

TA
2
.S4
SMRS

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS



IMPRIMERIE DE GUIRAUDET ET JOUAUST,
558, RUE SAINT HONORÉ.

MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

ANNÉE 1849

Paris

RUE BUFFAULT, 26

Digitized by the Internet Archive
in 2010 with funding from
University of Ottawa

MÉMOIRES
ET
COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA
SOCIÉTÉ CENTRALE DES INGÉNIEURS CIVILS

(Janvier, Février et Mars 1849.)

(N° 4.)

Dans le trimestre de janvier, février et mars 1849, qui vient de s'écouler, diverses questions ont été abordées dans le sein de la Société, et ont reçu des solutions dont votre bureau vous doit compte aussi bien que des démarches qui ont été faites pour arriver à la réalisation des principes qui ont été arrêtés.

Au moment où l'Assemblée nationale et le ministre de l'instruction publique nommaient simultanément deux commissions pour préparer les bases de la loi sur l'enseignement, il était naturel que notre Société se préoccupât de la solution qui pourrait être proposée au pouvoir législatif ou au gouvernement, et cherchât à faire donner, dans l'éducation publique, aux connaissances industrielles la large part à laquelle elles ont droit. Toutefois elle ne crut pas, après une longue discussion, devoir étudier la question au point de vue général de l'enseignement professionnel, et résolut de s'occuper uniquement de rechercher les bases sur lesquelles pouvait reposer l'enseignement spécial de la science de l'ingénieur.

A l'exemple de la commission nommée par l'Assemblée nationale, la seule qui ait, jusqu'ici, fait connaître le résultat de ses délibérations, notre Société a admis la nécessité d'une sanc-

tion officielle pour témoigner de la science acquise, et offrir à la fortune publique comme à la fortune privée les garanties que la santé et les intérêts de chacun trouvent aujourd'hui dans les diplômes que délivrent les facultés de médecine et de droit. Cette sanction émanerait du ministre de l'agriculture et du commerce, assisté d'un jury composé de professeurs de facultés industrielles à établir, de membres de l'Académie des sciences, et des ingénieurs praticiens les plus distingués. Elle s'obtiendrait par des épreuves successives, à la suite desquelles le candidat recevrait des grades correspondants à ceux que donne l'Université.

Les facultés industrielles dont la Société voudrait voir la création enseigneraient, propageraient les sciences et faits pratiques dont la connaissance est nécessaire à celui qui veut poursuivre la carrière de l'ingénieur civil.

En présence d'une solution si simple, répondant à des besoins si réels, si généraux, il y a lieu de s'étonner qu'une semblable mesure n'ait pas été prise en 1838, après que la Chambre des députés eut déclaré, par l'organe de M. Vuitry, alors rapporteur du budget du commerce et des travaux publics, que l'éducation industrielle n'avait pas moins de droits à la sollicitude éclairée du gouvernement que l'éducation libérale.

Comme nous, les membres du Conservatoire des arts et métiers, parfaitement placés pour apprécier la large part que les intérêts matériels, favorisés par l'étude des sciences appliquées, se faisaient dans la Société, avaient aussi reconnu, en 1842, la nécessité d'instituer des épreuves de capacité; toutefois, dominés peut-être par leur position personnelle, ils avaient écarté la pensée d'un enseignement libre et des garanties qui doivent l'accompagner, et s'étaient réservé le droit de désigner au ministre de l'agriculture et du commerce ceux qu'ils auraient reconnus dignes d'obtenir le diplôme d'ingénieur civil des arts et métiers. Ils constituaient ainsi le Conservatoire en faculté privilégiée.

Nous disons avec eux que la nécessité de la création de fa-

cultés industrielles est difficile à révoquer en doute, que les centaines de millions employés de toutes parts aux créations industrielles fournissent à cet égard une démonstration irrécusable.

Or, « ce développement du côté matériel de l'industrie nationale provoque la constatation officielle d'un développement intellectuel qui leur réponde. Les connaissances scientifiques entrent désormais comme élément indispensable dans la production des richesses. Le meilleur moyen de donner au travail une impulsion féconde, s'est d'en améliorer les conditions en élevant le niveau commun de l'intelligence; de cette manière, l'état s'acquittera dignement d'un des devoirs les plus impérieux qui lui sont imposés, contribuera activement à l'amélioration du sort des classes laborieuses, objet de sa constante sollicitude, et asseoir sur une base solide la richesse nationale. Sans doute, c'était faire beaucoup que d'ouvrir des cours destinés à propager des connaissances fécondes en applications usuelles; mais cela ne saurait suffire, il faut prouver des résultats obtenus, il faut, pour les carrières industrielles et agricoles, fournir aux hommes capables les moyens assurés de se produire.

» Déjà une excellente institution, l'Ecole centrale des arts et manufactures, a compris ce besoin, et les diplômes d'ingénieurs qu'elle délivre se trouvent acceptés par la confiance publique. Le gouvernement doit se féliciter d'un pareil résultat obtenu par l'habileté des professeurs et le zèle consciencieux dont ils font preuve; mais il ne saurait méconnaître que l'état ne doit pas demeurer étranger à ce grand intérêt public. Qu'il se hâte donc.

» De plus en plus, dans toutes les directions, l'homme voit un travail intellectuel se substituer à un travail purement matériel; de plus en plus, la pensée qui dirige s'allie à la force qui exécute. Partout à l'immobilité séculaire succèdent des transformations rapides; l'industrie n'est peut-être qu'au dé-

» but de celles que préparent les voies nouvelles de communi-
» cations et les inventions incessamment produites.

» Désormais l'enseignement industriel est inscrit au nombre
» des premiers devoirs de l'état. Il en résulte que l'administra-
» tion publique doit intervenir pour apprécier le degré d'avan-
» cement de ces études, et pour recommander à la confiance
» publique les hommes capables de rendre des services sérieux
» dans les carrières industrielles, agricoles et commerciales. »

Notre bureau a présenté ces observations au ministre de l'agri-
culture et du commerce, et insisté auprès de lui pour qu'il dotât
promptement l'industrie d'une faculté dont on trouve les élé-
ments dans le Conservatoire des arts et métiers, dans l'Ecole
des arts et manufactures, et enfin dans les écoles d'Angers et de
Châlons. Malheureusement, il n'a pu réussir à lui faire adopter
l'idée de donner à la science des ingénieurs civils une sanction
officielle dont la privation les rend impuissants à lutter avec les
ingénieurs de l'état pour l'exécution des travaux de la plupart
des villes et des départements. Le ministre en a non seulement
contesté l'utilité, mais encore la convenance, en présence du
double fait de l'existence de l'Ecole polytechnique et de la pro-
clamation du principe de la liberté d'enseignement. Peut-être
M. le ministre a-t-il perdu de vue qu'il repoussait par là les con-
clusions du rapport de la commission de l'Assemblée nationale
et qu'il méconnaissait la nature de l'industrie, qui, éminem-
ment progressive, ne peut s'accommoder de la routine, ce dé-
faut fatal des corps privilégiés? « N'est-il pas reconnu, en ef-
» fet, que tout corps qui s'administre et se recrute lui-même
» directement tombe, avec le temps, dans l'idolâtrie de lui-
» même, et que, comme on n'arrive aux premières positions
» qu'après toute une vie laborieuse, on y apporte malgré soi
» l'horreur de toute innovation, et une admiration bien natu-
» relle pour une organisation à laquelle on doit honneur et pro-
» fit? »

Votre bureau n'a pas été plus heureux dans la demande qu'il

a faite de l'adjonction de quelques ingénieurs civils dans la commission chargée de l'examen des produits de l'industrie française. Il a fait valoir en vain les considérations qui militaient en faveur de cette mesure, les droits que les ingénieurs civils ont conquis par leur participation active au mouvement et au développement de l'industrie française, et les garanties que leur connaissance des détails et des prix de la fabrication donnerait au pays. Nous devons le dire, votre bureau a été écouté avec une réserve extrême, et s'est retiré avec la conviction que le caractère des appréciations du jury ne serait pas changé, et que son jugement continuerait à être assis plutôt sur les pièces d'exposition qui lui sont présentées que sur la valeur réelle des procédés de fabrication, et l'alliance du bon marché à la supériorité de la qualité.

Le ministre des travaux publics a accueilli plus favorablement la demande que le bureau lui a faite de comprendre quelques membres de la Société dans la commission qui doit préparer le projet de loi sur l'organisation des travaux publics; il a reçu l'assurance formelle, l'engagement que plusieurs ingénieurs civils seraient appelés à prendre part aux délibérations de cette commission.

Indépendamment de ces questions, derrière lesquelles se trouve le droit naturel et imprescriptible de la liberté du travail, la Société s'est occupée successivement de plusieurs questions techniques, au nombre desquelles nous citerons :

1° La stabilité des machines locomotives, et les expériences que M. Lechâtelier a faites à ce sujet avec le concours de MM. Polonceau et Petiet, membres de notre Société;

2° Les observations recueillies en Angleterre, par M. E. Flachat, sur les bateaux à vapeur; sur les constructions des grands ponts du Menai, de Conway, de Newcastle et de Berwick; sur l'exploitation des chemins de fer et sur les conditions nouvelles de leur construction par l'emploi de machines du système Crampton;

3° Enfin un théorème de M. Yvon Villarceaux « relatif au

» travail à développer par une machine soufflante pour lancer,
» à une vitesse donnée, un poids donné d'air, suivant que cet
» air est froid ou chaud. »

L'un des prochains comptes-rendus contiendra la démonstration de ce théorème, ainsi qu'un extrait des observations de M. E. Flachet.

Les mémoires de M. Mathieu sur les ressorts; de M. Volland sur l'emploi des eaux ménagères à la fabrication du gaz d'éclairage; de M. Nozot sur l'entretien des roues montées dans les chemins de fer; et enfin de M. Ch. Guillaume sur un pont en fonte établi par MM. Seguin sur le chemin de fer de Montereau à Troyes, ont été également lus et discutés; il seront publiés successivement dans notre bulletin.

Les questions suivantes ont été mises à l'ordre du jour :

1° Comparer la nature des ouvrages, remblais et ponts en pierre, fer, fonte, bois, que les ingénieurs emploient dans les travaux qu'ils ont à exécuter pour établir une ligne de niveau à des hauteurs diverses au dessus du sol, et avec des portées d'une certaine étendue;

2° Fixer par un projet de loi et protéger les droits des inventeurs; concilier le droit de la propriété intellectuelle avec l'utilité publique;

3° Déterminer la limite de l'intervention de l'état dans l'industrie, conformément au programme publié par l'Académie des sciences.

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

De MM. Thomas et Laurens, un mémoire sur les irrigations;

De M. Léon Yvert, un mémoire sur les canaux et souterrains de Worsley;

De MM. Ch. Callon et Fd. Mathias un ouvrage sur la navigation fluviale par la vapeur;

De M. Victor Bois le rapport de M. Jules Simon sur l'organisation du travail en France;

De M. Eug. Flachet, deux atlas comprenant les études com-

plètes des docks projetés pour les ports du Havre et de Marseille;

De M. C.-E. Julien son ouvrage : *Traité des machines à vapeur* (2^e section).

Ces ouvrages, joints à ceux qui avaient été déjà offerts à la Société, forment les premiers éléments d'une bibliothèque, dont votre bureau recommande particulièrement le développement à la libéralité et au dévouement des membres de la Société.

Nous devons encore vous faire savoir que le siège de la Société est définitivement installé rue Bergère, n. 20; que les jours de réunion, bureau constitué, ont été fixés aux 1^{er} et 3^e vendredis de chaque mois, et que le lieu de réunion est disposé, tous les vendredis soirs, pour recevoir ceux des membres de la Société qui désirent s'y rendre.

En outre, et conformément à la décision prise dans la séance du 4 janvier, le bureau a choisi un agent dont la présence journalière au siège de la Société, de 3 heures à 5 heures 1/2, permettra à chaque sociétaire de venir consulter les ouvrages, plans, documents et indications de toute nature que la Société possède.

Les Membres du Bureau :

EUGÈNE FLACHAT, *président*.

Ch. CALLON, E. VUIGNER, *vice-présidents*.

V. BOIS, A. BELLIER, G. GAYRARD, *secrétaires*.

PRIESTLEY, *trésorier*.

Les membres nouvellement admis sont les suivants, savoir :

Au mois de janvier :

MM. ROSSIRE, sur sa demande.

BORDET, présenté par M. A. Bellier.

GARDISSAL, présenté par M. V. Bois.

Albert MOREAU, présenté par M. G. Gayrard.

Au mois de février :

- MM. DUVAL-PIRON**, présenté par M. Gardissal.
BOUDARD, présenté par M. Priestley.
H. DUGOURD, présenté par M. A. Bellier.
ALBY, sur sa demande.

Au mois de mars :

- MM. BOUSSON**, présenté par M. Paul Seguin.
BERGERON, idem.
DEBAUGE, idem.
FOURNIER, idem.
MIGNON, présenté par M. Yvert.
GOUIN, présenté par M. Eug. Flachat.
CAYÉ, idem.
CALLA, idem.
LEMAITRE, idem.
BOURDON, idem.
CRÉTIN, idem.
V. LAURENT, présenté par M. V. Bois.
LOVE, sur sa demande.
G. BAUMAL, idem.
-

SOCIÉTÉ CENTRALE
DES INGÉNIEURS CIVILS.

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ.

Membres du Bureau.

Président : M. EUGÈNE FLACHAT ✱, rue de la Ferme-des-Mathurins, 54.

Vice-présidents : MM. CHARLES CALLON, rue des Vosges, 18,
EMILE VUIGNIER ✱, rue de Paradis-Poissonnière, 44.

Secrétaires : MM. VICTOR BOIS, place du Havre, 14.

GUSTAVE GAYRARD, rue Saint-Nicolas-d'Autin, 46.

ADOLPHE BELLIER, rue Saint-Honoré, 83.

Trésorier : M. PRIESTLEY, rue Pavé Saint-Antoine, 3.

Membres du Comité.

MM. GROUVELLE, rue Racine, 24.

PETIET ✱, place Lafayette, 5.

EDWARDS ✱, rue Richer, 46.

LÉONCE THOMAS ✱, rue S.-Dominique-S.-Germain, 18.

NOZO, place du Château-Rouge, 2 (Montmartre).

FAURE, rue de Grenelle-Saint-Germain, 22.

LAURENS, rue Saint-Dominique-Saint-Germain, 18.

POLONCEAU ✱, boulevard de l'Hôpital, 2.

PAUL SÉGUIN, rue Louis-le-Grand, 3.

DEGOUSSÉE, rue CHABROL, 35.

YVON VILLARCEAU, rue Cas-ini, 14.

Membres de la Société,

ABOILARD, rue de l'Union-Saint-Honoré, 1.

ALBRIZIO, rue de la Cure, 4 (Montmartre).

- ALBY, rue de la Paix , 12, aux Batignolles.
ALCAN, rue Bergère, 9.
ALQUIÉ, rue d'Enghien, 41.
ARMENGAUD, rue Saint-Sébastien, 19 *quater*.
ARSON, rue de Bourgogne, 28.
- BARDON, rue Buffon , 28.
BARRAULT (ALEXIS), rue de Clichy, 43.
BAYVET, rue Mauconseil, 16.
BAUMAL (HENRI), cité de l'Union, 8.
BEAUMONT, rue de Calais, 5.
BELVAL, rue Pavée, 6.
BENARD, rue des Vieilles-Haudriettes, 4.
BENOIST DU PORTAIL, rue Saint-Jacques, 75.
BERGERON, chaussée du Maine (chemin de fer de la rive gauche).
BERTHOLEMEY, rue Montorgueil, 76.
BIVER, à Biache-Saint-Wast, près Vitry (Pas-de-Calais).
BLACHER, rue du Perche, 9.
BLANCHE, à Putcaux (Seine).
BLARD, boulevard Montmartre, 10,
BONNEFOI, boulevard de l'Hôpital, 2 (chemin d'Orléans).
BONNET, rue de Sèvres, 8.
BORDET, rue du Jardin-des-Plantes, 18.
BORIE, boulevard Poissonnière, 24.
BOUDARD, rue Saint-Denis, 313.
BOUDSOT, en Egypte.
BOUGÈRE, rue Buffault, 6.
BOURCART, à Guebwiller (Haut-Rhin).
BOURDON ✕, au Creusot.
BOURGUIGNON, aux Batignolles.
BOUSSON, à Roanne.
BOUTIN, rue Payenne, 4.

- BRICOGNE, rue Ribouté, 1 bis.
BRIDEL, rue des Petits-Augustins, 3,
BUREAU, chemin de fer de Versailles, barrière du
Maine.

CAILLÉ, rue Hauteville, 11.
CÀLLA ✱, faubourg-Poissonnière, 100.
CANCE, rue Fontaine-au-Roi, 43.
Cavé ✱, faubourg Saint-Denis, 214.
CHABRIER, rue Saint-Nicolas-d'Antin, 71.
CHAPPON, rue de Sèvres, 94.
CHAPLIN, rue des Marais-Saint-Germain, 19.
CHAVÈS, rue de l'Echiquier, 23.
CHEVALIER (EMILE), rue de la Victoire, 48.
CHEVANDIER, à Cirey (Meurthe).
CHOBZYNSKI, rue Bellefonds, 15.
CLÉMANDOT, à Clichy-la-Garenne.
COMTE, boulevard de la Madeleine, 15.
CORNET, cité d'Orléans, 5.
COROT, à la Villette (banlieue).
COURTÉPÉE, rue des Francs-Bourgeois, 7.
CRÉTIN ✱, rue Saint-Lazare, 124.
CURTEL, rue Guy-la-Brosse, 4.

DAGUIN, rue des Francs-Bourgeois, 10.
DANRÉ, à Stockholm (Suède), à Bollhusgrand.
DARBLAY, rue des Vieilles-Etuves, 16.
DAVID, boulevard des Italiens, 25.
DEBAUGE, à Tours.
DEGRAND, rue Richer, 14.
DELABORIE, quai de Béthune, 6.
DELIGNY, rue d'Amsterdam, 50.
DELOM, rue Mortholon, 21.
DESMAZURES, faubourg Poissonnière, 94.
D'HAMELINCOURT, rue Neuve-Coquenard, 26 bis.

- DONNAY**, rue Chabrol, 38.
D' RÉGEL, à Strasbourg (Haut-Rhin).
DUBOIS
DUFURNEL, rue Richelieu, 25.
DEGOURD, rue de Verneuil, 46.
DUMÉRY, rue des Petites-Écuries, 41.
DUOLMARD, rue des Enfants-Rouges, 10.
DUPUIS, à Pont-Audemer (Eure).
DURENNE, rue Planche-Mibray, 9 et 11.
DUROCHER, passage Saulnier, 4 bis.
DUTILLEUX.
DUVAL, aux forges du Pimpont-Pléhan (Ille-et-Vilaine).
DUVAL PIRON, rue Saint-Denis, 276.
- ECK**, rue du Grand-Chantier, 3.
ERHARD, rue Saint-Pierre-Montmartre, 7.
- FAURE DE VILLAT**.
FÈVRE, rue de Vaugirard, 74.
FLACHAT (ADOLPHE), rue d'Amsterdam, 74.
FORQUENOT, à Tours.
FOUCAUT.
FOURNIER, rue Louis-le-Grand, 3.
FRÈREJEAN, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 233.
FRESNAYE.
- GANNERON**, rue Chabrol, 67.
GARDISSAL, boulevard Saint-Martin, 17.
GARNAUD, rue de l'Abbaye, 14.
GASTELLIER, rue des Filles-du-Calvaire, 18.
GENTILHOMME, quai de la Tournelle, 51.
GERDER, rue Saint-Lazare, 43.
GERMON, rue Pavée, 24.
GEYLER, rue Notre-Dame-de-Lorette, 51.

GOLLNISCH, au chemin de fer du Nord.

GOUIN (ERNEST), à Batignolles (banlieue).

GOUVION, rue du Perche, 9.

GRANDVOINNET.

GRANIÉ, rue Montmartre, 64.

GRENIER, route de Paris, 8, à Vincennes.

GUELLE, rue Doudeauville, 53, à la Chapelle.

GUÉNARD DE LA TOUR, aux forges de Saucourt, par
Joinville (Haute-Marne).

GUÉRARD, rue de Trévisé, 12.

GUETTIER.

GUIBAL, à l'École des mines, à Mons (Belgique).

GUILLAUME, rue Colbert, 76, à Tours (Indre-et-Loire).

GUNTZ, rue de Chaillot, 63.

HENRY, rue de la Chaussée-d'Antin, 8.

HERMARY, à Lambres (Pas-de-Calais).

HOLCROFT, à Tours (Indre-et-Loire).

HOLM, rue Basse-du-Rempart, 6.

HOUEL, rue des Batailles, 7.

HUBERT, rue de la Pépinière, 118.

HUET, rue Notre-Dame-de-Lorette, 51.

HUMBLLOT, à Metz.

JULIEN, chemin de ronde Montparnase, 6.

KOECHLIN.

KNAB, rue Christine, 1.

LACAMBRE, en Belgique.

LACHÈVRE, à Rouen (Seine-Inférieure).

LABOUVERIE.

LALO, rue de Grenelle-Saint-Germain, 22.

LALIGANT.

LANGLOIS (ED.), rue Cuvier, 10.

LANDRY, rue Coq-Héron, 3 bis.

- LAPERSONNE, rue de Paradis-Poissonnière, 44.
LASALLE, boulevard National, 1, à Marseille (Bouch.
du-Rhône).
LASSALLE, rue Saint-Georges, 18.
LAURENT (VICTOR), à Planchay-les-Mines, près et par
Champagney.
LEBON, rue Richelieu, 110.
LECLERC, rue Richepanse, 4.
LECOEUVRE, rue des Francs-Bourgeois, 25.
LECOINTRE, rue Bleue, 6.
LEMAITRE, à la Chapelle Saint-Denis.
LEMAIRE, rue de la Victoire, 60.
LEMAIRE-TESTE, rue de Lancry, 35.
LEMOINNE, rue Jacob, $\frac{1}{2}$ 30.
LEPEUDRY, rue Montholon, 28.
LEROY, rue de Flandre, 57.
LETRANGE, rue Saint-Hyacinthe-Saint-Michel, 29.
LISBOA, rue Louis-le-Grand, 8.
LISCHSTEINSTEIN, à Montpellier (Hérault).
LORENTZ, rue de Clichy, 43.
LOUSTAU, rue d'Alger, 16, à la Chapelle.
LOVE, rue du Bac, 134.
- MARIOTTE, à Orléans.
MATHIAS (FÉLIX), gare du chemin de fer du Nord.
MATHIAS (FERDINAND), à Lille.
MATHIEU, cité de l'Union, 5.
MARGUET, à l'école industrielle de Lausanne (Suisse).
MARSILLON, à Compiègne.
MERESSE.
MESDACH, rue Saint-Paul, 28.
MESMET, rue des Enfants-rouges, 10.
MIGNON, rue Paradis-Poissonnière, 46.
MIRECKI, rue du Nord, 15 bis.
MITCHELL, rue des Petites-Ecuries, 49.

- MONTCARVILLE (DE), rue Jacob, 58.
MOREAU (ALBERT), rue de Lille, 17.
MORIN, à Marsague, près Marseille (Bouches-du-Rhône).
MOUREAU, rue des Carrières, 25, à Charenton.

NANCY, rue Bleue, 5.
NAUGEOIS.

ORIOLE, rue de Babylone, 26.

PAYEN ✱, à Grenelle (banlieue).
PECQUET, boulevard Poissonnière, 20.
PEPIN LEHALLEUR, rue Geoffroy-Marie, 5.
PICARD, cité de l'Union, 2.
PLANHOL (DE), rue St.-Dominique-St.-Germain, 74.
POINSOT, rue Saint-Martin, 119.
POT, rue Nau, 45, à Marseille.
POTHIER, rue Saint-Georges, 43.
POTTIER, rue l'Arcade, 14.
POUPÉ, rue de Flandre, 57, à la Villette.
POUSSIN (le major) ✱, aux Etats-Unis d'Amérique.
PROAL, rue du Pont-de-la-Réforme, 1.
PURY (DE), à Neuchâtel (Suisse).

QUÉTIL, rue des Petites-Ecuries, 16.

RAAB, à Rive-de-Gier (Loire).
REDON, rue Paradis-Poissonnière, 40.
REIVEILLEZ, rue de Bussy, 9.
RÉROLLE, rue Saint-André-des-Arts, 23.
RHONÉ, rue Saint-Lazare, 124.
RICHARD, à Lagny (Seine-et-Marne).
RICHARD, rue du du Pont, 22, à Seraing (Belgique).
RICHE.
RIDER.
RIVIER, hôtel de Nantes, à Paris.

- ROGNON, rue Montmorency, 14.
ROUGET DE L'ISLE, passage des Petites-Ecuries, 15.
ROSSIRE, Lausanne (Suisse).
RUDLER, rue Jean-Goujon, 16.
SALVETAT, à la manufacture nationale de Sèvres.
SALLERON, rue Saint-Hippolyte, 5.
SANDIN, rue Babylone, 36.
SATIS, à Puteaux.
SCHOENÉE, rue des Vinaigriers, 17.
SCRIBE, rue Blanche, 29.
SERVEL, quai d'Austerlitz, 75.
SLAVECKI, rue aux Ours, 33, à Rouen (Seine-Infér.).
TAGUEL, cité de l'Union, 7.
THAUVIN, rue Neuve-Coquenard, 26 bis.
THOMAS (ALFRED), rue Neuve-Saint-Georges, 7.
TRÉLAT (EMILE), à Melun (Seine-et-Marne).
VALÉRIO, à Vieille-Montagne, près Liège.
VALLIER, rue des Bourdonnais, 37, à Versailles
(Seine-et-Oise).
VAUTIER, rue du Dragon, 3.
VERDAVAINE, rue Saint-Paul, 21.
VIGNEAUX.
VILLAIN, rue Mazarine, 42.
VILLAIN (DE), à Roanne (Loire).
VINCENT, rue Pigale, 44.
VINCHON, rue Laffite, 1 bis.
VIOLET, rue de Sèvres, 19.
VIRON, rue du Faubourg Saint-Honoré, 87.
VOLLANT, à Epernay (Marne).
VOLSKI, quai Maison-Rouge, à Nantes, maison Co-
rairy.
WEIMBERGER, boulevard Bonne-Nouvelle, 36.
YVERT, rue Bleue, 5.
-

MÉMOIRE N° VIII.

**Notice sur un pont construit dans la plaine de
Lery, à la fin de l'année 1844, pour faciliter
l'écoulement des eaux d'inondation en amont
du pont du Manoir sur la Seine,**

PAR M. EMILE CHEVALIER,

Ancien ingénieur principal du chemin de fer de Paris à Rouen.

On sait quels sont les ravages qu'exercent sur les levées qui avoisinent les fleuves, et sur les remblais en général, les eaux d'inondation, par suite de l'obstacle que ces remblais opposent à leur écoulement.

Le chemin de fer de Paris à Rouen, qui suit la vallée de la Seine, est exposé à des ravages de cette nature sur plusieurs points de son parcours, et surtout dans la plaine que traverse cette ligne entre Saint-Pierre du Vauvray et Pont-de-l'Arche, immédiatement au-dessus du pont jeté sur la Seine au Manoir pour le passage du chemin de fer. Cette plaine, qui sépare la Seine et l'Eure, alors près de se réunir, est entièrement couverte par les eaux d'inondation lorsque celles-ci s'élèvent à 5 mètres environ au-dessus de l'étiage, et dans les fortes crues cette hauteur est souvent bien plus considérable, de telle sorte que la nappe d'eau qui recouvre le sol atteint de 2 mètres à 2^m.50 de profondeur.

On conçoit à quelle action destructive peut se trouver exposé le remblai du chemin de fer, qui traverse cette plaine sur une longueur de 5 kilom. et sur une hauteur moyenne de 4 mètres. Lors de l'inondation qui a eu lieu au mois de mars 1844, les talus furent presque complètement enlevés sur la plus grande partie de la hauteur du remblai en question, et ce ne fut qu'à

grand'peine que l'on préserva le corps du chemin de l'action des vagues, que soulevait un vent d'équinoxe longtemps prolongé. On remarqua qu'il s'était formé un courant assez fort qui venait frapper le remblai du côté d'amont à 400 mètres du pont construit sur le faux bras de la Seine ; là se trouve en effet un léger pli de terrain.

On résolut d'établir à cet endroit un viaduc de 50 mètres de longueur au moins, destiné à augmenter le débouché des eaux d'inondation ; mais différentes circonstances retardèrent l'exécution de ce projet jusqu'à la fin de septembre 1844.

On voit qu'à cette époque on n'avait pas un moment à perdre pour achever le travail avant la saison de la gelée et des neiges ; il était indispensable pour atteindre ce but d'adopter un système de construction aussi simple que possible, tout en lui conservant le degré de solidité que comportent des travaux de ce genre, et il importait en outre de maintenir la circulation sur les deux voies, pour ne pas entraver le service de l'exploitation.

Avant de parler des moyens qui ont été employés pour surmonter cette difficulté, nous allons décrire en peu de mots le mode de construction adopté pour le viaduc. Afin de satisfaire aux conditions de simplicité et de rapidité dans l'exécution, on s'est arrêté aux dispositions suivantes, qui se trouvent représentées en détail dans le dessin joint à cette description (pl. VI).

Le viaduc consiste en un système de six longrines, dont quatre sont placées sous les rails et les deux autres sous les gr-de-corps ; ces longrines reposent sur six piles et sur deux culées en maçonnerie, qui divisent le viaduc en sept travées de 7 mètres d'ouverture. Les piles en maçonnerie ont chacune 1 mètre d'épaisseur, ce qui porte à 55 mètres la longueur totale du viaduc entre les culées. Afin de diminuer la portée des longrines, on a intercalé entre les piles en maçonnerie sept fermes en bois qui se trouvent représentées en détail dans la coupe transversale du viaduc (pl. VI, fig. 3) ; la rigidité des lon-

grines se trouvait ainsi doublée. Les longrines sont boulonnées sur les chapeaux des fermes en charpente, qui sont entaillées de 0^m,03 pour les recevoir.

Au dessus des longrines est un tablier formé de madriers de 0^m,05 d'épaisseur placés perpendiculairement à l'axe du pont. C'est sur ces madriers que sont placés les coussinets et les rails, dont l'écartement se trouve ainsi maintenu comme s'ils étaient posés sur des traverses ordinaires; les chevilles en fer qui maintiennent les coussinets sur le tablier s'enfoncent de quelques centimètres dans les longrines. Les quatre longrines placées sous les rails sont formées de deux pièces, reliées par des étriers, dont l'une a 0^m,30, et l'autre 0^m,25 d'épaisseur, ce qui porte l'épaisseur totale des longrines à 0^m,55; leur largeur est de 0^m,25. Les longrines extérieures sont composées d'une seule pièce, de 0^m,30 d'épaisseur; elles sont encastrées dans la maçonnerie des pilastres qui surmontent les piles, et soutenues au dessus des fermes en charpentes par des consoles, ainsi que le représente l'élévation du viaduc (pl. VI, fig. 1).

Les deux montants intérieurs, le chapeau et les contrefiches des fermes en charpente ont 0^m,30 sur 0^m,35; le montant du milieu a 0^m,40 de largeur et 0^m,30 d'épaisseur; la semelle a 0^m,25 sur 0^m,30.

La largeur du viaduc dans œuvre, entre les pilastres qui supportent le garde-corps au dessus des piles, est de 7^m,50.

Des contre-rails ont été placés à l'intérieur de chacune des voies; on aurait pu s'en dispenser à la rigueur, attendu que le viaduc est en ligne droite et que sa longueur est peu considérable (1).

Passons maintenant à l'exécution du travail. Nous avons dit que l'on s'était donné pour condition de maintenir la circulation sur les deux voies; il fallait donc, au fur et à mesure que

(1) En déduisant de la longueur totale de 55 mètres l'emplacement des piles et celui des fermes en charpente, on voit que le passage laissé aux eaux est de 46^m,90.

L'on déblayait l'emplacement des piles, étayer avec soin sous chacune des voies; et comme les rails étaient posés sur des traverses qui n'étaient pas reliées entre elles, on résolut de les enlever et de mettre en place, avant tout, les longrines qui devaient les remplacer définitivement. On conçoit, en effet, qu'une fois ces longrines en place, il devenait facile de déblayer successivement l'emplacement de chaque pile en pratiquant pour chacune d'elles une tranchée, perpendiculaire à l'axe du chemin de fer, de 2 mètres à 2^m,50 de largeur, en ayant soin de placer un étau sous chaque longrine aux deux bords de la tranchée. On s'occupa donc de préparer ces longrines, comme nous l'avons dit, de deux pièces superposées, en ayant soin d'alterner les joints de raccordement dans les pièces inférieures et supérieures; une fois les longrines préparées, on enleva pendant la nuit les rails et les traverses sur l'emplacement du viaduc et l'on mit en place les longrines, dont l'écartement fut maintenu par des madriers remplaçant provisoirement les traverses, et sur lesquels on posa les coussinets et les rails.

Pour ne pas interrompre la circulation sur le chemin de fer l'opération se fit successivement pour chaque voie pendant deux nuits consécutives.

On conçoit qu'une fois les longrines en place, le travail de construction du viaduc pouvait être poussé avec vigueur; il fallait seulement, comme nous l'avons dit, étayer avec soin chaque longrine sur les deux parois des tranchées pratiquées pour l'emplacement de chaque pile et des culées: c'est le système que l'on adopta, en commençant à la fois par les deux extrémités du viaduc. Des coins placés sous les étais verticaux permettant de maintenir toujours les rails à leur niveau, les piles et les culées furent établies sur des massifs de béton de 1 mètre d'épaisseur, pilonné avec soin par couches de 0^m,20. La maçonnerie fut ensuite élevée rapidement, de manière à faire durer aussi peu que possible le système d'étalement provisoire. Les pièces de charpente qui surmontent les piles, et sur lesquelles posent les longrines, étaient placées soigneusement à leur ni-

veau; aussitôt que deux piles étaient construites, on enlevait le massif de déblai qui les séparait pour mettre en place les formes ou chevalets en charpente, qui reposaient sur un massif de béton surmonté d'une faible épaisseur de maçonnerie.

En construisant les culées, on ne s'occupait d'abord que de la partie principale qui supporte les longrines; les murs en aile ont été construits ensuite.

Une fois les supports en maçonnerie et en charpente bien établis on posait le tablier, qui remplaçait les madriers provisoirement placés sur les longrines.

Au moment où les trains passaient sur le viaduc pendant la construction les mécaniciens fermaient simplement le régulateur de la machine pour ralentir la marche; mais on ne serrait pas les freins, parce qu'il en serait résulté un ébranlement dangereux.

Afin de prévenir les affouillements du sol au dessus du viaduc lors du passage des eaux, on a établi de chaque côté une file de palplanches de 1^m,50 de hauteur, qui viennent se raccorder avec les murs en aile des culées.

Toute la charpente du viaduc est en sapin du Nord, à l'exception du tablier, qui est formé de madriers en chêne.

Le travail, commencé le 14 octobre 1844, a été terminé vers le 25 novembre, bien qu'il ait été souvent ralenti par le mauvais temps; on a seulement ajourné au printemps de l'année suivante le rejointement de la maçonnerie et la peinture des bois. La dépense totale occasionnée par la construction de ce viaduc a été de 35,000 fr. Ce travail a été exécuté à forfait.

Plusieurs inondations ont eu lieu depuis cette époque, notamment pendant l'hiver de 1845 à 1846, et le viaduc a parfaitement atteint le but qu'on s'était proposé en le construisant; les dommages causés aux remblais qui avoisinent ce viaduc ont été relativement sans importance; le sol immédiatement au-dessous n'a pas été affouillé; les eaux d'inondation ont bien déposé quelques matières en amont et en aval du viaduc, mais il n'en est pas résulté de dommage sérieux.

Rien n'est assurément plus simple et plus élémentaire que la construction de ce viaduc ; mais nous avons pensé que ce travail pouvait néanmoins offrir quelque intérêt, en raison des circonstances dans lesquelles il a été exécuté.

•

MÉMOIRE N° IX.

Notice sur la préparation d'un *jaune fusible* à mêler pour la peinture sur porcelaine,

PAR M. SALVÉTAT,

Chimiste de la manufacture nationale de Sèvres.

Note présentée à l'Académie des sciences.

La peinture sur porcelaine diffère essentiellement de la peinture à l'huile par ses moyens et par ses méthodes. Au talent de composition et d'exécution, l'artiste doit joindre une longue expérience, une connaissance profonde des modifications que la cuisson, nécessaire pour fixer son œuvre, peut amener dans la nuance de quelques couleurs, surtout de celle des couleurs d'or.

L'harmonie est une condition importante, qu'un long exercice de leur art put seul faire acquérir à M^{me} Jaquotot et à MM. Beranger, Georget, Robert, etc. ; mais même les plus belles de leurs premières productions manquent de ce glacé uniforme qui séduit dans les travaux plus récents qu'ils exécutèrent aidés des ressources du jaune fusible dont je vais parler.

La difficulté d'arriver à satisfaire à la première de ces conditions résulte des réactions qu'exercent les uns sur les autres, à la température où la peinture se fixe, les différents éléments qui entrent dans la composition des couleurs, réactions qui se manifestent par des changements, peu sensibles, il est vrai, pour des yeux peu exercés, mais trop réels pour échapper au véritable artiste. Le peintre qui possède son art connaît les couleurs qui peuvent se mélanger. Du reste, il est possible que

la chimie parvient un jour à augmenter encore le nombre des principes simples ou composés assez réfractaires pour conserver, même dans les mélanges, le ton qu'ils ont avant la cuisson.

Quant à la condition d'un glacé bien uniforme, la composition des couleurs vitrifiables semble y mettre obstacle, au moins pour les couvertes composées de pegmatite pure.

Je dis pour les couvertes composées de pegmatite seulement; car les porcelaines de Berlin, sur lesquelles les couleurs glacent si uniformément, ont une couverture particulière, fort différente de celle de Sèvres.

Le glacé d'une couleur dépend en grande partie de la proportion de l'oxyde relativement à celle du fondant avec lequel il est mêlé. Quand il y a assez de fondant pour que la couleur glace dans les parties minces, les parties où l'on emploie la couleur épaisse peuvent se détacher par écailles; s'il n'y a de fondant que ce qu'il en faut pour que la couleur n'écaille plus à une certaine épaisseur, les minces restent secs et mats. Il est ensuite certains oxydes qui, comme ceux de fer, disparaissent quand ils sont mêlés à une certaine quantité de fondant.

J'espère que l'Académie me pardonnera d'être entré dans ces détails, mais j'ai cru devoir les exposer pour faire ressortir l'avantage de la couleur dont je lui présente la composition, et pour faire apprécier les services qu'elle a dû rendre à l'art de la peinture vitrifiable. lorsqu'elle parut avec toutes les qualités qui en font l'une des plus importantes et des plus difficiles à obtenir.

En effet, cette couleur, connue à Sèvres sous le N° 47 *jaune pour les chairs*, doit être assez fusible pour augmenter la fusibilité de celles qui ne brillent bien qu'à une certaine épaisseur; elle doit se mélanger avec elles en leur donnant du corps, et en les atténuant sans les modifier autrement que par le ton qu'elle porte elle-même; elle doit enfin être le plus pâle possible.

C'est à la manufacture nationale de porcelaine de Sèvres, à cette grande école des arts céramiques, que M. F. Robert, très

habile peintre paysagiste, la fit pour la première fois vers 1816. En 1821, elle fut comptée au nombre des couleurs composant l'assortiment de Sèvres, et demandée au chimiste. Ce ne fut que plus tard que les fabricants de Paris parvinrent à l'imiter, en créant leur *jaune d'ivoire*. Depuis 1823, MM. P. et L. Robert, successivement chefs de l'atelier de peinture sur verre, approvisionnèrent la manufacture conjointement avec M. Bunel, chimiste de cet établissement. Mais les procédés qu'ils ont employés sont restés secrets jusqu'au moment où M. Alex. Brongniard publia son important *Traité des arts céramiques*.

Je dois à l'obligeance de M. F. Robert d'avoir pu faire connaître l'analyse et la synthèse de cette couleur. Un échantillon de celui qu'il fit en 1821, et dont il a eu la bonté de me remettre une quantité suffisante, m'a donné la composition suivante :

			calculé.
Silice.	19,23	— 19,40	— 19,29
Protoxyde de plomb.	57,64	57,80	57,88
Soude.	3,08	»	2,98
Acide borique.	7,09	»	6,66
Péroxyde de fer.	6,12	»	6,03
Oxyde de zinc.	2,99	»	3 00
Acide antimonique.	3 41	»	3,63
Potasse	0,44	»	0,51
	<hr/>		
	100,00		99,98

L'acide borique a été dosé par différence. Il est probable que l'antimoine est à l'état d'acide antimonieux ; l'oxyde de fer est à l'état de peroxyde.

En considérant la silice, l'oxyde de plomb, l'acide borique et la soude comme constituant le fondant, j'ai établi la synthèse qui suit : c'est elle qui m'a donné la base de la composition calculée, qui s'accorde assez bien avec les résultats de l'analyse.

Fondant dit aux gris.	84	Le fondant se compose de :	
Carbonate de zinc hydraté.	4	Sable d'Étampes.	22
Hydrate d'oxyde de fer.	8	Borax fondu.	41
Antimoniate acide de potasse.	4	Minium.	66
	<hr/>		
	100		99

On obtient, d'après de nouveaux essais que je viens de faire une couleur préférable sous tous les rapports en prenant :

Fondant dit aux gris	83,02
Fleurs de zinc	3,52
Hydrate d'oxyde de fer.	7,04
Antimoniate acide de potasse.	1,42
	100,00

Ces matières sont bien triturées, puis fondues deux fois à un feu assez vif; le produit de la fusion est une masse, qu'on coule sur une pelle de fer; il a, en morceaux, l'aspect du verre à bouteille; trituré, il devient d'un jaune pâle.

Je prépare moi-même la fleur de zinc en calcinant le zinc du commerce. Les dernières parties de la calcination, qui renferment un peu d'oxyde de fer et sont légèrement jaunâtres, peuvent fort bien servir.

L'antimoniate provient de la déflagration de l'antimoine métallique avec trois parties de nitre : c'est l'antimoniate acide de Berzélius; il est bien lavé à l'eau froide.

L'hydrate de peroxyde de fer provient de la décomposition, par une grande quantité d'eau aérée, du sulfate de protoxyde de fer; il se dépose, après un temps assez long, une poudre d'un brun-jaune, qui contient 27 à 28 pour cent d'eau quand elle a été préparée avec de la couperose du commerce, précipitée par de l'eau de fontaine, et seulement 25 quand elle provient de couperose pure précipitée par de l'eau distillée. Elle se dissout dans l'acide hydrochlorique, et précipite en brun par l'ammoniaque; le chlorure de baryum ne fait naître aucun dépôt dans la dissolution : ce ne peut être un sous-sulfate.

C'est en cherchant à apprécier le rôle de chacun des éléments qui entrent dans la composition du jaune, que je suis parvenu à améliorer sensiblement sa préparation.

L'oxyde d'antimoine n'a d'autre but que de rendre à la couleur une certaine opacité qui lui donne un peu de corps; il tend aussi à corriger le ton rouge-brique que prend souvent au feu

un mélange de fondant, d'oxyde de fer et d'oxyde de zinc. La présence de l'oxyde d'antimoine n'est donc pas indispensable, et l'expérience le prouve, pour un jaune simplement fusible.

L'oxyde de zinc, qu'on ajoute à l'oxyde de fer hydraté, forme probablement avec lui un ferrate de zinc; toujours est-il qu'ils donnent un ton brun-jaune quand ils sont en présence. C'est ce ton, affaibli et rendu ivoire par le mélange du silicate de peroxyde de fer et de plomb, que les peintres préfèrent au ton soufré de cette dernière combinaison.

C'est à l'oxyde de fer que le jaune pour les chairs doit sa qualité précieuse de pouvoir faire glacer les rouges sans les détruire. Cet oxyde jouit de la propriété remarquable de former avec le silicate de plomb des silicates doubles, de peroxyde de fer et de plomb qui sont ou incolores ou légèrement colorés en jaune-clair. Ces silicates doubles une fois formés, on peut ajouter au fondant plombé une très minime proportion d'oxyde de fer orangé, rouge, carminé, laqueux ou violet, pour que cette coloration persiste, il doit donc y avoir avantage à saturer ce jaune d'oxyde de fer, dans l'état d'oxyde facilement attaquant et soluble dans l'acide silicique. L'état le plus convenable paraît être celui d'hydrate non calciné. On sait que, par la calcination, l'oxyde de fer devient difficilement attaquant par les acides.

L'explication que je viens de donner peut paraître en désaccord avec la théorie que MM. Al. Brongniart et Dumas ont donnée sur les couleurs vitrifiables, et qui n'admet qu'un mélange intime entre le fondant et le principe colorant; mais, en examinant les choses comme elles se passent, on y trouve une confirmation de cette théorie.

Dans les couleurs empruntées au fer, l'oxyde se partage en deux parties :

L'une qui forme, avec le silicate de plomb, un silicate plus basique de fer et de plomb, saturé d'oxyde de fer à la température de la fusion; ce n'est pas le principe colorant; cette combinaison est incolore ou jaune, suivant la quantité d'oxyde de fer qu'elle contient;

L'autre reste à l'état d'oxyde ; c'est elle qui donne le ton que la couleur conserve après la cuisson , et qui dépend de la nuance que l'oxyde avait isolément. On obtient ainsi toutes les couleurs de fer, depuis le rouge-orangé jusqu'au violet très foncé ; tons qu'il est possible de donner à l'oxyde de fer pur en calcinant lentement , à une température de plus en plus élevée, l'oxyde de fer provenant de la décomposition par le feu du sulfate de protoxyde.

J'ai pu facilement vérifier par l'expérience ce partage de l'oxyde de fer, en faisant fondre dans la moufle où se cuisent les peintures une certaine quantité de rouge tout préparé pour peindre. J'ai trituré le résultat de cette fusion, et un traitement par l'acide nitrique a séparé une poudre rouge , composée d'oxyde de fer presque pur, d'une partie soluble dans laquelle les réactifs m'ont fait reconnaître la présence de la silice , du plomb, du borate de soude et d'une quantité notable d'oxyde de fer. L'oxyde de fer, avant la fusion avec le fondant, n'avait pas sensiblement perdu de son poids, sous l'influence du même traitement acide.

Telles sont les considérations sur lesquelles j'ai cru devoir attirer l'attention des chimistes.

Elles permettent d'expliquer les différences que présentent , sous le rapport de l'inaltérabilité par le fait des acides, certaines couleurs composées des mêmes proportions du même fondant et d'oxydes également résistants quand ils sont isolés. Quand une partie de l'oxyde se dissout dans le fondant , il le rend plus difficilement attaquable ; aussi les couleurs de fer sont-elles assez solides.

Elles font connaître une couleur qui sert pour ainsi dire de base à la peinture d'art, et dont je dois recommander l'usage, au lieu de fondant, dans toutes les couleurs fusibles destinées à en faire glacer d'autres qui ne brillent bien que sous une certaine épaisseur. Je rappellerai que toutes les peintures que possède la manufacture de Sèvres, faites avant qu'on connût cette couleur, sont ternes et sèches dans les figures et toutes les

chairs. C'est pour remédier à ce défaut que M. F. Robert a tenté des recherches dont il comprenait toute la nécessité.

Elles confirment enfin la théorie de MM. Brongniart et Dumas, qui n'admettent pas de combinaison entre les éléments colorants et les matières fusibles qui doivent les faire adhérer à la porcelaine.

(*Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XX, p. 1643.)

MEMOIRE N° X.

Note sur les moyens de régler la suspension des machines locomotives,

PAR M. NOZO (ALFRED),

Ingénieur des ateliers du chemin de fer du Nord.

En 1842, alors que j'étais chargé du matériel du chemin de fer de Lille à la frontière de Belgique, j'ai eu occasion de m'occuper d'une manière spéciale des moyens de régler la suspension des machines locomotives.

Voici à quelle occasion :

Parmi les locomotives livrées au chemin de fer par M. Pauts, constructeur à Paris, il s'en trouva une qui, lors des essais de réception, déraila trois fois dans la même journée. Les trois déraillements eurent constamment lieu dans la même courbe, la machine marchant dans la même direction.

Ces déraillements ne pouvant être attribués à la pose de la voie, pas plus qu'à un défaut de parallélisme dans les essieux, il a fallu en rechercher les causes ailleurs.

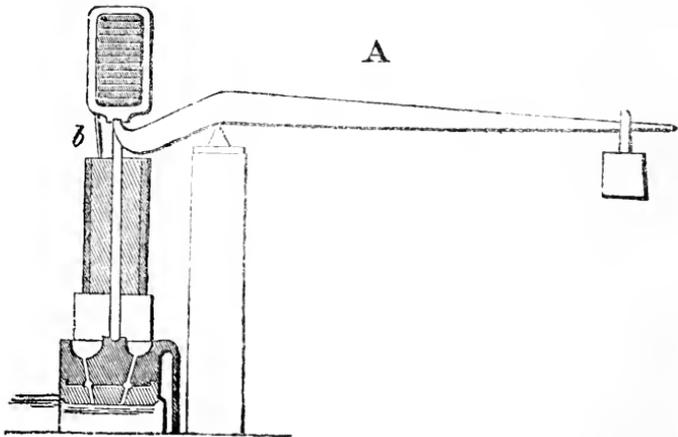
Présumant avec raison que la roue qui montait ainsi avec tant de facilité par dessus le rail, pouvait bien n'être pas suffisamment chargée, j'eus soin, eu égard aux facilités que me donnait la variabilité de la suspension, de faire resserrer les écrous des ressorts de cette roue de manière à augmenter sensiblement la charge qu'elle supportait.

Néanmoins, je procédai avec mesure, l'opération me paraissant fort délicate, attendu qu'à la main on éprouvait, sur les deux ressorts, la même résistance à manœuvrer les écrous, ce qui faisait dire au mécanicien, surtout après avoir vérifié au niveau l'horizontalité du bâtis, que les deux ressorts étaient également chargés, et qu'il était imprudent d'agir comme je le faisais.

Quoi qu'il en fût, je tirai de la mesure tout le succès que j'en attendais. La machine fit ensuite un service aussi irréprochable que les autres.

Mais, dès ce moment, je me préoccupai sans cesse des moyens d'apprécier les changements que je venais d'introduire dans le système général de suspension de la machine. J'étais surtout très désireux de connaître les différentes conditions de suspension de tout le matériel, pensant qu'il y avait dans une mauvaise répartition de la charge des causes de déraillement très actives; je fus surtout confirmé dans cette conviction quand j'eus constaté que des déraillements nouveaux avaient eu lieu dans d'autres machines, par les mêmes causes, et je considérai presque comme une imprudence de laisser sortir des ateliers une seule machine sans qu'on se fût assuré préalablement que la charge sur les roues était convenablement répartie.

Un premier moyen que j'employai dès ce moment pour apprécier les charges supportées par les six roues de locomotives fut de disposer, à très peu de frais, une romaine assez grossière que je plaçais successivement sous chacun des ressorts, comme ont le voit dans le croquis A ci-dessous. Je faisais varier les



poids de la romaine jusqu'à ce qu'un petit cimblot *b* convena-

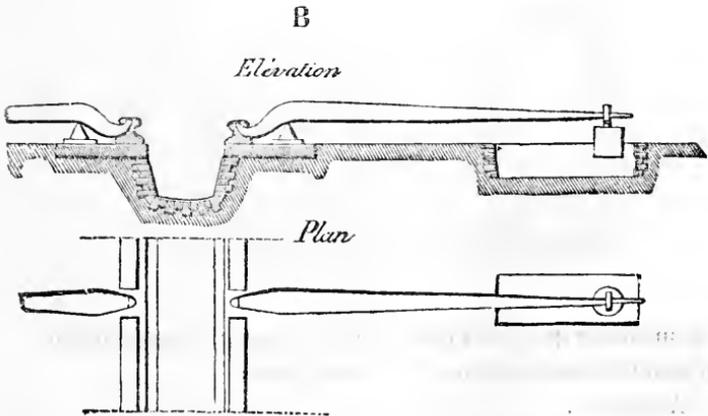
blement placé m'indiquât par sa chute que je substituais la romaine à la tige de pression du ressort. Le poids indiqué, à ce moment par ma romaine était sensiblement le poids que supportait ce ressort, ou, autrement dit, la charge *très approximative* sur la roue.

Ce moyen que je pus immédiatement appliquer, malgré toutes les imperfections que je lui reconnaissais, me permit cependant d'apprécier assez exactement les conditions de suspension du matériel pour y apporter des modifications notables.

Plus tard, en 1845, alors que le chemin de fer de Paris à la frontière de Belgique allait être concédé à la compagnie du Nord, de nouvelles machines, dites machines *système Clapeyron*, vinrent augmenter le petit matériel de l'état.

A cette époque j'avais déjà assez perfectionné mes moyens, non seulement pour me permettre de régler la suspension des nouvelles machines qui arrivaient, mais encore pour me mettre à même de déterminer leur poids et la position exacte du plan vertical perpendiculaire à la voie qui contenait le centre de gravité.

Mon nouvel appareil, croquis B, se composait de deux ro-



maines indépendantes, placées dans la voie au niveau des rails,

et sur les couteaux desquelles je faisais passer successivement les roues deux à deux.

Avec certaines précautions, je suis arrivé à régler d'une manière assez satisfaisante la suspension des nouvelles machines ; mais je dois dire que ce ne fut pas sans tâtonnements assez longs et assez pénibles, attendu que chaque fois qu'il avait fallu tourner un des écrous des tiges de suspension portant sur l'un des essieux, il devenait nécessaire de faire passer de nouveau les quatre roues sur l'appareil.

Un moyen qui abrégait les tâtonnements consistait à régler d'abord la charge sur les roues extrêmes, en soulevant, pour cela, les roues du milieu.

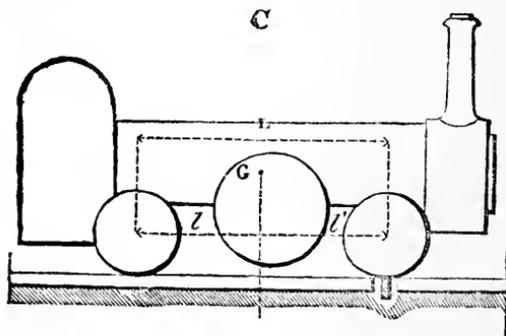
Cette manière d'opérer fournissait, d'ailleurs, une triple solution :

Réglementation de la suspension sur les roues extrêmes ;

Détermination du poids total de la machine ;

Détermination rigoureuse du plan perpendiculaire à la voie contenant le centre de gravité de la machine complète.

Reportons-nous, en effet, au croquis C,



et supposons que nous faisons successivement passer les roues d'avant et d'arrière sur nos deux romaines.

Appelons :

m et m' les pressions exercées sur les romaines par les deux roues de l'essieu d'arrière :

n et n' les mêmes pressions exercées par les deux roues de l'essieu d'avant;

p la somme des deux pressions $m + m'$;

p' la somme des deux pressions $n + n'$;

P le poids total de la machine, *roues comprises* ;

L la distances des essieux extrêmes ;

G le centre de gravité ;

l la distance de l'essieu d'arrière au centre de gravité ;

l' la distance de l'essieu d'avant au centre de gravité.

Rien n'est plus simple, en manœuvrant les écrous des tiges de suspension, de faire $m = m'$ et $n = n'$.

On a d'ailleurs :

$$m + m' + n + n' \text{ ou } p + p' = P,$$

$$\text{et } P : p' :: L : l$$

d'où
$$l = \frac{p' L}{P}.$$

La valeur de l tirée de cette équation donne la position du plan qui contient le centre de gravité par rapport à l'essieu d'arrière.

Il est bien entendu qu'on obtient ainsi le centre de gravité de la machine complète, *roues comprises*.

Si l'on voulait simplement obtenir le centre de gravité du système suspendu, il faudrait :

1° Préalablement, déterminer le poids des roues montées et des pièces qui s'appliquent directement sur l'essieu, telles que les boîtes à graisse, ressorts, etc. ;

2° Pour l'essieu moteur, ajouter aux poids analogues le poids du mécanisme qui agit directement sur cet essieu ;

3° Composer ainsi trois groupes dont les centres de gravité sont parfaitement connus, et déterminer ensuite le centre de gravité cherché par la théorie des moments.

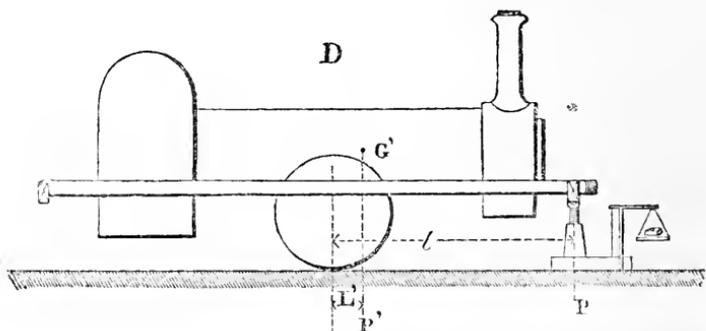
J'ai dit que la répartition de la charge au moyen de deux romaines seulement était une opération pénible et assez difficile. Il y a plus d'un an déjà que je remis la question à l'étude, dans le but d'arriver à un système de six balances-basculés in-

dépendantes, pour peser les six roues à la fois, dans les limites d'écartement que comporte le problème.

Comme la réglementation de la suspension puise un nouvel intérêt dans l'application de la théorie des contre-poids de M. Lechâtelier, ingénieur des mines, j'ai cru devoir donner à mes essais de 1842 la publicité qu'ils peuvent mériter.

Comme il est surtout du plus haut intérêt de pouvoir fixer exactement la position du centre de gravité dans les locomotives, nous pensons devoir indiquer un second moyen d'y arriver très simplement, quand on connaît par des pesées partielles le poids de toutes les pièces qui la composent.

Supposons, croquis D,



les petites roues enlevées de manière à permettre à la locomotive de tourner librement autour de son essieu moteur.

Soit alors,

p le poids qu'indique une balance-bascule placée sous la traverse de la machine, du côté où elle tend à tourner ;

l la distance du point qui repose sur la bascule au centre de l'essieu moteur ;

P' le poids de la machine, moins le poids des roues montées et de l'essieu moteur, avec la portion du poids du mécanisme qui agit directement sur cet essieu, comme il a été dit ;

G' le centre de gravité correspondant au poids P' ;

L' la distance du centre de gravité à l'essieu moteur de la machine, telle que nous venons de la définir.

On a

$$pl = P'L';$$

d'où

$$L' = \frac{pl}{P'}.$$

La valeur de L' tirée de cette formule donne la position du centre de gravité du système suspendu.

En composant le centre de gravité G' avec le centre de gravité de l'essieu moteur et des essieux d'avant et d'arrière, il est très facile d'en tirer la position du centre de gravité G de la machine complète.

Pour avoir toutes facilités d'amener la machine à être de niveau en même temps que le fléau de la balance-basculé, on se sert avantageusement d'un petit cric-verrin qu'on interpose entre le tablier de la bascule et la traverse de la machine.

L'application de ces procédés aux locomotives du chemin de fer du Nord, dont les poids nous étaient connus, comme il vient d'être dit, a donné les résultats suivants :

Dans les petites machines, dites de l'ancien matériel de l'état, construites par la compagnie d'Anzin, le centre de gravité du système suspendu (la chaudière chargée d'eau et de coke comme en marche), est à 0^m,479 en avant de l'essieu moteur (1).

Le centre de gravité du système complet (roues comprises) dans les conditions ordinaires de marche, est à 0^m,380 en avant de l'essieu moteur.

Dans les machines dites système Clapeyron, construites chez M. Cavé (la chaudière chargée d'eau et de coke comme en marche), le centre de gravité de la partie suspendue est à 0^m,014 en arrière de l'essieu moteur.

Le centre de gravité du système complet (roues comprises) est à 0^m,025 en arrière de l'essieu moteur.

(1) Pour toutes les machines soumises à l'expérience, excepté pour les machines Crampton, l'essieu moteur est celui du milieu, et la hauteur de l'eau au dessus du ciel de foyer est supposée être de 0^m 150.

Dans les machines dites du système Stephenson, construites chez MM. Derosne et Cail, le centre de gravité de la partie suspendue est à 0^m,075 en avant de l'essieu moteur.

Le centre de gravité du système complet (roues comprises) est à 0^m,040 en avant de l'essieu moteur (1).

Dans les machines à marchandises à cylindres extérieurs, le centre de gravité de la partie suspendue est à 0^m,180 en avant de l'essieu moteur.

Le centre de gravité du système complet (roues comprises) est à 0^m,155 en avant de l'essieu moteur.

