

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](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 possible 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)	Vincent, Julien (1822-1887)
Titre	Situation des lignes télégraphiques belges en 1859
Adresse	Bruxelles : B.-J. Van Dooren, imprimeur, 1859
Collation	1 vol. (102 p.-[1] f. de pl. dépl.) : ill., tabl. ; 24 cm
Nombre d'images	108
Cote	CNAM-BIB 8 Sar 595 (P.1)
Sujet(s)	Lignes télégraphiques -- Belgique -- 19e siècle
Thématique(s)	Technologies de l'information et de la communication
Typologie	Ouvrage
Note	Extrait de : "Annales des Travaux publics de Belgique", T. XVII,
Langue	Français
Date de mise en ligne	21/01/2021
Date de génération du PDF	20/01/2021
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8SAR595.1

SITUATION

DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES BELGES

EN 1859.

San 595

SITUATION

DES

LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES BELGES

EN 1859,

PAR **MR. J. VINCHENT,**

INGÉNIEUR EN CHEF DES TÉLÉGRAPHES.

EXTRAIT DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS DE BELGIQUE. — T. XVII.



BRUXELLES,

B.-J. VAN DOOREN, IMPRIMEUR, CHAUSSÉE DE WAVRE, 25.

—
1859.

SITUATION

DES

LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES BELGES

EN 1859.

Les *Annales des travaux publics* ont rendu compte de l'établissement des premières lignes télégraphiques belges (t. XIII, 1854).

En 1855, à l'occasion de l'exposition universelle de Paris, une revue des divers systèmes de télégraphie employés en Belgique et à l'étranger a paru dans le même recueil (t. XIV), avec les résultats pratiques d'une expérience comparative faite à Bruxelles pendant plusieurs années.

Depuis cette époque, le service télégraphique s'est amélioré dans ses détails, mais les procédés principaux sont restés les mêmes. Aucune invention réellement nouvelle n'a été consacrée par l'expérience ; aucune révolution n'a détrôné les trois éléments actifs de la télégraphie électro-magnétique, c'est-à-dire : les fils conducteurs en pair (suspendus sur poteaux), la pile voltaïque employée comme force motrice, et l'appareil *Morse* traçant sur une bande de papier des signaux composés de barres et de points.

Les lignes souterraines, les courants d'induction, les moteurs magnéto-électriques et les appareils imprimant en caractères ordinaires ont fait, et feront encore, l'objet de nombreux essais. Jusqu'à présent, les avantages que l'on peut en attendre sont compensés par des inconvénients pratiques dont le remède est encore à trouver.

En attendant qu'on le trouve, les recherches et les expériences poursuivies dans les divers services télégraphiques ont produit des résultats, moins importants peut-être, mais dont l'utilité est appréciée des praticiens.

Nous nous proposons d'examiner ici quelques-unes de ces améliorations, en rendant compte de la situation actuelle des lignes télégraphiques de notre pays.

Ces lignes s'étendaient, au 1^{er} janvier 1859, sur une longueur totale de 1,057 kilomètres.

Le développement total des fils conducteurs était, à la même époque, de 5,324 kilomètres.

Les lignes télégraphiques belges ont donc, en moyenne, plus de trois fils. Il y en a douze sur la section de Bruxelles à Malines.

Ces lignes ont été établies au moyen de quatre crédits spéciaux, s'élevant ensemble à la somme de 750,000 fr.

Un cinquième crédit, s'élevant à 226,000 fr., est alloué, par la loi du 27 mai 1859, pour l'extension de notre réseau. Les travaux auxquels il est destiné, et dont quelques-uns sont en voie d'exécution, ne sont pas compris dans le relevé dont nous nous occupons.

La dépense de 750,000 fr., effectuée pendant le cours de neuf exercices (1850 à 1858) a été répartie comme suit :

Fils conducteurs.	fr. 460,512 82
Appareils, locaux, mobilier . .	175,800 85
Lignes rachetées.	72,000 "
Approvisionnements en magasin	41,886 53
<hr/>	
TOTAL.	750,000 "

Les lignes rachetées sont :

1^o La ligne établie en 1846, de Bruxelles à Anvers, par une société concessionnaire. Le gouvernement l'a payée 60,000 fr., y compris les appareils et accessoires, les droits de brevet, etc.

2^o Deux fils établis par le gouvernement prussien, de Verviers à la frontière, en vertu de la première convention internationale (1850), qui fixait à Verviers le point de séparation entre les deux services.

En retranchant de la longueur totale des lignes belges et du développement des fils ce qui appartient aux deux parties rachetées, il reste :

Lignes,	998 kilomètres.
Fils,	5,118 id.

C'est à ce développement que correspond la dépense de fr. 460,512 82 pour fils conducteurs. Chaque kilomètre de ligne aurait coûté ainsi 462 fr., et chaque kilomètre de fils 148 fr., y compris les poteaux et accessoires, ainsi qu'une assez grande quantité de fils conducteurs en cuivre, enveloppés de gutta-percha, employés pour des lignes souterraines dans les villes, pour faire communiquer avec les fils en faire les appareils placés dans les bureaux, pour franchir les tunnels et les cours d'eau navigables.

Ces fils isolés ont coûté séparément fr. 44,274 10. En diminuant d'autant le coût total des fils conducteurs, il reste fr. 416,038 72 pour l'établissement des fils sur poteaux, dont le développement n'est plus que :

Lignes,	988 kilomètres.
Fils,	5,065 id.

La dépense moyenne serait donc 421 fr. par kilomètre de ligne sur poteaux, et 156 fr. par kilomètre de fils (poteaux compris).

D'après les évaluations qui terminaient notre travail de

1854 (t. XIII), le coût d'un kilomètre de poteaux, frais de transport et de plantation compris, variait de 75 à 125 fr., selon les cas; un kilomètre de fil, avec supports isolants, accessoires et placement, revenait à 94 fr. On peut donc admettre, sans se tromper de beaucoup, que les poteaux coûtent autant que chacun des fils. Cela étant, un kilomètre de ligne à un seul fil comprendra *deux* unités de dépense; une ligne à deux fils, *trois* unités et ainsi de suite.

Les fils en l'air établis par le gouvernement belge comprennent, outre 5,063 unités pour fils proprement dits, 988 kilomètres de poteaux, soit en tout 4,051 kilomètres ou unités.

Chaque kilomètre a coûté $\frac{416,058}{4,051}$ ou fr. 102,70.

C'est cette moyenne qu'il faut prendre pour comparer le coût de nos lignes avec la dépense faite dans d'autres pays. Elle se rapproche de l'estimation que fournissait la notice de 1854, d'après un examen détaillé de toutes les parties qui composent une ligne télégraphique.

Nous allons refaire ce travail, en suivant le même ordre, et en tenant compte des renseignements nouveaux que l'expérience nous a fait connaître.

FILS CONDUCTEURS.

Tous les fils conducteurs suspendus sur poteaux sont en fer. Ils sont généralement galvanisés au zinc. Certaines lignes de Suisse et d'Allemagne sont montées avec des fils non galvanisés. On allègue en faveur de cette simplification les motifs suivants :

1° L'oxydation s'arrête à la surface du fil, et la couche d'oxyde sert alors de préservatif contre toute altération ultérieure; il suffit donc d'augmenter le diamètre du fil dans une faible proportion;

2° Cette même couche d'oxyde contribue à isoler le fil en cas de contact avec des corps conducteurs ou humides.

Les fils de fer galvanisés ont subi victorieusement en Angleterre, en France et en Belgique, une épreuve de dix à quinze années. Il est douteux que les fils non galvanisés résistent aussi longtemps, à grosseur égale.

Les frais du *zingage* du fil de fer de 4^{mm} de diamètre, équivalant au quart de la valeur du fil brut, une augmentation de poids d'un quart, ou un diamètre de 4^{1/2} millimètres, coûterait autant que le zingage. Il faudrait donc supposer que l'oxydation ne pénètre pas à un quart de millimètre de la surface.

L'avantage cité, au point de vue de l'isolation, ne doit point exister aux supports, où le frottement détruit la couche d'oxyde. Il ne faut en tenir compte que dans les cas de contact accidentel (branches d'arbres, toiles d'araignées, etc.). Cet avantage est compensé par la difficulté de faire les raccordements, les soudures, et d'employer à de nouvelles installations le fil des lignes démontées.

Les contacts imparfaits, les résistances, qui sont beaucoup plus difficiles à découvrir et à corriger que les dérivations de courant, doivent se présenter plus fréquemment lorsqu'on emploie du fer exposé à l'oxydation.

Nous persistons à croire que le zingage est une opération utile.

Divers moyens ont été proposés pour vérifier la qualité du zingage. Les procédés basés sur l'analyse chimique sont trop délicats pour être pratiqués dans la réception. La méthode suivante, proposée par le docteur Pettenkofer de Munich, et appliquée au fil fourni en Bavière et dans d'autres États allemands, est à la portée de tous les magasins.

Un morceau du fil zingué en essai est trempé pendant dix secondes dans une dissolution de sulfate de cuivre au douzième. Cet espace de temps suffit pour que la surface du zinc se couvre d'un dépôt noir pulvérulent. Ce dépôt étant essuyé

avec du papier brouillard, on recommence l'opération jusqu'à ce que le dépôt apparaisse rouge et brillant au lieu d'être noir. A ce point de l'essai, tout le zinc est dissous, et c'est sur la surface du fer que le cuivre du sulfate s'attache à l'état métallique.

L'épaisseur de la couche de zinc est en raison directe du nombre d'immersions de dix secondes qu'il faut opérer pour la dissoudre. M. Pettenkofer a soumis à cet essai un échantillon de fil anglais qui a subi vingt-six immersions. Le meilleur fil bavarois, en 1848, n'en a subi que seize; c'est ce nombre qui a été prescrit dans les conditions de fourniture pour ce pays (¹).

L'administration des lignes télégraphiques de France a adopté ce moyen d'essai, en le simplifiant, et en rendant l'épreuve plus énergique. Il n'y a que quatre immersions, mais chacune d'elles doit durer une minute, et la dissolution de sulfate de cuivre est faite dans *cinq fois* son poids d'eau. Avant d'être soumis à l'immersion, les fils sont enroulés sur un cylindre de quatre centimètres de diamètre.

Cette dernière précaution est essentielle, car le fabricant pourrait, en refroidissant le bain de zinc, accumuler sur le fer une croûte non adhérente, qui, tout en résistant aux immersions, ne remplirait pas le but proposé. Les manutentions que le fil doit subir le dépouilleraient, en partie, de la couche préservatrice. Il faut donc essayer du fer qui a été manié, et, dans ces conditions, l'épreuve peut être considérée comme fort utile.

Jusqu'à présent elle n'a pas été imposée aux fournitures destinées aux télégraphes belges. Ces fournitures sont soumises aux conditions suivantes, que nous extrayons des cahiers des charges.

« Le fil sera conforme aux échantillons déposés au département des travaux publics, quant à la qualité du fer et au fini de la galvanisation.

(¹) *Annales de l'Union télégraphique austro-allemande*, Année 1857, p. 50.

» Il devra être en fer de première qualité, bien galvanisé au zinc, de manière que la couche d'alliage ne présente ni taches, ni gerçures, ni gouttelettes, ni solutions de continuité.

» Une longueur de *dix mètres* de fil n° 8 devra peser au moins *un kilogramme* et au plus *onze cents grammes*.
» La même longueur de fil n° 11 devra peser au moins *550 grammes*, et au plus *650 grammes*. Le diamètre ne pourra varier en dehors de ces limites.

» Le fil devra être recuit de manière à pouvoir être replié, à froid, autour d'un boulon de *7 millimètres*, et à être redressé ensuite sans se rompre.

» Chaque bout devra avoir la souplesse nécessaire pour former un joint conforme à l'échantillon, torsade pour le n° 8 et simple ligature pour le n° 11.

» Le fil n° 8 sera livré en bouts de *deux cents mètres* au moins. Il devra supporter, sans se rompre, un poids de *six cents kilogrammes*.

» Le fil n° 11 sera livré en bouts de *cent cinquante mètres*, au moins. Il devra supporter, sans se rompre, un poids de *quatre cents kilogrammes*. »

Ces conditions diffèrent, en quelques points, de celles de 1854. Au lieu de la tolérance de $\frac{15}{100}$ de millimètre en plus ou en moins, pour le diamètre du fil, des limites équivalentes ont été fixées, en poids, pour faciliter la vérification.

Le poids à supporter sans rupture par le fil n° 8 (4 millimètres) est maintenu à 600 kilogrammes. Dans la proportion des aires de résistance, le fil n° 11 (5 millimètres) devrait supporter 540 kilogrammes environ. L'épreuve de ce fil est portée à 400 kilogrammes, parce qu'il est souvent utilisé dans les villes, sur les routes ordinaires, où l'on réduit, autant que possible, le nombre des supports et où la ligne doit changer plus souvent de direction. Un fil moins lourd fatigue moins les poteaux placés aux angles; mais comme, en pareil cas, les portées sont plus longues et les

réparations plus difficiles, il importe de donner au fil le *maximum* de solidité. Aussi n'exige-t-on point qu'il soit recuit de manière à pouvoir se tordre. Les joints sont faits en tournant simplement chaque bout autour du corps de l'autre fil, et en soudant à l'étain entre les deux rouleaux.

Ce joint, qui conserve mieux la solidité du fil, est celui que l'on fait ordinairement, même au fil n° 8. On a conservé cependant, pour la réception, l'épreuve de la *torsade*, parce qu'il importe que le gros fil soit suffisamment maniable ; en exigeant simultanément une grande souplesse et une résistance de 600 kilogrammes, on s'assure une bonne qualité de fer.

En France, les fils sont réunis, aux extrémités, au moyen de petits manchons de fer galvanisé, forés de deux trous dans lesquels on engage les deux extrémités à raccorder. Au moyen de quelques coups de marteau, sur un rail ou sur une pierre, les bouts sont aplatis de manière à ne pouvoir se dégager du manchon.

Ce joint est solide, et rapidement fait ; il a l'inconvénient d'exiger un matériel accessoire, et de ne pas se prêter à une bonne soudure métallique, seul moyen d'éviter des résistances provenant de l'oxydation et des corps étrangers. Nous avons préféré jusqu'à présent un joint fait avec le fil même et une bonne soudure à l'étain.

Il faut avoir soin de déposer la soudure au milieu de la partie où les deux bouts sont réunis. Sinon, l'acide chlorhydrique employé, et le contact du fer chaud, ou de la lampe à souder, affaiblissent le fil près du joint. Depuis que nous prenons cette précaution, nous avons évité complètement les ruptures de fils près des joints, ruptures qui étaient assez fréquentes autrefois.

Le fil destiné aux lignes télégraphiques de l'État est fourni par adjudications publiques. Bien que les fils étrangers soient admis à ces adjudications, toutes les fournitures ont été faites par deux usines belges, dont les produits ont

étaient reconnus satisfaisants, tant à l'usage qu'aux épreuves préalables qu'exigent les cahiers des charges (¹).

Il a été fourni, de cette manière, de 1850 à 1858 inclus, 313,525 kilogrammes de fil n° 8, pour un prix total de fr. 497,055 46, soit, en moyenne, 650 fr. par 1,000 kilogrammes.

Il a été fourni également 31,786 kilogrammes de fil de fer n° 11, qui ont coûté ensemble fr. 20,514 73, soit, en moyenne, 645 fr. par 1,000 kilogrammes.

Ce sont les dernières adjudications qui ont donné les résultats les plus avantageux. Les fils de 3 et de 4 millimètres de diamètre, indistinctement, ont été livrés par l'industrie belge (galvanisation et transport compris) :

En 1858, à 499 fr. les 1,000 kilogrammes.

En 1859, à 444 fr. id. id.

(¹) Les procédés de galvanisation suivis par ces deux usines diffèrent par quelques détails. L'une d'elles nous a indiqué le procédé suivant :

Tirer le fil *clair*, c'est-à-dire le plonger, avant de tréfiler, dans un mélange d'eau, de bière fermentée, d'acide sulfurique et de sulfate de cuivre.

Après le dernier passage à la filière, décaper légèrement dans l'acide sulfurique très-étendu, et plonger ensuite dans un mélange d'eau, d'acide chlorhydrique et de chlorhydrate d'ammoniaque.

Placer sur un dévidoir le fil chargé de ce liquide ; le dérouler à travers un bain de zinc de première qualité ; l'enrouler sur un dévidoir en fer, après qu'il a passé dans une filière spéciale qui enlève le zinc en excès.

Le creuset a 0^m,90 de longueur dans le sens du fil, 0^m,45 de largeur. Le fond est arqué de manière à économiser l'espace ; la profondeur *maxima* est de 0^m,35.

Le fil de 4 millimètres de diamètre passe dans le bain avec une vitesse de 25 mètres par minute. Cette vitesse doit être augmentée à mesure que le diamètre diminue.

Le fil de 4 millimètres se charge de 2 à 3 p. c. de zinc en poids. Ce résultat peut varier avec la température, la vitesse de passage, la distance entre le bain et la filière de sortie, etc.

L'autre usine a trouvé avantage à se servir d'un bain de grande dimension ; la vitesse de passage du fil est réglée de manière à le charger de 4 p. c. de zinc ; (0^k,4 pour 100 mètres courants de fil de 4 millimètres). Les frais de galvanisation, dans ces conditions, entrent pour un cinquième dans le prix total du fil.

Tout porte à croire qu'en soumettant les fils à deux zingages successifs, on les chargerait d'une quantité de zinc suffisante pour résister aux épreuves suivies en Allemagne et en France, en obtenant l'adhérence voulue. De nouvelles expériences seront faites dans ces conditions.

Les fils télégraphiques suspendus sur poteaux sont d'un usage universel, en Russie comme dans l'Europe occidentale, dans l'Inde anglaise comme en Amérique. Ils résistent à tous les climats, et bravent la solitude des contrées nouvelles aussi bien que les populations les plus remuantes de la vieille Europe. Ils relient toutes les villes, et font partie de tous les paysages.

Jadis un naufragé, jeté sur une plage inconnue, se sentit rassuré à l'aspect d'une potence : « Il y a, près d'ici, des hommes civilisés », s'écria-t-il. De nos jours, les poteaux du télégraphe seraient, en pareil cas, un indice de civilisation aussi sûr, et d'un aspect plus riant. En suivant le fil conducteur, le voyageur égaré trouverait bien vite des secours, et, en même temps, le moyen de donner de ses nouvelles à ses amis.

Il est vrai que les fils en l'air sont exposés à de fréquents dérangements : à la gelée, à la brume, aux orages, à la malveillance.

Ces inconvénients sont beaucoup moins graves qu'on ne le croit au premier abord. Les brouillards humides, les orages, ne règnent que pendant une faible partie de l'année. Il en est de même des fortes gelées et des neiges assez abondantes pour interrompre les communications. Tout défaut est vite aperçu, vite réparé. Les actes de malveillance sont excessivement rares. Ils sont presque sans exemple dans notre pays.

Les lignes souterraines n'échappent pas entièrement aux influences qui viennent d'être citées. Elles coûtent très-cher; leur durée, d'après les expériences connues, semble limitée à un petit nombre d'années; les détériorations auxquelles elles sont exposées en interrompent complètement le service, dans la plupart des cas; enfin, les défauts sont difficiles à découvrir et coûteux à réparer.

Dans l'état actuel de la science télégraphique on ne peut employer les fils souterrains d'une manière générale, mais ils sont indispensables dans des cas déterminés, pour tra-

verser des rues, des cours d'eau, des tunnels, et enfin pour la télégraphie sous-marine. Cet emploi partiel, en nous obligeant à la recherche constante des procédés les plus sûrs, les plus durables et les plus économiques, nous fera peut-être découvrir le moyen d'établir plus tard, avantageusement, de longues lignes souterraines. Les expériences faites sur cette matière sont donc utiles à un double titre, et il est intéressant d'en rendre compte.

Les fils souterrains doivent être isolés, par une enveloppe spéciale, du milieu conducteur qui les environne. Parmi les matières essayées à cet effet, il en est trois qui ont été soumises à des expériences sérieuses : la *gutta-percha*, le *bitume* et le *caoutchouc*.

La notice que nous avons publiée en 1854 a fourni quelques détails sur les motifs qui ont fait rejeter la *gutta-percha* soufrée ou galvanisée, cause principale de la prompte destruction des premières lignes souterraines établies en Allemagne. Dès 1850 et 1851, les expérimentateurs anglais constataient que la *gutta-percha* aussi pure que possible, purgée d'air et d'eau, isole d'une manière parfaite, et offre plus de chances de durée.

Toutes les lignes sous-marines ont été établies avec des fils de cuivre recouverts d'une double couche de *gutta-percha* pure. Le câble de Calais à Douvres, qui date de 1854, et le câble d'Ostende à Douvres, posé en 1855, ont dû être réparés à différentes reprises, mais c'est par suite de lésions extérieures auxquelles la qualité de la matière isolante reste étrangère. Ces deux câbles sont restés intacts dans la plus grande partie de leur développement. La *gutta-percha* pure, convenablement protégée, dure donc au moins de six à huit ans.

A l'air, cette matière se crevasse et tombe en poussière. Il ne faut pas une année pour constater cet effet destructeur, attribué aux alternatives de chaleur et de froid, de sécheresse et d'humidité. Nous l'avons combattu avec succès en recouvrant

les fils de bandelettes d'étoffe de coton (percale écrue) imprégnées de goudron végétal. Il suffit de les enduire de goudron nouveau, une fois par année, lorsque la pluie a enlevé la première couche.

Ce genre de garniture est l'équivalent, avec moins de volume, du chanvre goudronné interposé, dans les câbles sous-marins, entre la gutta-percha et les fils de fer servant de protection extérieure.

La même expérience a réussi ailleurs et notamment en Angleterre et en France, où l'on recommande d'envelopper ainsi même les fils placés sous terre ou sous l'eau. Cette précaution n'est pas inutile. La gutta-percha des fils souterrains s'altère beaucoup moins rapidement que la même matière exposée à l'air. Elle s'altère cependant, ainsi qu'on peut le voir par l'exemple suivant :

En 1854, six fils souterrains ont été placés à Bruxelles, entre les stations du Nord et du Midi, sur une longueur de 3,800 mètres environ. Ce sont des fils de cuivre de 1^{mm},7 de diamètre (n° 46, jauge anglaise) recouverts d'une double couche de gutta-percha pure. L'épaisseur des deux couches ensemble est de 2 millimètres. Ces fils ont été enterrés à 0^m,75 de la surface du sol, dans des planchettes de sapin, creusées dans le sens de leur longueur, et recouvertes d'une peinture à base métallique. Les planchettes sont destinées non à préserver la gutta-percha de toute décomposition, mais seulement à protéger les fils contre le contact des corps durs et anguleux, les coups de pioche, etc. (¹).

Cette ligne, établie avec le plus grand soin, s'est conservée parfaitement bonne pendant cinq ans. Dans le courant de l'année 1859, deux fils successivement ont présenté une forte perte suivie d'une interruption de courant. Les recherches faites ont fait découvrir, dans une partie humide, de nom-

(¹) Voir, dans la notice de 1854, les motifs détaillés de la préférence accordée à cette disposition.

breuses crevasses à la couverture isolante. Sur deux ou trois points où les crevasses étaient plus profondes, le fil de cuivre était complètement détruit par l'oxydation. Il est à présumer que si les fils étaient laissés en cet état, ils deviendraient mauvais, l'un après l'autre et dans un court délai. Les influences qui s'exercent sur la gutta-percha exposée à l'air agissent donc aussi, quoique moins promptement, sur les fils enterrés.

