

# BULLETIN

DE LA

## SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE

du Nord de la France.

---

1<sup>re</sup> ANNÉE.

N<sup>os</sup> 3 et 4. — DÉCEMBRE 1873.

---

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ :

A. LILLE, rue des Jardins, N<sup>o</sup> 29.

---

LILLE,  
IMPRIMERIE L. DANIEL.

1873.



# SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE

DU NORD DE LA FRANCE.

---

## BULLETIN TRIMESTRIEL

N<sup>os</sup> 3 et 4.

---

31 Décembre 1873.

---

### PREMIÈRE PARTIE, TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ.

---

Assemblée générale du 30 juillet 1873.

Présidence de M. KUHLMANN.

---

La séance est ouverte à quatre heures un quart ; cinquante-un membres sont présents. M. A. LONGHAYE, vice-président, s'excuse par lettre.

M. CORENWINDER, secrétaire-général, donne lecture du procès-verbal de la séance du 18 juin. Le procès-verbal est adopté.

M. le Président expose à l'Assemblée ce qui a été fait depuis la dernière séance.

Fondation  
Laurand.

M. Hippolyte LAURAND a offert une somme de 500 fr. pour décerner, au concours de 1873, à l'auteur d'un travail dont il a fourni le sujet. Bien que cette libéralité ne se soit produite

qu'après le vote de l'Assemblée sur les sujets de prix, le Conseil a cru pouvoir l'ajouter au programme qu'il a fait distribuer et afficher. L'Assemblée, consultée, approuve cette décision du Conseil.

Allocation  
à l'Institut  
industriel.

M. le Président donne lecture d'une lettre de M. le directeur de l'Institut industriel, qui remercie la Société de l'allocation de 5,000 fr. accordée à l'établissement qu'il a fondé, et que M. le Président lui a fait remettre conformément au vote du 18 juin sur le budget de 1873.

Local.

L'Assemblée ayant approuvé le projet de traité proposé avec le Cercle du Nord, le bail a été rédigé et signé; un état de lieux a été dressé et le Conseil s'occupe de préparer l'installation définitive de la Société dans le nouveau local.

Concours  
de 1873.

Le Conseil a déjà reçu un pli cacheté pour le concours de 1873. Ce pli sera conservé aux archives jusqu'à l'époque fixée pour l'ouverture et l'examen des mémoires.

Bibliothèque.

La bibliothèque a reçu quatre nouveaux volumes : un bulletin de la Société de Reims, deux mémoires imprimés de M. Le-loutre, sur les machines à vapeur, et une étude sur la navigation fluviale par la vapeur, par MM. Mathias et Callon, offerte par M. Mathias.

M. KUHLMANN, conformément au désir manifesté par l'Assemblée, s'est rendu auprès de M. le Président de la Chambre de commerce et lui a exprimé les remerciements de la Société, pour la bienveillante hospitalité qu'il a donnée à la Société dans sa première période d'existence et d'organisation. M. le Président KUHLMANN a également transmis à M. Bernard le vœu que les documents et les ouvrages qui appartiennent à la Chambre et qui pourront être utilement consultés par le commerce, puissent être mis à la disposition de la Société.

M. Bernard a répondu que la Chambre avait déjà été présentée à cet égard et qu'elle est très-sympathique, non seule-

ment à tout ce qui peut être utile à la Société, mais encore à ce qui peut favoriser la diffusion des sources précieuses de renseignements qu'elle possède. Il sera fait à la Chambre de commerce une demande tendant à ce que les ouvrages en question soient inventoriés et transportés dans notre bibliothèque pour y rester à titre de dépôt.

Comité  
du Génie civil.

M. Nicodème, secrétaire du Comité du génie civil, a préparé un relevé général des travaux de ce Comité, qu'il a adressé au Conseil; M. le Président donne l'analyse de ce travail; il en signale les parties les plus intéressantes et notamment :

Un rapport de M. Boivin sur les livres et les publications dont le Comité croit l'acquisition utile pour la Société.