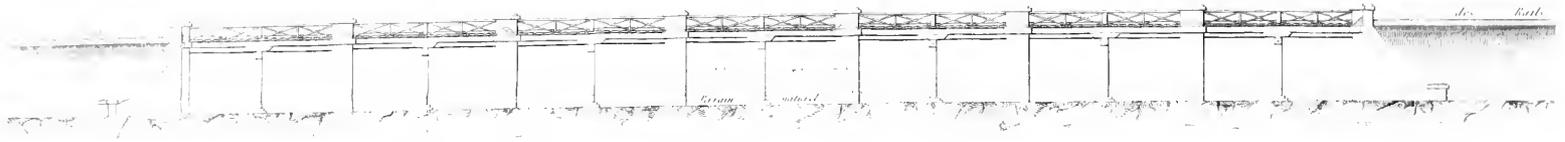
Dans les machines système Crampton, le centre de gravité de la partie suspendue (la chaudière chargée d'eau et de coke comme en marche) (2) est à 0^m,110 en avant de l'essieu du milieu; l'essieu moteur étant celui d'arrière, et non plus celui du milieu.

Le centre de gravité du système complet (roues comprises) est à 0^m,088 en arrière de l'essieu du milieu.

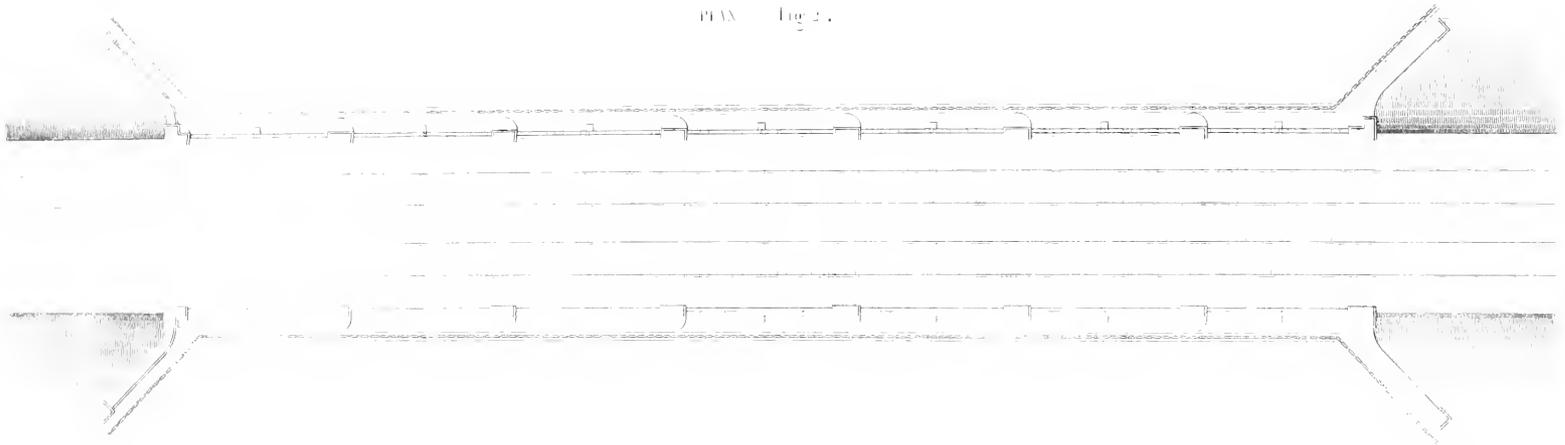
(1) Ces résultats s'appliquent spécialement à la machine telle qu'elle a été construite. Depuis, pour un certain nombre d'entre elles, la Compagnie a beaucoup amélioré leur stabilité en plaçant l'essieu d'arrière derrière la boîte à feu et en reculant l'essieu moteur de 0^m,40

(2) La hauteur de l'eau au dessus du ciel est supposée être de 0^m,130.

ELEVATION Fig. 1

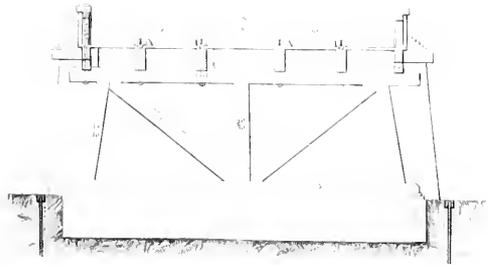


PLAN Fig. 2.



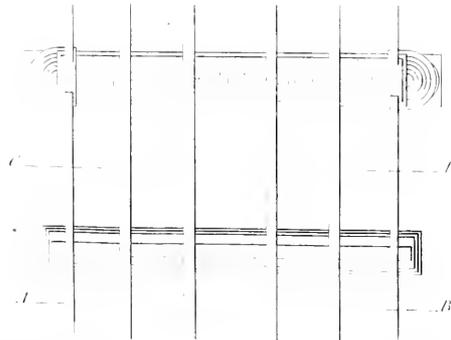
DETAIS

Coupe suivant AB Fig. 3

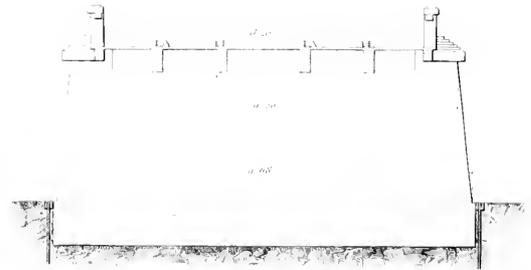


Echelle des Figs 1 et 2 de 0.01 pour mètre

Plan d'un pile et d'une pile Fig. 4



Coupe suivant CD Fig. 5



Echelle des Figs 3, 4 et 5 de 0.01 pour mètre



MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ CENTRALE DES INGÉNIEURS CIVILS

(Avril, Mai et Juin 1849.)

N° 5.

CHER CONFRÈRE,

Au commencement de ce trimestre, la Compagnie de Strasbourg et la Commission supérieure des chemins de fer se préoccupaient du choix des localités dans lesquelles devaient être établis les ateliers de réparation et de construction du matériel des chemins de Lyon, de Strasbourg et de Chartres.

Les faits qui s'étaient produits dans le cours des agitations que le pays venait de traverser avaient montré le danger que peut recéler l'agglomération, dans les grands centres de population, d'hommes unis par les liens de la camaraderie et de la communauté de travail, quand ils cèdent à des pensées de trouble et de désordre.

Elles se faisaient un devoir d'examiner si l'on pourrait, sans péril, ajouter une nouvelle force à un élément difficile à diriger, ou s'il fallait l'éloigner, en disséminant les nombreux ateliers que comporte l'entretien du matériel des nouveaux chemins de fer.

La politique faisait une loi de leur éloignement et de leur translation sur quelques uns des points intermédiaires des nouvelles lignes, et le chemin de Rouen, par son exemple, semblait prouver que la solution qu'appelaient les considérations si puissantes de la tranqui-

lité et de la paix publique , était aussi dictée par les principes d'une bonne administration et d'une meilleure organisation du travail. C'est à ce dernier point de vue que la Société s'est placée dans l'examen qu'elle a fait de cette question ; c'est en dehors des considérations politiques que ses membres l'ont discutée.

Il a semblé tout d'abord à la Société que la nature des entreprises des chemins de fer obligeait les administrations qui les dirigent à établir leur siège au centre des opérations commerciales , et entraînait auprès d'elles , comme conséquence forcée , l'existence d'ateliers d'entretien du matériel. Mais l'examen approfondi de la question lui a fait reconnaître que ce principe ne devait pas être posé d'une manière absolue. La majorité des membres de la Société a pensé que l'on pouvait scinder avec avantage les ateliers tels qu'ils ont été organisés , et a reconnu qu'il y aurait économie à répartir sur les parcours des chemins de fer , à proximité des matières premières , les ateliers de grosse forge , de débitage de bois ; mais elle n'a pas cru qu'on pût soustraire par leur éloignement les ateliers de petite forge , de montage et d'ajustage , à la surveillance si nécessaire des Ingénieurs qui les dirigent et des conseils d'administration qui partagent avec ceux-ci la haute surveillance.

Quant aux ateliers de construction , la Société a pensé que les administrateurs de chemins de fer devaient éviter de donner une extension considérable aux travaux de fabrication , et que leur intérêt bien entendu exigeait qu'ils se bornassent à ceux qui tiennent seulement à la réparation. L'exemple des premières années du chemin d'Orléans lui a fourni des arguments puissants pour l'adoption de ce principe.

Cette discussion , qui s'est prolongée pendant plusieurs séances , a été suivie de la formation d'autant de commissions que l'on reconnaît de grandes divisions dans l'industrie , afin de faire l'examen complet de tous les produits que réunissait l'exposition de l'industrie.

Le prochain Compte-rendu comprendra quelques-uns des rapports que ces commissions présenteront à la Société , et dans lesquels seront retracés les progrès qui ont été faits dans les diverses branches

de l'industrie, depuis l'exposition si remarquable de 1844.

Pendant ce trimestre, la Société a reçu en communication :

De M. Yvon Villarceau, la démonstration du problème dont l'énoncé a été donné dans le premier cahier de cette année ;

De MM. Wittenauer et Richard, un mémoire sur un procédé d'avancement dans les houillères, procédé qui ferait disparaître les causes habituelles des explosions de grisou ;

De M. H. Lemaire, une note sur l'application du pendule conique aux turbines ;

De M. Richard, un travail sur le recueillement du zinc qui s'échappe des hauts fourneaux ;

De M. Bourcart, un mémoire sur les banes à broches ;

De M. Poupée Vadier, une note sur le tracé des courbes en arcs de cercle ;

De M. Salleron, un mémoire fort utile à consulter sur le mode employé pour l'exécution d'une tranchée à Pont-sur-Yonne (chemin de fer de Lyon) ;

De M. Alf. Nozo, un travail relatif à l'entretien des roues sur essieux dans les chemins de fer ;

De M. Mathieu, une note sur la vaporisation et la traction des machines locomotives ;

De M. Salvetat, un mémoire sur une nouvelle application du platine dans les couleurs fusibles ;

Ces trois derniers mémoires sont insérés dans le présent Comptendu.

La dernière séance du mois de juin a été, conformément aux statuts, consacrée au rapport semestriel du trésorier. Il est résulté de la comparaison des recettes faites et des dépenses considérables qui ont dû être faites, que la Société centrale des Ingénieurs civils pourra traverser sans embarras la période en général si difficile des premiers temps des sociétés, si les versements des cotisations se font avec régularité et exactitude.

Veillez agréer, cher confrère, l'assurance de notre fraternel dévouement.

Les Membres du bureau :

Eugène FLACHAT, *président*.

Ch. CALLON et VUIGNIER, *vice-présidents*.

V. BOIS, A. BELLIER et G. GAYRARD, *secrétaires*.

PRIESTLEY, *trésorier*.

Les membres nouvellement admis sont les suivants, savoir :

Au mois d'avril :

MM. KRAFFT, admis sur sa demande.

RICHARD, idem.

DE PURY, id.

NILLIS, id.

Au mois de mai :

MM. LEPEUDRY, présenté par M. Victor Bois.

GALLICHER, présenté par MM. Ch. Callon et V. Bois.

GUIBAL, Id.

Au mois de juin :

M. BELLANGER, sur sa demande.

MÉMOIRE N° XI.

De l'entretien des roues montées sur essieux, au chemin de fer du Nord.

PAR M. NOZO (ALFRED),

Ingénieur des ateliers du chemin de fer du Nord.

PREMIÈRE PARTIE.

Description des opérations.

L'entretien des roues montées sur essieux, dans les chemins de fer de grande étendue, est certainement l'une des opérations les plus importantes des ateliers de réparation.

Au chemin de fer du Nord, il faut retourner environ 7,500 à 8,000 paires de roues montées, fabriquer et poser 1,900 à 2,000 bandages par année.

La disposition générale des ateliers a été conçue de manière que tout le travail des roues pût être facilement placé sous la surveillance d'un même agent, en constituant, autant que possible, un atelier spécial.

Dans la figure 1, planche VII, nous reproduisons l'ensemble de cet atelier, dont l'étendue, calculée d'après les données statistiques posées plus haut, devait également dépendre des conditions suivantes que l'on s'était imposées *à priori*.

Pour le produit des appareils, on ne devait pas compter sur plus de quatre bandages soudés, par forge et par jour de travail effectif; près de chaque feu à souder, il fallait placer un feu à chauffer les mises ou les coins de soudage.

Il était, en outre, indispensable d'affecter spécialement une forge au refoulage des bandages et une seconde forge au démontage des

vieux bandages, soit qu'ils pussent resservir, soit qu'ils dussent être mis au rebut.

Nous considérons surtout comme une amélioration de haute importance la création d'un nouveau système de fours évitant les chômages souvent assez longs qu'entraînent les fréquentes réparations à faire aux fours employés jusqu'alors. Nos fours devaient aussi, avant tout, être d'un emploi plus économique que ceux que nous connaissons.

Les machines à cintrer et à arrondir devaient, autant que possible, être simplifiées et ramenées à une seule machine pouvant s'appliquer également bien au cintrage et à l'arrondissement des bandages.

Le refroidissement des roues après l'embattage qui se faisait par arrosage dans tous les ateliers devait être obtenu avec beaucoup plus d'avantage par immersion.

Les roues devaient pouvoir circuler librement entre les fours, les grands tours doubles, les machines radiales à percer et la bascule où devaient être constatés les poids, avant comme après la réparation.

Telles ont été à peu près les idées générales qui ont servi de base au projet d'organisation de l'atelier des roues.

Dans l'entretien des roues montées, nous distinguerons principalement les opérations suivantes :

- 1° Fabrication des bandages, comprenant le refoulage, le cintrage, le soudage et l'arrondissement ou mandrinage ;
- 2° Embattage et désembattage des bandages ;
- 3° Redressage des essieux faussés et entretien des fusées ;
- 4° Calage et décalage des roues ;
- 5° Tolage des bandages ,
- 6° Pose des rivets en général ;
- 7° Frettage des moyeux ;
- 8° Tournage et alésage des roues en général.

§ 1^{er}. FABRICATION DES BANDAGES.

Les bandages, avant d'être cintrés, sont refoulés à leurs deux extrémités, pour préparer la soudure sur l'une des deux forges *aa'* au plan d'ensemble (*fig. 1*, pl. VII ; *fig. 1, 2, 3*, pl. VIII). On emploie pour ce refoulage les grues-potences *bb'* au plan d'ensemble (*fig. 2*, pl. VII), et le marteau-refouloir (*fig. 3 et 4*, pl. VII).

Chacune des forges *aa'* est munie, à cet effet, d'une de ces grues et d'un de ces refouloirs.

Pour refouler, trois hommes manœuvrent le marteau, et deux autres soutiennent le bandage. Après le refoulage, chaque extrémité du bandage présente la forme (*fig. 5 et 6*, pl. VII).

L'opération du refoulage aux deux extrémités occasionne un déchet moyen de 2^h,40 par bandage de machines, et 2^h,08 par bandage de wagons. Elle exige approximativement 40 kil. de charbon (1).

Pour ne pas ébranler les charpentes du bâtiment, les marteaux-refouloirs ont été suspendus à un châssis isolé reposant simplement sur deux entrails contigus; deux broches d'arrêt ont été fixées au châssis comme en-cas. Avec quelques précautions, il n'arrive jamais que ces broches touchent les entrails.

L'un des marteaux-refouloirs est particulièrement affecté au refoulage des bandages des roues motrices et des roues de machines à marchandises; il pèse 183 kil.

Le second est généralement employé au refoulage des bandages de roues de 1 mètre : il pèse 92 kil.

Tous deux sont en fonte.

Lorsque les bandages ont été refoulés, ils sont placés dans le four en long (*fig. 7, 8, 9 et 10, C* au plan d'ensemble), où leur température est élevée jusqu'au rouge-blanc.

(1) Pour toutes les opérations de forge, il n'est généralement fait usage, dans les ateliers de la Compagnie, que des charbons de Lagrappe et Grisœuil (Belgique). Ces charbons, rendus à pied-d'œuvre, reviennent, en moyenne, à 25 fr. les 1,000 kil.

Ce four présente une porte de service à chacune de ses extrémités, de manière à permettre l'enfournement par le côté qui convient le mieux.

Lorsqu'il s'agit de petits bandages pour roues de wagons, il y a une assez forte économie de temps et de combustible à charger le four par les deux portes et à cintrer sur les deux machines ou même sur une seule. Dans ce cas, l'opération marche sans discontinuité, et l'on peut compter sur 30 à 40 bandages chauffés et cintrés par jour de dix heures. Au contraire, lorsqu'il s'agit de grands bandages, comme la largeur de la sole, indiquée sur la fig. 7 par une ligne ponctuée, n'est pas suffisante pour permettre une continuité parfaite, il ne faut compter que sur 12 à 16 bandages par jour.

Le dessin suppose une largeur suffisante pour permettre cette continuité dans les deux cas. Il n'est peut-être pas inutile de dire que quand il s'agit de bandages pour roues de 0^m,91, et que l'on ne peut pas défourner par les deux extrémités, il suffit de n'allumer que deux foyers.

La longueur de sole, 6^m,110, calculée pour les roues motrices de 1^m,68 de diamètre, aurait dû être portée à 7^m,10 pour les roues motrices de 2^m,10 des machines à grande vitesse, système Cramp-ton. Cette augmentation de longueur s'obtiendra, du reste, très facilement en avançant de part et d'autre les têtes du four de 0^m,50.

Le cintrage se fait sur les machines à cintrer et à arrondir (fig. 3, 4, 5, 6 et 7, pl. IX, et *d d'* au plan d'ensemble).

Pour employer cette machine comme machine à cintrer, il suffit de fixer les segments, et de se servir du levier à cintrer (fig. 3 et 4). La vis du coin sert alors uniquement comme pivot.

On a employé pendant assez long-temps le manchon de levier (fig. 6 et 7); mais après une seconde rupture vers le point *a*, le modèle a été modifié et allongé en même temps, comme l'indiquent les fig. 3 et 4, pour permettre le cintrage des bandages des roues de 2^m,10.

Quoique le four en long soit sous l'action des grues de travail (fig. 1 et 2, pl. IX, *e e'* au plan d'ensemble), les bandages sont gé-

néralement retirés du four à l'aide de griffes (*fig. 11*) que les ouvriers trouvent d'un emploi plus commode et surtout plus expéditif.

La double opération du chauffage dans le four en long et du cintrage donne lieu à un déchet moyen par mètre linéaire de bandage cintré, de 0^k,48 pour bandages de wagons, 0^k,66 pour bandages de machines (1).

Après le cintrage vient l'opération du soudage.

Le soudage des bandages se fait sur les forges (*fig. 3, 4 et 5, pl. VIII, ff, ff'* au plan d'ensemble). Quant à présent, les forges *ff* suffisent aux besoins du service.

On pouvait craindre que les hottes en tôle ne s'échauffassent assez pour incommoder les ouvriers; une expérience de trois années doit suffire pour rassurer complètement à cet égard.

Quoique les cheminées *offrent un tirage suffisant*, nous conseillons d'adopter pour leur largeur la cote de 1^m,10 au lieu de 1 mètre que portent nos dessins.

Les forges en fonte, fer et tôle présentent surtout les avantages suivants : Solidité, propreté, uniformité, facilité de montage et de démontage, réparations peu fréquentes et généralement peu coûteuses.

Il importe d'appeler l'attention sur la disposition particulière de la tuyère à valve, dont la section de sortie peut être augmentée, par l'alésage, dans une très forte proportion.

Le diamètre 0^m,060 suppose une pression moyenne dans les galeries de vent, mesurée par une colonne d'eau de 0^m,14. — Cette pression moyenne du vent dans les galeries est indiquée aux ouvriers par un ventimètre qui leur permet de vérifier, d'une manière permanente, la marche du ventilateur.

Le mode de soudage employé pour tous les bandages est le soudage par coins.

Nous avons commencé par découper les coins de soudage dans les extrémités des barres à bandages, que l'on demandait, à cet effet,

(1) Le développement du bandage est supposé pris sur le cercle de roulement.

un peu plus longues qu'il ne convenait. Les coins étaient façonnés au martinet dans des étampes spéciales. Depuis un an environ, nous avons adopté la mesure de demander aux usines des coins tout préparés pour la soudure et de qualité identique avec les bandages. Nous prenons aussi la précaution d'indiquer au fournisseur, par un trait sur les coins spécimens qu'on lui envoie, le sens de la fabrication du fer (*fig. 8 et 9 pl. XI*).

Cette amélioration entraîne encore cette conséquence que nous pouvons exiger des bandages aux longueurs exactes qu'il convient, avec une tolérance seulement de 0^m,005 en plus et 0^m,005 en moins.

La longueur prescrite pour tous les bandages des profils (*fig. 10 et 12, pl. XIII*) n'est autre que le développement de la circonférence du cercle qui passe par le milieu de l'épaisseur qu'a le bandage *brut* sous la surface de roulement. Dans les nouveaux profils (*fig. 8*), on retranche du développement de cette circonférence 0^m,006 par mètre, attendu que la ligne *neutre* d'enroulement s'abaisse par suite de la diminution de hauteur du boudin.

Pour manœuvrer facilement les bandages pendant l'opération du soudage, on fait usage :

1° D'une grue-potence à contre-poids variable (*fig. 10, pl. IX, gg'* au plan d'ensemble). C'est le même système général que la grue à refouler ; il n'y a que la disposition des poulies qui diffère ;

2° D'une anse avec griffes à clavettes (*même fig. 10, pl. IX*), qui, saisissant le bandage aux deux extrémités du diamètre perpendiculaire à la soudure, permet, sans changer les conditions d'équilibre, de donner à ce bandage toutes les positions qu'exige le travail du soudage ;

3° D'une enclume particulière, ayant la forme (*fig. 11, pl. VII*).

Nous venons de faire remarquer que la grue-potence de soudage était de même construction que les grues à refouler. Nous pensons qu'il n'est pas inutile d'insister pour faire ressortir tous les avantages qui résultent, dans les grands ateliers, de cette uniformité dans les outils, et surtout de la symétrie de leur position. Il arrive, en effet,

assez fréquemment, dans le cours des travaux, que certaines opérations qui se font sur un point doivent être déplacées par suite de nouvelles combinaisons. Ces déplacements ne peuvent se faire avec économie de temps et d'argent qu'à la condition d'avoir été prévus dans le premier établissement.

L'opération du soudage donne lieu, dégorgeage compris :

1° A un déchet moyen de 4^k,60 pour les bandages de wagons et de 4^k,90 pour les bandages de machines ;

2° A une consommation, en charbon, de 200 kil. en moyenne, par bandage soudé.

Quand les bandages sont cintrés et soudés, il s'agit de les arrondir ou mandriner au diamètre rigoureux qu'ils doivent avoir, soit pour les poser immédiatement sur les roues, quand cela est possible, soit pour les conduire au tour à aléser, lorsque le système de roues à réparer comporte un alésage préalable (1).

Les bandages à arrondir sont enfournés, selon leur diamètre, dans l'un des fours circulaires (*fig. 1, 2 et 3, pl. X ; 1, 2 et 3, pl. XI, JJ'*, au plan d'ensemble), où ils sont portés jusqu'au rouge-blanc pour être replacés de nouveau sur la machine (*fig. 6 et 7, pl. IX*).

Voici comment l'opération est dirigée :

(1) Au chemin de fer du Nord, l'alésage n'a été employé, jusqu'à présent, que pour des roues à faux-cercles tournés; pour toutes les roues de machines et tenders à rayons en fer à T, sans faux-cercles, le bandage a été posé immédiatement après l'arrondissement. L'expérience a suffisamment démontré maintenant : 1° que les roues sans faux-cercles résistent moins bien; 2° que leur entretien est plus coûteux; 3° qu'à chaque renouvellement de bandages, le déchet au tour est beaucoup plus considérable que celui auquel on arrive avec les roues à faux-cercles; toutes raisons qui nous font conseiller l'emploi du faux-cercle dans toutes les roues de machines et tenders à rayons en fer à T. — C'est une mesure que nous venons, au reste, d'appliquer après coup à toutes les roues qui avaient été construites sans faux-cercles. — Pour les roues motrices à voyageurs et les roues de tenders, où la chose était non seulement possible, mais encore avantageuse, on a conservé l'ancien bandage usé comme faux bandage, en lui enlevant le boudin, et l'on est arrivé ainsi, pour les roues motrices, au diamètre de 1^m,74 au lieu de 1^m,68, et pour les roues de tenders au diamètre de 1^m,06 au lieu de 1^m,00.

Deux ou trois hommes se mettent à la grue (*fig. 8, pl. IX*; K au plan d'ensemble), pour lever la calotte du four, qu'ils déplacent en même temps. Le bandage à chauffer, suspendu après la grue de travail (*fig. 1, pl. IX*), et manœuvré en même temps que la calotte, est déposé sur la sole aussitôt que le passage lui est ouvert. Immédiatement après l'enfournement, la calotte est replacée sur le four; dix à douze minutes suffisent pour atteindre la température convenable; le bandage est alors repris avec la grue de travail pour être porté sur le plateau de la machine à arrondir. Cela fait, au moyen du levier (*fig. 5, pl. IX*) on imprime à la vis un mouvement de rotation qui fait descendre l'écrou formant coin, et force, par cela même, les segments à s'écarter du centre, jusqu'à ce que leurs arcs appartiennent rigoureusement au cercle qu'il s'agit d'obtenir.

Il est d'un haut intérêt de parfaitement préciser la longueur des bandages pour n'être pas obligé d'étirer le fer à l'arrondissement, en lui enlevant par là ses qualités les plus précieuses. L'arrondissement, ainsi que le mot l'indique assez, ne doit être qu'une simple mise au rond, sans étirage sensible.

Il importe d'avoir autant de séries de segments, ou, autrement dit, autant de mandrins que de diamètres de roues à entretenir. Nous avons essayé de simplifier le nombre de nos mandrins par l'addition d'appliques en fer sur les segments de mandrins plus petits; cela réussit assez bien.

Nous attachons la plus haute importance à bien déterminer les dimensions des mandrins, afin de diminuer autant que possible les déchets à l'alésage et au tournage. Leur diamètre est calculé en tenant compte : 1° de la température à laquelle se fait l'arrondissement; 2° de la quantité minimum de fer qu'il faut laisser pour l'alésage; 3° et enfin du serrage qu'on veut donner au bandage sur le faux bandage, serrage dont nous parlerons plus loin.

La forme des segments est d'ailleurs telle que lorsqu'ils sont sur le cercle auquel ils appartiennent, le jeu qu'ils laissent entre eux permet, en relevant l'écrou et en rapprochant les segments, d'obtenir un

cercle d'enroulement pour le cintrage, de $0^m,01$ à $0^m,015$ plus petit que le cercle d'arrondissement.

Le chauffage dans le four circulaire et l'arrondissement produisent généralement un déchet moyen de $0^k,45$ par mètre linéaire de bandages de machines, et $0^k,41$ par mètre linéaire de bandages de wagons (1).

Quand les opérations, sans cependant être continues, sont conduites avec soin dans l'ensemble des deux fours (four en long et four circulaire), un kilogramme de bandage exige, en moyenne, pour être porté à la température convenable à chaque opération, $0^k,12$ à $0^k,16$ de charbon.

Il est indispensable de placer des registres sur les conduites de fumée des fours pour régler le tirage sur le temps nécessaire aux opérations. Ces registres sont d'ailleurs indiqués sur les figures (7, 8 et 10, *pl. VII, 2, pl. X, et 2, pl. XI*).

Il est maintenant parfaitement démontré pour nous que des calottes d'une demi-brique ($0^m,11$) d'épaisseur suffiraient sous le double point de vue de solidité et de conservation de la chaleur. Cette disposition, que nous n'avons pas osé adopter dans le principe, présenterait cependant cet avantage, qu'au lieu de la grue (*fig. 8, pl. IX*) elle permettrait l'emploi de leviers à bascule à contrepoids variable, d'une installation plus économique et d'une manœuvre plus facile.

L'arrondissement termine, à proprement parler, la fabrication de forge des bandages.

§ 2. EMBATTAGE ET DÉSEMBATTAGE DES BANDAGES.

Chacun sait que les bandages sont embattus sur les roues avec un certain serrage dont dépend presque exclusivement la solidité de leur assemblage.

(1) Le développement est supposé pris sur la circonférence extérieure correspondant à la surface de roulement.

Pour toutes les roues en fer forgé à jantes tournées, ou pour toutes celles à rayons en fer à T et à faux bandages également tournés, le serrage s'obtient généralement de la même manière dans tous les ateliers. Les bandages sont alésés à un diamètre plus petit que la jante ou que le faux-bandage ; ils sont ensuite chauffés dans des fours à une certaine température qui les dilate suffisamment pour permettre la pose sur la roue ; puis on abandonne le tout à un refroidissement naturel, ou bien l'on a recours à l'arrosage, ou bien encore, comme dans les ateliers du Nord, on emploie les cuves à immersion.

Après le refroidissement, le bandage s'est contracté de manière à étreindre vigoureusement la roue : c'est cette action des bandages sur les roues qu'on appelle le *serrage des bandages*.

Cela établi, quel doit être le serrage, ou, pour mieux dire, de combien, pour chaque nature de roues, le diamètre intérieur d'un bandage alésé doit-il être plus petit que le diamètre d'un faux bandage ? C'est ce que nous allons essayer de déterminer.

L'expérience prouve :

1° Que les fers à bandages, martelés ou laminés, qu'on chauffe au rouge et que l'on plonge subitement dans l'eau froide, descendent, après le refroidissement, au dessous des dimensions primitives en prenant une trempe plus ou moins considérable ;

2° Que les différences entre les longueurs primitives et les longueurs après le refroidissement varient avec les sections des barres et avec les qualités plus ou moins aciéreuses des fers ;

3° Que la diminution de longueur peut être évaluée, en moyenne, à 0^m,0025 par mètre courant lorsque les opérations sont convenablement dirigées.

L'expérience prouve encore :

1° Que les fers, en général, soumis à des efforts de traction convenablement calculés, s'allongent sans s'altérer de quantités peu variables entre elles, en revenant à leurs premières dimensions, dès que les forces ont cessé d'agir (1).

(1) Cette propriété qu'ont les fers de s'allonger en revenant à leurs dimensions primitives s'appelle *l'élasticité du fer*.

2° Que, loin de revenir aux dimensions primitives, les fers se détériorent et finissent par rompre quand on dépasse les efforts-limites que l'expérience a indiqués ;

3° Que les limites d'élasticité, c'est-à-dire le plus grand allongement possible pour ne pas cesser de revenir aux dimensions primitives, d'après les expériences de M. Poncelet sur les fers en barres, ne dépasse pas 0^m,00066 par mètre, et qu'il convient généralement, dans la pratique, de rester au-dessous de cette limite d'élasticité.

Maintenant, que conclure de tous ces faits, sinon :

1° Qu'il conviendrait d'alésage les bandages plus grands plutôt que plus petits que le diamètre des faux bandages, afin qu'après le refroidissement subit, la tension à laquelle les fibres resteraient soumises ne dépasse pas celle qui correspond à la limite d'élasticité ;

2° Que la différence entre le diamètre d'alésage du bandage et le diamètre du faux-bandage devrait, pour chaque nature de fer, correspondre à la différence entre les chiffres qu'on adoptera pour l'élasticité et pour la contraction.

Quoi qu'il en soit, nous n'avons pas encore osé appliquer rigoureusement ces conclusions ; mais, guidé par elles, nous avons passablement abaissé les chiffres de serrage primitivement adoptés, et nous pensons que les nouveaux chiffres employés aujourd'hui s'abaisseront encore, au moins pour les roues à rayons en fer forgé, et que nous en arriverons très probablement, pour ces roues, à alésage le bandage au même diamètre que le faux bandage.

Il reste bien entendu que, pour les roues à rayons en fer laminé et cintrées qui présentent, par leur nature et par leur mode de construction, une compressibilité beaucoup plus grande que les roues à rayons en fer forgé ; il est entendu, disons-nous, que, pour ces roues, le serrage doit être fixé en tenant compte de ce nouvel élément.

Tout ce que nous venons de dire suppose que le bandage destiné à l'alésage a été abandonné à un refroidissement lent à la sortie de la machine à cintrer et à arrondir.

Cette nouvelle théorie de la pose des bandages n'est encore qu'à

l'état d'expérimentation dans les ateliers de la Compagnie, et comme elle touche à la question capitale de l'entretien des roues, nous ferons connaître ultérieurement, s'il y a lieu, par une note spéciale, les résultats que la pratique nous aura permis d'enregistrer.

Dans tout ce qui précède, nous nous sommes plus particulièrement préoccupé des roues à jantes tournées ou à faux bandages également tournés. Cela tient à ce que nous avons dit ailleurs, que ces roues seulement nous paraissaient présenter les meilleures conditions de solidité, de durée et d'économie d'entretien. Cependant, nous ne pouvons passer à la description des opérations sans dire quelques mots de l'embattage sur roues sans faux bandages.

Lorsqu'il s'agit de poser de nouveaux bandages sur ces roues, on commence par rechercher avec soin le diamètre moyen de l'espèce de jante que forme l'ensemble des rayons; puis les bandages, qui, comme nous l'avons vu, ont été placés bruts de forge dans les fours circulaires, en sont retirés et arrondis, autant que possible, toujours à la même température, en ayant soin de pousser le mandrinage assez loin pour tenir compte de la dilatation, et faire qu'après le refroidissement, la contraction par l'immersion dans les cuves ne produise pas un plus grand serrage que celui prescrit.

Voici maintenant comment sont dirigées les opérations.

Dans certains cas, les bandages, en sortant de la machine à arrondir, au moment où ils sont encore rouges, peuvent être immédiatement montés sur les roues, et dans d'autres cas, au contraire, ils doivent être alésés sur les tours avant l'embattage; en conséquence, l'embattage se fera tantôt en prenant le bandage dans le four, lorsqu'il y aura eu alésage préalable, et tantôt sur la machine à arrondir, immédiatement après l'opération de l'arrondissement.

Dans les deux cas, au moyen de la grue de travail, les bandages sortant du four ou de la machine à arrondir seront posés sur le plateau formant couvercle des cuves à refroidir (*fig. 4 et 5, pl. X et XI; W'*, au plan d'ensemble).

Sur ces plateaux, on doit remarquer qu'outre les évidements du centre, destinés à laisser passer les moyeux et les fusées, on a ménagé

sur toute la surface des trous disposés convenablement pour recevoir de petites cales à queue, destinées à régler, d'avance et à coup sûr, la position du bandage par rapport aux rayons de la roue.

Ces petites cales étant placées (1) et quelques repères consignés, on saisit avec la grue de travail la paire de roues, dont l'essieu occupe une position verticale, pour placer dans son bandage celle des roues qui est à recercler. Les positions relatives sont immédiatement vérifiées; puis au moyen de chaînes additionnelles on accroche le plateau aux chaînes de la grue; on tourne légèrement le système pour dégager les supports de leurs encoches et l'on descend le tout dans la cuve.

Ces cuves, en communication avec les conduites de distribution d'eau, ont reçu un robinet d'entrée et un trop-plein, de manière à régler la température de l'eau au degré convenable.

Le chauffage dans les fours circulaires, pour l'embattage des bandages alésés, ne donne lieu à aucun déchet appréciable.

Lorsque les bandages doivent être enlevés des roues montées, pour un motif quelconque, et qu'après avoir fait sauter les rivets d'assemblage, le serrage qu'ils conservent sur les jantes ou sur le faux bandage est trop grand pour se débattre d'eux-mêmes, les roues toutes montées sont prises par l'une des grues de travail, et portées, l'essieu dans une position verticale, à l'une des forges (*fig. 1, 2, 3 et 4, pl. VIII; aa'* au plan d'ensemble).

Là, on chauffe une certaine portion du bandage, de manière à produire une dilatation suffisante pour qu'il soit possible de le détacher à l'aide de quelques coups de marteau à devant.

Voici le tableau des chiffres de serrage employés maintenant pour la pose des bandages des différentes espèces de roues entrant dans le matériel de la Compagnie; nous rappelons que ces chiffres expriment la différence, à *froid*, entre le diamètre d'alésage du bandage qu'on

(1) Nous devons dire que les ouvriers acquièrent bientôt l'expérience suffisante pour remplacer les cales à queue par des cales ordinaires, qu'ils trouvent d'un emploi plus commode.

a laissé refroidir lentement après l'arrondissement, et le diamètre du faux-bandage.

DÉSIGNATION DES ROUES.	Diamètre de roulement.	Serrage en millimètr.	OBSERVATIONS.
<i>Machines à grande vitesse</i>			
(Système Crampton).			
Roues à rayons forgés, jantes tournées, bandages alésés.	mètres.	millimét.	
	2,10	3,0	
	1,35	2,0	
	1,22	2 faibles	
<i>Machines à voyageurs.</i>			
Roues à rayons forgés, jantes tournées, bandages alésés.	1,68	2,0	
— à rayons fer à T, sans faux bandages et bandages non alésés . . .	1,68	5 à 6	
— à rayons fer à T, avec faux-bandages tournés et bandages alésés.	1,74	2,5	L'application des faux-bandages a lieu avec un serrage de 8 mil.
— à rayons forgés, jantes tournées, bandages alésés.	1,00	1,0	
— à rayons fer à T, sans faux-bandages et bandages non alésés . . .	1,00	3,0	
— à rayons fer à T, faux cercles tournés et bandages alésés	1,04	1,5	L'application des faux-bandages a lieu avec un serrage de 5 mil,
<i>Machines à marchandises.</i>			
Roues à rayons fer à T, avec faux-bandages tournés, bandages alésés.	1,42	2,0	
— à rayons fer à T, sans faux-bandages et bandages non alésés . . .	1,22	4,0	
<i>Tenders.</i>			
Roues à rayons forgés, jantes tournées et bandages alésés.	1,00	1,0	
— à rayons fer à T, sans faux-bandages, bandages non alésés. . . .	1,00	3,0	
— à rayons fer à T, avec faux-bandages et bandages non alésés . . .	1,06	1,5	L'application des faux-bandages a lieu avec un serrage de 5 mil.
<i>Voitures et Wagons.</i>			
Roues de voitures et wagons de . . .	1,00	1,5	
	0 91		

§ 3. REDRESSAGE DES ESSIEUX.

Le redressage des essieux ne se fait que dans certaines conditions. Pour qu'un essieu puisse être redressé, il faut que la flexion qu'il a éprouvée ne soit pas assez forte pour altérer sa qualité. Dans les essieux de machines, le redressage est une très rare exception.

Le redressage des essieux se fait toujours à chaud. On emploie les forges (*fig. 1 à 3, pl. VIII*), les grues-potences (*fig. 2, pl. VII*), un petit tour à pointes placé sous l'action de la grue.

La vérification des essieux a lieu chaque fois que les roues montées rentrent en réparation. On se sert à cet effet de tours sur collets, indiqués par les lettres *t t'*, au plan d'ensemble (*fig. 1, pl. VII*), et sur lesquels, quand il y a lieu, on revivifie en même temps les centres pour la mise en pointes des roues. Nous verrons plus loin que toutes nos roues montées sont tournées sur pointes (1).

Comme opérations faites aux essieux, nous devons dire quelques mots sur les modifications apportées aux fusées des divers systèmes de roues montées.

1° Fusées des essieux montés de voitures ou wagons. — Les premières fusées des essieux montés de wagons avaient 0^m,060 de diamètre et 0^m,127 de longueur. L'expérience a démontré que ces fusées, qui convenaient sans doute parfaitement pour des chemins de faible étendue, étaient insuffisantes pour éviter l'échauffement sur des chemins à long parcours et à grandes vitesses. Les essieux à fusées de 0^m,060 sont successivement retirés du service lorsque leurs fusées pénètrent dans un calibre-jauge de 0^m,057 de diamètre, et sont remplacés par des essieux à fusées de 0^m,075 de diamètre et 0^m,200 de longueur.

2° Fusées des essieux montés de tenders. — Les fusées de tenders avaient, à l'origine de l'exploitation, 0^m,080 de diamètre et 0^m,150 de longueur. On n'a pas tardé à porter leur longueur à 0^m,190. Ces essieux sont, au reste, retirés du service lorsque leurs

(1) Les tours *tt'* sont à bâtis en bois et ne peuvent être considérés que comme des installations provisoires.

fusées arrivent à pénétrer dans un calibre-jauge de 0^m,076 d'ouverture; ils sont remplacés par des essieux à fusées de 0^m,095 de diamètre et 0^m,190 de longueur.

3° *Fusées des essieux montés de supports de machines (système Stephenson)* (1). — Les fusées de ces essieux, qui avaient primitivement 0^m,140 de diamètre sur 0^m,160 de longueur, ont pu recevoir un allongement de 0^m,010, de manière qu'elles portent aujourd'hui 0^m,140 de diamètre sur 0^m,170 de longueur (2).

L'allongement des fusées de tenders de 0^m,150 à 0^m,190, ainsi que l'allongement des fusées de support, a été obtenu en avançant, au tour, le collet intérieur de la fusée dans le corps même de l'essieu.

Quelques essais de *trempe en paquet* de nos fusées ont été tentés dans les ateliers. C'est surtout en voyant le service irréprochable de certaines fusées de machines livrées à l'État par MM. André Kœchlin et C^e, en 1842, que nous avons voulu tenter l'application de la trempe en paquet à nos fusées de voitures et wagons.

Nos essais sont encore trop récents pour pouvoir en formuler le résultat.

Le remplacement des fusées s'obtient en abattant les anciennes fusées, refoulant convenablement les essieux pour ne pas affaiblir leurs dimensions dans le passage au feu, et soudant à chaque extrémité une forte mise à *chaude portée* dans laquelle, après corroyage suffisant, on étire la nouvelle fusée. Les choses sont disposées de telle sorte que la soudure soit entièrement comprise dans le moyeu de la roue (3).

(1) On devra se rappeler que les fusées de ces essieux sont intérieures.

(2) Les fusées des essieux moteurs, qui sont intérieures comme les fusées des essieux de support, ont 0^m,160 de diamètre sur 0^m,150 de longueur. Les fusées des essieux d'avant (fusées extérieures) des machines à grande vitesse (système Cramp-ton), ont 0^m,150 de diamètre sur 0^m,300 de longueur; celles de l'essieu du milieu, qui sont extérieures aussi, ont 0^m,130 de diamètre sur 0^m,252 de longueur. Les fusées des essieux moteurs, qui sont intérieures, ont 0^m,180 de diamètre sur 0^m,260 de longueur.

(3) Il doit être bien entendu qu'il ne s'agit ici que d'essieux à fusées extérieures.

Les mises sont préparées à l'atelier; elles sont tirées de lopins composés principalement de vieux bandages convenablement choisis. Ces lopins, chauffés au four, sont soudés, corroyés et étirés au marteau-pilon. Le fer ainsi obtenu est généralement de qualité tout-à-fait supérieure.

§ 4. CALAGE ET DÉCALAGE.

Le calage et le décalage des roues se fait au moyen d'une presse hydraulique à cylindre horizontal indiquée par la lettre M au plan d'ensemble (*fig. 1, pl. VII*), et représentée (*pl. XIII, fig. 4, 5 et 6*).

Cette presse, dont l'installation définitive n'est point encore exécutée, sera portée sur un châssis mobile équilibré qui s'élèvera ou s'abaissera à la hauteur des essieux à caler ou à décaler. Elle sera d'ailleurs desservie par une grue qui permettra de faire pivoter facilement les essieux bout pour bout.

Le calage des roues de machines (motrices et supports) et de tenders en général est fait sur les mêmes jauges d'écartement intérieur des bandages : la cote adoptée est de. 1^m,355
le calage des roues de voitures et de wagons est fait sur un écartement intérieur des bandages de. 1^m,362

Un tableau a été dressé des pressions à employer pour chaque espèce de calage. Ce tableau fixe surtout un poids *minimum* avec lequel l'essieu ne doit pas pouvoir entrer à fond, et un poids *maximum* que l'on ne doit pas dépasser pour arriver au même but.

Ces poids *minimum* et *maximum* dépendent à la fois du diamètre, de la portée de calage et de l'épaisseur du moyeu.

Voici ce tableau :

NATURE DES ESSIEUX.	Pression en kilogrammes.			Numéro d'ordre des poids.	
	Minima.	Maxima.	Moyenne	Minim.	Maxim.
Roues motrices, machines bielles à fourches	k 60,000	k 80,000	k 70 000	1	2
— machines Clapeyron.	60,000	80,000	70 000		
Roues de support, machines bielles à fourches. . .	40,000	60,000	50,000	3	4
— machines Clapeyron.	30,000	50,000	40,000	4	5
Roues de tenders Clapeyron.	30,000	50,000	40,000		
— nouveaux (forts moyeux).	30,000	50,000	40,000		
— nouveaux (faibles moyeux).	20,000	30 000	25,000	6	4
Roues de voitures et wagons nouv.	20,000	30,000	25,000	7	6
— anciennes.	10,000	20 000	15,000		
Bontons de manivelle	10,000	20,000	15,000		

§ 5. TOLAGE DES BANDAGES.

Le tôleage des bandages est une opération qui consiste à interposer une épaisseur en tôle (d'où vient le mot tôleage) entre les jantes et le bandage ou entre le faux-bandage et le bandage, quand ce dernier a pris du jeu. Le tôleage est surtout très fréquent dans les roues sans faux-bandage.

Au lieu de tôle, nous employons maintenant, avec un grand avantage, des feuillards de dimensions assorties.

Pour tôleer un bandage, on commence par le démonter en suivant le procédé précédemment décrit. Sa position est soigneusement ré-pérée. On enroule ensuite autour du faux-bandage, en fixant ses extrémités au moyen de petites pinces *ad hoc*, un feuillard d'épaisseur

convenablement calculée pour obtenir le serrage qui convient au genre de roues qu'il s'agit de tôle. Au lieu d'employer ces petites pinces dont nous parlons pour fixer le feuillard sur la jante, il est encore aussi simple d'étirer à chaud, sur les bords mêmes du feuillard, de petites oreilles qu'on rabat ensuite sur la jante ou le faux-bandage. Cela fait, on chauffe le bandage comme s'il s'agissait d'un embattage ordinaire, et l'on monte comme nous l'avons déjà vu. Il est bon de mentionner qu'on a eu le soin de percer préalablement dans le feuillard des trous assez grands pour passer facilement des broches destinées à assurer le montage du bandage dans son ancienne position.

Quand on retire un bandage tôle pour le remplacer par un bandage neuf, ou, *très rarement*, pour mettre un feuillard plus épais, les anciennes tôles ou feuillards sont mises de côté pour resservir ultérieurement. C'est surtout en faisant intervenir cette dernière considération qu'il est aisé de démontrer que le tôleage, comparé au refoulage, est devenu une opération fort économique et évidemment fort simple.

Avant l'introduction de cette importante amélioration, les bandages étaient refoulés ou rétrécis à grands frais. Le refoulage ou le rétrécissement présentait surtout ce grave inconvénient que les trous du faux-bandage et du bandage ne se correspondaient plus dans le montage, et qu'il fallait dès lors, dans le bandage, percer de nouveaux trous et lui enlever ainsi une grande partie de sa solidité.

Nous terminerons en disant que le tôleage est un mode de réparation qui ne laisse rien à désirer sous le rapport de la solidité.

§ 6. POSE DE RIVETS.

Les rivets peuvent être posés la tête en dedans ou la tête en dehors. Nous avons fait quelques essais de rivage en dedans (tête en dehors), et nous pensons que l'expérience s'accordera avec le raisonnement pour donner la préférence à ce dernier mode de rivage.

Lorsqu'on adopte le rivage en dehors (tête en dedans), l'opéra-

tion doit nécessairement suivre le tournage. Quelques constructeurs posent les rivets avant le tournage : il est facile de concevoir que c'est là une mauvaise opération, attendu qu'on enlève, au tour, la meilleure partie de la rivure, la partie la plus serrée dans la fraisure.

Lorsqu'on rive en dedans, il est indispensable de fabriquer les rivets dans des clouères parfaitement conformes aux fraises des trous dans les bandages.

Dans la construction des anciennes roues sans faux-bandages pour machines et tenders, au lieu de rivets on avait tenté l'emploi de vis ayant leur tête sur la partie du rayon formant jante, et pénétrant environ jusqu'aux deux tiers de l'épaisseur du bandage. On espérait par ce moyen éviter quelques ruptures de bandages. Il a fallu renoncer complètement à ce mode de fixer les bandages, attendu que les vis présentaient l'inconvénient très grave de se desserrer ou de se couper aussitôt que le bandage se relâchait un peu.

Pour les nouvelles roues de machines et tenders, que commande la Compagnie, nous prescrivons, au lieu de vis et rivets, l'emploi de boulons parfaitement tournés sur calibres et très légèrement rivés sur leurs écrous. Nous espérons trouver dans ce mode de fixation le moyen de rafraîchir les bandages jusqu'à la limite d'épaisseur, sans être obligé de changer les boulons.

Tous les trous à pratiquer dans les bandages neufs pour les rivures sont forés par l'une des machines radiales dont la position est indiquée par la lettre N au plan d'ensemble (*fig. 1, pl. VII*). Les trous des faux-bandages ou des rayons formant jante, avec lesquels doivent se rapporter exactement les nouveaux trous à percer dans les bandages, sont reportés sur la surface de roulement du bandage au moyen d'un petit appareil répétiteur (*fig. 8, pl. X*), qui donne toute l'exactitude désirable et qui permet de percer toujours du dehors en dedans au moyen des machines.

L'opération du rivage, devant suivre le tournage et le perçage, se fait sur l'emplacement compris entre les tours et les forges, au moins pour les roues de machines et tenders. Le rivage des roues de wa-

gons se fait plus généralement sur les voies de dégagement. On emploie à cet effet une petite forge volante pour le chauffage des rivets.

Au lieu de forge, nous conseillons l'emploi d'un petit four spécial portatif. Avec ces fours, en effet, les rivets sont chauffés à une température régulière, et leurs surfaces sont généralement moins altérées par l'action du feu.

§ 7. FRETTAGE DES MOYEUX.

Il arrive quelquefois que des moyeux se fendent, soit en service, soit au clavetage ou dans l'emmanchement à la presse hydraulique. Nous avons pris le parti de les fretter, et jusqu'à présent nous n'avons pas à regretter l'adoption de cette mesure.

Il y a maintenant en roulement une assez grande quantité de moyeux frettés qui font un service aussi irréprochable que des moyeux intacts.

Nous avons appliqué le frettage à tous les genres de roues, depuis la roue motrice à voyageurs jusqu'à la roue de wagon.

Les frettes s'appliquent le plus généralement à l'extérieur des moyeux que l'on tourne à cet effet de manière à recevoir des frettes alésées.

Nous avons quelquefois ménagé le logement d'une frette circulaire dans l'épaisseur même du moyeu, lorsqu'il s'agit de roues motrices à manivelles extérieures; mais il arrive généralement pour ces moyeux qu'on pose des frettes brutes de forge, comme l'indiquent les *fig. 6 et 7, pl. XII.*

Nous employons tantôt une seule frette à l'extérieur, quand les roues sont montées sur leurs essieux, tantôt deux frettes, quand les roues sont décalées. Il est arrivé assez rarement qu'on décalât une roue pour mettre des frettes intérieures, une seule frette à l'extérieur, bien appliquée, ayant presque toujours paru suffisante.

Il est bien entendu que toutes les frettes sont appliquées à chaud avec un serrage qui dépend de leur diamètre.

§ 8. TOURNAGE ET ALÉSAGE.

La disposition adoptée pour l'emplacement des tours permet d'en augmenter le nombre jusqu'au double du chiffre actuel, au fur et à mesure de l'accroissement des besoins.

Nous croyons devoir appeler l'attention sur les grandes facilités que présente la disposition des voies qui longent les tours, et les économies notables qui en résultent : ces voies donnent issue aux roues par cinq passages différents.

Avec les moyens dont nous disposons maintenant, et indiqués par le plan d'ensemble (*fig. 1, pl. VII*), nous pouvons tourner, tant en bandages neufs qu'en rafraîchissages, un maximum de 6,000 paires de roues par an.

Le plan d'ensemble indique :

En *o*, — deux grands tours doubles pour roues motrices ;

En *p*, — trois tours doubles pour petites roues de machines, et au besoin, pour roues à marchandises de 1^m 20 ;

En *q*, — un tour à aléser les moyeux et à tourner les fusées intérieures et extérieures ;

En *r*, — cinq tours doubles pour roues de wagons ;

En *s*, — un tour double pour roues de wagons, mais plus spécialement appliqué au tournage des fusées extérieures (1).

Tous ces tours sont construits sur le même principe. Entre les tours à roues motrices et ceux à roues de support ou de wagons, il n'y a que les dimensions qui diffèrent.

Nous donnons dans la planche XIII, figures 1, 2 et 3, les dispositions principales du tour à roues motrices.

La disposition particulière de nos bancs de tours nous a conduit dès le principe (2) à l'emploi d'un appareil de la plus grande sim-

(1) Depuis la rédaction de cette note, la Compagnie a passé un marché pour l'acquisition de cinq nouveaux tours à roues, indiqués par les lettres *o'*, *p'*, *r*, et dont il est d'ailleurs parlé dans la quatrième partie, pages 103 et 117.

(2) Juillet 1846.

plicité, pour mettre en pointe les roues à retourner. L'usage de cet appareil (*fig. de 1 à 5, pl. XII*) n'économise pas moins de 0 fr. 25 c. par paire de roues retournées. Il se compose, pour les roues à fusées extérieures, de deux chappes embrassant les fusées d'un bout, et de l'autre bout, d'un sommier engagé par ses extrémités dans les entailles des plateaux des tours. En se reportant à la figure 4, planche XII, il est facile de voir que le tour étant placé dans une position convenable, si on le met en mouvement, il amènera nécessairement les roues à peu près dans leur position. Les vis de rappel qui prennent leur point d'appui sur le sommier, achèvent de mettre le centre de l'essieu parfaitement dans la direction des pointes des poupées.

Un des grands tours pour roues motrices et un moyen tour pour roues de support ont été appropriés pour tourner les roues de machines à marchandises. L'appropriation n'a principalement pour but que d'éviter de loger les boutons de manivelle dans les plateaux, et par suite l'inconvénient assez grave qui en résulte, de manœuvrer les poupées à chaque mise en pointe. Elle consiste dans l'application, sur chacun des plateaux de ces tours, d'un manchon nervé (*fig. 1, pl. XII*), fortement boulonné avec le plateau et s'y encastrant de quelques millimètres dans une entaille légèrement conique. Le manchon, alésé exactement au diamètre des arbres porte-pointes, permet de pousser ces pointes assez loin sans brouter pour laisser passer les boutons de manivelle devant les plateaux.

La figure 9, planche XII, représente le toc traîneur que nous employons avec le plus grand succès dans nos tours à roues. Ce toc, d'une construction très solide, offre le grand avantage de n'avoir à enlever qu'une pièce très maniable pour monter ou descendre les roues. Il suffit, en effet, de retirer la griffe à vis de serrage de la douille dans laquelle elle est engagée, pour rendre la roue entièrement libre.

La figure 10, même planche, représente le calibre qui nous sert à la vérification des diamètres. Il est léger, commode et d'un emploi très facile.

Pour les bandages de dureté assez forte (fer grenu et serré), la plus grande vitesse que nous ayons pu atteindre du bandage devant l'outil, en marche régulière, a été de 4^m,50 par minute, pour enlever des copeaux d'une épaisseur moyenne de 0^m,004, avec un avancement maximum d'outil de 0^m,0015 par tour.

Pour terminer l'histoire du déchet dans le travail des bandages, depuis leur mise en œuvre jusqu'à la sortie des roues de l'atelier, il nous reste à donner le déchet moyen provenant de l'alésage intérieur et celui provenant du tournage des surfaces du roulement.

Le déchet à l'alésage est, en moyenne, de 1^k,50 par mètre courant de bandage de machine, et de 1^k,41 par mètre courant de bandage de voiture et wagon.

Le déchet pour tournage des surfaces extérieures est de 4^k,33 par mètre courant de bandage de machine, et de 4^k,05 par mètre courant de bandage de wagon. On peut considérer ces chiffres comme des *maximum* qui devront s'abaisser quand nous aurons obtenu des fournisseurs que les cannelures des laminoirs soient mises en harmonie parfaite avec nos profils et la perfection de nos moyens. Ces cannelures ne tiennent, d'ailleurs, aucun compte du chanfrein que nous abattons à l'extrémité de la jante (*fig. 10, 11 et 12, pl. XIII*).

Il est sans doute intéressant de dire quelques mots du déchet moyen qu'occasionne le rafraîchissage des bandages, chaque fois que les roues rentrent en réparation.

Ce déchet, toujours pris sur des roues qui conservent quelque trace de l'ancienne surface de roulement, ainsi que l'exige un travail bien compris, est *actuellement*, en moyenne, sur le chemin du Nord, de 37^k,366 par paire de roues motrices de 1^m,68 de diamètre ; de 26^k,933 par paire de roues de support de 1 mètre ; de 30^k,450 par paire de roues de tender de 1 mètre, et de 17^k,130 par paire de roues de wagon de 0^m,91 de diamètre. Ces chiffres résultent des pesées comparatives faites avant et après réparation sur la bascule dont il a déjà été parlé, et qui se trouve indiquée par la lettre *u* au plan d'ensemble (*fig. 1, pl. VII*).

Les bandages sont généralement maintenus en service tant qu'ils

conservernt d'épaisseur, après dernier rafraîchissage, 0^m,030 pour roues motrices, 0^m,025 pour roues de support et tender, et 0^m,020 pour roues de voitures et wagons (1).

La plupart de nos bandages arrivent à ces épaisseurs-limites après trois rafraîchissages pour les machines ou tenders et quatre rafraîchissages pour les wagons.

Les nombres de kilomètres parcourus entre deux rafraîchissages successifs d'une même paire de roues paraissent aller constamment en s'abaissant. La moyenne actuelle du parcours total de nos bandages, depuis la mise en service jusqu'à la mise au rebut, peut approximativement être fixée comme suit :

Bandages de voitures et wagons (<i>profil 11, pl. XIII</i>),	50,000 kil.
Bandages de roues de support (<i>profil 10, pl. XIII</i>),	50,000 —
Bandages de roues motrices (<i>profil 8, pl. XIII</i>),	45,000 —
Bandages de roues de tender (<i>même profil</i>),	35,000 —

Ces parcours vont s'élever, sans nul doute, attendu que les exceptions pour défauts de fabrication, quoique déjà écartées en partie dans nos relevés, doivent affecter encore nos chiffres d'une manière sensible.

Ces nombres, au surplus, peuvent varier notablement d'un chemin de fer à l'autre ; ils dépendent principalement :

1° De la nature des fers employés et de la manière de composer les paquets ;

2° Des charges maxima sur les roues et de la limite d'usure à laquelle se font les rafraîchissages en général ;

3° Du bon ou mauvais emploi des cuves à refroidir lors de l'emballage, etc., etc.

Les profils de nos bandages ont subi certaines modifications dont il importe de retracer l'histoire.

(1) Nous venons d'essayer tout récemment d'abaisser la limite 0,020 jusqu'à 0,015, en prenant toutefois le soin de placer sous les wagons à marchandises les roues montées dont les bandages sont arrivés à cette dernière limite d'épaisseur.

Les premiers profils de bandages adoptés par la Compagnie sont représentés dans la planche XIII par les figures 7, 9 et 11.

Le profil figure 7 s'appliquait aux roues motrices (roues du milieu (1)).

Le profil figure 9 s'appliquait aux roues de support de locomotives (roues extrêmes), ainsi qu'aux roues de tenders.

Le profil figure 11 s'appliquait aux roues de voitures et wagons.

Dans ces trois figures, la ligne ponctuée indique les dimensions qu'avaient les bandages bruts de forge pour obtenir, après tour et alésage, les cotes du dessin.

Les figures 8 et 10 représentent ce que nous avons pu obtenir dans les ateliers de la Compagnie, avec les fers à bandages primitifs, en perfectionnant nos moyens et en apportant tout le soin possible dans le travail.

La figure 8 indique, en outre, les modifications que nous avons cru devoir introduire dans le profil du boudin des roues du milieu, pour faciliter le passage dans les courbes.

La figure 12 indique le nouveau profil adopté tout récemment par la Compagnie pour les bandages de roues, de voitures et wagons. L'épaisseur de ce bandage devient égale à celle des bandages de machines et tenders.

En comparant entre eux les profils 8, 10 et 12, il est aisé de voir que le jeu entre les rails et les boudins n'est pas le même pour toutes les espèces de roues. Ce jeu peut *très approximativement* être évalué comme suit avec les rails de 30 kilogrammes le mètre courant, comme avec ceux de 37 :

Roues du milieu des machines	20 millimètres.
Roues extrêmes des machines et tenders	6
Roues de voitures et wagons	10

(1) Dans la locomotive à grande vitesse (système Crampton), où la roue motrice se trouve placée à l'arrière, il est bien entendu que c'est la roue du milieu qui reçoit le profil figure 8, la roue motrice recevant dès lors, comme roue extrême, le profil figure 10.

Nous venons de voir que la Compagnie avait augmenté l'épaisseur du bandage des voitures et wagons ; cette augmentation d'épaisseur ne conviendrait certainement pas à toutes les lignes. Il arrivera, en effet, dans celles où les courbes à petit rayon seront très multipliées, où les entr'axes des essieux seront considérables, que la durée des bandages dépendra plutôt de la limite d'usure des boudins que de la limite d'usure de la partie roulante proprement dite. Dans ce cas, c'est l'épaisseur du boudin qu'il faudra chercher à augmenter par une pose de voies convenable, de manière à ne pas faire dépendre, autant que faire se pourra, la durée du bandage de la durée du boudin.

