l'employé, tandis qu'au Hughes, ses yeux vont constamment du clavier au pupitre et réciproquement.

En ce qui concerne l'entretien et les manœuvres dans le bureau, le Baudot est beaucoup moins encombrant, plus portatif. Il est incomparablement moins sujet aux dérangements que le Hughes. L'impression des caractères et l'avancement du papier s'effectuent sans ces chocs si désagréables et si nuisibles que l'on reproche avec raison à l'appareil Hughes. L'usure des différents organes est par suite moins grande.

Enfin au point de vue du fonctionnement de l'appareil, le Baudot a une supériorité indiscutable. Dans toutes les circonstances, et elles sont nombreuses, où le fil est troublé par un mélange ou influencé par les fils voisins, la marche du Baudot reste régulière alors que celle du Hughes est interrompue. Les variations du courant, cause de difficultés incessantes dans la transmission au Hughes, n'exerce qu'une influence presque négligeable sur le Baudot. Cela tient d'une part à la nature même de l'électro-aimant Hughes, et d'autre part à ce fait que le temps assigné à la fonction de l'électro-aimant récepteur du Baudot supporte certains écarts que le Hughes est incapable de supporter.

Parallèle entre les deux appareils montés en duplex. — Le Baudot se comporte merveilleusement en duplex au moyen de toutes les méthodes connues ; depuis plus de trois mois, il est en service dans ces conditions entre Paris et Bordeaux. On n'a constaté aucune interruption.

Le Hughes, au contraire, fonctionne difficilement en duplex, et encore ne peut-on essayer que sur les lignes

relativement courtes. Cela s'explique, d'ailleurs, pour les motifs exposés au précédent paragraphe.

Parallèle entre le Wheatstone et le Baudot multiple. — Si l'on compare le Baudot multiple au Wheatstone, on constate les avantages suivants: d'abord la nature du signal; le Baudot donne la dépêche en caractères typographiques que le destinataire peut lire immédiatement, le Wheatstone fournit la dépêche en caractères conventionnels, en langage Morse, qu'il faut traduire. De là des retards et des erreurs de traduction et de transcription. A l'exception de certains cas particuliers, tels que la transmission des dépêches de presse, des circulaires, la composition préalable dans le système Wheatstone, à l'aide de bandes préparées à l'avance est une cause de retards considérables. On la subit quand on a des besoins spéciaux à satisfaire, mais dans le service ordinaire, c'est un inconvénient grave.

Supériorité du système multiple sur les systèmes duplex, quadruplex, au point de vue de l'utilisation du travail du fil. — Il y a un autre point à mettre en relief, le voici : Un fil desservi en duplex par le Wheatstone, donne à peu près le même nombre de dépêches qu'un quadruple Baudot. Si donc le trafic était toujours égal dans les deux sens, un Wheatstone duplex vaudrait comme rendement un

quadruple Baudot mais cette égalité ne se rencontre presque jamais dans l'exploitation télégraphique. Prenons comme exemple la ligne de Paris-Lyon : Il y a beaucoup plus de travail de Lyon vers Paris qu'en sens contraire de 10 heures du matin à 2 heures de l'après-midi ; le soir, c'est l'inverse qui a lieu, on transmet 160 dépêches de Paris à Lyon alors qu'il ne s'en présente que 40 ou 50 de Lyon vers Paris. Le Baudot suffit et son rendement est utilisé complètement. Le Wheatstone ne suffirait pas et la capacité de transmission de Lyon vers Paris serait inutilisée à moitié du temps. Cette considération s'applique à tous les systèmes duplex, quadruplex, etc. ; elle est toute en faveur des systèmes multiples.

Parallèle entre le Meyer multiple et le Baudot multiple. — Enfin le parallèle entre le Meyer multiple et le Baudot multiple est sans conteste à l'avantage de ce dernier.