Un résumé des discussions du Comité sur une question soulevée par M. Vandenberg, celle de l'influence des vibrations extérieures sur la stabilité des constructions.

Une communication de M. Le Gavrian sur un système de fondations tubulaires employées pour la construction d'un pont en Amérique.

La nomination d'une Commission pour étudier un nouvel appareil gazogène employé à Courrières. Le Comité propose, en ce qui concerne les appareils fumivores de M. Thierry fils, d'en renvoyer l'examen à la commission mixte des houilles, ce qui a été adopté par le Conseil.

M. Boivin a recherché dans les bulletins des dernières années de la Société de Mulhouse, les faits intéressants à signaler au Comité et a présenté au Comité un travail fait avec le plus grand soin (1).

Enfin, M. le Président trouve encore dans les travaux du Comité du génie civil une communication très-intéressante de M. Le Gavrian, sur l'exposition universelle de Vienne.

(1) Voyez 3<sup>e</sup> partie, page 67.

M. Kuhlmann prie M. Le Gavrian de vouloir bien reproduire cette communication devant l'Assemblée.

Exposition  
de Vienne.  
M. Le Gavrian.

M. LE GAVRIAN prend la parole et développe, sous le titre modeste de Causerie, un ensemble de considérations des plus intéressantes sur l'Exposition de Vienne ; après quelques renseignements sur l'itinéraire et le moyen de faire le voyage dans les conditions les plus commodes, M. Le Gavrian fait une description pittoresque de la ville de Vienne et de l'ensemble de l'Exposition, puis il fait enfin entrer les auditeurs avec lui dans la galerie des machines où il analyse, compare et discute les différents types exposés, avec la sûreté d'examen et l'autorité qui lui appartiennent en pareille matière. M. Le Gavrian termine sa lecture au milieu des applaudissements de l'Assemblée (1).

M. Kuhlmann.

M. KUHLMANN, qui a rempli à Vienne les fonctions de membre du jury pour les arts chimiques, a ajouté à cet exposé quelques considérations sur l'organisation générale de l'Exposition de Vienne qui constitue, suivant lui, un véritable événement. On croyait que l'exposition de 1867 devait clore la série des expositions internationales. M. Kuhlmann rend hommage à l'activité énergique du baron Schwartz, promoteur de l'exposition de 1873 et au concours qu'il a trouvé chez son souverain pour mener à bien une œuvre à la réalisation de laquelle les événements ont apporté tant d'obstacles.

Il confirme un fait déjà indiqué par M. Le Gavrian, que la principale exposition de l'industrie en 1873 n'est pas seulement dans le palais de Vienne, ni même à Vienne. Il cite les ponts sur le Danube, le percement du Mont-Cenis, enfin, au nombre des merveilles enfantées par le génie civil depuis l'exposition de 1869, il cite le chemin de fer ascensionnel du Righi.

M. KUHLMANN a fait lui-même l'ascension par ce chemin ; il

(1) Ce travail a été reproduit dans le 2<sup>e</sup> Bulletin.

en décrit le système hardi, et fait partager à l'Assemblée les impressions qu'il a éprouvées et l'admiration qu'une telle œuvre inspire.

Avant de quitter le Righi, M. Kuhlmann entre dans quelques considérations curieuses sur la constitution géologique de cette montagne entièrement formée de poudingues, c'est-à-dire de cailloux roulés, agglomérés par un ciment silico-calcaire. La présence à de telles hauteurs de ces immenses amas de pierres arrondies par l'action des eaux, sera toujours un sujet d'étonnement et de méditation, qui, sans amoindrir aux yeux des voyageurs le mérite du génie de l'homme, ramènera cependant forcément leurs pensées vers les grands et inexplicables phénomènes de la création. De nombreux applaudissements expriment à M. le Président les remerciements de l'Assemblée.

La parole est donnée à M. Woussen pour terminer la communication commencée dans la dernière séance (1).