Comme toutes les mains-d'œuvre de fabrication resteront sensiblement les mêmes, nous pensons que l'épaisseur actuelle des bandages, en général, devra s'accroître, et qu'on arrivera probablement, avant peu, à quelque chose comme 0^m,070 pour les machines, et peut-être à la même épaisseur pour les voitures.

En comparant cette nouvelle dimension avec les épaisseurs-limites d'usure que nous avons posées page 69, on verra que l'épaisseur utile serait en moyenne, pour les machines, les 0,64 de l'épaisseur brute, et pour les wagons les 0,71.

Aujourd'hui l'épaisseur utile n'est guère à l'épaisseur brute que dans le rapport de 0,50 pour les machines et pour les wagons.

Dans les nouvelles conditions d'épaisseur, on doublerait environ le nombre des rafraîchissages et on augmenterait, dans une proportion correspondante, le nombre de kilomètres parcourus avant la mise au rebut ; or, comme l'augmentation du prix ne porterait, pour ainsi dire, que sur la matière brute, on voit qu'il en ressortirait, au point de vue économique, un immense avantage. (Voir aux prix de revient, page 87.)

Maintenant que nous avons passé successivement en revue toutes les machines, tous les engins que renferme l'atelier des roues, toutes les opérations qui s'y pratiquent ; que nous nous sommes assurés que la production actuelle pouvait être partout doublée pour satisfaire aux exigences ultérieures du service, disons quelques mots de l'organisation du travail.

Le total du personnel de l'atelier des roues est actuellement (1) de trente ouvriers pour atteindre, par an, le chiffre approximatif de 4,000 paires de roues réparées.

Ces trente ouvriers forment une Société à laquelle la Compagnie a concédé, le 1^{er} octobre 1848, pour un an, l'entreprise générale de la réparation des roues, aux clauses et conditions stipulées dans le marché que nous rapportons dans la quatrième partie de ce mémoire.

Cette Société fonctionnait déjà depuis trois mois, à titre d'essai, lorsque le marché fut approuvé. Elle a donc aujourd'hui plus de neuf mois d'existence, pendant lesquels tous les sociétaires ont gagné des journées plus élevées que celles auxquelles ils auraient pu prétendre avec le système des marchandages partiels, tout en laissant à la Compagnie, sur les anciens prix accordés pour les mêmes travaux, des bénéfices qui atteignent quelquefois *au tiers* et qui ne descendent jamais au-dessous du *cinquième*. Les deux parties contractantes ont donc trouvé des avantages réels dans le nouveau système de marchandage.

L'atelier des roues n'est pas le seul qui fonctionne avec une semblable organisation. Deux autres ateliers sont identiquement placés dans les mêmes conditions : ce sont l'atelier des ressorts et la fonderie.

Nous avons dit que les salaires résultant du marché s'étaient élevés, avec l'association, au-dessus des anciens taux, quoique avec un abaissement notable des prix primitifs de marchandage. Donnons la mesure exacte de cette élévation de salaires en posant des chiffres officiels.

Le moindre bénéfice réalisé par la Société a produit 21 070 d'augmentation sur les taux de journées, tels qu'ils étaient fixés par l'administration pour chacun des membres de la Société.

Les meilleurs résultats obtenus jusqu'ici ont produit 47 070 d'augmentation sur ces mêmes taux de journées.

(1) Juin 1849.

La journée moyenne des trente ouvriers, qui est de 3 fr. 85 c., s'est donc élevée, par suite du travail à l'entreprise dans le cas de la limite inférieure des bénéfices, à 4 fr. 65 c., et dans le cas de la limite supérieure, à 5 fr. 66 c.

Voici du reste un tableau indiquant, pour l'ensemble du personnel de l'atelier des roues, les divers taux de journées dans les trois hypothèses, *sans bénéfice, avec bénéfice minimum, avec bénéfice maximum.*

Nombre d'ouvriers par spécialités.	Désignation des spécialités.	Salaires		
		sans bénéfice.	avec bénéfice minimum.	avec bénéfice maximum.
		fr. c.	fr. c.	fr. c.
1	Chef des travaux de forge. . . .	7 50	9 07	11 02
2	Chefs aux tours et trav. d'ajust.	6 50	7 86	9 53
1	Forgeron	5 »	6 05	7 35
1	Forgeron	4 50	5 85	6 61
1	Centreur-tourneur.	4 25	5 14	6 »
4	Riveurs, tôleurs, ajusteurs. . .	4 »	4 84	5 88
2	Tourneur, chauffeur.	3 50	4 23	5 14
18	Tourneurs, aides-tourneurs, etc.	3 20	3 93	4 78

DEUXIÈME PARTIE.

Mode de comptabilité (1).

La comptabilité *spéciale* de l'atelier des roues, ne devant jamais rendre compte que des mêmes opérations, a pu être organisée d'une manière fort simple.

Dans l'établissement des écritures de cet atelier, le point de départ a été le marché, page 108, 4^e partie, dont nous avons déjà parlé, et qui fixe les prix de toutes les opérations entrant dans l'entretien des roues en général. Le but était surtout la détermination et l'application des dépenses en matières et main-d'œuvre, ainsi que la répartition mensuelle (2) des produits de l'entreprise entre les divers ouvriers associés, conformément aux prescriptions du marché.

Quatre imprimés sont nécessaires et suffisent pour la tenue des écritures spéciales de l'atelier des roues ; ces quatre imprimés sont :

1^o Rôle de journées ;

2^o Attachements de la fabrication des bandages, faux-bandages, etc. (modèle n^o 3) ;

3^o Attachements des réparations (modèle n^o 4) ;

4^o Feuille de paie (modèle n^o 5).

Nous ne mettrons sous les yeux que les trois derniers imprimés, qui seuls méritent quelque attention.

Le *Rôle des journées*, qui constate avec la plus grande sévérité

(1) Notre but ne peut être de donner l'ensemble des écritures qui se rattachent à l'entretien des roues montées, attendu que certaines parties de ces écritures rentrent dans la comptabilité générale du matériel, dont l'exposition à elle seule exigerait tout un mémoire.

(2) Nos règlements n'ont lieu que tous les mois, mais on délivre des à-compte généraux à la fin de la première quinzaine.

EXERCICE 18 MOIS d

ROUES.

SOMME A PAYER :

fr.

M.
M.

Ingénieur, Chef de la division du Matériel.
Ingénieur,

ETAT des sommes à payer à l'Association des
pour les travaux terminés.

Numéros des com- mandes.	DÉTAIL des TRAVAUX EXECUTÉS.	QUANTITÉS.	PRIX.		NOMS DES ASSOCIÉS.	Nombre des journées de travail.	PRIX de la journée		RÉPARTITION des sommes à payer.			A déduire pour à- compte reçus.	RESTE.	A DÉDUIRE pour		Net à payer.	ÉMARGEMENTS et OBSERVATIONS.
			7	8			Montant des journées.	Part de bénéfice à raison de sur la main d'œuvre.	Total par chaque ouvrier.	Avances en espèces.	Four- nitures de comesti- bles.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Le présent État montant à la somme de
présenté et certifié par l'Ingénieur,

A la Chapelle, le

18

VU ET VÉRIFIÉ :

Le Chef de la Comptabilité du Matériel,

Vu et arrêté par l'Ingénieur Chef de la division du Matériel,

VU BON A PAYER :

Les Administrateurs,

les heures de présence des divers associés, est constamment tenu à jour. Il reste affiché, d'une manière permanente, sous les yeux des ouvriers.

A la fin de chaque quinzaine, ce rôle est arrêté d'après le nombre d'heures de travail et les prix de journée fixés par la Compagnie, comme s'il s'agissait de travaux à la journée. Nous verrons plus tard dans quel but.

Les *Attachements des travaux* se tiennent sur les imprimés modèles n^{os} 3 et 4, avec lesquels le comptable dresse, chaque mois, quatre registres comme suit :

1^o Sur le modèle n^o 3, un premier registre pour la fabrication des bandages, des faux-bandages et des frettes ;

2^o Sur le modèle n^o 4, un second registre pour la réparation des roues motrices, en général, et des roues de machines à marchandises ;

3^o Sur le même modèle n^o 4, un troisième registre pour la réparation des roues de support et de tender ;

4^o Toujours sur le même modèle n^o 4, un quatrième registre pour la réparation des roues de voitures et wagons en général.

Cette division de l'attachement en quatre registres a principalement pour but de faciliter le travail ; elle pourrait être étendue ou diminuée sans inconvénient.

Les attachements sont communiqués aux ouvriers chaque fois qu'ils le désirent. Voici comment ils sont rédigés :

Premier registre. — Aussitôt qu'un bandage, un faux-bandage ou une frette, sont terminés, reçus et contrôlés par le contre-maître de l'atelier, le comptable porte dans les colonnes 2, 5, 8, 11, 16, 19 ou 24, selon le cas, la date de réception ; en même temps, il inscrit dans les colonnes 4, 7, 10, 13, 18 ou 21, les numéros de fabrication dans chaque série de bandages ou faux-bandages.

Les colonnes 3, 6, 9, 12, 17, 20 et 26, reçoivent sous forme fractionnaire :

1° Au *numérateur* les quantités d'objets de même espèce reçues et fabriquées ;

2° Au *dénominateur* , les produits de ces quantités par les prix accordés pour chaque opération. A cet effet , ces prix sont toujours indiqués en tête des colonnes de l'attachement.

L'addition des numérateurs est portée dans les colonnes 14, 22 ou 27 ; l'addition des dénominateurs dans celles 15, 23 ou 28.

Dans la colonne 29 sont reportés les totaux partiels des colonnes 15, 23 et 28, et la somme faite de ces totaux , après en avoir retranché les retenues pour mauvaise exécution , fournit une première somme à payer aux associés pour fabrication de bandages, etc.

Dans la colonne des observations on relate les circonstances particulières sur lesquelles il importe d'appeler l'attention.

2°, 3° et 4° *Registres*. — Nous avons dit qu'il était plus commode de diviser les attachements des réparations ; mais comme dans tous les cas ces attachements se tiendront de la même manière sur les divers registres que l'on croira devoir ouvrir, il nous suffira d'exposer le système général de les rédiger.

A l'inspection seule des colonnes , et , surtout , après les explications données précédemment, rien n'est plus facile que de comprendre la tenue des trois registres qui nous occupent.

Ainsi les roues montées sont toujours classées dans la colonne 1, d'après leur date d'entrée en réparation. Dans la colonne 4 et sous forme fractionnaire on porte au numérateur le poids avant réparation, et au dénominateur le poids après réparation.

La méthode que nous employons pour ne porter en règlement, avec toute certitude, que les roues montées terminées de réparation et livrées au service, consiste à écrire à *l'encre rouge* toutes les opérations du mois , et à recharger les *nombres à l'encre noire* au fur et à mesure des livraisons, en commençant, bien entendu, par faire cette opération sur les colonnes nos 1 et 3.

Cela dit, on comprend facilement l'emploi des colonnes, 69, 70,

71, 72 et 73 du résumé. En effet, dans la colonne 69 on inscrit le total général des produits de tous les travaux du mois ; mais comme les entrepreneurs ne sont réglés que sur les réparations complètement terminées, reçues et livrées, on divise ce total général en deux parties, comme l'indiquent les colonnes **71** et **73**.

Les chiffres de la colonne **71** sont écrits à l'encre rouge, ceux de la colonne **73** sont à l'encre noire.

Toutes les écritures rouges sont reportées sur l'attachement du mois qui suit, et l'on fait simplement figurer en ligne de compte des sommes dues aux associés la différence entre les colonnes **73** et **74**.

La colonne d'observations sert à annoter toutes les circonstances particulières qui ont pu se présenter dans le cours du mois.

La colonne **71** nous permet, surtout, de fixer, chaque mois, la somme à avancer à l'entreprise sur les travaux en cours d'exécution, et qui sert, pour ainsi dire, de *régulateur* des salaires, en offrant le moyen d'abaisser ou de hausser, dans de certaines limites, la somme à répartir pour bénéfices réalisés dans le courant du mois (1).

Nous devons encore ajouter que l'on peut aussi faire entrer dans cette somme avancée une partie de la valeur représentée par les travaux en cours d'exécution, pour fabrication de bandages, etc.; mais cela ne doit avoir lieu que pour éviter (par suite d'un trop grand nombre de travaux commencés) que le produit des attachements ne descende au dessous du montant des rôles des journées du mois.

Maintenant ces rôles des journées et les attachements étant clos et vérifiés, rien n'est plus facile, à la fin de chaque mois, que de dresser la feuille de répartition imprimée n° 5.

Les colonnes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 10 de cet imprimé, se rem-

(1) Il ne s'agit que d'un bénéfice approximatif; le bénéfice réel ne pourrait s'estimer que par un inventaire très rigoureux de tous les travaux commencés. Cet inventaire général ne se fait et n'est nécessaire qu'à l'expiration de l'entreprise.

plissent à l'aide du rôle des journées et des attachements, sans qu'il y ait autre chose à faire qu'à transcrire les résultats exprimés dans ces pièces.

La colonne se remplit de la manière suivante :

On commence par soustraire le montant des journées du produit total des travaux livrés, augmenté de la somme avancée pour travaux en cours d'exécution, et la différence obtenue constitue le bénéfice à répartir entre les divers associés.

Ce bénéfice, divisé par le montant des journées, donne au quotient *le marc le franc* de la répartition.

Ce marc le franc de répartition inscrit dans l'entête de la colonne et multiplié par le montant des journées donne, au produit, la part de bénéfice de chaque associé.

En totalisant la colonne 11 avec la colonne 10, on obtient la colonne 12; la colonne 9 s'obtient aussi sans difficulté.

Nous avons vu que des à-compte généraux étaient délivrés à l'expiration de la première quinzaine de chaque mois; ce sont ces à-compte, qui s'élèvent ordinairement au montant des journées de la quinzaine, que l'on porte dans la colonne 13, et qui servent à constituer ensuite la colonne 14.

Indépendamment des à-compte de quinzaine, il peut être avancé certaines sommes isolées dans le courant du mois; ces avances sont portées dans la colonne 15.

La colonne 16 est destinée à recevoir le montant des fournitures de comestibles faites aux sociétaires par le comptoir que la Compagnie a fait établir, et tel qu'il résulte d'un état fourni à la comptabilité par le préposé aux distributions.

La colonne 18 sert aux émargements de chaque partie prenante.

La feuille de répartition est toujours affichée dans l'atelier pendant les deux jours qui suivent la paie.

Toutes les pièces de la comptabilité spéciale des roues, avant de revêtir un caractère officiel, sont envoyées à la comptabilité centrale de la division pour y être vérifiées, et passent ensuite sous les yeux

de l'ingénieur des ateliers, qui les certifie. En outre des formalités ci-dessus, les états de répartition doivent encore recevoir l'approbation de l'ingénieur en chef avant d'être présentés à la signature des administrateurs de service.

Une fois toutes les dépenses du mois parfaitement arrêtées au bureau de la division, par la clôture du journal d'entrées tenu dans ce bureau, la clôture des attachements et de la feuille de répartition, il devient très facile de rédiger les prix de revient et de passer les écritures générales de l'atelier des roues.

Nous devons dire que nos prix de revient sont restés, jusqu'ici, assez limités, attendu qu'on n'a pas jugé utile d'ouvrir des comptes particuliers d'entretien de chaque paire de roues montées, mais seulement des comptes par catégories.

Nous ne dresserons donc, jusqu'à présent, que des prix de revient pour la fabrication de bandages bruts de forge, que nous considérons, par rapport à l'entretien des roues en général, absolument comme nos bronzes bruts par rapport à l'entretien des machines. Toutes les dépenses en dehors de la fabrication des bandages sont appliquées directement au compte de la catégorie dans laquelle elles incombent.

A la comptabilité spéciale de l'atelier des roues se rattache une annexe de la plus haute importance : c'est la part de renseignements que cette comptabilité doit fournir au bureau de la statistique générale pour établir les états de service des essieux (1).

(1) Les deux derniers paragraphes de l'article 9 du titre 2 de l'ordonnance royale sur la police des chemins de fer, du 15 novembre 1846, s'expriment ainsi :

« Il sera tenu, en outre, pour les essieux de locomotives, tenders et voitures de toute espèce, des registres spéciaux sur lesquels, à côté du numéro d'ordre de chaque essieu, seront inscrits sa provenance, la date de sa mise en service, l'épreuve qu'il peut avoir subie, son travail, ses accidents et ses réparations ; à cet effet, le numéro d'ordre sera poinçonné sur chaque essieu.

» Les registres mentionnés aux deux paragraphes ci-dessus seront représentés, à toute réquisition, aux ingénieurs et agents chargés de la surveillance du matériel de l'exploitation. »

C'est dans ce but qu'à la suite de chaque livraison effectuée de roues montées réparées, le comptable de l'atelier remplit un imprimé, modèle n° 7, sur lequel il transcrit tout le détail des réparations effectuées à chaque essieu monté, d'après les attachements registres 2, 3 et 4.

La division de nos attachements, outre les avantages que nous lui avons déjà reconnus, présente donc encore celui de faciliter les recherches, lorsqu'il sera demandé tel ou tel renseignement sur les réparations qu'aura pu recevoir tel ou tel essieu.

C'est encore dans le même but de faciliter les recherches que le comptable tient trois registres-répertoires, modèle n° 8, comme suit :

- 1° Répertoire des réparations des essieux de machines ;
- 2° — — — de tenders ;
- 3° — — — de voitures et wagons.

On comprend facilement qu'avec ces répertoires, dont la tenue n'exige aucune explication particulière, et nos attachements, on puisse répondre très promptement aux questions du genre de celle-ci.

A quelle date a eu lieu la dernière réparation de l'essieu monté de machine n°... ?

Quelle espèce de réparation l'essieu de tender n°... a-t-il reçu au mois de... de l'année... ?

A quelle époque a-t-on changé les bandages de l'essieu monté de la machine à marchandise n°... ?

De quelle provenance étaient les bandages remplaçants ?

Combien de fois cet essieu monté avait-il déjà été réparé depuis sa mise en service ? Etc., etc.

La colonne d'observations de nos attachements nous permet encore d'indiquer les remplacements d'essieux, et, dans ce cas, la provenance de l'essieu remplaçant, etc.

A la connaissance parfaite de toutes ces questions se rattache, comme on le pense bien, un très puissant intérêt. Il est facile de

comprendre, en effet, que les résultats immédiats d'une statistique bien coordonnée doivent être d'éclairer les Compagnies sur les points suivants :

Quel choix faut-il faire entre les différentes usines pour la fourniture des essieux montés, ou même des diverses parties qui les constituent ?

Quels résultats obtient-on de tel ou tel essai de réparation fait dans tel ou tel but ? Etc., etc.

Là se borne tout ce qu'il y avait à dire sur la comptabilité *spéciale* de l'atelier des roues, et sur les renseignements qu'elle doit fournir, pour sa part, au bureau de la statistique générale de l'exploitation.

DIVISION
DU MATÉRIEL.

N°

CHEMIN DE FER DU NORD.

ATELIERS
DE LA CHAPELLE.

MOIS

18

ROUES.

d

BULLETIN d'avis de réparation d'essieux montés.
Extrait de l'attachement n°

DATES des réparations.	NUMÉROS DES ESSEUX de machines ou tenders.	POIDS DES ESSEUX		DÉTAIL DES RÉPARATIONS.	PROVENANCE.	DESTINATION.
		avant la répara- tion.	après la répara- tion.			

Modèle n° 7.

A

le

18

ENREGISTRÉ :

L'Employé à la statistique,

Le Contre-maître de l'atelier,

Le Comptable des roues,

TROISIÈME PARTIE.

Prix de revient.

§ 1^{er}. PRIX DE REVIENT DES BANDAGES BRUTS DE FORGE ET PRÊTS A ALÉSER.

1^o *Bandages de machines pour roues motrices de 1 mètre 68 centimètres de diamètre de roulement.*

Matières	Fer à bandages. . .	400 ^k 00	
—	2 coins de soudage. .	10 ^k 00	
		————	410 ^k 00 à 0 f. 75 c. (1) 307 f. 50 c.
Combustible . . .	Pour refoulage, cintrage, soudage et arrondissage. . .	355 ^k 00 à 0,025	8 87
Main-d'œuvre . .	Refoulage, cintrage, soudage. .	11 f. 70 c.	
—	Arrondissage.	2 70	
		————	14 40
Frais généraux . 50 0/0 de la main-d'œuvre		7 20	
		————	21 60
			<hr/>
			Total. 337 97

Le déchet total pour toutes les opérations qui précèdent étant de 11 kil., en retranchant ces 11 kil. des 410 kil. que pèsent les matières brutes, et divisant la dépense 337 fr. 97 cent., par la différence 399 kil., on trouve :

0 fr. 8470

pour prix de revient du kilogramme de bandage de roue motrice prêt à aléser.

(1) Le prix de 0 fr. 75 cent. est une moyenne approximative des prix de fournitures actuelles.

*2° Bandages de machines pour roues de support de 1 mètre 60 centimètres
de diamètre de roulement.*

Matières.	Fer à bandages. . . .	240 ^k 00	
—	2 coins de soudage. . .	10 00	
		-----	250 ^k 00 à 0 ^r 75
			187 ^r 50
Combustible. . .	Pour refoulage, cintrage, soudage et arrondissement. .	310 ^k 00 à 0,025	7 75
Main-d'œuvre. . .	Refoulage, cintrage, souda- ge.	9 ^r 90	
—	Arrondissement.	1 80	
		-----	11 70
Frais généraux. 50 0/0 de la main-d'œuvre.		5 85	
		-----	17 55
			Total. 212 80

Le déchet total pour toutes les opérations qui précèdent étant de 9 kil. 50, en retranchant ces 9 kil. 50 du poids des matières brutes, 250 kil., et divisant la dépense 212 fr. 80 c. par la différence, 240 kil. 50, on trouve :

0 fr. 8848

pour prix de revient du kilogramme de bandage de roues de support prêt à aléser.

*3° Bandages de voitures et wagons pour roues de 0 mètre 91 centimètres
de diamètre de roulement.*

Matières.	Fer à bandage. . . .	155 ^k 00	
—	2 coins de soudage. . .	8 00	
		-----	163 ^k 00 à 0 ^r 60 (1)
			97 ^r 50
Combustible. . .	Pour refoulage, cintrage, sou- dage et arrondissement. . . .	284 00 à 0,025	7 10
Main-d'œuvre. . .	Refoulage, cintrage, soudage.	7 ^r 55	
	Arrondissement.	1 35	
		-----	8 90
Frais généraux. 50 0/0 de la main-d'œuvre.		4 45	
		-----	13 35
			Total. 118 25

Le déchet total pour toutes les opérations qui précèdent étant de 8 kil. 55, en retranchant ces 8 kil. 55 du poids des matières

(1) Le prix de 0 fr. 60 cent. est une moyenne des prix de fournitures actuelles.

brutes, 163 kil., et en divisant la dépense 118 fr. 25 c. par la différence 154 kil. 45, on trouve :

0 fr. 7656

pour prix de revient du kilogramme de bandage de wagon prêt à aléser.

§ 2. PRIX DE REVIENT DES BANDAGES ALÉSÉS, MONTÉS SUR ROUES ET TOURNÉS.

1^o Bandages de machines pour roues motrices de 1 mètre 68 centimètres de diamètre de roulement.

Matières.	Un bandage prêt à aléser.		
—	Prix de revient n ^o 1. . . .	399 ^k 00	337 ^f 97
Main-d'œuvre. .	Alésage.	2 ^f »	
—	Emballage.	2 70	
—	Tournage.	4 82	
		—	9 ^f 52
Frais généraux. 50 0/0 de la main-d'œuvre.		4 76	
		—	14 28
	Total.		332 25

Le déchet total pour l'ensemble des nouvelles opérations étant de 31 kil. 06, en retranchant ces 31 kil. 06 du poids du bandage prêt à aléser, 399 kil., et divisant la dépense totale, 352 fr. 25 c. par le reste 367 kil. 94, on trouve :

0 fr. 9573

pour prix de revient du kilogramme de bandage de roues motrices alésé, monté sur roue et tourné.

2^o Bandages de machines pour roues de support de 1 mètre 06 centimètres de diamètre de roulement.

Matières.	Un bandage prêt à aléser.		
—	Prix de revient n ^o 2. . . .	240 ^k 50	212 ^f 80
Main-d'œuvre. .	Alésage.	4 ^f 35	
—	Emballage.	1 80	
—	Tournage.	2 25	
		—	5 ^f 40
Frais généraux. 50 0/0 de la main-d'œuvre.		2 70	
		—	8 10
	Total.		220 90

Le déchet total pour l'ensemble des nouvelles opérations étant de 20 kil., en retranchant ces 20 kil. du poids du bandage prêt à aléser 240 kil. 50, et divisant la dépense 220 fr. 90 c. par le reste 220 kil. 50, on trouve :

1 fr. 0018

pour prix de revient du kilogramme de bandage de roues de support alésé, monté sur roues et tourné.

5° Bandages de voitures et wagons pour roues de 0 mètre 91 centimètres de diamètre de roulement.

Matières.	Un bandage prêt à aléser.		
—	Prix de revient n° 3. . .	154 ^h 45	118 ^c 25
Main-d'œuvre. .	Alésage.	» ^f 90	
—	Embattage.	4 35	
—	Tournage.	4 80	
		—	4 05
Frais généraux. 50 0/0 de la main-d'œuvre.		2 02	
		—	6 07
			<hr/>
	Total.		124 32

Le déchet total pour l'ensemble des nouvelles opérations étant de 17 kil., en retranchant ces 17 kil. du poids du bandage prêt à aléser, 154 kil. 45, et divisant la dépense 124 fr. 32 c. par le reste 137 kil. 45, on trouve :

0 fr. 9044

pour prix de revient du kilogramme de bandage de roues de voitures et wagons alésé, monté sur roues et tourné.

§ 3. PRIX DE REVIENT, PAR KILOMÈTRE ET PAR PAIRE DE ROUES, DE L'ENTRETIEN ET RENOUELEMENT DES BANDAGES.

1° Roues motrices de 1 mètre 68 centimètres, avec bandages fournissant un parcours de 45,000 kilomètres avant la mise au rebut.

(Profil fig. 8, pl. XIII.)

Matières.	2 bandages posés sur la paire de roues. (Voir aux prix de revient, page 86.)	2 × 352 ^c 23.	704 ^c 50
Main-d'œuvre. .	3 rafraichissements pour arriver au chiffre de 45,000 kilomètres. (Voir au marché pour l'entretien des roues,		
	A reporter		<hr/>
			704 ^c 50

	Report		704 ^f 50
—	page 113.)	$3 \times 4^r 95$	14 85
—	Désembattage des deux vieux bandages (Voir page 112).	$2 \times 0^r 90$	1 80
—	4 manœuvres des roues sur les voies dans les ateliers (Voir page 114). 4 \times 0 ^f 35		1 40
			— 18 05
Frais généraux.	A 50 0/0 de la main-d'œuvre.	9 02	27 07
	Total des dépenses.		<u>731 57</u>
	A déduire :		
1 ^o	2 vieux bandages.	$400^k \times 0^f 24$	96 ^f »
2 ^o	Tournures provenant de trois rafraichissements (Voir page 68).	$112^k \times 0 08$	8 96
			— 104 96
	Reste, pour prix de revient des 45,000 kilomètres.		<u>626 61</u>
			626 ^f 61
	Le prix de revient, par kilomètre, sera.		<u>45,000</u> 0 ^f 0139

2^o *Roues de support de 1 mètre 06 avec bandages fournissant un parcours de 50,000 kilomètres avant la mise au rebut.*

(Profil fig. 10, pl. XIII.)

Matières.	2 bandages posés sur la paire de roues (Voir aux prix de revient, page 86	$2 \times 220^f 90$ 441 ^f 80
Main-d'œuvre.	3 rafraichissements pour arriver au chiffre de 50,000 kilomètres (Voir au marché pour l'entretien des roues, page 113)		
			$3 \times 2^f 50$	7 ^f 50
—	Désembattage des vieux bandages (Voir page 112).	$2 \times 0^r 90$		1 80
—	4 manœuvres des roues sur les voies dans les ateliers. 4 \times 0 ^f 35.			1 40
				— 40 70
Frais généraux.	A 50 0/0 de la main-d'œuvre	5 35		— 16 05
	Total des dépenses.			<u>457 85</u>
	A déduire :			
1 ^o	2 vieux bandages.	$235^k \times 0^r 24$		56 40
2 ^o	Tournures provenant de trois rafraichissements (Voir page 68).	$81^k \times 8^f 08$		6 48
				— 62 88
	Reste, pour le prix de revient de 50,000 kilomètres.			<u>394 97</u>
				394 ^f 97
	Le prix de revient, par kilomètre, sera.			<u>50,000^k</u> 0 ^f 0079

5° *Roues de voitures et wagons de 0 mètre 91, avec bandages fournissant un parcours de 50,000 kilomètres avant la mise au rebut.*

(Profil fig. 11, pl. XIII.)

Matières.	2 bandages posés sur la paire de roues (Voir aux prix de revient, page 87). $2 \times 124^f 32$	248 ^f 64
Main-d'œuvre.	4 rafraichissements pour arriver au chiffre de 50.000 kilomètres (Voir au marché pour l'entretien des roues, p. 113). $4 \times 1^f 60$	6 ^f 40
—	Désembattage des vieux bandages hors de service (Voir page 112) $2 \times 0 90$	1 80
—	5 manœuvres des roues sur les voies dans les ateliers (Voir page 114). $5 \times 0 35$	1 75
		— — 9 95
Frais généraux. 50 0/0 de la main-d'œuvre.		4 97
		— — 14 92
	Total des dépenses.	263 56

A déduire :

1° 2 vieux bandages.	$137^k \times 0 24$	32 88
2° Tournures provenant de quatre rafraichissements (Voir page 68).	$68^k 52 \times 0 08$	5 48
		— — 38 36
	Reste, pour prix de revient des 50.000 kilomètres.	225 20
		<u>225^f 20</u>
Le prix de revient par kilomètre sera.		<u>0^f 0045</u>

Pour donner la mesure des avantages que la Compagnie doit retirer de l'adoption du nouveau profil de bandages pour voitures et wagons, établissons, *par anticipation*, le prix de revient par kilomètre de l'entretien et renouvellement de ces bandages, en supposant que l'accroissement de parcours soit très sensiblement proportionnel à l'augmentation d'épaisseur, et que le chiffre total puisse en être porté à. **87,000 kil.**

4° *Roues de voitures et wagons de 0 mètre 91, devenues de 0 mètre 94, avec le profil fig. 12, pl. XIII. (Bandages fournissant un parcours de 87,000 kilomètres avant la mise au rebut.)*

Matières.	2 bandages comme précédemment.	248 ^f 64
—	Valeur du fer brut entrant dans l'augmentation d'épaisseur des deux bandages.	36 "
Main-d'œuvre.	6 rafraichissements.	9 ^f 60
—	Désembattage des vieux bandages.	1 80
	A reporter 41 40	284 64

	Report 11 ^r 40	284 64
—	7 manœuvres des roues sur les voies. 2 45	
	13 85	
Frais généraux	6 97	20 82
	-----	-----
	Total des dépenses.	303 46
A déduire :		
1° 2 vieux bandages.	32 88	
2° Tournures de 6 rafraichissages.	8 22	
	-----	41 10

	Reste, pour prix de revient des 87,000 kilomètres.	264 36

	364 ^r 36	
	-----	0 ^r 0030
	Le prix de revient, par kilomètre, sera.	87,000 ^k

En comparant les deux nombres 0,0045 et 0,0030, on voit que la nouvelle dépense par kilomètre ne sera plus que les 0,66 de l'ancienne : l'économie réalisée sera donc de 34 p. 010.

Comme le chiffre annuel du parcours kilométrique des roues montées de voitures et wagons s'élève, dès à présent, à plus de 80 millions de kilom., on peut affirmer que l'économie résultant de la nouvelle épaisseur adoptée pour les bandages de ces roues atteindra, par an, la somme considérable de 100,000 fr. 00 c.

**§ 4. PRIX DE REVIENT, PAR KILOMÈTRE, DE L'ENTRETIEN
ET RENOUELEMENT DES BANDAGES D'UNE MACHINE ET SON TENDER**

1° Machines à voyageurs.

Le prix de revient, par kilomètre parcouru, de l'entretien des bandages d'une machine à voyageurs (voir page 88) peut être approximativement évalué $0,0139 + 2 (0,0079) = 0 \text{ fr. } 0297$.

Or, comme le prix actuel d'entretien, par kilomètre, des bandages d'une paire de roues de tender, est très approximativement de. 0 fr. 0099 (1).

(1) Pour expliquer le chiffre de 0 fr. 0099, nous devons rappeler que les bandages de nos roues de tenders provenant, à l'origine, presque tous de l'usine d'Hayange, n'ont fourni jusqu'à présent qu'un parcours moyen de 33,000 kil.

Il en résulte que le prix de revient, par kilomètre, pour entretien et renouvellement *des bandages* d'une machine à voyageurs et son tender, sera de. 0 fr. 0495

2° *Machines à marchandises.*

Tous calculs faits, le prix de revient par kilomètre, de renouvellement et entretien des bandages d'une paire de roues de machines à marchandises de 1^m,220 de diamètre (6 roues couplées), se trouve être très sensiblement, pour un parcours moyen de 35,000 kilomètres, de. 0 fr. 0139

On en conclut :

1° Que le prix de revient, par kilomètre, de l'entretien des bandages d'une machine à six roues couplées sera de. . . 0 fr. 0417

2° Que le prix de revient, par kilomètre, de l'entretien des bandages d'une locomotive à marchandises avec son tender, sera de. 0 fr. 0615

§ 5. PRIX DE REVIENT DU RENOUVELLEMENT DES FUSÉES
D'ESSIEUX.

Quelques ingénieurs ont pensé qu'après un certain parcours la texture du fer des essieux, de fibreuse et douce qu'elle était au moment de la mise en service, devenait cristalline et assez cassante pour qu'il soit prudent de retirer de la circulation tous les essieux qui auraient effectué ce parcours de *cristallisation*.

Il nous a été impossible de rattacher quelque fait à cette théorie, et tout en réservant complètement la question, nous admettons *spécialement*, pour l'établissement du prix de revient de l'entretien des essieux *droits*, que leur parcours peut être indéfini, à la condition de renouveler les fusées lorsqu'elles arrivent, par usure, au *diamètre limite* qui aura été fixé, et pourvu toutefois qu'il ne se déclare aucun indice apparent de rupture, soit sur le corps de l'essieu, soit aux points d'encastrement.

Or, il résulte des recherches auxquelles nous nous sommes livré

que l'usure moyenne des fusées extérieures est, approximativement, sur le chemin du Nord, de un millimètre pour 40,000 kilomètres parcourus.

Nous admettons que cette donnée s'applique également bien aux fusées intérieures, attendu que les faits que nous avons pu observer donneraient un chiffre ne s'écartant pas beaucoup de celui que nous posons.

Dès lors, comme conséquence de ce qui précède et de ce que nous avons déjà dit dans la première partie, pages 59 et 60, nous poserons qu'avant de remplacer les fusées nos divers essieux effectueront les parcours suivants :

Essieux de voitures et wagons.	120,000 kilom.
Essieux de tenders.	160,000 id.
Essieux de support de machines, fusées intérieures.	300,000 id.
Essieux moteurs droits, fusées intérieures. . .	300,000 id.

Ces chiffres s'appliquent à des fusées non trempées, car il est certain que des fusées cémentées et trempées fourniraient un parcours beaucoup plus considérable.

Les faits que nous avons recueillis nous portent à croire, d'ailleurs, que les fusées les plus dures, roulant dans les coussinets en bronze, aussi les plus durs, fourniraient le maximum de parcours en même temps que le meilleur service.

On a beaucoup essayé et beaucoup vanté, dans ces derniers temps, des métaux dits métaux *anti-friction*, pour la construction des coussinets en général.

Nous ne saurions trop conseiller de prudence dans ces sortes d'essais, car nous avons acquis la conviction que ces métaux *anti-friction*, outre les grandes difficultés qu'on rencontre généralement pour les obtenir homogènes, présentent ordinairement le grave inconvénient d'user beaucoup plus de fusées que les bronzes de bonne qualité (1).

(1) Cette plus grande usure paraîtrait confirmée par les renseignements que

A l'appui de notre conseil, nous devons ajouter que, dans le principe, presque tous nos coussinets de voitures et wagons, ainsi que ceux des tenders, étaient en métal anti-friction, et qu'aujourd'hui la plupart de ces coussinets ont été remplacés par des coussinets en bronze.

Cela posé, revenons au prix de revient du renouvellement des fusées.

1° Fusées des essieux de tenders.

Nos calculs sont établis dans l'hypothèse du remplacement des anciennes fusées de 0^m,190 de longueur sur 0^m,076 de diamètre par les nouvelles fusées de 0^m,190 de longueur sur 0^m,095 de diamètre.

Avant de détacher les fusées à remplacer, l'essieu pèse en moyenne 178 k.

Après avoir détaché les fusées, le tronçon d'essieu pèse 160

Avec les nouvelles fusées, l'essieu pèse :

 Brut de forge. 200

 Terminé de tour et rainures faites. 185

PRIX DE REVIENT DES FUSÉES BRUTES DE FORGE.

Matières	Fer fabriqué au pilon dans les ateliers	92 ^k 00 × 0 ^r 44 : 40 ^r 48	
—	Charbon de forge.	115 00 × 0,025 : 2 87	43 35
Main-d'œuvre . .	Soudage et dressage des deux fusées (marchandage).	20 00	
Frais généraux	à raison de 50 0/0 de la main- d'œuvre	10 00	
		—	30 00
	Total de la dépense. . . .		73 35
A déduire :	Deux vieilles fusées	18 ^k 0 × 0 ^r 24 : 4 ^r 32	
	Ribbons de forge	4 0 × 0 08 : 0 32	
		—	4 64
	Reste pour prix de revient des deux fusées brutes de forge. . .		68 71

MM. Flachet et Polonceau ont bien voulu nous communiquer, et desquels il résulte qu'un millimètre d'usure sur les fusées de wagons de Saint-Germain et d'Orléans correspond à un parcours de plus de 100,000 kilomètres.

Comme ces deux fusées représentent un poids de 200—160=40 kilogrammes, on voit :

Que le prix de revient du kilogramme est de $\frac{68 \text{ fr } 71}{40}$ 1 f 72

2° *Fusées d'essieux de voitures et wagons.*

Les calculs sont faits dans l'hypothèse du remplacement des fusées de 0^m,127 de longueur sur 0^m,057 de diamètre par des fusées de 0^m,200 de longueur sur 0^m,075 de diamètre.

Avant de détacher les fusées à remplacer, l'essieu pèse approximativement. 117 k.

Après avoir détaché les fusées, le tronçon d'essieu pèse 104

Avec les nouvelles fusées, l'essieu pèse :

Brut de forge 130

Terminé de tour et rainures faites 118

PRIX DE REVIENT DES FUSÉES BRUTES DE FORGE.

Matières	Fer fabriqué au pilon dans			
	les ateliers	58 ^k 00	× 0 44	25 ^f 52
—	Charbon de forge	83 00	× 0,025	2 12
				27 64
Main-d'œuvre.	Soudage et dressage (marchandage). . .			12 00
Frais généraux.	50 0/0 de la main-d'œuvre			6 00
				18 00
				45 64
	Total			45 64
A déduire :	Deux vieilles fusées	7 ^k 00	× 0 24	1 68
	Riblons de forge.	4 00	× 0 08	0 32
				2 00
				47 64

Comme ces deux fusées représentent un poids de 130—104=26 kilogrammes, on voit :

Que le prix de revient du kilogr. est de $\frac{4 \text{ fr } 64}{26}$ 1 f 83

On peut désirer savoir jusqu'à quel point le remplacement des fusées, dans les conditions que nous venons d'examiner, est une opération avantageuse.

Pour résoudre la question, nous admettrons :

PRIX DE REVIENT POUR 10 FUSÉES OU 5 ESSIEUX.

Matières	Menu coke	350 ^k 00	×	0 ^r 02	7 ^f 00	
—	Fagots d'allumage.	5	»	×	0 10	0 50
—	Terre à four.	1h	»	×	0 50	0 50
—	Briques mises hors de service	25	»	×	0 04	1 00
—	Suie pour ciment.	10 ^k	»	×	0 18	1 80
—	Charbon de bois pour id.. . . .	0h25	×	1	75	0 45
						11 ^f 23
Main-d'œuvre pour construction de fours, surveillance et nettoyage des fusées		4	0	×	3 ^f 00	12 00
Frais généraux. 50 0/0 de la main-d'œuvre						6 00
						18 00
						<u>29 23</u>
						<u>29 23</u>
						Total pour cinq essieux.
						Pour un essieu le prix de revient sera $\frac{29 \cdot 23}{5}$
						5 85

Ce chiffre est aussi bien applicable aux essieux de tenders qu'aux essieux de voitures et wagons. Il faut d'ailleurs le considérer comme un *maximum* susceptible de descendre à près de 5 fr. avec une installation convenable.

§ 7. PRIX DE REVIENT PAR KILOMÈTRE DE L'ENTRETIEN ET RENOUELEMENT DES ESSIEUX EN GÉNÉRAL.

1° Essieux moteurs droits fournissant un parcours de 500,000 kilomètres avant la mise au rebut (1).

Matières	Acquisition d'un essieu neuf brut.	375	×	0 ^r 845	316 ^f 87
Main-d'œuvre	Centrage, tournage et recentrage après tournage (marchandage)	15	»		
—	Amorçage, au burin, des quatre rainures.	1	50		
					<u>316^f 87</u>
	A reporter	16	50		316 ^f 87

(1) Il est sans doute intéressant de faire ressortir la supériorité des essieux droits sur les essieux coudés. Au chemin de fer de Saint-Germain, l'entretien des essieux coudés, par essieu et par kilomètre, s'élève actuellement au chiffre énorme de 0 fr. 05.

Il y a lieu toutefois de faire remarquer que ce chiffre de 0 fr. 05 va s'abaisser beaucoup, par suite des nombreuses améliorations apportées récemment dans la fabrication des essieux coudés en général.

	Report	16 ^f 50	316 ^f 87
—	Rabotage de ces rainures	3 »	
—	Décalage de l'essieu hors de service	5 40	
—	Calage de l'essieu neuf	9 »	
—	60 vérifications de l'essieu pour arriver au chiffre de 300,000 ki- mètres.	60 × 0 ^f 35. 21 »	
		----- 54 90	
Frais généraux.	50 0/0 de la main d'œuvre.	27 45	
		-----	82 35
		Total.	399 22
A déduire :	Un vieil essieu	287 ^k × 0 ^f 35.	100 45
	Copeaux de tour	88 × 0 08.	7 04
		-----	107 49
	Reste pour prix de revient des 300,000 kilomètres		<u>291 73</u>
	Le prix de revient, par kilomètre, sera $\frac{291.73}{300.000}$.		0 ^f 000,97

2° *Essieux de support à fusées intérieures, fournissant un parcours de 300,000 kilomètres avant la mise au rebut.*

Matières	Acquisition d'un essieu neuf brut.	262 ^k × 0 ^f 845	221 ^f 39
Main-d'œuvre. . .	Centrage, tournage et recentrage après tournage (marchandage)	10 »	
—	Amorçage, au burin, des quatre rainures	4 50	
—	Rabotage de ces rainures.	3 »	
—	Décalage de l'essieu hors de service	2 70	
—	Calage de l'essieu neuf	5 40	
—	60 vérifications de l'essieu pour arriver au chiffre de 300,000 ki- lomètres.	60 × 0 ^f 35 21 »	
		----- 43 60	
Frais généraux.	50 0/0 de la main-d'œuvre	21 80	
		-----	65 40
		Total.	286 79
A déduire :	Un vieil essieu	220 × 0 ^f 35.	77 »
	Copeaux de tour	42 × 0 08.	3 36
		-----	80 36
	Reste pour le prix de revient des 300,000 kilomètres.		<u>206 43</u>
	Le prix de revient, par kilomètre, sera $\frac{206.43}{300.000}$		0 ^f 000 69

3° *Essieux de tenders de 0^m,080 de diamètre, fournissant un parcours de 160,000 kilomètres avant la mise au rebut.*

Matières	Acquisition d'un essieu brut de forge.	200 ^k × 0,80	160 ^f »
Main-d'œuvre. . .	Centrage, tournage et recentrage		-----
	A reporter		160 ^f »

		Report	160 [»]
	après tournage (marchandage)	7f 50	
—	Amorçage, au burin, des quatre rainures	1 50	
—	Rabotage de ces rainures	3 »	
—	Décalage de l'essieu hors de service	2 70	
—	Calage de l'essieu neuf	5 40	
—	30 vérifications successives de l'essieu pour arriver au parcours de 160,000 kilomètres, $30 \times 0,35$	10 50	
		-----	30 60
Frais généraux.	50 0/0 de la main d'œuvre.	15 30	
		-----	45 90
		Total.	205 90
A déduire :	Un vieil essieu $185^k \times 0,35$	64 75	
	Tournures $22 \times 0,08$	1 76	
		-----	66 51
	Reste pour prix de revient des 160,000 kilomètres.	139 39	
	Le prix de revient, par kilomètre, sera $\frac{139,59}{160000}$	0^f000, 87	

4^o *Essieux de voitures et wagons, ancienne fusée de 0^m,060, fournissant un parcours de 120,000 kilomètres avant la mise au rebut.*

Matières	Acquisition d'un essieu neuf brut de forge. $120^k \times 0^f 53$		69f 60
Main-d'œuvre	Centrage, tournage et recentrage, après tournage (marchandage)	5 00	
—	Amorçage, au burin, des deux rainures	0 75	
—	Rabotage de ces rainures.	1 50	
—	Décalage de l'essieu hors de service	2 30	
—	Calage de l'essieu neuf	2 70	
—	24 vérifications successives de l'essieu pour arriver au parcours de 120,000 kilomètres	8 40	
		-----	20 65
Frais généraux.	50 0/0 de la main d'œuvre.	10 37	
		-----	31 02
		Total.	100 62
A déduire :	Un vieil essieu. $111^k \times 0^f 55$	38 85	
	Tournures. $9 \times 0 08$	0 72	
		-----	39 57
	Reste pour prix de revient des 120,000 kilomètres.	61 05	
	Le prix de revient, par kilomètre, sera $\frac{61,05}{120000}$	0^f000,51	

Nous avons dit que très probablement les roues à rayons fer à T

pour machines et tenders seraient successivement abandonnées. Nous aurions bien désiré, pour justifier cette assertion, pouvoir donner quelques chiffres sur l'entretien comparé de ces roues et des nouvelles roues en fer forgé que la Compagnie a définitivement adoptées pour les machines et tenders; mais nous manquons pour cela des éléments nécessaires.

Ces chiffres pourront être fixés plus tard avec une très grande exactitude en s'appuyant sur les registres de la statistique du parcours des essieux.

En ajoutant dès lors cette dernière donnée qui nous manque, *l'entretien des roues proprement dites*, aux deux éléments que nous venons de fixer, l'entretien des bandages et l'entretien des essieux, on pourra facilement établir avec une grande exactitude les prix de revient de l'entretien des roues montées, en général, par paire de roues et par kilomètre.

QUATRIÈME PARTIE.

Spécifications, — Marchés, — Devis et Inventaire.

§ 1^{er}. SPÉCIFICATION POUR LA FOURNITURE DE ROUES MONTÉES DE VOITURES ET WAGONS.

Les roues et essieux seront conformes aux plans.

Les paires de roues seront complètement assemblées et clavetées sur leur essieu.

Chaque roue sera formée par un centre, un faux cercle, une clavette, sept rivets et un bandage à rebord.

Le centre est composé d'un moyeu en fonte et de sept rais en fer dont la section et la forme sont indiquées au plan.

Les essieux seront tournés sur toute leur longueur, à l'exception de la partie cylindrique centrale et des deux troncs de cône.

Sur chaque portée de calage il y aura une entaille exécutée avec précision.

Le moyeu sera alésé et recevra une entaille pour le calage.

L'extérieur du faux cercle sera tourné.

Le bandage sera tourné et alésé sur toutes faces.

Les clavettes seront exactement calibrées.

Les dimensions rigoureusement exigées sans tolérance sont les suivantes :

Diamètre de l'essieu au calage,	^m 0,105
Ecartement du bandage des roues,	1,362
Diamètre extérieur du faux cercle,	0,830
Distance d'axe en axe des fusées,	1,907

Diamètre des fusées,	0,060
Longueur des fusées,	0,127
Inclinaison de la surface des bandages,	$\frac{1}{20}$
Largeur des entailles de calage,	0,019
Épaisseur des clavettes,	0,014

Le diamètre des essieux au calage devant être rigoureusement de 0^m,105, le trou du moyeu sera alésé à un diamètre un peu moindre, de manière à s'assembler à frottement très dur, et de sorte cependant que l'on puisse monter une paire de roues indistinctivement sur tous les essieux.

Il sera remis des gabarits pour la section des bandages des roues, et aussi pour vérifier la fusée des essieux, leur écartement et leur congé de raccordement.

L'épaisseur des bandages devra être de 0^m,04 au moins au milieu ; cette épaisseur pourra être plus forte, pourvu que le profil extérieur s'accorde avec le gabarit, et pourvu que les deux roues montées sur le même essieu aient rigoureusement le même diamètre extérieur. Il y aura sept rivets pour réunir les bandages aux roues ; ils seront montés comme il est indiqué aux plans.

Les essieux seront en fer au bois corroyé, de première qualité et fabriqué *ad hoc* au marteau. Ils pourront être soumis aux mêmes épreuves que les essieux d'artillerie.

Les rais dont la section est indiquée au plan seront en fer de bonne qualité, ainsi que le faux cercle.

Le moyeu sera en fonte de deuxième fusion de première qualité, coulée avec soin ; on fera traverser le moule par une quantité de matière en fusion qui sera au moins le double de celle réellement nécessaire, afin d'élever à une haute température les rais en fer et de faciliter leur réunion à la fonte. Celle-ci devra être sans soufflures ni cavités intérieures.

Les bandages seront fabriqués en fer de forge de première qualité, provenant de fontes au bois, d'une qualité parfaitement homogène, dure et acièreuse.

Les clavettes d'assemblage seront en acier, calibrées; les entailles de la roue et de l'essieu devront être mandrinées avant la pose de la clavette.

Le nom du fabricant devra être placé sur chaque roue et sur la face intérieure du moyeu.

La marque de la forge et celle du fabricant seront poinçonnées sur chaque essieu en dedans des roues, et près de la partie qui s'engage dans les moyeux.

Les fusées devront être graissées et emmaillotées pour être préservées de la rouille.

§ 2. MARCHÉ POUR LA FOURNITURE DE
PAIRES DE ROUES MONTÉES.

ENTRE :

La Société anonyme du chemin de fer du Nord, dont le siège est à Paris, embarcadère dudit chemin, clos Saint-Lazare,

D'UNE PART,

et M. , propriétaire des ateliers de construction de

D'AUTRE PART,

Il a été fait et convenu ce qui suit :

Art. 1^{er}. M. s'engage à construire et établir pour la Compagnie du chemin de fer du Nord. paires de roues montées sur les essieux.

Art. 2. Les roues et les essieux seront faits conformément au plan et à la spécification annexés au présent marché. Chaque roue sera formée d'un moyeu en fonte, sept rais en fer plat, un faux cercle et un bandage. Le bandage sera fixé sur le cercle de la roue par sept rivets, et chaque roue sera fixée sur l'essieu par une clavette en acier.

Art. 3. Le diamètre extérieur des portées de l'essieu, pour le calage des roues, sera exactement de 0^m,105; le moyeu sera alésé sur un diamètre un peu inférieur, de façon que le calage soit fait à frot-

tement dur. Le diamètre extérieur du faux cercle sera rigoureusement de 0^m,30 sans tolérance. Toutes les dimensions indiquées dans la spécification doivent être rigoureusement suivies.

Art. 4. Les essieux seront en aussi bonne qualité et pourront être soumis aux mêmes épreuves que les essieux d'artillerie.

Les bandages seront en fer de première qualité provenant de fonte au bois, affiné au bois et corroyé; ils seront façonnés au marteau, et ne passeront au laminoir que pour recevoir leur forme définitive. La direction des soudures devra être perpendiculaire à la surface de roulement. Ils seront conformes, pour la qualité, aux échantillons déposés par M. . . . et marqués de son timbre.

L'exécution et le montage des roues devront être faits avec le plus grand soin et la plus grande précision.

La Compagnie pourra, pour s'assurer de la qualité des matières et de la bonne exécution, procéder à toutes les épreuves qui lui paraîtront nécessaires, et les frais auxquels ces épreuves donneraient lieu dans les ateliers seront à la charge de M. . . .

L'entrée des ateliers de M. . . . sera toujours accordée aux agents de la Compagnie chargés de surveiller la fabrication et le montage des paires de roues.

Art. 5. La livraison des paires de roues montées sur leurs essieux aura lieu aux ateliers de la Compagnie, à La Chapelle, dans l'année 18 , à raison de . . . paires de roues par mois à dater du . . . Les transports sont à la charge de M. . . . , mais acquittés à son débit par la Compagnie.

Art. 6. La réception provisoire des paires de roues sera faite à Paris dans les ateliers de la Compagnie. Il sera appliqué en présence des agents de M. . . . un numéro d'ordre et la marque du chemin de fer sur le milieu de l'essieu.

La Compagnie du chemin de fer aura le droit de refuser les paires de roues qui présenteront des défauts, et celles dont les dimensions ne seront pas conformes aux plans et à la spécification.

Pendant un délai de quatre mois, à partir de la réception provi-

soire, M. reste garant des roues et essieux. Il remplacera en conséquence, ou remettra en état, celles qui présenteront des défauts provenant de vices de construction et de mauvaise qualité des matières, l'usure et le laminage des cercles exceptés.

Art. 7. Le prix des paires de roues montées sur leur essieu est fixé à . . . fr. par 100 kilogrammes; dans le cas où, pour devancer les époques de livraisons et à la demande de la Compagnie, le transport serait effectué par terre, le prix serait accru de. . . .

Art. 8. En cas de retard dans la livraison, dont les termes sont fixés à l'art. 5, il sera fait une retenue de 5 fr. par semaine de retard et par paire de roues.

Art. 9. Les contestations qui pourraient s'élever entre la Compagnie et M. au sujet de l'exécution du présent marché seront portées devant le tribunal de commerce de Paris. Jusqu'à l'entière et parfaite exécution du présent marché, tous actes de mise en demeure, toutes assignations ou actes d'appel, même toutes significations de jugements ou autres décisions, offres réelles, etc., seront valablement signifiés au domicile élu à Paris par M. . . . , la Compagnie du chemin de fer du Nord élisant de son côté domicile à Paris, à l'embarcadère, clos Saint-Lazare.

Art. 10. L'enregistrement du présent sera à la charge de celle des parties qui y aura donné lieu.

Fait double à Paris, le.

§ 3. SPÉCIFICATION POUR LA CONSTRUCTION DE GRANDS TOURS A ROUES, COMMANDÉS A M. . . . EN VERTU DU MARCHÉ SIGNÉ LE. . . . 1849.

CONDITIONS GÉNÉRALES.

1° Plateaux et engrenages.

Les plateaux des trois espèces de tours commandés à M. . . . , en vertu du marché signé le. . . . 1849, seront disposés pour

recevoir des manchons qui permettent de saisir à volonté, par leurs collets, les essieux à fusées extérieures.

Ces plateaux seront fondus d'une seule pièce avec les arbres, mais leurs dentures seront en plusieurs segments rapportés sur une couronne *ad hoc* et fixés au moyen de fortes vis dans cette couronne.

Les dimensions des dents seront les mêmes dans les trois tours, ainsi que celle des pignons.

Les modèles des dentures devront être assez parfaits pour qu'il ne soit pas nécessaire de tailler les dents pour les faire engrener rigoureusement d'après les règles de l'art.

Cette condition est non seulement applicable aux dentures des plateaux, mais encore à celles des engrenages intermédiaires.

Les arbres portant les pignons seront de même diamètre dans les trois espèces de tours.

Les deux porte-pointes d'un même tour seront mobiles et devront être arrêtés sur le devant des plateaux par une disposition qui assure une fixité parfaite.

Des appareils pour recevoir la buttée des pointes et régler leur saillie devront être établis sur chaque poupée.

2° Poupées.

La poupée opposée à celle portant le cône de transmission devra pouvoir s'avancer au moyen d'un système analogue à celui employé pour les tours déjà livrés par M. Calla à la Compagnie.

Tous les bronzes des coussinets seront fondus au titre de 20 d'étain pour 80 de cuivre.

3° Porte-outils.

Les patins des chariots porte-outils seront garnis de baguettes en V, pénétrant dans les entailles analogues ménagées dans les bancs. Ces baguettes seront écartées d'environ 0^m,080 d'axe en axe ; elles seront disposées, sur la surface, de manière à laisser autant de vide que de plein.

Les patins seront terminés à leur partie supérieure par un plateau

circulaire de même surface que le plateau de superposition du chariot, tel qu'il est dit au paragraphe suivant.

La base des chariots sera disposée en forme de plateau circulaire, de manière à pouvoir se fixer aux plateaux des patins par des boulons qui assureront l'invariabilité des positions respectives. La partie supérieure des chariots sera établie conformément aux modifications en construction pour les chariots de rechange commandés par la Compagnie pour les tours en activité dans les ateliers de La Chapelle.

Les vis de serrage des outils devront être guidées par des écrous en fer rapportés dans la fonte. Ces vis seront terminées par une partie en acier arrondie et trempée.

Les outils pourront avoir 0^m,050 de côté.

Le rapport entre la vitesse de la courroie sur la poulie du milieu des cônes moteurs et la vitesse devant l'outil sera constant. Ce rapport sera d'environ 25 à 1.

Les cônes moteurs seront tous à 5 diamètres.

Les plans d'exécution seront soumis à l'approbation des ingénieurs en ce qui concerne les dispositions des appareils.

CONDITIONS PARTICULIÈRES.

1^o Grand tour double pour tourner et aléser les bandages des roues de 2^m,40 de diamètre (machines Crampton).

Ce tour sera conforme au dessin annexé au marché, et devra satisfaire à toutes les prescriptions de la présente spécification.

La plaque de fondation sera d'une étendue convenable pour que les poupées ne portent pas à faux lorsqu'on montera en pointes des roues d'arrière des machines Crampton.

La distance entre les plateaux dans leur position la plus écartée sera de 2^m,650, et dans leur position la plus resserrée sera de 2^m100; la hauteur des pointes de 1^m,270.

Les pointes devront pouvoir sortir de 0^m,420.

2° *Moyen tour double pour tourner et aléser les bandages des roues de 1^m,42 de diamètre de roulement.*

Les dispositions générales du tour n° 2 seront conformes à celles du tour n° 1.

La plaque de fondation sera de même longueur que celle du tour pour roues motrices. La largeur sera mise en parfaite harmonie avec les diamètres des roues à tourner.

La distance entre les plateaux dans leur position extrême sera, comme pour le tour précédent, de 2^m,650.

La hauteur des pointes ne devra pas être au-dessous de 0^m,860. Ces pointes pourront sortir de 0^m,420.

3° *Petit tour double pour tourner et aléser les bandages des roues de wagons jusqu'à 1^m,06 de diamètre.*

Les dispositions générales du tour n° 3 seront conformes à celles du tour n° 1.

La distance entre les plateaux, dans leur position extrême, sera de 2^m,22.

Les deux porte-pointes seront mobiles, comme dans les deux tours précédents. Leur diamètre sera au moins de 0^m,080 ; ils devront pouvoir sortir chacun de 0^m,200

La hauteur des pointes sera au moins de 0^m,680.

§ 4. — MARCHÉ POUR LA FOURNITURE DE GRANDS TOURS
A ROUES.

Entre la société anonyme du chemin de fer du Nord, dont le siège est à Paris, à l'embarcadère dudit chemin, clos Saint-Lazare, représentée par MM.
ses administrateurs, d'une part ;
Et M. , demeurant

à rue d n° . . .
d'autre part,

Il a été fait et convenu ce qui suit :

Art. 1^{er}. M. s'engage à construire et établir pour le chemin de fer du Nord, qui accepte, les tours à roues désignés ci-après.

Art. 2. Ces tours seront conformes aux plans et à la spécification annexés au présent marché, et contiendront toutes les améliorations nouvellement introduites par les meilleurs constructeurs, et encore celles auxquelles pourra donner lieu l'étude des machines-outils du même genre en service dans les ateliers de la Compagnie.

Art. 3. Tous les matériaux employés à la construction des tours seront de la meilleure qualité et du premier choix. L'exécution devra être égale, sous tous les rapports, à celle des meilleures machines-outils provenant des ateliers les mieux organisés.

M. s'engage à apporter dans la construction de ces outils tous les perfectionnements non compris dans les plans ou a spécification, qui pourront paraître utiles en cours d'exécution, et il déclare s'en rapporter, sur ce point, à l'équité de M. Clapeyron, conseil de la Compagnie.

La Compagnie pourra, pour s'assurer de la qualité des matériaux et de la bonne exécution des tours, procéder dans les ateliers de M. à toutes les épreuves qui lui paraîtraient nécessaires, et les frais auxquels ces épreuves donneraient lieu seront à la charge de M.

L'entrée des ateliers de construction de M. sera toujours accordée aux agents de la Compagnie chargés de surveiller la fabrication et la construction desdits tours.