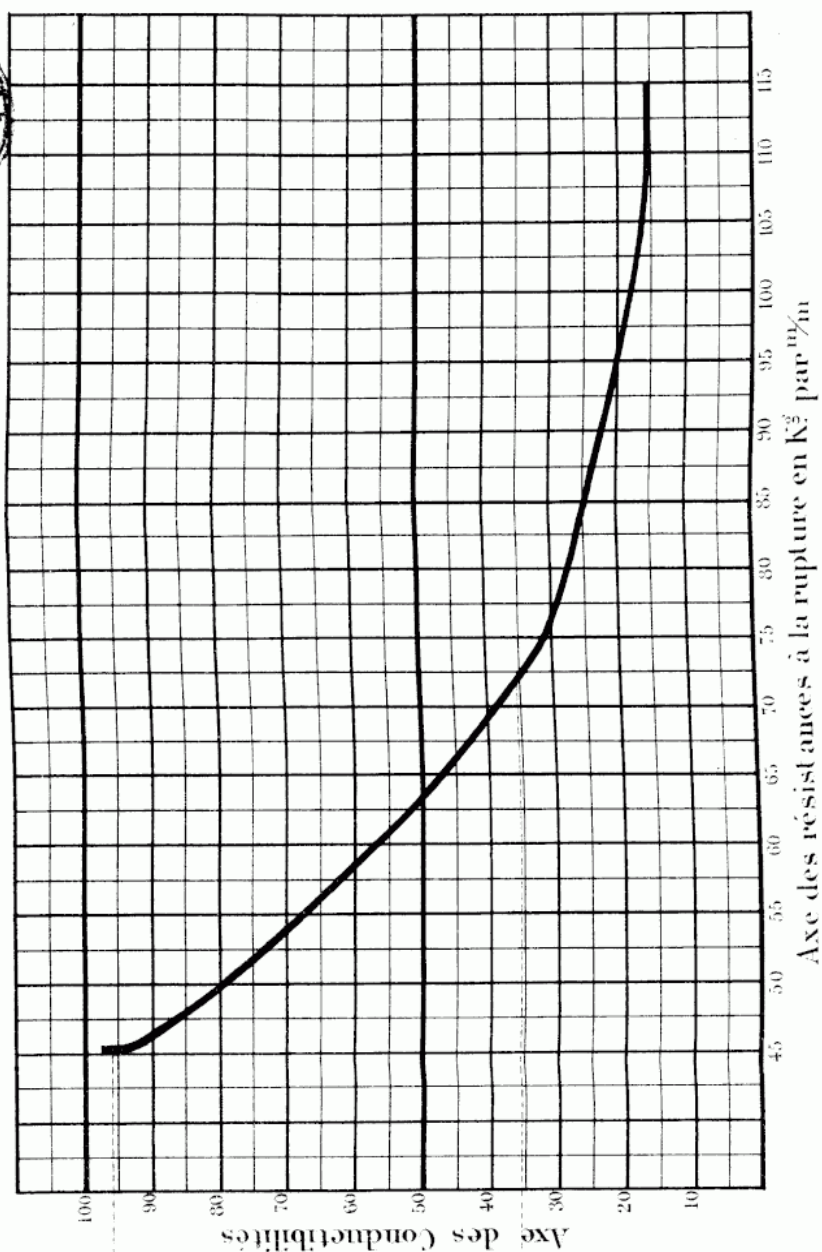
On peut répéter ici, au sujet de la supériorité du signal ce qui a été dit à propos du Wheatstone. Quant au rendement, on sait que le sextuple Meyer peut donner environ 5,000 mots à l'heure. Nous avons déjà vu que le Baudot peut atteindre le chiffre de 9,000 mots dans le même espace de temps.

Résumé. — On le voit donc, non-seulement les besoins si variés de l'exploitation télégraphique reçoivent complète satisfaction par le même type d'appareil, c'est-à-dire qu'on réalise à l'aide du Baudot le problème *de l'unification du matériel et de l'unification du personnel*, mais encore, dans chaque cas particulier, et suivant l'importance des trafics, on a à sa disposition un instrument d'une marche régulière et sûre, d'un rendement plus élevé que celui des autres appareils et qui présente en outre le précieux avantage d'utiliser toute la capacité de travail des agents manipulants.