Les six fils anciens, auxquels deux fils neufs devaient être adjoints, viennent d'être découverts sur toute leur longueur, enduits d'une couche de goudron végétal, recouverts tous ensemble d'une double bande de percale écrue et goudronnés de nouveau. Les planchettes se sont assez bien conservées, sauf dans les parties humides, où elles ont été trouvées pourries. On les a remplacées sur environ un dixième de la longueur de la ligne. Les neuf dixièmes qui ont été maintenus se conserveront encore pendant plusieurs années. Le temps nous apprendra si ces divers préservatifs sont suffisants.

La dépense est un élément important dans la question des lignes souterraines; il n'est pas inutile de noter ici, comme exemple, les frais d'établissement de la ligne dont nous venons de parler. En retranchant ce qui concerne la traversée d'un canal, et un embranchement accessoire, les six fils primitifs, installés sur une longueur de 5,800 mètres, ont donné lieu aux dépenses ci-après :

25,504 mètres courants de fils recouverts de gutta-percha à fr. 0,255 le mètre	fr. 5,942 52
Planchettes avec couvertures, peinture comprise,	
5,820 mètres courants, à fr. 0,88 le mètre.	5,561 60
Plomb pour envelopper les fils (coudes et égouts),	
285 kilog. à fr. 0,75 le kilog.	215 75
6,000 étiquettes en plomb pour marquer les fils,	
à 8 fr. les 100.	48 "

4 bornes d'épreuve en fonte, avec porte et serrure, à fr. 60.	240	"
24 presse-contacts en cuivre pour jonctions dans les bornes, à fr. 1	24	"
Sable pour repaver.	22	50
PRIX TOTAL DES MATERIAUX. . .		fr. 9,852 57

Main-d'œuvre :

Cont.-mait. et poseurs pour la surveillance, 180 "
Terrassiers et paveurs pour la tranchée (1), 1,165 40

TOTAL DE LA MAIN D'OEUVRE. . . .	fr. 1,545 10
DÉPENSE TOTALE. . .	fr. 11,495 47

La dépense par 1,000 mètres d'une ligne semblable serait donc $\frac{11,49547}{5,8}$ ou fr. 2,946. Mais, si elle était à refaire, on emploierait des fils recouverts de coton goudronné. Les essais que nous avons faits récemment dans ce genre d'ouvrage, nous permettent d'en évaluer la dépense comme suit, pour 1,000 mètres de fil :

1,000 mètres courants de fil couvert de gutta-percha, à fr. 0,285 (2)	fr. 285	"
900 bandes de percale écrue de 1 ^m ,50 de longueur sur 0 ^m ,055 de largeur, à fr. 0,04	56	"
Fil de chanvre ou de lin pour ligatures.	6	50
Goudron : 25 kilogrammes, à fr. 0,50	7	50
Main-d'œuvre : 50 journées (15 jours, deux ouvriers), à fr. 1,80	54	"
TOTAL. . .		fr. 589 "

(1) On n'a rencontré de pavé que sur un quart environ de la longueur.

(2) Le prix de la gutta-percha est augmenté depuis 1854. En 1859, le fil de cuivre n° 16, recouvert d'une double couche de 2 millimètres d'épaisseur, et fourni par une usine de Londres, revient à 285 fr. les mille mètres, rendus à Anvers.

Dans l'évaluation qui précède, le fil devrait donc être compté à fr. 0,589 le mètre courant au lieu de fr. 0,255, ce qui augmenterait la dépense totale de fr. 3,122 74, et porterait à 5,767 fr. la dépense par kilomètre.

Six fils, sur poteaux, reviendraient par kilomètre à fr. 402,70 \times 7 ou fr. 718 90, c'est-à-dire le cinquième environ du coût des fils souterrains.

Il faut remarquer que notre devis de ligne souterraine correspond aux conditions les plus économiques. En Angleterre, et surtout dans les villes, les fils télégraphiques souterrains sont protégés par des tubes en fer. Comme il est difficile de passer les fils dans les tubes, et que ce genre de manutention détériore l'enveloppe isolante, on a imaginé de faire couler les tubes en deux parties. La fig. 4, pl. IV, présente un spécimen de cette disposition, conforme aux tuyaux que nous avons fait couler en Belgique pour y renfermer deux fils, ou trois au plus, avec leur garniture de coton goudronné. Les tuyaux doubles de ce modèle reviennent à fr. 4,50 par mètre courant. Pour six fils, ils coûteraient sans doute fr. 2,20 au lieu des 88 centimes portés à l'évaluation pour les planchettes. Il y aurait à ajouter encore, de ce chef, 4,520 fr. par kilomètre.

Les détails qui précèdent justifient les recherches faites pour substituer à la gutta-percha une matière isolante plus durable, et, s'il était possible, moins coûteuse.

L'application la plus remarquable sous ce rapport a été faite par l'administration des lignes télégraphiques de France, à Paris et à Bordeaux. Des fils de fer galvanisé, noyés dans le bitume ou l'asphalte, ont été placés sous les rues de ces deux villes, et l'on en a obtenu des résultats assez satisfaisants.

Une description détaillée du procédé suivi a été publiée dans les *Annales télégraphiques françaises* (juillet et août 1853). Dans un nouvel article du même recueil (janvier-février 1859), M. l'inspecteur Émile Saigey rend compte des résultats obtenus. Les ingénieurs qui voudront faire des expériences du

même genre feront bien de lire en entier ces intéressants articles. Nous nous contenterons d'en extraire les faits principaux.

La première ligne a été établie, dans les rues de Paris, en juillet 1855. Elle se compose de fils de fer galvanisé de 4 millimètres de diamètre, tendus dans la tranchée, maintenus à un écartement de 27 millimètres au moyen de peignes en fonte d'une construction particulière, et que l'on retirait en noyant les fils dans un mastic de bitume composé comme suit :

Asphalte de Seyssel ou du Val-de-Travers	58 ^k ,750
Bitume épuré de Bastennes	7 ,240
Gravier lavé et séché	54 ,010
	<hr/>
	100 ^k ,000

Cette ligne fonctionne depuis quatre ans sans avoir eu besoin d'aucune réparation. Il en est de même d'une ligne établie à Bordeaux en décembre 1855.

La ligne à six fils, d'après ce système, coûte fr. 4,77 par mètre courant, en laissant de côté les travaux de tranchée. Ces travaux ayant coûté 51 centimes par mètre courant, dans la ligne souterraine de Bruxelles, nous pouvons comparer les deux dépenses :

Six fils dans le bitume, par kilomètre	fr. 5,080
Six fils en gutta-percha	2,946
Id. id. garnis et goudronnés.	5,767
Id. id. id. en substituant aux planchettes en bois des tuyaux de fonte.	5,087

L'isolation par la gutta-percha est donc plus économique ; dans les conditions les plus coûteuses, et avec le plus grand luxe de précautions, il dépasse légèrement les frais des lignes en bitume. Tout porte à croire qu'il offre au moins autant de garanties.

En effet, on a essayé, à Paris, de réduire le coût des lignes en bitume :

1° En employant du fil de 3 millimètres au lieu de 4;

2° En réduisant à 17 millimètres l'espacement des fils;

Les prix, toujours déduction faite des travaux de tranchée, étaient :

Bloc de 28 fils, par mètre courant.	fr. 7	"
Id. 20 fils, id.	5	20
Id. 15 fils, id.	5	"

En suivant le même taux de réduction, une ligne à six fils, d'après ce système, aurait coûté environ fr. 3,70 par mètre courant, soit, avec les frais de tranchée, 4,000 fr. par kilomètre.

C'est plus cher que la gutta-percha sans garniture goudronnée, qui a duré cinq ans. La ligne établie à Paris en octobre 1857 a présenté, dès le commencement, des défectuosités graves qu'une réparation faite en 1858 n'a pas entièrement corrigées. M. l'inspecteur Saigey, en rendant compte de ce résultat, conseille de revenir à l'espacement de 27 millimètres; d'employer, au lieu de fils de fer nus, des fils recouverts d'une enveloppe de coton; d'user enfin de moyens préservatifs dans le voisinage des conduites de gaz et dans les terrains calcaires.

Dans l'état actuel de la question, les lignes télégraphiques en bitume sont donc plus coûteuses que les fils isolés par la gutta-percha. Rien ne prouve qu'elles soient plus durables. Les recherches et les réparations — cette pierre d'achoppement dans le système souterrain — doivent être beaucoup plus difficiles dans les lignes en bitume.

L'expérience intéressante faite par l'administration française en peut être considérée comme décisive; il faut attendre, avant de remplacer la gutta-percha par le bitume, que les lignes établies en 1855 aient fonctionné plus longtemps.

Nous ne parlerons que pour mémoire du projet de se servir du caoutchouc pour isoler les fils sous-marins. La prompte destruction du câble transatlantique placé en 1858, attribuée

en partie à l'insuffisance de la gutta-percha, et à la pression qu'elle doit subir dans les grandes profondeurs, a réveillé les espérances de quelques expérimentateurs qui assurent avoir laissé dans la mer, depuis une dizaine d'années, des fils recouverts de caoutchouc, et y avoir constaté un isolement parfait, à toute époque.

Nous avons reçu quelques échantillons de ce procédé. Le caoutchouc entoure le fil de cuivre sous forme de ruban en hélice, dont les bords sont soudés à chaud. Il est difficile de croire qu'une fabrication courante, d'après ce système, évite complètement des pertes de courant. Cependant, comme l'expérience n'a pas prononcé, il faut suspendre tout jugement.

On peut conclure des renseignements précédents, que la double couverture de gutta-percha est, jusqu'à présent, la meilleure solution du problème dont nous nous occupons ; que les détériorations que lui font subir les agents extérieurs sont prévenues, ou, du moins, considérablement retardées, par une enveloppe de matière ligneuse, imprégnée de créosote ou de goudron végétal.

Ces deux points réglés, il reste à s'occuper, au point de vue de l'efficacité et de la dépense, des moyens de protéger les fils isolés contre les chocs, les frottements, et, en général, les causes mécaniques de destruction auxquelles ils sont exposés.

Ces moyens sont :

Le chanvre tordu ou tressé ;

Le bois ;

Le plomb ;

Les tuyaux en fer de fonte ;

Les fils de fer sous forme de câble ;

Le ciment.

On songe au chanvre tressé pour le câble transatlantique qui va servir à une nouvelle et prochaine tentative. Le fil de fer donne au câble un trop grand poids. Le câble transatlantique

tique immergé en 1858⁽¹⁾ pesait une tonne par mille anglais de longueur (environ 630 kilogrammes par kilomètre). La substitution du chanvre au fer permettrait de réduire le poids à 550 ou 400 kilogrammes par mille, sans diminuer sensiblement la résistance à la rupture.

La torsion sous forme de câble a l'inconvénient de former des coques pendant la pose. La garniture en chanvre serait tressée de manière à éviter cet inconvénient.

Enfin, les ingénieurs qui s'occupent de cette entreprise comptent que le chanvre résistera plus longtemps que le fer à l'action de l'eau salée, et que le fil conducteur ne sera plus soumis, du moins avec autant d'intensité, aux courants d'induction.

Il est probable qu'une enveloppe de chanvre présentera des avantages dans les grandes profondeurs de l'Océan, qui, sur le parcours suivi en 1858, dépassent quelquefois 4,500 mètres.

Sous terre et dans des cours d'eau de faible largeur, où le câble est plus exposé aux mouvements, aux frottements, aux animaux rongeurs, une enveloppe plus solide doit être préférée au chanvre.

⁽¹⁾ Le public recherchait avec avidité les détails donnés par la presse périodique sur l'immersion du télégraphe transatlantique et les expériences auxquelles cette tentative a donné lieu. Les renseignements contradictoires que l'on a lus à ce sujet ont fait croire à quelques personnes que la communication télégraphique n'a pas existé un seul instant à travers l'Océan. Nous ne sommes pas assez bien informés pour rectifier ce qui est inexact, et confirmer ce qui est vrai; mais tous les renseignements qui nous sont parvenus maintenant comme authentique la transmission du message de la reine d'Angleterre, de la réponse du président des États-Unis, et même d'un télégramme destiné à contremander un envoi de troupes du Canada pour l'Inde.

La correspondance a été possible, mais à intervalles irréguliers, du 5 août au 4 septembre 1858. Les signaux étaient reçus, non dans un appareil-Morse ordinaire, mais dans un galvanomètre très sensible. Un agent qui surveillait attentivement les mouvements de cet instrument, les reproduisait sur place au moyen d'un manipulateur ordinaire. Les essais, pendant les 50 jours, ont été continuels, mais ils ne réussissaient guère qu'un jour sur trois. On a fini par employer une pile de 600 éléments, qui a contribué sans doute à détruire l'isolation.

Le bois de sapin employé, comme à Bruxelles et à Anvers, depuis 1854, en planchettes creusées pour abriter les fils, est d'un usage facile et économique. Enterré à 75 centimètres de profondeur, dans un sol peu perméable, il doit résister très-longtemps, surtout s'il est préalablement injecté de sulfate de cuivre. C'est un des moyens à conseiller pour les lignes souterraines.

Nous avons vu plus haut que ces planchettes, avec leurs couvertures, et deux couches de peinture à base métallique, reviennent à 88 centimes par mètre courant. On leur donne de 4 à 5 mètres de longueur.

Le plomb a été fréquemment essayé, soit comme enveloppe de chaque fil séparé : on lui donne environ 4 millimètre d'épaisseur ; soit comme tuyau de 2 à 4 millimètres d'épaisseur, renfermant tous les fils d'une ligne.

On ne peut le conseiller, sous aucune de ces deux formes, pour les lignes souterraines. Le plomb ne résiste pas assez aux chocs, aux coups de pioche, à la pression des corps anguleux, pierres tranchantes, etc. En outre, il s'altère par le contact des matières calcaires.

L'enveloppe en plomb, pour chaque fil en augmente le prix de 22 centimes par mètre courant. Elle est utile dans les tunnels, lorsque les fils ne sont pas entourés de ciment, mais seulement protégés par une planchette goudronnée. Elle préserve alors la gutta-percha des alternatives de chaleur et d'humidité.

Un tuyau en plomb pour six fils pèse environ 5⁴ par mètre et coûte fr. 2,25 pour la même longueur. On peut l'utiliser pour la traversée des cours d'eau, en le protégeant par des manchons en fonte dans les parties où il pourrait recevoir des coups de gaffe. Il faut trouver moyen d'y faire passer les fils sans l'ouvrir de place en place. On peut y chasser une cordelette légère attachée à un tampon derrière lequel on foule l'air (système du chemin de fer atmosphérique). Si la cordelette n'est pas assez solide pour tirer les fils de gutta-percha,

elle sert à amener dans le tube un fil de fer assez gros pour remplir cet office. A défaut de pompe pour fouler l'air sur les lieux, nous avons négligé cette précaution, et les ouvertures faites aux tuyaux diminueront la durée des fils. Toutefois, cette disposition, évaluée, dans la notice de 1854, à fr. 490 pour huit fils sur 100 mètres de longueur, nous a rendu de très-bons services.

Il faut avoir soin de recouvrir de coton goudronné les bouts de gutta-percha qui sortent du tuyau en plomb. Une fois pour toutes, cette précaution est absolument indispensable aux fils exposés à l'air.

Lorsque, dans une ligne souterraine garnie de *bois*, il faut faire suivre une courbe aux fils pour franchir un obstacle, un coude, etc., on peut se servir exceptionnellement de plomb en feuilles dont on entoure les fils. L'épaisseur et la largeur sont réglées d'après les circonstances.

Les tuyaux en fonte, en deux parties, sont excellents pour les lignes souterraines.

La fig. 4 en donne un modèle très-commode, dont nous avons dit le prix (fr. 4,50 par mètre courant, pour deux ou trois fils).

De même que le bois, ces tuyaux ne garantissent pas la gutta-percha contre les actions décomposantes. Il faut donc qu'elle soit garnie de coton goudronné.

Les *câbles* avec armature en fils de fer sont préférables à toute autre disposition pour la traversée des cours d'eau. Nous en avons un échantillon, fabriqué en Belgique, placé dans la Nèthe depuis 1852, et qui est resté en parfait état. A cette époque les câbles coûtaient 6 fr. à fr. 6,50 par mètre courant pour quatre ou cinq fils. Depuis, cette fabrication est devenue courante, notamment en Angleterre, d'où nous avons reçu des câbles à sept fils ne coûtant que fr. 2,50 par mètre. Il est vrai que les sept fils, noyés en hélice dans un cylindre en gutta-percha de 12 millimètres de diamètre, étaient fort rapprochés, et très-exposés aux contacts, mais l'exécution était

parfaite. La gutta-percha était renfermée dans une enveloppe en plomb, et celle-ci était protégée par des bandelettes de fer galvanisé formant deux couches de $\frac{5}{4}$ de millimètre chacune.

Nous avons placé un certain nombre de ces petits câbles, qui se sont bien conservés. Mais les fils sont si minces et si rapprochés, que les soudures, les jonctions sont difficiles et peu durables. Nous y avons renoncé, parce qu'il faut renoncer à toute économie qui diminue les garanties de solidité et de régularité exigées dans le service télégraphique.

Il vaut mieux, pour franchir les cours d'eau, revenir au système des premières lignes sous-marines : des fils recouverts chacun de leur double couche de gutta-percha, enveloppés de chanvre goudronné, et protégés par de gros fils de fer.

Voici les prix, en Angleterre, d'après le nombre de fils :

PAR MÈTRE COURANT.

	Câbles ordinaires.	Câbles très-solides.	
	FR. C.	FR. C.	
Un fil conducteur.	1 25	1 60	
Deux id.	1 87	2 50	
Trois id.	2 50	3 12	
Quatre id.	5 60	4 70	
Cinq id.	4 57	5 43	
Six id.	5 45	6 23	

Le ciment peut être employé très-avantageusement pour protéger des fils télégraphiques, spécialement dans les tunnels. Lorsqu'il est possible de creuser, le long de la voûte ou d'un piédroit, une rainure longitudinale de 6 à 8 centimètres de largeur et de profondeur, on enduit cette rainure d'une couche de ciment sur laquelle on pose les fils, que l'on recouvre d'une seconde couche. Dans cette disposition, il est inutile de recouvrir chaque fil de plomb ou de coton goudronné ; il suffit de garnir les extrémités sortant du tunnel pour rejoindre les fils en l'air.

Dans l'article déjà cité des *Annales télégraphiques* de France, M. Saigey rend compte d'une application du ciment à une ligne souterraine de 1,250 mètres de longueur, établie à Dijon depuis quelques mois. Nous reproduirons un extrait de cet article :

« Le ciment employé est extrait de Venarey, près Montbard. La roche, avant la cuisson, a la composition suivante :

Argile	290
Carbonate de chaux	276
{ acide carbonique	
{ chaux	552
Eau	47
Oxyde de fer et divers.	55
	—
	4,000

» Après la cuisson, la poudre est composée ainsi qu'il suit :

Silice	242
Alumine	67
Peroxyde de fer	57
Chaux.	601
Magnésie.	18
Eau et acide carbonique.	45
	—
	4,000

» Au fond de la tranchée, on étend une couche de sable fin, puis on aligne de longues règles, que l'on maintient à la distance voulue au moyen de traverses en bois et de presses dites *sergents*. Un calibre ou guide en bois, qui glisse entre les règles, et dans lequel sont enfilés les câbles (¹), régularise leur espacement. On coule le ciment sous forme d'une bouillie liquide, qui se fige au bout de deux ou trois minutes. Le prisme se construit ainsi suc-

(¹) Ces câbles sont composés de trois à sept fils de cuivre et guita-percha couverts de coton goudronné, et sans armature métallique.

» sivement, sans aucune soudure, et les câbles se trouvent empâtés dans une masse qui durcit rapidement. Deux ouvriers suffisent pour construire le prisme. On leur apporte le ciment en bouillie dans des seaux, et quatre gâcheurs sont occupés à le fournir. Il faut une grande précision dans la gâchée et dans la manœuvre, car la pâte se prend très-vite.

» Le prix de revient, par mètre linéaire de la garniture en ciment est le suivant. Je laisse de côté, comme je l'ai fait jusqu'ici, le prix de la tranchée :

» 1° 60 kilogrammes de ciment, à 5 fr. les 100 kilog., y compris : transport, droits d'entrée, etc.	fr. 5	»
» 2° Sable fin, tamisé et lavé, pour faire le lit dans la tranchée		» 50
» 3° Main-d'œuvre pour établissement des câbles, et fabrication du prisme, y compris tous frais d'outillage, de règles, etc.		4 20
» TOTAL PAR MÈTRE LINÉAIRE. . . fr.		4 50

» La ligne de Dijon étant encore en cours d'exécution, on ne peut se prononcer expérimentalement sur la valeur de cet essai. Le résultat sera bon sans doute. Les fendillements qui pourront se produire dans la masse du ciment ne compromettent en rien l'isolement des fils. Le seul danger est qu'ils ne fassent rompre intérieurement les brins de cuivre.

» Dans le procédé que nous venons de décrire, le ciment n'agit guère comme substance isolante. Il agit, d'une part, comme préservatif matériel, en défendant les câbles contre les chocs et les accidents grossiers ; d'autre part, il est utile en vertu de la propriété que possède la chaux de conserver les matières organiques, soit qu'elle agisse chimiquement, soit qu'elle ne serve qu'à écarter les vers et les insectes. Mais le ciment pourrait-il à lui seul produire l'isolement d'une manière permanente ? J'en doute. Lors même qu'il n'est pas fendillé, il est poreux. Quelques expériences di-

rectes, faites, il est vrai, très-rapidement, m'ont engagé à ne pas compter sur ce mode d'isolement. Cependant, plusieurs personnes l'ont recommandé. Pour expérimenter à loisir, et d'une façon décisive, on place dans la ligne de Dijon deux fils nus, un fil de fer galvanisé de 4 millimètres, et un fil de cuivre rouge recuit de 2 millimètres (¹).»

De même que les lignes souterraines en bitume, l'essai dont nous venons de reproduire la description est fort intéressant, mais ses résultats ne seront connus que dans plusieurs années.

Nous avons rendu compte, d'une manière succincte, de l'état d'une question dont la solution définitive n'est pas prochaine. Comme conclusion provisoire, énonçons, d'après l'ensemble de nos renseignements, ce que nous préférons :

4° Pour l'ensemble des lignes télégraphiques, savoir : le long des chemins de fer, des routes et des canaux, *les fils de fer galvanisés, suspendus sur poteaux*.

2° Dans les villes, lorsque la localité ne se prête pas aux fils suspendus, *les fils de cuivre avec double couverture de gutta-percha, enveloppés de coton goudronné, et renfermés sous terre dans des tuyaux en fonte, divisés longitudinalement*.

3° Dans les cours d'eau à traverser, lorsque les mâts des navires sont élevés de plus de dix mètres au-dessus du niveau du sol, des *câbles* du modèle adopté pour les lignes sous-marines de Calais, d'Ostende, etc.

4° Dans les tunnels, des fils de cuivre et gutta-percha, *cimentés dans une rainure, les extrémités sortant de la voûte étant garnies de coton goudronné. Lorsqu'il n'est pas possible de tailler la rainure dans la paroi intérieure du tunnel, prendre des fils couverts de plomb, que l'on fixe dans des planchettes en bois goudronné*.

5° Pour joindre les appareils de chaque bureau aux fils

(¹) *Annales télégraphiques de France*, t. II, livraison de janvier-février 1859. Paris, Delmont et Dunod, éditeurs.

suspendus le long du bâtiment, *des fils de cuivre et gutta-percha*, aussi forts que ceux des lignes souterraines, et bien garnis de coton. On peut en faire un seul câble, que l'on recouvre alors d'une cordelette de chanvre goudronné.