Art. 4. La fourniture faisant l'objet du présent marché se composera :

1^o D'un grand tour double n° 1, combiné pour tourner et aléser les bandages des roues de 2^m,10 de diamètre ;

2^o D'un moyen tour double n° 2, pouvant aléser et tourner les

bandages des roues des machines à marchandises et ceux des roues d'avant des machines Crampton ;

3^o De trois tours doubles n^o 3, destinés à tourner et aléser les bandages des roues de wagons, jusqu'à 1^m,06 de diamètre de roulement.

Art. 5. La réception des tours, donnant lieu au paiement du troisième quart du prix mentionné à l'article suivant, sera faite dans les ateliers de la Compagnie, à la Chapelle-Saint-Denis, lorsqu'il aura été constaté que lesdits tours fonctionnent bien.

A cet effet, le constructeur se soumet d'avance à tous les essais qui seront jugés nécessaires pour constater la bonne exécution.

Les frais de transport et de montage dans les ateliers de la Compagnie seront à la charge de M. M.

Le prix des cinq tours faisant l'objet du présent marché est fixé à la somme de *quarante-deux mille francs*. Ce prix comprend, pour le tour n^o 1, la grande lunette portée sur le plan; et pour les cinq tours, les transmissions intermédiaires, les poulies motrices à placer sur l'arbre et quatre tocs traîneurs par tour.

Les poulies à placer sur l'arbre principal de l'atelier seront en deux parties.

Art. 6. Les paiements seront faits :

Un quart à la signature du marché ;

Un quart après la fonte des pièces de moulage ;

Un quart à la livraison ;

Un quart après trois mois de travail, servant de délai de garantie.

Toutes les ruptures qui pourraient avoir lieu dans cet intervalle de temps seront à la charge du constructeur, lorsqu'elles pourront être attribuées à un défaut de qualité ou d'exécution.

Art. 7. Les outils faisant l'objet du présent marché seront livrés à la Compagnie et montés, au plus tard, dans les ateliers de La Chapelle, quatre mois après la signature de ce marché. Il sera fait une retenue de un dixième sur les fournitures qui ne seraient pas faites

dans le délai stipulé, sans qu'il soit besoin de mise en demeure, l'indemnité ci-dessus étant acquise à la Compagnie par la seule échéance du terme.

Art. 8. Les contestations qui pourraient s'élever entre la Compagnie et M. M. . . . au sujet de l'exécution du présent marché seront portées devant le tribunal de commerce de Paris, jusqu'à l'entière et parfaite exécution du présent marché; tous actes de mise en demeure, toutes assignations ou actes d'appel, même toutes significations de jugements ou autres décisions, offres réelles, etc., seront valablement signifiés au domicile élu à . . . par M. ; la Compagnie du chemin de fer du Nord élisant de son côté domicile à Paris, à l'embarcadère, clos Saint-Lazare, son siège actuel.

Art. 9. L'enregistrement du présent sera à la charge de celle des parties qui y aura donné lieu.

Fait double à Paris, le

§ 5. MARCHÉ POUR L'ENTREPRISE DE LA RÉPARATION DES ROUES.

L'entreprise s'applique généralement à tous les travaux de réparation des roues qui entrent dans le matériel de la Compagnie, et comprend toutes les manœuvres nécessaires pour amener les objets à pied-d'œuvre, les reconduire à l'économat, au dépôt ou au montage.

Elle est confiée à la Société *anonyme* des roues, et devra durer un an, à dater du 1^{er} octobre 1848.

Les travaux que l'entreprise renferme peuvent être définis comme suit :

- 1° Construction et pose des bandages ou faux-bandages;
- 2° Entretien et pose des bandages ou faux-bandages;
- 3° Redressage et centrage des essieux en général;
- 4° Tournage et alésage des bandages ou faux-bandages, neufs ou vieux;
- 5° Rafrâichissage des roues montées de tous les systèmes;

6° Pose des rivets de tous genres et de coins d'entre-rayons ;

7° Tôlage des bandages ou faux-bandages ;

8° Calage et décalage des roues ;

9° Frettage des moyeux ;

10° Et enfin , manœuvres générales des roues , sur les voies et dans les ateliers , entre l'économat , le dépôt et les ateliers.

Il pourra être ajouté aux opérations ci-dessus définies certains autres travaux de forge ou de tour , à des prix consentis par la Société.

Les prix concédés par le présent marché aux entrepreneurs , pour la durée de l'entreprise , ne pourront , dans tous les cas , s'appliquer qu'aux travaux qui seront bien et dûment reçus par les contre-maîtres , et constatés , d'ailleurs , par les attachements de la comptabilité.

Les sommes allouées pour travaux exécutés et reçus , comme il vient d'être dit , serviront d'abord à acquitter les salaires de tous les sociétaires , tels qu'ils ressortiront des taux de journée fixés par la Compagnie pour chacun d'eux. Ce qui restera disponible , après ce premier prélèvement , constituera le bénéfice de la Société et sera réparti , par les soins de la comptabilité , entre tous les sociétaires , au prorata des salaires.

Le nombre et la désignation des ouvriers faisant partie de la Société seront réglés , sur la proposition des contre-maîtres , en raison des besoins du service.

La Compagnie conserve , vis-à-vis de tous les membres de la Société , le droit de renvoi pour faute grave , lequel sera prononcé par l'ingénieur de l'atelier , sur la proposition du contre-maître. Le compte de l'ouvrier renvoyé sera réglé jusqu'au jour de son renvoi , conformément aux règles établies ci-dessus.

Les taux des journées pourront être révisés chaque mois , sur la proposition du contre-maître , de manière à ce que ces taux représentent toujours , aussi exactement que possible , le travail et l'intelligence développés par chacun des membres de la Société.

Dans tous les cas où la Compagnie apporterait des perfectionne-

ments dans le système de travail adopté aujourd'hui, ou si elle venait à introduire l'emploi de nouveaux appareils pour la réparation des roues, elle aurait le droit de faire cesser les anciens procédés, et, dès lors, les travaux destinés à les remplacer deviendraient l'objet d'un nouveau traité avec la Société actuelle ou toute autre société.

La série des prix reste fixée comme suit pour la durée de l'entreprise, commençant, ainsi qu'il a été dit plus haut, au 1^{er} octobre 1848 et finissant au 1^{er} octobre 1849.

1. Fabrication des bandages et faux-bandages terminés de forge.

Bandages de roues motrices ou à marchandises.....	}	Refoulage des barres.....	1 f 80	} 11f 70
		Cintrage.....	2 70	
		Soudage par coins.....	7 20	
Bandages de roues de support et de tender.....	}	Refoulage des barres.....	1 80	} 9 90
		Cintrage.....	1 80	
		Soudage par coins.....	6 30	
Bandages de roues de wagons quelconques.....	}	Refoulage des barres.....	1 35	} 7 55
		Cintrage.....	1 35	
		Soudage par coins.....	4 85	
Faux-bandages de roues motrices.....	}	Refoulage et cintrage.....	1 35	} 4 05
		Soudage.....	2 70	
Faux-bandages de toutes autres roues.....	}	Refoulage et cintrage.....	» 90	} 2 70
		Soudage.....	1 80	

2. Arrondissement et dressage sur champ des bandages et faux-bandages.

Bandages de roues.....	}	motrices ou à marchandises.....	2 70
		de support ou tender.....	1 80
		de wagon, tout diamètre.....	1 35
Faux-bandages..	}	pour roues motrices.....	1 35
		pour toutes autres roues.....	» 90

3. Embattage ou désembattage, en neuf ou vieux.

Embattage d'un bandage de roue	}	motrice ou à marchandises.....	2 70
		de support ou tender.....	1 80
		de wagon, tout diamètre.....	1 35
Embattage d'un faux-bandage...	}	de roue motrice à marchandises.....	1 80
		pour toutes autres roues.....	1 35
Désembattage d'un bandage bon pour le service ou à mettre au rebut.			» 90

4. Tôlage des bandages ou faux-bandages.

(Il est bien entendu qu'on emploie du feuillard pour cette opération.)

Tôlage d'une roue.....	}	motrice ou à marchandises.....	2 50
		de support ou tender.....	1 60
		de wagon, tout diamètre.....	1 35

5. *Rétrécissement des faux-bandages.*

(L'opération comprend le désembattage et le réembattage.)

Pour désembattre, rétrécir et embattre un faux-bandage.....	{	de roue motrice ou à marchandises.....	2 ^f 70
		de roue de tender ou support.....	1 80
		de roue de wagon, tout diamètre....	1 35

6. *Frettage des moyeux.*

Opération de tour sur les deux côtés du moyeu, pour toute espèce de roues, pour un moyeu.....	1 35
Construction des frettes, alésages compris, le kilogramme.....	» 35

7. *Redressage et centrage d'essieux.*

Pour redresser un essieu.....	{	de support ou tender.....	2 70
		de wagon, quelle que soit la forme..	1 80
Pour vérifier et revivifier les centres d'un essieu quelconque...	{	de machine, tender ou wagon, sur un tour prenant son mouvement sur la transmission.....	» 35

8. *Alésages.*

Pour aléser un bandage de roue	{	motrice ou de machine à marchandises.....	2 α
		de support de machine ou tender....	1 35
		de wagon, tout diamètre.....	» 90
Pour aléser un moyeu de roue...	{	de machine ou tender.....	1 35
		de wagon.....	1 15

9. *Tournages.*

Pour tourner une paire de bandages neufs-montés.....	{	de roues motrices.....	9 65
		de machines à marchandises.....	7 90
		de support ou tender.....	4 50
		de wagon, tout diamètre.....	3 60
Pour tourner une paire de faux-bandages, neufs ou vieux.....	{	pour roues motrices.....	2 70
		de machines à marchandises.....	2 05
		de support, tender ou wagon.....	1 35

10. *Rafraîchissages.*

Pour rafraîchir une paire de roues.....	{	motrices, quelle que soit l'usure.....	4 95
		de machines à marchandises, id.....	3 85
		de support ou tender, id.....	2 50
		de wagon, quels que soient le diamètre et l'usure.....	1 60

11. Pose de rivets.

Pour la pose d'un rivet quelconque, y compris l'enlevage du vieux rivet, le mandrinage du trou de la fraisure et l'affleurage du rivet neuf.	fr.
Pour le perçage d'un trou, soit dans les bandages, soit dans les rayons, la fraisure comprise, s'il y a lieu.....	» 12
Pour le serrage d'un rivet, s'il est assez bon pour être maintenu.....	» 16
	» 03

12. Pose de contre-poids (1).

Pour poser un contre-poids neuf, en deux parties, avec l'obligation pour les remplacements de dériver les vieux, ajustage et perçage compris, selon les cas.....	2 70
(On distingue des roues à 1, 2 ou 3 contre-poids.)	

13. Coinçage des rayons.

Pour poser un coin en bois, lardé de coins en fer en quantité convenable, y compris l'affleurage.....	» 25
---	------

14. Calage et décalage des roues.

Les clefs seront fournies toutes rabotées, en laissant seulement un léger coup de lime à donner ; mais il pourra être exigé des entrepreneurs des empreintes en bois pour la facilité du rabotage.

Pour décaler une roue.....	{	motrice ou à marchandises.....	2 70
		de support ou tender.....	1 35
		de wagon, quel que soit le système...	1 15
Pour caler une roue.. ..	{	motrice ou de machine à marchandises, l'affleurage des clefs compris.....	4 50
		de support ou tender.....	2 70
		de wagon, quel que soit le système...	1 35
Pour caler et décaler un bouton de manivelle, compris rivage et dérivage, il est accordé :			
		Par bouton calé et rivé.....	3 »
		Par bouton décalé et dérivé.....	2 »

15. Manœuvres des roues.

Pour toutes les manœuvres, soit dans l'intérieur des ateliers, relatives à la réparation des roues, soit au-dehors pour aller chercher lesdites roues sur les voies de l'économat ou les y reconduire après réparation, soit encore pour les placer sur les voies du dépôt ou sur celles de l'atelier de montage (2), il est accordé, par paire de roues réparées, tel qu'il résultera des attachements de la comptabilité.....	» 35
---	------

(1) Les nouveaux contre-poids, calculés d'après la théorie de M. Lechatelier, se paieront 4 fr.

(2) Le chemin approximatif que parcourt dans les ateliers chaque paire de roues montées qui rentre en réparation est de 840^m,00.

§ 6. DEVIS GÉNÉRAL DE L'INSTALLATION LES ROUES.

N ^{OS} D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES OBJETS.	POIDS ou quantités.	PRIX de l'unité.	PRODUITS		OBSERVATIONS.
				partiels.	par parag.	
		kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
	§ 1^{er}. Forges.					
	1^o Maçonneries.					
1	Six cheminées en briques de 9m,25, hauteur au dessus du manteau	»	»	245 94		Y compris le scellement du manteau et des contrefiches, payé 5 fr.
2	Tous les travaux de maçonnerie de quatre forges simples, compris fouille, enduits, carrelage	»	»	540 00		
3	Tous les travaux de maçonnerie de deux forges doubles, compris fouille, carrelage, enduits	»	»	541 00		
4	20m de galerie pour conduites de vent.	»	»	651 00		
	2^o Fontes.					
5	Six manteaux avec contre-fiches et plaques	612 00	0 60	567 20		Toutes les fontes, fers et tôles, pour la construction des forges, ont été livrés, sur les dessins de la Compagnie, par M. Farcot, constructeur à Saint-Ouen près Paris, en vertu d'un marché passé le 18 août 1846.
6	Quatre bâtis de forge simple... 7.6k					
7	Deux bâtis de forge double..... 550	1286 00	0 60	771 60		
8	Quatre prises de vent pour forges simples, avec tuyères et registr.... 215k					
9	Deux prises de vent pour forges doubles, avec tuyères et regist. 265	478 00	0 60	286 80		
	3^o Fers.					
10	Huit garnitures de foyer en fer feuillard pour forges doubles et simples, compris tous les boulons, manettes de manœuvres des valves, etc.....	275 00	1 05	288 75		
	4^o Tôles.					
11	Quatre hottes pour forges simples 1208k					Les outils spéciaux des forges, excepté les enclumes ordinaires, ont été construits dans les ateliers de la Compagnie.
12	Deux hottes pour forges doubles 880	2088 00	1 175	2124 54		
13	Quatre baquets à refroidir les outils...	260 00	1 175	264 52		
	5^o Outillage spécial des Forges.					
14	Deux grues-potences à refouler, avec crémaillères, chaînes, galets et nervur. extér. } Fer 414k } } Fonte 256 }	650 00	0 80	520 00		
15	Deux grues-potences à souder, avec chaînes, poulies, anse et contre-poids..... } Fer 605 } } Fonte 1,046 }	4649 00	0 80	4319 20		
16	Deux marteaux à refouler les bandages. { Fer..... } { Fonte..... } { Bois..... }	188 00 45 00 0 959	0 26 1 40 80 00	48 88 60 20 75 12		
17	Deux enclumes spéciales à souder les bandages	672 00	0 26	174 72		
18	Deux enclumes ordinaires	550 00	1 50	689 00		
19	Huit râteliers en fer pour ranger les outils.....	168 00	0 80	134 40		
	<i>A reporter</i>			8672 87	»	

Nos D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES OBJETS.	POIDS ou quantités.	PRIX de l'unité.	PRODUITS		OBSERVATIONS.
				pariels.	parparagr.	
				fr. c.	fr. c.	
	<i>Report</i>	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
		8672 87		
20	Vingt-cinq marteaux à devant ou à main..... 228k	420 00	1 50	650 00		
21	Tranches et chasses diverses.... 192				9502 87	
	§ 2. Fours.					
	<i>1^o Maçonneries.</i>					
22	Maçonnerie de trois fours (25.600 briq.).	»	»	3764 00		Ces prix de maçonnerie des fours nous ont été communiqués par M. Polonceau, entrepreneur de la traction des chemins de fer d'Orléans et du Centre, comme étant le prix de revient de fours qu'il vient de faire construire sur notre système dans les ateliers d'Ivry.
23	Cheminée commune (15,500 briques)..	»	»	1618 00		
24	Conduites de fumée (10 mètres courants environ).....	»	»	480 00		
	<i>2^o Armatures.</i>					
25	Fontes : Four en long..... 4,490k					Les armatures des fours et le gros outillage ont été fournis par M. Calla, constructeur à Paris, en vertu d'un marché passé le 16 février 1847.
	— Grand four circulaire. 159	4768 00	0 55	2622 40		
	— Petit four circulaire.. 159					
26	Fers : Four en long 1,100					
	— Grand four circulaire.. 1,030	2915 00	1 35	3945 25		
	— Petit four circulaire.... 785					
	<i>3^o Gros Outillage spécial des Fours.</i>					
27	Deux grues de travail, avec chaînes de levage et chaînes additionnelles.....	4750 00	1 50	5149 00		Une seule grue de travail, au chemin de fer d'Orléans, construite en bois, fonte et fer, a coûté 2,295 fr. 59 c. La grue des calottes, également en bois, fonte et fer, que vient de faire construire M. Polonceau, a coûté 1,525 fr. 85 c.
	Fer 1,786k					
	Fonte 2,944					
28	Une grue pour le service des calottes, avec chaînes, etc....	2405 00	1 50	5126 50		
	Fer 106					
	Fonte 2,991					
	Bronze 8					
29	Deux plateaux à cintrer et arrondir complets, moins les segments.....	3567 00	0 65	2188 55		
	Fer 414					
	Fonte 2,918					
	Bronze 55					
30	Quatre garnitures de segments en fonte de 1 ^m ,68, 1 ^m ,20, 1 ^m et 0 ^m ,91.....	5689 00	0 65	1747 85		
31	Deux cuves à refroidir avec plateaux d'emballage formant couvercles..	2165 00	1 35	2920 05		
	Fontes 1,988k					
	Fers et tôle. 1,175					
	<i>4^o Petit Outillage.</i>					
32	Griffes de différentes formes pour la manœuvre des baudages.....	288 00	0 80	250 40		Le petit outillage a été construit dans les ateliers de la Compagnie.
33	Crochets de manœuvres des chaînes....	122 00	0 80	97 60		
34	Dix marteaux à devant.....	112 00	1 50	168 00		
	§ 3. Tours.					
	<i>1^o Tours proprement dits.</i>					
35	Deux grands tours doubles pour les roues motrices et roues de machines à marchandises.....	27750 00	14000 00	28000 00	28057 60	Tous les tours à roues, les machines à percer radiales, la presse hydraulique et la grue pour manœuvrer les roues motrices ont été fournis par M. Calla, en vertu d'un marché signé le 8 janvier 1846.
	Fonte 25,160k					
	Fer 2,400					
	Bronze 180					
	Acier 50					
	<i>A reporter</i>			28000 00	37500 47	

Nos D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES OBJETS.	POIDS ou quantités.	PRIX de l'unité.	PRODUITS		OBSERVATIONS.								
				partiels.	par parag.									
		kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.									
	<i>Report</i>	28000 00	37360 47									
56	Trois grands tours doubles pour les roues de support et de tender.....	<table border="0"> <tr><td>Fonte</td><td>28,680^k</td></tr> <tr><td>Fer</td><td>2,510</td></tr> <tr><td>Bronze</td><td>240</td></tr> <tr><td>Acier</td><td>45</td></tr> </table>	Fonte	28,680 ^k	Fer	2,510	Bronze	240	Acier	45	31475 00	12000 00	56000 00	Les prix du marché comprennent, avec les tours proprement dits, leurs transmissions intermédiaires composés comme suit :
Fonte	28,680 ^k													
Fer	2,510													
Bronze	240													
Acier	45													
57	Six tours doubles pour les roues de wagons.	<table border="0"> <tr><td>Fonte</td><td>48,780^k</td></tr> <tr><td>Fer</td><td>3,900</td></tr> <tr><td>Bronze</td><td>240</td></tr> <tr><td>Acier</td><td>90</td></tr> </table>	Fonte	48,780 ^k	Fer	3,900	Bronze	240	Acier	90	55010 00	10000 00	60000 00	
Fonte	48,780 ^k													
Fer	3,900													
Bronze	240													
Acier	90													
58	Un tour additionn. pour tourner les fusées des essieux montés, et aléser les roues non montées.....	<table border="0"> <tr><td>Fonte</td><td>3,155</td></tr> <tr><td>Fer</td><td>145</td></tr> <tr><td>Bronze</td><td>22</td></tr> <tr><td>Acier</td><td>8</td></tr> </table>	Fonte	3,155	Fer	145	Bronze	22	Acier	8	3550 00	6000 00	6000 00	<p>1^o Transmission pour un tour à roues motrices ou à roues de support et tenders.</p> <p>Fonte 268,00 } Fer 72,00 } 545 k. 40 Bronze 5,40 }</p> <p>2^o Transmission pour un tour à roues de wagons.</p> <p>Fonte 230,00 } Fer 72,00 } 525 k. 40 Bronze 5,40 }</p> <p>3^o Transmission pour un tour additionnel ou une machine à percer radiale.</p> <p>Fonte 240,00 } Fer 27,00 } 268 k. 00 Brouze 1,00 }</p>
Fonte	3,155													
Fer	145													
Bronze	22													
Acier	8													
	2^o Outils des Tours.													
59	Une grue pour manœuvrer les roues motr.	<table border="0"> <tr><td>Fonte</td><td>1,472^k</td></tr> <tr><td>Fer</td><td>895</td></tr> </table>	Fonte	1,472 ^k	Fer	895	2565 00	1 25	2956 25					
Fonte	1,472 ^k													
Fer	895													
40	Tocs traîneurs.....	<table border="0"> <tr><td>Fonte</td><td>2,208</td></tr> <tr><td>Fer</td><td>455</td></tr> </table>	Fonte	2,208	Fer	455	2645 00	1 00	2645 00					
Fonte	2,208													
Fer	455													
41	Quatre cries verrins pour la manœuvre des roues dans les ateliers.....		97 00	2 00	194 00									
42	Appareils à élever en pointe les roues à fusées intérieures.....		83 00	0 80	66 40									
43	Appareils à élever en pointe les roues à fusées extérieures.....		155 00	0 80	92 00									
44	Crochets de tourneurs et planes.....		420 00	5 55	1491 00									
45	Calibres et profils.....		78 00	4 00	512 00									
46	Clefs diverses.....		115 00	4 00	460 00									
47	Etoiles.....		75 00	4 00	500 00									
	§ 4. Machines à percer.				158314 65									
48	Deux machines à percer radiales.....	<table border="0"> <tr><td>Fonte</td><td>1,684^k</td></tr> <tr><td>Fer</td><td>170</td></tr> <tr><td>Bronze</td><td>18</td></tr> </table>	Fonte	1,684 ^k	Fer	170	Bronze	18	1872 00	6000 00	12000 00	12000 00		
Fonte	1,684 ^k													
Fer	170													
Bronze	18													
	§ 5. Presse hydraulique.													
49	Presse proprement dite sans son installation, qui n'est point encore exécutée.....	<table border="0"> <tr><td>Fer</td><td>542^k</td></tr> <tr><td>Fonte</td><td>1,860</td></tr> <tr><td>Bronze</td><td>59</td></tr> </table>	Fer	542 ^k	Fonte	1,860	Bronze	59	2241 00	0 90	2016 90	2016 90		
Fer	542 ^k													
Fonte	1,860													
Bronze	59													
	§ 6. Bascule.													
50	Bascule de la force de 4,000 kil., toute montée en place.....		»	700 00	700 00	700 00								
	§ 7. Bureau du comptable.....		»	»	600 00	600 00								
	§ 8. Cinq nouveaux tours en construction.....		»	»	»	42000 00								
	TOTAL GÉNÉRAL.....					255392 02								

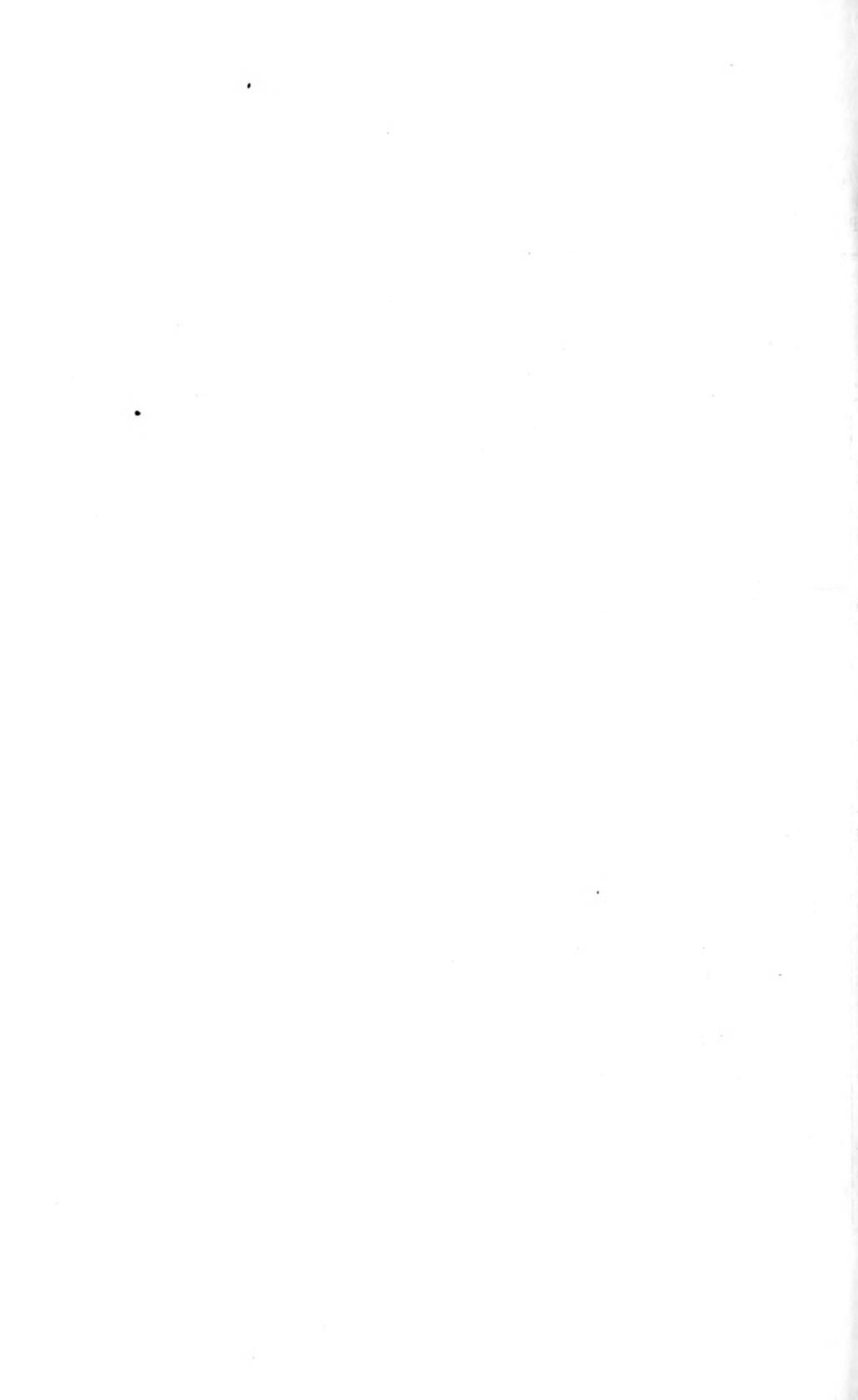
Ces cinq nouveaux tours sont construits chez M. Calla, suivant spécification et marché, pages 104 à 110.

N ^o d'ordre	DESIGNATION DES DIVERSES ESPÈCES DE ROUES MONTÉES.	ROUES MONTÉES MOTRICES.		
		Quantités	Poids.	Prix Valeur.
	1^o Machines à voyageurs.			
	Roues montées pour machines et tenders de l'ancien matériel de l'Etat :		kil.	f. c. fr.
1	Moyeux en fonte et rayons en fer forgé.....	18	34,580 00	1 50 51,570
	Roues montées pour machines et tenders, système de M. Clapryon :			
2	Moyeux en fonte et rayons fer à T, avec faux-bandages.....	43	95,869 00	1 50 122,029
5	Moyeux en fonte et rayons en fer forgé.....	6	43,440 00	1 50 20,160
	Roues montées pour machines à bielles à fourches :			
4	Moyeux en fonte et rayons en fer à T, sans faux-bandages....	82	201,296 00	1 50 261,684
5	Moyeux en fonte et rayons en fer forgé.....	43	38,340 00	1 50 57,510
	Roues montées pour machines grande vitesse, système de M. Crampton :			
6	Moyeux et rayons en fer forgé.....	14	42,650 00	2 75 117,232
	2^o Machines à marchandises.			
	Roues montées pour machines bielles à fourche à cylindres extérieurs :			
7	Moyeux en fonte et rayons en fer à T, sans faux-bandages....	82	150,506 00	1 50 195,597
	Roues montées pour machines à cylindres intérieurs :			
8	Moyeux en fonte à rayons en fer à T, avec faux-bandages....	12	25,464 00	1 75 44,562
	3^o Machines de gare.			
9	Roues montées, moyeux en fonte, rayons en fer à T, sans faux-bandages.....	2	2,550 00	1 50 3,515
	4^o Tendres.			
10	Roues montées pour moyeux en fonte, rayons en fer à T, sans faux-bandages.....	»	»	»
11	Roues montées avec moyeux en fonte, rayons en fer forgé....	»	»	»
12	Roues montées pour tenders grande vitesse, moyeux et rayons en fer forgé.....	»	»	»
13	Roues montées pour tenders à marchandises, cylindres intérieurs, moyeux en fonte, rayons en fer à T, avec faux-bandages.....	»	»	»
	5^o Voitures et wagons.			
14	Roues montées avec moyeux en fonte, rayons en fer méplat et faux-bandages.....	»	»	»

5 ROUES MONTÉES

composant le matériel roulant de la Compagnie.

ROUES MONTÉES DE SUPPORT.			RÉCAPITULATION.		NOMBRE et DÉSIGNATION des véhicules.	OBSERVATIONS.
Poids.	Prix	Valeur.	Poids.	Valeur.		
kil.	f. c.	fr. c.	kil.	fr. c.		
69,262 50	1 50	103,895 75	105,642 50	157,465 75	16 machines et 16 tenders.	
172,744 00	1 30	224,567 20	266,615 00	346,596 90	54 machines et 54 tenders.	
14,504 00	1 50	21,436 »	27,744 00	41,616 »		
219,666 00	1 30	285,565 80	420,962 00	547,250 60	61 machines	Au fur et à mesure que les roues de ces machines reu- trent en réparation, on leur applique des faux-cercles de 0,03 sur les roues motrices, et de 0,02 sur les roues de support.
51,850 00	1 50	47,745 »	70,170 00	105,255 »		
46,492 00	2 35	109,256 20	89,122 00	226,488 70	12 machines	
267,894 00	1 30	348,262 20	418,200 00	545,660 »	64 machines	
45,864 00	1 15	52,745 60	71,528 00	97,505 60	10 machines	
4,500 00	1 30	5,590 »	6,850 00	8,905 »	2 machines	Ces machines portent leur tender.
285,528 00	1 30	568,526 40	285,528 00	568,526 40	125 tenders	Les roues de ces tenders reçoivent des faux-bandages de 0,03 chaque fois qu'elles entrent en grande réparation.
54,060 00	1 30	70,278 »	54,060 00	70,278 »		
48,600 00	2 35	114,210 »	48,600 00	114,210 »	12 id.	
26,400 00	1 15	50,560 »	26,400 00	50,560 »	10 id.	
4,485,000 00	1 »	4,485,000 »	4,485,000 00	4,485,000 »	470 voitures à voyageurs. 2686 wagons de toutes espèces.	
TOTAUX.....			6,372,019 50	7,140,715 95		



MÉMOIRE N° XII.

Calculs sur la puissance de vaporisation et de traction de machines locomotives fonctionnant sur divers chemins de fer,

PAR M. HENRY MATHIEU.

Nous donnons ci-joint un tableau de la puissance de plusieurs systèmes de machines locomotives employées sur les chemins de fer. Si les chiffres auxquels nous sommes arrivés ne sont pas absolus, ils sont comparatifs, et en cela ils offrent un certain intérêt.

Notre travail a été divisé en deux parties : 1° *Vaporisation* ; 2° *Traction*. Dans la première partie, nous avons fait entrer tous les éléments de la vaporisation, directs et indirects, les uns comme utiles, les autres comme renseignements.

Nous avons, d'une part, cherché la vaporisation produite par le générateur, de l'autre la consommation de vapeur par les cylindres. Le rapport entre ces deux quantités nous a donné une colonne qui doit fixer l'attention. C'est en effet sur les résultats inscrits dans cette colonne qu'on peut étudier l'avantage des systèmes à détente fixe et à détente variable, la possibilité ou la nécessité, suivant que la consommation tend à excéder ou à égaler la production, et dans le cas encore où elle est inférieure, de faire subir aux cylindres course, détente, etc., des modifications utiles.

Et pour citer un exemple, nous ferons remarquer que les machines à marchandises du Nord ne pourraient pas fournir constamment la quantité de vapeur qu'elles consommeraient si on se servait de la détente à coulisse. La même observation s'applique à la machine l'*Antée* et à la machine l'*Hercule*. L'expérience confirme ces résultats.

Toutes les colonnes de cette première partie étant la somme ou le produit les unes des autres, ne doivent offrir aucune difficulté.

Dans la deuxième partie se trouvent les éléments de la traction, comprenant : le poids des machines, du tender, l'appréciation du travail moteur, du travail résistant, enfin le travail utile et le travail effectif.

Le travail moteur se calcule très simplement par la pression sur les cylindres, la course, la détente, la vitesse des trains, etc.

Quant au travail résistant, nous nous sommes servi, pour le déterminer, d'une formule $R = a + bu^2$ (1), dans laquelle R est la résistance, sur niveau au pourtour de la roue motrice et par tonne de poids transporté. Pour avoir toutes les résistances, celle de la machine, celle du tender et celle des wagons, on compose cette formule comme suit :

Pour locomotives $R = (a + bu^2 + 3^k)$ L tonnes poids de la locomotive,

Pour le tender $R = (a + bu^2 + 4^k)$ T tonnes poids du tender,

Pour les wagons $R = (a + bu^2)$ W tonnes de wagons.

Ces formules sont relatives aux résistances sur niveau. Pour le cas de rampes, on ajoute à la formule de résistance 1 kilogramme par millimètre de rampe et par tonne, et les formules précédentes deviennent l'exemple que nous avons pris d'une rampe de 5^{mm}.

Pour locomotives $R = (a + bu^2 + 8)$ L^t

Pour tender $R = (a + bu^2 + 6)$ T^t

Pour wagons $R = (a + bu^2 + 5)$ W^t

Des forces résistantes on passe facilement au travail résistant, en multipliant les chiffres qui les expriment par la vitesse à la circonférence des roues motrices.

(1) Dans cette formule $a = 4^k$, 21, et représente la résistance du frottement de 1 tonne, indépendamment de la vitesse du mouvement; le terme bu^2 est l'expression de la résistance de l'air par tonne transportée et pour laquelle b a été trouvé égal en moyenne à 0,0317, u représentant la vitesse du train par seconde rapportée au pourtour de la roue motrice.

Le travail utile s'obtient ensuite en retranchant du travail moteur le travail résistant de la locomotive et du tender ; puis le nombre de tonnes transportables se trouve en divisant cette différence par le travail résistant de une tonne sur rampe de 5^{mm}.

C'est de cette manière qu'on obtient la première colonne de la division indiquée *Effet utile*. La deuxième est la conséquence de la première. Enfin, les deux dernières colonnes sont, l'une l'expression de la *Puissance effective*, donnée par l'adhérence ou fraction du poids sur les roues motrices ; l'autre est le rapport entre cette puissance effective et la puissance utile. En l'examinant, on voit que plusieurs machines ne seraient pas capables de traîner sur rampes de 5^{mm} la charge qu'indique la puissance sur les pistons, leur course et leur vitesse, parce que ces machines ne sont pas assez pesantes. Et pour citer aussi un exemple, nous dirons que les machines *Taylor* et *Médée*, pour lesquelles le rapport entre la puissance utile et la puissance effective est 0.91 et 0.98 ; que ces machines, bonnes pour le service de Saint-Germain, où il n'y a que des rampes de 0^m.001, sont insuffisantes pour le chemin de Versailles, où les rampes sont de 0^m.005.

De là on voit la liaison qui doit exister entre le poids des machines et leur puissance de traction par les organes mécaniques, suivant le service qu'elles ont à faire.

(Voir les tableaux ci-après.)

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS		GRILLE.			SURFACE DE CHAUFFE.						Prod de va Par m/2 et par heure. ve au centimètre.	
	du Constructeur	de la Machine	Longueur.	Largeur.	Surface.	Nombre de tubes.	Longueur des tubes.	Diamètre intérieur.	Surface des tubes.	Surface réduite des tubes.	Surface directe.		Surface totale réduite.
			m.	m.	m ²		m.	m.	m ²	m ²	m ²	m ²	k.
1	Taylor. . . .	Taylor. . . .	0.618	1.038	0.633	107	2.450	0.0370	50.50	10.16	4.450	14.510	120
2	Haighfoundry.	Médéc.	0.705	1.065	0.755	121	2.450	0.0410	58.50	12.76	4.655	17.415	120
3	Cavé.	Gauloise. . . .	0.975	1.110	1.082	99	2.600	0.0500	40.40	15.46	6.194	19.634	120
4	Sharps.	Vésuve	1.020	1.085	1.102	162	2.550	0.0400	52.00	17.55	6.028	25.558	120
5	Stephenson. . .	Vesta	1.000	1.050	1.050	111	2.540	0.0520	45.97	15.52	6.140	21.460	120
6	Creuzot. . . .	La Flèche. . . .	0.920	1.170	1.080	115	2.690	0.0450	45.50	14.50	6.585	21.085	120
7	Id.	Gironde.	0.920	1.070	0.984	115	2.690	0.0450	45.70	14.80	6.585	21.085	140
8	Rothwell	Vulcain.	0.840	1.065	0.900	109	2.620	0.0500	44.75	14.90	5.150	20.060	120
9	Jackson.	Versailles. . . .	0.887	1.108	0.978	155	2.560	0.0450	54.00	18.00	5.580	25.580	120
10	Hick.	Étoile.	1.015	1.070	1.086	108	2.560	0.0460	56.82	12.17	6.210	18.580	120
11	Ce S.-Germain	Hercule.	0.920	1.170	1.080	115	2.850	0.0450	65.20	21.06	6.585	27.640	120
12	Id.	Antée.	1.000	0.960	0.960	120	4.115	0.0475	75.80	24.60	5.895	50.495	120
13	Derosne. . . .	Nord (voyag.) . .	0.925	0.914	0.850	125	5.800	0.0450	66.50	22.16	5.012	27.170	120
14	Id.	Id. (march.) . . .	0.925	0.914	0.850	125	5.800	0.0450	66.50	22.16	5.012	27.170	120
15	Id.	Lyon (voyag.) . .	1.000	0.900	0.900	145	5.557	0.0460	74.97	24.99	6.470	51.460	120
16	Gouin.	Id. (mixte)	1.150	0.900	1.550	154	5.462	0.0480	80.45	26.82	7.055	55.850	120
17	Crampton. . . .	Nord (gr. vit.) . .	1.570	1.065	1.450	178	5.670	0.0460	95.88	51.29	9.650	40.920	140
18	Buddicom. . . .	Orléans à B. . . .	1.040	0.066	1.108	145	2.867	0.0450	58.87	19.62	5.620	25.240	120
19	Id.	Havre (march.) . .	»	»	»	162	»	0.0450	60.65	50.51	6.000	56.510	120
20	Rothwell	Cyclope.	0.840	1.065	0.900	109	2.620	0.0500	44.75	14.90	5.150	20.060	120
21	Sharps.	Sphinx	1.020	1.085	1.102	162	2.550	0.0400	52.00	17.55	6.028	25.558	120
22	Cavé.	Chartres.	1.000	0.950	0.950	145	5.945	0.0440	87.29	29.10	5.255	54.555	120
23	Id.	Strasbourg	1.250	0.914	1.114	151	5.000	0.0440	65.69	21.86	7.050	28.910	120

N. B. Les machines de 1 à 12 et 20 et 21 appartiennent

- Id. de 13, 14, 17 id.
- Id. de 15, 16. id.
- Id. de 18. id.
- Id. de 19. id.
- Id. de 22. id.
- Id. de 23. id.

VITESSE DES TRAINS, CONSOMMATION DE VAPEUR.

Diamètre des cylindres.	Course.	Volume d'une cylindrée.	Débite fixe ou rapport de la fraction de la course à pleine vapeur à la course totale.	Volume réel d'une cylindrée.	Diamètre des roues motrices.	Vitesse du train par heure.	Vitesse du train par seconde à la jante des roues motrices.	Vitesse de la manivelle.	Nombre total de coups de piston par minute.	Volume de vapeur consommé par minute.	Volume consommé par heure.	Poids du m ³ de vapeur à quatre atmosphères effectives.	Poids du volume de vapeur consommé par heure.	Rapport entre la production et la consommation.
m.	m.	m ³	m.	m ³	m.	kil.	m.	m.		m ³	m ³	kil.	kil.	
0.330	0.406	0.0592	0.580	0.0228	1.690	40	11.11	2.675	502	11.44	683	2.1	1.442	1.190
0.330	0.406	0.0592	0.663	0.0262	1.690	40	11.11	2.675	502	15.45	789	2.1	1.657	1.220
0.330	0.490	0.0420	0.680	0.0285	1.690	40	11.11	5.220	502	14.50	858	2.1	1.802	1.500
0.350	0.460	0.0595	0.650	0.0250	1.690	40	11.11	5.020	502	12.54	735	2.1	1.581	1.770
0.320	0.450	0.0565	0.650	0.0257	1.690	40	11.11	2.950	502	11.90	714	2.1	1.428	1.800
0.380	0.460	0.0504	0.580	0.0284	1.690	40	11.11	5.020	502	14.25	855	2.1	1.795	1.410
0.380	0.460	0.0504	0.730	0.0378	1.400	40	11.11	5.650	606	22.90	1.574	2.1	2.885	1.020
0.380	0.452	0.0409	0.663	0.0525	1.690	40	11.11	2.830	502	16.51	978	2.1	2.054	1.170
0.350	0.460	0.0595	0.660	0.0261	1.690	40	11.11	5.020	502	15.10	787	2.1	1.652	1.690
0.350	0.460	0.0565	0.650	0.0257	1.690	40	11.11	5.020	502	11.90	714	2.1	1.499	1.470
0.380	0.600	0.0678	0.795	0.0540	1.200	25	7.95	5.975	506	27.52	1.639	2.0	5.442	0.784
0.450	0.700	0.1115	0.695	0.0735	1.200	25	7.95	4.650	506	37.41	2.227	2.1	4.676	0.782
0.380	0.560	0.0645	0.795	0.0507	1.680	40	11.11	5.705	505	25.60	1.556	2.1	5.225	1.010
0.380	0.610	0.0690	0.795	0.0550	1.220	25	7.95	5.975	510	28.05	1.685	2.1	5.554	0.924
0.380	0.600	0.0680	0.795	0.0540	1.800	40	11.11	5.705	472	25.50	1.550	2.1	5.215	1.170
0.400	0.640	0.0805	0.795	0.0645	1.600	50	9.55	5.820	436	29.50	1.770	2.1	5.717	1.090
0.406	0.560	0.0750	0.795	0.0580	2.100	60	19.15	5.100	596	54.70	2.085	2.1	4.575	1.310
0.335	0.558	0.0535	0.650	0.0560	1.664	40	11.11	5.720	509	18.52	1.099	2.1	2.508	1.510
0.594	0.610	0.0744	0.650	0.0485	1.540	50	9.55	5.790	474	22.92	1.575	2.1	2.887	1.509
0.340	0.452	0.0392	0.663	0.0261	1.690	40	11.11	2.800	502	15.80	786	2.1	1.651	1.450
0.350	0.460	0.0595	0.668	0.0268	1.690	40	11.11	5.020	502	15.45	807	2.1	1.695	1.650
0.380	0.560	0.0655	0.800	0.0508	1.600	40	11.11	5.888	557	26.92	1.615	2.1	5.591	1.220
0.360	0.560	0.0564	0.800	0.0451	1.800	40	11.11	5.456	471	21.24	1.274	2.1	2.676	1.296

- lignes de Saint-Germain et de Versailles (rive droite).
- ligne du Nord.
- ligne de Lyon.
- ligne d'Orléans à Bordeaux.
- ligne du Havre.
- ligne de Chartres.
- ligne de Paris à Strasbourg.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS		POIDS		ADHÉRENCE.			TRAV.			
	du Constructeur	de la Machine.	du tender chargé.	de la locomotive chargée.	Charge sur les roues motrices.	Rapport de l'adhérence au poids sur roues motrices.	Adhérence.	Surface des pistons.	Pression effective à quatre atmosphères.	Détente fixe ou rapp. de la fraction de la course à pleine vapeur à la course totale.	Fraction de la course
			t.	t.	k.		k.	m/2		m.	m.
1	Tayleur . . .	Tayleur . . .	6	13	3.830	8 1	752	0.0963	7.979	0.580	0.22
2	Haighfoundry	Médée . . .	6	13	6.750		856	0.0963	7.979	0.665	0.27
3	Cavé	Gauloise . . .	8	16	7.200		900	0.0835	7.069	0.680	0.52
4	Sharps	Vésuve	8	16	7.200		900	0.0835	7.069	0.650	0.22
5	Stephenson . .	Vesta	8	16	7.200		900	0.0804	6.642	0.650	0.22
6	Creuzot	La Flèche . . .	8	17	7.630		956	0.1153	9.584	0.580	0.20
7	Id.	Gironde	8	18	15.000	4 R coup	1.625	0.1153	9.584	0.750	0.52
8	Rothwell	Vulcain	8	16	7.200		900	0.1153	9.584	0.665	0.22
9	Jackson	Versailles . . .	8	16	7.200		900	0.0835	7.069	0.660	0.50
10	Hick	Étoile	8	16	7.200		900	0.0835	7.069	0.650	0.50
11	C ^e S. Germain	Hercule	8	22	22.000	6 R C	2.750	0.1153	9.584	0.795	0.47
12	Id.	Antée	8	25	23.000	6 R C	5.125	0.1390	15.046	0.695	0.42
13	Derosne	Nord (voyag.)	9.5	22	9.875		1.234	0.1153	9.584	0.795	0.42
14	Id.	Id. (march.)	9.5	22.5	22.500	6 R C	2.812	0.1153	9.584	0.795	0.42
15	Id.	Lyon (voyag.)	16	25	11.250		1.406	0.1153	9.584	0.795	0.47
16	Gouin	Id. (mixte)	16	25.5	19.000	4 R C	2.575	0.1260	10.417	0.795	0.5
17	Crampton	Nord (gr vil.)	10	26	11.700		1.170	0.1295	10.702	0.795	0.4
18	Buddicom	Orléans à B. . .	9	19	8.550		1.068	0.0990	8.185	0.650	0.50
19	Id.	Havre (marc.)	»	»	»	6 R C	»	0.1220	10.087	0.650	0.5
20	Rothwell	Cyclope	8	16	7.200		900	0.0908	7.505	0.665	0.2
21	Sharps	Sphinx	8	16	7.200		900	0.0835	7.069	0.668	0.52
22	Cavé	Chartres	10	25	18.000	4 R C	2.250	0.1153	6.584	0.800	0.4
23	Id.	Strasbourg . . .	10	22	9.875		1.234	0.1008	8.530	0.800	0.4

N. B. Les machines de 1 à 12 et 20 et 21 appartiennent

- Id. de 13, 14, 17. id.
- Id. de 15, 16. id.
- Id. de 18. id.
- Id. de 19. id.
- Id. de 22. id.
- Id. de 23. id.

EUR.			TRAVAIL RÉSISTANT.								EFFET UTILE.		PUISSANCE EFFECTIVE	
Travail unitaire de pleine vapeur et détente.	Travail total des pistons.	Travail moteur par tour de roue.	Résistance de la locomotive au pourtour des roues motrices sur rampe de 5 millim.	Résistance du tender au pourtour des roues motrices sur rampe de 5 millim.	Somme des résistances du tender et de la locomotive sur rampe de 5 millim.	Travail résistant du tender et de la locomot. par tour de roue sur rampe de 5 millim.	Différence entre le travail moteur et le travail résistant d. la locomotive et du tender.	Résistance par tonne transportable au pourtour des roues motrices sur rampe de 5 millim.	Travail résistant par tonne transportable et par tour de roue sur rampe de 5 millim.	Effort disponible ou nombre de tonnes transport. sur rampes de 5 millim.	Quantité de wagons de 6 tonnes transportables sur rampe de 5 millim.	Effort à la jante de la roue motrice.	Rapport entre l'adhérence et l'effort à la jante de la roue motrice	
km	km.	km.	k.	k.	k.	km.	m.	k	m.	t.	w.	k.		
1.5447	2.908	5.816	210	84.66	204.66	1.560	4.256	15.11	69.41	61.50	10.20	801.5	0.915	
1.4085	5.185	6.570	245	84.66	527.66	1.735	4.655	15.11	69.41	66.80	11.15	878.8	0.976	
1.5855	5.270	6.540	257	112.88	569.88	1.947	4.595	15.11	69.41	66.20	11.05	868.9	1.040	
1.4620	2.656	5.512	257	112.88	569.88	1.947	5.565	15.11	69.41	48.50	8.08	652.5	1.580	
1.4507	2.774	5.548	257	112.88	569.88	1.947	5.601	15.11	69.41	57.10	9.52	750.1	1.200	
1.5447	5.879	7.758	275	112.88	585.88	2.009	5.749	15.11	69.41	82.96	15.82	1087.6	0.878	
1.2877	4.166	8.352	290	104.88	594.88	1.756	6.596	15.11	57.65	114.40	19.06	1440.7	1.115	
1.4080	5.810	7.620	257	112.88	569.88	1.947	5.675	15.11	69.41	81.75	15.62	1068.5	0.840	
1.4507	5.015	6.050	257	112.88	569.88	1.947	4.085	15.11	69.41	57.52	9.60	769.0	1.170	
1.4507	5.055	6.066	257	112.88	569.88	1.947	4.119	15.11	69.41	59.54	9.89	775.7	1.160	
1.2295	5.505	11.010	511	96.88	407.88	1.559	9.471	11.00	41.52	228.10	58.01	2512.2	1.480	
1.5642	6.555	12.706	352	96.88	448.88	1.695	11.015	11.00	41.52	205.20	44.20	2921.2	1.070	
1.2294	5.156	10.512	555	154.04	489.04	2.588	7.724	15.11	69.41	111.28	18.54	1458.8	0.850	
1.2294	5.618	11.256	517	105.04	422.04	1.475	9.761	11.00	42.29	250.80	58.46	2558.7	1.107	
1.2294	5.505	11.010	405	225.76	628.76	3.537	7.455	15.00	74.40	100.17	16.69	1518.1	1.070	
1.2294	6.498	12.996	385	209.76	594.76	2.984	10.012	12.11	60.85	164.55	24.09	1916.6	1.250	
1.2294	5.880	11.760	546	190.00	756.00	4.857	6.875	18.00	118.72	57.90	9.81	1042.1	1.120	
1.4507	4.255	8.506	507	126.99	455.99	2.285	6.225	15.11	68.95	90.28	15.04	1190.4	0.900	
1.4507	4.004	8.008	»	117.99	»	»	»	12.11	58.70	»	»	»	»	
1.4080	5.025	6.050	257	112.88	569.88	1.947	4.105	15.11	69.41	57.67	9.60	772.6	1.165	
1.4100	5.060	6.120	257	112.88	569.88	1.947	4.175	15.11	69.41	60.12	10.02	789.0	1.140	
2.2251	5.742	11.484	371	141.12	512.12	2.575	7.709	15.11	65.89	116.99	19.50	1545.2	1.449	
1.2251	4.562	9.124	554	141.12	495.12	2.895	6.229	15.11	74.45	85.70	15.95	1111.6	1.110	

lignes de Saint-Germain et de Versailles (rive droite).

la ligne du Nord.

la ligne de Lyon.

la ligne d'Orléans à Bordeaux.

la ligne du Havre.

la ligne de Chartres.

la ligne de Paris à Strasbourg.



MEMOIRE N° XIII.

Note sur un nouvel emploi du platine dans la peinture sur porcelaine,

PAR M. SALVÉTAT,

Chimiste de la manufacture nationale de Sèvres.

Dans une note sur un jaune pour peindre sur porcelaine [*Annales de chimie et de physique*, 3^e série, tome XV, page 120 (1)], je faisais pressentir que la chimie pourrait faire découvrir quelques composés fixes capables, en conservant la couleur qui leur est propre, de subir, sans s'altérer ou altérer les couleurs avec lesquelles on peut être forcé de les mélanger, une température suffisamment élevée pour que les fondants auxquels ils sont intimement mêlés entrent en fusion et accomplissent leur rôle de vernis.

J'appelle aujourd'hui l'attention des chimistes sur l'emploi d'un corps connu depuis long-temps, que son infusibilité, son inaltérabilité sous l'influence de la plupart des agents chimiques, même à une température élevée, aurait déjà dû recommander.

Lorsqu'on mélange 1 partie de platine en poudre et 3 parties de fondant composé de :

Minium.	6
Sable.	2
Borax fondu.	1

on obtient un gris d'un ton fin des meilleures qualités pour la peinture sur porcelaine, et dont il est facile de comprendre la supériorité sur les autres gris connus jusqu'à ce jour.

Toutes les fois que des oxydes de fer et de cobalt, ou de fer,

(1) Société des Ingénieurs civils, 1^{re} série, 2^e année, p. 23.

de cobalt, de manganèse ou de cuivre, se trouvent en présence en quantité un peu notable, en contact avec une matière siliceuse capable de se fondre à la température à laquelle on l'expose, la couleur du composé multiple qui résulte de la fusion est noire, que l'oxyde de cobalt soit bleu ou non, que l'oxyde de fer soit rouge ou brun, dans le mélange primitif. Cette proposition est vraie, même pour les températures élevées des fours à cristaux, comme pour celles, plus élevées encore, des fours de verrerie.

C'est sur ces réactions, connues de tous les chimistes, qu'est fondée la préparation des gris et des noirs généralement employés pour peindre les porcelaines dures et tendres, les cristaux, les verres, etc. On en varie la nuance en variant les proportions respectives des oxydes de cobalt, de fer et de zinc, et en augmentant la proportion du fondant, dit fondant aux gris, dont j'ai donné la composition plus haut, pour atténuer le ton de la couleur, pour obtenir des tons de plus en plus clairs.

Or, les bleus se font avec des oxydes de cobalt et de zinc, et ces couleurs sont d'autant plus vives, que les oxydes employés renferment moins d'oxyde de fer.

Les rouges sont fournis par l'oxyde de fer, les noirs par l'oxyde de fer et l'oxyde de zinc, et ces nuances sont d'autant plus pures que les oxydes de fer et de zinc sont eux-mêmes plus dépouillés d'oxydes étrangers, comme ceux de manganèse et de cuivre.

Il est donc bien évident que, lorsque l'artiste veut rompre du bleu, du rouge et de l'ocre, et qu'il y mêle du gris ou du noir que met à sa disposition la palette actuelle, il fait un mélange, dans des proportions qu'il ignore, d'oxydes de fer, de cobalt et de zinc, dont la couleur est noire, et dont il ne peut prévoir ni l'intensité ni la nuance qu'avec une très grande habitude; et d'ailleurs comme le ton, après la cuisson, n'est nullement celui qu'il a appliqué sur sa peinture, puisque le ton bleuâtre et le ton rouge sont altérés et peuvent même

disparaître entièrement, il ne peut donner à sa peinture l'aspect qu'elle prendra quand le feu l'aura fixée et aura développé le vernis ; il faut qu'il travaille au jugé, qu'il mette son œuvre en harmonie, en voyant sa peinture non comme elle est réellement, mais comme elle sera lorsqu'elle sera cuite.

C'est là un inconvénient, un inconvénient fort grave surtout dans la peinture des figures, dans la reproduction sur porcelaine des tableaux de grands maîtres, où il importe d'arriver à la dernière perfection.

Le gris de platine n'offre aucun de ces inconvénients. Comme il ne renferme pas d'oxyde de cobalt, il peut très bien servir à rompre les rouges et les ocres sans qu'on ait à craindre qu'il communique aux ombres, par l'effet de la cuisson, une trop grande vigueur. Comme il ne contient pas d'oxyde de fer, on ne doit pas craindre qu'en le mélangeant avec les bleus, il les fasse noircir au delà de ce qu'on veut obtenir ; il n'entre dans les mélanges que pour le ton qui lui est propre et qu'il conserve avant comme après la cuisson.

Considéré sous le rapport de sa fabrication, c'est une couleur facile à faire et à reproduire, toujours identique comme composition et comme nuance. On prépare facilement en poudre le platine pur ; il suffit de précipiter une dissolution de chlorure platinique par du sel ammoniac en excès et de chauffer jusqu'à évaporation complète de ce dernier sel. On obtient ainsi le platine en poudre grise, qu'on peut mêler immédiatement au fondant dans les proportions que nous avons indiquées plus haut, et qui se laisse facilement broyer.

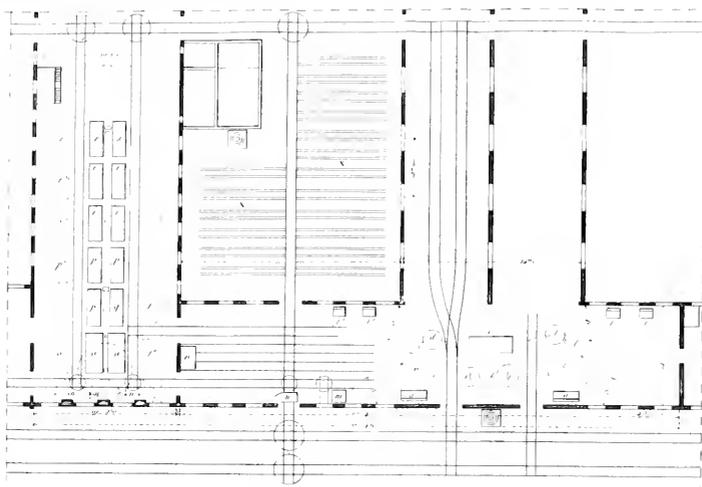
Le platine n'est pas le seul métal qui, employé dans ce sens, fournirait une couleur utile. Tous les métaux qui l'accompagnent ordinairement dans sa mine pourraient comme lui, réduits en mousse, servir au même usage, et avec la même supériorité sur les gris de fer et de cobalt. J'ai essayé dans ce but le palladium, dont M. Smith m'avait remis un échantillon, et le ruthénium, dont j'avais préparé moi-même environ 2 décigrammes. Le palladium donne un gris plus pâle, le ruthénium un gris plus roux que celui de platine.

Depuis long-temps déjà, M. Frick avait indiqué l'usage du sesquioxide d'iridium comme pouvant fournir un noir supérieur à tous les noirs connus. M. Malaguti, à la manufacture nationale de Sèvres, a vérifié les données de M. Frick. M. Robert en fit plus tard une petite quantité, et moi-même, en 1845, j'avais livré pour le service de cet établissement une centaine de grammes de gris d'iridium dont les qualités purent être mises en relief par un usage journalier.

Le gris de platine est appelé à remplacer avantageusement ce dernier. Son prix est moins élevé, sa nuance plus agréable et sa préparation moins difficile; il est aussi beaucoup plus répandu, et, depuis un an environ qu'on s'en sert, l'expérience a pu se prononcer sur sa véritable valeur. Aussi est-il entré comme couleur dans la palette de la manufacture nationale de Sèvres.

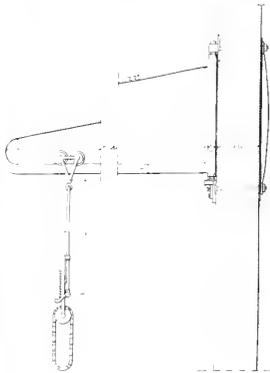
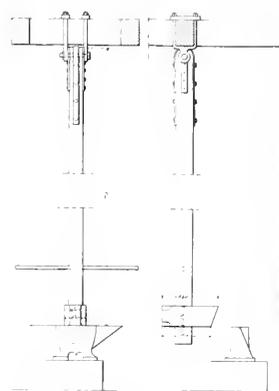
(Extrait des *Annales de chimie et de physique*, tome XXV, page 342.)