Fabrication  
du sucre.  
M. Woussen.

Dans cette seconde partie de son travail, M. Woussen examine les pertes à la fabrication et les causes d'erreur dans les essais ordinaires, dues aux cellules restées intactes, c'est-à-dire que la râpe a épargnées et qui ont encore échappé à l'action de la presse. L'analyse démontre souvent que la quantité de sucre restant dans les pulpes pressées est supérieure à la quantité calculée d'après la quantité de jus qu'elles retiennent et le titre en jus des dernières eaux de lavage. Cela provient des cellules intactes qui ne cèdent pas leur sucre dans les opérations d'épuisement. M. Woussen indique les procédés qu'il a imaginés pour reconnaître ce défaut de fabrication et en déterminer l'importance. Il conseille aux fabricants de se livrer aux mêmes essais; il résultera de la réunion de leurs études un travail d'ensemble important. Il termine en indiquant les moyens de mettre à l'abri de toute altération les échantillons de

(1) Ce travail a été reproduit dans le 2<sup>e</sup> Bulletin, voir néanmoins une addition 3<sup>e</sup> partie, page 65.

jus et de pulpes qu'on veut prélever pour les soumettre à l'analyse, lorsqu'on doit les envoyer à un chimiste étranger à l'usine.

L'Assemblée, par l'organe de M. le Président, remercie M. Woussen de cette intéressante communication qui sera insérée au bulletin.

Syndicat  
des Houilles.

M. G. DUBAR demande à faire part à l'Assemblée d'un fait important qui vient de se produire ; il s'est formé à Lille, un syndicat d'industriels en vue de parer à l'excessive cherté des charbons et de pourvoir aux approvisionnements dans des conditions d'une meilleure économie. Deux membres de ce syndicat ont été délégués en Angleterre ; ils ont aujourd'hui même présenté leur rapport dont M. Dubar donne communication à l'Assemblée, et qui conclut à la possibilité de s'approvisionner avantageusement en Angleterre. M. Dubar est autorisé à informer les membres de la Société que cela intéresse, qu'ils pourront profiter des marchés conditionnels préparés par les délégués du syndicat.

Gazogène Gtrot.

M. GIROL annonce à l'Assemblée qu'un système de foyer gazogène, dont il est l'inventeur, fonctionne à la manutention de Dunkerque, et qu'il est autorisé, pour la journée de samedi seulement, à introduire des étrangers dans les ateliers pour examiner son appareil.

La séance est levée à six heures.

---

Assemblée générale du 28 octobre 1873.

Présidence de M. KULLMANN.

Procès-verbal.

M. CORENWINDER, secrétaire-général, donne lecture du procès-verbal de la séance du 28 juillet. Aucune observation n'étant faite, le procès-verbal est adopté.

Travaux  
de la Société.

M. le Président ouvre la séance par le compte-rendu des

travaux du Conseil d'Administration depuis la dernière assemblée,

Prix  
et récompenses.

Il expose que le Conseil, pour donner plus d'éclat aux séances annuelles de la Société, a résolu de décerner, en outre des prix mis au concours, des récompenses aux industriels ou aux ouvriers qui seront reconnus avoir contribué à quelque progrès industriel sérieux. Une circulaire dans ce but a déjà été adressée à tous les sociétaires. Le Conseil s'occupe d'examiner les titres des candidats qui lui seront présentés et convoquera la Société dans la première quinzaine de décembre pour statuer régulièrement sur les prix qu'il y aura lieu de décerner à l'assemblée annuelle.

Bulletin.

M. le Président fait connaître que les deux premiers numéros du Bulletin ont été publiés et distribués aux sociétaires. Des exemplaires ont été adressés, avec demande d'échange, aux principales publications technologiques. Deux acceptations sont déjà parvenues : l'une de la société des anciens élèves des écoles d'Arts-et-Métiers, qui nous envoie son annuaire de 1872 et les numéros de son Bulletin parus en 1873 ; l'autre du journal *La Sucrerie indigène*, qui nous envoie ses huit derniers numéros.