POTEAUX.

La notice publiée en 1854 contient des détails circonstanciés sur les poteaux télégraphiques placés en Belgique jusqu'à cette époque, et sur le mode de préparation appliquée à la plupart d'entre eux, d'après le procédé Boucherie (injection de sulfate de cuivre).

Quelques lignes de peu d'étendue ont été montées avec des poteaux non préparés. On voulait éviter les frais d'un chantier de préparation pour des quantités relativement faibles, et il était intéressant, d'ailleurs, d'essayer si les brins de sapin, bien choisis, *charbonnés* à la surface dans la partie inférieure et enduits d'une peinture à base métallique, résisteraient assez longtemps à la décomposition.

L'expérience, qui n'avait pas duré assez longtemps en 1854, peut être considérée comme décisive à l'époque où nous écrivons. Les poteaux non préparés durent de trois à cinq ans. Après ce laps de temps, ils sont attaqués par la pourriture au ras du sol, et quelquefois à la tête. On ne peut continuer à les utiliser qu'en les étayant, ou en les raccourcissant. Indépendamment des frais de main-d'œuvre et de renouvellement, cette prompte détérioration a l'inconvénient de déranger le service des lignes, soit par les réparations, soit par la chute des poteaux. Dans le courant de l'hiver de 1855 à 1856, des séries entières de poteaux non préparés sont tombées à la fois, sous le poids des fils chargés de neige, sur la ligne de Gand à Tournai, établie à la fin de 1854, avec du bois non préparé. Le service a été interrompu pendant plus de 24 heures. A cette époque la ligne renversée n'avait que

deux fils. Des poteaux beaucoup plus minces, placés à la fin de 1850, portent encore aujourd'hui cinq ou six fils. Ces poteaux ont été injectés. Lorsqu'on les remplace par de plus forts, c'est afin d'augmenter les portées et de mieux résister, dans les courbes, à la traction d'un grand nombre de fils. On les utilise alors sur des lignes secondaires, où ils dureront encore plusieurs années.

Il arrive quelquefois que, par suite d'injection mal réussie, de qualité inférieure du bois ou de toute autre circonstance exceptionnelle, des poteaux préparés sont pourris au pied; il y a aussi, mais plus rarement, des exemples de décomposition au sommet des poteaux. Cela provient du mode d'injection employé. La pression était faible; l'extrémité des perches de sapin se desséchait quelquefois pendant l'opération, et l'injection demeurait incomplète. Ces faits sont exceptionnels, et la presque totalité des perches de sapin préparées en 1850 et 1852 est encore en service.

Cette expérience ne fait que confirmer celle de l'administration française, qui a commencé les premiers essais en 1844, et qui, depuis cette époque, n'a pas planté de poteaux sans les injecter de sulfate de cuivre⁽¹⁾. On peut en conclure que l'injection d'une substance préservatrice est essentielle à ce genre de construction.

Le choix du procédé a donné lieu à de nombreuses recherches, surtout au point de vue des traverses de chemin de fer, beaucoup plus importantes par leur quantité. Ces traverses, placées dans un terrain que l'on rend perméable à dessein pour faciliter l'écoulement des eaux pluviales, sont

(1) L'administration française a fait injecter, depuis 1844, environ 250,000 poteaux télégraphiques. Voici un exemple de leur conservation: 800 poteaux, préparés et plantés en 1845, ont été enlevés en 1858, la ligne devant être démolie. Sur cette quantité 16 poteaux seulement étaient atteints de pourriture, la plupart à la tête, par le motif énoncé plus haut. Voir, pour de plus amples détails, les articles de M. l'inspecteur Gauthier-Villars, qui a traité cette question d'une manière très complète dans les *Annales télégraphiques de France*, (I. II). Nous lui avons emprunté des renseignements précieux.

soumises, de même que le pied des poteaux, à de fréquentes alternatives d'humidité et de sécheresse, circonstance très-propre à hâter la décomposition du bois.

Il s'agit de déterminer d'abord le meilleur agent antiseptique. On a employé surtout :

La créosote et les huiles pyrogénées ;

Le sulfate de cuivre ;

Le bichlorure de mercure ;

Le chlorure de zinc.

Le bichlorure de mercure (sublimé corrosif) doit être écarté à cause de son prix élevé, de ses propriétés toxiques, et de sa solubilité dans l'eau après la pénétration, alors même qu'il est uni au bois. Ce dernier inconvénient semble devoir être reproché également au chlorure de zinc, substance employée en Prusse, il y a environ six ans, à la préparation des poteaux télégraphiques. Cette expérience n'a pas encore une durée assez longue pour décider de la valeur du procédé.

La créosote résiste parfaitement aux lavages. Le sulfate de cuivre, bien que très-soluble dans l'eau, forme, avec les matières contenues dans le bois, des composés insolubles qui résistent à l'action de l'eau. L'excès seul est enlevé de la surface.

Ces deux matières sont celles qui ont été appliquées avec le plus de succès. On reproche au sulfate de cuivre de décomposer la surface des clous ou chevilles en fer fixés dans le bois, non pas au point d'altérer leur propre solidité, mais assez pourtant pour que le sulfate de fer et l'acide sulfurique attaquent le bois environnant. Cet inconvénient ne s'est jamais produit dans les poteaux télégraphiques. Les vis que l'on y place sont de petite dimension, et la galvanisation contribue à rendre peu sensibles les effets de la décomposition.

Les procédés de préparation principaux sont :

L'immersion ;

La pénétration en vase clos ;

L'injection dans les fibres.

L'immersion n'a généralement d'autre effet que de faire pénétrer la substance préservatrice sur la surface de la pièce de bois, à une très-petite profondeur. Elle est insuffisante pour le pin, le sapin et les bois tendres en général.

La pénétration en vase clos a pour type le procédé Bethel, qui s'applique surtout à la créosote. Il est également applicable à l'emploi du chlorure de zinc et du sulfate de cuivre⁽¹⁾. Les bois à préparer sont introduits dans une chaudière capable de résister à une haute pression. On y injecte de la vapeur qui est ensuite condensée. Le vide est complété au moyen d'une pompe à air. Ces opérations préparatoires ont pour objet l'expulsion des matières albumineuses et azotées du bois. La matière préservatrice est introduite ; la pression atmosphérique suffit pour remplir la chaudière ; une pompe foulante exerce ensuite une pression de 9 à 10 atmosphères.

Ce procédé a l'avantage de s'appliquer aux bois sans écorce et débités à la dimension voulue ; on évite ainsi une consommation inutile de matière préservatrice. Mais il convient que les bois soient secs, avant d'être préparés ; il faut donc que ces bois soient conservés avec les précautions voulues pour éviter toute détérioration. D'autre part, il est douteux que le sulfate de cuivre se combine aussi bien, par ce procédé, avec les matières séveuses du bois, qu'il le fait par l'injection.

Nous avons décrit, en 1854, le procédé d'injection que nous avons suivi, à l'exemple de la France, dans nos premières installations. Depuis cette époque, le concessionnaire des brevets du docteur Boucherie ayant établi des chantiers en Belgique, pour l'injection des traverses de chemin de fer, il a paru préférable de traiter avec lui, pour

(1) Pour le sulfate de cuivre, les réservoirs, les tuyaux, etc., doivent être en cuivre. Voir la description du procédé de MM. Lége et Fleury-Peronnet, par M. Gauthier-Villars (*Ibid.*).

la livraison des poteaux tout préparés, conformément aux conditions qui seront reproduites plus loin.

Dans ces chantiers l'injection est rendue plus complète et plus rapide, en élévant de 8 à 10 mètres, au-dessus des pièces de bois, le réservoir contenant la dissolution. L'ancien procédé d'injection ne pouvait s'appliquer que dans les quatre ou cinq jours qui suivent l'abattage. Ce délai est porté au double en employant une pression plus forte. Il devient ainsi très-facile à observer, et on peut considérer comme un avantage plutôt qu'une gêne, l'obligation d'employer les bois frais sans devoir les emmagasiner avec les précautions voulues. Il est certain, en outre, que l'injection chasse plus complètement, des bois frais, la sève et les matières putrescibles, que la préparation en vase clos ne peut le faire.

Des renseignements qui précèdent, on peut conclure que l'injection doit être employée de préférence pour la préparation *au sulfate de cuivre*, à moins qu'il ne s'agisse de préparer des bois secs et débités.

Les poteaux télégraphiques n'étant point dans ce cas, on doit donc, ou les injecter de sulfate de cuivre, ou les préparer en vase clos, à la créosote ou au chlorure de zinc.

Ces trois procédés étant reconnus les plus efficaces, il nous reste à les comparer au point de vue de la dépense.

La préparation au chlorure de zinc est la moins coûteuse. On emploie une dissolution contenant 6 kilog. de chlorure pour 100 kil. d'eau. Le bois absorbe environ 15 kil. de sel par mètre cube, valeur : fr. 6,50. La main-d'œuvre et les autres frais sont évalués à fr. 4,50, total : 11 fr. par mètre cube. Nous avons dit que l'essai de ce procédé n'a rien de décisif.

Par le procédé Bethel, un mètre cube de bois absorbe environ cent kilogrammes de créosote (cette quantité doit être augmentée de moitié pour les travaux à la mer). Les frais, en Angleterre, sont de 16 fr. par mètre cube. En Belgique, où le procédé a été appliqué à des traverses de chemin de fer, il a

coûté 20 fr. environ par mètre cube de bois de sapin absorbant environ 150 kilogrammes de créosote. A la quantité absorbée, il faut ajouter de 11 à 12 p. % de déchet ; les frais sont calculés comme suit :

150 kilogrammes de créosote, à fr. 0,10	fr. 15	"
Main-d'œuvre et appareils.	5	"
	TOTAL.	fr. 18 "
Bénéfice de l'entrepreneur (10 p. %)		1 80
	DÉPENSE TOTALE PAR MÈTRE CUBE.	fr. 19 80

Passons au procédé Boucherie, dont les résultats, en ce qui concerne les poteaux télégraphiques, nous sont beaucoup mieux connus.

En France, on évalue comme suit les frais de ce procédé, également par mètre cube :

Sulfate de cuivre, 6 kilog., à fr. 1,20	fr. 7 20	
Main-d'œuvre	4	"
Construction et entretien du chantier	1 50	
Frais généraux.	4	"
	TOTAL.	fr. 15 70
Droit de brevet.		5 "
	DÉPENSE TOTALE.	fr. 16 70

En Belgique, les prix des derniers contrats comprennent la valeur du bois. Nous ne pourrons donc évaluer qu'approximativement les frais de la préparation.

Sept mille poteaux injectés ont été fournis en 1857 et 1858 aux chantiers établis à Ledeberg, près de Gand, et à Groenendaal, près de Bruxelles. Les essences admises étaient le pin, le sapin ou le mélèze du pays (¹). Le tableau suivant indique, par échantillon, les dimensions et les prix de 1858 :

(¹) Le bouleau, le hêtre, le charme et d'autres bois tendres se laissent pénétrer parfaitement. Mais les résineux se prêtent mieux, par leur forme, à l'installation des lignes télégraphiques. Ils sont préférés presque partout.

NUMÉRO DE L'ÉCHANTILLON.	LONGUEUR. Mètres.	CIRCONFÉRENCE à deux mètres de la base.	PRIX PAR PIÈCE.	
			préparation comprise.	Fr. — c.
4	5,50	0,42	5	—
2	6,50	0,42	5	80
5	7,50	0,42	6	50
4	9, —	0,42	7	75
3	3,50	0,60	9	25
6	6,50	0,60	11	—
7	7,50	0,60	12	50
8	9, —	0,63	15	—
9	10,50	0,63	19	—
10	12, —	0,70	24	—

Sur les lignes qui n'ont qu'un ou deux fils, on emploie les poteaux n° 4 ; les n° 5 pour les poteaux d'arrêt et pour les courbes à petit rayon ; les n° 3 pour les passages à niveau, et les n° 2 pour raccorder les n° 5 aux n° 4. Lorsqu'on s'attende à placer cinq ou six fils, il ne faut employer aucune longueur inférieure à 6^m,50. On se sert des n° 2 et 6 pour les hauteurs ordinaires et des n° 4 et 8 pour les passages à niveau, en raccordant par des n° 3 et 7.

Les numéros forts (5, 6, 7 et 8) sont employés de préférence partout où le poteau doit résister à une traction laté-

rale. Les n° 9 et 10 ne sont utilisés que dans des cas exceptionnels, et il n'en faut qu'une très-petite quantité.

L'augmentation considérable des prix, relativement aux marchés de 1850 et 1852, résulte de trois causes, savoir :

1° L'augmentation, en Belgique, du prix de tous les bois, et surtout du sapin ;

2° Les dimensions beaucoup plus fortes, dont l'expérience a fait reconnaître l'utilité ;

3° L'élévation du prix du sulfate de cuivre ; la quantité plus grande que les poteaux absorbent par suite de l'accroissement de leurs dimensions et du mode employé pour l'injection.

Le volume moyen des poteaux et la part des frais d'injection dans les prix ci-dessus, peuvent être évalués comme suit :

		Mètres carrés.	Fr.	C.
N°	1	0,077	1	25
"	2	0,091	1	50
"	3	0,105	1	75
"	4	0,126	2	10
"	5	0,154	2	50
"	6	0,182	3	"
"	7	0,210	3	50
"	8	0,284	4	70
"	9	0,551	3	50
"	10	0,462	7	60

Les frais de préparation, y compris l'écorçage et le droit de brevet, sont donc de fr. 16,50 environ par mètre cube de bois à injecter.

Au point de vue de la dépense, l'injection du sulfate de cuivre doit donc être préférée à la pénétration en vase clos par la créosote. Nous ne connaissons point les résultats de l'application de ce dernier procédé aux poteaux télégraphiques. Quant aux résultats du procédé Boucherie, nous les avons cités en commençant ce chapitre ; nous terminerons par

quelques détails sur les conditions d'entreprise et sur le procédé suivi.

Les contrats contiennent les conditions suivantes :

« Les longueurs indiquées doivent être celles du tableau, à *dix centimètres près*. Les circonférences indiquées constituent le *minimum de grosseur, sans l'écorce*. Toute pièce dont la circonférence, à deux mètres du gros bout, sera inférieure à 42 centimètres, sera rebutée. Toute pièce des n°s 5 à 10 dont la circonférence n'atteindra pas les dimensions indiquées, sera acceptée au prix des n°s 1 à 4.

» Chaque pièce devra être droite et ronde ; la surface parfaitement écorcée, et le petit bout taillé en pointe. Les poteaux plantés entre Anvers et Malines serviront de point de comparaison sous ce rapport.

» Les bois devront être sains et de bonne qualité ; ils ne seront ni gélifs, ni roulés, ni échauffés, ni piqués. Ils seront exempts de pourriture, de malandres, gerçures, fentes et autres défauts.

» Ils seront pénétrés de sulfate de cuivre de première qualité, dissous dans la proportion de : *un kilogramme cinq cents grammes par hectolitre d'eau*.

» Un agent sera préposé par l'administration pour la réception des bois sur le chantier, en ce qui regarde la qualité des dits bois et avant leur préparation. Toutefois, cette réception ne couvrira point la responsabilité de l'entrepreneur, dans le cas où les bois ne seraient pas assez fraîchement coupés pour la réussite de l'opération.

» La circonférence, mesurée avec l'écorce, devra avoir dix centimètres de plus que celle qu'indique le tableau (¹).

» L'administration fera surveiller les opérations, et s'assurera de la complète imprégnation des bois :

» 1° Par la vérification, à l'aréomètre, du titre de la liqueur

(¹) Les poteaux ne pouvant être injectés qu'avec leur écorce, un mesurage préalable est nécessaire pour faire la première réception.

» rendue par le bois, celle-ci devant être sensiblement la
» même que la dissolution employée pour la préparation ;
» 2° Par des pesées faites avant et après l'opération, l'aug-
» mentation de poids donnée par l'absorption du liquide con-
» servateur devant être au moins d'un dixième du poids des
» poteaux soumis à la préparation ;
» 3° Au moyen de réactifs chimiques qui permettent de
» reconnaître la présence du sulfate de cuivre dans la masse
» du bois (¹).
» Les poteaux qui, après une première épreuve, accuse-
» raient une imprégnation incomplète, seront immédiatement
» soumis à une nouvelle épreuve. »

L'opération est conduite comme suit : les poteaux sont couchés sur le sol, chaque extrémité au-dessus d'une rigole ; le long des gros bouts, un tuyau de plomb, ayant, à chaque poteau, comme embranchement, un tuyau en caoutchouc vulcanisé pourvu d'un ajutage en bois. Le tuyau en plomb communique avec un réservoir élevé de 8 à 10 mètres au-dessus du sol, et contenant la dissolution. Des plateaux en bois d'une texture serrée (orme ou chêne dur), sont préparés pour les divers diamètres des pièces de bois, contre la base desquelles ils sont serrés au moyen d'une vis, un cercle en caoutchouc vulcanisé servant de joint. Les tuyaux en caoutchouc, lorsqu'on ne s'en sert pas, sont fermés par une ligature. Dès qu'un poteau est placé, et après avoir scié une tranche d'un centimètre d'épaisseur pour en rafraîchir la base, on serre le plateau et l'on y fixe l'ajutage dans un trou préparé pour cela. Il suffit de défaire la ligature pour introduire la dissolution dans les fibres du bois, avec la pression due à la hauteur du réservoir.

Les poteaux demeurent sous cette pression pendant un

(¹) En rayant la surface du bois avec un morceau de cyanoferrure de potassium, une teinte rouge plus ou moins foncée indique la quantité plus ou moins grande de sulfate de cuivre dont le bois est imprégné. C'est le réactif le plus commode.

laps de temps qui varie de trois à huit jours, selon la dimension, le mouvement de la sève, etc. On a reconnu, depuis peu de temps, que ce genre de préparation peut se continuer en hiver, tant que le froid n'est pas assez vif pour congeler la dissolution.

SUPPORTS ISOLANTS.

Nous avons développé, en 1854, les motifs de notre préférence pour la porcelaine, comme matière isolante, et pour le modèle de support adopté en France dès 1850.

Ce modèle, peu coûteux, d'un placement facile et commode, a laissé à désirer, comme solidité et durée.

En télégraphie, il faut éviter les renouvellements fréquents, dût-il en coûter plus cher pour établir des pièces durables, et pour éviter ainsi des interruptions de service.

La cloche française (ancien modèle, pl. IV, fig. 2), devant offrir, dans sa partie supérieure, une cavité en retrait, pour soutenir le T du crochet, avait une calotte moulée séparément et collée suivant la ligne *mn*. Après une ou deux années, cette calotte se séparait du reste de l'isolateur; l'humidité pouvait atteindre l'extrémité supérieure du crochet, et détruisait l'isolation.

L'attention des fabricants belges ayant été attirée sur ce défaut, ils parvinrent à mouler la cloche d'une seule pièce; de cette manière, il n'y avait plus de collage au four que pour joindre la cloche aux oreilles. Ce nouveau modèle, plus fort que le modèle français (fig. 4), rendit de meilleurs services. Toutefois, les cloches, ne pouvant plus se fendre le long d'une soudure, se fendaient longitudinalement, dans le sens de la coupe que présente la figure. Le cas était moins fréquent, mais il fallait trouver le remède.

Ce fut l'administration française qui résolut la question principale. Jugeant avec raison que le soufre mêlé de limaille de fer qui servait à sceller les crochets, tendait, en se dilatant,

tant, à faire éclater la porcelaine; que, posé à chaud, il rendait cette matière moins solide, on chercha un mode de scellement à froid, et une matière dont la dilatation fût aussi peu sensible que celle de la porcelaine. Le plâtre à mouler, gâché avec une très-petite quantité de colle, d'après les procédés suivis pour certains stucs, imitations de marbre, etc., se trouva convenir parfaitement, et fut adopté.

Depuis l'année dernière, nous suivons ponctuellement, et avec d'excellents résultats, ce procédé dont voici le détail, tel qu'il nous a été communiqué par M. le directeur Lagarde, contrôleur du matériel des lignes télégraphiques, à Paris.

Prendre du plâtre à mouler en poudre fine, et en former un mastic consistant, en le délayant dans l'eau contenant $\frac{1}{15}$ de colle-forte liquide à froid. Remplir de ce mastic la cavité du support dans laquelle doit s'engager le crochet; y enfoncer celui-ci, dans la position qu'il doit conserver, et presser le mastic pour qu'il n'y ait pas de vide intérieur. Placer le support, le crochet en l'air, dans un lieu où il soit à l'abri des chocs, de la poussière, et où la chaleur soit tempérée (42° à 45° centigrades). Au bout de quelques heures, le mastic étant sec et dur, enlever avec un ciseau ou une spatule l'excédant du mastic autour du crochet, et laver le support dans l'eau.

La dépense, pour 1,000 isolateurs, a été évaluée comme suit, d'après nos premiers essais :

Plâtre en poudre	10 ^k	à fr. 0 20	fr. 2	"
Colle-forte liquide	0 ^k ,450,	4 15	"	62
Eau	2,250			
Main-d'œuvre	5 journées	2 50	12 50	
		TOTAL. . .	fr. 45 12	

D'après l'ancien système, le scellement de 1,000 crochets coûtait :

Soufre.	25 ^k ,	à fr. 0,55	fr. 15	75
Sel ammoniae	4 ^k ,250	4,50	1	88
Limaille de fer.	7 ^k ,500	0,20	1	50
Main-d'œuvre	2 journées	2,50	3	»
TOTAL. . .				fr. 22 45

Le nouveau scellement ne coûte donc que les deux tiers de l'ancien. Il est beaucoup plus solide, et sa dureté permet de fixer le crochet dans une cavité cylindrique sans retrait ménagé dans la porcelaine.

Enfin il promet d'excellents résultats quant à la durée des supports.

Tout en introduisant ce perfectionnement, l'administration française a apprécié la nécessité d'augmenter les dimensions de la porcelaine, en renforçant surtout les oreilles fixées au poteau par des vis; enfin, elle a introduit l'emploi des crochets en *fer émaillé*, substitués aux crochets galvanisés, qui conservaient toute leur conductibilité. L'émail est parfaitement isolant à sec; il s'applique comme suit:

Décaper le crochet dans l'acide étendu, et essuyer; le recouvrir d'un mordant, puis de l'émail en poudre; le placer pendant un quart-d'heure dans un four chauffé au rouge blanc; le refroidir lentement, le recouvrir d'une nouvelle couche de mordant et d'émail, et renouveler la chauffe.

On est parvenu, à Paris, à obtenir un émail très-solide, qui ne s'écaille que par des chocs très-violents, et qui doit résister au frottement du fil. Résistera-t-il également aux alternatives de température basse et élevée? Il est permis d'en douter, et l'expérience n'a pas eu encore assez de durée pour qu'il soit possible de se prononcer là-dessus.

Si l'émail se conserve, il contribuera sans doute à isoler le fil, car le crochet, même supposé humide, offrira une résistance très-grande aux dérivations de courant.

Pour augmenter cette résistance, on a porté à 0^m,50 la longueur du crochet, qui se recourbe en deux spirales suc-

cessives, ainsi qu'on le voit dans la fig. 5, représentant le nouvel isolateur français.