TABLE DES MATIÈRES

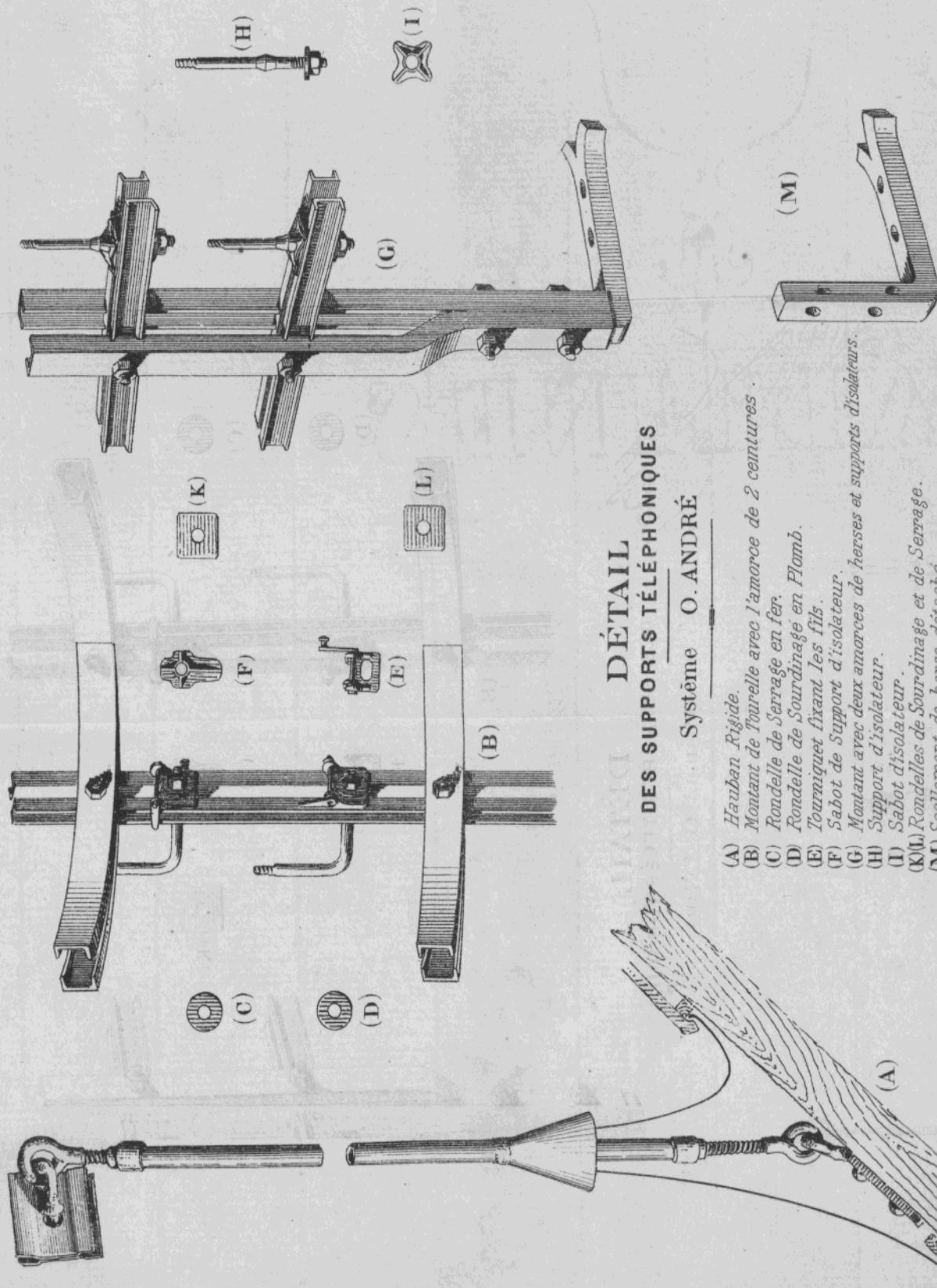
	Pages
I. — Des fils de bronze silicieux. — Conductibilité variable des divers cuivres. — Cuivres du commerce. — Pouvoirs conducteurs des cuivres de diverses provenances. — Influence des réducteurs sur les cuivres. — Influence des réducteurs sur les bronzes. — Substitution des fils de bronze aux fils de fer et d'acier. — Éléments des divers fils de bronze silicieux. — Table. — Comparaison avec les fils de cuivre, de fer et d'acier. — Pose des lignes. — Autres avantages des fils de bronze silicieux. — Variation de conductibilité avec la température	2
II. — De l'emploi des fils de bronze silicieux pour les lignes télégraphiques. — Lignes télégraphiques d'État. — Opinion de M. Preece. — Devis comparatifs. — Lignes télégraphiques internationales. — Télégraphie militaire. — Télégraphie sous-marine . .	49
III. — De l'emploi des fils de bronze silicieux pour les lignes téléphoniques. — Supports O. André. — Poteaux. — Herses. — Pièces communes aux poteaux et aux herses. — Supports d'isolateurs. — Haubans rigides. — Tourelle de concentration. — Matériel employé pour la pose des lignes aériennes. — Application au réseau de Reims.	29
IV. — Comparaison des fils silicieux avec les fils dits Compound.	40
V. — Application des fils silicieux au transport de la force par l'électricité.	43
VI. — Description de l'usine de M. Lazare Weiller. — Organisation générale. — Installations électriques. — Mesures électriques. — Éclairage électrique	45
VII. Conclusion générale	58
VIII. — Appareils de transmissions télégraphiques. — Division des réseaux télégraphiques en trois catégories de lignes. — Lignes de petit trafic. — Lignes de moyen trafic. — Lignes de grand trafic. — Inconvénients résultant de la diversité des appareils. — But poursuivi par M. Baudot. — Transformation du premier type Baudot. — Résultats de l'expérience poursuivie pendant trois ans en France. — Baudot type. — Baudot simple. — Baudot duplex. — Baudot multiple. — Baudot à transmission automatique. — Parallèle entre le Hughes et le Baudot. — Parallèle entre les deux appareils montés en duplex. — Parallèle entre le Wheatstone et le Baudot. — Supériorité du système multiple sur les systèmes duplex, quadruple, au point de vue de l'utilisation du travail du fil. — Parallèle entre le Meyer multiple et le Baudot multiple. Résumé.	60