Disposition generale de l'Atelier des Bandages Fig 1

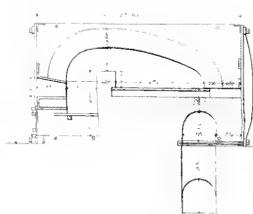


Marteau-Refouleur

Vue en haut Fig 5 Vue latérale Fig 4



Appareil fonctionnant par AB Fig 3

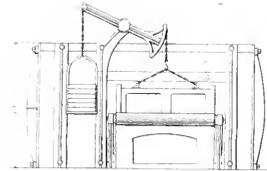


Four à chauffer les Bandages développés

Élévation et Coupe longitudinale par CDEFGH Fig 6

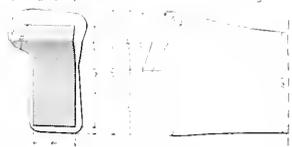


Montage transversale Fig 9

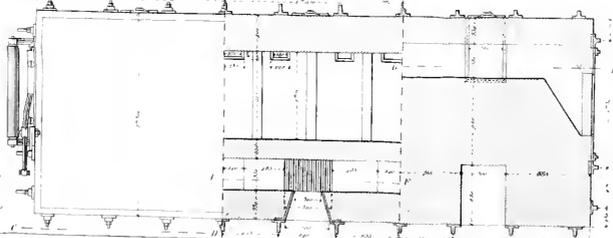


Extrémité des Bandages refaites

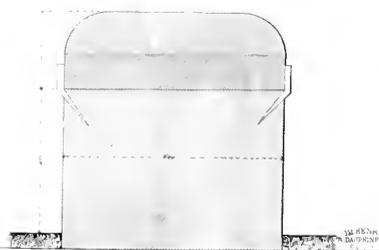
Vue en haut Fig 7 Vue en long Fig 8



Plans par IJKLMNO Fig 10



Enclume à souder les Bandages Fig 11





Forges à refouler et

sonder les bandages

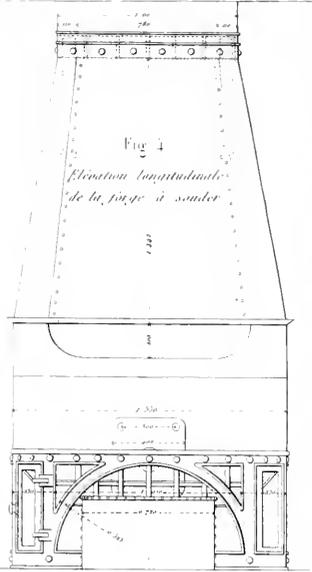
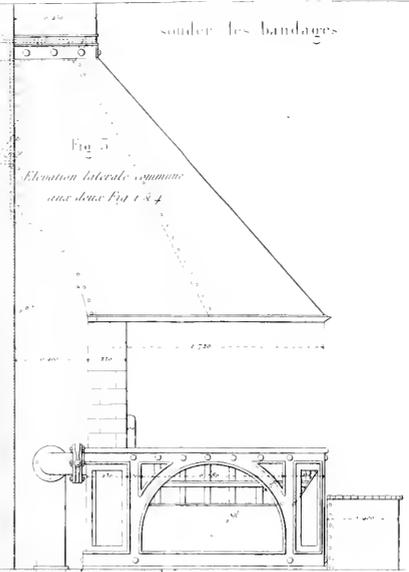
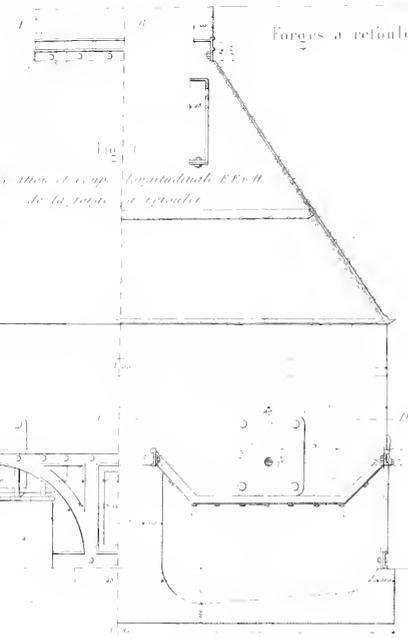


Fig 1
Elevation latérale d'une forge à refouler et sonder les bandages

Fig 3
Elevation latérale commune aux deux Fig 1 & 4

Fig 4
Elevation longitudinale de la forge à sonder

Plan supérieur de la forge à refouler Fig 2

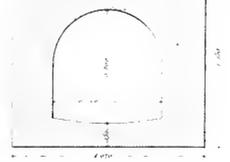
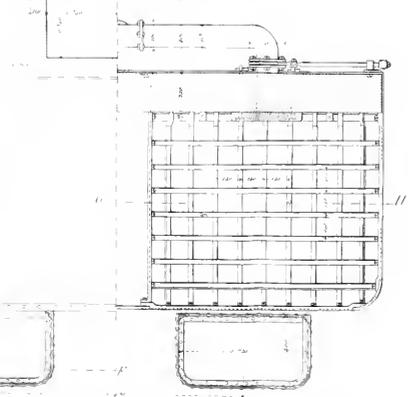
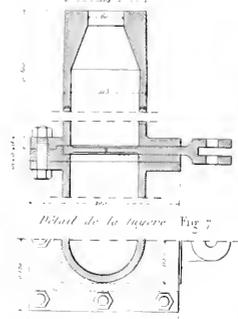
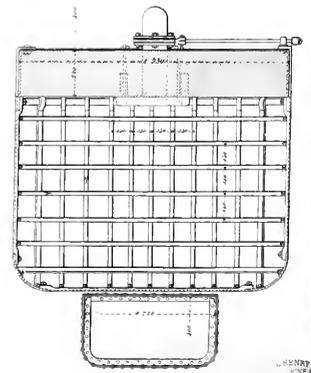


Fig 6
Détail du manteau et de la chassie



Détail de la traverse Fig 7

Plan de la forge à sonder Fig 5

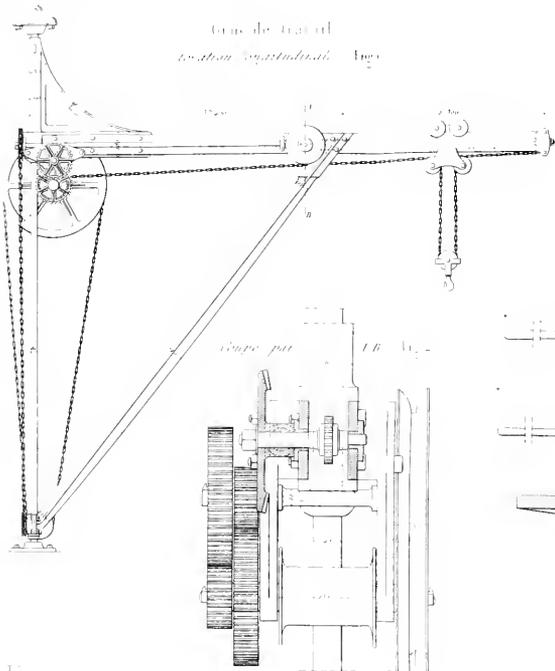


Echelle des Fig 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 de 0 à 2 mètres

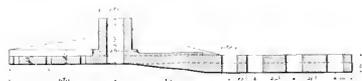
Echelle des Fig 8, 9, 10 de 0 à 1 mètre



Cruc de travail
Elevation longitudinale Fig 1



Machine à entraîner et arrondir
Coupe longitudinale du manchoin modifié Fig 2



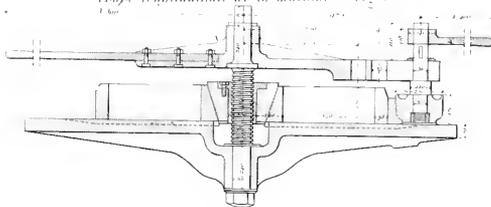
Plan du manchoin modifié Fig 4



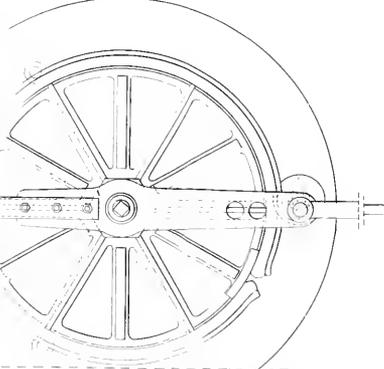
Levier à arrondir Fig 3



Coupe longitudinale de la machine Fig 6

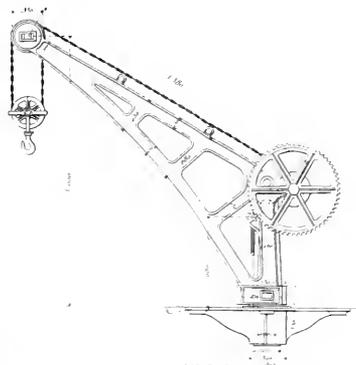


Plan de la machine Fig 7

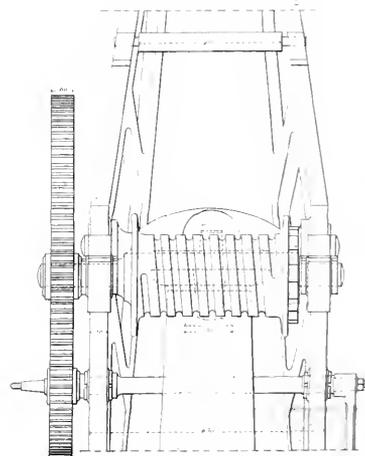


Echelle des Fig 1 à 7 de 0 à 1000 millimètres
Echelle des Fig 8 à 11 de 0 à 200 millimètres

Cruc de service de 1^{re} classe
Elevation longitudinale Fig 5



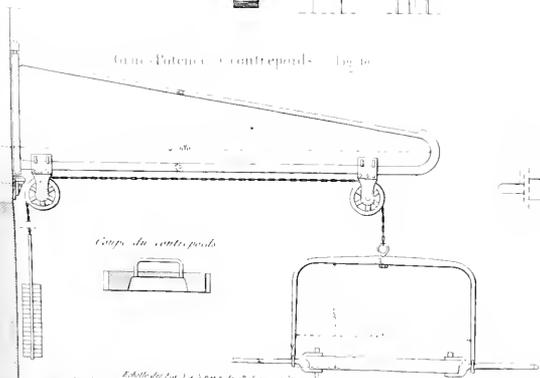
Elevation des axes Fig 8



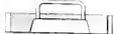
Griffe de manœuvre des bandages Fig 11



Cruc Patence à contrepoids Fig 10



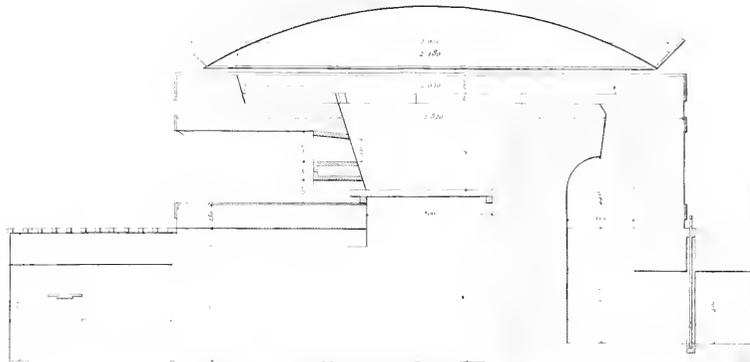
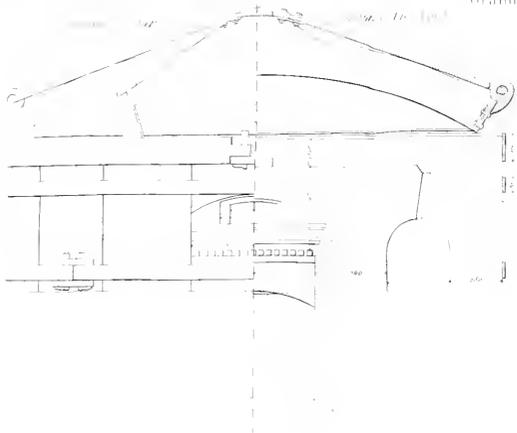
Coupe du contrepoids



Echelle des Fig 10 à 11 de 0 à 200 millimètres

Grand four circulaire à calotte mobile.

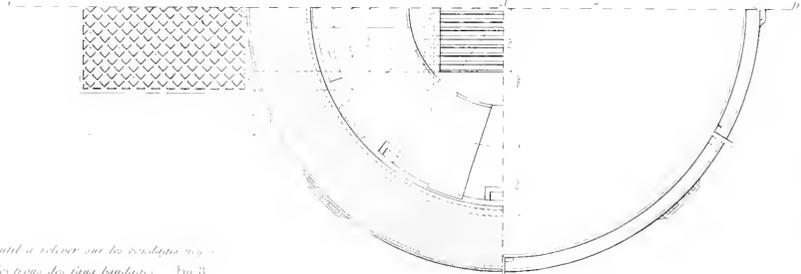
Coupe suivant A-B Fig. 2



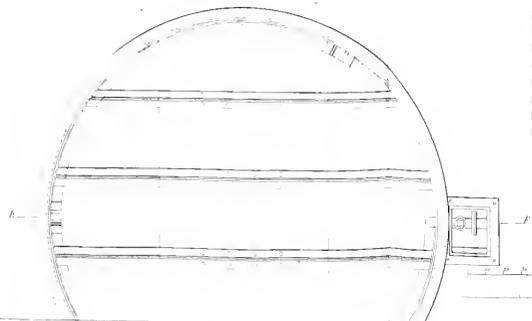
Profil de la calotte mobile Fig. 4



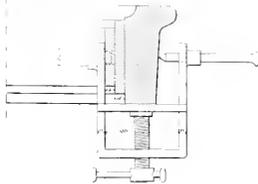
Plan à deux hauteurs Fig. 5



Plan de la case Fig. 6



Détail à schémer sur les crochets des tenons des faux bandages Fig. 3



Platneau à emboîter les grands bandages Coupe suivant G-H Fig. 7



Plan du platneau Fig. 8



Echelle de la Fig. 1 à 3 de 1/20^e de mètre

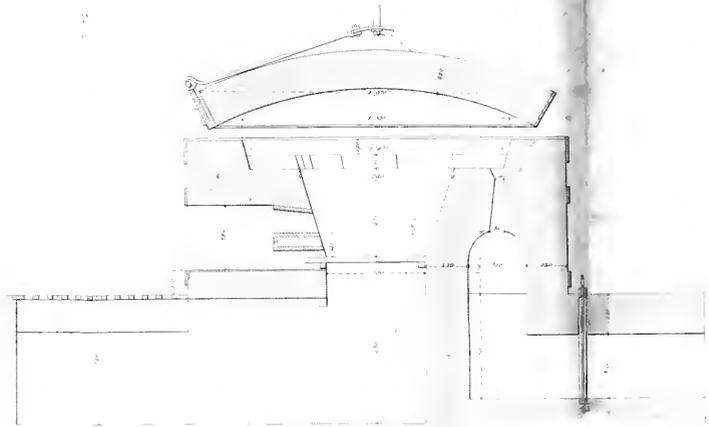
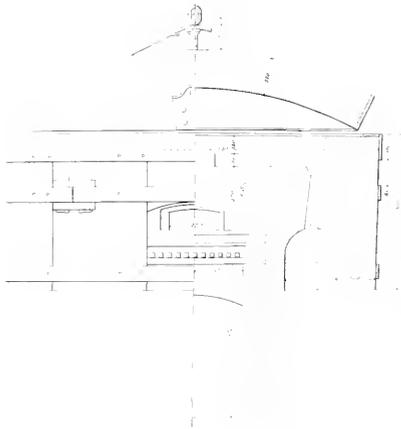
Echelle de la Fig. 8 de 1/50^e de mètre



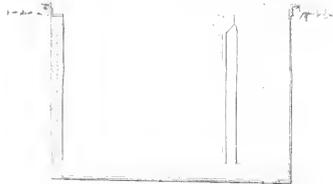
Petit four circulaire à calotte mobile

Coupe suivant C'D Fig 2

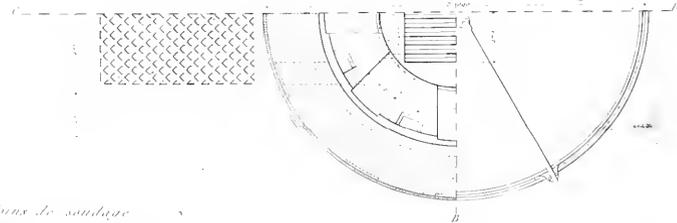
Coupe suivant A'B Fig 1



Detail pour l'extension des bandages
coupe suivant A'E Fig 4

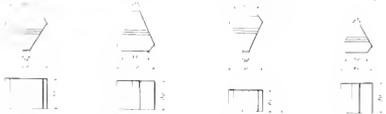


Plans pris à deux hauteurs Fig 5

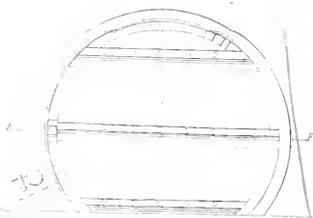


Plans de soudage

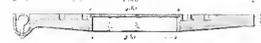
Plans de soudage pour les courbes de maçonnerie Fig 9



Plan de la coupe Fig 3



Platneau à emboîter les petits bandages
coupe suivant G'H Fig 6



Plan du platneau Fig 7



Largeur des briques 2 1/2 mètre de côté pour coupe

Largeur des briques 2 mètre

Largeur des briques 1 mètre pour maçonnerie

Largeur des briques 1 mètre

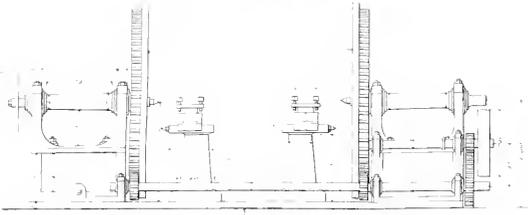
PL



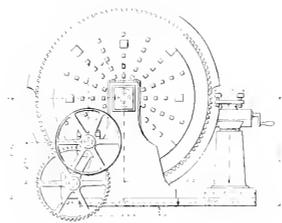
J.M.H.
R.D.S.



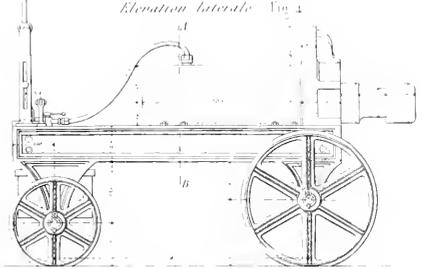
Plan de la tour de file pour roues motrices



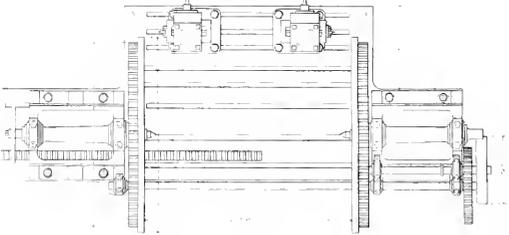
Vue en bout Fig. 3



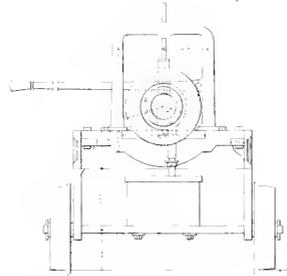
Presse hydraulique pour le calage des roues
Elevation laterale Fig. 4



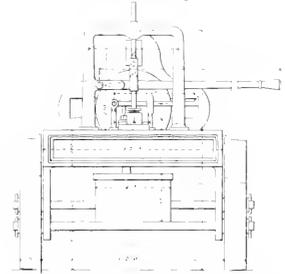
Plan Fig. 2



Coupe suivant AB Fig. 5



Vue en bout Fig. 6

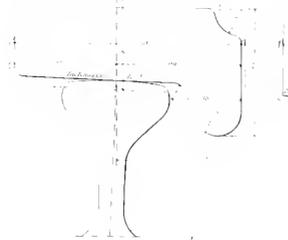


Bandages de machines pour roue de moteur
Ancien profil Fig. 7

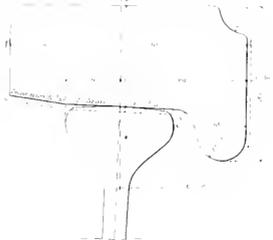


Bandages de voitures et Wagons

Ancien profil Fig. 9



Nouveau profil Fig. 10



Bandages de machines pour roue d'acier
Ancien profil Fig. 11



Nouveau profil Fig. 12



Echelle des Fig. 1, 2 et 3 de 0^m 25 pour mètr



Echelle des Fig. 4, 5 et 6 de 0^m 65 pour mètr



Echelle des Fig. 7, 8, 9, 10, 11 et 12 de 0^m 50 pour mètr



MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ CENTRALE DES INGÉNIEURS CIVILS

(Juillet, Août, Septembre 1849.)

N° 6.

L'examen des produits de l'exposition de l'Industrie a été le but principal des travaux de la Société pendant ces trois mois. Afin de le régulariser, l'étude de chaque question particulière a été confiée à un ou deux membres qui en ont rendu ou en rendront compte successivement, soit par des rapports verbaux, soit par des mémoires écrits.

La Société a déjà entendu les rapports de MM. Jullien sur les bascules-balances pour peser les machines locomotives; Degousée, sur l'industrie des sondages; Callon et Faure, sur les moteurs hydrauliques; Nozo et Fèvre, sur les locomotives; Lecœuvre, sur les constructions navales; Lasalle, sur la fabrication des aciers et de la quincaillerie, et de M. Yvert, sur les applications du zinc. Les rapports de MM. Callon et Faure, Degousée et Lecœuvre sont insérés ci-après, par extraits des procès-verbaux. La Société a voté l'impression des mémoires de MM. Lasalle, Yvert et Nozo.

Les questions d'organisation des travaux publics dans le sens des idées de la Société, ont peu progressé; cependant nous devons vous signaler les faits suivants.

Les conditions d'admission comme élève libre à l'École des

mines ont été rendues plus libérales, et l'Administration a conféré aux élèves libres brevetés le droit de concours à l'auditorat au Conseil d'Etat. C'est un premier pas dans la reconnaissance de la profession d'ingénieur civil, et quoique cette concession soit due principalement à une origine commune d'école, on ne doit pas moins la regarder comme un progrès.

Les idées que nous avions émises sur la création d'un service des Irrigations et cours d'eau non navigables ont été acceptées en partie par l'opinion publique; mais l'Administration les a retournées contre nous en chargeant de ce service les Ingénieurs des ponts et chaussées.

Néanmoins, à la demande de plusieurs personnes considérables, nous avons fait réimprimer et distribuer aux conseils généraux des départements nos Observations sur l'organisation générale des travaux publics.

Pendant ce trimestre, des faits importants se sont passés dans le domaine des travaux publics: nous voulons parler de la mise en exploitation de grandes sections des chemins de fer de Lyon, de Strasbourg et de l'Ouest.

Ces chemins, construits par les ingénieurs de l'Etat, ont été exécutés avec beaucoup de soins et de luxe, ainsi qu'ont pu le constater plusieurs membres de la Société.

Le chemin de Lyon est particulièrement remarquable par les grandes proportions données à toutes ses parties. Les deux autres se distinguent plus par un très-grand fini dans l'exécution. En général ces chemins ont paru sous ce rapport dépasser de beaucoup la limite qu'il eût été plus sage d'observer pour se maintenir dans un emploi fructueux des deniers publics. L'entrée dans Paris du chemin de fer de Strasbourg a été particulièrement critiquée comme montrant, à côté d'un luxe de bâtiment inoui, une véritable pauvreté de dispositions utiles à l'exploitation.

Dans ces circonstances, l'opinion publique a pu de nouveau former son jugement sur les défauts de l'Administration des

travaux publics, et tout en rendant justice au talent des hommes, elle a reconnu une fois de plus combien ils sont étrangers aux idées d'une sage économie.

Les travaux dont nous venons de parler ne présentent d'ailleurs aucune idée nouvelle; tous les ouvrages sont des imitations des types suivis par les mêmes ingénieurs dans des constructions précédentes.

La Société a reçu de M. Gardissal un rapport sur la coloration et la conservation des bois;

De M. Petiet, la collection des cartes du chemin de fer du Nord;

De M. Yvert, la traduction du compte-rendu de l'Assemblée générale du chemin de fer de Dublin à Kingston, 1849;

De M. Letrange, une notice sur la préparation du coke et du bois torréfiés pour les hauts fourneaux;

De M. Ganneron, une notice sur la construction d'une scie à récéper sous l'eau, une planche donnant les détails de la construction du viaduc de la baie de la Canche (chemin de fer d'Amiens à Boulogne), et une planche d'équipages et outils relatifs aux travaux hydrauliques;

De M. Cornet, un album des chemins de fer, ou résumé graphique du cours de construction des chemins de fer professé à l'École centrale des arts et manufactures;

Et de M. Arson, un dessin de barreaux de grille composés de deux barreaux fondus ensemble, plus minces que ceux que l'on a pu employer jusqu'ici, et plus durables que les plus gros et les plus forts dont on se servait.

Les membres nouvellement admis sont les suivants :

Du mois de juillet :

MM. Henri BEVAN, sur sa demande.

BADAROUS, présenté par M. Albrizio.

Martial CHEVALIER, sur sa demande.

E. DEFOSSE, idem.

MARAIS, idem.

Du mois d'août :

MM. DUBIED, sur sa demande.
SCHMERBER, idem.
GRUN, idem.
MARTIN, présenté par M. Ch. Callon.
SAULNIER, idem.
BEUGNOT, idem.

EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX.

Séance du 5 Août.

De l'Industrie des Sondages.

M. DEGOUSÉE, rapporteur.

M. Degousée expose que le jury n'aura à se prononcer cette année que sur deux rapports des départements et sur deux exposants de Paris qui ont seuls envoyé leurs produits.

Le premier rapport émane du jury du département de la Moselle, et il rend compte de nombreux sondages exécutés dans le bassin de Sarrebruck pour le compte de M. de Vandel, par M. Kind, sondages qui ont amené la découverte de plusieurs couches de houille. Le procédé de M. Kind consiste dans l'emploi d'une sonde à échappement, avec laquelle on opère avec une rapidité et une économie inusitées jusqu'à présent. Ce système, qui présente des avantages réels, ne peut être employé que dans des terrains de roche continue et homogène.

Le second rapport rend compte de puits artésiens exécutés à Perpignan et aux environs (Pyrénées-Orientales), par M. Fauvel au moyen d'une sonde creuse, dans l'intérieur de laquelle une pompe foulante injecte de l'eau avec rapidité; cette eau, en remontant à la surface du sol, ramène en boue liquide les débris produits par la sonde.

Ce système ingénieux réussit parfaitement dans les terrains meubles ou argileux, mais il est d'une inefficacité complète dans les terrains alternants, comme ceux du bassin tertiaire parisien, ainsi que M. Fauvel lui-même a pu s'en convaincre par les essais infructueux et réitérés qu'il a faits aux environs de la gare de Saint-Ouen. M. Degousée pense que le procédé de M. Fauvel, comme celui de M. Kind, présente de grands avan-

tages dans certaines localités, mais qu'il ne peut généralement être employé que comme moyen auxiliaire.

Passant aux deux exposants parisiens, M. Degousée dit que l'un n'a exposé que des outils déjà connus et qui figuraient à l'exposition de 1844, à l'exception toutefois d'une paire de mordaches en fer destinées à empêcher les chutes de sonde en cas de rupture de la chaîne. Ces mordaches eussent été d'une meilleure construction si elles eussent été faites avec des mardriers garnis de fer. L'élasticité qu'offre le bois en résistant dans une chute rapide, empêche la sonde d'être coupée.

Ces outils sont bien exécutés, mais ils présentent ce désavantage, d'avoir des formes trop multipliées. Aujourd'hui, quatre ou cinq outils doivent suffire pour exécuter tous les sondages.

L'autre exposant a placé un treuil double, avec lequel il a exécuté, à Condé près Donchéry (Ardennes), un sondage de 380 mètres dans des terrains de diverses natures, et présentant alternativement les plus grandes difficultés qu'un sondeur ait à surmonter. A gauche, un tambour avec ses engrenages sert à monter et descendre les tiges; et la partie de droite est destinée à agir par percussion. Lorsqu'on est dans la roche régulière, la sonde, élevée et abandonnée à une hauteur déterminée par le nombre de galets, donne vingt-cinq à trente coups par minute. Lorsque la sonde doit battre d'une hauteur variée, l'on se sert du débrayage, et suivant la volonté du sondeur, la hauteur de chute varie de 0^m. 50 à 0^m. 05; l'on donne alors de dix à vingt coups par minute.

Au centre se trouve la bielle d'une petite machine à vapeur, qui, suivant le besoin du travail, fait manœuvrer la partie gauche ou la partie droite du mécanisme. L'application de la vapeur aux grands sondages amène une économie de temps et d'argent.

L'exposition du même ingénieur renferme un nouvel instrument pour couper et limer les tuyaux à toute profondeur, un autre pour les river comme à l'atelier; et pour diminuer le nombre des outils, des lames d'acier fondu de divers diamètres qui

toutes successivement s'adaptent à la même tige pour agir par percussion. Les mordaches que l'on voit aussi avec ces outils, ont servi aux salines de l'est et dans les Ardennes ; elles sont en bois de chêne ferré. Enfin, 3 volumes in-folio renfermant les coupes géologiques de plus de 1,000 sondages exécutés, et le guide pratique avec planches, démontrent que cet exposant ne veut pas se faire un monopole de son art, puisqu'il le met à la portée de toutes les intelligences.

L'industrie des sondages est sortie de cette multiplicité d'inventions et de systèmes qui avaient longtemps fait croire que rien n'était encore fixé dans l'art du sondeur.

Les derniers appareils exposés ont seuls survécu ; les autres, dont l'application était possible, facile même dans certains terrains spéciaux, n'ont pu résister aux difficultés que présentaient d'autres formations.

Il y a donc lieu d'encourager de toutes manières les efforts qui ont si bien réussi à constituer l'art du sondeur.

C'est assurément un résultat bien remarquable, qu'aujourd'hui aucun terrain, aucune formation géologique ne résiste à l'application des appareils qui ont été exposés. La profondeur d'un sondage est une question d'argent ; ce n'est plus une question d'art.

Il ne faut pas oublier aussi que l'art est redevable à l'un des exposants d'une publication très-sérieuse, qui, sous le rapport des applications scientifiques de l'art du sondeur, met notre pays au premier rang, comme il y avait déjà été placé par l'importance des entreprises qui s'y sont exécutées et des succès obtenus.



Séance du 5 Août.

Moteur - pompe Girard.

MM. CH. CALLON et FAURE, rapporteurs.

Le moteur-pompe de M. Girard renferme une machine motrice et une pompe, réunies dans le même appareil, ou, pour parler plus exactement, dans le même organe mécanique; il peut donc être considéré successivement comme moteur et comme pompe.

Comme *moteur*, on peut dire que c'est une machine à colonne d'eau à simple effet, dont le piston travaille seulement en descendant; machine à colonne d'eau qui offre cette particularité, qu'elle s'applique spécialement aux grands volumes et aux petites chutes, ce qui la distingue des machines à colonne d'eau ordinaires.

Le jeu de la machine consiste essentiellement en une cuve cylindrique dans laquelle se meut un piston percé d'une ou plusieurs ouvertures annulaires avec soupapes, qu'un ressort poussant de bas en haut, tient ouvertes ou levées quand les pressions sur les surfaces des pistons moteurs sont égales. Le fond de la cuve est également muni d'une soupape, aussi tenue levée par un ressort quand elle n'est point comprimée par une force supérieure.

La cuve reçoit l'eau motrice par le haut et s'écoule par le bas, quand le piston descend, sa soupape étant fermée, et celle du fond de la cuve étant ouverte pour l'évacuation de l'eau qui est au-dessous du piston (soulevée qu'elle est par son ressort). Ce piston travaille sous l'action d'une force qui a pour mesure l'aire du piston et la hauteur de la chute. En approchant de l'extrémité inférieure de sa course, le piston presse graduellement sur la soupape d'évacuation et la ferme, puis, continuant à descendre encore de quelques millimètres jusqu'au point mort, il comprime l'eau qui reste sous lui et la force à ouvrir la

soupape du piston ; dès-lors, la dépense d'eau est interrompue, et l'égalité de pression entre les deux faces du piston est établie. Pour faire passer le point mort et remonter le piston entre deux eaux sans travailler, l'auteur a recours à la force vive acquise d'un volant qui fait partie du système de la machine, volant qui porte un contre-poids destiné à équilibrer le poids du piston ; celui-ci remonte donc *à vide* ; seulement lorsqu'il approche du haut de sa course, un arrêt oblige la soupape à se baisser et à se fermer ; mais continuant à monter de quelques millimètres jusqu'au point mort, il produit une aspiration réelle qui rouvre la soupape inférieure d'évacuation ; le volant fait alors passer le point mort, et tout est prêt pour une nouvelle descente.

Maintenant la pompe proprement dite est des plus simples ; il faut concevoir que la partie centrale du piston moteur forme fourreau d'un diamètre proportionné à la masse d'eau à élever. Ce fourreau glisse à frottement doux sur un tube ouvert, deux fois recourbé à la manière du syphon renversé. Ce fourreau, en montant, aspire l'eau à élever ; il l'a refoule, en descendant, à une hauteur plus ou moins considérable. Un jeu de clapets très-simples (dont l'un s'ouvre dans le bief supérieur et dont l'autre est disposé dans le tuyau élévatoire lui-même, pour empêcher le recul de la colonne d'eau refoulée) complète ce dispositif.

Les principes théoriques qui ont présidé à la composition de cette machine sont d'une rigueur incontestable ; la lenteur du mouvement du piston, principalement au moment où il fait ouvrir les soupapes vers les points morts, le mode d'action directe de l'eau motrice ; la forme et la grandeur des soupapes (qui, suivant l'auteur, sont égales à la moitié de l'aire du piston, dans le projet du Pont-Neuf) ; la manière dont fonctionnent ces soupapes qui s'ouvrent brusquement, mais qui se ferment lentement et graduellement, de façon à ne causer aucun arrêt brusque dans les masses d'eau en mouvement ; toutes ces conditions sont autant de gages de succès.

Les garnitures consistent, du moins dans l'un des modèles exposés, en garnitures de cuir analogues à celles de la pompe

des Prêtres, et rencontrent par conséquent les mêmes objections qui ont fait abandonner ce dernier système : course assez limitée, usure prompte des cuirs par les plissements et déplissements réitérés qu'ils éprouvent et par les sables et autres matières que l'eau entraîne ; mais il est juste de faire observer que cette garniture ne constitue nullement un organe *essentiel* de la nouvelle machine, et cela est si vrai que, dans son projet pour le Pont-Neuf, l'auteur a fait un piston en fonte, passant dans un cylindre en fonte, sans garnitures et avec un jeu d'environ 0^m.003, piston sillonné de plusieurs rangs de cannelures qui en font le tour, et qui présentent ainsi des rétrécissements et des élargissements successifs dans lesquels la vitesse de l'eau, qui tend à passer par le jeu en question, s'amortit promptement par l'effet répété des changements brusques de vitesse, l'idée de cette disposition appartenant, du reste, à M. Cavé.

Il faut dire, en outre, que la cuve en bois proposée par l'auteur, dans l'état actuel de l'art de la construction des machines, est un mode d'exécution trop vicieux pour être conservé ; aussi l'auteur l'a-t-il fait disparaître dans son grand projet pour le Pont-Neuf.

Il est permis aussi d'attendre une plus longue expérience avant de se prononcer définitivement sur l'emploi des ressorts à hélice pour la manœuvre des soupapes, sur leur durée, etc. Néanmoins, l'auteur pourra faire encore un pas à ce côté de la question, en adoptant une disposition qui soustraie ces ressorts au contact de l'eau et des corps qu'elle peut tenir en suspension.

Les avantages de la réunion du moteur et de la pompe sur un seul système, *un seul piston*, sont évidents ; toutefois, ces avantages ne sont pas sans inconvénients, principalement au point de vue des réparations du piston-pompe, et de l'impossibilité où l'on est de varier le diamètre de ce dernier piston, suivant les circonstances variables de la chute du volume d'eau, tant à dépenser qu'à élever, etc.

Pour faire comprendre la portée de cette dernière objection,

MM. Faure et Callon font observer que dans cette machine, une fois la mise en train opérée, la colonne d'eau *motrice* doit avoir très-approximativement le même poids que la colonne d'eau refou-
lée ou élevée. Si donc, à un certain moment, la chute diminue, l'équilibre dynamique sera rompu, la machine ne fonctionnera plus dans ses conditions normales; si elle augmente, il en sera de même; seulement, dans ce dernier cas, l'auteur aura une ressource, celle de baisser la vanne circulaire, intérieure à sa machine, qui rétrécira la sortie de l'eau et formera comme un frein sur cette machine.

Supposez, au contraire, que la pompe soit séparée du moteur, mais placée au-dessus, sur la tige prolongée, on pourra, en imitant ce qui se fait dans certaines pompes d'injection des presses hydrauliques, varier le diamètre du piston, de manière à maintenir constamment l'équilibre entre la puissance et la résistance, quelles que soient pour ainsi dire les limites entre lesquelles varient (en sens inverse l'un de l'autre) la chute et le volume. Ainsi on calculera le diamètre de la machine pour le cas de la plus petite chute et du plus grand volume; à ce cas, répond celui de la vitesse qu'on se propose de ne pas dépasser, puis à mesure que le volume disponible diminuera, on réduira la vitesse en proportion; mais comme la chute, en général, augmentera au fur et à mesure que les eaux seront moins abondantes, on augmentera, dans une proportion semblable, l'aire du piston-pompe, en sorte que la quantité d'eau élevée restera toujours la même, ou du moins restera toujours en relation exacte avec la puissance disponible. Ainsi, contre l'opinion qui a été exprimée dans un rapport lu à l'Académie des sciences, les conditions théoriques proposées à cette machine se trouvent toujours accomplies malgré les variations inévitables de sa marche, résultat précieux que n'obtiennent pas la plupart des machines hydrauliques.

Si les données de volume et de chute sont par trop variables, on fera deux machines accouplées à 180 degrés, mais qui pourront marcher isolément quand on aura beaucoup de chute et peu d'eau.

On pourra objecter que le mouvement assez lent de la machine (celles du Pont-Neuf feraient dix coups doubles par minute) aura pour effet de la rendre coûteuse, comparativement à une pompe ordinaire mue par une turbine, par exemple. Des devis exacts faits pour des circonstances variables pourraient seuls résoudre la question de dépense d'une manière positive. MM. Faure et Callon évitent donc de se prononcer à cet égard.

La lenteur du mouvement est d'ailleurs une condition qui paraît inséparable du bon rendement de cette machine. MM. Faure et Callon n'ont pas une connaissance personnelle de ce rendement, mais il leur paraît certain qu'il doit dépasser, *en eau élevée*, celui d'une turbine transmettant le mouvement à un système de pompes.

Un membre ayant élevé quelques objections sur la valeur de cette machine, au point de vue de son application à d'autres usages que celui de l'élevation de l'eau, au mouvement des usines, par exemple, M. Callon expose que d'après l'étude qu'il a eu occasion d'en faire, la machine à colonne d'eau, en général, n'est pas propre à transmettre le mouvement à des filatures ou autres usines de ce genre, par cela même qu'elle est éminemment propre à élever de l'eau. Puis, revenant à la machine Girard, en particulier, il fait remarquer : 1° que le mouvement assez lent de la machine nécessiterait une transmission compliquée ; 2° que le mode d'action à simple effet et la lenteur du mouvement exigeraient un volant énorme ; 3° enfin et surtout, que les machines-outils, dont la vitesse doit être aussi constante que possible, ne pourraient s'accommoder des changements de vitesse qu'il est de la nature de ce moteur de prendre lorsque le volume d'eau à dépenser vient lui-même à changer.

Relativement aux machines soufflantes, l'application, sans présenter de difficultés aussi graves, est cependant assez douteuse, car le mouvement très-lent du moteur amènera une lenteur égale dans celle de la soufflerie, et par suite conduira à faire des souffleries grandes et coûteuses, tandis qu'au contraire

la force des choses a amené graduellement les ingénieurs à faire des souffleries à grande vitesse, principalement parce qu'elles coûtent moins cher. Cette considération est d'autant plus sérieuse qu'il faudrait nécessairement faire la soufflerie, comme le moteur, à simple effet, d'où nécessité, ou de plusieurs grands réservoirs d'air, ou de plusieurs systèmes accouplés.

Séance du 7 Septembre

Des Constructions navales.

M. LECOEVRE, rapporteur.

Sous le rapport des constructions navales, l'exposition de 1849 a produit peu de choses; elle ne présente que quelques modèles insignifiants; l'espoir qu'on avait fondé à la dernière exposition sur les bâtiments en fer a été complètement déçu. On n'a pas jusqu'à présent découvert de peinture qui pût les préserver des dégradations; celles qu'on a employées ne durent pas plus de trois mois, au bout desquels les coques se couvrent de coquillages et de végétations; il est probable que dans peu de temps les coques en fer seront abandonnées sur mer et ne s'emploieront plus que pour le service de la navigation fluviale.

D'après l'avis de M. Lecœuvre, l'objet principal de l'exposition de 1849 est l'appareil de bateau à vapeur de 120 chevaux, construit par M. Nillus, du Havre, lequel n'est cependant qu'une copie, et une copie imparfaite, de la machine de Penn. On a remplacé les deux pompes à air adaptées dans le système anglais à chaque machine, par une pompe à double effet, ce qui est un changement fâcheux à cause des dérangements fréquents de la pompe à air, et de l'impossibilité de marcher en cas de visite, lorsqu'il n'y en a qu'une; du reste, la construction est soignée, et M. Nillus a déjà construit, sur un modèle analogue, un appareil de 160 chevaux pour le bateau à vapeur le *Phénix*, qui a donné de très-bons résultats; quand le

temps est favorable, on atteint facilement une vitesse de douze nœuds ; il peut sans crainte entrer en lutte avec le meilleur bateau de la marine militaire. Contrairement à ce que l'on trouve sur l'appareil exposé, chaque machine est munie d'une pompe à air à simple effet.

M. Hardy a exposé un petit modèle de machine à vapeur dans lequel il a remplacé les roues par un système de pales articulées, à la manière des rames. Ce système ne paraît pas devoir être une application avantageuse.

M. Guérin, du Havre, a exposé un petit modèle de gouvernail qui donnera certainement d'excellents résultats. Ordinairement les gouvernails sont mus par des chaînes et des poulies de renvoi qui causent des retards dans la manœuvre et des ruptures fréquentes ; ce sont ces inconvénients que M. Guérin a cherché à éviter. Il emploie un arbre horizontal portant à ses extrémités deux filets, l'un à droite, l'autre à gauche, sur lesquels se meuvent deux écrous articulés avec bielles s'appliquant sur le gouvernail qu'elles manœuvrent avec facilité et d'une manière continue. Ces appareils peuvent se placer dans l'entrepont à l'abri des boulets ; ils sont plus sensibles que les gouvernails ordinaires, ce qui est très-important dans les mauvais temps. En résumé, cet appareil offre de très-grands avantages, ainsi que l'on a eu l'occasion de s'en convaincre dans les applications qui ont eu lieu, et se répandra certainement lorsqu'il sera suffisamment connu.

On a exposé plusieurs appareils de sauvetage, entre autres celui de M. Bourot, qui consiste en ballons d'étoffe accouplés et remplis d'air au moyen de pompes. On passe sous le bateau les cordes qui s'adaptent à ces ballons et qui font remonter le bateau. Ce moyen, qui est d'ailleurs très-ancien, ne semble pas applicable.

Un autre appareil de sauvetage est celui de M. Delvigne, connu sous le nom de porte-amarre. Un cylindre creux, renfermant une bobine avec cordages, est lancé par une bouche à feu ; l'une des extrémités de la corde qui se déroule est fixée dans le sol

près du canon ; l'autre extrémité est portée à l'endroit où l'on veut porter secours en cas de naufrage. Il n'a encore été fait que des expériences qui ont parfaitement réussi. Ce procédé, qui rendra sans doute par la suite de grands services, n'a pas encore été appliqué.

L'exposition présente aussi un bateau plongeur qui a servi dans le port de Brest ; il est fait en tôle d'une forte épaisseur, et composé d'une partie centrale cylindrique terminée à l'arrière par une demi-sphère et à l'avant par un cône ; il est divisé à l'intérieur par une cloison demi-sphérique, de manière à former deux compartiments servant, le plus grand, de réservoir d'air comprimé, et le plus petit, de chambre de travail pour les ouvriers. Quand on veut faire descendre le bateau au fond de l'eau, l'on commence à comprimer l'air à une pression de plusieurs atmosphères ; on bouche ensuite le trou d'homme par lequel les ouvriers sont entrés et l'on fait venir une certaine quantité d'eau dans le bateau ; par cette opération, le bateau descend graduellement. Dès que l'effet se produit, l'on doit ouvrir le robinet d'air comprimé de manière à en introduire un peu dans la chambre des ouvriers, afin que l'eau n'envahisse pas le compartiment, l'on en laisse passer constamment une quantité suffisante pour que la pression de l'air fasse équilibre à la colonne d'eau dans laquelle on est plongé. Dans le fonds de la chambre des ouvriers se trouve un puits dans lequel ils descendent et que l'on a soin de toujours tenir à sec ; par ce procédé, les ouvriers peuvent travailler au fond de l'eau avec autant d'aisance que sur terre ; ils rentrent dans la chambre les objets qu'ils ont à tirer de l'eau ; quand ces objets sont volumineux, ils les attachent au fond du bateau. Lorsque leur magasin d'air est épuisé, ils remontent à la surface en chassant, au moyen d'une pompe, l'eau qui est dans l'intérieur du bateau. Cet appareil est, comme on le voit, une espèce de cloche à plongeur dans laquelle on emporte avec soi, pour plusieurs heures, une provision suffisante d'air nécessaire à la respiration.

Depuis l'exposition de 1844, l'on a fait sur la Seine, du pont

de la Tournelle au pont d'Ivry, une application de l'ancien procédé de tirage, au moyen d'une chaîne fixe, située au fond de l'eau. Il s'est formé une société sous le nom de Delagneau et compagnie qui peut remorquer un poids de 400,000 kilogrammes, à la vitesse de quatre kilomètres à l'heure, au moyen d'une machine à vapeur de 30 chevaux ; c'est un procédé de remorquage économique quand on n'a pas de grandes distances à parcourir ; il est seulement fâcheux que la chaîne casse fréquemment. L'on ne connaît pas encore la durée de cette chaîne qui a coûté 80,000 fr. à établir.



MÉMOIRE N^o XII.

Situation de l'industrie des aciers en France (Exposition de 1849).

Par M. A. LA SALLE, Ingénieur civil.

La fabrication des aciers a pris en France, depuis une dizaine d'années, des proportions qui la rangent au nombre des branches les plus importantes de l'industrie nationale.

Les développements que prennent tous les jours les arts mécaniques, les constructions de toute nature, la circulation et surtout les chemins de fer, contribuent à son extension, et lui assurent des conditions de succès essentielles. Cependant la France tire encore de l'étranger, malgré les droits considérables dont ils sont frappés, une forte partie des aciers bruts et ouvrés, et des fers à aciers nécessaires à sa consommation.

Les causes qui régissent ces circonstances m'ont paru être un sujet d'étude intéressant, qui trouve naturellement sa place dans un compte-rendu d'exposition.

Les divers aciers employés dans les arts sont, comme on le sait, de trois sortes, qui diffèrent essentiellement les unes des autres par leur mode de fabrication. Ce sont les aciers naturels, les aciers de cémentation et les aciers fondus.

Les premiers s'obtiennent par le traitement direct de certaines fontes au feu d'affinerie; les seconds, par la carburation de fers spéciaux, et les derniers par la fusion de l'une ou de l'autre des deux variétés précédentes.

Quel que soit du reste le mode de fabrication, il importe avant tout que le fer et la fonte employés jouissent de la propriété qu'on est convenu d'appeler la propension aciéreuse, et il faut en outre qu'ils présentent un degré de pureté aussi élevé que possible.

Il résulte de là que la qualité des aciers doit nécessairement

varier suivant la nature des fontes ou des fers, au moyen desquels ils ont été produits.

Quant aux différences qui peuvent exister entre les trois espèces, elles tiennent à des qualités physiques bien déterminées, et l'importance relative qu'elles occupent dans la consommation, s'explique par la différence des prix auxquels elles sont écoulées, et par la plus ou moins grande facilité avec laquelle elles obéissent aux diverses manipulations qu'on est dans le cas de leur faire subir, pour les approprier aux nombreux usages auxquels elles sont destinées.

Les aciers naturels et les aciers de cémentation manquent d'homogénéité; on les améliore, il est vrai, par le corroyage ou le raffinage, mais cette opération, sans atteindre un but complet, a l'inconvénient de diminuer sensiblement la dureté et l'élasticité, et si elle est répétée un grand nombre de fois, elle finit par faire disparaître ces précieuses qualités.

Les aciers fondus, au contraire, produits avec des fers cimentés, sont en général plus purs et présentent une homogénéité parfaite, tout en conservant avec plus de persistance toutes les propriétés aciéreuses.

La plupart des aciers naturels fabriqués en France se préparent en Lorraine et en Alsace avec des fontes du Rhin; dans l'Isère, avec les fontes provenant des minerais de fer spathique d'Allevard et de St-Georges d'Hurtières; et dans la Nièvre, les Vosges, la Haute-Saône, etc., au moyen d'autres fontes françaises de moins bonne qualité. En outre, les forges catalanes des Pyrénées produisent accidentellement une assez grande quantité d'aciers communs qui s'écoulent pour les usages de l'agriculture; mais ces derniers participent trop de la nature des fers durs et aciéreux pour prendre rang dans les aciers; ils se vendent d'ailleurs presque tous dans les localités mêmes où ils ont été fabriqués.

Les aciers naturels importés se tirent d'Allemagne, de Prusse, de Styrie, etc.

Les uns et les autres trouvent leurs principales applications

dans la fabrication des outils d'agriculture, la coutellerie commune, la taillanderie et les étoffes en général. L'ouvrier les préfère dans beaucoup de cas à cause de leur soudabilité et malléabilité très-développées; et ils conservent assez bien, après le travail, les propriétés acieuses.

La production annuelle peut être estimée à environ 3,500,000 kilogrammes; et l'importation, tant en aciers bruts qu'en aciers ouvrés, à environ 8 à 900,000 kilogrammes.

Les aciers de cémentation se préparent dans le midi de la France, dans la Loire et dans quelques autres localités, à proximité des centres de consommation, avec des fers des Pyrénées, du Dauphiné, de la Suède, de la Norvège, de la Russie, de l'Algérie, etc., et ceux qu'on importe, ainsi que les aciers fondus, proviennent de l'Angleterre.

La production annuelle est d'environ 6,500,000 kilogrammes, et l'importation de 500,000 kilogrammes.

Les applications des aciers cimentés, raffinés ou simplement étirés, sont nombreuses; ils s'appliquent à presque tous les usages des aciers naturels en coutellerie, taillanderie, outils d'ateliers, outils tranchants, et surtout pour ressorts de carrosserie et de chemins de fer.

Quant aux aciers fondus, il est bien reconnu aujourd'hui qu'ils présentent une supériorité marquée sur tous les autres, et qu'ils se substitueraient peu à peu dans presque tous les cas aux aciers naturels et aux aciers cimentés, si la différence de prix n'était pas un obstacle, et si leur élaboration n'exigeait pas plus d'habileté de la part de l'ouvrier.

Déjà, aujourd'hui, ils s'emploient avec avantage dans la coutellerie fine, la fabrication des limes et râpes, des faux et faucilles, et en général de tous les outils tranchants ou taillants; dans la fabrication des ressorts d'horlogerie et autres, des scies, des armes blanches, des baïonnettes et baguettes de fusil, des molettes à graver les rouleaux d'impression, de la tréfilerie, des plumes métalliques, de la quincaillerie, de divers objets d'art ou de luxe, etc., etc.; et il n'est pas d'ateliers de construction

de quelque importance, qui n'en reconnaisse l'emploi avantageux pour la préparation des outils tels que : burins, crochets de tours, marteaux, matrices et étampes, etc., comme aussi pour certaines pièces de machines dans lesquelles les qualités aciéreuses sont recherchées.

Nous avons vu plus haut que la première condition pour obtenir des aciers de bonne qualité, est de rencontrer des fers ou fontes à propension aciéreuse très-développée et de grande pureté ; la valeur relative des divers aciers du commerce est étroitement soumise à ces deux conditions.

Jusqu'ici les fers de Suède de certaines marques de choix, tiennent le haut de l'échelle ; on est invariablement forcé d'y avoir recours pour produire les aciers de qualités supérieures. Les prix de vente en forges de ces fers varient de 50 à 87 fr. les 100 kilogrammes ; ceux des marques inférieures de 36 à 50 fr. ; et, en y comprenant les frais de transports, les droits d'entrée et autres, ils reviennent en France aux prix de 65 à 120 fr.

Après eux viennent les fers russes, qui coûtent en forges de 35 à 47 fr. et ressortent en France à 68 et 80 fr.

L'importation des fers à aciers de toutes sortes, peut être évaluée à environ 2,500,000 kil. par année.

Quant aux fers français, ceux des Pyrénées et principalement ceux de l'Ariège, présentent à un assez haut degré la propension aciéreuse ; la production accidentelle de l'acier dans les forges catalanes en est une preuve suffisante ; mais il résulte précisément du mode de traitement grossier qu'ils subissent, qu'ils sont rarement purs et homogènes, et qu'il est de toute impossibilité d'obtenir, par leur emploi, une fabrication aussi régulière et aussi parfaite qu'avec les fers de Suède et de Russie, des marques mêmes inférieures.

Nonobstant ces conditions défavorables, les fers des Pyrénées figurent dans la production des aciers de cémentation pour près des trois cinquièmes de la totalité des fers employés ; leur prix peu élevé explique seul la faveur avec laquelle ils sont recherchés ; ils coûtent en forges de 40 à 42 fr. les 100 kilog.

Les autres fers français n'entrent que pour une proportion assez restreinte; et, s'ils sont mieux épurés que ceux de l'Ariège, en revanche ils ont une propension aciéreuse assez bornée.

La fabrication du fer par la méthode catalane donne des produits essentiellement inégaux, manquant d'homogénéité et presque toujours souillés de cendrules, de pailles ou d'autres défauts; par cela même, ils exigent pour leur transformation en aciers épurés des manipulations plus difficiles et plus nombreuses, qui exposent à perdre plus rapidement la propriété aciéreuse, sans qu'il soit possible de faire disparaître complètement les défauts. Cela entraîne en outre à des frais de main-d'œuvre, de combustibles et à des déchets et rebuts qui rétablissent, en quelque sorte, l'équilibre avec les fers de Suède et de Russie des dernières marques, malgré le prix de revient bien plus élevé de ces derniers.

Les minerais de l'Ariège jouissent cependant d'une pureté remarquable, et le groupe des Pyrénées présente une variété d'espèces qui pourrait fournir d'utiles ressources pour le traitement au haut fourneau; mais ils sont en général excessivement fusibles et très-difficilement réductibles, ce qui rendrait ce mode de production peu aisé.

En second lieu, la disposition topographique du pays, où de rares forêts sont disséminées sur une grande étendue, est beaucoup moins propre à une grande exploitation, qu'à l'exploitation par de petites usines à la catalane.

Il y aurait donc dans cette voie de perfectionnement de graves difficultés à surmonter, de nombreux essais à tenter, et probablement aussi d'importants capitaux à sacrifier, avant d'arriver à une exploitation possible, industriellement parlant.

Cependant là est le seul moyen qui s'offre aux fabricants pour améliorer la production des fers à aciers indigènes. Là, aussi, serait leur seule ancre de salut, si la France venait à diminuer ou à supprimer les droits d'entrée sur les fers étrangers.

Dans l'état actuel des choses, on le voit, la France ne peut s'affranchir complètement de l'étranger, surtout pour les fers

destinés à la fabrication des aciers fins ; mais elle est tenue de maintenir des droits protecteurs élevés, pour assurer le présent et réserver l'avenir d'une industrie qui est assurément susceptible de grandes et importantes améliorations, et qui peut devenir un jour aussi nationale par ses matières premières, que par la situation des nombreux établissements qui la pratiquent.

Au surplus, l'Angleterre, qui importe en France une assez forte quantité d'aciers supérieurs, se trouve elle-même dans des conditions analogues ; elle tire de Suède, de Norwége et de Russie, la presque totalité des fers propres à la cémentation.

Une seconde condition, qui n'est pas moins importante que la première pour que la fabrication des aciers puisse s'exercer dans des conditions favorables, est qu'elle s'établisse sur des proportions considérables.

La cémentation est une opération excessivement variable, dont on n'est pas encore parvenu à se rendre absolument maître ; on ne peut la conduire comme on veut ; le plus habile s'y trompe, et d'ailleurs il n'arrive jamais que toute la masse chargée dans un four de cémentation, masse qui varie de 20,000 à 50,000 kilog., prenne la carburation d'une manière uniforme et complète.

Les produits obtenus à la cémentation sont de nature très-variée ; il arrive souvent même que, dans une barre, on rencontre des différences notables. On est donc amené à faire un triage, à classer les échantillons selon leur cassure ou suivant d'autres signes caractéristiques qui sont familiers aux hommes du métier, et à les traiter, d'après leur degré de cémentation, soit pour aciers fondus de toutes qualités, soit pour aciers cimentés, étirés ou corroyés, de manière à fournir à la consommation des matières variées et appropriées aux nombreux besoins de l'industrie.

Il en résulte que les fabricants d'aciers doivent trouver l'écoulement de produits variés et nombreux ; car s'ils étaient réduits à un seul genre ou à un petit nombre, leurs déchets et rebuts seraient considérables, et ne leur permettraient pas de vendre à des prix convenables.

Enfin, il importe aussi que leur production soit considérable, pour qu'ils soient en état de ne livrer au commerce que des marques égales, et pour obtenir cette régularité invariable de fabrication qui fait la réputation des marques, et justifie la confiance du consommateur.

Jackson est le premier qui ait produit en France de l'acier fondu, et qui ait établi la fabrication des aciers sur une grande échelle.

C'est à lui et à ses fils qu'on doit en quelque sorte tous les progrès que cette industrie a réalisés depuis une trentaine d'années, tant par l'émulation et la concurrence qu'ils ont soulevées que par les nombreux ouvriers qu'ils ont formés, et qui se sont depuis lors établis pour leur propre compte ou ont passé dans d'autres établissements.

Les aciéries de MM. Jackson ont pris une importance telle aujourd'hui, qu'elles ne le cèdent en rien aux plus réputées de l'Angleterre. Elles ne contiennent pas moins de douze fours de cémentation et une fonderie de cent creusets, à l'aide desquels elles élaborent annuellement environ 3 millions de kilogrammes d'aciers divers.

Ces habiles industriels sont donc arrivés à pouvoir réunir toutes les conditions de succès, en rapport avec l'état actuel des choses. Comme les fabricants renommés de Sheffield, ils tirent de Suède et de Russie les fers destinés aux marques supérieures, et ils sont à même, par des mélanges convenables et par des choix judicieux sur une énorme quantité de matières premières, d'approprier parfaitement leurs produits aux usages auxquels on les destine.

Leurs procédés sont d'ailleurs si perfectionnés, que les Anglais eux-mêmes ne dédaignent pas de venir emprunter leurs moyens.

Et cependant on trouve encore généralement répandue en France cette opinion, que les objets d'acier fabriqués en Angleterre sont supérieurs aux mêmes objets fabriqués en France.

Est-ce un préjugé, est-ce une opinion fondée? C'est l'un et l'autre. La vérité est que dans un grand nombre d'industries, on

n'emploie pas en France les mêmes aciers qu'en Angleterre. Les fabricants du Yorkshire eux-mêmes préparent des aciers spécialement destinés au commerce français, et qui sont en général plus doux que les aciers analogues qu'ils font pour l'Angleterre. Cela tient à ce que les ouvriers français qui emploient ces aciers, ne savent pas les traiter comme les ouvriers anglais ; que, moins soigneux ou moins expérimentés, ils ne parviennent pas à tirer le meilleur parti possible des matières qu'ils élaborent.

C'est ainsi, par exemple, qu'aux dépens de l'excellence des résultats obtenus, les aciers naturels sont préférés pour beaucoup d'usages aux aciers cimentés et fondus, à cause de leur plus grande malléabilité et de la facilité avec laquelle ils se laissent travailler. Par les mêmes raisons, il arrive souvent aussi que les consommateurs favorisent eux-mêmes ces tendances : ainsi le maréchal ou le forgeron achète une lime en acier corroyé parce qu'il compte l'utiliser comme acier lorsqu'elle est usée, sans réfléchir qu'il paie cet avantage bien cher par le peu d'usage qu'il obtient de sa lime ; tandis que s'il était assez adroit pour utiliser de la même manière une vieille lime en acier fondu, il y trouverait bien mieux son compte.

La France, je le répète, est en état de produire exactement les mêmes aciers que l'Angleterre ; les mécaniciens, les ingénieurs, et bon nombre d'habiles manufacturiers, sont là pour l'attester.

Il résulte d'essais faits à Indret par une commission nommée en 1842 par le gouvernement. dans le but d'examiner la convenance qu'il y aurait à substituer les aciers français aux aciers anglais, jusqu'alors exclusivement employés aux travaux de la marine, que la malléabilité à chaud de l'acier français avant la trempe, a été trouvée supérieure à celle de l'acier anglais, et que celui-ci conservait après la trempe une dureté égale, sinon supérieure.

Pour rendre ses expériences aussi concluantes que possibles, la commission fit substituer dans les travaux de l'atelier d'ajustage d'Indret, des aciers français aux aciers anglais précédem-

ment employés. A cet effet, la totalité du *silver-steel* qui avait été mis à sa disposition pour les essais, fut transformée en crochets de tourneurs, planes, burins, etc., qu'on mit entre les mains des ouvriers pour les usages journaliers.