Le crochet émaillé coûte, à Paris :

Pièce en fer.	fr. 0 25
Pose de l'émail	0 25
Droit de brevet	0 02
TOTAL.	0 50

Cet isolateur, qui présente de grands avantages, comparativement aux précédents, ne nous satisfait pas encore entièrement, au point de vue de la solidité. Les oreilles *a*, il est vrai, sont d'une pièce avec la douille *b*, qui contient le crochet. Mais la partie évasée *cc*, qui constitue le véritable isolement, est collée au reste ; cette soudure doit être fissurée tôt ou tard, et alors le support ne vaudra plus rien.

Nous avons décrit, en 1854, l'ancien support employé en Prusse et dans la plus grande partie de l'Allemagne (fig. 6). Une console en fer *ab*, est fixée au poteau ; une cloche *cd* est scellée par-dessus, au moyen de soufre ou de plâtre. Le fil télégraphique repose sur la tête de la cloche, dans une rainure *e*. Une gorge ménagée dans la porcelaine permet de fixer le fil dans la rainure au moyen d'un fil auxiliaire de petit diamètre. C'est la disposition française renversée.

Elle a un avantage incontestable : c'est la simplicité de la pièce en porcelaine, qui n'offre ni oreilles collées, ni inégalités d'épaisseur. La pâte se tourne facilement et se cuit plus facilement encore.

On a beaucoup vanté l'idée de faire reposer le fil sur la porcelaine et d'obtenir ainsi, avec les mêmes chances d'isolement, un support plus ferme. Mais cette fermeté même ne peut être obtenue qu'en donnant à la console en fer un diamètre de 46 millimètres au moins. La dilatation du fer, dans cette dimension, doit nécessairement se faire sentir à la douille de porcelaine, qui se crevasse rapidement. La douille

subit directement, sans intermédiaire élastique, les efforts exercés sur le fil, et ses vibrations continues. Il est impossible que, dans ces circonstances, la cloche se conserve long-temps. Le fait est que ces isolateurs sont fendus en très-grandes quantités, peu de temps après la mise en œuvre, et que les lignes où ils sont employés sont généralement mal isolées.

Nous sommes disposés à préférer le mode de suspension français, au-dessous de la cloche, parce que ce système permet de ne sceller, dans la porcelaine, qu'une tige de 7 à 9 millimètres de diamètre au lieu de 16.

Cette tige ou crochet est élastique ; elle amortit les frottements et les vibrations du fil. Sa dilatation ne peut exercer aucun effet sur la porcelaine. Il y a là une garantie de solidité et de conservation que l'on semble reconnaître également en Allemagne.

Parmi les améliorations proposées en dernier lieu pour les supports isolants, se distingue le modèle décrit par M. Frischchen, inspecteur des télégraphes du royaume de Hanovre, dans la 5^e livraison des *Annales télégraphiques de Berlin*, année 1858. Il est représenté en coupe par la fig. 7.abc est une boîte en fer fondu, dont l'empattement ab est fixé au poteau au moyen de trois vis. Le crochet d, qui soutient le fil, comme dans le système français, est scellé au plâtre dans une cloche en porcelaine ef, scellée de même dans la boîte en fonte, qui l'enveloppe entièrement.

Le but principal de cette disposition est d'opposer au passage du courant, non-seulement la surface intérieure *mf*, mais aussi la surface extérieure *fn*, qui reste sèche et isolante, parce qu'elle est couverte par le rebord de la boîte en fonte. Il y a aussi avantage, au point de vue de l'isolement, à donner à la partie isolante *mf* une assez grande hauteur et un diamètre *gf* relativement faible. Lorsque la surface de la porcelaine est rendue humide et légèrement conductrice par l'effet de la brume, la résistance est d'autant plus grande que

le chemin à parcourir est plus long, et moins développé en largeur.

Ces avantages sont incontestables, mais ils nous semblent neutralisés par la difficulté de nettoyer ces supports à l'intérieur. Si on les suppose salis par la poussière, les toiles d'araignées, etc., l'emploi du fer pour l'enveloppe extérieure les rend tout à fait conducteurs.

Sous le rapport de la solidité, la pièce de porcelaine est convenablement protégée, et sa forme aussi simple que possible. Il y a moins de chances de fendillement que dans l'ancien modèle. Mais lorsque cette pièce sera fendue au point de ne plus isoler le crochet de la boîte, comment s'en apercevra-t-on?

On pourrait donc s'exposer, en adoptant ce modèle, à ne pas obtenir des avantages proportionnés à la complication et à la dépense qu'il occasionne⁽¹⁾.

Nous avons cherché à résoudre le problème en essayant, sur les lignes belges, le modèle représenté par la fig. 5. La pièce en porcelaine *ac* est aussi simple de forme que la pièce intérieure allemande. La gorge *aa* est entourée d'un étrier *bb* en fer galvanisé. Cet étrier est fixé au poteau par deux vis courtes également galvanisées. Il maintient la cloche sans que les dilatations ou les contractions du fer puissent nuire à la solidité de la porcelaine. Le crochet en fer *d*, de 9 millimètres de diamètre, est scellé au plâtre dans la cavité de la cloche. Il peut être galvanisé et avec une seule spire, comme le

(1) M. le major Chauvin, directeur des télégraphes de Prusse, a adopté également le crochet intérieur et la cloche en porcelaine recouverte d'une seconde cloche en fonte, dans son ingénieuse disposition destinée à suspendre les fils à des arbres vivants. La cloche en fonte est attachée à l'arbre au moyen de tiges formant un support articulé, qui permet au fil de conserver sa position, même lorsque les arbres sont agités par le vent. Un résultat assez curieux de cette suspension mobile est l'absence presque totale des araignées et des chenilles, qui remplissent si souvent les supports fixes de leurs toiles et de leurs nids, et en compromettent l'isolement. M. Chauvin donne des détails très-intéressants sur cette expérience spéciale dans la 11^e livraison des *Annales télégraphiques de Berlin*, année 1858.

représente la figure, ou émaillé, avec deux spires, comme les crochets français. Nous avons essayé l'une et l'autre dispositions.

L'étrier *bb* remplace la boîte en fonte du nouveau système allemand. Il n'a pas, comme cette boîte, l'avantage de couvrir, et de maintenir sèche, la surface extérieure de la cloche en porcelaine, mais il est moins lourd et moins coûteux. Le nettoyage reste aussi facile que dans le système français. Enfin, il est à supposer que la pièce de porcelaine, maintenue simplement par un étrier élastique, conservera plus longtemps sa solidité qu'une cloche scellée dans une boîte en fonte de grande dimension, ou fixée au poteau au moyen d'oreilles en porcelaine faisant corps avec elle.

Cette question de durée ne sera résolue qu'au bout de quelques années. Sous le rapport de l'isolement, l'expérience que nous venons de faire peut être considérée comme suffisamment satisfaisante. Un nouveau fil a été placé de Bruxelles à Ostende, sur une longueur de 420 kilomètres. Tous ses supports sont du nouveau modèle belge, avec crochets et étriers en fer galvanisé. Sur les mêmes poteaux se trouvaient deux autres fils, également directs, soutenus par des isolateurs d'ancien modèle (fig. 4), qui ont été visités et nettoyés lors de la pose du nouveau fil. Les trois lignes peuvent donc être considérées comme neuves. Par un temps sec, aucune d'elles ne présente une perte appréciable, même en employant le courant d'une pile de 60 éléments.

Après un mois environ de sécheresse et de poussière, on a profité de la première pluie pour essayer les fils. Cette circonstance peut être considérée comme aussi défavorable que possible à l'isolement. Les pertes, mesurées au moyen d'une boussole de sinus ordinaire, ont donné, toujours avec 60 éléments :

Pour les deux anciens fils : 7°

Pour le nouveau : 5°

Un nouvel essai a été fait après quelques jours de pluie ; il a donné les résultats suivants :

Pour les deux anciens fils : $5 \frac{1}{2}^{\circ}$
 Pour le nouveau : $4 \frac{1}{2}^{\circ}$

Le temps étant redevenu sec, les pertes ont complètement cessé.

Non-seulement l'isolement n'a pas été compromis par l'emploi d'une pièce métallique pour fixer les supports, mais un avantage marqué a été constaté en faveur du nouveau modèle, ce qu'on peut attribuer à la hauteur plus grande des cloches en porcelaine.

Nous ne connaissons pas le prix des nouveaux supports allemands, avec boîte en fonte. Le tableau ci-dessous donne l'évaluation comparative des autres modèles que nous venons d'examiner.

DÉSIGNATION des DIFFÉRENTES PIÈCES.	MODÈLES BELGES		MODÈLE FRANÇAIS NOUVEAU. Fig. 5.	OBSERVATIONS.
	ANCIEN. Fig. 4.	NOUVEAU Fig. 5.		
Cloche en porcelaine . . .	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.	
Crochet simple en fer galvanisé	0 45	0 40	0 60	Les dimensions et les prix des vis varient avec le modèle. Les longueurs sont : Mod. franç : 0m,09 (tête carrée).
Scellement au plâtre . . .	0 015	0 015	0 015	td. belge ancien : 0,07. td. id. nouv. : 0,03.
Étrier en fer galvanisé .	*	0 20	*	
Deux vis à bois galvan.	0 08	0 05	0 50	
TOTAUX.	0 625	0 745	1 005	

Il est à remarquer que les fabricants belges tirent de France la matière première de la porcelaine, et payent les droits d'entrée. Sans cette circonstance la cloche de nouveau modèle ne coûterait pas fr. 0,40. Il est probable que le prix sera diminué. Le moulage est d'une grande simplicité. Il n'y a pas de collage ; la cuisson est rendue plus économique et le déchet presque annulé par la simplicité de la forme. Enfin, cette cloche ne pèse que 525 grammes, après la cuisson. L'ancien modèle, quoique beaucoup moins haut, pesait 560 grammes. Le nouveau modèle français pèse 1,040 grammes.

En employant des crochets émaillés à deux spires (fig. 5) on augmenterait de 42 centimes chacun des prix évalués au tableau précédent.

Les supports que nous venons de décrire pourraient être employés exclusivement à la suspension du fil télégraphique, de l'extrémité à l'autre d'une ligne. Dans les courbes à petit rayon, on les placerait tous à l'extérieur des poteaux, en appuyant la partie inférieure des cloches sur un petit bloc en bois, cloué au poteau. Cette disposition permet de renoncer aux *supports pour courbes* que nous avons employés pendant les premières années, et qui n'offrent pas plus de solidité que nos nouveaux isolateurs. Mais il faudrait attacher le fil télégraphique à chaque crochet, afin de maintenir une flèche égale à toutes les portées. Il est plus facile de laisser le fil libre dans les crochets, et de le fixer, de distance en distance, par exemple à chaque kilomètre. On règle la tension au moyen d'appareils spéciaux dont nous parlerons plus loin. Quant au *support d'arrêt*, ou de *tension*, nous lui donnons la forme représentée par la fig. 8. Ce support s'attache au poteau au moyen de deux vis à bois de 45^{mm} de diamètre, comme l'ancien *support de traction* français ; il a les mêmes oreilles, renforcées et arrondies, et la même ouverture *a*, pour recevoir au besoin le *tendeur double*. Mais le bouton dans lequel cette ouverture est ménagée est cylindrique au lieu d'être prismatique. Il a un rebord inférieur *bc*, qui permet d'en-

rouler le fil télégraphique sans le couper, et de l'assujettir au moyen d'une ligature passant dans l'ouverture *a*. Ce support d'arrêt, qui coûte 2 fr., plus 60 centimes pour les deux vis, convient donc à tous les systèmes de tension. Nous le préférons aux cloches supportées par des consoles, par les motifs de durée et de solidité que nous avons déjà énoncés.

À l'intérieur des viaducs, et sur les bâtiments où l'on ne peut appliquer facilement le support ordinaire, on assujettit, sur une petite planchette, des supports plats d'une forme spéciale (fig. 9). Ils isolent médiocrement, mais ils s'ajustent facilement et tiennent peu de place. Leur prix est de fr. 0,60 la pièce.

Pour attacher le fil télégraphique, d'un seul côté, à l'extrémité des lignes, ou sur le poteau voisin d'un bureau, le champignon double (fig. 10) et son armature en fer offrent la plus grande solidité possible. Ce champignon était employé autrefois comme support de tension. Nous y avons renoncé, parce qu'on ne peut y attacher le fil sans le couper, ce que nous évitons autant que faire se peut.

Le prix de ce support spécial peut être établi comme suit :

Champignon en porcelaine	fr. 2	"
Ferrure double avec boulon, galvanisée.	2	50
Quatre vis,	id.	" 60
<hr/>		
	TOTAL. . .	fr. 4 90

Lorsqu'on ne se sert pas de ces supports pour couper le fil en face d'un bureau télégraphique, on emploie de petites poulies en porcelaine, autour desquelles on enroule le fil venant d'un côté. L'autre bout est attaché au crochet de la chappe. Quelquefois, pour mieux isoler les deux parties du fil, on place deux poulies juxtaposées. Ces interrupteurs sont économiques :

La poulie en porcelaine coûte. . .	fr. 0	80
La chappe en fer galvanisé	0	70
<hr/>		
	TOTAL. . .	fr. 1 50

Et pour deux interrupteurs accouplés. 5 "

Ils se placent facilement en un point quelconque de la ligne, mais ils pèsent sur le fil, et les deux conducteurs qu'on attache à droite et à gauche pour rejoindre les appareils contribuent à écarter ce fil de sa direction.

Nous préférons, lorsque la chose est possible, arrêter les fils au bâtiment même ou sur un poteau voisin, au moyen des champignons qui viennent d'être décrits.

TENDEURS.

Les tendeurs sont des instruments qui permettent de régler exactement, et de faire varier, au besoin, la tension des fils télégraphiques. Beaucoup de lignes sont établies sans tendeurs. L'opinion que nous avons émise à ce sujet, dans la notice de 1854, n'ayant pas varié, nous demandons la permission de la reproduire ici.

« On a fait valoir en faveur des *tendeurs* la faculté qu'ils donnent de faire varier à volonté, d'après la température ou d'autres circonstances, le degré de tension des fils. Cette manœuvre doit avoir son importance dans des climats où la température varie entre des limites très-étendues. En Belgique elle a été peu pratiquée, et cependant les ruptures de fils, par l'effet de la gelée, ont été peu fréquentes. Si l'on détendait les fils à l'entrée de chaque hiver, on fatiguerait, sans utilité bien évidente, l'extrême, qui devrait s'enrouler et se dérouler une fois par an. Sur les lignes où plusieurs fils sont juxtaposés, on les verrait se mêler plus fréquemment par l'action du vent. Il faut remarquer qu'en général les vents les plus violents soufflent pendant la mauvaise saison, mais non lorsqu'il gèle; ils trouveraient donc les fils distendus et plus exposés à se mêler. Certes, un fil cassé est un incident fort désagréable sur une ligne télégraphique, surtout quand les extrémités, s'enroulant autour des autres fils, établissent un contact général. Mais on a vu parfois un

» ouragan soulever sur un grand nombre de points les fils inférieurs et les rejeter sur leurs voisins. Il faut beaucoup de temps pour rétablir une ligne en cas pareil, parce que ce dérangement n'attire pas, comme un fil cassé, l'attention des gardes-route.

» Il est donc préférable, lorsqu'on n'a pas à redouter de grandes variations dans la température, de ne pas faire varier chaque année le degré de tension des fils. Toutefois, l'emploi des tendeurs rend l'installation plus facile, et permet de modifier la tension lorsque des circonstances spéciales rendent cette opération nécessaire. Il est très rare que les poseurs puissent déterminer d'emblée la tension des fils. On arrête ordinairement ceux-ci après vingt portées successives. Presque toujours la flèche est plus forte en arrière qu'au point où s'exerce la traction. Lorsqu'on repasse la ligne, il faut retendre les fils, et on conçoit qu'en l'absence de tendeurs, on est obligé de couper et de rattacher aux supports.

» Après le premier hiver, les inégalités et les plis du fil se sont étendus par l'action du froid. Il faut repasser et retendre de nouveau. S'il n'y a pas de tendeurs, nouvelle interruption dans le service, nouvelle perte de temps et de fil.

» Enfin, lorsqu'un fil vient à se rompre, il faut joindre les deux bouts. Cette jonction, si le fil est fixé simplement à ses deux extrémités, exige *une pièce*, c'est-à-dire deux joints. S'il y a un tendeur, et si l'on a eu la précaution d'y enrouler un ou deux mètres de fil, il suffit de dérouler; les extrémités séparées peuvent alors être réunies à hauteur d'homme. On retend ensuite le fil, et la réparation est faite proprement et promptement.

» Il faut donc des tendeurs. Examinons quel sera le meilleur modèle.

» En 1850, on a adopté sur les premières lignes belges un tendeur anglais fort simple. C'est une petite poulie en fonte,

percée d'un trou. Elle est montée dans une chappe composée de deux joues en tôle et de deux rivets qui les réunissent. L'axe de la poulie porte d'un côté un carré pour une clef, de l'autre un rochet maintenu dans un sens par une griffe.

» On attachait ce tendeur au champignon que nous avons décrit, au moyen d'un bout de fil de fer, à 0^m,50 environ du support. On engageait dans le trou de la poulie l'extrémité du fil de la ligne, et on tournait l'axe jusqu'à tension suffisante, enroulant ainsi le fil sur la poulie, et l'arrêtant au moyen du rochet.

» Cette disposition était économique, les tendeurs ne coûtant que fr. 1,25 la pièce, plus fr. 0,51 pour la galvanisation, qui fut reconnue indispensable ensuite. Mais elle donnait lieu à une main-d'œuvre assez compliquée sur le poteau même, ce qu'il faut toujours éviter. Ensuite elle créait une série de contacts imparfaits, du fil au tendeur, de celui-ci au fil d'attache, puis au champignon, etc. Au bout de quelque temps, on fut obligé de souder d'un tendeur à l'autre des fils de jonction qui avaient ainsi 4 mètre à 4^m,50 de longueur. Ces fils constituent un embarras, une chance de contact entre les fils voisins et une cause de réparations assez fréquentes.

» En égard à ces inconvénients, les tendeurs du modèle adopté en France, à la même époque, furent adoptés avec empressement et ont continué à être employés en 1851, 1852 et 1853. Ils sont doubles, c'est-à-dire qu'ils se composent de deux poulies à rochet, comme celle que nous venons de décrire, mais dont les chappes, au lieu d'être suspendues sur le fil même, sont attachées, de part et d'autre du support de tension en porcelaine dont nous avons parlé à l'article précédent. Les extrémités du fil, de part et d'autre du support, se fixent et s'enroulent sur les poulies. Rien ne peut être plus facile dans le montage : les fils s'attachent sans ajustement, sans ligature, sans perte de temps.

» Le seul inconvénient de ces tendeurs est l'obligation de couper le fil et d'avoir à subir soit des fils de jonction, soit des contacts imparfaits entre le fil et le tendeur des deux côtés, et les parties du tendeur entre elles. Celles-ci sont galvanisées, précaution indispensable, sans laquelle l'oxydation rendrait bientôt le jeu des poulies impossible. Bien que le contact des surfaces galvanisées soit suffisant lorsque la ligne est neuve, leur exposition à l'air leur fait subir des altérations peu sensibles, mais qui suffisent pourtant pour que la conductibilité soit détruite en partie.

» C'est dans le but d'éviter un semblable inconvénient que l'on soude à l'étain les joints qui réunissent les extrémités des fils. Ainsi que nous l'avons vu, les bouts dépassent rarement une longueur de 4 à 500 mètres d'une pièce. Ils sont joints en juxtaposant les deux extrémités et en les serrant dans deux étaux à main, entre lesquels on laisse une distance de 15 à 20 centimètres. On tourne alors les étaux, qui tordent les deux fils comme une corde. Cette torsade est soudée à l'étain, moins pour la rendre solide que pour que les deux fils ne fassent qu'un seul corps, et que les surfaces en contact n'opposent aucune résistance au courant.

» Les pièces qui composent un tendeur ne peuvent être soudées entre elles. Il faut donc arriver à opérer la solution sans couper le fil. Plusieurs moyens peuvent être proposés à cet effet. Le plus simple consiste à employer les petits tendeurs anglais qui ont été décrits plus haut. Au lieu d'enrouler une extrémité du fil, on passe celui-ci dans le trou de la poulie et on fait glisser le tendeur jusqu'au point de la ligne où on veut lui faire exercer son action. Il suffit alors de faire tourner la poulie pour enrouler le fil des deux côtés, jusqu'à ce que la tension soit suffisante. Les deux rivets qui réunissent les pièces de la chappe empêchent celle-ci de tourner et de laisser aller le fil.

» Cette disposition n'a pas été appliquée ailleurs, à notre

» connaissance du moins. Elle n'a qu'un inconvénient, qui est de peu d'importance. Comme le fil s'enroule des deux côtés, il faut, lorsque l'ouvrier commence à faire agir le tendeur, qu'il place celui-ci à 1 mètre au moins du poteau contre lequel son échelle est appuyée. Ce n'est pas comme pour manœuvrer la clef. Mais on peut choisir, pour exercer la tension, des points où le fil n'est qu'à 3 ou 4 mètres du sol. En faisant soutenir son échelle par des aides, le poseur peut parfaitement tendre les fils sans s'appuyer à un poteau.

» Il va de soi que les tendeurs doivent toujours être placés près des supports, et autant que possible près de ceux où l'on arrête le fil. S'ils se trouvaient au milieu d'une portée, leur poids et la prise qu'ils offrent au vent occasionneraient des contacts entre les fils. »

Peu de temps après avoir écrit les lignes qui précédent, nous avons trouvé plus commode de modifier nos tendeurs simples conformément à la disposition que représente la fig. 41. Ces tendeurs peuvent être établis sur un point quelconque de la ligne, sans couper le fil. Généralement on les place, dès la première installation, aux deux côtés d'un support de tension. Au kilomètre suivant, il n'y a pas de tendeurs, et le support sert seulement de point d'arrêt.

Des appareils analogues sont employés, en beaucoup d'endroits, pour tendre les fils galvanisés qui servent à remplacer ou à soutenir les haies de jardins. Ils ont, sur les tendeurs doubles, outre l'avantage de laisser le fil continu, celui de ne pas maintenir la neige en faisant masse autour de la tête des poteaux de tension. Mais ils sont beaucoup moins commodes pour le placement des fils et pour les réparations. Nos ouvriers préfèrent de beaucoup les tendeurs doubles du système français, surtout pour les portées de 400 mètres, et nous pouvons considérer les avantages et les inconvénients des deux modèles comme se compensant, et permettant d'adopter l'un ou l'autre, d'après les circonstances.

Comme toutes les pièces en fer exposées à l'air, les tendeurs doivent être galvanisés avec soin.

Les tendeurs doubles coûtent. . . fr. 4 50

Et les tendeurs simples. 2 à la pièce.

MAIN-D'ŒUVRE.

Ce qui a été dit, dans la notice de 1854, relativement à la main-d'œuvre, aux transports, etc., s'applique, sans modification sensible, à la situation actuelle. L'extension considérable des lignes télégraphiques de l'État, en Belgique, a fait augmenter le nombre d'ouvriers spéciaux chargés de les entretenir.

Voici comment les agents sont distribués et rétribués :

Bruxelles,	un contre-maître.	fr. 4 40	par jour.
"	deux poseurs.	2 80 2 40	id. id.
"	un apprenti	1 60	id.
Louvain,	un contre-maître.	5 40	id.
Gand,	id.	5 20	id.
Liége,	un poseur.	2 20	id.
Ostende,	id.	2 20	id.
Namur,	id.	2 20	id.

Les salaires indiqués sont augmentés d'un quart en cas de déplacement, et de deux quarts en cas de découcher.