Des exemplaires de notre Bulletin seront adressés aux hauts fonctionnaires de la région.

Bibliothèque.

La bibliothèque a reçu de nombreux cadeaux, entre autres la collection complète des mémoires scientifiques et industriels publiés par son Président, les grandes usines de France, de Turgan, et l'Astronomie populaire, d'Arago, offerts par M. le Vice-Président Crespel ; la collection complète, depuis l'origine, des comptes-rendus et mémoires de la société des Ingénieurs civils, offerte par M. le Vice-Président Mathias ; ainsi que diverses monographies technologiques adressées à la société par leurs auteurs.

Par suite d'un arrangement convenu avec M. le Président de

la Chambre de commerce, la Société est autorisée à transporter dans sa bibliothèque, sous sa responsabilité, les ouvrages appartenant à la Chambre et qui ne lui sont pas d'une utilité journalière. La Société industrielle réunira ainsi des éléments d'étude précieux pour le commerce de sa circonscription. Enfin le Conseil va s'occuper immédiatement de l'acquisition des livres jugés indispensables et de l'abonnement aux publications importantes dont l'échange ne serait pas accordé à la société.

Comités. Les Comités se sont réunis après les vacances et ont repris leurs travaux.

La Commission mixte des houilles, dans sa dernière séance, s'est surtout occupée de la question de législation. Deux membres de cette Commission, délégués par la Société des Sciences, sont appelés par de nouvelles fonctions, à quitter Lille. Ce sont M. Guiraudet et M. Menche de Loisne. Le Bureau de la Société des Sciences a déjà désigné deux autres de ses membres pour les remplacer, de sorte qu'il n'y aura pas d'interruption dans les travaux de la Commission.

Après cet exposé, M. le Président donne la parole aux sociétaires qui veulent bien apporter quelques communications à l'Assemblée.

Communication. M. CORNUT présente à l'Assemblée le planimètre polaire imaginé et construit par M. Amsler de Shaffhouse. Cet instrument, qui permet de déterminer mécaniquement et sans calculs les surfaces les plus irrégulières, et qui, est en cela, d'une utilité incontestable pour les géomètres du cadastre, ainsi que pour tous ceux qui ont souvent de ces travaux à effectuer, a reçu plus récemment un perfectionnement à l'aide duquel on peut obtenir directement l'ordonnée moyenne dans les diagrammes de Watt, en quelques secondes, sans calcul et sans avoir à en déterminer préalablement la surface.

Planimètre  
polaire.

Pyromètre  
calorimétrique.

M. KOLB présente et explique également l'emploi du nouveau pyromètre construit par M. Salleron, de Paris (1).

M. le Président remercie M. Kolb et M. Cornut de leurs intéressantes communications. Il fait remarquer à l'Assemblée de quelle utilité sera pour l'industrie la divulgation, par la Société, des nouveaux instruments, au fur et à mesure qu'ils se produisent.

Dégradations  
des mortiers.

M. KUHLMANN prend ensuite la parole. Après un rapide exposé de ses travaux antérieurs sur la question des mortiers et sur les causes qui en amènent la dégradation, causes identiques avec celles qui produisent la désagrégation des roches, M. KUHLMANN appelle l'attention de l'Assemblée sur un fait particulier qui se rattache à cette question. Il s'agit de l'emprisonnement accidentel de matières susceptibles d'augmenter de volume, enrobées d'abord par le mortier, et dont les effets ne se produisent qu'ensuite, au plus grand détriment des constructions où elles se trouvent ainsi renfermées. Le fait observé s'est produit dans un mélange de plâtre et de ciment. La totalité du plâtre n'ayant pas trouvé d'abord assez d'eau pour s'hydrater, une partie est restée dans le mortier à l'état anhydre, et par l'action ultérieure de l'humidité, cette partie s'est gonflée et a entraîné la dégradation et la chute des travaux construits avec ce mortier.