Il résulta de cet essai en grand (j'extrais textuellement du rapport de la commission), « *qu'aucun des hommes qui se sont servis du silver-steel, et qui jusqu'alors employaient seulement l'acier anglais, ne s'est plaint de l'infériorité du premier sur le dernier; qu'ainsi, il est aussi dur et ne s'égraine pas davantage pendant le travail; qu'il n'est pas plus cassant; il y en a même, parmi plusieurs ouvriers, tendant à déclarer que la dureté du silver-steel était supérieure à celle de l'acier anglais.* »

Depuis l'époque où ces essais furent faits à Indret, la marine de l'Etat n'a pas cessé de s'approvisionner en France.

L'infériorité de certains produits français, tels que les limes, la coutellerie, etc., ne peut donc s'expliquer que par une différence d'habileté dans l'emploi des matières.

L'Anglais trouve moyen d'appliquer un acier dur et ingrat sous la main de l'ouvrier, dans les mêmes cas où il faut à l'ouvrier français un acier plus doux et plus facile à travailler.

Il serait à désirer, sous ce rapport, que les ingénieurs ou les fabricants qui en trouvent l'occasion, approchassent ces questions de très près, persévérassent eux-mêmes et talonnassent les ouvriers, de manière à les faire marcher au progrès malgré eux.

En somme, des deux conditions principales à réunir pour faire de l'industrie des aciers une industrie toute nationale, l'une est remplie aujourd'hui par l'importance des établissements qui la pratiquent, et par le chiffre d'une consommation qui ne s'élève pas à moins de 12 millions de kilogrammes par année.

L'autre est en voie d'acheminement, mais il reste beaucoup à faire. On n'a pu trouver encore dans les ressources naturelles du pays, ces gages de sécurité qui tiennent aux dons de la nature, et qui assurent d'une manière invariable l'avenir des industries. Celle des aciers n'a dû jusqu'ici ses développements

qu'à la faveur des droits d'entrée considérables qui frappent les aciers étrangers ; droits énormes qui s'élèvent jusqu'à 120 francs par 100 kilogrammes pour les aciers fondus en barres, par exemple, et qui équivalent presque à la prohibition.

Les gouvernements qui se sont succédé depuis plus d'un siècle, n'ont pas cessé de la favoriser par tous les moyens qui étaient en leur pouvoir.

Si les résultats n'ont pas répondu entièrement aux espérances conçues, c'est que réellement les fabricants français se trouvent placés dans des conditions ingrates qu'il n'est pas sans intérêt d'examiner.

L'Angleterre a le monopole de certains fers de Suède, auxquels on est encore aujourd'hui forcé de recourir pour la production des aciers de première qualité. Le fabricant anglais se les procure à bas prix là où le fabricant français ne peut les obtenir qu'à un prix de revient très-élevé.

Les droits d'entrée de ces fers ne s'élèvent pas au-delà de 2 fr. 60 c. pour l'Angleterre ; tandis que pour la France, ils atteignent le chiffre énorme de 18 fr. 15 c. par 100 kilog.

Ils arrivent à Scheffield, moyennant un transport d'environ 50 à 60 centimes ; tandis qu'après avoir subi un fret considérable, qui varie, suivant les saisons, de 5 à 6 fr. par 100 kilog., il en coûte encore de 5 à 8 fr. pour les amener dans les aciéries de la Loire.

Enfin la supériorité et le bas prix des charbons anglais établissent un désavantage pour la France ; car là où l'on brûle de 300 à 350 kilog. de coke pour la fusion de 100 kilog. d'acier, on en consomme ici de 500 à 600 kilog., et en tout les mêmes proportions.

Il n'est pas jusqu'aux briques des fours qui créent une condition défavorable pour la France. On sait combien les briques réfractaires y sont à des prix élevés ; tandis qu'à Scheffield la boue ou la poussière des routes se trouve, par une faveur toute spéciale, réunir toutes les qualités réfractaires désirables.

En présence de ces différences de conditions qui emportent

un désavantage si marqué pour le fabricant français, on conçoit qu'un droit protecteur élevé soit maintenu, pour donner la vie à une industrie aussi intéressante que celle des aciers ; mais on ne peut se dissimuler que le consommateur en souffre, et que cela paralyse de nombreuses et utiles applications.

Il serait à désirer que le gouvernement trouvât moyen d'y porter remède dans une certaine mesure ; et peut-être le pourrait-il sans trop nuire à l'industrie indigène des fers à aciers, en diminuant les droits d'entrée sur les fers de Suède des marques supérieures que les fers de France ne peuvent ou ne pourront de longtemps remplacer.

Sur ce point, au moins, l'équilibre serait rétabli avec l'Angleterre, qui précisément fournit à la France les aciers fondus et corroyés supérieurs, préparés au moyen de ces fers de premier choix.

Quant aux progrès qu'on pourrait attendre au point de vue de l'art, l'industrie des aciers utilise aujourd'hui tous les moyens mécaniques perfectionnés empruntés aux usines à fer. Il n'y a, pour ainsi dire, que la partie purement chimique qui reste stationnaire et qui n'ait pas fait un pas en avant depuis l'origine ou, tout au moins, depuis que Réaumur par ses célèbres recherches, et Huntsman par sa mémorable découverte de l'acier fondu, ont enseigné au monde l'art et les moyens de fabriquer l'acier.

La cémentation et la fusion, à part certaines modifications dans les dimensions et la disposition des fours, se font exactement comme autrefois ; les seules conquêtes que l'art ait faites dans cette voie, ont été la substitution du poussier de charbon de bois pur et simple aux ciments composés, et l'abandon des fondants ou flux qui ont si longtemps fait faire fausse route aux recherches des artistes français.

Tout l'avenir de l'industrie des aciers au point de vue de la réduction des prix de vente, est donc lié surtout à la question de production de fers purs, et à propension aciéreuse très-développée.

Du jour où la France aura atteint ce but, elle aura conquis une industrie vraiment nationale et durable. Les droits exagérés disparaîtront ou se restreindront du moins à des limites raisonnables, et l'on verra la production et la consommation prendre un essor que l'imagination aurait de la peine à calculer.

Et l'on peut, jusqu'à un certain point, concevoir dès à présent la réalisation de cette importante condition, par le traitement au haut fourneau des minerais de l'Ariège, et peut-être aussi de ceux de l'Algérie; car la pureté et l'homogénéité qui manquent aux produits actuels de ces localités, sont les seuls obstacles sérieux qui s'opposent à la production d'aciers supérieurs.

Les énormes différences de prix qui existent entre les diverses marques de Suède, paraissent elles-mêmes dépendre surtout de ces précieuses qualités, que les Anglais ont si bien caractérisées par un mot de leur langue, *soundness* (qualité d'être sain).

L'impureté est un obstacle au soudage intime de toutes les parties, qui, s'il a peu d'intérêt pour le fer lui-même, acquiert une importance immense dans le traitement des aciers. Les défauts qui en résultent sont peu apparents dans les barres, et ne sont souvent mis en évidence que par le poli; mais ils rendent plus difficiles les élaborations ultérieures, et forcent fréquemment à rebuter des objets fabriqués au moment même où ils sont sur le point d'être achevés, et alors qu'ils ont coûté en pure perte bien au-delà de la valeur de l'acier.

Le défaut d'homogénéité n'est pas moins sérieux; on conçoit en effet que des matières diversement constituées, ne se conduisent pas exactement de la même manière dans toutes les circonstances où elles se trouvent, et que, lorsque des différences notables se manifestent, les opérations sont rendues plus difficiles, et les résultats moins satisfaisants.

D'habiles maîtres de forges, pénétrés de l'importance de ce fait, ont eu l'heureuse idée d'introduire dans leur fabrication un triage analogue à celui qui est pratiqué après la cémentation. Ils sont parvenus, par ce moyen, c'est-à-dire en formant des

paquets de bouts de barres, présentant aussi exactement que possible les mêmes analogies, à produire, avec des fers à la houille, des pièces de forge telles que canons, mortiers, arbres, essieux, etc., qui, après avoir subi les épreuves les plus rigoureuses, ont été reconnues égales, sinon supérieures, aux mêmes pièces fabriquées avec des fers au bois de première qualité.

Ce fait, quoique étranger à la question qui nous occupe, prouve combien l'homogénéité est une condition importante, lorsqu'il s'agit de l'élaboration des métaux, et surtout des aciers qui passent par tant d'épreuves avant de recevoir leur dernière destination.

Il suffit, au reste, de considérer combien le degré de chaude doit varier suivant la nature du métal pour le soudage ou pour obtenir un degré de trempe déterminé, pour se convaincre que si toutes les parties d'une même pièce ne sont pas semblables, elles ne se conduiront pas de la même manière, et que le but ne sera jamais atteint que fort incomplètement.

J'ai cru devoir insister sur ces deux points, parce que je suis convaincu qu'ils sont du plus haut intérêt, eu égard à la question des fers à aciers français, et que cette propriété, si vantée dans les fers de Suède, qu'on a désignée par le mot *corps* en opposition avec l'aigreur, ne dépend, à tout prendre, que de l'union intime des molécules, affinité qui ne peut exister que sous les conditions de pureté et d'homogénéité, et qui ne peut être conservée après une série de manipulations tendant à la détruire plus ou moins, qu'autant que la matière première la présentait elle-même à un point suffisamment élevé.

Des fers de l'Ariège produits de hauts fourneaux au bois, et de feux d'affinerie à l'allemande également au bois, ressortiraient à des prix moins élevés; leur plus grande pureté et homogénéité diminueraient le nombre des manipulations qu'on est forcé de leur faire subir aujourd'hui, pour en obtenir des aciers médiocres, et il en résulterait inévitablement des produits qui seraient à la fois supérieurs et moins chers.

Il est permis de supposer aussi que la nature aciéreuse et

l'extrême pureté des minerais de Rancié (Ariège) et de l'Algérie, ne perdraient rien à ce mode de traitement, et fourniraient de nouveaux éléments à la fabrication de l'acier naturel produit par la décarburation partielle de la fonte.

Au surplus, des trois espèces d'aciers qui s'emploient encore actuellement, deux d'entre elles doivent tendre à s'effacer insensiblement devant la supériorité incontestable de l'acier fondu.

Pureté, homogénéité parfaite, tels sont les titres de ce dernier, qui réunit d'ailleurs à un plus haut degré toutes les propriétés recherchées dans l'emploi des aciers, et qui, avec un peu plus d'habileté, se soumet à toutes les exigences de l'art.

Il me suffira, pour établir ce dernier point, de citer quelques exemples frappants qui sont de véritables conquêtes du progrès.

Autrefois, la France était tributaire de l'Allemagne pour les aciers naturels destinés à la fabrication des faux et pour les faux elles-mêmes. On n'admettait pour bonne que la faux du Tyrol ou de Styrie. Aujourd'hui, la majorité de celles qui se font ou qui se vendent en France, sont en acier fondu; les établissements de la Loire seuls en produisent près de 400,000 par an. Pour certains usages, la faux en acier fondu l'emporte invinciblement sur les autres; ainsi, les habitants des bords de la mer qui recolent le vareck, consentent à payer jusqu'à 10 francs une bonne faux en acier fondu, et la préfèrent exclusivement à toute autre, malgré une différence de prix de 300 p. 0/0.

Il en est absolument de même de la sape de Belgique et de la faucille d'Allemagne, qui tendent petit à petit à désertter le marché français, pour faire place aux produits similaires en acier fondu des usines de la Loire.

Une autre application, parmi les plus heureuses qui aient été faites jusqu'ici de l'acier fondu, consiste à remplacer, par des tiges de ce métal, les tiges de pistons des machines de marine qui sont sujettes à se fausser par de violents coups de mer, et à mettre le bâtiment en péril. Tous ceux qui s'occupent de machines connaissent les inconvénients des fortes dimensions

qu'on était auparavant forcé de donner à ces pièces, et peuvent apprécier l'avantage des nouvelles tiges.

Les tiges en fer aciéré ne sauraient d'ailleurs, en aucune manière, remplacer l'acier fondu comme solidité et élasticité.

Un préjugé assez répandu tendrait à faire considérer l'acier fondu comme un métal cassant, tandis qu'aucun autre ne présente autant de résistance à la rupture. On n'a qu'à examiner, par exemple, la manière dont résiste un sabre en acier fondu qu'on fait plier comme un jonc, et avec lequel on entaille du fer sans crainte de rompre le sabre, et où, cependant, la trempe est venue diminuer le corps du métal.

C'est si bien un préjugé que pour citer un exemple entre mille, je signalerai ces deux faits extrêmes : l'un d'un fabricant d'outils de chirurgie, l'autre d'un taillandier fabricant de bouchardes, tous deux de Paris, jouissant d'une juste renommée, qui, depuis longtemps, reçoivent à leur insu de l'acier fondu et croient employer de l'acier corroyé.

En France, la production et la consommation des aciers fondus sont encore, à l'heure qu'il est, assez restreintes. En Angleterre, au contraire, elles sont très-considérables.

Les aciéries du Yorkshire transforment en acier fondu près des deux tiers de leur production totale, qui est d'environ 16 millions de kilogrammes, et dans toute la Grande-Bretagne, ces aciers sont appliqués à presque tous les usages généraux, en coutellerie, taillanderie, tranchants de toute espèce, limes, râpes, ressorts, scies, quincaillerie, foyers, objets de luxe, etc., etc.; tandis qu'en France il n'est pas rare qu'on pousse à l'extrême contraire, jusqu'à faire des scies, des ressorts et des couteaux en fer pur.

Cependant, de nombreux exemples prouvent surabondamment que, malgré le prix élevé qu'il en coûte pour se procurer des aciers fins, il y a presque toujours avantage à les employer de préférence à d'autres; les fabricants ne l'ignorent pas. Ceux-là même qui inondent les marchés de produits médiocres connaissent l'importance d'un choix judicieux de matières pour leurs

exploitations. Il est aujourd'hui peu d'ateliers qui n'en soient arrivés à employer, pour leurs usages intérieurs, les aciers des premières marques, et qui n'y trouvent des avantages réels; et cela se conçoit aisément. Si, par exemple, un outil fabriqué avec tel acier qui coûte 200 francs, fonctionne pendant six heures sans être altéré, tandis que le même outil produit avec un acier de 100 francs ne fonctionne que deux heures, n'est-il pas vrai qu'il y aura avantage à employer le premier, tant pour le prix que pour le rendement de l'ouvrier? L'outil se trouvera coûter un tiers de moins, et produira un tiers de plus.

Tout cela est aussi logique que simple; et l'on se demande comment on peut tomber dans des errements qui ne servent qu'à gaspiller l'argent du consommateur, et à nuire aux développements du progrès des industries qui suivent de telles voies.

En résumé, ce que j'ai voulu faire ressortir de cette ébauche sur la production des aciers en France, c'est que cette industrie est parvenue aujourd'hui à des conditions de succès essentielles, mais qu'il reste beaucoup à faire pour la rendre vraiment utile et avantageuse au pays.

Toute industrie qui ne doit son existence qu'à des droits protecteurs exagérés, ne repose pas sur des bases solides et inébranlables; elle est à la merci des éventualités et des caprices du pouvoir. Et puis, les faveurs dont elle est entourée réagissent d'une manière préjudiciable sur les industries ses tributaires, et sur les intérêts des consommateurs.

Il peut être sage à un gouvernement de favoriser les premiers pas d'une industrie qui laisse entrevoir dans un avenir plus ou moins éloigné, des chances ou des probabilités de succès; mais ce gouvernement serait coupable, s'il laissait le fabricant s'endormir dans une fausse sécurité, et s'il ne travaillait pas à l'amener à des résultats avantageux pour le pays.

Il est temps aujourd'hui de commencer à améliorer la situation de l'industrie des aciers à un point de vue plus général, c'est-à-dire sous le double rapport du producteur et du consommateur.

Deux moyens se présentent, l'un pour le gouvernement, qui consisterait à réduire les tarifs des droits d'entrée des fers à aciers, et à admettre même en franchise les premières marques de Suède, celles de Danemora, par exemple, qui l'emportent sur tous les fers connus, par leur haute propension aciéreuse et leur extrême pureté.

Ces fers reviendraient encore en France à des prix suffisamment élevés, pour qu'une large marge fût réservée à la concurrence des fers français, dans le cas où l'on parviendrait à les améliorer au point de les rendre égaux à ceux de Suède.

Le mode de contrôle adopté en Suède pour les marques de fabriques rendrait d'ailleurs toute fraude impossible, et n'entraînerait aucune complication sérieuse pour le système douanier.

L'autre moyen est entre les mains des fabricants; il réside dans une exploitation plus perfectionnée des ressources du pays; et l'on peut, sans crainte d'être taxé d'exagération, avancer au moins que tant que des expériences concluantes n'auront pas été faites sur le traitement au haut fourneau des minerais pyrénéens, il serait téméraire de frapper d'interdiction l'avenir d'une ressource si riche en espérances, et si digne de la sollicitude de tous ceux qui recherchent les véritables intérêts industriels de la France.

J'ai voulu enfin établir que les aciers supérieurs de France peuvent rivaliser avec ceux d'Angleterre, et que s'ils n'ont pas encore obtenu une faveur générale, cela tient à un vieux préjugé difficile à déraciner, mais qui, je me plais à le constater, diminue rapidement tous les jours.

Il y a lieu d'espérer que, dans un avenir assez rapproché, la France saura s'affranchir complètement de l'étranger pour tous les aciers nécessaires à sa consommation. Elle ne sera plus que tributaire de la Suède et de la Russie, pour les excellentes qualités de fers qui sont indispensables encore, pour créer des produits à la hauteur de ceux des autres pays; mais en ceci, la France sera du moins sur le même pied que l'Angleterre.

Quant à se passer entièrement de ces fers, le doute reste, et l'attente en tous cas sera probablement de plus longue durée, car les progrès métallurgiques sont généralement peu rapides, surtout lorsqu'il y a des réformes radicales à introduire.

Il en sera de même des progrès à réaliser sur l'emploi de matières plus convenables, dans les diverses applications des aciers, parce qu'il s'agit de combattre un préjugé et une routine consacrés depuis de longues années, et que le caractère de l'ouvrier ne s'y prête qu'avec lenteur.

A part les magnifiques tôles d'acier fondu de MM. Jackson, l'exposition de 1849 n'offrait rien de bien saillant sur celle de 1844, quant aux aciers bruts.

Il est du reste assez difficile d'apprécier le mérite de ce métal, sur les apparences extérieures et sur la cassure des barres ; cependant, on a pu observer que les aciers de MM. Jackson présentaient une uniformité de grainure remarquable, et que toutes les barres d'un même paquet ou d'une même marque, étaient rigoureusement semblables ; ce qui justifie pleinement la haute réputation dont jouit cette maison.

Les aciers fondus marqués à la croix d'honneur, et à l'éléphant surtout, ont dû attirer l'attention ; mais leurs prix, quoique moins élevés que ceux des aciers anglais avec lesquels ils sont destinés à rivaliser, sont bien hauts pour être accessibles à tous les usages auxquels ils conviendraient. Ils reviennent à Paris à 280 francs les 100 kilogrammes.

Après les produits de MM. Jackson, je citerai ceux de M. Jacob Hobzer, qui, dans plusieurs qualités, les suivaient de bien près.

Quant aux autres fabricants, ils ont presque tous présenté des barres qui pouvaient être d'excellente qualité, mais l'égalité des signes extérieurs était loin d'atteindre le même degré de perfection.

Au reste, la parfaite uniformité de grainure qui constitue l'homogénéité et l'égalité des marques, n'est guère possible que pour les aciers fondus ; la nature des deux autres sortes,

et surtout celle des aciers naturels ; quand bien même ils ont subi plusieurs corroyages, est incompatible avec cette égalité.

MM. Léon Talabot et C^{ie} et M. de Bassano, ont exposé quelques échantillons d'aciers fondus fabriqués avec des fontes ou fers de l'Algérie. Ces aciers paraissaient être de qualité assez ordinaire ; mais ils ne peuvent rien faire préjuger de certain, quant à présent, sur l'avenir de cette branche de l'industrie algérienne, parce qu'ils n'étaient que le fruit de premiers essais faits dans des conditions peu favorables. Ceux de MM. Talabot ont été obtenus au moyen de minerais de Bouhamra, convertis en fer par la méthode catalane, et ceux de M. de Bassano ont été préparés chez MM. Jackson avec des fontes aciéreuses produites au début du roulement du haut fourneau de Bone, pendant les études de la mise en feu, et alors qu'on n'en était qu'aux essais sur le traitement du minerai. Depuis lors, les événements politiques sont venus arrêter cette exploitation, qu'une nouvelle compagnie, sérieusement constituée, va reprendre prochainement.

Les aciers fondus en feuilles étaient sans contredit égaux en beauté aux produits similaires anglais ; cette fabrication est, du reste, nouvelle en France ; elle date de 1845.

Mais le progrès le plus sensible est plutôt dans la plus grande faveur accordée dans ces derniers temps, par le commerce français aux aciers indigènes, et surtout aux aciers fondus de premières marques, qui sont destinés à remplacer les aciers anglais supérieurs importés en France, et qui pourraient même les concurrencer sur quelques marchés étrangers favorablement placés, tels que la Suisse et la Savoie, si ces produits étaient dégrévés des droits qui frappent à leur entrée en France les fers de Danemora, avec lesquels ils sont fabriqués.

Plusieurs pièces de forge en acier fondu, telles que glissières de locomotives, arbres de tours, tiges de piston, etc., étaient également exposées, et se faisaient remarquer par leur fini d'exécution. Ces applications plus ou moins heureuses accusent un grand pas dans la fabrication des aciers fondus, et ouvrent aux constructeurs une nouvelle voie de perfectionnements, par l'in-

roduction, dans les machines, d'une matière qui réunit au plus haut degré les conditions de poli parfait, d'élasticité et de résistance, sous le plus petit volume possible. On ne saurait trop en encourager l'emploi; car, dans une infinité de cas, elle est en état de fournir aux arts des moyens d'action, bien supérieurs à ceux qu'on peut tirer de tous les autres métaux.

MM. Jackson ont exposé une tige de piston du poids de 1,037 kilog. ; la principale difficulté d'exécution de cette pièce, était dans la conduite de la fusion simultanée des 60 creusets nécessaires pour couler le lingot. Il fallait, en effet, que chacun de ces creusets, chargé de 20 kil. d'acier environ, arrivât au même point, à la même heure; car si cette condition n'eût été remplie, la pièce eût été manquée. Elle ne marque pas, du reste, la limite du poids que MM. Jackson sont en état de couler, puisque leur fonderie est organisée pour recevoir 100 creusets.

Quant à l'exécution de forge, la difficulté était dans le degré des nombreuses chaudes à donner, pour l'étirage et pour parer la pièce.

MM. Bergeron, Verdié et C^{ie} avaient aussi à l'exposition une tige d'un grand volume, mais cependant beaucoup moins considérable que celle dont je viens de parler.

Les produits en acier ouvrés se sont également signalés par de notables améliorations, tant sous le rapport des prix que sous celui de l'exécution.

De 1844 à ce jour, la faux en acier fondu a continué à prendre faveur, et la faux d'Allemagne a été repoussée du marché français, dans des proportions de plus en plus fortes. Son importation doit être bien minime aujourd'hui, comparativement à ce qu'elle était autrefois; il est probable que pour 1849 elle ne dépassera pas le chiffre de 50,000.

Il est incontestable qu'un progrès considérable a été fait dans la fabrication des faux françaises, et qu'elles sont aujourd'hui bien supérieures aux faux d'Allemagne pour les formes et pour la qualité. Des essais ont été tentés dans le but de réduire encore les prix de vente; on a essayé de souder au borax une

lame d'acier fondu sur du fer, afin de former la nervure en fer et le tranchant en acier : la réussite a été complète ; mais cette fabrication n'a pas encore pris des proportions manufacturières.

On a aussi cherché à former des faux d'une lame d'acier rivée sur une nervure en fer, comme cela se pratique en Angleterre, où elles sont très-accréditées. Jusqu'ici elles n'ont pas été très-bien accueillies en France.

La fabrication de la sape en acier fondu, dont se servent les moissonneurs du nord de la France, pour le fauchage des céréales, est une nouvelle création qui a parfaitement réussi. Cet outil se tirait autrefois de Belgique ; il est probable que dans peu d'années, il n'en viendra plus une seule de l'étranger.

Enfin, les faucilles, forme ou façon d'Allemagne, sont aussi une production nouvelle qui a pris très-rapidement une grande importance ; elles sont infiniment supérieures, comme formes et comme qualités, aux faucilles en acier naturel d'Allemagne, et se livrent cependant au commerce aux mêmes prix. Ce produit est également en acier fondu.

Dans la fabrication des scies, deux importants perfectionnements ont été introduits ; l'un consiste à obtenir l'amincie du dos au laminage, pour éviter le meulage. Ce but s'atteint en laminant à froid et recuisant souvent, et en inclinant par pression le cylindre mâle, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, pour redresser les courbes produites, et de telle manière, qu'au dernier étirage, la lame sorte droite, quoique amincie dans un sens.

L'autre perfectionnement consiste à tremper les lames entre deux bandes de fer chauffées, qui les pressent fortement et les empêchent de se voiler ou de se bosseler ; cela évite le redressage, opération longue et difficile. On se borne alors à les passer une dernière fois à froid au laminoir, pour leur donner un écrouissage convenable.

Dans les gros aciérages de taillanderie, d'agriculture et autres, on commence à appliquer directement l'acier poule comme

en Angleterre. L'emploi de ce produit brut de la cémentation donne des résultats plus économiques et plus avantageux ; lorsqu'il est habilement employé, il acquiert par le travail direct sur les objets qu'on acièrè, les propriétés qu'il reçoit dans d'autres circonstances du corroyage.

Mais cette application ne pourra prendre de l'extension en France que lorsqu'on produira dans les qualités communes, et à bon marché, des aciers cimentés plus purs que ceux qui se font aujourd'hui.

La fabrication des ressorts de carrosserie a réalisé de notables progrès sous le rapport de la légèreté et de la flexibilité, surtout dans la suspension des diligences, des omnibus, des tapisseries et de tous les lourds véhicules en général. Quant à ceux des chemins de fer, on ne peut en dire autant ; car, à part quelques légères différences et quelques exceptions peu nombreuses, ceux qui se font aujourd'hui ne présentent presque aucun progrès sur ceux qui se faisaient il y a cinq ans et plus.

L'opinion a été longtemps égarée au sujet des ressorts à entretoises ; on commence à en revenir ; il est probable que dans peu ils seront complètement abandonnés.

L'entretoise ne donne pas de force, comme on a paru le croire ; au contraire, elle nécessite des courbures peu rationnelles, qui ne permettent pas d'utiliser la propriété élastique à un degré aussi élevé que dans les ressorts ajustés. Si les ressorts à entretoises paraissaient présenter de l'économie sur les autres, cela tenait évidemment à ce qu'en général on les construisait avec des aciers plus épais ; il devait y avoir économie, puisque la résistance à la flexion croit en raison directe du cube des épaisseurs de barres. Mais c'était se mettre dans de mauvaises conditions ; rien n'empêche d'augmenter également l'épaisseur des feuilles dans les ressorts ajustés ; on le peut d'autant mieux, que pour ces derniers, on est parfaitement maître de la courbure à donner, ce qui permet de répartir la flexion également sur toute la longueur des feuilles, et par conséquent de tirer de la matière le plus grand parti possible. Quant au maximum

d'épaisseur à donner aux feuilles, il y a nécessairement une limite déterminée par l'élasticité de l'acier; le progrès doit tendre à rester le plus près possible de cette limite, et à rechercher toutes les dispositions qui favorisent l'emploi des aciers les plus épais.

On devrait aussi essayer d'employer les aciers fondus, qui, à dimensions égales, présentent plus de raideur et plus d'élasticité, et qui, par conséquent, sous un volume réduit, donneraient des résultats plus égaux, plus constants et plus durables. Quelques essais qui ont été faits en carrosserie bourgeoise seraient de nature à en faire présager le succès.

Au reste, les ressorts de chemins de fer ont été généralement exécutés jusqu'ici sur les plans et indications des ingénieurs; les fabricants n'ont pas eu la liberté d'y introduire les perfectionnements qu'ils auraient pu y apporter. Peut-être serait-il convenable de leur laisser une latitude plus grande; depuis qu'ils fabriquent pour les chemins de fer, ils ont dû se rendre compte des besoins, ils ont pu, mieux que personne, apprécier les avantages de tels ou tels systèmes, et ils doivent être en état aujourd'hui de faire avancer la question par leur initiative.

Les limes et râpes n'ont pas fait un grand pas. C'est surtout dans cette partie qu'on n'emploie pas en France les mêmes matières qu'en Angleterre. Une bonne lime exige un acier qui soit à la fois très-résistant et très-dur; c'est aussi le plus difficile à travailler; on y parvient cependant en le faisant recuire pendant longtemps à une haute température, et à l'abri du contact de l'air; mais cela exige beaucoup de soins de la part de l'ouvrier. Les limes françaises sont en outre peu égales; cela tient surtout à la trempe, qui n'est pas faite dans des conditions rigoureusement semblables. Il serait à désirer qu'on adoptât pour la trempe les habitudes anglaises, qui consistent à opérer dans l'obscurité la plus complète; l'ouvrier peut bien mieux juger sa chaude et parvenir à une plus grande régularité, que s'il opère en plein jour. Ce mode de procéder serait aussi par-

faitement applicable à la coutellerie , à la quincaillerie , et en général à tout ce qui exige une trempe uniforme et régulière. Il arrive souvent que sur vingt rasoirs , on n'en trouve pas deux qui se ressemblent , quoiqu'ils aient tous été fabriqués exactement avec la même matière , avec la même barre d'acier ; cela tient évidemment à l'irrégularité de la trempe et au peu de soin qu'on apporte généralement dans cette opération.

La quincaillerie se faisait d'ailleurs remarquer par l'élégance des formes ; la soudure au borax a atteint aujourd'hui un degré de perfection très-élevé , et les prix de vente sont généralement tombés assez bas. Il est vrai que c'est souvent un peu aux dépens de l'ouvrier ; il serait bien préférable de procurer de l'économie par une plus grande perfection des produits , plutôt que de la rechercher dans la diminution des salaires , qui ne sont déjà pas de nature à procurer beaucoup de bien-être à une classe laborieuse et intéressante à plus d'un titre.

Au reste , la misère de 1847 et la crise politique de 1848 ont forcé beaucoup de fabricants à des réductions qui ne seront que passagères , et qui devront disparaître au retour de la confiance et à la reprise des travaux.

Beaucoup d'affaires se sont traitées pendant la durée de l'exposition , beaucoup de relations se sont renouées. Il est à espérer que l'industrie ne tardera plus longtemps à reprendre son essor , et qu'avec elle renaîtront la force et la sécurité de la France.



MÉMOIRE N^o XIII.

De l'emploi du Zinc dans les constructions,

PAR M. YVERT, Ingénieur civil.

L'expérience ayant démontré depuis plusieurs années tout le parti qu'on pouvait tirer du zinc, ce métal a été mis en œuvre sous tant de formes différentes, qu'on est parvenu aujourd'hui à pouvoir le laminier en feuilles très-minces, le marteler, le tourner, le découper avec la plus grande facilité, l'étirer en fils de tout diamètre comme le fer, et le couler comme la fonte.

Ces avantages, réunis à un prix très-moderé, le font employer dans un grand nombre de cas, dans les constructions et pour une foule d'usages domestiques.

Il y a déjà un certain nombre d'années que l'on se sert du zinc en feuilles dans les couvertures, et son emploi de préférence à la tuile, à l'ardoise, au plomb ou au cuivre, offre plusieurs avantages.

L'expérience a prouvé qu'un espace donné, recouvert en zinc, aurait coûté, au bout d'un certain nombre d'années, $\frac{2}{5}$ de moins que si l'on eût employé de la tuile, et $\frac{1}{2}$ de moins que si l'on eût employé de l'ardoise. Une couverture en plomb, et surtout en cuivre, serait beaucoup plus chère.

Une couverture en feuilles de zinc présente beaucoup moins de joints. On peut donc donner au toit une inclinaison beaucoup moindre. Ainsi, tandis que l'on donne ordinairement $1\frac{1}{3}$ pour 1 de base aux toits en tuiles, et 1 pour 1 de base aux toits en ardoises, on ne donne que $\frac{2}{5}$ pour 1 de base à ceux des habitations couvertes en zinc, et même $\frac{1}{5}$ pour 1 de base à ceux des hangars, des halles, des remises, etc.

Il s'ensuit que, quand l'on emploie le zinc, on a une moindre surface de couverture.

De plus on a besoin de moins de bois pour la charpente des combles; les murs de pignon et les souches de cheminée sont moins élevés; les gros murs ont donc moins de poids à supporter. Car, tandis que 1 m. c. de tuiles pèse de 80 à 90 kil., et 1 m. c. d'ardoises 17 à 20 kil., le mètre carré de couverture de zinc en feuilles du n° 14 ne pèse que 7 kil.

Le zinc est plus tenace et plus léger que le plomb; il présente la même solidité avec une épaisseur quatre fois moindre.

Les feuilles de plomb, ne glissant pas facilement sur les surfaces qu'elles recouvrent quand il se manifeste des variations de température, se gondolent, se plissent et n'offrent plus une surface unie. Dans les angles, par ces changements de température, les feuilles de plomb sont sujettes à un mouvement plus ou moins gradué qui fait jeu de charnière et les déchire très-promptement.

Quand on a soin de poser les feuilles de zinc à dilatation libre, leur emploi ne présente aucun des inconvénients que nous venons de rappeler pour le plomb.

Une couverture en zinc coûte environ quatre fois moins qu'une couverture en cuivre.

De plus, l'oxide de zinc qui se forme à la surface des feuilles n'étant pas soluble, ne communique pas aux eaux les propriétés vénéneuses que le cuivre et le plomb lui donnent. Cet oxide, à la surface, préserve le reste du métal qui ne s'altère plus, tandis que le cuivre, une fois attaqué, continue à s'oxyder.

En cas d'incendie, une toiture en zinc, à cause de sa faible pente, permet de porter des secours partout où c'est nécessaire. Ce métal fond à une température plus élevée que le plomb; il coule sans produire d'étincelles comme lui, et fondant bien avant de rougir, il n'a pas, dans ce cas, les mêmes inconvénients que le cuivre.

Quand on emploie le zinc pour couverture, il faut que les voliges et les tasseaux sur lesquels on pose les feuilles de métal

soient en sapin ou en bois blanc et non pas en chêne, parce que l'eau de condensation, qui, par suite des changements de température, recouvre la surface interne de la couverture, dissout les sels tanniques contenus dans le bois, et acquiert ainsi une action corrosive qui attaque rapidement les feuilles de zinc.

Il faut aussi éviter qu'il touche du fer exposé à l'humidité, parce que l'action galvanique qui résulte du contact de ces deux métaux amène la prompte destruction du zinc.

Les feuilles de zinc sont numérotées par ordre d'épaisseur. Le n° 1 indique la plus faible.

Toutes les feuilles du n° 10 au n° 25 ont 2 mètres de long sur 0^m,50, 0^m,65 ou 0^m,80 de large. Elles coûtent en ce moment 60 fr. les 100 kil.

Les feuilles de zinc que l'on emploie le plus ordinairement pour couverture sont celles du n° 14. Elles ont 0^{mm},87 d'épaisseur, et selon qu'elles ont l'une des trois largeurs, elles pèsent 5^k,95, 7^k,70 ou 9^k,50. C'est généralement de la plus grande largeur que l'on se sert. Le poids du mètre carré est de 5^k 95.

On emploie aussi avec succès, pour couverture des bâtiments en général, des ardoises en zinc qui peuvent être cannelées, estampées ou à écailles. Ce genre de couverture, dont le prix varie entre 7 fr. 50 et 10 fr. le mètre carré tout posé, demande beaucoup de soin; mais, en raison de la petite dimension de chaque ardoise, dont la dilatation est complètement libre, il ne peut y avoir déformation dans la surface. Aussi, il existe des constructions couvertes par ce système qui, depuis dix ans, n'ont donné lieu à aucune réparation d'entretien.

On emploie le n° 15 (qui a 1^{mm},01 d'épaisseur) pour couvrir les terrasses, chaperonner les murs, faire des cheneaux et des gouttières, ainsi que des tuyaux de descente, qui ne coûtent que de 2 fr. 30 à 2 fr. 50 le mètre courant tout posé. (Les feuilles de ce n° pèsent 7^k,50 le mètre carré.)

On fait aussi des tuyaux de cheminée qui ont l'avantage de

ne pas être attaqués par la fumée et la pluie, et qu'on n'est pas obligé de peindre comme les tuyaux en tôle. On a pu donner aux tuyaux en tôle les propriétés des tuyaux en zinc en les galvanisant, opération qui n'est autre chose qu'un zincage; mais on ne leur donne ces nouvelles qualités qu'en augmentant le prix.

Sans parler ici des mille applications diverses qui ont déjà été faites de ce métal, soit pour les ustensiles de ménage, ornements et décorations estampés ou fondus, châssis de comble, girouettes, clochetons, doublures de mangeoires ou de caisses d'emballage, caisses à poudre, vasistas ou encadrements de vitraux d'église, couvertures de wagons ou de voitures ordinaires, etc., etc., on doit cependant signaler un nouveau progrès dont on a pu voir l'application à l'exposition dernière : c'est la transformation du zinc en moulures pour chambranles, pilastres, corniches et autres décorations des façades de bâtiment. Cette idée toute nouvelle est destinée sans doute à avoir des résultats très-avantageux; mais pour que l'application en soit faite d'une manière sérieuse dans l'industrie, il faut que les prix de revient actuels soient tellement diminués, qu'il n'est presque pas permis d'espérer que jamais ils puissent lutter avec ceux des moulures en plâtre qu'on exécute aujourd'hui.

Depuis 1833, on s'est servi des feuilles de zinc pour le doublage des navires au lieu de feuilles de cuivre; mais à partir de 1840, son emploi s'est généralisé, et le nombre de navires doublés en zinc a toujours été en augmentant. Toutefois les navires au long cours qui doivent naviguer dans les pays chauds n'ont pas adopté ce métal; ils craignent pour lui l'action d'une haute température. Pour le cabotage des côtes de l'Europe, on n'a pas à redouter les mêmes inconvénients, et en Angleterre, l'année dernière et surtout cette année, un grand nombre de bâtiments des ports de Plymouth, de Newcastle, des Shields et de Liverpool ont été doublés en zinc.

On se sert, pour le doublage des navires, des nos 15, 16 et 17, dont les feuilles, pour l'usage spécial de la marine, ont des

dimensions autres que celles indiquées plus haut. Il y a des feuilles de 1^m,15 de longueur sur 0^m,35 de large, et d'autres de 1^m,30 sur 0^m,40. C'est ordinairement la plus petite dimension qu'on emploie.

Le n° 15 s'applique au milieu de la carène et au-dessous de la ligne de flottaison, en un mot, dans les endroits qui ont le moins de fatigue; le n° 16, à l'arrière du navire et sur la ligne de flottaison, et le n° 17, à l'avant où le frottement de la lame exige une plus grande résistance.

On fait des clous en zinc de toute espèce, de toute dimension, pour ainsi dire, et même des pointes de Paris qu'on peut faire entrer dans un morceau de cœur de chêne sans les faire ployer.

L'industrie sucrière emploie les feuilles nos 18, 19 jusqu'à 24 (qui ont 1^{mm},36, 1^{mm},48, 1^{mm},66, 1^{mm},85, 2^{mm},2, 2^{mm},19 et 2^{mm},37, et qui pèsent 8^k,45, 9^k,35, 10^k,30, 11^k,25, 12^k,50, 13^k,75 et 16^k,25 le mètre carré), pour faire des formes à sucre, des recouvrements de planchers, des lits de pains, des réservoirs, des caisses à cristallisation et à filtration, des couloirs pour recevoir le sucre non cristallisable qui coule des formes. On emploie les nos 23 et 24 pour garnir intérieurement les cuves à papeteries. Faites avec ces numéros, ces cuves peuvent durer 50 ou 60 ans.

L'industrie des papiers emploie les nos 8 et 9 pour le satinage; mais la fabrication de ces feuilles exige des soins très-minutieux pour obtenir un grain d'une grande finesse et d'une surface parfaitement unie. Dans ce cas, les feuilles ont des dimensions particulières, et le n° 8 coûte 150 fr. les 100 kil., et le n° 9, 120 fr.

On emploie aussi le n° 10 pour le satinage des étoffes, et, dans ce cas, il vaut 90 fr. les 100 kil.

Les feuilles des nos 1, 2 et jusqu'à 8 sont celles que l'on perfore, au moyen d'emporte-pièce, pour faire des cribles et des tamis en zinc qui ne se crévent pas comme ceux en peau ou en criu. On emploie utilement des feuilles perforées pour clô-

ture de cage, de garde-manger, partout enfin où l'on n'a pas besoin d'une forte résistance.

On fait, enfin, des plaques en zinc pour la gravure qui ont 5 millim. d'épaisseur, pour un prix très-moderé.

Un grand pas fait par l'industrie du zinc est celui de l'étréage. On fait maintenant du fil de zinc comme du fil de fer.

Il n'a pas, à beaucoup près, les mêmes propriétés; mais il peut le remplacer avantageusement dans tous les cas où le fil de fer sert seulement comme lien, quand il est exposé à l'humidité et quand il n'a pas besoin d'offrir une grande résistance. Ainsi, le fil de zinc n° 1 peut être employé très-avantageusement pour la fabrication des treillages d'espalier, pour attacher les plantes à leurs tuteurs.

Suivant le numéro du fil, le prix de la botte de fil de zinc de 5 kil. coûte de 3 fr. 55 à 5 fr. 55. Comme ce métal est plus léger que le fer, pour le même prix on a une plus grande longueur de fil. Du reste, ce fil se casse difficilement. Son plus grand défaut est de manquer d'élasticité. On en fait des toiles métalliques pour garde-manger et garde-feu, pour grilles pour les confiseurs, couvre-plats de toute façon, cages, tamis, cribles et grillages qui ne sont pas exposés à recevoir de grands chocs; car, une fois déformés, ils ne peuvent plus reprendre leur forme première.

On fait aussi des cordages en zinc qui se ploient très-aisément, et avec des cables de 0^m,25 à 0^m,30 de diamètre, on peut faire un nœud avec la plus grande facilité. Mais il est douteux que ces cordages trouvent beaucoup d'application.

La fonte de zinc est employée à faire les mêmes pièces que la fonte de fer; mais comme elle est beaucoup plus légère, elle donne des objets d'art à bien meilleur compte qu'elle.

Elle remplace donc avantageusement, dans une foule de circonstances, le marbre, le bronze et même la fonte de fer.

Dans ces derniers temps, des études sérieuses et approfondies ont permis de reprendre avec succès un emploi spécial du

zinc dans l'industrie, trouvé déjà depuis longtemps, mais resté jusqu'à ce jour sans application positive : c'est sa substitution au plomb et au cuivre dans la fabrication du blanc et des couleurs à base de plomb et de cuivre; cette étude rentre dans celle des produits chimiques.

MÉMOIRE N^o XIV.

Analyse de quelques grès cérames.

Par M. SALVÉTAT ,

Chimiste de la manufacture nationale de Sèvres.

La fabrication des grès cérames fins et grossiers n'a pas été jusqu'à présent ramenée, relativement à la composition de la pâte, à des proportions simples et définies. Fréquemment consulté sur la valeur, pour cet usage, de certaines argiles plastiques, j'ai cherché, par l'analyse des quantités de silice et d'alumine renfermées dans les grès, à connaître dans quelles limites ces éléments pouvaient varier, en prenant en considération la nature du vernis dont ces produits céramiques sont recouverts. J'ai choisi pour point de départ les grès les plus connus, ceux dont les bonnes qualités ont assuré la réputation. Cinq avaient reçu une glaçure par des procédés divers, cinq autres étaient à l'état de grès mats.

Tous ces grès ont été pulvérisés, puis traités par l'eau et séchés. L'eau ne leur a rien enlevé. Il était indispensable de leur faire subir cette opération afin de ne pas considérer comme partie constituante les alcalis qui auraient pu pénétrer mécaniquement la pâte pendant l'opération du salage et qui n'auraient été qu'interposés.

On a attaqué la poudre fine séchée par l'acide hydrofluorique, et les éléments ont été séparés par les procédés ordinairement employés. La silice a été dosée directement dans une attaque au carbonate de soude.

Les tableaux qui suivent renferment les résultats ainsi obtenus.

GRÈS CÉRAMES LUSTRÉS.

	Vauxhall. (1)	Helsingborg. (2)	Frechen. (3)	Voisinlieu. (4)	St-Amand. (5)
Silice	74,00	74,60	64,01	74,30	75,00
Alumine.....	22,04	19,00	24,50	19,50	22,40
Oxyde de fer.....	2,60	4,25	8,50	3,90	4,60
Chaux.....	0,60	0,62	0,56	0,50	0,25
Magnésie.....	0,17	Traces.	0,92	0,80	Traces.
Alcalis.....	1,06	1,30	1,42	0,50	0,84
Perte.....	0,13	0,23	0,09	0,50	0,81

GRÈS CÉRAMES MATS.

	Saveignies. (6)	Chine. (7)	Japon. (8)	Baltimore. (9)	Wedgwood (10)
Silice	65,80	62,00	62,04	67,40	66,40
Alumine.....	27,64	22,00	20,30	29,00	26,00
Oxyde de fer.....	4,25	14,00	15,58	2,00	6,42
Chaux.....	1,42	0,50	1,08	0,60	1,04
Magnésie.....	0,64	Traces.	Traces.	0,00	0,15
Alcalis.....	0,24	1,00	Traces.	0,60	0,20
Perte.....	0,31	0,50	1,00	0,40	0,00

(1) Grès de Vauxhall, pâte blanchâtre, fine, bien tournée, à surface extérieure poreuse, vernissée au sel marin.

(2) Grès de Helsingborg en Scanie, pâte grisâtre, grossière, mal tournée, vernissée au sel marin.

(3) Grès de Frechen, pâte brun foncé fine, bien tournée, vernissée, à couverte terreuse.

(4) Grès de Voisinlieu, fabrication de MM. Ziegler, pâte blanchâtre, fine, bien travaillée, vernissée au sel marin.

(5) Grès de Saint-Amand, pâte commune, à couverte terreuse. Ce grès avait déjà été analysé par M. Berthier; cette analyse confirme la sienne.

(6) Grès de Saveignies, pâte brun-clair, grossière, très-sonore.

(7) Grès de la Chine, pâte très-fine, bien travaillée, fortement colorée en brun rouge.

(8) Grès du Japon, pâte de même apparence que celle de la Chine.

(9) Grès de Baltimore, pâte blanchâtre, très-fine.

(10) Grès de Wedgwood, pâte jaunâtre, très-fine, très-sonore, bien tournée.

L'analyse de cette poterie, faite il y a quelques années par M. Buisson, lui avait donné les résultats suivants :

Silice.....	62	Chaux.....	2
Alumine.....	24	Soude.....	8
Oxyde de fer.....	1	Perte.....	3

La présence d'une aussi grande quantité de soude dans ce grès comme élément normal me paraît inadmissible ; une semblable composition, analogue à quelques verres à bouteilles, aurait certainement fondu, et il est à peine possible de l'admettre comme alcali interposé, en raison de la finesse du grain et de l'imperméabilité de la pâte des grès du célèbre potier. C'est le doute que je conservais à l'égard de l'exactitude de cette analyse qui m'a engagé à la répéter, et les résultats auxquels je suis arrivé font disparaître toute incertitude.

Pour vérifier la valeur des données fournies par l'analyse et constater l'influence de la température sur la fusibilité d'un composé de cette sorte, j'ai soumis à la température des fours de porcelaine de Sèvres des fragments des grès analysés, et pour la plupart ils ont subi cette température sans s'altérer.

Cependant les grès nos 7 et 8 de la Chine et du Japon se sont considérablement ramollis et agglutinés. Le grès n° 3 de Frechen s'est un peu affaissé. L'intensité de la coloration qu'ont prise ces diverses poteries s'est maintenue proportionnelle à la quantité de l'oxyde de fer indiquée dans l'analyse.

Les résultats qui précèdent, obtenus sur des produits venant de localités très-éloignées, mettent en évidence que, sous le rapport de leur contenance en silice, en n'ayant pas égard à la température nécessaire pour les cuire, les grès cérames peuvent être divisés en deux groupes : l'un siliceux, renfermant les grès à 75 pour 100 d'acide silicique ; l'autre moins siliceux formé par les grès qui ne contiennent que 62 à 66 pour 100 de cet acide. Le reste des éléments dans les deux groupes se compose d'alumine, d'oxyde de fer, de chaux et d'un peu d'alcali, en proportion variable, mais l'alumine étant toujours l'élément dominant.

La fusibilité du composé, et par conséquent la température à laquelle il convient de porter la poterie pour la cuire sans déformation, dépend des proportions de ce mélange.

La composition chimique de la pâte paraît, du reste, intimement liée à la nature du vernis dont elle est recouverte. En jetant un coup d'œil sur le deuxième tableau qui contient les grès mats, on voit immédiatement que ces grès se classent *tous* dans le second groupe, tandis que ceux qui composent le premier tableau appartiennent au premier groupe, à une seule exception fournie par le grès de Frechen, recouvert d'une glaçure terreuse. Les grès nos 1, 2 et 4, qui ont reçu un simple lustre par le procédé du salage, renferment environ 75 pour 100 de silice.

Cet excès de silice conseillé par la pratique, indiqué par l'expérience seule, a bien certainement pour but de faciliter la décomposition, sous les influences réunies de la vapeur d'eau et d'une température élevée, du chlorure de sodium projeté dans les foyers à la fin de la cuisson. *

Ces prévisions ont été pleinement confirmées par l'expérience. J'avais cru devoir faire faire quelques essais afin d'établir si l'action du sel sur la silice était différente suivant l'état de combinaison de cet acide.

Deux compositions de grès formées de façon que, cuites, elles représentassent la composition du grès de Voisinlieu, ont été faites, l'une avec une argile naturelle plastique offrant la composition désirée; l'autre, avec une argile plus alumineuse, mais dégraissée par une quantité convenable de sable pur.

Toutes les deux ont été façonnées, puis cuites l'une à côté de l'autre et vernissées. Après la cuisson, elles étaient complètement et également vernies. Un pot de grès de Saveignies placé à côté des deux qui précèdent avait à peine pris un lustre léger.

Quoiqu'il soit impossible de décider *à priori* s'il faut attribuer l'identité d'action du sel marin sur les deux composés qui précèdent, soit à ce que les argiles ne sont que des mélanges naturels de sable et de silicates d'alumine, soit à ce que, sous l'influence d'une température élevée, le sable lui-même se combine

directement à l'alumine ou au silicate d'alumine, comme semblent le prouver d'anciennes expériences de M. Berthier, il n'en résulte pas moins pour la pratique ce fait important, que le sel marin, dans les circonstances convenables, est décomposé, quel que soit l'état de la silice dans la combinaison, pourvu qu'elle y soit en quantité suffisante. Il ne me paraît pas inutile de rappeler ici que MM. Brongniart et Malaguti n'ont pu donner au biscuit de Sèvres qu'un glacé à peine sensible en soumettant cette substance à l'opération du salage (1).

En résumant, on peut déduire des analyses et essais qui précèdent, les propositions suivantes :

1° Les grès cérames peuvent se diviser d'une manière générale en deux groupes, sous le rapport de leur contenance en silice. Ils en renferment une quantité variable entre 0,75 et 0,62.

2° Les grès mats en contiennent *généralement* moins que les grès vernissés.

3° La glaçure par le sel marin paraît exiger un excès d'acide silicique ; les autres glaçures s'appliquent indistinctement sur toute pâte, quelle que soit sa richesse en silice.

4° La glaçure appliquée sur le grès augmente à peine la proportion d'alcali renfermée dans la pâte ; ces alcalis sont fournis aux grès mats par les argiles, qui en renferment *toutes* en quantité variable.

(Extrait des *Annales de Chimie et de Physique*, tome XXIII.)

(1) Toutes les pâtes de service sont composées à Sèvres de manière à renfermer :

Silice.....	58,00
Alumine.....	34,50
Chaux.....	4,50
Potasse.....	3,00
	<hr/>
	100,00

MÉMOIRES

ET

COMPTE-RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ CENTRALE DES INGÉNIEURS CIVILS

(Octobre, Novembre, Décembre 1849.)

N° 7.

Dans l'une des séances du mois de septembre, la Société centrale des Ingénieurs civils avait été invitée par le comité de l'Association des inventeurs et des artistes industriels (1) à nommer une commission permanente de cinq membres, avec pouvoirs spéciaux pour étudier, discuter et voter définitivement, en commission centrale, avec la Société d'encouragement et plusieurs autres Sociétés, les bases sur lesquelles devait s'appuyer une requête qu'elle voulait adresser au gouvernement au sujet de la propriété intellectuelle.

La Société s'empressa de répondre à l'appel qui lui était fait. Pendant quatre séances, elle examina attentivement les points principaux qui dominent la législation des brevets, savoir : la question de l'examen et du non examen préalable, celle du prix et celle de la durée des brevets, et elle nomma, pour la représenter dans la commission centrale, MM. Alcan, Callon, Faure, Vuignier et Barrault, en leur donnant mission de tenir le bureau au courant de la marche des travaux auxquels ils devaient prendre part et d'en référer à la Société pour tout vote à donner.

Les cinq sociétaires désignés se mirent immédiatement en

(1) Présidée par M. le baron Taylor, de l'Institut.

rapport avec le comité de l'Association des inventeurs et artistes industriels, et votre bureau pense pouvoir, dans le prochain compte-rendu, vous faire connaître le résultat des délibérations auxquelles ils auront pris part.

Les autres séances de la Société ont été remplies par la lecture des mémoires ou notes :

De M. Arson, sur les produits de l'industrie, relatifs à l'éclairage ;

De M. Yvon Villarceau, sur les instruments géodésiques ;

De M. Knab, sur un enduit conservateur pour les bois de construction et spécialement pour les bois de navire ;

De M. Emile Chevalier, sur les constructions en charpente ;

De M. Eugène Flachat, sur l'établissement des chemins de fer en Espagne ;

Par celle du rapport du trésorier sur la situation de la Société à la fin de 1849 ;

Et par la discussion des modifications à apporter aux statuts dont la révision partielle avait été demandée par cinq membres.

Les propositions qui ont été faites à ce sujet portaient sur les conditions d'admission des sociétaires, sur celles d'éligibilité du président et sur la composition du bureau. Elles avaient pour but, d'une part, de faire disparaître des statuts, avec le principe de non rééligibilité du président, le privilège qui y est inscrit pour les Ingénieurs sortis de l'École Centrale des arts et manufactures, en soumettant aux mêmes conditions tous les ingénieurs, sortis ou non de cette école, et d'autre part, d'étendre le cadre du bureau de manière à appeler à la vice-présidence toutes les spécialités de la profession de l'Ingénieur civil.

Prises en considération par la Société, ces propositions ont été renvoyées à une commission de cinq membres, composée de MM. Callon, Houel, Polonceau, Faure et Yvert.

Cette commission présenta un projet qui, avec trois amendements de MM. Alean et Flachat, fut approuvé et voté dans l'assemblée extraordinaire du 21 décembre.

Par suite, le texte des statuts de la Société se trouve modifié comme suit :

ART. 5. Les membres de la Société, dont le nombre est illimité, se divisent en membres sociétaires et membres associés ; le nombre des membres associés ne devra jamais excéder le cinquième de celui des membres sociétaires.

ART. 6. Pour être admis à faire partie de la Société à titre de membre sociétaire, il faut *être Ingénieur* (1), exercer actuellement ou avoir exercé la profession d'Ingénieur.

Toute personne s'occupant spécialement de l'étude des sciences qui se rapportent à l'art de l'Ingénieur, tout industriel peut être admis dans la Société à titre de membre associé.

ART. 7. La demande d'admission à l'un des deux titres indiqués devra être faite par écrit, signée par le candidat et par trois membres de la Société ; elle sera adressée à l'un des secrétaires.

Cette demande fera connaître les nom et prénoms du candidat et le lieu de sa résidence habituelle ; elle exposera sommairement, mais d'une manière précise, ses études antérieures et ses travaux.

ART. 8. La demande sera transmise sans délai au Comité par les soins du secrétaire auquel elle aura été adressée.

Le Comité examinera ensuite et discutera cette demande ; il pourra appeler dans son sein l'un des parrains signataires et le prier de développer au besoin les termes de la demande en ce qui concerne les travaux antérieurs du candidat.

Le Comité décidera, à la simple majorité, s'il y a lieu de présenter le candidat.

Dans le cas où un candidat repoussé par le Comité persisterait dans sa demande, il pourra en appeler à la Société (2).

ART. 9. Dans la réunion de la Société qui suivra et dans le cas où le Comité aura décidé la présentation, le Président fera

(1) Amendement proposé par M. Alcan.

(2) Amendement de M. Alcan.

connaître à la Société la décision du Comité et donnera lecture de la demande.

Au jour de cette présentation, le nom du candidat et les noms des trois parrains seront affichés dans la salle des séances.

La demande d'admission repoussée par le Comité ne sera portée à la Société que du consentement du candidat (1).

ART. 10. Dans la séance qui suivra celle dans laquelle la présentation aura eu lieu, la réunion votera sur l'admission proposée, au scrutin secret et à la fin de la séance.

Les secrétaires resteront chargés du contrôle propre à assurer la vérité du scrutin.

ART. 11. Lorsque le candidat aura réuni les deux tiers des suffrages exprimés, le Président prononcera l'admission en indiquant si le nouveau membre est admis comme membre sociétaire ou comme membre associé.

ART. 12. L'admission ayant été prononcée, la demande du membre admis restera déposée en minute dans les archives de la Société pour y commencer un dossier relatif au membre admis.

Une lettre d'avis signée par l'un des secrétaires sera adressée au nouveau membre avec un exemplaire des statuts de la Société.

Avant de participer aux travaux de la Société et de recevoir ses publications, le membre admis devra avoir formulé une adhésion écrite aux statuts, laquelle restera annexée à son dossier particulier.

ART. 13. Comme aux anciens statuts.

ART. 14, 15 et 16. Supprimés.

ART. 17. Dans les six mois qui suivront son adhésion, tout membre devra adresser au secrétariat de la Société, soit un mémoire sur une question industrielle ou scientifique, soit une notice détaillée sur des travaux par lui exécutés.

Tout membre qui n'aurait pas rempli ce devoir dans le délai fixé pourra être censuré par le Président en séance, après avoir

(1) Amendement de M. E. Flachat.

été toutefois avisé par le bureau, qui restera juge des motifs du retard et libre d'accorder un nouveau délai de trois mois.

La censure prononcée par le Président pourra être sanctionnée par la suspension de l'envoi des publications de la Société au membre censuré.

ART. 25. Le Comité se compose :

- 1^o De 10 membres du bureau ;
- 2^o De 18 autres membres.

Le nombre de ces derniers pourra être porté à vingt par des adjonctions successives, votées par la Société sur la proposition du Comité.

ART. 27. Le bureau se compose de 10 membres, savoir :

- 1 Président ;
- 4 Vice-Présidents ;
- 4 Secrétaires ;
- 1 Trésorier.

L'un des membres du bureau sera chargé des fonctions de Censeur.

ART. 43. Les membres du Comité et du Bureau seront rééligibles, mais la présidence ne pourra être confiée au même sociétaire pendant deux exercices consécutifs.

Disposition exceptionnelle et spéciale. L'exécution de l'art. 43, en ce qui concerne la non rééligibilité immédiate du président actuel, est prorogée au mois de décembre 1850.

Article additionnel. Tous les articles des anciens statuts qui seraient contraires aux modifications votées en assemblée générale, le 21 décembre 1849, sont et demeurent abrogés.

A ces nouvelles dispositions statutaires, l'assemblée extraordinaire des membres de la Société ajouta, sur la demande de l'un des secrétaires (1) :

Le Comité sera chargé de rédiger un règlement intérieur qui

(1) M. A. Bellier.

sera soumis dans une séance spéciale et désignée par lettre de convocation, à l'approbation de la Société.

Ce règlement devra contenir les modifications qu'il peut être utile d'apporter au système actuel de cotisation et de perception des cotisations.

Dans la séance du 21 décembre, la Société entendit encore et approuva le rapport du Trésorier.

La fin de l'année amenait le renouvellement du Bureau et du Comité. La Société a procédé à la nomination de membres qui devaient le composer, en faisant l'application de l'une des dispositions des statuts qu'elle venait de modifier (article 25). Le résultat du scrutin a donné la composition suivante :

Membres du Bureau.

Président :

M. Eug. FLACHAT.

Vice-Présidents :

MM. Charles CALLON.
Émile VUIGNIER.

MM. C. POLONCEAU.
Stéphane MONY.

Secrétaires :

MM. Adolphe BELLIER.
Gustave GAYRARD.

MM. Victor BOIS.
Léon YVERT.

Trésorier :

M. PRIESTLEY.

Membres du Comité.

MM. PETIET, NOZO, FAURE, ALCAN, HOUEL, CALLA, EDWARDS, DEGOSÉE, GROUVELLE, BARRAULT, PAUL SEGUIN, THOMAS, YVON VILLARCEAU, DELIGNY, KNAB, CAVÉ, GOUIN, LAURENS.

Les membres nouvellement admis sont :

Pendant le mois d'octobre,

MM. PÈTRE, présenté par M. LASSALLE.