Avec le concours des agents du service des voies (chemin de fer de l'État), qui surveillent les fils télégraphiques et font eux-mêmes les petites réparations, ces huit ouvriers suffisent à assurer l'entretien de ces fils, même pendant la mauvaise saison. Pendant l'été, ils sont occupés, presque tous, aux installations nouvelles.

Lorsqu'il s'agit d'établir une ligne, ou de placer un fil de plus, un contre-maître et un poseur sont désignés pour diriger l'ouvrage. Ils sont aidés de douze à quinze manœuvres

pris sur les lieux. On peut évaluer à 40 fr. au *maximum* le salaire journalier de cette brigade, y compris le contremaître, le poseur et les frais de déplacement.

L'ouvrage fait en une journée dépend du temps, de la longueur des jours, des facilités de transport, et du plus ou moins d'aide que l'on trouve sur la route.

La première opération est la plantation des poteaux, y compris le placement d'un ou deux isolateurs sur chacun d'eux. La brigade fait de 4 à 5 kilomètres en une journée. La main-d'œuvre coûte donc de 8 à 10 fr. par kilomètre.

On pose un fil, ou deux fils à la fois. Dans le premier cas, les poteaux étant plantés, et les isolateurs placés, la brigade peut tendre 15 kilomètres de fil en une journée. S'il y a deux fils, elle ne fait que 10 kilomètres.

Les frais de main-d'œuvre sont donc : pose d'un fil, fr. 2,66 par kilomètre; pose simultanée de deux fils, 4 fr. par kilomètre.

ÉVALUATION DES DÉPENSES.

Les renseignements qui précèdent permettent de faire l'évaluation approximative des frais d'une installation donnée.

Supposons qu'il s'agisse d'établir une ligne télégraphique à trois fils, sur une longueur de 120 kilomètres. La ligne à parcourir comprend 170 passages à niveau, un cours d'eau navigable de 90 mètres de largeur comptée entre les deux derniers poteaux de part et d'autre; un tunnel de 400 mètres de longueur et 6 viaducs (routes passant au-dessus de la voie parcourue par la ligne projetée).

On demande deux fils de 4^{mm}, dont l'un sera coupé à deux stations intermédiaires, et un troisième fil de 3^{mm}, coupé à sept stations, outre les deux extrêmes. A l'une de celles-ci, les trois fils seront attachés au bâtiment dans lequel les appareils doivent être installés. A l'autre extrémité de la ligne, les appareils doivent être établis au centre d'une ville. Les

fils en l'air sont destinés à s'arrêter à un poteau planté sur le rempart, d'où la ligne doit continuer sous terre, sur une longueur de 4,500 mètres (non comprise dans les 420 kilomètres de fils suspendus).

En pareil cas, il est prudent de placer deux fils de réserve sous terre et dans le cours d'eau; un fil de réserve dans le tunnel.

Le fil n° 8 pesant 1,050 grammes par 10 mètres, il en faudra 23,200 kilogrammes pour 240 kilomètres.

Le fil n° 44 pesant 600 grammes par 10 mètres, il en faudra 7,200 kilogrammes.

Les 470 passages à niveau réclament 540 poteaux de 9 mètres de longueur.

Ceux-ci se raccorderont à la hauteur générale des poteaux de la ligne (6^m,50) au moyen de 540 poteaux de 7^m,50. Cette dernière longueur sera employée, en outre, dans neuf stations, à raison de 5 poteaux par station, soit en tout 567 poteaux de 7^m,50.

Le nombre total de poteaux serait de 4,200 (10 par kilomètre), s'il n'y avait pas de courbes sur la ligne. Les courbes élèvent ce nombre à 44 en moyenne par kilomètre, ou 4,680.

Il faut déduire de cette quantité :

a. Les 6 viadues remplaçant chacun 4 poteau.	fr.	6
b. Les supports voisins du cours d'eau (à compter séparément)		2
c. Le tunnel remplaçant 7 poteaux.		7
	TOTAL.	15
Ce qui réduit le nombre de poteaux à		1,665
	TOTAL ÉGAL.	1,680

Nous avons déjà 707 poteaux élevés; il y en aura, en outre, 958 de 6^m,50. Dans chaque échantillon, un cinquième doit être du numéro le plus fort. Enfin, il faut, pour s'élever au point d'attache des fils au bâtiment de la station de départ.

un poteau de 12^m de hauteur et deux de 10^m, 50. Nous aurons, en résumé

765	poteaux n° 2, à fr.	5,80.	fr.	6,425	40
294	" 5,	6,50.	"	1,911	"
272	" 4,	7,75.	"	2,108	"
192	" 6,	11,	"	2,112	"
75	" 7,	12,50.	"	912	50
68	" 8,	13,	"	1,020	"
2	" 9,	19,	"	58	"
1	" 10,	24,	"	24	"
<hr/>					
TOTAL. . . 1,665 poteaux divers coûtant. . . fr. 44,550 90					

S'il n'y avait d'autres supports que des poteaux, il y aurait, entre les deux extrémités, 419 poteaux d'arrêt. Il faut en retrancher deux, à cause du cours d'eau et du tunnel qui en tiennent lieu, reste 417, qui réclament, pour trois fils, 531 supports d'arrêt, 531 tendeurs et 702 vis fortes. Il reste 1,548 poteaux, qui réclament 4,644 isolateurs complets, et 9,288 vis courtes à tête ronde.

Il y a trois points d'attache extrêmes, savoir, un au bâtiment de la première station, et un à chaque tête du tunnel. Il faut pour ces attaches 9 champignons montés, évalués à fr. 4,90 (voir plus haut) plus fr. 1,50 pour scellement de chacun d'eux, ensemble fr. 6,40.

Chacun des viaducs demande, à l'entrée et à la sortie, une planchette en bois de sapin de 0^m, 60 de longueur, coûtant fr. 1,25, et trois supports plats avec six vis ; en tout :

12	planchettes à fr. 1,25	fr.	15	"
56	supports plats. . 0,75	"	27	"
72	vis (longues) . . 0,005.	"	5	60
<hr/>				
TOTAL. . . fr. 45 60				"

Pour le cours d'eau, le tunnel, et la ligne souterraine, il faut faire des comptes spéciaux, comme suit : 3

Cours d'eau. — Deux supports extrêmes, composés de 4 po-

teaux n° 2 assemblés, plus un poteau n° 5 servant d'arc-boutant, et un poteau hors d'usage, scié en deux pour servir de semelle. Un câble s'élevant de 4^m,50 au-dessus du sol dans chaque support. Une boîte d'épreuve à chaque extrémité, d'où partent les fils de raccordement en gutta-percha garni de coton goudronné, qui rejoignent les fils en l'air au haut de chaque support extrême.

8 poteaux n° 2, à fr. 5,80.	fr. 46 40
2 " 5, 9,25.	18 50
2 " vieux, 5,00.	6 "
6 champignons montés, 4,90.	29 40
2 chapeaux en zinc pour couvrir les poteaux quadruples, à 10 fr.	20 "
2 boîtes d'épreuve, à 15 fr.	50 "
16 presse-contacts en cuivre, à fr. 1,20	19 20
4 câble à cinq fils, 94 mètres, à fr. 5,45	512 50
6 fils garnis, de 4 mètres, 24 mètres, à fr. 0,589 . .	9 54
Main-d'œuvre : 5 journées de la brigade susmentionnée, à 40 fr..	200 "
	TOTAL.
	844 14

Tunnel. — Quatre fils couverts de gutta-percha, noyés dans du ciment. Jonctions extérieures de 4 mètres chacune avec garnitures en coton goudronné.

Rainure de 400 mètres de longueur, 6 centimètres de largeur et de profondeur, 44 journées de maçon à fr. 2,80.	fr. 125 20
16 journées de manœuvre, à 2 fr.	32 "
Ciment gâché, 1 ^m ³ ,680, à 60 fr.	100 80
Pose des deux couches de ciment et rejoignement, 20 journées de maçon, à fr. 2,80.	56 "
12 journées de manœuvre, à 2 fr.	24 "
135,2 mètres courants de fils isolés, à fr. 0,285 le mèt.	465 12
Garniture sur 52 mètres à fr. 0,40.	5 20
Certificat pour la surveillance et le placement des fils, 8 journées, à 5 fr.	40 "
	TOTAL.
	844 52



Ligne souterraine. — Cinq fils garnis, renfermés dans des tuyaux en fonte. Un poteau quadruple pour joindre les fils en l'air aux fils souterrains. Une borne d'épreuve au milieu de la distance. Il faut défaire le pavé sur toute la longueur.

7,600 mètres courants de fils isolés et garnis, à fr. 0,589 le mètre	fr. 2,936 40
500 mètres courants de tuyaux en fonte, en deux parties, à fr. 4,60	2,400 "
2,000 étiquettes en plomb pour marquer les fils, à 8 fr. le mille	16 "
Une borne d'épreuve en fonte, avec porte et serrure, à 60 fr.	60 "
10 contacts en cuivre, à fr. 1,20	12 "
Sable pour repaver	54 "
<hr/>	
PRIX TOTAL DES MATERIAUX.	5,478 40

Main-d'œuvre :

Contre-maître et poseurs pour la surveillance, les soudures, etc.	à fr. 67,50
Terrassiers et paveurs pour la tranchée . . .	381,40
<hr/>	
TOTAL DE LA MAIN-D'OEUVRE.	648 60
<hr/>	
DÉPENSE TOTALE. . . fr. 6,127 "	

En récapitulant les divers éléments de dépense dont le détail précède, nous pouvons évaluer comme suit la ligne télégraphique prise pour exemple :

25,200 kilogrammes de fil de fer galvanisé n° 8, à 650 fr. les 1,000 kilog.	fr. 15,876 "
7,200 kilog. id. n° 11, à 645 fr. les 1,000 kilog. .	4,644 "
1,665 poteaux, conformément à l'évaluation ci-dess. .	14,550 90
4,644 isolateurs (avec étriers, crochets et vis, à fr. 0,75	5,485 "
551 supports d'arrêt, à 2 fr.	702 "
702 vis fortes, à tête carrée, à fr. 0,50	210 60
551 tendeurs simples, à 2 fr.	702 "

TÉLÉGRAPHES.

57

9 champignons montés, et scellés aux murs, à fr. 6,40	fr. 57 60
Supports pour six viaducs, d'après l'évaluation ci-dessus.	45 60
9 interrupteurs, évalués, en moyenne, à fr. 6,50 par station.	58 50
Main-d'œuvre : plantation des poteaux et placement des isolateurs, etc. (120 kilomètres), à 8 fr.	960 "
Main-d'œuvre : pose des deux premiers fils (id.), à 4 fr. Id. pose du 5 ^e fil (id.), à fr. 2,66.	480 " 519 20
DÉPENSE POUR LES TROIS FILS EN L'AIR.	fr. 42,089 40
Passage du cours d'eau (éval. ci-dessus) :	811,14
Id. du tunnel (id.)	844,52
Ligne souterraine (id.)	<u>6,427, "</u>
DÉPENSE SPÉCIALE À CES TROIS OBJETS.	7,782 46
DÉPENSE TOTALE.	fr. 49,871 86

L'évaluation ci-dessus fournit un chiffre de dépense qui se rapproche du coût réel des premières lignes télégraphiques belges. D'après la moyenne que nous avons citée en commençant (fr. 102,70 par unité kilométrique, poteaux ou fils), une ligne de 120 kilomètres, comprenant les poteaux et trois fils, équivaudrait à 480 unités et devrait coûter fr. 49,296, sans les cours d'eau, tunnels, etc. Remarquons que presque tous nos fils sont du n° 8 (4^{mm}); que si les trois fils de la ligne prise pour exemple étaient de cette dimension, elle coûterait fr. 45,573 au lieu de fr. 42,089, ce qui rendrait l'approximation plus grande. Il faut noter aussi qu'en écartant les poteaux de 100 mètres dans les lignes droites, et de 50 mètres seulement dans les courbes de petit rayon, on ne place que 14 poteaux, en moyenne, par kilomètre, tandis que la plus grande partie de nos lignes ont été établies avec l'écartement uniforme de 50 mètres, exigeant 20 poteaux par kilomètre.

La différence entre le devis pris pour exemple et la dépense réelle est donc parfaitement expliquée.

APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES.

Tout fil conducteur arrivant dans un bureau est raccordé à un instrument complexe, dont une partie, appelée *manipulateur*, est disposée de manière à envoyer, par ce fil, des courants électriques, dans un ordre déterminé, tandis que l'autre partie, appelée *récepteur*, est destiné à recevoir, traduits en *signaux*, ces mêmes courants, venant de l'extérieur par le même fil.

L'ensemble du manipulateur et du récepteur, constitue un *appareil télégraphique* proprement dit.

Nous ne reviendrons pas ici sur les motifs qui ont fait adopter presque universellement le *système* d'appareils de M. Morse. Nous avons donné, dans le tome XIV des *Annales*, des détails minutieux sur cet objet, en les appuyant des expériences comparatives auxquelles la position spéciale des lignes télégraphiques belges avait donné lieu.

Le système Morse peut être caractérisé comme suit :

1° Des *signaux* composés de combinaisons de *points* et de *barres* ou *tirets* ;

2° La *transmission* de ces signaux par des envois de courants successifs, brefs ou longs, et plus ou moins espacés ;

3° La *réception* de ces signaux sur une bande de papier, déroulée, avec une vitesse uniforme, par un mouvement d'horloge.

Ces trois données étant admises entre deux pays qui veulent correspondre, et le dictionnaire des signaux étant arrêté de commun accord, peu importe le modèle adopté par chacun d'eux pour le manipulateur et le récepteur. Il suffit que le manipulateur puisse envoyer des courants brefs ou longs à volonté ; que le récepteur produise un point ou une barre très-courte lorsqu'il reçoit un courant bref, une barre beaucoup plus longue lorsqu'il reçoit un courant long. La construction des appareils correspondants peut différer sans que l'entente cesse.

Cette liberté de procédés est un des avantages du système-Morse. Chaque pays cherche le modèle qui lui convient le mieux, et l'applique au service international, sans devoir faire adopter ses idées par ses voisins et sans être obligé d'accepter les leurs.

Certains manipulateurs mettent le fil conducteur en contact avec la source d'électricité par une pression de haut en bas, comme celle d'une touche de piano; d'autres agissent latéralement. Nous préférons de beaucoup les premiers, qui sont les plus généralement adoptés.

La plupart des récepteurs font mouvoir le levier qui trace l'écriture au moyen d'une pile locale mise en jeu par un *relais*. Ce relais est un électro-aimant plus sensible, dont l'armature n'a d'autre fonction que d'établir un contact avec la pile locale. C'est le relais qui reçoit les courants venus du bureau correspondant, courants souvent très-faibles, ordinairement assez variables. Dans certaines circonstances, on peut se passer de ces relais. Le bureau qui reçoit est seul juge de ces circonstances. Le bureau qui transmet n'a pas à s'en mêler.

Dans le principe, le papier était déroulé par un mouvement d'horloge mu par un poids. Ce poids était fort incommodé à placer et à manœuvrer, dangereux même pour les employés, car il tombait quelquefois. Il est remplacé, presque partout, par un ressort. Le récepteur, modifié ainsi, est beaucoup plus facile à enlever de la table; il faut à peine 50 secondes pour le remplacer par un autre, avantage précieux si l'on considère qu'un dérangement peut survenir pendant le cours d'une transmission. C'est également pour faciliter les échanges d'appareils, que l'administration française a fixé le relais sur le même socle que le récepteur.

Enfin, on s'était contenté, jusqu'en 1856, d'estamper les points et les barres au moyen d'une pointe sèche, produisant un léger relief, à la face supérieure du papier. On est parvenu

à les produire à l'encre, d'une manière beaucoup plus visible. Tous les appareils-Morse employés en Belgique ont reçu ce perfectionnement. Nous tenons de M. Morse lui-même que c'est la plus importante, la plus pratique, la seule sérieuse parmi les améliorations apportées à son appareil depuis qu'il l'a inventé. Comme elle nous vient de France, nous ne pouvons mieux en rendre compte qu'en empruntant aux *Annales télégraphiques* de ce pays (t. 1^{er}, juillet-août 1858) la description qu'en donne M. le directeur Bergon. La fig. 42 représente l'ancien récepteur à pointe sèche, avec son relais. Cet appareil est décrit en premier lieu :

« Le levier *abc* oscille autour de l'axe *o* et porte en *c* l'armature mobile de l'électro-aimant. Son mouvement de va-et-vient est utilisé directement, sans transformation. Le style *d*, qui traverse le levier dans un pas de vis à l'extrémité *a*, présente sa pointe au papier, à l'endroit d'une rainure pratiquée au milieu et tout autour du cylindre *e*. Le cylindre *f*, mû par un mouvement d'horlogerie, tourne et entraîne par frottement le cylindre *e*. Le papier, qu'on a passé entre les deux cylindres, est entraîné aussi et se déroule d'une manière uniforme et continue. D'après cela, suivant que, par l'effet du passage d'un courant plus ou moins prolongé, l'armature *c* reste attirée pendant un intervalle de temps très-court ou d'une certaine durée, le style trace, par gaufrage sur le papier, des points ou des traits. Ce sont bien là, sans aucune idée fondamentale nouvelle, les caractères essentiels de l'invention du professeur Morse.

« Cet appareil présente tous les avantages des appareils imprimants. Il est le plus simple de tous, celui qui répond le mieux aux nécessités de la pratique. Mais, à côté de ses qualités, il a aussi ses imperfections. L'écriture obtenue sur le papier par le gaufrage d'une pointe sèche est très-difficile à lire lorsque la lumière n'arrive pas sur elle dans une direction convenable. On comprend aisément combien

» cette condition doit être un sujet de difficultés sérieuses
» lorsqu'il s'agit d'établir, sur un même point, un grand nom-
» bre d'appareils qui doivent, par nécessité de service, être
» placés sous la même surveillance ; il faudrait des locaux con-
» struits tout exprès.

» En second lieu, admettons que les conditions de jour
» soient excellentes ; les signaux ne sont vraiment bien lis-
» bles que si l'appareil est bien réglé. Or, ce réglage, qui
» demande parfois à être opéré assez fréquemment, exige
» des soins minutieux et une certaine habileté. Il occasionne
» des pertes de temps considérables, lorsque les employés ne
» sont pas très-expérimentés. Pour qu'un appareil soit bien
» réglé, il faut que la pointe du style se dirige bien exacte-
» ment vers le milieu de la rainure du cylindre et, qu'en se
» soulevant, elle exerce sur le papier une pression suffisante
» pour le gaufrer, mais assez faible pour ne pas le déchirer.
» En même temps qu'on cherche à obtenir cette position du
» style, il faut veiller à ce que les contacts de la réception et
» de la transmission soient bien assurés, tout en maintenant
» entre l'armature mobile et les cylindres de fer doux de
» l'électro-aimant une distance en harmonie avec la force du
» courant. Pour opérer ce réglage, l'axe o peut être déplacé
» dans le sens de sa longueur ; le style est une vis qu'on peut
» avancer ou reculer ; il en est de même des contacts (v, v') de
» la translation et de la réception. Le ressort r doit être d'aut-
» tant plus tendu que le courant est plus fort. De toutes ces
» opérations, la plus longue et la plus délicate est, sans con-
» tredit, celle qui consiste à faire correspondre la pointe du
» style avec le milieu de la rainure du cylindre.

» Enfin, la force nécessaire pour produire le gaufrage étant
» relativement considérable, il a fallu employer des leviers
» d'une certaine masse. Pour faire fonctionner un appareil
» dans ces conditions, il faut de forts courants, qu'il n'est
» pas toujours possible de faire parvenir au bout de longues
» lignes, dont l'isolement est nécessairement imparfait et va-

» riable. C'est ce qui a conduit à placer à côté du récepteur-
» Morse un organe de plus, le relais R. Ce relais n'est autre
» chose qu'un électro-aimant pourvu de son armature mobile
» que le courant de la ligne est chargé de faire fonctionner.
» Chaque fois que cette armature est attirée, elle ferme le
» circuit d'une pile locale dont le courant, n'ayant pas de ligne
» à parcourir, peut être facilement réglé de manière à faire
» fonctionner le récepteur.

» Ce relais est une complication évidente mais forcée. C'est
» un mécanisme de plus, susceptible de se déranger. Il n'est
» pas une cause de lenteur dans les transmissions directes,
» parce que la vitesse de marche que peut supporter un ap-
» pareil bien établi dépasse de beaucoup la vitesse *maximum*
» de manipulation que peut atteindre l'employé le plus habile
» en travaillant régulièrement. Mais s'il s'agit de translations,
» et surtout si, en même temps que la translation se fait, on
» veut que les dépêches soient prises au passage, ce sont alors
» deux mécanismes à mettre en mouvement et un gaufrage à
» faire dans chaque station intermédiaire; et il devient de
» toute nécessité de ralentir notamment la manipulation. Il
» faut, en effet, donner le temps au relais et au récepteur de
» se mettre en mouvement et au gaufrage de se faire dans
» chaque station. Ce sont des opérations mécaniques qui n'ont
» lieu en réalité que successivement; elles sont moins rapides
» que le courant qui les produit, et l'une d'elles, le gaufrage,
» dépense une force relativement grande.

» Nous venons de signaler trois points défectueux dans le
» système télégraphique de Morse: 1^o difficulté de lecture des
» signaux gaufrés; 2^o complication du réglage; 3^o lenteur
» obligée dans les transmissions par translation et simulta-
» nées. Le plus gênant dans le service, celui auquel il impor-
» tait de remédier le plus tôt, est, sans aucun doute, la diffi-
» culté de lire l'écriture gaufrée. Le côté faible de cette partie
» de son invention n'avait pas échappé à Morse, et il a long-
» temps cherché, dès le début, une autre solution; mais

ses essais ont été infructueux, et il a dû laisser à d'autres que lui le soin de perfectionner son œuvre.

Le brevet pris par Morse en 1838 est expiré depuis quelques années. La question était importante et on l'a beaucoup étudiée. Un grand nombre de moyens ont été proposés. On a songé, par exemple, à utiliser le papier chimique de Bain, en ajoutant au liquide qui sert à le préparer un sel déliquescents pour empêcher la dessiccation. Le papier, ainsi préparé, présente, sur celui que Bain avait employé dans ses appareils, des avantages notables. Il n'est pas nécessaire de le mettre en service aussitôt après sa préparation. En le renfermant dans des terrines en grès bien bouchées, il se conserve plusieurs mois en état de servir. Le degré d'humidité qu'il doit avoir pour fonctionner n'est pas très-considérable, ce qui lui laisse assez de consistance pour se dérouler entre deux cylindres sans se rompre et le rend moins dangereux pour la santé des employés obligés de le manier. Néanmoins, il donne encore du problème à résoudre une solution trop incomplète. En effet, malgré les précautions les plus minutieuses, les premières couches du rouleau mis en service se dessèchent promptement, et il faut, après un certain temps d'arrêt dans la transmission, laisser dérouler une assez grande longueur de bande sur laquelle les signaux ne paraissent plus. La décomposition chimique exige, d'ailleurs, pour s'effectuer, une pile locale beaucoup plus puissante que le gaufrage, et cette puissance doit augmenter à mesure que le papier devient moins humide. Enfin, le récepteur de cet appareil ne peut pas faire la translation.

On a imaginé aussi de placer à l'extrémité du levier un tire-ligne baignant dans un encier. Cette solution a donné des résultats assez satisfaisants ; les signaux sont d'une netteté parfaite ; mais le tire-ligne exige des soins beaucoup trop fréquents, auxquels les employés ne peuvent se livrer sans salir leurs mains et leurs écritures. Néanmoins, il y aurait

» eu lieu de rechercher les perfectionnements de construction
» dont cet appareil pouvait être susceptible, s'il ne s'était pas
» présenté une solution préférable à tous les points de vue.