M. KUHLMANN présente à l'Assemblée des échantillons d'essais, préparés spécialement pour confirmer cette théorie. Ce sont des briquettes façonnées avec des mélanges de plâtre et de ciment en diverses proportions. Après trois mois de séjour à l'air humide, les unes sont restées intactes, ce sont celles qui ne contiennent que du ciment pur ou du plâtre seul ; les autres sont gercées, écaillées, réduites en fragments ou même en poussière, sous l'action de l'humidité, suivant la proportion de

(1) Voyez 3<sup>e</sup> partie, page 77.

plâtre ou de ciment qu'elles contiennent. La plus grande altération s'est produite lorsque chacun de ces corps est entré pour moitié dans le mélange. M. KUHLMANN cite encore divers faits à l'appui de l'explication qu'il a donnée de ce phénomène (1).

Questions  
diverses.

A la suite de ces diverses communications, M. le Président expose qu'un certain nombre de Sociétaires ont exprimé le désir de voir changer le jour et l'heure des assemblées générales mensuelles. — Diverses observations sont échangées à ce sujet entre les Membres présents; et l'Assemblée décide que la question sera renvoyée à l'étude du Conseil pour être portée à l'ordre du jour de la prochaine séance mensuelle.

---

Assemblée générale du 27 novembre 1873.

Présidence de M. KUHLMANN.

Le procès-verbal de la séance du 29 octobre est lu et adopté.

Correspondance.

M. le Président fait connaître que : M. Ch. VERLEY a demandé à être relevé des fonctions de trésorier que ses occupations ne lui permettent pas de suivre. Le Conseil, partageant les regrets exprimés à ce sujet par M. le Président, se réunit à lui pour remercier M. Verley des services qu'il a bien voulu rendre à la Société. La nomination de M. Emile Bigo comme trésorier, et celle de M. Hartung comme bibliothécaire en remplacement de M. Bigo, sont proposées à l'Assemblée. Le Conseil s'est assuré du consentement de ces Messieurs.

La proposition est mise aux voix et adoptée à l'unanimité.

Excuses.

M. CORENWINDER et M. DELESALLE ont écrit pour s'excuser de ne pouvoir assister à la séance.

Bibliothèque.

Un grand nombre de Sociétés et de journaux ont répondu à la proposition d'échange, et la plupart ont déjà envoyé leurs publications; M. le Président en donne le détail ainsi que celui des ouvrages offerts à la Bibliothèque depuis la dernière séance.

(1) Voyez 3<sup>e</sup> partie, page 89.

Réunion  
des Comités.

Trois Comités ont fixé une heure et un jour invariables pour leurs réunions mensuelles réglementaires, leurs Présidents en ont donné avis par lettre au Conseil.

Ces réunions auront lieu :

Pour le Comité du génie civil, le 2<sup>e</sup> lundi de chaque mois, à sept heures.

Pour le Comité de chimie, le 2<sup>e</sup> mardi de chaque mois, à sept heures et demie.

Pour le Comité de filature, le 2<sup>e</sup> mercredi de chaque mois, à sept heures et demie.

Réclamation.

M. Hallauer, de Mulhouse, écrit pour revendiquer sa part de collaboration à certaines parties des travaux communiqués à la Société par M. Leloutre; M. Hallauer demande que l'historique qu'il retrace soit annexé, dans le Bulletin, au mémoire de M. Leloutre. — Sur la proposition de M. le Président, cette réclamation sera d'abord communiquée à M. Leloutre.

Appareils  
de sauvetage.

M. GILQUIN écrit pour demander que l'examen de son appareil de sauvetage soit différé, le modèle réduit qu'il fait construire pour faciliter la démonstration n'étant pas encore achevé.

M. FREMY envoie un modèle d'un appareil de sauvetage avec mémoire à l'appui. Sur la proposition de M. le Président, ce mémoire sera renvoyé au Comité du génie civil pour être présenté à l'Assemblée générale en même temps que celui de M. Gilquin.