FOURNIER, présenté par M. GANNERON.

LEFRANÇOIS, présenté par M. BOIS.

LIMET, sur sa demande.

Pendant le mois de novembre,

MM. CHARPENTIER, sur sa demande.

POMMIER, d°.

Pendant le mois de décembre,

MM. MELIN, admis sur sa demande.

Ch. DEVILLE, d°.

Amand MAIRE, d°.

L. BLOT, d°.

LECLERC, d°.

SAUTTER, d°.

CHAUVEL, d°.

HERVIER, d°.

DEBAS, d°.

DE FONTENAY, d°.

BUSSCHOP, d°.

Stéphane MONY, présenté par M. DEGOSÉE.

H. DE RUOLTZ, présenté par M. POLONCEAU.





EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX.

Séance du 5 octobre.

Produits de l'Industrie relatifs à l'Éclairage.

M. ARSON, rapporteur.

Les produits de l'exposition de l'Industrie, relatifs à l'Éclairage proprement dit, offraient peu d'intérêt; les innovations, les améliorations même y sont presque nulles.

Sans la découverte de M. Knab, l'éclairage par les corps solides n'offrirait absolument rien de nouveau à signaler.

L'éclairage au moyen des liquides, dits *hydrogène liquides*, paraît complètement abandonné. L'éclairage à l'huile n'offrirait rien de neuf; toujours la lampe Carcel et ses imitations à la hauteur de toutes les bourses. Il y avait quelques lampes à bon marché cependant, entre autres une lampe de filature à double réflecteur parabolique, éclairant un métier de 12 mètres d'étendue, avec 2 centimes 1/2 d'huile, et ne coûtant que 10 francs d'acquisition.

L'éclairage au gaz n'avait aucun représentant pour sa fabrication et la question si importante de son épuration. Ni procédé, ni appareil, ni produit, ni agent chimique *ad hoc*.

La canalisation ou la tuyauterie seule, cette partie si importante de l'établissement de l'éclairage au gaz, a reçu des perfectionnements nouveaux.

Les tuyaux de la fabrique Chameroy, déjà si perfectionnés aux précédentes expositions, l'ont encore été depuis. Les embranchements principaux et les branchements particuliers présentaient de grandes difficultés qui résultaient surtout de l'imperfection avec laquelle on étamait sur place la tôle dont se

composent les tuyaux. M. Chameroy y a remédié en étamant, ou plutôt en plombant extérieurement la tôle sur toute sa surface, sous la couche de bitume, comme elle l'est intérieurement. Il a aussi imaginé pour les branchements, c'est-à-dire pour le raccordement des tuyaux de plomb, un raccord à vis sans soudure ni mastic. Il se compose essentiellement d'une bague qui porte un épaulement et un filet, et qui est coupée comme elle le serait par un trait de scie. A l'aide de cette coupure, on peut l'introduire par l'orifice pratiqué dans le tuyau, bien que cet orifice soit d'un diamètre moindre que celui de l'épaulement que porte la bague. C'est quelque chose de comparable à *l'anneau brisé*. Cette bague, qui fait tout le mérite de l'invention, sert de base à un raccordement à vis qui serre le plomb, légèrement évasé, entre un cône plein et un cône creux. Toutes les pièces sont en fonte et venues avec les filets de vis.

Les petits tuyaux de plomb propres à la répartition de l'éclairage se font maintenant en si grande longueur, qu'on peut les considérer comme continus; il n'y a plus de soudures intermédiaires à faire.

Les phares présentaient plusieurs dispositions nouvelles. Deux d'entre elles sont dues à M. Letourneaux, savoir : 1^o Un réflecteur sphérique en glace étamée destiné à renvoyer dans une direction utile les rayons de lumière perdus dans la direction des terres. Ce réflecteur, qui a 1 mètre 40 centimètres de côté, a été coulé plan, réchauffé, étendu sur une surface sphérique de 1 mètre 77 centimètres de rayon, puis poli et enfin étamé;

2^o Des panneaux fixes à membrures inclinées. Au-dessus et au-dessous de la partie mobile du phare sont placés des panneaux fixes qui sont destinés à signaler la direction du phare par un feu continu; or, les membrures verticales peuvent produire, surtout à une grande distance, une éclipse plus ou moins étendue de la lumière par la projection de leur ombre. L'inclinaison de ces membrures présente évidemment l'avantage de réduire cette éclipse à un point, c'est-à-dire de les détruire.

M. Letourneaux avait aussi à l'exposition des lanternes-phares pour la navigation. Elles sont éclairées par une bougie seulement, mais elles sont garnies d'un réflecteur en glace étamé qui en renvoie la lumière à 12 kilomètres. De Paris à Saint-Germain, on distingue le changement des verres de couleur qu'on y applique.

M. Letourneaux s'occupe des signaux de chemins de fer qui lui offriraient une application précieuse et étendue.

Un autre phare, construit par M. Lepaute, présentait dans son mouvement d'horlogerie une disposition qui pourrait recevoir des applications nombreuses dans la construction des machines. Les ailettes qui sont destinées à produire une résistance à l'accélération du mouvement, sont commandées par un pendule conique ordinaire qui en fait varier l'inclinaison suivant le besoin, de manière à faire varier aussi la résistance de l'air.

Séance du 16 novembre 1849.

Des Instruments de précision.

M. YVON VILLARCEAU, *Rapporteur.*

M. Yvon Villarceau ne s'est pas occupé des instruments de physique et de chimie, qu'il a pensé devoir être étudiés par un autre membre de la Société; il s'est occupé des niveaux, des cercles employés dans la géodésie et la topographie et des instruments astronomiques.

Les niveaux et les cercles que l'on construit aujourd'hui sont pour ainsi dire parfaits, eu égard aux opérations auxquelles les emploient les Ingénieurs. On semble même chercher, dans beaucoup de cas, à obtenir un degré de précision à peu près inutile. Les progrès à réaliser maintenant doivent consister surtout dans la simplification et la réduction des prix des appareils de puissance donnée.

Les soins que l'on apporte à la perfection des axes et des divisions, dans les instruments qui servent aux opérations topographiques, vont souvent au-delà de ce que peuvent exiger les faibles dimensions des lunettes.

Autrefois on se préoccupait beaucoup des erreurs de division et avec raison; aujourd'hui on y fait moins d'attention, parce que les erreurs de pointé sont généralement et de beaucoup plus considérables que celles des divisions des limbes. Nos artistes sont effectivement parvenus à diviser couramment les cercles avec une précision que l'on n'aurait osé espérer il y a cinquante ans! Aussi abandonna-t-on généralement l'usage des cercles répéteurs, qui ont principalement pour objet d'atténuer indéfiniment l'effet des erreurs de division.

Le cercle mural de Gambey à l'Observatoire de Paris, dont la longueur de la lunette et le diamètre sont d'environ 2 m., peut

être cité comme présentant une précision des divisions de beaucoup supérieure à celle du pointé. Ainsi, l'erreur à craindre dans la moyenne des lectures de six microscopes faisant fonction de verniers, est ⁽¹⁾ de 0'',04 à 0'',05, tandis que l'erreur à craindre dans le pointé s'élève de 0'',2 à 0'',3 pour un grossissement de 150 fois environ.

Les instruments de géodésie que l'on construit actuellement sont munis de cercles dont la graduation surpasse également en précision celle du pointé.

Les constructeurs doivent donc tendre à diminuer les prix ou à augmenter la puissance optique de leurs instruments, tout en cherchant à opérer les simplifications qui ne seraient pas de nature à en diminuer les avantages.

L'exposition a été en progrès sous le rapport de la construction, en France, des instruments astronomiques. Ainsi elle a présenté trois machines parallactiques de faibles dimensions. Leurs auteurs, MM. Brunner, Lerebours et Buron, sont assez connus pour qu'il ne soit pas nécessaire de faire ici l'éloge de leur talent ; ils n'attendent pas non plus les faibles encouragements de la publicité en cette matière, pour continuer des efforts plus d'une fois couronnés de succès.

Les lunettes que les machines parallactiques sont destinées à diriger varient de grandeur suivant les usages. Dans les grands établissements astronomiques, on se sert avantageusement de lunettes dont la longueur atteint presque 10 mètres. L'observatoire de Paris ne possède pas encore d'appareil parallactique muni d'une lunette de cette dimension. On a préparé un dôme tournant pour en recevoir un. La construction de ce dôme est due à l'habileté de MM. Travers et Calla ; mais l'instrument est encore à construire.

Pour donner une idée de ce genre d'instrument, M. Yvon Villarceau expose à peu près ce qui suit :

(1) Mémoire de M. Faye sur les divisions du cercle mural de Gambey (*Comptes-Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, tome XXVII, page 633.)

En géographie on fixe la position d'un point par la longitude, la latitude et l'altitude ou élévation de ce point au-dessus du niveau moyen de l'Océan.

Dans les opérations géodésiques, on mesure les hauteurs des différents points au-dessus de l'horizon et leurs azimuths, au moyen des cercles vertical et horizontal d'un théodolite; et il ne resterait qu'à déterminer les distances linéaires de ces points à la station, si l'on voulait obtenir leurs positions rapportées au plan horizontal de cette station. On procède d'une manière analogue en astronomie.—Si l'on conçoit l'axe primitivement vertical du théodolite, incliné parallèlement à l'axe du monde, on aura l'idée d'une machine parallactique. A l'aide de cet instrument, on détermine avec facilité la direction des lignes visuelles suivant lesquelles la lumière des corps célestes nous arrive. Les coordonnées angulaires qu'il fournit sont la déclinaison et l'ascension droite. Ces derniers angles répondent aux latitudes et longitudes géographiques.

Il faut pouvoir suivre les astres dans leurs mouvements apparents, sans se donner la peine d'imprimer soi-même un mouvement à la lunette; on y parvient, dans la machine parallactique, au moyen d'un appareil d'horlogerie qui fait décrire à l'axe de la machine une révolution en 24 heures de temps sidéral, ou $23^h\ 56^m\ 4s,09$ de temps moyen. Il n'y a plus alors de déplacement à opérer, que celui qui est relatif à la réfraction atmosphérique ou au faible mouvement de l'astre, si celui-ci n'est point une étoile fixe; mais une simple vis de rappel y suffit.

A l'étranger, ces appareils sont construits par des Ingénieurs; il faudrait qu'il en fût de même en France. Les artistes manquent le plus souvent des éléments essentiels, les notions scientifiques, et il leur faut trop de tâtonnements pour obtenir d'excellents résultats.

Les instruments astronomiques peuvent se diviser en trois catégories : les horloges et chronomètres, les lunettes et cercles divisés, puis les lentilles.

On a beaucoup perfectionné la fabrication des horloges et

chronomètres en y introduisant l'usage des machines, à l'exemple de ce qui se pratique depuis longtemps dans d'autres industries. Il n'y a guère que le ressort spiral des chronomètres qui exige des soins particuliers et cette habileté qu'on nomme le tour de main; c'est l'opération de la trempe qui les nécessite, et encore l'artiste n'est-il jamais sûr du résultat : les tâtonnements font le reste.

Malgré les immenses progrès réalisés dans l'exécution des pièces d'horlogerie depuis le commencement de ce siècle, la marche de nos meilleures horloges laisse encore à désirer.

Bien que les horlogers soient devenus de très-habiles artistes, il faut pourtant reconnaître d'un autre côté que leur science n'a pas suivi la même marche ascendante. Autrefois, beaucoup d'entr'eux poussaient le désir d'acquérir des connaissances utiles à leur art, jusqu'à se rendre familiers les travaux des astronomes; plusieurs même les ont partagés. Le rapporteur ne sait pas si l'on pourrait citer aujourd'hui plus d'un horloger qui ait suivi en cela l'exemple des Berthoud, Lepaute, Breguet, etc. Il est bien à désirer que les jeunes gens qui se destinent à la carrière de l'horlogerie se procurent des notions de mécanique étrangères à la plupart des horlogers de notre époque, et que les Ingénieurs civils sont parvenus à appliquer avec tant de succès à une foule d'industries.

La construction des lunettes et des cercles se subdivise en : construction des appareils optiques, construction des parties métalliques, et graduation des cercles.

Avec les outils de nos ateliers, les Ingénieurs civils peuvent construire les grands instruments astronomiques que l'on ne construit plus en France depuis la mort du regrettable Gambey (1); par exemple, la lunette méridienne, qui consiste principalement

(1) Nous apprenons que la municipalité de la ville de Toulouse vient de confier à M. Brunner, cité plus haut, la construction d'un cercle mural de 2 mètres de diamètre. Il y a lieu de croire que la construction des grands instruments astronomiques aura seulement été interrompue chez nous, mais ne périra pas.

en un tube cylindrique muni à ses extrémités d'un objectif et d'un oculaire, et monté sur le milieu d'un axe creux perpendiculaire à la direction de ce tube. La grande difficulté d'exécution que présente cet instrument est dans la forme parfaitement cylindrique et l'égalité des diamètres des deux tourillons. Tout le reste peut être fait par des Ingénieurs civils. Autre exemple, le cercle mural, qui peut être comparé à une roue de locomotive perfectionnée. Le choix des métaux considérés au point de vue de leurs propriétés physiques, et la parfaite liaison des pièces exigent des soins particuliers pour la bonne construction du cercle mural.

Les Ingénieurs civils peuvent et doivent fabriquer ces instruments, mais surtout les machines parallactiques, dont le dôme tournant suffit à lui seul pour donner carrière à l'habileté et à la science d'un Ingénieur civil.

Il faut reconquérir la position que nous ont enlevée les étrangers, en continuant la construction de ces appareils, et qu'ils ne conserveraient peut-être pas long-temps, si un débouché assuré était offert aux artistes français. Citons en passant la grande lunette montée parallactiquement de l'observatoire de Poulkova en Russie. Avec cette lunette, qui a près de 10 mètres de foyer, et malgré le défaut de stabilité que semble indiquer la faible longueur de l'axe polaire de l'instrument, MM. Struve parviennent en un petit nombre d'observations à mesurer la distance angulaire des étoiles doubles à une erreur près qui est de 3 ou 4 centièmes de seconde en arc. Cette admirable précision s'obtient au moyen d'une simple vis micrométrique à tête divisée, et dont le pas est presque parfait.

Quant aux lentilles, leur bonne construction ne dépend pas seulement de tâtonnements, mais bien de projets sérieusement étudiés. A Munich il existe un Institut optique où se forment les artistes et où ils peuvent essayer leurs appareils. Vienne (Autriche) possède un établissement de ce genre. A Paris, les artistes n'ont pas même cette dernière ressource, puisqu'il faudrait disposer d'une grande machine parallactique et que cet instru-

ment est encore à construire. A l'Institut de Bavière, la construction des lentilles est basée sur des formules rationnelles. Chez nous, M. Biot a essayé d'en introduire, mais on ne suit guère ses indications.

Le parallèle qui vient d'être établi entre le passé et le présent d'une part, les nations étrangères et la France de l'autre, n'est pas favorable assurément à notre situation actuelle; mais nous devons espérer que le désir de s'approprier et d'appliquer les saines notions de la science, désir qui envahit tous nos établissements industriels, finira par pénétrer aussi dans les ateliers des artistes. La réforme qui tend à se produire dans notre enseignement public aura peut-être pour résultat, d'un autre côté, de créer un débouché aux produits de ces ateliers, en dirigeant beaucoup d'esprits vers l'étude des phénomènes célestes, et de relever ainsi les observatoires particuliers qui ont complètement disparu chez nous, alors qu'en Angleterre, en Allemagne et en Amérique, leur nombre déjà considérable augmente tous les jours.

M. Calla appuie l'opinion du Rapporteur. Gambey n'a pas de successeur; c'est aux Ingénieurs civils à s'occuper de continuer ces travaux; ils ne peuvent être arrêtés par les difficultés financières pour une telle entreprise qui n'exige pas de frais d'établissement.

Il ajoute qu'il a vu des choses merveilleuses chez M. Froment, qui exécute des machines à diviser, mues par des moteurs électro-magnétiques. M. Froment divise sur du verre un millimètre en 500 parties parfaites, il peut même le diviser en 1000 parties, mais elles sont moins parfaites. La nature et la température de l'air. les variations hygrométriques ont des influences très-sensibles: aussi M. Froment renferme-t-il ses machines sous des récipients en glace à température constante. Il met sa machine en train, et elle marche et s'arrête seule lorsque l'opération est achevée.

Le Rapporteur fait remarquer que les résultats obtenus par M. Froment sont de nature à prouver l'habileté incontestable de

cet artiste; mais il importe de faire aussi remarquer à la Société que la construction des instruments astronomiques n'exige point de pareils tours de force; il suffit que les traits de division des limbes soient bien équidistants. Dans les grands instruments, les distances des traits consécutifs excèdent souvent 1 millimètre. Il est rare que, dans les instruments de petite dimension, l'intervalle des traits descende au-dessous d'un demi-millimètre.

M. Yvon Villarceau ajoute que le directeur de l'observatoire de Greenwich confie la construction de ses appareils de grandes dimensions à des Ingénieurs civils, et qu'il n'emploie des artistes que pour la division.

Séance du 7 décembre.

De l'établissement des chemins de fer en Espagne.

Extrait d'une note lue par M. EUGÈNE FLACHAT.

L'établissement des chemins de fer en Espagne soulève des questions dont on ne peut se dissimuler l'importance et la variété.

L'état de la civilisation, du commerce et de l'industrie justifie-t-il l'exécution dans ce pays de voies de transport aussi perfectionnées?

La configuration du sol n'apporte-t-elle pas des obstacles sérieux au développement de ces entreprises?

Le crédit public et les capitaux privés sont-ils assez puissants pour de pareilles dépenses?

Ces questions embrassent l'étude entière du système de viabilité qui convient à l'Espagne, et, pour le cas où ce système devrait avoir pour base les chemins de fer, du mode de construction de ces chemins, et enfin, des moyens d'exécution.

Des questions de ce genre ne se résolvent que par des comparaisons. C'est donc dans les faits qui se sont produits dans d'autres pays qu'il faut chercher les éléments des solutions.

C'est en Angleterre et en France qu'il a été fait les sacrifices les plus considérables pour obtenir la viabilité du territoire.

En Angleterre, les chemins de paroisse et ceux de comté avaient absorbé plusieurs milliards, lorsque les canaux et les chemins de fer sont venus accroître ces dépenses dans une énorme proportion.

De même que les chemins de comté avaient, en se substituant en grande partie aux chemins de paroisse, ôté à ceux-ci une forte portion de leur revenu, les canaux et les chemins de fer ont considérablement réduit le capital des chemins de

comté en leur enlevant leurs transports et les produits correspondants. Les chemins de fer ont amené le même résultat quant au capital engagé dans les canaux.

La perte de capital résultant de ces substitutions successives suffirait aujourd'hui pour consommer la ruine d'un pays infiniment plus riche que l'Espagne.

En France, les faits se produisent d'une manière plus fâcheuse encore, parce que la centralisation comprend les besoins du pays d'un point de vue exclusivement politique, et que l'étude des nécessités et des ressources territoriales n'y préoccupe les hommes d'Etat que dans la limite des produits de l'impôt.

Il résulte de là qu'à part les chemins vicinaux et départementaux qui sont la création des localités, les grandes routes, les canaux et les chemins de fer sont établis sans liens, sans systèmes, et, bien que contemporains, ces travaux portent en eux, sinon leur ruine réciproque, au moins un amoindrissement considérable de leurs ressources. Trois voies de communication : ligne navigable, route et chemin de fer, s'établissent à la fois dans la même direction, sans que leur exécution simultanée soit justifiée par un rôle ou une destination spéciale à chacun d'eux. En France donc, les pertes du capital engagé dans les voies de communication sont relativement plus considérables qu'ailleurs, en ce sens que la ruine successive des différents moyens de viabilité commence, dans ce pays, du jour de leur établissement, parce que leur création est contemporaine, tandis qu'en Angleterre les produits avaient amorti une partie du capital des chemins de paroisse, de comté et des canaux, avant que les chemins de fer se substituassent à ces voies de transport.

Deux autres contrées, l'Allemagne et les Etats-Unis, présentent une série de faits différents.

La lenteur que l'Allemagne a mise à constituer sa viabilité, la sagesse des conseils de gouvernements mieux identifiés avec les besoins de la production dans le pays et moins ab-

sorbés par les préoccupations politiques, ont eu pour résultat d'épargner à cette nation une notable partie des pertes qui résultent chez les précédentes de la substitution successive des différentes voies de communication les unes aux autres.

En ce qui concerne les Etats-Unis américains, l'exemple prend un haut degré d'intérêt parce qu'il est plus simple et que par conséquent les faits sont plus faciles à reconnaître. Dans ce pays, les moyens de viabilité ne commencent pas par le chemin vicinal, puis de là au chemin de grande communication, puis au canal, puis au chemin de fer.

Le moyen le plus perfectionné est celui que choisit au premier abord ce peuple intelligent et actif, mais en le modifiant de manière à en rendre l'application à ses besoins plus facile, plus générale et plus prompte. Il le choisit d'ailleurs à l'exclusion à peu près complète de tout autre.

Il a suffi de citer ces grands exemples pour y trouver les règles d'imitation que l'expérience a tracées.

Entre les quatre territoires dont nous venons de parler, les Etats-Unis sont ceux qui, par l'absence première de toute viabilité, se rapprochent le plus de l'Espagne.

Il serait inexplicable que ce dernier pays consentit à absorber, dans la construction de chemins de grande communication et de canaux, le capital que les chemins de fer viendraient ensuite frapper en grande partie d'inutilité.

Le développement industriel et commercial des Etats Unis est certainement supérieur à celui que l'Espagne peut attendre des circonstances qui sont particulières à son sol, à son climat et à l'esprit de ses habitans : ce qui suffit aux premiers serait exagéré pour les seconds. Mais cette considération ne s'applique qu'au développement même à donner aux chemins de fer; elle ne change rien aux motifs qui nous guident dans le choix du système.

Il y a donc lieu de conclure que l'Espagne doit chercher dans l'établissement des chemins de fer la base de son système

de viabilité ; que là comme aux Etats-Unis, loin d'être la fin du système, ils doivent en constituer l'origine.

L'Espagne est divisée par des relèvements très-accentués et six bassins d'étendues différentes. Le plus vaste est celui de l'Ebre et du littoral de la Méditerranée. Viennent ensuite celui du Douro, puis ceux du Tage, de la Guadiana, du Guadalquivir et du littoral nord de l'Espagne.

Cette division offre comme caractère particulier l'absence de lignes de navigation reliant l'intérieur du pays à la mer. Le cours d'eau principal de chaque bassin ne remplit pas cette destination, qui semble si générale sur tous les autres territoires européens. Il en résulte l'absence de grands ports aux embouchures des fleuves, et aussi l'absence dans chaque bassin de grandes villes qui dans les autres pays s'établissent successivement le long des vallées formant les artères principales dans la configuration du sol.

Par suite de la position des grands centres de population qui ne se rattachent par aucune voie de communication naturelle au pays qui les entoure et aux autres villes importantes, par suite encore du défaut de ports au débouché des bassins, des obstacles naturels que les relèvements qui en composent les crêtes opposent à l'établissement des communications, il faut reconnaître que la mise en relation de ces fractions isolées du même territoire entre elles et avec l'étranger par le littoral est une œuvre des plus difficiles, et l'obstacle le plus sérieux aux progrès de la civilisation et du travail.

Mais l'importance des obstacles semble indiquer naturellement le choix des moyens d'en triompher. L'exemple des quatre peuples à l'histoire desquels un pays neuf doit emprunter ses leçons vient encore en aide sur ce point.

Tous quatre se sont portés sans hésitation sur l'emploi des chemins de fer pour franchir les grandes distances. Le caractère général de ces entreprises, aussitôt qu'elles sont sorties des premières difficultés d'origine, a été celui-là, et il s'est montré avec une signification plus évidente, suivant que les territoires

étaient plus vastes et moins traversés par d'anciennes voies de communication. Les Etats-Unis ont les premiers établi les chemins les plus étendus dans le sens du courant commercial par lequel ils voulaient relier les différentes parties de leur territoire.

L'Allemagne vient après eux dans cette voie, et la France, sous ce rapport, a précédé l'Angleterre. Elle a toujours attaché plus d'importance à la ligne du Havre à Marseille que l'Angleterre à celle de Londres à Glasgow.

Il y a donc lieu pour l'Espagne d'appliquer les chemins de fer d'abord aux grandes distances, afin de relier le territoire, de lui donner plus d'unité d'intérêts au point de vue de la production et du travail.

Mais de ce que c'est sur de grands parcours qu'il convient d'exécuter les chemins de fer en Espagne, il en découle naturellement que les obstacles opposés par la configuration du sol à leur établissement prennent une importance plus grande, et que les dépenses de leur exécution dépasseraient de beaucoup les ressources publiques et privées du pays, si ces obstacles devaient être surmontés par les moyens pratiqués en pareil cas en France et en Angleterre.

C'est ici le cas de faire ressortir les différences profondes qui existent entre les divers systèmes de chemins de fer, et de montrer que, dans le pays où ces entreprises ont été conduites avec sagesse et une juste appréciation des ressources financières, l'art a dû rechercher et a trouvé le moyen de les construire suivant des dispositions proportionnées aux moyens d'exécution.

En première ligne se présente le système de construction anglais et français, dans lequel les courbes de faible rayon et les pentes exigeant des machines de renfort sont évitées au prix des travaux d'art les plus dispendieux ; dans lequel la voie et le matériel sont construits pour obtenir de grandes vitesses ; où, pour éviter l'encombrement des services de marchandises et de voyageurs, les stations présentent des garages et des superficies de terrain considérables, etc.

Assurément un système semblable pouvait convenir à l'Angleterre, où l'activité générale et le haut degré de civilisation font une loi de la vitesse, du nombre des trains et du confort des voyageurs; où l'importance de la circulation, l'élévation des tarifs, les concessions perpétuelles, donnaient à cette industrie de grandes ressources présentes et la possession tranquille de l'avenir; mais, pour la France, où l'industrie est moins développée, où l'État voulait s'assurer la possession prochaine des chemins de fer, où les ressources publiques et privées n'existaient que sur une moindre échelle, l'adoption d'un pareil système fut une des fautes les plus regrettables; il exigea la participation de l'État dans une forte proportion, plus de moitié de la dépense d'exécution, et à partir de ce moment, les chemins de fer perdirent le rôle et l'avenir industriel qui leur était réservé. Il est résulté de la lutte des deux intérêts associés dans ces entreprises des souffrances dont le terme n'est pas facile à apercevoir.

L'Allemagne fut plus sage. Les faibles ressources des États et des particuliers ne lui permettaient pas de suivre l'exemple de la France, et cependant le peu de développement de la viabilité y réclamait plus impérieusement peut-être l'établissement des chemins de fer; de là, un système beaucoup plus économique dans lequel les courbes de faible rayon et les fortes rampes diminuent les difficultés des tracés; où les abords des villes, les passages des routes, des rues, des fortifications sont résolues sans sacrifices onéreux. Enfin, sur beaucoup de points, les chemins sont à une seule voie. Le bénéfice de ces dispositions s'est montré par l'étendue qui a pu être donnée aux chemins allemands.

Si de l'Allemagne nous passons aux États-Unis, nous trouvons dans l'art de construire les chemins de fer, des dispositions plus étudiées encore pour proportionner la dépense d'exécution aux ressources relativement faibles que les États et les Compagnies peuvent appliquer à des lignes d'une étendue aussi considérable; là, le chemin de fer domine tous les intérêts;

dans les villes, il est la rue : tout est sacrifié à l'économie de son tracé. Pas de souterrains pour traverser les crêtes les plus élevées ; les travaux d'art cessent de porter en eux les conditions d'une durée séculaire ; la voie n'est pas close ; elle n'est pas ballastée ; les rails sont légers, le bois y domine ; les machines sont légères, et les voitures n'ont pas le confort européen ; il y a dans les trains plus de mélange des classes de voyageurs.

Parmi ces systèmes, le dernier est assurément celui qui convient le mieux à l'Espagne, et il resterait à examiner les modifications d'art que la différence des climats, l'absence d'humidité, et la plus faible proportion des transports, doivent apporter dans leur construction, ainsi que l'économie qui pourrait en résulter dans les dépenses d'établissement.

Comparant la dépense de construction des chemins de fer des pays dont nous venons de parler, nous trouvons les résultats moyens qui suivent :

Par kilomètre de chemin de fer :

Anglais et français	4 à 500,000 fr.
Allemands.	150,000
Etats-Unis.	82,000

Nous évaluons la dépense d'exécution par kilomètre de chemin de fer en Espagne aux prix suivants :

Acquisition des terrains pour mémoire :

Nous supposons que les terrains seront fournis par les localités.

Terrassements.	10,000 fr.
Ouvrages d'art	6,000
Bâtiments	6,000
Voie (une voie).	27,000
Matériel	15,000
Frais d'études, travaux divers, intérêts d'argent	11,000

75,000 fr.

Nous estimons l'ensemble des chemins nécessaires pour constituer une base de viabilité suffisante pour assurer entre toutes les parties du territoire des communications rapides et économiques, à deux mille cinq cents kilomètres.

Cette étendue de chemins de fer est équivalente à trois fois la traversée du territoire dans sa plus grande longueur.

Au prix de 75.000 francs par kilomètre, cela constituerait une dépense de 187,500,000 francs.

MÉMOIRE N^o XV

Enquête sur les machines locomotives en 1848.

Questions adressées par les Commissaires des chemins de fer anglais et réponses de MM. STEPHENSON, M^r.CONNELL, TREVITHICK, ingénieurs du London and North Western Railway (largeur de voie 1^m.435); M. LOCKE, ingénieur de plusieurs chemins de fer, et MM. BRUNEL et GOOCH, ingénieurs du Great Western Railway (largeur de voie 2^m.134).

Extrait de documents anglais, par M. LORENTZ.

La Chambre des Lords, saisie d'une demande en concession d'un chemin de fer entre Londres et Birmingham, la soumit à l'examen des commissaires des chemins de fer, qui, de leur côté, adressèrent aux Compagnies du *Great Western* et du *London and North Western* une série de questions, avec prière d'en demander la solution à leurs ingénieurs.

Cette enquête date de janvier 1848; son résultat a été inséré dans le rapport que firent les commissaires.

Emanant des Ingénieurs anglais les plus distingués, touchant aux questions les plus vitales, les plus controversées des machines, ravivant la grande querelle de la *grande* et de la *petite largeur de voie*, ce travail présente un vif intérêt, auquel vient se mêler peut-être le regret de voir des esprits aussi élevés se laisser aller à un sentiment de partialité très-évident et à quelques assertions hasardées qui en sont l'expression.

Ce qui suit est un résumé contenant les principaux faits révélés par les réponses des Ingénieurs à chacune des questions posées.

1^{re} QUESTION. — *Quelle est la pression de la vapeur dans les chaudières qui peut servir de base pour le calcul de la puissance des machines locomotives ?*

MM. STEPHENSON, M'CONNEL, et TREVITHICK. — La pression sur les soupapes de sûreté est ordinairement de 5^k.60 par centimètre carré. Ce chiffre représente avec une approximation suffisante la pression que la vapeur a coutume d'atteindre dans la chaudière.

M. LOCKE. — Le degré de pression de la vapeur dans la chaudière est déterminé par l'indicateur des soupapes de sûreté.

MM. BRUNEL et GOOCH. — La pression, dans les chaudières du *Great Western*, varie habituellement de 4^k.20 à 7^k. par centimètre carré, sans qu'il en résulte aucun danger.

Mais ce n'est point de la force de résistance de la chaudière que dépend la puissance de la machine. Cette dernière résulte du degré de pression qu'il est possible de maintenir en marche; or, cette pression réelle dépend elle-même d'un assez grand nombre de conditions ou circonstances, telles que les dimensions relatives du cylindre et de la chaudière, la vitesse, la charge remorquée, etc.; telle machine fournira abondamment de la vapeur à une pression de 4^k.92 à 5^k.60, tandis que la même machine, dans des circonstances peu différentes, ou une autre machine presque semblable à la première, n'en produira peut-être pas suffisamment à une pression de 2^k.80 à 3^k.50.

2^e QUESTION. — *A quel moment de la course est-il le plus avantageux d'intercepter l'arrivée de la vapeur et d'utiliser sa détente ?*

3^e QUESTION. — *La vitesse a-t-elle de l'influence sur cette détermination ? et, si oui, quelles détentes doit-on employer suivant les diverses vitesses ?*

5^e QUESTION. — *A-t-on évalué expérimentalement la contre-*

pression (1) suivant que l'on fait varier la tension de la vapeur à la fin de la course, la vitesse du piston et le rapport des sections du cylindre et du tuyau d'échappement ; et quels résultats les expériences ont-elles fournis ?

MM. STEPHENSON, M'CONNEL et TREVITHICK. 2^e et 3^e Question. — Le moment de la course auquel il est le plus avantageux pour les machines de travailler en détente, varie suivant la vitesse, la charge remorquée et l'inclinaison de la voie ; la vitesse est loin d'être la seule considération déterminante.

L'usage est d'arrêter l'introduction de vapeur à un point variable entre les 5/8^{es} et les 7/8^{es} de la course ; on n'a point reconnu qu'il fût avantageux d'intercepter la vapeur plus tôt.

5^e Question. — Dans les meilleures machines, les sections du tuyau d'échappement et de celui d'arrivée de vapeur sont, à peu de choses près, égales entr'elles, et le 10^e ou le 12^e de la section du cylindre. La section du tuyau d'échappement y a donc peu d'influence sur la contre-pression, qui varie suivant le degré de détente auquel on fait fonctionner la vapeur dans le cylindre.

M. LOCKE. 2^e Question. — Le degré de détente doit varier avec la vitesse, la charge remorquée, l'inclinaison de la voie et avec le mode particulier de construction de la machine. Avec une faible charge on peut intercepter l'arrivée de vapeur à moitié de la course ; avec une forte charge, à un point variable entre les 2/3 et les 3/4.

3^e Question. — La vitesse influe sur cette détermination, mais on ne saurait indiquer les degrés de détente correspondant à ceux des diverses vitesses, sans faire intervenir la puissance de la machine et son mode de construction.

5^e Question. — La contre-pression varie avec la détente, qui, à son tour, est variable avec la charge remorquée, la vitesse, la course, les sections des tuyaux d'échappement et d'arrivée,

(1) Pression nuisible de la vapeur, agissant sur le piston en sens contraire de sa marche.

la surface de chauffe, etc., éléments qu'il faudrait déterminer pour qu'on pût répondre catégoriquement à la question qui nous occupe.

MM. GOOCH et BRUNEL. 2^e, 3^e et 5^e Question.--- Il y a huit ou neuf ans que nous ne nous servions encore d'autre détente que de celle qui résultait d'un léger recouvrement donné au tiroir en vue de faciliter l'échappement. Depuis, nous avons disposé nos machines de manière à pouvoir faire varier le degré d'expansion de la vapeur suivant la charge ou la vitesse demandée.

Voici quelles sont les dimensions principales de notre machine *Great-Britain* et la manière dont elle est réglée :

Diamètre du cylindre.....	0 ^m .45
Course.....	0 .60
Diamètre des roues motrices.....	2 .44
Recouvrement extérieur du tiroir.....	0 .025
Recouvrement intérieur.....	0 .0015
Section de la lumière d'introduction de vapeur.....	0 ^m .325 × 0 ^m .050 = 0 ^m .016
Avance du tiroir.....	0 .007

NUMEROS des points de la course où la vapeur est interceptée.	VAPEUR	ECHAPPEMENT	ECHAPPEMENT
	interceptée à :	EN ARRIERE DU PISTON ouvert à :	EN AVANT DU PISTON fermé à :
1	0 ^m .45	0 ^m .550	0 ^m .524
2	0.422	0.525	0.519
3	0.350	0.506	0.494
4	0.300	0.469	0.459
5	0.225	0.411	0.422
6	0.016	0.3875	0.365

Nous détendons au n^o 1, lorsque le train à remorquer est pesant ; au n^o 2, lorsqu'il est nécessaire de faire usage de toute la puissance de la machine à une vitesse d'environ 64^{kilom.}.40 à 80^{kilom.}.40 ; au n^o 3, lorsqu'il s'agit de vitesses plus considérables encore.

L'usage de la détente fait d'ailleurs gagner de l'effet utile ;

car s'il en résulte une atténuation de l'effort moteur de la machine, la contre-pression, d'autre part, se trouve atténuée plus considérablement encore.

C'est ce que font voir les diagrammes tracés par l'indicateur placé sur les cylindres du *Great-Britain*, diagrammes dont voici l'expression en chiffres.

Marchant à raison de 72^{kilom.}.40 à l'heure et interceptant la vapeur à 0^{m.}.412, on a :

Pression motrice.....	24 kilogr.	870
Contre-pression.....	4	.802
	<hr/>	
Effet utile.....	20	.068

Marchant à raison de la même vitesse, mais interceptant la vapeur à 0^{m.}.344, on a :

Pression motrice.....	23 kilogr.	284
Contre-pression.....	3	.126
	<hr/>	
Effet utile.....	20	.158

Il semble donc que l'emploi de la détente doit être générale et ne présenter que des avantages réels, et cependant nous allons faire comprendre que, pour certaines machines, il est, à cet emploi, des empêchements ou, tout au moins, des limites assez resserrées.

Comment s'effectue le tirage dans les machines locomotives?

La vapeur, au sortir des cylindres, est déchargée dans la cheminée par le tuyau d'échappement et forme dans la boîte à fumée un vide de 0^{m.}.05 à 0^{m.}.30 suivant le diamètre du tuyau d'échappement, le degré de la détente et la vitesse du piston. C'est ce vide partiel qui appelle l'air dans la boîte à feu, où il est brûlé; c'est encore lui qui, entraînant la flamme et les gaz échauffés au travers des tubes, les conduit jusque dans la cheminée.

Ainsi engendré par une pression qui agit en sens contraire de la marche du piston, le tirage, dans les machines locomotives, absorbe une portion de leur puissance motrice.

Avec un faible rapport entre les sections du tuyau d'échappement et du cylindre, et avec une grande vitesse de piston, la pression génératrice du tirage et la difficulté d'évacuer la vapeur deviennent, l'une et l'autre, très-considérables. Les machines à roues de 2^m.135 donnent 960 échappements par minute, lesquelles marchent à 96^{kilom.}.54 par heure; celles à roues de 1^m.830, actuellement en usage sur les chemins à petite voie, évacuent par minute 1,120 cylindrées, lorsqu'elles marchent à 96^{kilom.}.54 par heure; ce nombre se réduit à 840 pour des machines à roues de 2^m.44. Dans la machine *Lxion* (1), le tuyau d'échappement présente une section égale au 5^{me} de celle du cylindre et les roues motrices un diamètre de 2^m.135; en interceptant la vapeur à 0^m.340 de la course, on trouve que les pertes de puissance dues à la contre-pression, suivant les diverses vitesses, sont de :

2.1 0/0	pour une vitesse de 28	tours par minute.		
11.6	—	—	80	—
15.8	—	—	160	—
21.0	—	—	240	—

On voit que la contre-pression est un élément de dépense considérable; elle s'accroît d'ailleurs assez rapidement pour être un obstacle matériel à l'obtention de certaines vitesses de marche.

La contre-pression peut être atténuée par l'emploi de fortes détentes, de larges tuyaux d'échappement et de grandes roues motrices; mais, par contre, ces divers moyens portent atteinte à la pression génératrice du tirage. Ils ne sont donc applicables qu'à la condition de pouvoir atteindre une certaine proportion entre la chaudière et le cylindre. En effet, pour brûler une quantité donnée de combustible, il faut une quantité donnée d'air; si la vitesse de cet air ou le tirage devient moindre, il faut, par

(1) Voir plus loin de plus grands détails sur la construction de cette machine.

compensation, augmenter la surface de la grille et la section des tuyaux qui servent à l'écoulement des gaz; en d'autres termes, de grandes surfaces de grilles et une grande section de tuyaux sont nécessaires, si l'on veut marcher avec un faible vide dans la boîte à fumée, c'est-à-dire perdre le moins possible de la puissance de la machine; ajoutons, en passant, que cette économie de puissance est devenue une véritable obligation, en face des exigences du service actuel des chemins de fer.

Or les machines des chemins à petite voie sont, à cet égard, fort limitées. Il est patent, d'abord, qu'elles sont incapables, aux grandes vitesses actuelles, de faire un bon service courant, et ce qui le prouve, ce sont les efforts incessants des propriétaires de ce genre de lignes pour augmenter la puissance de leurs moteurs; mais leurs tentatives ne réussiront pas à créer des machines beaucoup plus puissantes que celles qui existent, et elles se résolveront, à coup sûr, en accroissement de consommation de charbon, de détérioration de la voie et d'accidents.

En effet, sur les chemins à petite voie, l'enveloppe extérieure de la boîte à feu ne peut convenablement dépasser une largeur de 1^m.22: c'est l'opinion de M. *Stevenson*; et l'enveloppe intérieure, une largeur d'environ 1^m.04; ces dimensions étant d'ailleurs des *maxima*. Nous rappellerons en outre, que pour l'enveloppe intérieure de la machine *A*, construite au chemin d'York pour les expériences des Commissaires réunis pour étudier la question de la grande et de la petite voie, il n'a point été possible d'obtenir une largeur de plus de 0^m.950; enfin que, sur les chemins à petite voie, ce sont les propres paroles de M. *R. Stephenson*, on fait et on a fait en tout temps les chaudières aussi larges que la voie le peut comporter.

Sur les chemins à grande voie, avec même jeu et même épaisseur d'eau, on peut porter la largeur de l'enveloppe intérieure à 1^m.625.

Quant à la longueur de la boîte à feu, elle n'a point à intervenir dans cette comparaison, car, sur l'un et l'autre genre de voie, elle n'est limitée que par la difficulté de bien conduire le

feu ; nous admettrons donc qu'elle soit la même des deux parts, quoique, à vrai dire, elle puisse être, au besoin, plus grande sur les chemins à grande voie, en raison de ce que la largeur y peut être supérieure, et qu'il y a toujours certaines proportions à garder entre la longueur et la largeur.

Nous pouvons donc conclure que le rapport de 65 à 38 peut être pris pour celui des puissances respectives des machines de la grande et de la petite voie.

Notons que la largeur de la boîte à feu limite tout naturellement le diamètre de la partie cylindrique de la chaudière, et conséquemment la section totale des tubes ; il ne servirait d'ailleurs à rien que l'on augmentât la surface de la grille, sans augmenter proportionnellement la section totale des tubes, car la première augmentation nécessitant une plus grande quantité d'air pour la combustion, l'on ne pourrait se passer de la deuxième qu'à la condition de surexciter le tirage, c'est-à-dire de diminuer la puissance de la machine. Ainsi, l'on peut dire que la limite du diamètre de la partie cylindrique de la chaudière est en même temps celle de la puissance de la machine.

Le tableau suivant indique les dimensions des grilles, des tuyaux d'échappement et des sections totales des tubes de quelques machines récemment construites.

NOMS DES CHEMINS DE FER.	Surfaces des grilles.	Somme des sections des tubes.	Rapport de la section totale des tubes à la surface de la grille.	Rapport des sections du tuyau d'échapp. et du cylindre.	Section des cylindres.
Machines à 8 roues du Great-Western.....	m. q. 1.951	m. q. 0.500	$\frac{1}{3.9}$	$\frac{1}{13}$	m. q. 0.161
Machines du South-Western....	0.932	0.233	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{14}$	0.100
Machines du Grand-Junction...	0.929	0.216	$\frac{1}{4.3}$	$\frac{1}{14.5}$	0.100
Machine A. du chemin d'York..	0.841	0.148	$\frac{1}{5.7}$	$\frac{1}{17.1}$	0.114

On voit par ce tableau que lorsque le rapport de la section

totale des tubes à la surface de la grille vient à diminuer, le diamètre du tuyau d'échappement doit être réduit proportionnellement. Sur le *Great-Western*, ce diamètre est le plus grand, parce que les dimensions de la chaudière y sont les plus grandes relativement au cylindre.

La machine *A*, avec une section totale de tubes assez faible, aidée d'une longueur extravagante, ne peut fonctionner qu'avec un tuyau d'échappement étranglé, c'est-à-dire en employant une forte portion de la puissance de la machine à souffler le feu.

Les chemins à petite voie, arrêtés par l'impossibilité d'augmenter la largeur des boîtes à feu, ont tenté d'y obvier en augmentant la longueur des chaudières ;- mais on se tromperait en croyant qu'il en est résulté une véritable augmentation de puissance.

Nous avons trouvé par expérience que, pour peu que la superficie totale des tubes fût égale à 10 ou 11 fois celle de la boîte à feu, ils abandonnaient à l'eau de la chaudière toute la chaleur engendrée. Si, d'ailleurs, ce rapport observé, il passait outre une quantité de chaleur de quelque importance, il vaudrait mieux, pour y remédier, augmenter le nombre des tubes que les allonger ; car, dans le second cas, l'on est tenu d'augmenter la contre-pression, pour obtenir dans la boîte à fumée le vide nécessaire, vide qui, dans les nouvelles machines à longues chaudières, s'est élevé à environ 27^{cent.}90, tandis qu'il n'exécède pas 12^{cent.}70 à 15^{cent.}24 dans les grandes machines du *Great-Western*.

Avec le rapport ci-dessus indiqué, nos dernières machines évaporent, pour un kilog. de coke, de 8 à 9 kilog. d'eau, suivant la rapidité de l'évaporation, la plus lente donnant le résultat le plus élevé.

La Compagnie du *London and North-Western*, après d'inutiles efforts pour obtenir, au moyen de l'allongement des chaudières, la puissance qui lui était nécessaire, a tenté, malgré un avis contraire exprimé antérieurement par son ingénieur, la

construction d'une boîte à feu de 1^m.830 de large, pour approcher autant que possible des dimensions usitées sur le chemin à large voie. Mais il est évident, *à priori*, qu'il n'en peut résulter d'accroissement d'effet utile, puisque la section totale des tubes n'est point proportionnellement augmentée. Il y a en outre, avec un semblable mode de construction, véritable danger à marcher à grande vitesse; on peut se figurer aisément quels doivent être les oscillations et le lacet d'une semblable machine, dans laquelle la boîte à feu, c'est-à-dire la portion la plus élevée et la plus pesante, surplombe la base d'une quantité considérable de chaque côté; dans laquelle, en outre, deux grands et lourds cylindres extérieurs de 0^m.45 de diamètre, et pesant ensemble un peu plus d'une tonne et demie, surplombent également la base à l'extrémité opposée (1), et dans laquelle enfin, ces poids en porte-à-faux sont mis en mouvement par l'action alternative de lourds pistons qui, avec leurs tiges, pèsent au moins de 400 à 450 kilog.

Devant les Commissaires nommés pour étudier la question de la largeur des voies, M. Locke fut le seul ingénieur qui n'admit pas tous les inconvénients qui nous paraissent résulter de l'emploi des cylindres extérieurs (2); quant à nous, nous soutînmes devant ces Commissaires, dès l'apparition des lourdes machines à longs cylindres, qu'elles seraient dangereuses à grande vitesse, et nos prévisions ont été réalisées par maints déraillements arrivés sans autre cause apparente.

En résumé, la grande voie, qui, d'ailleurs, est loin d'être trop large pour les grandes vitesses de marche, permet seule d'ap-

(1) Les cylindres du *Great-Britain*, machine du chemin à grande voie, ne sont écartés, de centre en centre, que de 1^m.221, c'est-à-dire qu'ils sont, en dedans des limites de la voie, d'une quantité de 0^m.456 de chaque côté. — Les cylindres de la machine des chemins à petite voie, dont nous nous occupons, sont distants de 1^m.725, de centre en centre, et surplombent la base de 0^m.145 de chaque côté.

(2) L'emploi des contre-poids indiqués par M. Lechatelier, à la suite de ses expériences, obvie singulièrement aux inconvénients signalés et grossis par M. Goch.

(Note du traducteur.)

plier largement le principe de la détente, car nous avons fait voir que cette dernière est limitée par les dimensions qu'il est possible de donner aux chaudières; — seule aussi, elle permet l'emploi de grandes roues motrices, car on y peut sans danger élever le centre de gravité des machines (1). Enfin, avec ce mode de voie, il est possible de construire des machines *ramassées*, maintenues dans les limites de leur base, et d'une puissance double de celles que l'on peut obtenir sur la petite voie.

4^e QUESTION. — *Quelle est, suivant les diverses vitesses, la portion de la pression de la vapeur qu'absorbent les frottements et les autres résistances émanant de la machine elle-même, abstraction faite de la contre-pression.*

MM. STEPHENSON, M'CONNEL ET TREWITICK. — La part de puissance qu'absorbe la machine varie il est vrai, suivant les diverses vitesses, mais aussi suivant les charges remorquées. Tout ce que l'on peut indiquer à cet égard, c'est qu'une machine remorquant un *express* de 8 ou 10 waggons absorbe vraisemblablement 70 à 80 0/0 de la pression totale; avec des trains de vitesse ordinaire, composés de 20 à 30 waggons, l'absorption n'est que de 20 à 30 0/0. Si l'on venait à augmenter, ne serait-ce que d'une bien faible quantité, la vitesse maxima actuelle, la machine absorberait, sans doute, la puissance entière et ne pourrait plus que se remorquer elle-même.

M. LOCKE. — Les frottements et autres résistances de la machine variant avec la charge remorquée et la vitesse, on ne peut répondre à cette question, qui n'est point assez précisée.

MM. GOOCH ET BRUNEL. — La quantité de frottements et autres résistances du mécanisme n'est point essentiellement affectée par la vitesse; mais, pour une même machine, elle est proportionnelle au travail, à l'effort développé. Elle est aussi

(1) Le système créé récemment par M. Champton donne la même faculté à la petite voie. (*Note du traducteur.*)

proportionnellement moindre dans les grandes machines que dans les petites; et, en effet, si nous considérons, en particulier, le frottement du piston, ce frottement ne croit que comme le diamètre du cylindre, tandis que la puissance de la machine augmente comme le carré de ce même diamètre; de même pour les autres pièces travaillantes.

De ces deux considérations rapprochées, il résulte qu'il vaut mieux fonctionner avec une forte machine qui ne développe pas son maximum de puissance, qu'avec une faible machine tirant à plein collier.

Il nous serait impossible d'indiquer la part de frottements revenant en particulier aux diverses pièces des machines, mais nous allons donner le résultat de quelques expériences touchant l'ensemble du mécanisme; elles ont été faites avec le *Great-Britain*, machine de grande voie, et l'*Ixion*, machine de petite voie.

Le *Great-Britain* a des cylindres de 0^m.45; avec son tender elle pèse 50,800 kilog. Dans un premier essai, elle a remorqué un train de 101,600 kilog.; dans un second essai, un train de 50,800 kilog. Le chiffre de la résistance propre de la machine et du tender a été obtenu en déduisant la résistance du train, mesurée au dynamomètre, de l'effort total mesuré aux cylindres.

L'*Ixion* a des cylindres de 0^m.381; elle pèse avec son tender 42,672 kilog.; on ne lui a fait remorquer que son propre poids et celui de son tender. La résistance propre de la machine et de son tender a donc été mesurée directement aux cylindres.

Pour l'une et l'autre machine, on a déduit de la résistance totale de la machine et du tender, celle due à ces deux appareils considérés comme simples véhicules remorqués; c'est après cette déduction que l'on a obtenu la résistance du mécanisme.

Voir ci-contre le tableau des expériences :

Deux faits essentiels résultent de ce tableau : c'est que les frottements croissent à peu près comme la charge, pour une même machine; et de plus, que le frottement d'une machine faible est proportionnellement beaucoup plus fort que celui d'une grande machine. Nous avons déjà donné l'explication de ce dernier fait, auquel contribue, d'ailleurs, la stabilité supérieure du *Great-Britain*, machine à 8 roues, mieux équilibrée que l'*Ixion*, machine à 6 roues.

6^e QUESTION. — *La puissance d'évaporation étant exprimée en mètres cubes, quelle est-elle, au maximum, dans les machines sur la grande voie?*

7^e QUESTION. — *Quelle est-elle au maximum, dans les machines sur la petite voie?*

MM. STEPHENSON, M'CONNEL et TREVITHICK. 6^e Question. — Lors des essais faits devant les Commissaires pour étudier la largeur des voies, on a trouvé que la limite de puissance d'évaporation des machines à voyageurs du *Great-Western* était de 5^m c. 747 par heure, et celle des machines à marchandises, de 5^m c. 350; les machines avaient d'ailleurs été choisies en vue des essais. Leur puissance a dû être un peu augmentée depuis.

7^e Question. — Sur la petite voie, les limites obtenues lors des mêmes essais et antérieurement ont été de 5^m c. 039 à 5^m c. 379 par heure.

Actuellement les meilleures machines évaporent de 5^m c. 662 à 6^m c. 511, et l'on construit présentement des machines à 8 roues qui feront mieux encore.

M. LOCKE. 7^e Question. — La puissance d'évaporation pour les machines de la petite voie varie de 4^m c. 246 à 5^m c. 662 par heure; on obtiendra, dans peu, de meilleurs résultats encore.

MM. BRUNEL et GOOCH. 6^e et 7^e Question. — Sur la grande voie, nos plus fortes machines, dont le tuyau d'échappement a, en section, 1/13^e de celle du cylindre, et la boîte à feu une surface de 14^m c. 214, évaporent au maximum 8^m c. 493 par heure.

Sur la petite voie, les machines, en mêmes conditions, ne peuvent évaporer plus de 5^m c.379 à 5^m c.662.

Notons en passant que les résultats obtenus sur la grande voie confirment pleinement un fait énoncé il y a quelques années par M. *Gooch*, à savoir que, pour des machines de toutes forces, chaque décimètre carré de la boîte à feu évaporait environ 6^d c.09 par heure, à la seule condition que les surfaces des tubes fussent égales à 16 ou 17 fois celles de la boîte à feu et que le tuyau d'échappement ne fût point extraordinairement étroit. Ainsi est prouvé combien peu la surface des tubes influe sur la puissance d'évaporation.

Il serait facile, s'il était nécessaire, de porter la puissance d'évaporation des machines de grande voie à 9^m c.908 et même à 10^m c.192 par heure ; il suffirait d'augmenter les dimensions de la boîte à feu. Pareil expédient n'est plus possible sur la petite voie, qui en est, à cet égard, à ses dernières limites.

Il est vrai qu'on peut toujours, à volonté, augmenter, et de beaucoup, cette puissance, par le seul fait d'étrangler le tuyau d'échappement ; mais il en résulte une perte de puissance motrice et une forte dépense de charbon. On n'économise ce dernier qu'à une condition, et toutes les expériences de M. *Gooch* l'ont plus que suffisamment démontré, c'est de ne travailler qu'avec un faible tirage : un volume donné de coke évaporerait toujours plus d'eau quand on le brûlerait avec un tirage modéré que lorsque sa combustion sera surexcitée par un rapide courant d'air. Nous le répétons donc : puissance et économie sont l'apanage des grandes machines.

Les ingénieurs peu praticiens s'imaginent communément « qu'il est plus avantageux, plus économique, de remorquer un » convoi léger avec une faible machine qu'avec un moteur » puissant. » C'est une grave erreur qui provient de ce que, par impossibilité de donner à la chaudière des dimensions suffisantes, on n'est jamais parvenu, jusqu'ici, sur la petite voie, à faire des machines puissantes et rapides qui ne consommassent pas une quantité énorme de combustible ; sur la grande

voie, nous avons reconnu par expérience que les fortes machines sont les plus économiques.

En effet, nous avons fait voir précédemment que, pour un travail donné, la perte de puissance due aux frottements était moindre dans les fortes machines auxquelles on ne demande point toutes leurs forces; dans de pareilles conditions elles ont donc à évaporer une quantité d'eau moindre, ou, s'il faut faire la part de la supériorité de leur poids, tout au plus égale à celle que doivent évaporer les faibles machines tirant à plein collier. D'autre part, nous avons établi que les grandes machines évaporaient une quantité donnée d'eau avec une moindre quantité de combustible. — Il en résulte évidemment que les grandes machines doivent être les plus économiques.

D'ailleurs, les chemins de fer ont tous à remorquer des convois lourds en été et légers en hiver, et de pareilles variations se présentent même fréquemment dans le cours d'une seule journée. La machine qui offre le plus d'avantage et d'économie est donc celle qui est propre à un fort comme à un faible travail; elle ne consommera qu'un peu plus de moitié de ce qu'il faudrait à deux petites machines accouplées; de plus, comme l'une de ces dernières reviendrait communément à vide, on en peut conclure que généralement deux petites machines dépensent trois fois plus qu'une grande pour un transport donné. On conçoit bien, *à priori*, qu'il en doive être ainsi; car les frais généraux, les frais de conduite et l'entretien, ne sont point affectés par une augmentation dans les dimensions des machines; bien plus, l'usure et la détérioration sont infailliblement atténuées quand un moteur fonctionne au-dessous de sa puissance possible; enfin le coke est le seul article de dépense qui soit dépendant de la capacité des machines, et nous avons fait voir qu'à cet égard l'avantage appartient aux grands moteurs.

Voici, du reste, à l'appui de ce qui précède, les consommations comparées de deux machines, l'une forte, l'autre faible, le *Great-Britain* et l'*Axion*; la première a des cylindres de 0^m.450

et la seconde de 0^m.381; elles fonctionnent sur la même ligne et remorquent des trains à peu près égaux. Nous prenons l'*Ixion* pour exemple, parce que c'est, de nos petites machines, la meilleure; elle est d'ailleurs munie d'un appareil de détente semblable à celui du *Great-Britain*.

Les résultats suivants sont des moyennes établies sur un travail de cinq semaines finissant au 16 novembre.

NOMS des MACHINES.	Vitesse moyenne par heure y compris les arrêts.	Poids moyen des trains, abstraction faite de la machine et de son tender.	Consommation moyenne de coke par tonne transportée à 1 kil.
GREAT-BRITAIN.....	43 kilom.	86 tonnes	kilg. 9.40
IXION.....	43	81	40.»
Moyenne de toutes les machines partant de la station de Paddington.	45	76	41.40

En été, quand on serait obligé, pour remorquer un train pesant, d'atteler deux machines telles que l'*Ixion*, le *Great-Britain* fait ce travail à elle seule, moyennant un léger accroissement de consommation.

Nous le répétons de nouveau ici, si à cette dernière machine on adaptait une chaudière moins volumineuse chauffée au moyen d'un fort tirage, toute l'économie qu'elle présente disparaîtrait. Elle consommerait autant que les grandes machines du *London and North-Western*, qui, nous le savons de bonne source, brûlent 12 kilogr. 87 par kilomètre, pour des vitesses moindres que celle; du *Great-Western*; ce qui est dû principalement à ce que ces appareils sont obligés de forcer le feu, et peut-être aussi à ce que les trains offrent plus de résistance sur les petites que sur les grandes voies.

Enfin il est, en faveur des machines puissantes, une dernière considération : c'est la *sûreté*. Il survient infailliblement des retards, c'es -à-dire que l'on court des dangers sur les chemins où les machines ne sont pas douées d'une force en excès

pour faire face à ces mille contretemps qui surgissent dans l'exploitation des chemins de fer, tels que vents violents, neige, trains plus lourds qu'à l'ordinaire, etc., etc. On y pourvoit généralement avec une machine auxiliaire; mais ce moyen est aussi peu sûr que peu économique; d'ailleurs il surgit, dans un même voyage souvent, de notables variations dans les poids à remorquer. Il ne faut pas oublier que la *punctualité*, qu'on ne saurait atteindre sans un excès de force dans les machines, est la première et principale garantie de la sûreté.

On trouvera ci-après la comparaison des vitesses actuelles que l'on observe, d'une part sur le *Great-Western* avec de puissantes machines, et de l'autre sur le *North-Western*, chemin à petite voie. Les trajets qui servent de base à cette comparaison sont de 312 kilom. pour la grande voie et de 323 kilom. pour la petite voie.

NOMS DES LIGNES.	Vitesse moyenne par heure des Express.	Vitesse moyenne par heure des trains ordinaires non compris ceux où il entre des waggons de 3 ^e cl
GREAT-WESTERN.....	kilom. 69.59	kilom. 45.86
NORTH-WESTERN.....	53.90	38.89
Différence en faveur de la grande voie.....	45.69	6.97

Nous ajouterons que, sur le *Great-Western*, la vitesse moyenne des *express trains* sera augmentée aussitôt que la ligne sera pourvue d'un certain nombre de machines semblables au *Great-Britain*; dès aujourd'hui l'*express* du matin atteint sur ce chemin une vitesse de 70 kilom. 57 à l'heure; sur le *North-Western* au contraire, la moyenne des vitesses des *express* n'ont été que de 51^{kilom.}23 si nous y avons fait figurer l'*express* de la malle; enfin il faut noter que sur ce chemin, les *express* ne reçoivent point de voyageurs de 2^e classe et posent

une limite au nombre total des voyageurs, ce qui ne se pratique pas sur le *Great-Western*.