» En 1856, un Hongrois, M. John, employé des lignes télé-
» graphiques autrichiennes, imagina de remplacer la pointe
» sèche du levier-Morse par une petite roue tournant sur son
» axe lorsque le papier se déroule. Cette roue plonge en partie
» dans un encier. Lorsque le levier la soulève, elle vient mar-
» quer sa trace sur le papier. La roue est plus facile à soigner
» que le tire-ligne, et cette solution est meilleure que la pré-
» cédente; elle présente néanmoins quelques-uns des mêmes
» inconvénients. M. John fit breveter son invention le 15 oc-
» tobre 1856.

» Le 7 août 1857, MM. Digney frères, constructeurs à
» Paris, prirent brevet pour une autre disposition. La fig. 45
» représente leur appareil. *m* est une petite roue ou molette
» qui tourne lorsque le papier se déroule; mais au lieu de
» suivre les mouvements du levier, comme dans le système
» de M. John, elle tourne sur place. Elle se charge d'encre
» en frottant sur le tampon cylindrique *t*, qui s'appuie sur
» elle à frottement libre. Ce tampon, en drap ou en feutre,
» est fortement imprégné d'une encre oléique. Le moindre
» frottement peut le faire tourner sur son axe, qui est lui-
» même très-librement mobile autour de la tige horizontale
» projetée en *s*. Le levier se recourbe, à son extrémité *t*, sous
» la forme d'un marteau sur le tranchant duquel le papier
» vient s'appuyer en vertu de son poids. En se soulevant, ce
» marteau amène le papier au contact de la molette et il se
» fait un point ou un trait, suivant la durée du contact. Le
» reste de l'appareil ne diffère pas essentiellement de l'appa-
» reil-Morse ordinaire.

» La netteté de l'écriture est irréprochable. Le tampon
» une fois bien imprégné, il suffit, pour l'entretenir en état,
» d'y déposer avec un pinceau quelques gouttes d'encre, une
» fois toutes les vingt-quatre heures lorsque l'appareil est

constamment occupé. Cette opération n'est pas difficile et peut être effectuée dans toutes les conditions de propreté désirables.

Le réglage est plus facile à obtenir que celui de l'appareil à pointe sèche. Au lieu de cette opération longue et compliquée qu'il faut faire pour amener la pointe du style exactement en face de la rainure du cylindre, il suffit ici de mettre avec son doigt l'appareil sur contact, de faire dérouler la bande et de tourner la vis *v* jusqu'à ce que la molette fasse tache sur le papier. Toutes ces pièces étant parfaitement en vue, l'opération se fait rapidement et sans la moindre peine. Les autres parties ne diffèrent pas essentiellement de celles de l'appareil-Morse ordinaire, et le réglage s'en opère de la même manière.

Enfin, pour que la molette fasse tache, il n'est pas nécessaire que le marteau presse sur elle; il suffit que le papier atteigne la couche d'encre. Le levier n'a donc pas d'autre fonction que celle de se mouvoir, et ne dépense aucune force pour faire l'impression. MM. Digney ont adapté un relais à leur appareil; mais à quoi bon le relais, si le récepteur est aussi sensible que lui? Des expériences directes, faites à la station centrale des lignes télégraphiques à Paris, ont, en effet, démontré que le récepteur marche aussi facilement que le relais, au bout de longues lignes et par tous les temps. L'appareil était en communication directe avec Bruxelles, et il a parfaitement fonctionné, non seulement sans relais local, mais aussi sans relais de ligne sur tout le parcours. D'ailleurs, comme nous l'avons déjà dit, l'impression n'exige aucune dépense de force; les dimensions du levier peuvent donc être diminuées afin de rendre l'appareil plus sensible. Mais il faudrait prendre garde d'aller trop loin dans cette voie; un appareil trop sensible aurait ses inconvénients; il obéirait trop facilement aux influences électriques nombreuses qui se développent sur les lignes, en dehors des courants destinés aux transmissions.

» L'administration française a fait essayer, sur ses lignes.
 » les divers appareils que nous avons passés en revue. C'est
 » après un long examen, à la suite d'expériences multipliées,
 » faites sous les yeux des inventeurs, qu'elle a donné la pré-
 » férence au système de MM. Digney. Et, en effet, c'est ce
 » système qui arrive par le moyen le plus simple, par celui
 » qui exige le moins de soins, par le plus pratique, en un
 » mot, à substituer, aux signaux gaufrés, des signaux à
 » l'encre parfaitement nets. MM. Digney n'avaient probable-
 » ment cherché que cette solution, et il se trouve que leur
 » procédé simplifie le réglage, et se prête mieux au service
 » des translations. De toutes les modifications de l'appareil-
 » Morse, celle de MM. Digney est donc, en tous points, de
 » beaucoup la meilleure ; elle constitue un perfectionnement
 » réel, que l'expérience d'une année met aujourd'hui à l'abri
 » de toute contestation. » (¹).

Les limites de notre travail ne comportent pas la descrip-
 tion des perfectionnements de détail que reçoit tous les
 jours la construction des appareils télégraphiques, et des
 dispositions ingénieuses au moyen desquelles on a tenté de
 leur appliquer les courants d'induction. Les travaux remar-
 quables de MM. Siemens et Halske, de Berlin, Hipp, de Berne,
 ont été décrits ailleurs. Leurs résultats pratiques sont encore
 contestés, et l'application générale n'en a encore été faite
 dans la télégraphie d'aucun pays.

La construction des récepteurs, avec leurs mouvements
 d'horloge, doit être entreprise en grand pour être avanta-
 geuse au vendeur et au consommateur. Le marché belge est
 trop restreint pour alimenter une fabrication spéciale dans
 le pays. C'est donc à MM. Digney, qui sont d'ailleurs brevetés
 pour le perfectionnement décrit ci-dessus, que l'administra-

(¹) Par une lettre insérée dans la livraison suivante des *Annales télégra-
 phiques*, MM. Digney, frères, déclarent, avec une loyauté qui les honore,
 qu'ils doivent à M. F.-M. Baudouin la première idée de l'amélioration réalisée
 par eux.

tion belge confie la fourniture des récepteurs à encre, qui coûtent, avec le relais sur le même socle, 400 francs par appareil.

Les manipulateurs, boussoles ou galvanomètres, sonneries, commutateurs et accessoires divers sont fabriqués en Belgique par M. Lippens, mécanicien-constructeur, chargé, par abonnement, de l'entretien de tous les appareils télégraphiques du gouvernement.

Chaque appareil complet est monté sur une table (tablette noire, encadrement et pieds en chêne verni); la grandeur ordinaire est 4^m,10 sur 0^m,60. Les fils de la ligne, de la terre et des piles sont attachés à des écrous serre-fils désignés à cet effet. Les différentes parties de l'appareil sont raccordées entre elles et avec ces écrous au moyen de fils qui passent sous la tablette. Il est prudent d'employer des fils couverts de gutta-percha, aussi solides que ceux des lignes souterraines.

Les écrous serre-fils sont ordinairement au nombre de neuf, savoir :

1 pour le fil de ligne;

1 id. de terre;

1 pour raccorder au besoin le fil de ligne avec celui d'un autre appareil et donner la communication directe sans relais;

2 pour raccorder l'appareil avec un autre, de manière à faire fonctionner les deux lignes correspondantes par *translation* et relais de pile;

2 pour les deux pôles de la pile locale;

2 pour les deux degrés de la pile de transmission, de manière à permettre à l'employé de faire varier la force du courant sans quitter l'appareil.

Les manipulateurs construits par M. Lippens portent un commutateur qui les met, à volonté, en communication avec l'un ou l'autre degré de la pile.

Par une disposition due au même constructeur, les *bous-*

soles ou galvanomètres, interposés ordinairement entre la ligne et l'appareil pour faire constater si le courant passe, peuvent faire fonctionner une sonnerie vibratoire (*trembleur*) lorsque l'appareil est momentanément abandonné. L'aiguille indicatrice de ces boussoles est un aimant vertical. L'extrémité inférieure de cet aimant oscille entre les deux pôles d'un électro-aimant dans le fil duquel passe le courant de la ligne. Lorsque l'aimant s'incline sous l'action de ce courant, il en indique la présence, comme dans un galvanomètre ordinaire. En outre, l'aimant touche un conducteur raccordé à la pile même de l'appareil et qui fait passer son courant dans un autre électro-aimant contenu dans la boîte. L'armature de ce second électro-aimant porte un marteau à tige flexible qui frappe sur un timbre surmontant la boîte. Par une disposition déjà décrite, le courant, rompu à chaque coup de timbre et rétabli immédiatement au moyen d'un ressort de rappel, produit une succession de sons très-rapides tant que le courant passe dans l'électro-aimant de sonnerie, c'est-à-dire chaque fois que le courant de la ligne incline l'aiguille.

Une manette à droite coupe la connexion entre les deux électro-aimants, et fait taire la sonnerie.

Une manette à gauche réunit directement les deux boutons qui communiquent de la ligne à l'appareil, en mettant en dehors le premier électro-aimant, qui agit sur l'aiguille.

On peut donc se servir à volonté :

De la boussole avec sonnerie ;
De la boussole sans sonnerie ;
De l'appareil sans boussole ni sonnerie.

Dans le dernier cas on supprime même la faible résistance que le premier électro-aimant ajoute à la ligne.

L'emploi d'un électro-aimant, pour faire osciller une aiguille, est préférable au *multiplicateur* autrefois employé dans les galvanomètres et dans les appareils du sys-

tème Wheatstone ; l'influence du courant est plus grande, et l'aiguille est beaucoup moins exposée à perdre son aimantation par l'influence des courants atmosphériques.

Dans notre travail de 1855 (t. XIV des *Annales*, p. 515, 545 et 554) nous avons décrit cette disposition qui fait la base du perfectionnement apporté par M. Dering aux appareils Wheatstone, et dont M. le professeur Glosesener a proposé l'application partielle dès 1848.

La boussole-relais-sonnerie de M. Lippens est fort commode par son petit volume et par son double usage. On peut la disposer de manière à faire agir la sonnerie seulement lorsque l'aiguille s'incline d'un côté, à droite, par exemple. Quand l'aiguille s'incline à gauche, la sonnerie est muette. On peut ainsi laisser une station intermédiaire hors du circuit, en ayant soin de diriger dans le même sens tous les courants de la ligne, et de les faire agir sur l'aiguille en l'inclinant à gauche. On travaille alors sans déranger la station intermédiaire. Lorsqu'on veut l'appeler, on renverse le courant, l'aiguille s'incline à droite, la sonnerie résonne et l'agent appelé place son appareil dans le circuit. Les bureaux télégraphiques de Louvain et de Landen sont pourvus de cette disposition, qui fonctionne très-régulièrement.

Les frais d'installation d'un appareil-Morse, dans les conditions qui viennent d'être indiquées, peuvent être évaluées comme suit :

Un récepteur avec son relais (perfectionnement de MM. Digney)	fr. 400	"
Un manipulateur, avec commutateur pour la pile . . .	48	"
Une boussole à sonnerie (perfectionnement de M. Lippens)	50	"
Un commutateur à trois directions, pour les diverses communications	7	50
Neuf écrous serre-fils, à fr. 1,20 la pièce.	10	80
Une table et une chaise	40	"

Fils de raccordement, 4 à 5 mètres, à fr. 0,285.	1 50
Montage; main-d'œuvre, etc.	2 40
TOTAL. . . fr. 550	»

La dépense occasionnée par les deux piles et par le meuble qui les renferme dépend du local et du nombre d'éléments à employer. On peut l'évaluer approximativement à 100 fr. dans les conditions ordinaires.

Indépendamment des frais d'entretien et de renouvellement des piles, dont nous parlerons plus loin, il y a une dépense spéciale à l'appareil-Morse; c'est le papier en bandes qu'il consomme. Jusqu'à présent les quantités employées par l'administration belge ne sont pas assez considérables pour que les fabricants de papier du pays se munissent de l'outillage réclamé par ce genre de fabrication. Nous faisons venir de France le papier en bandes de 11 à 12 millimètres de largeur, au prix de fr. 2,25 le kilogramme, et fr. 2,47 rendu à Bruxelles.

Nous en avons consommé, en 1858, 9,668 rouleaux pour 32 appareils en service, soit 186 rouleaux, en moyenne, par appareil.

Chaque rouleau pèse 84 grammes environ, et coûte, par conséquent, fr. 0,24.

La dépense moyenne en papier a été, en 1858, de 39 fr. par appareil-Morse. Elle varie, dans des limites très-étendues, d'après le travail plus ou moins continu des appareils.

Le système Morse n'est pas le seul employé par l'administration belge. Toutes les lignes situées sur le chemin de fer de l'État ont un fil spécial, destiné aux correspondances de ce chemin de fer. A ce fil correspondent, dans chaque bureau télégraphique, des appareils à cadran et à lettres du système Lippens.

Les *Annales des travaux publics* ont publié une description des premiers appareils de ce système (t. XI, 1852). Depuis cette époque, il a reçu des perfectionnements très-intéres-

sants⁽¹⁾), et il a été adopté par tous les chemins de fer du pays.

Les bureaux télégraphiques ouverts en Belgique aux correspondances privées étaient au nombre de 75, à la date du 1^{er} janvier 1859. Les villes de Bruxelles, Anvers et Liège ayant deux bureaux, ce nombre doit être porté à 78.

22 bureaux ont les appareils-Morse et Lippens ;

4 bureaux n'ont que l'appareil-Morse ;

52 bureaux n'ont que l'appareil-Lippens.

Dans ces dernières localités, la correspondance privée a très-peu d'importance, et les lignes destinées au service du chemin de fer suffisent pour écouler les télégrammes que l'on y admet dans l'intérêt du public, plutôt que comme sourcee de recettes.

Huit des stations de l'État sont pourvues, en outre, de l'appareil à lettres du système Breguet, pour correspondre avec les stations-frontières du chemin de fer du Nord, en France, où ce système est généralement adopté.

Les appareils-Lippens sont disposés de manière à pouvoir correspondre alternativement de l'un et l'autre côté de la station. Lorsque le nombre de correspondances n'est pas très-grand (et c'est le cas général), un seul appareil suffit. Il est pourvu de deux relais d'appel spéciaux que l'on peut mettre, à volonté, en communication avec une sonnerie vibratoire qui fonctionne par la pile de l'appareil lui-même et donne un son suffisamment fort pour appeler les employés occupés dans les locaux voisins.

M. Lippens a disposé pour ses appareils un commutateur très-commode qui sert en même temps de paratonnerre, et peut être appliqué, d'ailleurs, à tous les genres de télégraphie. Les deux lignes traversent ce commutateur, et peuvent être réunies à volonté, lorsqu'on enlève momentanément l'ap-

⁽¹⁾ Voir *Description détaillée* publiée par le constructeur, avec instruction spéciale pour l'installation des postes. — Bruxelles, Labroue et C[°], 1850.

pareil, de manière à permettre aux deux bureaux voisins de part et d'autre, de communiquer ensemble. Dans la situation ordinaire, elles sont séparées seulement par une feuille de papier sec et mince, d'une plaque de cuivre de 0^m,090 sur 0,055 qui est en contact avec la terre. Les décharges, résultant de l'électricité atmosphérique, et qui seraient assez fortes pour brûler les fils des bobines, se dissipent presque toujours à travers le papier, en le criblant de petits trous semblables à des piqûres d'épingle. Ces trous, dont on ne s'aperçoit qu'en démontant plus tard le commutateur et en enlevant le papier, n'empêchent pas celui-ci d'isoler les courants voltaïques qui mettent l'appareil en jeu. Le service de l'appareil continue donc sans danger pour les bobines, et sans qu'on doive remplacer le paratonnerre. Il arrive aussi, mais très-rarement, que des parcelles de cuivre mis en fusion par de fortes décharges réunissent les lignes à la terre. En pareil cas, cette communication avec la terre préserve l'appareil tant que dure l'orage. Il faut remplacer le papier au premier instant de calme et, si les surfaces en contact avec le papier ont subi une altération trop grande pour que le commutateur puisse servir, remplacer celui-ci, en attendant réparation.

Les effets de l'électricité atmosphérique sont tellement variables, tellement inattendus, qu'on ne peut affirmer, d'une manière absolue, l'efficacité de ce paratonnerre pour préserver le fil des bobines, dans les appareils, relais et sonneries. Mais l'expérience que nous en avons faite est très-satisfaisante, et nous le considérons comme plus sûr que les *pointes* et d'autres dispositions que l'on a appliquées au même objet.

Les frais d'installation d'un poste télégraphique, répondant de deux côtés, par le système-Lippens, sont les suivants :

Appareil comprenant le manipulateur, le récepteur, et deux relais d'appel, avec indicateurs	fr. 400	"
Sonnerie vibratoire, communiquant aux deux relais.	50	"
Commutateur paratonnerre.	15	"
Table avec compartiments pour la pile.	60	"
Fils de raccordement, 5 mètres environ, à fr. 0,285.	" 85	
Pile : 50 éléments, à fr. 1,75.	51	90
Écrous d'attache, etc.	2	25
TOTAL. . . fr. 580		"

Dans la marche des appareils-Lippens, deux récepteurs, c'est-à-dire huit bobines, sont dans le circuit. Cette résistance est assez forte pour que les différences de longueur dans les lignes télégraphiques à desservir puissent être négligées. Il en résulte qu'une pile de 20 à 50 éléments convient également à une distance de 500 mètres ou de 200 kilomètres. Cela nous a permis de tenir compte des frais d'installation de la pile et d'indiquer la dépense entière que nécessite l'établissement d'un appareil télégraphique dans une de nos stations de chemin de fer.

On trouvera, dans les renseignements qui vont suivre, des détails plus complets sur les piles, au point de vue de leurs effets dans la télégraphie pratique, des frais d'entretien et de renouvellement.

PILES.

La lumière et les moteurs électriques, la galvanoplastie et d'autres applications de l'électricité, que notre siècle voit passer peu à peu du laboratoire dans l'industrie, réclament des piles très-énergiques, fournissant de grandes quantités d'électricité.

Il n'en est pas de même de la télégraphie, qui se contente de faibles courants, pourvu que leurs effets soient réguliers.

La pile télégraphique doit, avant tout, être *constante* : il importe que le récepteur, réglé d'après une certaine intensité d'aimantation, puisse fonctionner d'un bout à l'autre d'une

transmission, pendant une heure, un jour, plus longtemps même, s'il est possible, sans qu'on ait à modifier la tension du ressort de rappel, l'écartement des armatures, etc. Il faut remarquer pourtant que le travail à fournir par une pile télégraphique n'a pas d'analogie avec l'expérience qui consisterait à la faire fonctionner d'une façon continue dans un circuit très-court. La télégraphie ne réclame que des courants intermittents, dans de longs circuits dont la résistance, en retardant l'action de la pile, permet d'en faire usage pendant un temps beaucoup plus long.

En second lieu, la pile doit être *commode*, ce qui comporte facilité de placement, d'entretien et absence d'odeur. Sauf dans les grands bureaux, les locaux ne se prêtent pas généralement à l'installation des piles dans une pièce à part. Il faut donc éviter, autant que possible, dans le voisinage des employés et des appareils, les émanations malsaines et la malpropreté qui résulte de renouvellements fréquents. Il faut noter aussi qu'une pile difficile à entretenir est presque toujours médiocrement entretenue, et que le service ne tarde pas à en souffrir.

En troisième lieu vient l'*économie*, condition beaucoup moins importante que les deux premières, mais dont il n'est pas inutile de tenir compte.

Dès le début de l'industrie télégraphique en Angleterre, la pile dite *de sable* a été très-généralement employée. C'est la disposition primitive de la pile de Volta : des plaques de zinc et de cuivre, alternant dans des auges en matière résineuse, en verre ou en gutta-percha, que l'on remplit de sable siliceux, imprégné d'un mélange d'eau et d'acide sulfurique, dans la proportion de 15 à 1.

Quoique l'entretien de cette pile réclame certains soins, elle est essentiellement *commode*. Elle n'a presque pas d'odeur, tient peu de place et se transporte plus facilement qu'aucune autre. Aussi demeure-t-elle la meilleure pour faire des expériences le long des lignes, en dehors des bureaux.

Elle est *économique*, réclame une fort petite quantité d'acide, et ne consomme pas beaucoup de zinc.

Elle n'est pas *constante*; la décomposition de l'eau et la conductibilité de la pile étant considérablement diminuées, après quelques instants de travail, par la non absorption de l'hydrogène qui résulte de cette décomposition.

Elle n'a jamais pu être employée régulièrement qu'avec l'appareil Wheatstone, où l'impulsion donnée à l'aiguille étant contrebalancée seulement par le poids de cette aiguille, sans ressort, et suivie presque toujours d'impulsion en sens contraire, il n'est pas indispensable d'exercer des efforts constants.

Les premiers essais de M. Morse, en Amérique, ceux que faisait l'administration française en 1844, réclamaient un moteur plus régulier, surtout pour obtenir (comme dans l'appareil français à signaux angulaires), le *synchronisme* nécessaire entre le manipulateur et les aiguilles du récepteur. La pile de Bunsen fut alors adoptée de part et d'autre. En voici les éléments :

Un cylindre de zinc est plongé dans l'eau mélangée d'acide sulfurique. La surface du zinc est amalgamée, afin d'être aussi homogène que possible. Le zinc fourni par l'industrie n'est pas absolument pur; les différentes parties de sa surface diffèrent dans leur composition et dans leur affinité pour l'oxygène. Cette différence augmente par le travail même de la pile, et donne lieu à des courants locaux qui se recomposent entre les parties d'une même plaque, consomment le zinc sans entrer dans le courant que développe la pile et, par conséquent, sans utilité. Cette observation s'applique à toutes les piles qu'emploie la télégraphie. L'amalgame est à la fois une garantie de constance et une économie.

Le zinc, décomposant l'eau sous l'influence de l'acide sulfurique, devient oxyde et sulfate de zinc. L'hydrogène de l'eau se porte sur le cuivre, et il importe d'en débarrasser celui-ci pour ne point entraver la décomposition ultérieure de l'eau,

la production et la conductibilité du fluide électrique. C'est pourquoi le cuivre est prolongé par un prisme ou cylindre de carbone ou de graphite poreux (ordinairement on emploie les croûtes qui s'attachent à l'intérieur des cornues à gaz) plongé dans l'acide azotique. L'hydrogène s'empare d'une partie de l'oxygène de cet acide et recompose de l'eau. Il se dégage de l'acide nitreux (hypo-azotique).

Pour séparer les deux liquides (acide azotique d'une part et acide sulfurique étendu, de l'autre) on emploie un diaphragme poreux, sous forme de vase cylindrique en porcelaine dégourdie.

Dans cette pile, l'hydrogène étant absorbé assez rapidement pour ne pas faire obstacle à la conductibilité, le courant reste parfaitement constant, jusqu'à ce que les liquides aient perdu leur énergie. Mais la rapidité des décompositions ne leur laisse pas une longue durée. Pour entretenir convenablement une pile de Bunsen, il faut la démonter et la nettoyer tous les jours. L'acide sulfurique étendu et le sulfate de zinc formé doivent être rejetés; on utilise ce qui reste d'acide azotique, mais il faut admettre que la quantité entière en est renouvelée tous les cinq jours. Enfin le dégagement des vapeurs nitreuses rend inhabitable tout endroit fermé où la pile serait établie.