Décès  
de M. Groulois.

M. le Président rappelle la perte que vient d'éprouver la Société en la personne de M. Ch. Groulois, fondateur. — L'Assemblée s'associe aux regrets exprimés par M. le Président.

Concours  
de 1873.

Dix mémoires sont parvenus au Conseil pour le Concours de 1873. M. le Président donne connaissance des dispositions prises pour leur examen. Il propose, d'ailleurs, de laisser au Conseil le soin de juger en dernier ressort, en raison du peu de temps qui reste jusqu'à la séance publique. Le Conseil tien-

drait à cet effet une séance spéciale à laquelle seraient appelés les bureaux entiers des cinq Comités.— Cette proposition de M. le Président est mise aux voix et adoptée à l'unanimité.

Séance  
publique.

La séance publique annuelle aura lieu le 24 décembre, à deux heures. Le Conseil a délégué pour en préparer l'organisation une Commission composée de : MM. A. LONGHAYE, président ; Em. BIGO, Ed. AGACHE et F. KUHLMANN fils. — M. CORENWINDER, secrétaire-général, présentera le rapport sur l'ensemble des travaux de la Société, et M. MATHIAS, vice-président, fera le rapport sur les mémoires présentés au Concours.

M. le Président présente à l'Assemblée le type arrêté par le Conseil pour les médailles qui seront décernées aux lauréats de la Société.

Avant de passer à l'ordre du jour, M. le Président KUHLMANN adresse à M. Viollette, président du Comité de chimie, les félicitations de la Société au sujet de sa récente promotion à la dignité de doyen de la Faculté des Sciences de Lille.

Ordre du jour.  
Fixation  
de  
l'heure et du jour  
des  
assemblées  
mensuelles.

M. le Président ouvre la discussion sur la fixation définitive du jour et de l'heure des Assemblées mensuelles. — Des réclamations assez nombreuses se sont produites principalement contre le choix du mercredi, jour de marché. Après une discussion à laquelle prennent part plusieurs des Membres présents, l'Assemblée décide que les Assemblées générales mensuelles auront lieu désormais un mardi, à trois heures.

Communication  
de M. Mathias.

M. MATHIAS présente des observations sur la manière d'évaluer la puissance des moteurs dans la région du Nord (1).

Communication  
de M. Kuhlmann  
fils.

M. KUHLMANN fils lit ensuite une note sur une exploitation de pyrites cuivreuses en Norwège (2).

Communication  
de M. Renouard.

M. RENOUARD communique un rapport présenté par lui au

(1) Voyez 3<sup>e</sup> partie, page 102.

(2) Voyez 3<sup>e</sup> partie, page 92.

Comité de filature sur la question du conditionnement des lins (1).

Communication  
de M. Descamps.

M. Ange DESCAMPS lit un rapport sur la repasseuse-étaleuse de M. Masurel jeune. Cette machine, récemment introduite dans la pratique de la filature, donne des résultats qu'une expérience de plusieurs mois peut permettre de considérer comme acquis (2).

M. le Président remercie, au nom de l'Assemblée, MM. Mathias, Kuhlmann, Renouard et Descamps de leurs intéressantes communications, Il croit également devoir se féliciter de l'attention soutenue que les Membres présents ont apportée à suivre ces lectures, et il en tire un augure favorable pour le succès de la Société dans l'œuvre de progrès qu'elle a entreprise.

L'ordre du jour étant épuisé la séance est levée.

---

(1) Voyez 3<sup>e</sup> partie, page 112

(2) D°     •     d°     5.

DEUXIÈME PARTIE.  
TRAVAUX DES COMITÉS.

---

Comité du Génie civil, des Arts mécaniques  
et de la Construction.

---

Séance du 14 juillet. — Présidence de M. LE GAVRIAN.

Vibrations.

La discussion reprend sur le sujet de conférence proposé par M. VANDENBERGH au sujet de l'influence des vibrations sur la stabilité des constructions. — M. THIERRY informe le Comité qu'un de ses amis a réussi à isoler complètement un marteau-pilon, et promet de fournir des renseignements sur le système employé.