8^e QUESTION. — *Quelles raisons pratiques ont déterminé la limite des diamètres des roues motrices, et pourquoi l'usage des roues de 5^m.05 a-t-il été abandonné sur le Great-Western?*

9^e QUESTION. — *Quels sont les diamètres les plus convenables, tant pour les roues motrices des machines à voyageurs que pour celles des machines à marchandises fonctionnant sur la grande voie?*

10^e QUESTION. — *Quels sont-ils sur la petite voie?*

MM. STEPHENSON, M'CONNELL ET TREVITHICK. 8^e Question.— Le diamètre des roues motrices dépend à la fois des conditions du trafic et de l'inclinaison de la voie. C'est en vertu de ces deux considérations que l'on est arrivé, pour les machines à marchandises, à des diamètres de 1^m.37, 1^m.44 et 1^m.52, tant sur la *grande voie* que sur la *petite voie*; pour les machines à voyageurs desservant de nombreuses stations, à des diamètres de 1^m.52, 1^m.67 et 1^m.83; pour les machines des *express trains*, à des diamètres de 2^m.13 et 2^m.44.

Si le service le réclamait, on pourrait, sans inconvénients, augmenter encore les diamètres des roues des machines fonctionnant sur la *petite voie*.

Nous rappellerons ici le résultat des essais comparatifs faits devant les Commissaires pour la question de la largeur des voies, avec des roues de 2^m.13 sur la *grande voie* et de 1^m.98 sur la *petite*. Le train servant aux expériences était de 81 tonnes. Les roues de 1^m.98 obtinrent un avantage d'environ 4 kilom.83 à l'heure sur les premiers 16 kilomètres; la moyenne pour les premiers 16 kilomètres fut égale de part et d'autre; et ce n'est que sur un parcours de 72 à 80 kilomètres que les roues de 2^m.13 obtinrent un avantage d'environ 5 à 6 kilomètres à l'heure.

9^e et 10^e Question. — Il n'y a point corrélation entre la

largeur de la voie et le diamètre des roues motrices ; les deux genres de voie emploient aujourd'hui les mêmes diamètres, et l'on pourrait les augmenter sur l'une aussi bien que sur l'autre.

M. LOCKE. 8^e Question. — La difficulté de démarquer et d'arrêter un train lorsque les roues ont des diamètres considérables, leur impose une limite qu'on n'a point dépassée, même sur le *Great-Western*, où les pentes sont cependant remarquablement douces.

10^e Question. — Les vitesses et l'inclinaison de la voie ont une action essentielle sur la détermination des diamètres et plus importante que celle qui résulte de la largeur de la voie.

Sur le *Grand Junction*, on emploie avec succès, pour les grandes vitesses, des diamètres de 1^m.83, et sur le *South Western* des diamètres de 1^m.982. Si ces deux lignes présentaient des pentes aussi douces que le *Great-Western*, on s'y servirait probablement de diamètres de 2^m.135 à 2^m.287. Quant aux machines à marchandises, les diamètres usités sont de 1^m.525.

MM. BRUNEL ET GOOCH. 8^e, 9^e et 10^e Question. — Le diamètre des roues motrices est essentiellement affecté par la largeur de la voie. En principe, ce diamètre doit être proportionnel à la puissance que la machine est capable de développer, puissance qui dépend elle-même de la dimension des cylindres et conséquemment de la capacité de la chaudière ; or, cette dernière est limitée par la largeur de la voie. D'ailleurs le danger de trop élever le centre de gravité de la machine vient à son tour limiter le diamètre des roues ; or, plus la base de la machine, ou ce qui revient au même, plus la voie a de largeur, moins il y a d'inconvénients à hausser ce centre de gravité.

L'emploi de grandes roues procure de l'économie et divers autres avantages ; mais il est clair qu'il ne servirait de rien d'avoir des roues de grand diamètre, s'il n'existait point de proportion rationnelle entr'elles et la capacité de la chaudière, et c'est uniquement parce qu'un semblable rapport n'existait point que nous avons abandonné les roues de 3^m.05.

Sur la *grande voie*, le diamètre le plus convenable pour les

machines à voyageurs actuelles nous paraît devoir être de 2^m.44; on irait à 2^m.745 si l'on augmentait le volume des chaudières. Quant aux machines à marchandises, les diamètres les plus convenables sont de 1^m.525 à 1^m.677; si l'on se servait de plus grandes chaudières, on porterait ces chiffres à 1^m.83.

Sur la *petite voie*, les diamètres les plus convenables sont de 1^m.83 à 1^m.982 pour les machines à voyageurs; et de 1^m.372 à 1^m.525 pour les machines à marchandises.

11^e QUESTION. — *Quelles sont les considérations qui limitent l'usage des machines à roues couplées, et jusqu'à quelles vitesses ces machines peuvent-elles fonctionner sans danger?*

MM. STEPHENSON, M'CONNELL, TREVITHICK ET LOCKE. — Pour de grandes vitesses, on renonce à l'emploi des machines à roues couplées à cause de la violence et de l'extrême rapidité des mouvements alternatifs des bielles d'accouplement. Mais ce système est d'un bon usage pour des vitesses qui ne dépassent point 64 kilomètres à l'heure.

MM. BRUNEL ET GOOCH. — On a reconnu impossible, en pratique, de répartir assez également le poids d'une machine sur quatre ou six roues couplées ou d'obtenir des bandages de dureté assez égales pour que ces roues s'usassent toutes d'une même quantité dans un temps donné.

Or, dans le système d'accouplement, les roues inégalement usées étant néanmoins contraintes d'accomplir leur révolution dans un même temps, il en résulte des glissements qui occasionnent des résistances considérables.

Ce système doit donc être seulement appliqué, soit aux petites roues des machines à marchandises, soit dans certains cas spéciaux où l'on ne saurait autrement obtenir une adhérence suffisante. Il est probable que le mode d'accouplement sera perfectionné, mais, quant à présent, nous ne l'employons pas au delà de vitesses de 64 kilomètres à l'heure.

L'accouplement des roues n'offre point d'ailleurs d'autre

danger que la rupture des bielles, accident rare et qui ne saurait avoir de conséquences sérieuses lorsqu'on ne marche pas à grande vitesse. Lorsque les roues couplées sont en bon état, l'accouplement tend à augmenter la stabilité de la machine, sinon la résistance à vaincre devient assez grande pour interdire la marche à grande vitesse.

12^e QUESTION. — *Quels sont, pour les plus puissantes machines à marchandises, les poids et dimensions des principales parties constituantes, et comment le poids total est-il réparti sur les roues ?*

13^e QUESTION. — *Quels sont-ils pour les plus puissantes machines à voyageurs ?*

MM. STEPHENSON, M'CONNELL ET TREVITHICK. 12^e Question. — Cylindres, de 0^m.400 à 0^m.450. — Course, 0^m.600. — Roues, de 1^m.372 à 1^m.525. — Poids total, 24 à 30 tonnes. — Poids incombant à chaque essieu, 8 à 10 tonnes.

13^e Question. — Cylindres, de 0^m.400 à 0^m.450. — Course, 0^m.525. — Roues, de 1^m.83 à 2^m.44. — Poids total, 22 à 25 tonnes. — Poids incombant aux roues motrices, 12 à 14 tonnes ; aux roues d'avant, 7 tonnes ; aux autres roues, de 3 à 4 tonnes.

M. LOCKE. 12^e Question. — Cylindres, de 0^m.400 à 0^m.450. — Course, de 0^m.550 à 0^m.600. — Roues, de 1^m.372 à 1^m.525. — Poids total, de 24 à 30 tonnes. — Poids maximum par essieu, de 10 à 12 tonnes.

13^e Question. — Cylindres, de 0^m.375. — Course, de 0^m.525. — Roues, de 1^m.982. — Poids total, 18 tonnes. — Poids incombant aux roues motrices, 8 tonnes ; aux roues d'avant, de 5 à 6 tonnes ; aux autres roues, de 4 à 5 tonnes.

MM. GOOCH ET BRUNEL. 12^e et 13^e Question. — Naguère encore il nous était impossible d'évaluer exactement le poids de nos machines, et surtout celui qui incombe séparément à chaque roue ; mais nous avons installé récemment une bascule, ou

plutôt un appareil composé de six bascules, qui atteint parfaitement ce but. Aujourd'hui chaque machine se rend fréquemment à la bascule pour la vérification du poids attribué à chaque roue, ce qui est d'une grande importance pour la stabilité. Les autres Compagnies n'ayant point monté d'appareils semblables, nous croyons qu'il faut se méfier de l'exactitude des poids qu'elles annoncent, car nous nous sommes aperçus par notre propre expérience à combien de mécomptes nous conduisait notre ancienne méthode de vérification.

Voici maintenant les dimensions des parties principales de nos machines à marchandises et à voyageurs.

1^o *Machines à marchandises.*

Surface de la grille.....	1 ^m .3.7.9
— de la boîte à feu.....	11 .501
— des tubes.....	105 .070
Diamètre.....	0 ^m .050
Nombre.....	218
Diamètre des cylindres.....	0 ^m .400
Course.....	0 .030
Diamètre des roues.....	1 .525
Nombre de roues (toutes couplées).....	6
Poids de la chaudière et des accessoires..	10 ^l ^{mes} .130
— des cylindres.....	1 .016
— du châssis extérieur.....	1 .220
— des essieux.....	1 .625
— des roues.....	5 .181
— de divers.....	5 .742
	<hr/>
Poids total.....	25 .044
Ainsi réparti :	
Sur les roues d'arrière.....	8 ^o n .229
— du centre.....	8 .534
— d'avant.....	8 .281

2^o *Machines à voyageurs.*

Surface de la grille.....	1 ^{m.4}	.951
— de la boîte à feu.....	14	.214
— des tubes.....	167	.127
Diamètre des tubes.....	»	
Nombre.....	305	
Diamètre des cylindres.....	0 ^m	.450
Course.....	0	.600
Diamètre des roues motrices.....	2	.440
— des petites roues.....	1	.372
Nombre des roues.....	8	
Poids de la chaudière et des accessoires..	12 ^{tonn}	.192
— des cylindres.....	1	.524
— du châssis extérieur.....	2	.540
— des essieux.....	1	.879
— des roues.....	6	.096
— de divers.....	7	.315
		<hr/>
Poids total.....	31	.546

Ainsi réparti :

Sur les roues d'arrière.....	7 ^{tonn}	.264
— motrices.....	11	.074
Sur les 4 roues d'avant.....	13	.208

14^e QUESTION. — *Quel est, pour de grandes vitesses, le poids maximum que l'on puisse imposer à une paire de roues, — la construction de la voie et son entretien étant tels qu'on lui assure de la solidité sans que, toutefois, l'on se jette, pour lui permettre de supporter des charges extraordinaires, dans des dépenses exagérées ?*

15^e QUESTION. — *Quel est, en circonstances favorables, le rapport de l'adhérence à la charge supportée par les roues ?*

16^e QUESTION. — *Quel est-il en circonstances défavorables ?*

17^e QUESTION. — *Quel doit-il être pour que, abstraction faite des circonstances tout-à-fait extraordinaires, on soit entièrement à l'abri des inconvénients qui résultent d'une adhérence insuffisante ?*

MM. STEPHENSON, M CONNELL ET TREWITHICK. 14^e Question. — La sûreté et l'économie du service exigent impérieusement que la solidité de la voie soit proportionnée au poids que l'on impose à l'essieu moteur des machines. Avec les voies actuelles, on ne peut dépasser les poids que nous avons indiqués dans notre réponse aux questions précédentes.

15^e et 16^e Question. — L'adhérence variant, suivant l'état des rails, depuis 1/6^e jusqu'à 1/30^e du poids supporté par l'essieu moteur, il n'est point possible de répondre catégoriquement à ces questions.

17^e Question. — Le poids des trains et l'inclinaison de la voie ont trop d'influence pour qu'il soit possible de préciser une réponse.

M. LOCKE. 14^e Question. — Pour de grandes vitesses, il est imprudent de dépasser les poids actuellement usités, car la voie en pâtirait trop; c'est plutôt cette considération que celle de la largeur de la voie qui limite la vitesse.

15^e et 16^e Question. — On ne peut préciser de réponse à ces questions; car il arrive que l'adhérence reste en excès, quoique l'on fonctionne avec le régulateur ouvert au maximum, tandis que d'autres fois les rails sont en tel état que l'on patine, alors même que le régulateur est fermé autant que possible.

17^e Question. — D'environ 1/6^e du poids supporté par l'essieu moteur.

M. BRUNEL. 14^e, 15^e, 16^e et 17^e Question. — La réponse aux questions qui nous occupent est entièrement subordonnée au mode de construction des machines et à celui de la voie.

Dans une machine très-stable, on peut imposer à l'essieu moteur une charge beaucoup plus forte et avec de moindres inconvénients que dans une machine moins bien équilibrée. Car ce

n'est pas tant la pression verticale provenant du poids imposé aux roues qui détériore la voie, que les pressions et chocs latéraux, ainsi que les frottements de diverses natures, résultant des oscillations, du lacet et du galop des machines. Pour qu'une machine soit très-stable, il faut qu'elle soit, autant que possible, renfermée dans les limites de sa base, qu'elle soit basse, qu'elle ait ses lourdes pièces rapprochées du centre autant que faire se peut, son poids également réparti sur les essieux, les ressorts aisés, les roues motrices placées au centre, et dénuées de boudins s'il y a 8 roues.

Si toutes ces conditions sont remplies, nous pensons que l'on peut, sans inconvénients, doubler les poids actuellement imposés aux essieux.

Sur le *Great-Western*, les machines à 8 roues, construites en dernier lieu, portant 15 ou 16 tonnes sur l'essieu moteur, sont plus stables et détériorent moins la voie que nos premières machines, dont les roues motrices n'étaient chargées que de 8 ou 10 tonnes, et s'il y avait un avantage quelconque à élever le poids de ces machines jusqu'à 40 tonnes, nous les ferions marcher aux plus grandes vitesses sans redouter en aucune façon leur action sur la voie.

L'influence du système de construction de la voie sur la détermination qui nous occupe est considérable; nous ne voulons point parler de la largeur de voie, quoiqu'elle ait une action évidente sur la stabilité des machines, mais du mode de soutènement des rails. Les voies, lorsqu'elles sont formées de rails pesants, encastrés de distance en distance dans des coussinets et reliés par des traverses, forment un système rationnel et excellent tant qu'il est en bon état, mais qui ne peut résister longtemps aux efforts de toute nature, des machines pesantes marchant à grande vitesse; les coins se desserrent, les rails deviennent ondulés. Aussi ce mode d'assemblage donne-t-il lieu à de fréquents accidents dont sont exemptes les lignes qui, telles que le *Great-Western*, ont leurs rails fixés sur des longrines en bois et supportées par conséquent sur toute leur longueur; nous n'avons

point encore eu d'exemple de rails brisés ou seulement déplacés.

C'est le mode de construction de notre voie qui nous a permis de charger de 16 tonnes nos essieux moteurs, et cette charge peut encore, si l'on veut, être augmentée de beaucoup.

Quant à présent, ce poids est très-suffisant, puisqu'il nous permet de remorquer des trains de 150 tonnes à des vitesses de 112 à 128 kilomètres à l'heure, sans agir d'une manière fâcheuse sur la voie.

1/5 et occasionnellement un 1/4 du poids incombant à l'essieu moteur, telle est la limite supérieure de l'adhérence. Sur le *Great-Western* on se base sur une adhérence de 1/5^e à 1/6^e, et l'on n'a pas à s'en repentir.

M. GOOCH. 14^e, 15^e, 16^e et 17^e Question. — Il est trois considérations qui conduisent à la détermination du poids que doit supporter l'essieu moteur ; ce sont : la puissance de la machine rapportée aux roues motrices, — le poids total de la machine, et le mode de construction de la voie.

1^o La charge que l'on peut rationnellement imposer à l'essieu moteur devant varier avec la puissance totale de la machine, il en résulte aussi que pour des courses et des diamètres de cylindres égaux, cette charge est directement dépendante du diamètre des roues motrices. La puissance totale du *Great-Britain*, rapportée à ses roues, qui sont de 2^m.44 de diamètre, peut être estimée à environ 2,491 kilogrammes ; or, avec un semblable effort, il a été reconnu, en pratique, que, pour avoir une adhérence d'environ 1/5 sur des rails secs ou lavés par une forte pluie, il était nécessaire d'imposer à l'essieu moteur un poids d'environ 12 tonnes ; avec des rails en état défavorable, on ne pourrait plus se servir de l'effort total, et il faudrait diminuer la pression ; ajoutons que nous avons vu des machines patiner fréquemment avec une charge de 15 tonnes sur l'essieu moteur, quoiqu'elles ne développassent qu'un effort de 1450 kilogrammes ; les rails étaient, il est vrai, dans les conditions les plus défavorables et l'adhérence n'était point égale à 1/10. En pratique nous comptons sur 1/5.

2° Après avoir déterminé le poids qu'il est nécessaire d'imposer à l'essieu moteur, on ne peut, toutefois, l'appliquer, si l'on veut obtenir une machine stable, qu'à la condition que le poids total de la machine permette de disposer d'une charge suffisante pour les autres essieux. En effet, admettons qu'on parvienne à faire une machine qui ne pèse que 20 tonnes, avec des cylindres de 0^m.45, et que, pour l'adhérence, il soit reconnu nécessaire de faire porter à l'essieu moteur une charge de 12 tonnes; il en résulte qu'il ne restera que 4 tonnes de charge pour chacun des autres essieux. Or cette machine sera moins stable et détériorera plus la voie qu'une machine de 30 tonnes n'exigeant également qu'une charge de 12 tonnes pour l'essieu moteur, et en laissant conséquemment 9 tonnes sur chacun des autres essieux. Il y a un exemple frappant du danger de ne pas répartir aussi également que possible le poids total d'une machine : dans un des essais que firent les *Commissaires des voies* à Yorck, ils chargèrent les roues motrices de poids supplémentaires, dans le but d'augmenter ainsi l'adhérence ; mais la machine, après avoir détérioré ou déplacé plusieurs rails, finit par briser un coussinet et dérailler. On a cru, dernièrement, empêcher les machines légères de basculer sur l'essieu central, en reportant l'essieu moteur à l'arrière ; mais il résulte de cette disposition des mouvements bien plus effrayants encore et que l'on aurait pu prévoir : car lorsque les roues motrices sont au centre et qu'elles viennent à glisser, la machine reste supportée sur deux autres paires de roues assez écartées l'une de l'autre pour assurer la stabilité, tandis qu'il n'en est évidemment plus ainsi lorsque l'essieu moteur est relégué à l'arrière.

3° Les diverses causes de détérioration de la voie, qui tiennent d'ailleurs bien plus aux efforts latéraux et aux chocs des machines qu'aux poids incombants aux roues, exigent une solide installation des rails. Or, dans le système de voie le plus usuel, considérons les coussinets de joint, par exemple, qui n'empruntent pas de force au rail ; ici, toute la sûreté du train est attachée à la résistance d'une faible épaisseur de fonte et du

serrage de coins en bois. Et cependant, de tous les matériaux, la fonte est le plus perfide, surtout quand elle est soumise à des chocs répétés ; il en est ainsi, même lorsqu'elle est de première qualité, et le bas prix des coussinets ne permet guère que d'y employer des fontes inférieures. La fonte a été bannie, peu à peu, de presque toutes les parties du matériel des chemins de fer qui sont appelées à être mues à de grandes vitesses, et on commence même à l'exclure des ponts. Mais accidents sur accidents résultent de la brisure des coussinets de la voie, et pourtant, chose bizarre, l'opinion publique ne s'émeut pas.

Le *Great-Western*, dont M. Brunel a indiqué plus haut le mode de construction, est complètement exempt d'accidents provenant de la voie. Ajoutons que ce système offre un autre avantage, c'est que, lorsqu'il y a déraillement par suite de la rupture de l'essieu ou de la roue d'une machine ou d'un waggon, les pièces de bois longitudinales soutiennent les roues jusqu'à ce que l'on soit parvenu à arrêter, tandis qu'avec les voies ordinaires, les roues tombent dans le ballast, d'où résultent de terribles accidents.

Nous pensons que sur une ligne construite sur longrines, on peut charger en toute sûreté l'essieu moteur de 16 à 17 tonnes.

18^e QUESTION. — *Quelle est la meilleure méthode pour évaluer exactement les résistances dues aux trains suivant les diverses vitesses, et quels sont, sur cette question, les résultats des expériences faites en circonstances ordinaires ?*

19^e QUESTION. — *Quelles sont, suivant les diverses vitesses, les limites inférieures de résistance sur lesquelles il faut compter pour être à l'abri de toute déception, mais abstraction faite des circonstances extraordinaires ?*

MM. STEPHENSON, M'CONNEL ET TREWTHICK. 18^e Question. — Nous nous en référons au mémoire de M. Harding, lu devant la Société des Ingénieurs civils.

19^e Question. — Nous répondrons à cette question en énumé-

rant les charges moyennes qui sont remorquées sur nos chemins, suivant les diverses vitesses.

Ces charges sont de 8 à 10 waggons (soit 40 à 50 tonnes) pour les express trains,—de 20 à 30 waggons (soit 100 à 150 tonnes) pour les trains ordinaires à voyageurs, et 40 à 80 waggons pour les trains à marchandises.

M. LOCKE. 18^e et 19^e Question. — Nous nous en référons aux expériences qui ont été faites au moyen de plans de diverses inclinaisons, par les soins de l'association britannique pour le perfectionnement des sciences, ainsi qu'aux extensions que leur a données M. Harding.

MM. BRUNEL ET GOOCH. 18^e et 19^e Question. — C'est un problème difficile à résoudre par expériences, vu l'impossibilité de les répéter dans des conditions ou circonstances identiquement semblables.

M. Harding a lu à la Société des Ingénieurs civils un mémoire dans lequel il a consigné les résultats d'un très-grand nombre d'expériences provenant de diverses sources auxquelles il a porté son contingent. Toutes ces expériences ont été faites dans les conditions suivantes : *vitesse uniforme, temps calme, parcours à pente uniforme et exempt de courbes à petit rayon, rails et waggons en bon état*. MM. Robert Stephenson, Bidder et autres ingénieurs qui ont eu occasion d'étudier cette question sur la voie étroite, ont appuyé les conclusions de l'auteur du mémoire et se sont accordés avec lui pour admettre la formule de M. Scott Russell comme applicable aux trains à voyageurs placés dans les conditions que nous venons de rappeler. Voici, du reste, cette formule :

« Soient T le tonnage d'un train, V la vitesse par heure exprimée en milles, N le nombre de pieds carrés de la projection verticale du train; soient en outre estimés les frottements à 6 livres par tonne, la résistance provenant de chaque pied carré de la projection verticale du train, à 0,0025 de livre, et enfin la résistance provenant des oscillations et chocs di-

» vers, à $\frac{V}{3}$; la formule qui exprime en livres la résistance de chaque tonne du train est :

$$6 \times \frac{V}{3} \times \frac{V^2 \times 0,0025 \times N}{T}$$

» L'auteur du mémoire ajoute qu'en comparant les résultats donnés par la formule à ceux fournis par l'expérience, on trouve que les premiers sont, pour de faibles vitesses, un peu plus élevés que les seconds; que pour des vitesses supérieures, les résultats concordent parfaitement; enfin que la formule s'applique bien aussi aux trains de voyageurs depuis 20 jusqu'à 113 tonnes et pour des vitesses de 64 à 96 kilomètres à l'heure. »

Il est difficile de douter de l'exactitude des résultats que donne cette formule en tant qu'appliquée à la petite voie; elle est confirmée par des personnes parfaitement familiarisées avec le travail de ce genre de voie; mais il n'en est pas de même pour la grande voie, et les expériences qui la concernent ne peuvent inspirer aucune confiance; il en est même où M. Harding a fait jusqu'à des erreurs de calcul.

Convaincus de l'importance d'avoir des résultats exacts et de l'impossibilité d'y parvenir avec des expériences telles que celles qui consistent à abandonner un train à sa pesanteur le long d'un plan incliné, ou à mesurer le temps après lequel un train lancé vient de lui-même à s'arrêter, nous avons construit un dynamomètre de grande dimension muni d'un ressort de traction de 1^m.83 de long, fait et ajusté avec le plus grand soin et d'une sensibilité extrême. A cet appareil étaient jointes des dispositions pour évaluer les vitesses, la résistance due aux vents et leur direction. Nous fîmes 26 expériences, en nous rapprochant le plus possible des données adoptées par M. Harding. Ainsi, nous choisîmes un mille parfaitement droit et de niveau. Chacune des expériences a été répétée plusieurs fois; mais on conçoit qu'il ait été impossible de maintenir une vitesse toujours parfaitement uniforme, ou d'avoir un temps toujours

calme pour chacun des parcours; nous avons donc consigné avec soin les diverses altérations qui se sont manifestées, de manière qu'on en puisse faire la part. — Le train remorqué consistait en voiture de 1^{re} et de 2^e classe de notre Compagnie, chargées avec du fer d'un poids équivalant au poids moyen des voyageurs. Pour faire 100 tonnes, il fallut 9 voitures outre celle du dynamomètre. Enfin, à quatre moments de chaque expérience, nous avons relevé les diagrammes fournis par un indicateur placé sur la machine, ce qui servait en même temps de contrôle. Voici les résultats généraux de ces essais, comparés à ceux que l'on obtient en calculant d'après la formule précitée, la résistance que l'on aurait éprouvée sur la voie étroite dans chacune de nos expériences.

VITESSE par HEURE.	RÉSISTANCE PAR TONNE			EXCÈS DE RÉSISTANCE AFFECTÉS A LA PETITE VOIE	
	de la machine et du train, d'après l'indicateur de la machine.	du train sur la grande voie, d'après le dynamomètre (1)	du train, sur la petite voie, d'après la formule adoptée par M. Harding	relativement aux résultats du dynamomètre.	relativement aux résultats de l'indicateur de la machine.
TRAIN DE 100 TONNES.					
kilomètres.	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.		
20.92	4.09	3.47	4.79	38 p. 0/0	17 p. 0/0
32.18	4.80	4.08	5.95	42 —	24 —
72.40	9.92	6.86	10.89	58 —	40 —
93.32	11.69	9.74	13.50	38 —	15 —
93.15	Non obtenue.	10.09	14.30	41 —	—
MOYENNES.....				43 p. 0/0	16 p. 0/0
TRAIN DE 50 TONNES.					
kilomètres.	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.		
32.18	5.89	4.44	6.19	46 p. 0/0	4 p. 0/0
69.19	8.74	7.32	11.74	54 —	34 —
82.06	12.23 (2)	9.30	13.70	47 —	12 —
99.76	11.14	10.20	16.97	66 —	52 —
MOYENNES.....				53 p. 0/0	25 p. 0/0

(1) Les chiffres de cette colonne ont été obtenus en ajoutant aux indications du dynamomètre la résistance de la portion de la projection verticale du train que masquait le tender; cette résistance a été calculée d'après la formule adoptée par M. Harding.

(2) Le temps était humide et orageux.

Il était évident *à priori* que les résistances devaient être plus grandes sur la petite voie; car, sur la grande voie, on se sert de roues d'un diamètre plus grand, ce qui diminue le frottement. De plus, n'oublions pas que la résistance atmosphérique agit obliquement sur le train et avec une intensité qui varie suivant la direction du vent; que, sous certains angles, cette résistance est aussi forte pour chaque mètre de surface latérale que pour chaque mètre de surface frontale; ajoutons que cette pression latérale produit d'autant plus d'effet qu'elle agit sur une surface plus irrégulière, plus brisée, et qu'elle a pour résultat de presser les rebords des roues contre le rail opposé. Il en résulte que la longueur du train est une considération importante. Avec un train de 100 tonnes, la surface latérale sur la petite voie est de 50 0/0 au moins plus considérable que sur la grande à cause de la différence de largeur des voitures (1). Enfin, les oscillations provenant de défaut de stabilité sont moindres sur la grande voie, où la base des voitures est plus considérable et où la résistance due à cette cause n'atteint pas le tiers de la vitesse, chiffre admis par la formule de M. Harding.

20^e QUESTION. — *Les dimensions des machines, leur adhérence et leur résistance étant telles que vous l'avez établi dans vos réponses aux questions qui précèdent, quel est, au maximum, le poids brut (y compris celui de la machine elle-même) que peuvent remorquer les machines à marchandises sur une voie de niveau et à une vitesse constante de 32 kilomètres par heure?*

MM. STEPHENSON, M'CONNELL et TREVITHICK. *20^e Question.* — Lors des expériences faites devant les commissaires nommés pour étudier la largeur des voies, une machine beaucoup moins puissante que celles que l'on établit maintenant sur

(1) M. Gooch a évidemment attribué une influence exagérée à l'action de l'atmosphère sur la surface latérale du train. (*Note du Traducteur.*)

la petite voie, a remorqué un train de 400 tonnes, outre son propre poids, à une vitesse moyenne de 31 kilom. à l'heure; la vitesse *maxima* a été de 45 kilom. à l'heure.

Nous estimons que sur niveau, nos plus fortes machines actuelles sont capables de remorquer un poids brut de 540 tonnes au moins, y compris celui de la machine; mais les exigences du service ne vont jamais jusqu'à demander de pareils trains, qui seraient, d'ailleurs, destructeurs des waggons et de leurs accouplements, et qui embarrasseraient aux stations.

M. LOCKE. *20^e Question.* — On pourrait facilement remorquer 600 tonnes; mais il y aurait de grands inconvénients à former de pareils trains.

M. BRUNEL. *20^e Question.* — Avec des waggons en bon état et bien chargés, on pourrait remorquer jusqu'à 700 et 750 tonnes.

M. GOOCH. *20^e Question.* — A une vitesse de 32 kilom. à l'heure, nos grandes machines à marchandises développent un effort de 2,944 kilogr. environ; si, de plus, on estime à 4 kilogr. environ la résistance par tonne, y compris celle de la machine, il en résulte qu'il est possible de remorquer un poids brut de 722 tonnes, et c'est une charge que nous transportons souvent, en effet, avec un seul moteur.

21^e QUESTION — Quel est le poids brut que peuvent remorquer les machines à voyageurs, à une vitesse de 64 kilomètres par heure, les autres conditions étant les mêmes que ci-dessus?

MM. STEPHENSON, M'CONNELL et TREVITHICK. *21^e Question.* — Lors des expériences faites devant les commissaires royaux, une machine remorquant 80 tonnes, non compris son propre poids et celui du tender, s'est maintenue à une vitesse moyenne de 79 kilom. à l'heure, sur un parcours de 13 kilom., et à une vitesse moyenne de 71 kil. à l'heure, sur un parcours de 69 kil.

Notons en passant que la machine *A* employée dans tous les essais de la petite voie n'a présenté qu'une différence de vitesse de 5 kilom. par heure, suivant qu'elle remorquait des trains de

80 ou des trains de 50 tonnes. Il en résulte que l'on ne gagne que peu de vitesse en diminuant beaucoup la charge, tandis qu'au contraire, une faible diminution de vitesse permet d'augmenter de beaucoup le poids du train remorqué.

Nos machines évaporent actuellement de 5^{me} 500 à 6^{me}.500 d'eau par heure, tandis que la machine A n'en évaporait que 4^{me}800 en moyenne et 5^{me}. au maximum. Nos meilleures machines à voyageurs peuvent en conséquence remorquer aujourd'hui des trains de 180 tonnes, y compris moteur et tender, et à raison de 64 kilom. à l'heure.

Il y a inutilité et inconvénient à former des trains trop considérables; mais si l'on jugeait convenable de les augmenter, rien ne fait obstacle à ce que nous établissons des machines plus puissantes; en ce moment même nous construisons 3 ou 4 moteurs à 8 roues et de grande capacité.

M. LOCKE. 21^e Question. — De 120 à 150 tonnes.

M. BRUNEL. 21^e Question. — De 200 à 240 tonnes.

M. GOCCH. 21^e Question. — A une vitesse de 64 kilom. à l'heure, nos machines à voyageurs développent un effort de 2,356 kilogr.; si, de plus, l'on estime à 10 kilogr. environ la résistance par tonne, y compris celle de la machine, il en résulte qu'il est possible de remorquer un poids brut de 236 tonnes, ce qui se vérifie en pratique.

22^e QUESTION. — *Quel est ce poids pour ces mêmes machines à une vitesse de 96 kilom. à l'heure?*

MM. STEPHENSON, M'CONNELL et TREVITHIC. — 22^e Question. — 110 tonnes.

M. LOCKE. 22^e Question. — Moitié environ du poids indiqué à la précédente réponse.

M. BRUNEL. 22^e Question. — De 160 à 180 tonnes.

M. GOOCH. 22^e Question. — A une vitesse de 96 kilom. à l'heure, nos machines développent un effort de 2,220 kilogr. environ; si, de plus, on estime à 12 kilogr. environ la résis-

tance par tonne , y compris celle de la machine, il en résulte qu'il est possible de remorquer une charge brute de 181 tonnes environ, ce que confirme la pratique.

23^e QUESTION. — *Quelle vitesse les mêmes machines, seules et sans tenders, pourraient-elles atteindre sur un chemin de niveau?*

M. LOCKE. **23^e Question.** — De 129 à 145 kilom. peut-être. Mais il importe de faire remarquer que pour chaque vitesse il y a lieu d'adopter, pour les machines, une construction différente. Telles machines susceptibles de faire un certain travail à une vitesse de 60 kilom., pourraient bien, à une vitesse de 96 kilom., n'être plus capables que de remorquer leur propre poids.

M. BRUNEL. **23^e Question.** — La plupart des machines n'excéderaient sans doute guère la vitesse à laquelle elles parviennent en remorquant une charge modérée, si on ne les établissait pas suivant une construction spéciale et propre à des vitesses supérieures.

M. GOOCH. **25^e Question.** — La contre-pression croît avec la vitesse, et la puissance de la machine décroît en raison inverse. Je pense que la limite de vitesse d'une machine ne remorquant que son propre poids est peu différente de celle qu'elle peut atteindre en trainant une charge légère.

MÉMOIRE N° XVI.

**Notice sur un pont en fonte construit sur l'Yonne
par MM. Seguin frères, sur le chemin de fer de
Montereau à Troyes.**

PAR M. CH. GUILLAUME,

Ingénieur civil, attaché à la construction du Chemin.

Le chemin de fer de Montereau à Troyes, qui coupe la rivière d'Yonne à 800 mètres de son point de soudure avec le chemin de fer de Paris à Lyon, la traverse au moyen d'un pont en fonte qui a présenté dans sa construction et dans son levage quelques dispositions particulières que je me propose de retracer. Ces dispositions sont nouvelles et remplissent complètement les conditions que s'étaient données les constructeurs, savoir :

1° De donner à la clef la plus petite hauteur possible entre le niveau des rails et l'intrados des arches, afin de diminuer l'importance des remblais aux abords ;

2° D'opérer le levage des arches sans le secours de cintres et échafaudages qui eussent apporté des obstacles à la navigation très-active de l'Yonne, et qui auraient pu déterminer quelque accident en cas de crue subite de la rivière ;

Et 3° de faire le levage avec économie.

Je donnerai successivement la description générale des pièces de fonte dont se compose le pont, l'exposé des dispositions prises pour le levage pendant qu'on élevait les maçonneries, les détails de l'opération du levage, et les calculs de la résistance de la culée et des efforts qui tendaient à la renverser pendant cette opération.

Je terminerai en indiquant les épreuves qui ont été faites.

Description générale. — Le pont d'Yonne se compose de quatre arches de 24 mètres d'ouverture chacune, surbaissées au huitième de l'ouverture. (Fig. 1, pl. XIV.) La hauteur des naissances, déterminée par la cote la plus élevée de la crue de mai 1836, est de 4^m,25 au-dessus de l'étiage. Chaque arche est formée de six fermes, et chaque ferme de deux parties distinctes : un arc en fonte divisé en voussoirs et des tympan qui rachète la différence de hauteur existant entre les diverses parties de l'arc et le niveau du plancher; pour supporter ce dernier, il y a de plus, sur les deux fermes de rive, une plaque en fonte destinée à maintenir le ballast sur le pont.

Chaque arc est divisé en cinq voussoirs dont la section a la forme d'un double T et dont la hauteur est de 0^m.50. Les voussoirs d'un même arc sont rendus solidaires au moyen de parties pleines A B C D, E F G H, qu'on a fait venir à l'extrémité de chacun d'eux et dans le vide compris entre les branches du double T. (Fig. 9 et 10, pl. XIV.) Ces parties pleines, de la même épaisseur que l'arc, sont percées chacune de deux trous qui correspondent à d'autres trous placés dans le voussoir suivant et dans lesquels passent des boulons. Le contact de deux voussoirs successifs n'a lieu que sur la partie en double T, qui est seule dressée avec beaucoup de soin, afin d'éviter la difficulté d'établir un joint parfait sur une surface trop grande.

Les voussoirs placés aux naissances viennent se fixer dans des sabots en fonte où ils sont solidement boulonnés; ces sabots, appliqués sur une assise de pierres de taille, sont maintenus d'une manière invariable par des boulons barbelés, scellés dans la pierre. Une feuille de plomb, interposée entre les sabots et la pierre de taille, permet à la pression de se répartir uniformément sur toute la surface de contact.

Les tympan d'une ferme se composent de six pièces de fonte évidées et boulonnées entre elles, ainsi qu'avec les voussoirs et le garde-grève; chaque premier tympan est maintenu contre les piles et les culées par six boulons horizontaux qui traversent

toute l'épaisseur des maçonneries. Une feuille de plomb est aussi interposée entre les pierres et la fonte.

Le garde-grève, qui a 0^m.50 de hauteur et qui est boulonné sur les tympans des fermes de rive, règne sur toute la longueur de ces fermes, excepté au milieu de l'arche, où le voussoir formant clef remplit aussi les fonctions de garde-grève. Des boulons traversant des tuyaux renflés à leurs extrémités, vingt-quatre croix de St-André boulonnées avec les tympans et des entretoises fixées de distance en distance sur la partie supérieure des tympans, entre les madriers du plancher, s'opposent au rapprochement ou à l'écartement des fermes. Le plancher des trottoirs et les montants du garde-corps sont supportés par des corbeaux en fonte boulonnés sur le garde-grève.

Enfin, le pont est couvert d'une couche de ballast de 0^m.50 de hauteur sur laquelle la voie est posée à la manière ordinaire ; sauf cependant au milieu de chaque arche, où les traverses sont maintenues par des emboitements que portent les voussoirs de la clef.

Dispositions prises pour le levage pendant la construction des maçonneries. — CULÉES. — Le corps carré d'une culée est traversé par des boulons placés de trois manières différentes (fig. 3 et 4, pl. XIV). 1^o Douze boulons verticaux E sont situés deux à deux dans l'axe de chaque arc. Les quatre boulons de rive relient l'assise de pierre de taille du coussinet avec les garde-grève, et les huit du milieu relient cette même assise avec des bandes de fer qui contournent le corps carré de la culée, je l'indiquerai plus loin en parlant du levage.

2^o Trois cours de douze boulons horizontaux P servent à maintenir les tympans contre la culée.

3^o Trois boulons horizontaux H de même diamètre que les précédents traversent la culée dans toute sa largeur et s'opposent à l'écartement des deux faces latérales de la maçonnerie.

De plus, toutes les pierres de taille sont reliées entre elles par des crampons en fer. La culée résiste ainsi comme un seul corps.

Enfin, dans le même plan que chacune des assises C et D on a établi une voûte horizontale qui s'appuie sur les murs en retour comme sur des piédroits et qui reporte sur ces murs la poussée qu'elle reçoit.

PILES. — Une pile n'est traversée que par deux séries de boulons; six sont verticaux, et, comme dans les culées, relient l'assise du coussinet avec le garde-grève, et les trois cours de douze boulons horizontaux maintiennent contre la maçonnerie les tympans de deux arches voisines. (Fig. 5 et 6, pl. XIV.)

LEVAGE. — Cette opération se fit avec autant de régularité que d'économie et de simplicité. Neuf ouvriers seulement y prirent part, en y comprenant le marinier qui dirigeait le bateau-ponté, et passait les ouvriers d'une rive à l'autre suivant les besoins du service, et le matériel qu'on y employa comprenait deux treuils, deux chèvres, un bateau-ponté et quelques mardriers.

On commença par élever les six premiers tympans contre la culée, au moyen d'une chèvre et d'un treuil (fig. 1, pl. XIV) qu'on établit sur la partie supérieure de la maçonnerie. Les tympans successivement élevés et fixés par les boulons horizontaux dont j'ai parlé plus haut, on riva sur la partie supérieure des quatre tympans intermédiaires en M (fig. 7 et 8, pl. XIV) une bande de fer MNO de 0^m,220 de largeur sur 0^m,018 d'épaisseur que l'on fit contourner le corps carré de la culée, et qui fut reliée à la maçonnerie par les boulons horizontaux et verticaux.

Les deux garde-grève placés sur les fermes de rive qui se prolongeaient sur la culée furent maintenus à la maçonnerie par les boulons verticaux, et fixés aux tympans par les boulons de joint.

Cela fait, pour continuer le levage avec une réussite parfaite et pour diminuer l'effort qui tendait à renverser en rivière la maçonnerie encore fraîche, on prit les dispositions suivantes.

A chaque bande de fer MNO on souda deux oreilles P, autour desquelles on accrocha un hauban formé de 40 fils de fer n° 18 dont l'autre extrémité, munie d'une vis de rappel,

s'appuyait sur une charpente reposant contre les murs en retour de la culée.

On leva alors les six seconds tympans, que l'on boulonna aux premiers, et l'on fixa les sabots en fonte sur l'assise du coussinet.

La chèvre et le treuil furent ensuite avancés sur un plancher de madriers que supportaient les tympans déjà posés, puis on boulonna avec les tympans et les sabots, les voussoirs qui avaient été levés, et l'on opéra comme précédemment pour placer le troisième tympan et les seconds voussoirs.

En faisant le même travail aux piles, on eut le soin d'avancer le levage simultanément de chaque côté des piles pour maintenir l'équilibre.

On ferma facilement les arches en montant les voussoirs de clef au moyen de deux chèvres; on mit ensuite en place les croix de St-André, les boulons horizontaux, le garde-grève et les corbeaux qui supportaient le trottoir.

Ce levage si hardi, mais si simple, dura seulement quatre mois pour les quatre arches.

Calculs de la résistance de la culée et des efforts qui tendaient à la renverser pendant le levage. — Les efforts au renversement de la culée au moment où l'on posait la clef se divisaient de la manière suivante :

6 1 ^{res} tympans pesant ens.	4,800 ^{k.}	et ayant le centre de gravité à 0 ^m .50 du point de rot.	2,400 k.		
6 2 ^{es} id.	id.	3,600	id.	2,00	id. = 7,200
6 1 ^{res} voussoirs	id.	10,800	id.	2,50	id. = 27,000
6 3 ^{es} tympans	id.	5,280	id.	3,50	id. = 18,480
6 2 ^{es} voussoirs	id.	42,000	id.	7,50	id. = 90,000
Moitié du poids d'une clef	1,200 k.				
Chèvre et câbles	300	} 2,800	id.	9,00	id. = 25,200
Madriers	800				
Ouvriers	500				
Effort total au renversement de la culée					<u>170,280 k.</u>

La culée pouvait-elle résister à cet effort?

La longueur de la culée était de 8^m.50, sa largeur jusqu'à la naissance des murs était de 2^m.50, et la hauteur du corps carré

était de 3^m.25; la maçonnerie présentait donc un cube de 8.50 × 2.50 × 3.25 ou 69 mètres cubes. Or, le poids d'un mètre cube de maçonnerie étant de 2,200 k., le poids du corps carré était de 69 × 2.200^k = 151,800^k. Ce poids, multiplié par 1^m.25, moitié de la largeur de la culée, donnait en conséquence pour la résistance totale de la maçonnerie de la culée 151,800 × 1.25 ou 189,750, chiffre plus fort que celui qui exprime l'effort total au renversement de la culée. Cela posé, il devient important de savoir si les 36 boulons horizontaux qui traversent la culée et les 4 bandes de fer qui contournent la maçonnerie en maintenant les tympans, peuvent résister à ce même effort et ne pas être brisés par le poids.

Pour cela, il faut calculer l'effort qui est supporté par millimètre carré de fer; cette recherche peut se simplifier en ne comptant dans les calculs suivants, pour la résistance des boulons, que la section due au diamètre intérieur des filets, et pour celle des bandes de fer, que la section diminuée des trous qui reçoivent les boulons verticaux.

Or 4 bandes de fer de	0 ^m .190	sur	0 ^m .018		= 13.680 ^{mm} × 3.25 = 44,460 k.
12 boulons horizontaux du 1 ^{er} rang de	0 ^m .027	de diamètre			= 6.870 × 4.30 = 8,931
12 id.		2 ^e id.	id.		= 6.870 × 2.40 = 16,438
12 d		3 ^e id.	d.		= 6.870 × 3.00 = 20,610
				Total.	<u>90,489</u>

Donc le poids supporté par millimètre carré de section n'était que de $\frac{170,280}{90,489} = 1^k.88$.

Cet effort si faible donne toute sécurité.

On a vu plus haut que la résistance de la culée était plus grande que l'effort qui tendait à la renverser; mais comme elle n'était que faiblement supérieure à l'effort au renversement, et comme les maçonneries étaient encore fraîches au moment du levage, on ne pouvait se fier entièrement à la maçonnerie; pour éviter les chances d'accident, on se servit, au levage, de haubans en fil de fer qui furent attachés aux premiers tympans et fixés à un système de charpente s'appuyant sur l'extrémité des murs en retour.

Si l'on veut avoir la force totale qui s'opposait au renversement, il faut donc calculer la résistance due à ces haubans et l'ajouter à celle de la maçonnerie.

Or, chaque hauban était composé de 40 fils n° 18; chaque fil avait un diamètre de 0^m.00308 et une section de 7^{mm} q.145.

La section d'un hauban était de 7^{mm} q.145 × 40 = 298^{mm} q.; ce qui, en multipliant ce nombre par 60^k, effort du fil de fer à la rupture par millimètre carré et par 4, nombre des haubans, donnait 72,000^k pour l'effort absolu.

La distance entre les haubans et le point de rotation étant de 3^m,25, la résistance qui leur était due se trouvait être de 72,000^k × 3^m,25 = 234,000^k.

En réunissant la résistance de la maçonnerie à celle des haubans, on avait :

Pour la maçonnerie.	189,750 ^k
Pour les haubans.	234,000

Ensemble.	423,750 ^k

Ce chiffre 423,750 exprime la résistance totale au renversement. Le rapport entre la résistance et la puissance devient donc :

$$\frac{423,750}{170,280} = \frac{2.49}{1} = 2.49$$

Une autre chose importante à vérifier avant de commencer le levage consistait à savoir si les sections réunies ab + bc + de des premiers voussoirs et des premiers tympans près de la culée, pouvaient supporter l'effort de 170,280^k qui agissait au moment du levage de la clef.

Rien n'est plus simple :

Sect. d'un 1^{er} voussoir, 45,000^{mm} q. — Dist. entre le centre de gravité et le point de rot. 0.25^m. 11,250^k

D° de la barre d'un					
1 ^{er} tympan	11,250	— D°	d°	d°	0.61 ^m . 6,862 50
D°	11,250	— D°	d°	d°	2.86 ^m . 32,175 "

					Pour une ferme 50,287 50

Et pour les 6 fermes, 50287. 50 × 6 = 301725.

Donc l'effort supporté par chaque millimètre carré de fonte était de $\frac{170280}{301725} = 0^k.56$, ce qui, comme on le voit, constitue une très-faible charge.

Epreuves. — Les épreuves que l'on fit subir au pont d'Yonne eurent lieu dans le mois d'avril 1848 et elles furent très-satisfaisantes. Le pont fut chargé de 320.000 k. et sous cette pression les fermes fléchirent seulement de 4 à 5 millimètres; elles reprirent aussitôt leur position primitive dès que la charge disparut.

Puis, pour se rendre compte du mouvement horizontal, on plaça 160,000 k. sur la voie aval du pont, on lança sur la voie, amont, à des vitesses différentes, un train qui pesait 160,000 k.; sous cette influence le mouvement horizontal fut inappréciable.

Pendant l'exploitation de la ligne sur un pont tout à fait semblable construit sur le même chemin de fer près de Nogent-sur-Seine, dans les derniers mois de 1848, des ouvriers qui travaillaient à la réparation des voies sur la première arche de ce pont ayant eu l'imprudence de ne pas avertir, au moyen de signaux de convention, du travail qu'ils faisaient, un convoi de marchandises, lancé avec la vitesse ordinaire, se présenta pour franchir le pont; les rails manquant, la machine tomba avec un choc terrible sur le milieu de l'arche, sauta de traverse en traverse et vint heurter contre le garde-grève, qui, par la résistance qu'il offrit, la maintint : aucune pièce du pont ne souffrit de cette épreuve; toutes restèrent en bon état, et prouvèrent, en résistant à ce choc, le soin avec lequel il avait été exécuté et la solidité du système qui avait été suivi.

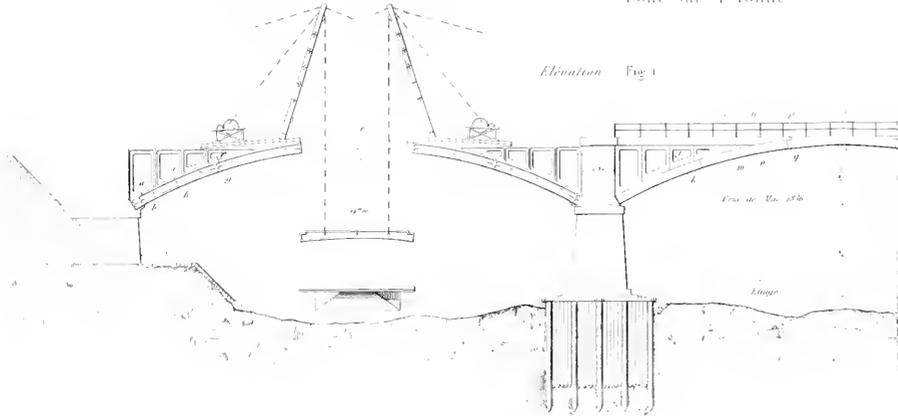
TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
Compte-rendu des travaux de la Société centrale des Ingénieurs civils. (N° 4. — Janvier, février, mars 1849).	4
Liste générale des membres de la Société.	9
Mémoire n° 8. — Notice sur un pont construit dans la plaine de Lery, à la fin de l'année 1844, pour faciliter l'écoulement des eaux d'inondation, en amont du pont du Manoir sur la Seine, par M. Emile Chevalier, ancien ingénieur principal du chemin de fer de Paris à Rouen.	47
Mémoire n° 9. — Notice sur la préparation d'un jaune fusible, à mêler pour la peinture sur porcelaine, par M. Salvetat, chi- miste de la manufacture nationale de Sèvres.	23
Mémoire n° 10. — Note sur les moyens de régler la suspension des machines locomotives, par M. Nozo (Alfred), ingénieur des ateliers du chemin de fer du Nord.	31
Compte-rendu des travaux de la Société centrale des Ingénieurs civils. (N° 5. — Avril, mai, juin 1849).	44
Mémoire n° 11. — De l'entretien des roues montées sur essieux, au chemin de fer du Nord, par M. Nozo (Alfred).	45
Mémoire n° 12. — Calculs sur la puissance de vaporisation et de traction des machines locomotives, fonctionnant sur divers chemins de fer, par M. Henry Mathieu.	121
Mémoire n° 13. — Note sur un nouvel emploi du platine dans la peinture sur porcelaine, par M. Salvetat.	129

Compte-rendu des travaux de la Société centrale des Ingénieurs civils. (N° 6. — Juillet, août, septembre 1849).	134
Extrait des procès-verbaux. — De l'industrie des sondages. — M. Degousée rapporteur.	137
Moteur-Pompe Gérard. — MM Ch. Callas et Faure rapporteurs.	140
Des constructions navales. — M. Lecœuvre rapporteur.	145
Mémoire n° 12 bis. — Situation de l'industrie des aciers en France (Exposition de 1849), par M. La Salle, ingénieur civil.	149
Mémoire n° 13. — De l'emploi du zinc dans les constructions, par M. Yvert.	173
Mémoire n° 14. — Analyse de quelques grès cérames, par M. Salvetat.	180
Compte-rendu des travaux de la Société centrale des Ingénieurs civils. (N° 7. — Octobre, novembre, décembre 1849).	185
Extraits des procès-verbaux. — Produits de l'industrie relatifs à l'éclairage. — M. Arson rapporteur.	193
Des instruments géodésiques. — M. Yvon Villarceau rapporteur.	196
De l'établissement des chemins de fer en Espagne. — Note par M. Eug. Flachet.	203
Mémoire n° 15. — Enquête sur les machines locomotives en 1848.	214
Mémoire n° 16. — Notice sur le levage d'un pont en fonte construit sur l'Yonne, par MM. Seguin frères, sur le chemin de fer de Montereau à Troyes, par M. Ch. Guillaume.	247

Pont sur l'Yonne

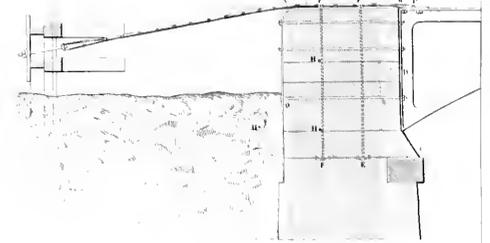
Elevation Fig 1



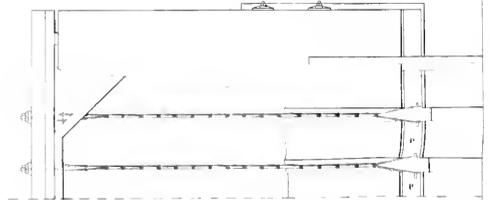
Plan Fig 2



Disposition des haubans
Coupe de la Calée suivant l'axe du chemin de fer Fig 7

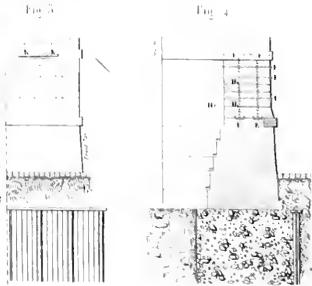


Plan Fig 3

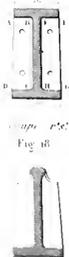


Calée

Coupe suivant C-C Fig 4



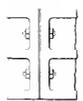
Coupe a-b Fig 9



Coupe c'e' Fig 10



Fig 10



Coupe p-q Fig 11



Coupe r-h Fig 11



Coupe p-q Fig 12



Coupe J-J Fig 12



Coupe r-s Fig 13



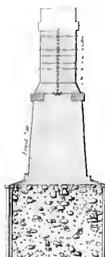
Coupe L-m Fig 13



Coupe n-o Fig 14

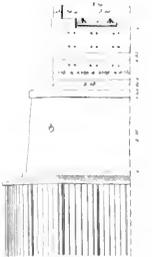


Coupe en travers Fig 15



Pile

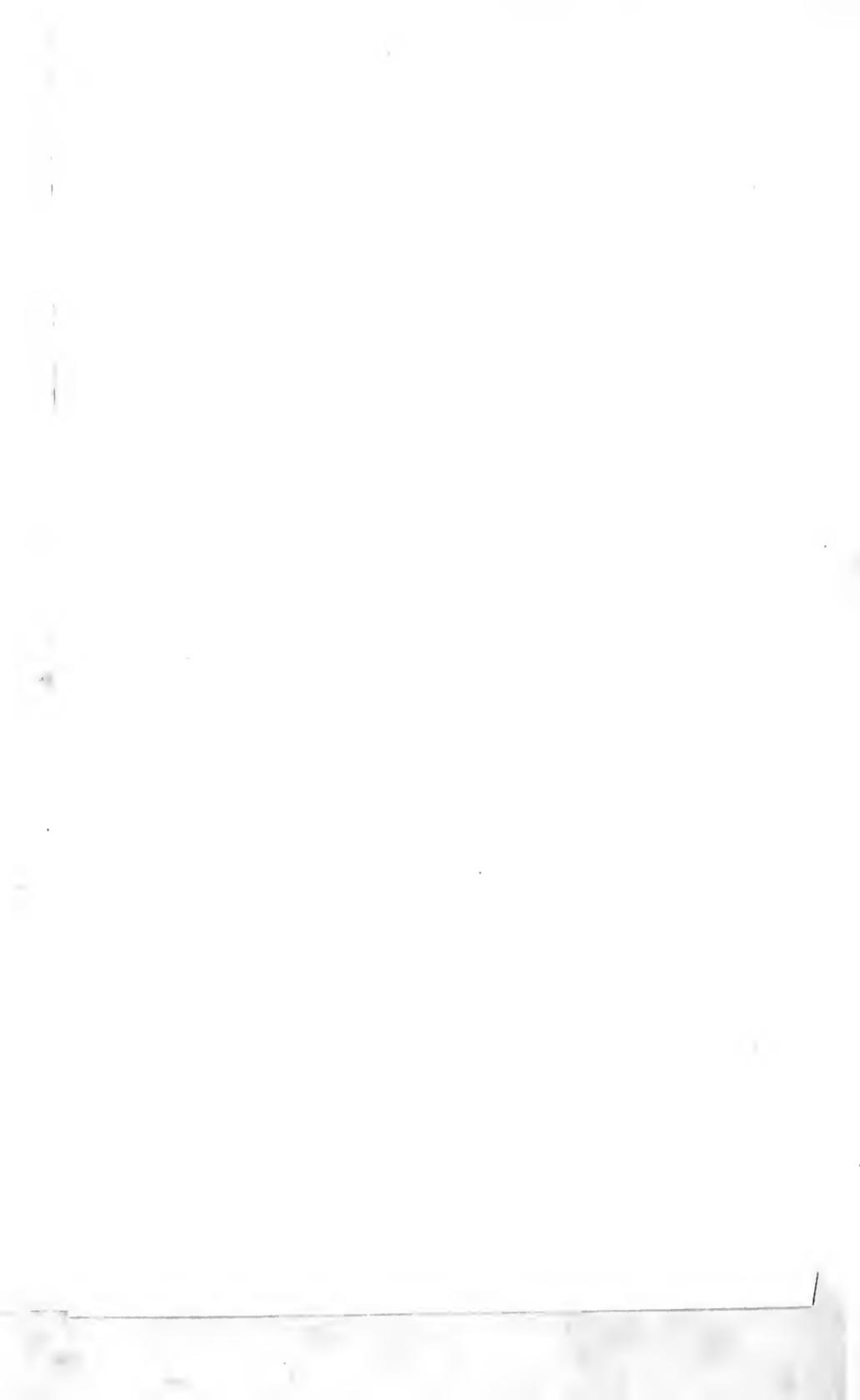
Échiffre latérale Fig 5



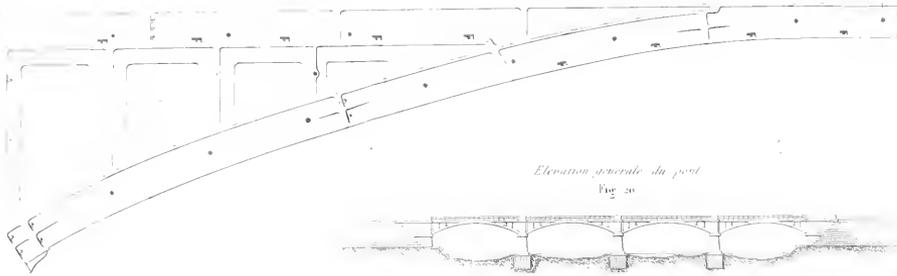
Echelle des Fig 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14 de 0" = 100" pour metre

Echelle des Fig 10, 11, 12, 13, 14 de 0" = 100" pour metre

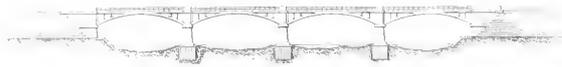
Echelle des Fig 15, 16, 17, 18 de 0" = 100" pour metre



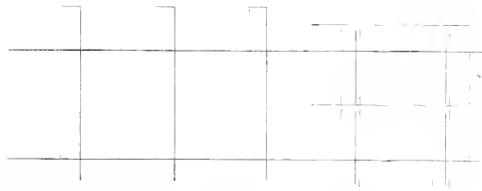
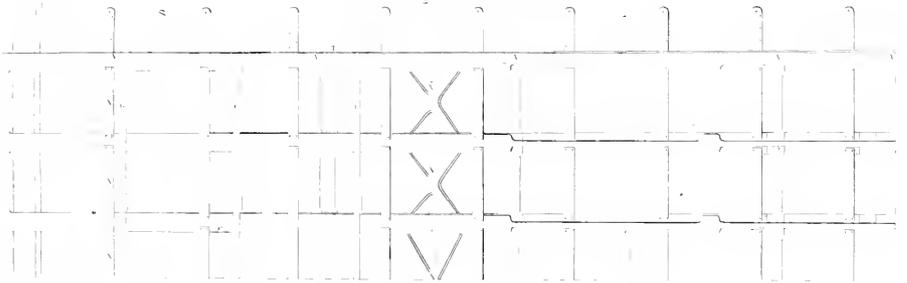
Plan des fermes de la charpente et des voûtes
Fig. 19



Elevation generale du pont
Fig. 20



Plan des fermes du plancher et des voûtes
Fig. 21



Échelle 1/1000, 1/2000 et 1/5000

Échelle de la fig. 20 de 1/10000

Échelle de la fig. 21 de 1/10000

LEGENDE

- V Pontons d'entretoises de longueur
- T id de tympan
- V id de garde-grève
- V Entretoises en croix de St André verticales
- V id horizontales.

Coupe A-B Fig. 22
Coupe C-D Fig. 23