La pile de Bunsen, quoique très-énergique, quoique parfaitement constante lorsqu'elle est bien entretenue, n'est ni commode ni économique. Il faut donc renoncer à l'employer dans les conditions ordinaires de la télégraphie.

C'est ce qui a conduit à employer la pile de Daniell, où le coke (ou graphite) plongé dans l'acide azotique est remplacé par une lame de cuivre servant seulement de conducteur, et plongée dans une dissolution saturée de sulfate de cuivre. L'action est beaucoup moins énergique, mais l'hydrogène est absorbé par l'oxygène de l'oxyde de cuivre, base du sulfate. Le cuivre se dépose à l'état métallique. L'acide sulfurique s'étend dans les deux liquides et contribue à activer la

décomposition de l'eau par le zinc. On a même jugé inutile de plonger celui-ci dans de l'acide étendu. L'eau pure, en ne donnant pas lieu à une décomposition aussi rapide, et à un courant aussi énergique, laisse la pile plus propre, et n'exige pas autant d'entretien. Il suffit de maintenir à saturation la dissolution de sulfate, en déposant, tous les deux ou trois jours, quelques cristaux de ce sel sur une petite plaque soudée à cet effet à la lame de cuivre.

En pratique et pour servir pendant quelque temps, la pile de Daniell est plus constante même que la pile de Bunsen, par ce fait qu'elle exige moins de soins et d'entretien. Elle est aussi plus commode et plus économique. Cependant elle laisse à désirer sous ces deux rapports. L'obligation d'ajouter souvent du sulfate n'est pas très-exactement remplie dans les postes où le personnel est restreint et peu surveillé. Les vases poreux se chargent de dépôts de cuivre à l'état métallique et doivent être renouvelés assez souvent. Si cet entretien est négligé, la pile devient bientôt mauvaise. S'il est bien fait, la dépense est assez forte.

En 1850 et 1851, lorsque la télégraphie électrique s'est organisée sur le continent européen, la pile de Daniell y a été universellement adoptée ; elle a été maintenue en France jusqu'aujourd'hui ; en Angleterre, elle s'est beaucoup répandue, surtout sur les lignes internationales, où l'appareil-Morse est exclusivement employé. En Allemagne on s'est occupé, dès 1852, d'obtenir une pile d'un entretien plus facile et plus économique, et l'on est revenu aux éléments constitutifs de la pile à auges ou pile de sable, mais en conservant la forme de la pile de Bunsen. En substituant les bocaux cylindriques aux auges plates, et un conducteur liquide au sable humecté, on a obtenu une meilleure conductibilité. L'inconvénient résultant de la présence de l'hydrogène a été diminué tant par cette cause que par la substitution d'un cylindre de coke à la lame de cuivre. Enfin, en séparant le coke du zinc par le diaphragme (vase poreux) qui

n'existe pas dans les anciennes piles à auges, on a constaté un certain avantage dans l'emploi de deux liquides : eau pure sur le zinc, ce qui ralentit la décomposition en la rendant plus régulière; eau acidulée sur le coke, pour augmenter la conductibilité.

C'est, en résumé, le matériel de la pile de Bunsen, avec le liquide de l'ancienne pile de Volta. On obtient un courant moins énergique et beaucoup moins constant, mais qui suffit à un travail ordinaire. La pile peut rester plusieurs mois sans être lavée ou démontée. Il suffit de verser, de temps à autre, quelques gouttes d'eau acidulée sur le coke. Elle est donc essentiellement commode.

A l'époque où l'usage de cette pile mixte se répandait en Allemagne, le chemin de fer concédé de Sambre-et-Meuse, en Belgique, obtenait le même résultat en s'abstenant de mettre du sulfate de cuivre dans les piles de Daniell, et en les alimentant, du côté du cuivre seulement, avec de l'acide sulfurique étendu. Cette disposition a été adoptée par la plupart des chemins de fer concédés de Belgique; il a fallu augmenter la surface de la lame de cuivre, qui suffisait, comme conducteur, avec le sulfate de cuivre, mais qui, sans le concours absorbant de ce sel, ne livrait plus au courant un passage assez facile. Dans les bureaux télégraphiques du gouvernement, le même résultat a été obtenu en scellant la lame de cuivre, au moyen de plomb fondu, dans un cylindre ou prisme de coke. Sauf la forme, qui est renversée, c'est le système allemand, décrit en 1832, dans une publication due à M. Nottebohm, alors directeur des télégraphes du royaume de Prusse. Nous avons rendu compte de l'une et l'autre dispositions, en 1855, dans le tome XIV des présentes *Annales*. Nous avons donné alors, au point de vue de la dépense, des renseignements comparatifs que nous allons compléter ici.

Chaque élément d'une pile de Daniell comprend, dans notre matériel :

4° Un bocal en verre de 0^m,440 de hauteur sur 0^m,400 de diamètre ;

2° Un vase poreux de 0^m,450 sur 0^m,050 ;

5° Un cylindre de zinc laminé de 0^m,450 de hauteur, 0^m,072 de diamètre et 0^m,005 d'épaisseur ;

4° Une lame de cuivre de 0^m,280 de longueur, 0^m,015 de largeur et 0^m,001 d'épaisseur, fixée au cylindre au moyen d'un rivet en cuivre.

D'après les prix payés en Belgique, les frais d'installation d'une pile de Daniell de 100 éléments peuvent être évalués comme suit :

100 bocaux.	fr. 28
100 vases poreux.	20
100 zines avec lame de cuivre.	100
Écrous pour les extrémités, etc.	2
TOTAL. . . fr.	150

D'après des observations faites en Belgique, à une époque où les piles de Daniell y étaient généralement employées, il fallait renouveler complètement les vases poreux trois fois en quatorze mois. Ce renouvellement équivaut, pour une pile de 100 éléments, à une consommation annuelle de 257 vases. Comme on les revendait, en moyenne, à 8 fr. le 100, à cause du cuivre dont ils étaient chargés, la dépense doit être évaluée à 12 fr. pour 100 vases mis hors d'usage.

De même il fallait deux séries de zines en quinze mois ; mais, depuis cette époque, nous avons augmenté d'un tiers la hauteur des cylindres. Ce tiers, lorsqu'ils sont neufs, ne plonge pas dans le liquide et demeure intact tant que la partie inférieure, où commence ordinairement la décomposition, n'est pas détruite. Au lieu de rejeter les cylindres on les recoupe au bas et on peut les utiliser encore avec une hauteur de 40 centimètres environ. La durée des zines est ainsi portée à dix mois, ce qui correspond à 120 pièces usées, en un an.

La consommation de sulfate de cuivre pour une pile qui travaille beaucoup, s'élève à 4^k,8 par élément et par année. Le prix de ce sel est variable. On peut l'évaluer, en moyenne, à 4 fr. le kilogramme.

Les bocaux ne s'usent pas, mais on en brise environ 5 p. % par année.

Dans ces conditions, les frais annuels de 100 éléments peuvent être évalués comme suit :

5 bocaux, à 28 fr. le 100. . . . fr.	4 40
257 vases poreux, à 42 fr. le 100. . . .	50 84
420 zincs, à 1 fr. la pièce.	120 "
180 kilog. de sulfate de cuivre	180 "
Main-d'œuvre, amalgame des zincs . . .	50 26
Intérêt à 5 p. % du capital de 150 fr.	<u>7 50</u>
TOTAL DES FRAIS ANNUELS. . . fr.	
	570 "

La pile de Daniell coûte donc fr. 5,70 par élément et par année.

Lorsqu'on supprime le sulfate de cuivre, comme on l'a fait en Belgique et en Allemagne, il faut ou élargir la lame de cuivre, ou y fixer un cylindre de coke. Ce dernier moyen, dont nous avons usé pour un très-grand nombre d'éléments, augmente de 25 c. le prix de chaque couple et de 25 fr. les frais d'installation de 100 éléments, qui coûtent ainsi 473 fr.

Quant aux frais d'entretien, nous les déduirons de la dépense faite en 1858. Il y a eu, en moyenne, pendant cette année, 4,500 éléments en service dans les soixante-quinze bureaux télégraphiques de l'Etat. On a employé à leur entretien :

250 bocaux en verre.
4,391 vases poreux.
1,250 zincs, avec prisme de coke.
1,780 kilog. d'acide sulfurique.

En réduisant ces chiffres dans la proportion de 4,500 à 100, nous avons pour dépense moyenne :

5 bocaux, à 28 fr. le 100	4 40
52 vases poreux, à 20 fr. le 100.	6 40
50 zines, à fr. 1,25 la pièce.	56 90
42 kilog. d'acide sulfurique à 28 fr. les 100 kilog. . fr. 11 76	
Main-d'œuvre, amalgame, etc.	14 89
Intérêt à 5 p. % du capital de 175 fr.	8 65
<hr/>	
TOTAL DES FRAIS PAR ANNÉE. . . fr. 80 "	

Ainsi, en remplaçant le sulfate de cuivre par l'acide sulfurique étendu, on réduit la dépense à moins du quart; mais, pour que la comparaison soit complète, il faut tenir compte du nombre d'éléments à employer avec les deux systèmes. Pour desservir des appareils peu occupés, comme dans la plupart des bureaux secondaires, la suppression du sulfate n'augmente que de 20 à 25 p. %, le nombre d'éléments à employer. Lorsque le travail est continu, une augmentation de 50 à 60 p. % est ordinairement requise. Ainsi, sur une ligne de 5 à 400 kilomètres de longueur, où l'appareil-Morse fonctionne régulièrement avec une pile de 40 éléments, lorsqu'il fait beau, et de 60 à 70 éléments par les temps humides, il faut porter à 70 et 100 éléments la pile sans sulfate qui doit fonctionner souvent. En tenant compte des appareils peu occupés, on peut admettre, sans se tromper de beaucoup, que le service des 4,500 éléments employés en 1858 aurait pu être fait par 3,200 éléments de pile de Daniell.

Les frais d'entretien pendant une année, qui se sont élevés à $4300 \times 0,80$ ou 3,440 fr. auraient été $5200 \times 5,70$ ou 14.840 fr. La différence est toujours très-grande, et les piles à l'acide peuvent être considérées comme commodes et économiques au plus haut degré.

Nous avons dit qu'elles ne sont pas constantes; ce défaut, malheureusement, ne peut être atténué en augmentant le nombre d'éléments. Les variations de courant sont moins brusques en substituant le coke au cuivre, mais il est très-difficile de joindre le coke au zinc par un conducteur qui se

maintienne en bon état. En Allemagne, on emploie une bande de plomb coulée autour du cylindre de coke et se prolongeant jusqu'au zinc, auquel elle se rattache par un écrou en cuivre. Cet écrou finit par s'oxyder et par devenir mauvais conducteur. En Belgique, où l'on emploie le même matériel pour les piles de Daniell et les piles à l'acide, la bande de cuivre est scellée au plomb dans une cavité, sous forme de T, pratiquée dans le coke. Ce scellement se détériore également par le temps, et souvent une énorme résistance se produit dans une pile sans qu'on puisse la constater et en trouver l'endroit autrement qu'en employant le galvanomètre. Cet inconvénient est d'autant plus grave que le nombre d'éléments est plus grand.

La question de préférence ne peut donc être considérée comme entièrement résolue. Une économie de sept ou huit mille francs, sur une dépense totale d'environ douze mille, est très-intéressante au point de vue purement industriel, mais elle est de peu d'importance dans un service où il faut avant tout se préoccuper de travailler régulièrement et sans interruption.

Les piles sans sulfate peuvent donc être utilement employées dans les bureaux où l'on ne travaille que par intermittences. Dans ces conditions, la facilité de l'entretien est plus précieuse encore que l'économie. Sur les lignes où les appareils fonctionnent continuellement, la pile de Daniell devra être considérée comme la meilleure jusqu'à ce qu'on obtienne une régularité assez grande par des moyens plus simples et moins coûteux.

Nous citerons, sans les apprécier définitivement, deux systèmes produits récemment et que nous n'avons pas eu le temps d'expérimenter d'une manière complète.

La pile de MM. Robinson et C°, de Londres, est, pour le principe et pour la forme des éléments, la reproduction de la pile de sable dont nous avons parlé plus haut. La lame de cuivre est remplacée par une plaque de *coke platinisé* de 6 à 8 milli-

mètres d'épaisseur. Nous ignorons la nature exacte de cette préparation, qui constitue le secret de l'inventeur. Au lieu de sable humecté, on emploie de l'acide sulfurique dilué dans douze à quatorze fois son poids d'eau. Les plaques de zinc amalgamées sont plongées, à la partie inférieure, dans de petits godets en gutta-percha pleins de mercure vif.

Cette disposition a pour objet de renouveler l'amalgame par la simple action de la pile.

Au dire de MM. Robinson et C°, cette pile peut rester huit à neuf mois sans qu'on y touche. Il suffit alors d'ajouter de l'acide étendu sans démonter la pile. Le mercure ne doit être renouvelé qu'au bout de deux années, et les couples doivent durer plus encore.

Une pile de 100 éléments dont les plaques auraient 90 centimètres carrés de surface coûterait à établir :

100 bocaux plats	fr. 50
100 zines, avec coke platinisé	250
Raccordements, etc.	2
TOTAL. . . fr. 282	

Il est à présumer que ce prix, assez élevé, serait compensé par l'économie dans l'entretien.

Il résulte de nos observations, encore incomplètes :

1° Que la pile Robinson, comparée à une pile de sable de même forme et de mêmes dimensions, produit un courant moins énergique au début, mais plus constant après un certain travail ;

2° Qu'elle est moins constante que la pile de Daniell ;

3° Que cependant elle a fonctionné pendant deux mois, sans qu'on y ait touché.

L'administration des lignes télégraphiques de France vient d'essayer avec succès la pile due à M. Marié-Davy, de Paris. C'est une pile de Daniell où la dissolution saturée de sulfate de cuivre est remplacée, dans le vase poreux, par du sulfate de protoxyde de mercure en poudre fine, et mêlé à

l'eau, de manière à former une pâte peu consistante. Le zinc est plongé dans l'eau pure; la lame de cuivre est terminée par un prisme mince de coke.

De même que dans la pile de Daniell, l'hydrogène provenant de la décomposition de l'eau réduit le sulfate; au lieu de cuivre se déposant à l'état métallique sur les parois du vase poreux, il se forme du mercure vif que l'on retrouve au fond du vase. Ce mercure peut être utilisé et les vases poreux ne sont pas mis hors d'usage aussi rapidement, double économie qui compense le prix élevé du sulfate de mercure. Ce sel est presque insoluble; il ne traverse pas le vase poreux et ne produit pas sur la surface du zinc, comme le sulfate de cuivre, des courants locaux inutiles au travail de la pile.

Le vase poreux doit être d'une pâte moins cuite que pour le sulfate de cuivre. Lorsqu'il n'est pas assez poreux, il faut le percer de quelques petits trous, au niveau du liquide.

Dans l'expérience faite par l'administration française, les bocaux en verre ont 0^m,08 de hauteur sur 0^m,07 de diamètre, les zincs 0^m,065 sur 0^m,055, et les vases poreux 0^m,07 sur 0^m,055. Les prismes de coke ont 0^m,015 de côté environ sur 0^m,08 de longueur. Il est préférable de les joindre au zinc par une lame de plomb.

Malgré ces dimensions réduites, 58 éléments, qui ont fonctionné pendant six mois sur une ligne très-occupée, sans autre entretien que de remplir d'eau pour réparer les pertes dues à l'évaporation, ont fourni la même intensité de courant que 60 éléments Daniell de dimensions ordinaires⁽¹⁾. Au bout de ce temps, la pile, qui commençait à s'affaiblir, a été démontée. Les zincs et les vases poreux étaient à peu près intacts; il restait dans ces derniers du mercure vif au fond, et un résidu noirâtre dans la partie supérieure. En traitant ces produits par l'acide sulfurique, on obtient du sulfate de mercure à employer de la même manière.

⁽¹⁾ *Annales télégraphiques de France*, livraison de mars-avril 1857. Notice de M. Bergon, directeur divisionnaire.

L'administration française s'est très-bien trouvée de l'emploi de cette pile pour l'installation des postes télégraphiques qui suivaient les armées alliées, dans la campagne de 1859. Les appareils étaient transportés et établis à la hâte ; les circonstances ne permettaient pas de leur donner les soins minutieux que réclament les postes établis dans les conditions ordinaires. La pile de M. Marié-Davy a subi victorieusement cette épreuve. Aussi constante que la pile de Daniell, elle est beaucoup plus commode, et sa force électro-motrice est plus grande. Elle semble plus résistante, mais ce défaut de conductibilité est dû peut-être aux faibles dimensions des éléments employés.

Si une expérience plus longue vérifie ces premiers résultats, et si les frais d'entretien ne dépassent point ceux de la pile de Daniell, elle sera sans doute préférée à celle-ci.

Nous ne terminerons point ce chapitre sans décrire une disposition très-heureuse donnée à la pile de Daniell par M. Parelle, horloger à Rouen. Un spécimen de cette disposition figurait à l'exposition universelle de Paris, en 1855.

Au lieu d'entretenir la saturation de la dissolution de sulfate de cuivre en y plongeant des cristaux de ce sel qui se trouvent nécessairement en contact, avant d'être dissous, avec les parois du vase poreux, et qui augmentent, dans une forte proportion, les dépôts de cuivre auxquels on doit la prompte mise hors d'usage de ces vases, on renferme à l'avance, dans un matras sphérique de 0^m,12 de diamètre 1 kilogramme à 1 kilogramme et $\frac{1}{2}$ de sulfate (provision suffisante pour huit à dix mois au moins). Le matras est alors rempli d'eau de pluie, fermé au moyen d'un bouchon de liège dans lequel passe un tube en verre de 7 à 8 centimètres de longueur, et de 5 à 5 millimètres de diamètre intérieur.

Les bocaux sont un peu plus élevés que ceux de la pile de Daniell, et ils sont échancreés au bord pour laisser passer les lames de cuivre.

On peut employer les bocaux ordinaires et éviter le sur-

croit de dépense qui résulte de l'échancreure du verre, en surmontant le rebord des bocaux d'un bourrelet de gutta-percha dans lequel passe la lame de cuivre. Le reste est conforme au matériel ordinaire. Chaque matras a son goulot et son tube renversés dans un vase poreux, et repose sur les bords du bocal. La pression atmosphérique et la capillarité du tube retiennent la dissolution dans le matras, mais, à mesure que le liquide des vases poreux s'épuise, la différence de densité opère un échange graduel avec le liquide saturé du matras. La saturation voulue est donc maintenue dans les vases, sans aucun soin, sans aucun entretien.

Nous avons adopté ce modèle pour les piles locales des appareils-Morse, que deux éléments de dimensions ordinaires font marcher parfaitement. Nous l'avons essayé aussi, avec le plus grand succès, pour certaines piles de transmission auxquelles on pouvait donner l'espace nécessaire. Les éléments ont 0^m,27 de hauteur ; les matras sont fragiles et il faut éviter de les heurter en les plaçant. Une étagère spéciale est indispensable.

Nous avons fait fonctionner des piles de cette espèce pendant six mois consécutifs, sans devoir y toucher. Elles sont aussi bonnes que le premier jour. Il y reste un tiers environ du sulfate placé dans le matras, et les vases poreux sont à peine atteints par les dépôts.

Les frais d'installation, dans lesquels il faut comprendre le sulfate de cuivre nécessaire à la mise en train, sont évalués comme suit :

100 bocaux échancreés	fr. 90
100 vases poreux	20
100 matras	45
100 bouchons et tubes.	24
100 zines avec lames de cuivre.	100
Écrous pour les extrémités, etc.	2
125 kilog. de sulfate de cuivre.	125
TOTAL. . . fr. 406	

Les frais d'entretien ne peuvent être calculés que sur des données incertaines ; les chiffres qui suivent doivent donc être considérés comme une approximation.

5 bocaux, à fr. 0,90	fr. 4 50
150 vases poreux, à fr. 0,20.	50 "
120 zincs, à 4 fr.	420 "
40 matras, à fr. 0,45	4 50
160 kilog. de sulfate de cuivre.	160 "
Main-d'œuvre ; amalgame des zincs. . . .	20 70
Intérêt à 5 p. % du capital de 406 fr. .	20 50
<hr/>	
TOTAL DES FRAIS ANNUELS. . . fr. 560	"

Si l'économie de vases, de sulfate et de main-d'œuvre se réalise dans la proportion probable qui vient d'être indiquée, la nouvelle disposition sera moins coûteuse que la pile de Daniell. Quoi qu'il en soit, elle mérite, à notre avis, de fixer l'attention, et, pour les piles locales, nous ne saurions trop la recommander.

En terminant cette étude sur les piles télégraphiques, étude exclusivement pratique, où nous avons évité de reproduire des hypothèses scientifiques trop connues pour les uns, trop compliquées pour les autres, très hasardées pour tous, nous dirons quelques mots de leur mode d'emploi sur nos lignes.

Les appareils à lettres du système-Lippens fonctionnent par des renversements successifs du courant envoyé par le transmetteur. Il faut donc une pile à chaque appareil. Vingt éléments suffisent, mais ce nombre est généralement porté à trente, parce qu'on n'emploie pas de sulfate de cuivre. L'ancienne pile, à l'eau acidulée, avec la forme des éléments Bunsen est, comme nous l'avons vu, plus commode, plus économique même avec 50 p. c. d'éléments de plus, et suffisamment constante pour un travail intermittent.

La pile d'un appareil-Morse a toujours le même pôle en

contact avec la terre. On peut donc desservir, avec la même pile, plusieurs appareils du même bureau.

Cette disposition n'offre aucun inconvénient lorsque le travail est peu actif, et les lignes à franchir à peu près de même longueur. Pour desservir des lignes inégales, il faut plusieurs piles ou, au moins, graduer avec soin le nombre d'éléments s'appliquant à chaque distance.

Tout appareil travaillant d'une façon continue doit avoir une pile pour lui seul, surtout si la ligne est très-courte. Cette règle doit, par conséquent, être observée pour les piles locales. L'emploi du sulfate de cuivre doit être recommandé dans les piles dont le travail est très-actif, jusqu'à ce qu'on ait remplacé ce système par un autre qui fournit les mêmes résultats.

Nous employons, pour faire marcher les appareils-Morse sur des lignes de 20 à 400 kilomètres, sans relais, de 45 à 70 éléments Daniell. Le *maximum* des éléments sans sulfate a été porté quelquefois à 120 et même 150 éléments. Dans ces proportions le grand nombre de couples devient, comme nous l'avons dit, une cause de résistances et de dérangements, et il vaut mieux en revenir à un système plus sûr, quoique plus coûteux.

RÉSULTATS.

Après avoir rendu compte de la situation matérielle des lignes télégraphiques du gouvernement belge, et des détails d'exécution, il nous reste à exposer succinctement les résultats obtenus.

Le relevé suivant résume, pour les huit premières années d'exploitation, l'ensemble des recettes et des dépenses, y compris les capitaux successivement engagés dans le premier établissement et l'extension des lignes, appareils, locaux, etc.