Les Membres présents partagent généralement l'avis que de puissantes fondations et des épaisseurs raisonnables aux murailles sont le meilleur remède contre les inconvénients des vibrations provenant du roulement des voitures sur les chaussées pavées. — M. LE GAVRIAN cite à l'appui de cet avis la ville de Vienne, où les murs de façade ont d'énormes épaisseurs et où l'on ne perçoit aucune vibration, bien que les rues soient très-mouvementées, très-étroites et établies sans trottoirs saillants. — Un Membre croit que même avec les constructions très-légères de nos pays, l'isolement pourrait s'obtenir, dans une certaine mesure, par un contre-mur en avant des fondations.

Commission  
de lecture.

M. GOUIN, rapporteur, donne lecture d'un travail d'analyse de M. BOIVIN, membre de la Commission de lecture, sur les bulletins de la Société industrielle de Mulhouse (1).

(1) Voir 3<sup>e</sup> partie, page 67.

Exposition  
de Vienne.

M. LE GAVRIAN lit une note intéressante sur l'Exposition de Vienne qu'il vient de visiter (1).

Appareil  
fumivore Thierry

M. NICODÈME présente au Comité des modèles du système fumivore de M. Thierry fils, membre de la Société, et donne lecture d'une description de ce système (2). — Après l'échange de quelques observations, le Comité, sur la proposition de M. le Président, décide que cette note et la question qu'elle traite seront renvoyées à la Commission mixte des houilles.

*Séance du 13 octobre. — Présidence de M. LE GAVRIAN.*

Correspondance. M. Monteil, ingénieur du canal maritime de Suez, adresse la première partie de son ouvrage descriptif sur l'exécution du canal et dont il propose l'acquisition pour la bibliothèque de la Société — M. BOUVIN, membre de la Commission des livres, est prié d'examiner cet ouvrage et de donner son appréciation au Comité.

— M. THIERRY envoie un mémoire et un plan descriptif sur la méthode employée par M. Borriglione pour éviter les trépidations occasionnées par les marteaux-pilons. — Des remerciements sont adressés à M. Thierry.

— M. POILLON offre à la bibliothèque deux brochures : du chauffage au gaz économique, par P. Charpentier, et l'Ecole des chauffeurs, par Testud de Beauregard.

— M. Albert THOMAS offre à la bibliothèque un exemplaire de son manuel sur l'emploi du dynamomètre de Watt.

— M. MATHIAS offre à la bibliothèque la collection complète des mémoires de la Société des Ingénieurs civils.

Fixation du jour  
des réunions.

Le Comité décide que ses réunions auront lieu désormais le 2<sup>e</sup> lundi de chaque mois, à sept heures au lieu de six.

(1) Cette note a été lue en assemblée générale et reproduite au 2<sup>e</sup> bulletin.

(2) Voir 3<sup>e</sup> partie, page 75

Indicateur Watt. M. BRASSEUR présente au Comité un dynamomètre indicateur de Watt, perfectionné par Richard ; il en décrit le principe et la manière de l'employer. — M. Brasseur est en complet accord avec M. Albert Thomas quant aux indications fournies par la brochure que celui-ci a offerte à la bibliothèque et il invite à référer à cette brochure les personnes que la question intéresse.

Planimètre polaire. M. CORNUT présente au Comité un instrument dit « planimètre polaire, » inventé et construit par M. Amsler, de Shaffouse. Il décrit la construction et l'usage de cet instrument qui opère mécaniquement les quadratures de surfaces planes et qui trouve l'une de ses plus intéressantes applications dans le relevé des diagrammes fournis par l'indicateur de Watt.

*Séance du 10 novembre 1873. — Présidence de P. LE GAVRIAN.*

Correspondances. M. le Président donne lecture de la lettre-circulaire adressée par M. le Président de la Société à tous les Membres, pour leur annoncer la décision du Conseil relativement à la création de récompenses spéciales pour les auteurs de progrès industriels. M. Le Gavrian invite les Membres présents à se préoccuper de répondre à l'invitation du Conseil.