COURBE DES CONDUCTIBILITÉS ÉLECTRIQUES DES FILS DE BRONZE SILICIEUX
CORRESPONDANT A LEUR RÉSISTANCE A LA RUPTURE



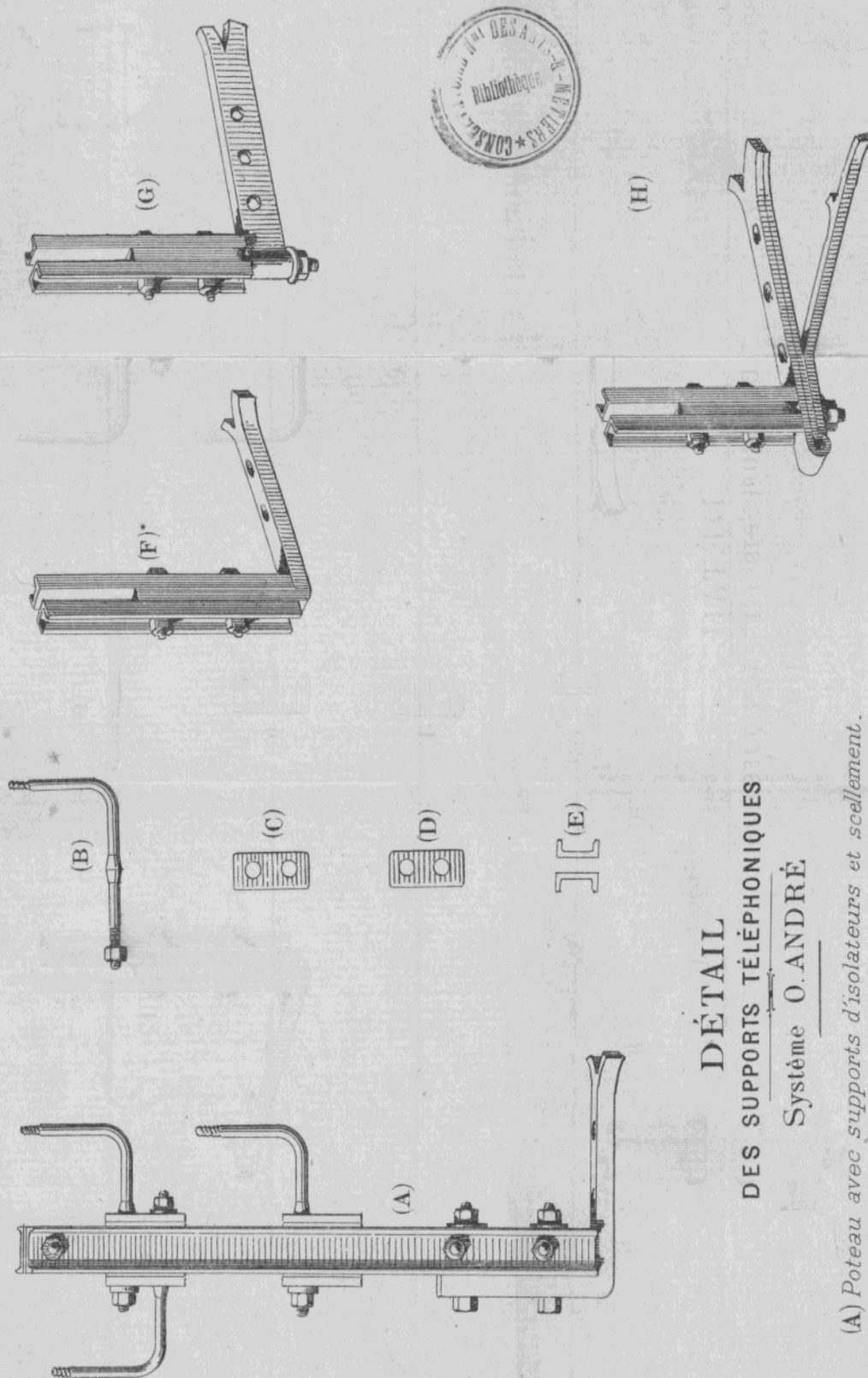
Fil employé pour les Télégraphes

Fil employé pour les Téléphones



DÉTAIL **DES SUPPORTS TÉLÉPHONIQUES** Système O. ANDRÉ

- (A) Hauban Rigide.
- (B) Montant de Tourelle avec l'amorce de 2 ceintures.
- (C) Rondelle de Serrage en fer.
- (D) Rondelle de Soudinage en Plomb.
- (E) Tourniquet fixant les fils.
- (F) Sabot de Support d'isolateur.
- (G) Montant avec deux amorces de herse et supports d'isolateurs.
- (H) Support d'isolateur.
- (I) Sabot d'isolateur.
- (K/L) Rondelles de Soudinage et de Serrage.
- (M) Scellement de herse détaché.



DÉTAIL DES SUPPORTS TÉLÉPHONIQUES Système O. ANDRÉ

- (A) Poteau avec supports d'isolateurs et scellement.
- (B) Support d'isolateur.
- (C) (D) Rondelles de serrage et de sourdine.
- (E) — Section des Poteaux.
- (F) (G) (H) Types de scellements.

VUE GÉNÉRALE D'UN RÉSEAU
TÉLÉPHONIQUE

Supports O. ANDRÉ

*Tourelle. — Herse. — Poteaux
Haubans. — Supports.*