EXERCICES,	MONTANT des recettes,	DÉPENSES ANNUELLES de personnel et d'entretien.	EXCÉDANT des recettes sur les dépenses annuelles.	CAPITAUX DÉPENSES répartis approximativement.	DÉPENSES non amorties par les recettes.	EXCÉDANT des recettes sur des dépenses totales.
1850-1851.	81,492 40	59,416 04	22,076 06	250,000 *	227,925 94	*
1852.	165,899 45	52,947 75	110,951 40	50,000 *	*	60,951 40
1855.	272,782 90	70,055 62	202,747 28	400,000 *	*	102,747 28
1854.	281,955 *	89,795 01	191,459 99	50,000 *	*	141,459 99
1853.	257,859 75	111,500 *	146,359 75	50,000 *	*	96,559 75
1856.	359,579 93	152,599 84	226,980 41	70,000 *	*	166,980 41
1857.	407,014 67	177,671 44	239,540 25	105,500 *	*	125,840 25
1858.	415,926 55	219,591 36	194,535 49	74,500 *	*	120,035 49
TOTAUX . . .	2,257,487 07	915,037 06	1,324,450 01	750,000 *	227,925 94	802,565 95

Pendant l'exercice 1850, il n'y a eu d'autre exploitation que celle de la ligne télégraphique de Bruxelles à Anvers, rachetée à une compagnie concessionnaire, le 4^{er} septembre. C'est le 15 mars 1851 que les relations avec l'Allemagne, la France, et les villes principales du pays ont commencé. Les deux exercices ont été confondus en un seul dont le bénéfice net, de 22,000 fr. environ, est resté bien au-dessous du capital consacré à l'installation des premières lignes. Mais, à partir de 1852, le produit a dépassé non-seulement les frais annuels de personnel et d'entretien, mais encore les sommes consacrées à établir de nouvelles lignes. Il suffit de comparer les chiffres successifs et leurs totaux, pour se rendre compte des résultats obtenus à la date du 31 décembre 1858, sans qu'il soit nécessaire d'établir un compte d'amortissement exact.

Remarquons toutefois que les dépenses annuelles tendent à s'accroître dans une plus forte proportion que les recettes, et que, depuis 1856, l'excédant de celles-ci va en diminuant. Cela provient de ce que certains services organisés en dernier lieu sont à peu près improductifs et ont surtout pour objet d'améliorer les anciennes relations ou de relier des localités de peu d'importance.

D'un autre côté, à mesure que le nombre des correspondances augmente, il faut y pourvoir par une extension de personnel à peu près égale, tandis que par la diminution graduelle des tarifs, on n'obtient pas un accroissement proportionnel des produits. Nous en voyons l'exemple dans les deux dernières années.

Le produit de l'exercice 1858 ne dépasse que faiblement celui de l'année 1857. On pourrait en inférer que le développement des correspondances télégraphiques tend à s'arrêter. Ce serait une erreur. Le nombre de télégrammes a augmenté dans une forte proportion, mais, de 1857 à 1858, le service belge a réduit le taux du transit, de manière à le rendre égal au tarif des pays voisins. Le produit des correspondances en transit entrant pour un tiers dans la recette totale, la réduc-

tion a exercé une grande influence, tout en conservant à nos lignes ce tiers de recette que la concurrence leur aurait enlevé si l'ancien tarif avait été maintenu.

En 1859, l'application des conventions internationales conclues à Bruxelles et à Berne, le 50 juin et le 4^{er} septembre 1858, aura un résultat analogue. Le produit augmentera, mais dans une plus faible proportion que le mouvement⁽¹⁾.

Afin de rendre compte des diverses sources de recette, nous entrerons dans quelques détails sur les résultats de l'exercice 1858.

Le nombre total de télégrammes privés a été de 445,726. Les dépêches d'État (correspondances du gouvernement et des diplomates étrangers) y sont comprises, à raison de 2 1/2 p. ^oo.

Il y a eu, en outre, sur nos lignes télégraphiques, 72,058 télégrammes échangés gratuitement pour le service des chemins de fer de l'Etat, et pour le service des télégraphes lui-même.

Les correspondances des particuliers et des gouvernements ont été échangées comme suit :

Entre deux bureaux belges (<i>service intérieur</i>).	47,675	télégrammes.
Entre un bureau belge et un bureau étranger (<i>service international</i>).	58,094	id.
Entre deux bureaux étrangers (<i>service de transit</i>).	59,959	id.
TOTAL. . .	145,726	télégrammes

⁽¹⁾ Nous n'avons pas compté, dans le relevé des dépenses, le concours en imprimés, locaux, chauffage, éclairage et frais divers que le service des télégraphes proprement dit obtient de l'administration des chemins de fer, postes et télégraphes, dont il forme une des branches. Ce concours est important, mais nous le supposons compensé par le nombre considérable de dépêches du service des chemins de fer. En taxant ces télégrammes au taux du tarif, *réduit de moitié*, on obtient une somme approximativement égale à l'évaluation des dépenses qui viennent d'être citées.

Les recettes correspondantes sont :

Service intérieur	fr. 89,514	05
Id. international	187,162	72
Id. de transit	157,449	78
TOTAL.	fr. 415,926	55

Le produit moyen d'un télégramme a été de fr. 2,84.

Sous le rapport de la nature et de l'objet des correspondances, on trouve, sur 100 télégrammes :

Communications des gouvernements	2 1/2
Nouvelles de bourse	57
Transactions commerciales	58
Affaires privées et de famille	46 1/2
Nouvelles pour les journaux	6
TOTAL.	100

Il y a eu, en 1858, 73 bureaux télégraphiques belges, en relation avec 2,451 bureaux étrangers. Il est intéressant de comparer les bureaux belges entre eux au point de vue du mouvement de leurs correspondances respectives. Le relevé suivant, où ils sont classés par ordre d'importance, donne, pour chacun d'eux, le nombre de télégrammes privés transmis, plus le nombre des télégrammes reçus :

1. Bruxelles	128,168	télégrammes.
2. Anvers	45,644	id.
5. Gand.	10,710	id.
4. Liège.	9,450	id.
5. Louvain	5,799	id.
6. Mons.	3,072	id.
7. Namur	5,057	id.
8. Ostende.	2,890	id.
9. Charleroi.	2,688	id.
10. Bruges	2,612	id.
11. Courtrai	2,574	id.
12. Verviers	2,511	id.
13. Tournay	1,945	id.

14. Termonde	4,598	télégrammes.
15. Malines	1,567	id.
16. Spa	1,269	id.
17. Alost	824	id.
18. Tirlemont	745	id.
19. Leuze	701	id.
20. Landen (¹)	615	id.
21. Châtelineau	588	id.
22. Gosselies	560	id.
23. Saint-Ghislain	557	id.
24. Hasselt	505	id.
25. Manage	494	id.
26. Jemmapes	492	id.
27. Ath	455	id.
28. Grammont	426	id.
29. Marchiennes	405	id.
30. Braine-le-Comte	371	id.
31. Lokeren	554	id.
32. Quiévrain	515	id.
Divers (40 bureaux), ensemble . . .	5,856	id.

Le bureau de Bruxelles n'a eu, pour la ville même, que 24,227 télégrammes transmis, et 24,025 reçus ; total 48,250. Mais il a échangé, outre un grand nombre de correspondances intérieures et internationales qu'il reçoit d'une ligne pour les transmettre sur une autre, toutes les correspondances en transit. Ces dernières, lorsque la communication directe ne peut être établie entre les deux pays voisins de part et d'autre, sont reçues à Bruxelles, et réexpédiées comme un télégramme qui serait originaire de Bruxelles même. Lors même que deux bureaux étrangers sont mis en relation directe, c'est au moyen d'un relais qui permet à Bruxelles de prendre une copie, chose indispensable pour dresser les comptes internationaux. Ce service nécessite un travail considérable que nous avons compté au bureau de Bruxelles en ajoutant, à son mou-

(¹) Landen comprend les télégrammes de Saint-Trond (station d'un chemin de fer concédé).

vement propre, le double du transit, c'est-à-dire 79,918 télégrammes.

On peut classer les bureaux télégraphiques belges, en 1858, en six catégories :

1^{re} catégorie : 150 à 160 télégrammes par jour ; Bruxelles et Anvers (transit non compris).

2^e catégorie : 50 à 56 télégrammes par jour ; Gand et Liège.

3^e catégorie : 8 à 12 télégrammes par jour ; Louvain, Mons, Namur, Ostende, Charleroi, Bruges, Courtrai et Verviers.

4^e catégorie : 4 à 6 télégrammes par jour ; Tournay, Termonde, Malines et Spa.

5^e catégorie : 1 à 3 télégrammes par jour ; Alost, Tirlemont, Leuze, Landen, Châtelaineau, Gosselies, St.-Ghislain, Hasselt, Manage, Jemmapes, Ath, Grammont, Marchiennes, Braine-le-Comte, Lokeren, et Quiévrain.

6^e catégorie : 40 bureaux qui n'ont pas 1 télégramme par jour, et dont quelques-uns en ont à peine un par mois.

Presque tous les bureaux de la 6^e catégorie ont été établis pour le service du chemin de fer, et sont desservis par les agents des stations. Quelques-uns ont été installés dans l'intérêt des localités qu'ils desservent, et constituent pour l'administration une charge improductive. Mais, comme nous l'avons vu, le produit des premières catégories et du service de transit constitue aux télégraphes belges une situation assez avantageuse pour qu'ils puissent faire quelques sacrifices, et mettre à la portée de toute agglomération de quelques milliers d'habitants, les avantages précieux qu'offre ce moyen de correspondance, même lorsqu'il n'est utilisé que très-exceptionnellement.

L'administration continue à marcher dans cette voie en cherchant à utiliser les télégraphes et le personnel des chemins de fer concédés, afin d'éviter des dépenses considérables. L'année 1859 verra s'ouvrir ainsi plusieurs bureaux nouveaux, dans les localités secondaires.

En indiquant le nombre de télégrammes transmis et reçus, en moyenne, *par journée*, afin de rendre plus frappantes les différences qu'offre le mouvement des correspondances dans les diverses catégories de bureaux, nous avons divisé par 500 les chiffres de l'année entière. En effet, les correspondances d'affaires sont nulles les dimanches et les jours de fête. Il ne reste guère que les relations de famille et de journaux, qui ne constituent ensemble que la cinquième partie du mouvement total.

Le mouvement des correspondances télégraphiques présente d'ailleurs de très-grandes fluctuations, qui contribuent à rendre le service onéreux et difficile. Une nouvelle politique, une perturbation dans le commerce ou l'industrie amènent, de la manière la plus inattendue, un nombre considérable de télégrammes. Pour les écouler sans trop de retard, il faut conserver tout prêts, pendant les jours de calme, les appareils et les agents nécessaires à une affluence subite, et il n'est pas rare, malgré cette précaution, d'être surpris par un encombrement qui dépasse toutes les prévisions.

En divisant par 365, pour tenir compte de toutes les journées fortes ou faibles, le nombre de correspondances qui ont occupé les lignes belges en 1858, on obtient, comme moyenne journalière, 599 télégrammes privés et 197 dépêches de service; total 596 télégrammes. Nous n'avons pas fait de relevé complet d'une journée d'affluence en 1858, mais ce renseignement a été recueilli pour la journée du 27 avril 1859, qui a fourni, en Belgique, 4,148 télégrammes, répartis comme suit :

Télégrammes privés, service intérieur . . .	248
Id. id. id. international. . .	596
Id. id. id. de transit . . .	505
	TOTAL
	947
Télégrammes de service	201
	TOTAL GÉNÉRAL
	1,148

Dans cette journée exceptionnelle, le nombre de dépêches de service ne s'écarte pas de la moyenne générale, mais le nombre de télégrammes privés est, à la moyenne, comme 24 est à 40.

Sur les 248 télégrammes privés échangés *à l'intérieur* du pays, Bruxelles en a transmis 108, Anvers 57, Gand 47, Liège 9, et les 71 autres bureaux ensemble 57.

Sur la même quantité, 157 télégrammes ont été transmis directement du bureau d'origine au bureau de destination; 69 ont été transmis d'abord à un bureau de passage (presque tous à Bruxelles), qui les a réexpédiés à destination. 47 télégrammes ont été transmis en trois fois, et 3 télégrammes ont été transmis en quatre fois.

On voit, par ce résultat, que les lignes télégraphiques belges sont disposées de manière à éviter, à la grande majorité des correspondances, des réexpéditions qui peuvent occasionner des retards et surtout des erreurs. Indépendamment des fils exclusivement destinés au service international, tous les bureaux sont d'abord reliés entre eux par l'appareil à lettres, destiné surtout aux relations du chemin de fer. Un second fil, qui relie les bureaux des quatre premières catégories seulement, au moyen de l'appareil-Morse, sert plus spécialement à la télégraphie privée. Ce fil est doublé de Bruxelles à Liège, triplé de Bruxelles à Gand, quadruplé enfin de Bruxelles à Anvers. Il permet de transmettre aux centres principaux, sans placer hors d'action les postes intermédiaires.

C'est ainsi que pour transmettre immédiatement, *en une fois*, un télégramme de Bruxelles à Wetteren, il faudrait faire retirer du circuit, soit d'un côté Ternath, Denderleeuw et Alost, soit de l'autre, Vilvorde, Malines et Termonde. Cette manœuvre demande du temps; pendant qu'elle s'opère et que le télégramme est transmis, trois bureaux se trouvent hors d'état de correspondre, soit entre eux, soit avec Bruxelles et Gand. Pour éviter un pareil inconvénient, on transmet le télégramme de Bruxelles à Gand par une des lignes directes,

et Gand le réexpédie à Wetteren par le fil du chemin de fer.

Il est à remarquer que plus l'affluence est grande, plus il est difficile et lent de transmettre directement toutes les correspondances au lieu de leur destination. Prenons, pour second exemple, un télégramme d'Anvers à Namur. Il rencontre sur son passage les bureaux de Bruxelles et de Charleroi. S'il y a peu de dépêches et si les lignes sont inoccupées, rien de plus simple que de prévenir ces deux bureaux, qui se placent hors du circuit et laissent Anvers en communication directe, tout le temps nécessaire. Mais si, dans une journée d'affluence, Anvers attend, pour transmettre son télégramme, que Bruxelles puisse lui livrer la ligne de Namur, il court la chance d'attendre longtemps, car toutes les correspondances qui se succèdent sur cette ligne passeront d'abord, et il faudra s'entendre ensuite sur la manœuvre à faire. Pendant ce temps, le télégramme d'Anvers aura perdu son tour, tandis que s'il avait été transmis en passage à Bruxelles, il aurait pris rang parmi les correspondances de ce bureau.

Les communications directes diminuent le travail des employés et les chances d'erreur ; à ce double titre, il faut les favoriser autant que possible ; mais il faut bien y renoncer dans les circonstances où elles causeraient un retard considérable, au lieu d'activer la transmission.

C'est ce que le public comprend difficilement. Tout expéditeur est assez disposé à croire que sa dépêche est la seule dont le télégraphe ait à s'occuper, au moment où il la dépose. Il ne conçoit pas que cette dépêche ne soit pas transmise immédiatement au bureau destinataire, et qu'on lui fasse subir des détours topographiques dont il ne devine pas la raison.

Un troisième exemple éclairecira cette question. Les villes de Gand et de Bruges ont une ligne directe vers Londres, passant par les bureaux d'Ostende et de Douvres. On se figure, au premier abord, que les télégrammes de Gand pour-

Londres doivent suivre cette voie. Il le faudrait bien si elle était la seule, mais on devrait attendre qu'il n'y eût aucune correspondance engagée entre deux quelconques de ces cinq bureaux, ou se résigner à transmettre de poste en poste. Dans l'un ou l'autre cas, les retards seraient fréquents et considérables. Pour les éviter, nous faisons ordinairement passer à Bruxelles les télégrammes de Gand pour Londres. Bruxelles a, pour lui-même, pour Anvers et le reste du pays, pour l'Allemagne, la Russie et l'Orient, *trois lignes directes* avec Londres, lignes sur lesquelles aucun poste intermédiaire n'intervient. Lorsqu'elles fonctionnent bien, un courant considérable de correspondances peut y passer, et les télégrammes de Gand y trouvent un écoulement beaucoup plus prompt que par la ligne directe passant par Bruges, etc.

Si cette localité devait intervenir sur une des trois lignes de Bruxelles, elle en comprometttrait le service, et il ne faut pas oublier que les correspondances échangées entre Gand et Londres n'atteignent pas 4 $\frac{1}{2}$ p. % du mouvement total qui passe par ces trois fils.

En règle générale, le meilleur moyen d'éviter les retards, lorsque les correspondances affluent, est de les échanger entre les bureaux principaux, qui sont en relation constante entre eux, et qui les distribuent aux véritables destinations.

Lorsque les dépêches sont peu nombreuses, il est facile de les transmettre immédiatement au bureau destinataire. Il arrive assez souvent, le dimanche, que Bruxelles se trouve ainsi en relation directe avec St.-Pétersbourg, Moscou, Constantinople, etc. Cela n'arrive jamais dans les cas d'affluence. Bruxelles, alors, échange toutes les correspondances à longue distance avec Berlin, Paris, Londres, Amsterdam, qui les réexpédient vers leurs destinations respectives.

Cette digression fera comprendre que dans le service intérieur du 27 avril 1859, journée d'affluence exceptionnelle, il ait fallu renoncer aux communications directes pour un grand nombre de télégrammes, et se résigner à augmenter, par des

réexpéditions, un travail déjà considérable, afin d'éviter de trop longs retards.

La durée de certains parcours a dû se ressentir du grand nombre de correspondances. 9 télégrammes, sur les 248 échangés à l'intérieur du pays, sont restés en route plus de 45 minutes. Nous en indiquerons la direction, ainsi que le temps écoulé entre l'heure du dépôt au bureau d'origine, et l'heure de réception au bureau de destination.

Bruxelles à Ninove.	5	heures	21	minutes.
Landen à Arlon.	4	"	55	id.
Leuze à Mons	4	"	55	id.
Namur à Tournay	4	"	29	id.
Courtrai à Anvers	4	"	18	id.
Bruxelles à La Louvière . .	4	"	8	id.
Arlon à Bruxelles	4	"	5	id.
Bruxelles à Saint-Ghislain. .	4	"	"	id.
Liège à Anvers.	4	"	"	id.

Il est assez remarquable que le retard le plus considérable ait eu lieu de Bruxelles à Ninove, entre deux localités très-rapprochées. Il a eu pour cause un dérangement d'appareils et l'inexpérience d'un agent chargé tout récemment d'une partie du service. Le télégramme de Landen à Arlon, déposé à 7 heures 20 minutes du matin, ne pouvait arriver à destination qu'après neuf heures, l'ouverture des bureaux télégraphiques du Luxembourg étant fixée à neuf heures du matin par le règlement. Les sept autres retards, causés par l'affluence, n'ont rien de très-extraordinaire, et ne devraient pas être cités s'ils n'avaient eu lieu dans un pays où les distances sont généralement très-courtes et très-rapidement parcourues.

Il reste 259 télégrammes de cette journée dont le parcours a duré de 3 à 45 minutes, d'après les circonstances, la moyenne du temps écoulé étant de 20 minutes environ. C'est un résultat très-favorable, dû à la multiplicité des voies de correspondance et au mode de distribution dont il a été question plus haut. Il ne faudrait pas y compter d'une ma-

nière trop absolue, car il suffirait d'un appareil dérangé ou du dépôt simultané d'un grand nombre de dépêches, au même point et à la même heure, pour occasionner de plus longs retards.

La durée du parcours varie donc dans des limites très-étendues. Il en est de même dans tous les services télégraphiques, et les conventions internationales ont compris les retards prolongés au nombre des cas où l'expéditeur est en droit de réclamer le remboursement de la taxe qu'il a payée.

Ces cas sont énoncés comme suit :

- « a. Lorsque le télégramme ne parvient pas à destination par la faute du service télégraphique.
- » b. Lorsqu'il est constaté que le télégramme a été dénaturé au point de ne pouvoir remplir son objet.
- » c. Lorsqu'il a été remis à l'adresse indiquée, plus tard qu'il n'y serait parvenu *par la poste*. »

Ainsi les règlements prévoient les longs retards, dans des proportions qui semblent fabuleuses au premier abord, et qui pourtant se sont déjà réalisées. L'administration belge, dans la pratique, accorde le remboursement sans que le trajet ait été plus lent que par la voie postale. Il suffit que le retard ait été prolongé au point de rendre le télégramme évidemment inutile.

Les omissions et les erreurs sont également prévues, parce qu'il est impossible de s'en garantir d'une manière absolue. Sous ces deux rapports, comme en ce qui concerne les retards, le public finira par comprendre qu'il ne peut trouver, dans le télégraphe, la régularité constante des transmissions postales.

Les lettres arrivent toujours au bout du même espace de temps, qu'il y en ait 10 ou 1,000, que le temps soit beau ou mauvais.

Les lettres arrivent nécessairement telles qu'elles ont été écrites. Les télégrammes doivent être bien lus, bien transmis, bien interprétés, bien copiés; ils passent par plusieurs

intermédiaires, très-soigneux, à la vérité, mais non infaillibles.

Une lettre est un objet matériel qu'il est difficile d'égarer, tandis qu'une distraction, un accident, l'oubli d'une précaution minutieuse suffit pour faire classer un télégramme comme transmis, alors que le bureau de destination n'en possède aucune trace.

Le public commence à se rendre compte de ces difficultés, et le nombre très-restrait des réclamations prouve qu'il apprécie les efforts de l'administration, et les progrès qu'elle ne cesse d'obtenir.

Pour les 47,675 télégrammes échangés à l'intérieur, en 1858, l'administration a reçu dix-huit réclamations fondées, savoir : 4 télégrammes omis ou égarés, 4 télégrammes dénaturés, et dix retards.

Sur les 98,053 télégrammes internationaux et en transit, l'office belge en a égaré un, dénaturé 26 et retardé 6 ; total : 33 réclamations à la charge de cet office.

Il se commet, il est vrai, des erreurs qui ne donnent pas lieu à réclamation ; ce sont celles qui n'empêchent point les correspondants de se comprendre : les différences dans l'orthographe des noms propres, les chiffres sans importance, ou ceux au sujet desquels il n'y a point de confusion possible. L'administration a soin de contrôler ces erreurs, qui sont frappées d'une amende. Elles étaient, en 1854 et 1852, dans la proportion de *vingt sur dix mille mots* transmis. En 1858, ce nombre a été réduit à *quatre* pour le même travail, qui représente environ 500 télégrammes contenant un très-grand nombre de chiffres et de noms propres.

Nous avons complété l'exposé des ressources qu'offrent nos lignes télégraphiques en mentionnant les imperfections inhérentes à ce genre de correspondance. Leur petit nombre, et les progrès obtenus d'année en année ne peuvent qu'inspirer une juste confiance. En appréciant l'impossibilité de donner aux transmissions une vitesse toujours égale, une exactitude toujours infaillible, le public saura s'épargner de fâcheux mé-

comptes en se servant à propos des précautions spéciales qu'indiquent les règlements (¹).

Le nombre des correspondances et l'étendue des services rendus par le télégraphe s'accroissent à mesure que cet admirable instrument est mieux connu. Pour répondre à une aussi utile extension, il faut ajouter de nouveaux progrès à ceux qui ont été obtenus, et les faire apprécier à leur juste valeur.

Bruxelles, le 7 octobre 1859.

(¹) Des publications destinées à populariser le télégraphe ont paru dans presque tous les pays de l'Europe. Les personnes peu familiarisées avec l'histoire et la description des appareils trouveront dans *Le télégraphe mis à la portée de tout le monde*, de M. Strens (Bruxelles, 1855) des renseignements intéressants. Un *Guide de la correspondance télégraphique* publié par M. Girardin, sous les auspices de l'administration, paraît par intervalles, et rend compte des modifications de tarifs, des nouvelles relations ouvertes, etc. Tous ceux qui se servent du télégraphe en apprécieront l'utilité.

Ces deux auteurs sont attachés, en qualité de chefs de bureau, à l'administration des télégraphes de l'État.

TABLEAUX APPAREILS ET ACCESSOIRES DIVERS.

PL. IV.