Il expose ensuite qu'un nouvel appareil gazogène, différent de celui de Ponsard et Charpentier, en ce que l'appareil producteur n'est plus séparé et distinct, mais qu'il fait partie du foyer lui-même, a été soumis à l'attention du Comité. Cet appareil, dû à MM. Girol, Fichaux et Farinaux, sera expérimenté, sur la demande des inventeurs, par M. Cornut, ingénieur de l'association des propriétaires d'appareils à vapeur. — D'accord avec M. Cornut, M. le Président a désigné deux Membres du Comité, MM. Dujardin et Crépelle-Fontaine, qui ont bien voulu accepter cette mission, pour aller à Dunkerque suivre ces expériences et en rendre compte au Comité.

M. le Président expose ensuite le résumé des travaux de la

Commission mixte des houilles dont il fait partie, et qui s'occupe actuellement de préparer son rapport au Conseil.

Il transmet au Comité une communication verbale de M. Kuhlmann, demandant qu'on s'occupe aussi tôt que possible de désigner dans chaque Comité les Commissaires qui auront à examiner les mémoires envoyés pour le concours de 1873. — Sur la proposition de M. le Président, MM. VANDENBERGH, POILLON et A. LECLERCQ, présents à la séance, sont nommés pour remplir cette mission, qu'ils acceptent.

M. le Président annonce enfin que les propositions d'achats de livres énoncés par le Comité ont été admises par le Conseil.

Rapport  
de M. Boivin.

M. BOIVIN a pris connaissance de l'ouvrage proposé à l'acquisition de la Société par M. Monteil, relatif aux travaux de l'Isthme de Suez. Tout en rendant justice à la valeur de ce livre comme exécution typographique et comme gravure autant que pour le mérite de l'œuvre elle-même. M. Boivin conclut en disant : « qu'il regrette que cet ouvrage ne lui semble pas au-  
» jourd'hui devoir être acquis par la Société Industrielle.

» Quel qu'en soit l'intérêt, quelque précieux que soient les  
» renseignements qu'il nous prodigue, c'est un ouvrage trop  
» technique pour notre centre industriel, et l'état de nos  
» finances ne nous permet pas, croit-il, pour l'instant, le luxe  
» de publications de prix qui ne doivent servir qu'à un nombre  
» restreint de Sociétaires. »

Les conclusions du rapport sont adoptées par le Comité.

Communication  
de M. Gilquin.

M. GILQUIN présente au Comité le dessin d'un appareil de son invention, pour le sauvetage dans les incendies. Cet appareil, dont M. Gilquin donne une description complète, consiste en une échelle développable en trois segments glissant l'un sur l'autre, et portée sur une plate-forme tournante montée sur un chariot. Un quatrième segment se développe au dressage et vient former une butée qui donne toute la stabilité voulue à

l'ensemble. Les trois segments échelonnés, ramenés l'un sur l'autre, se rabattent à plat avec le quatrième sur le chariot qui peut ainsi transporter l'engin dans les ruelles les plus étroites, en passant sous les voûtes les plus basses. La plate-forme a pour objet de permettre l'orientation à volonté de l'échelle, quelle que soit la position relative du chariot par rapport au bâtiment en péril.

Après cette communication, quelques observations s'échangent sur les moyens de sauvetage en cas d'incendie, et vu l'insuffisance notoire de ceux pratiqués aujourd'hui en France, on s'accorde à juger qu'il appartient à la Société Industrielle d'intervenir dans cette question; le Comité décide que la délibération suivante sera soumise à la sanction du Conseil d'administration, pour la transmettre, s'il le juge convenable, à qui de droit.

Le Comité du génie civil, des arts mécaniques et de la construction délibère :

« Que la Société Industrielle du nord de la France émettra le vœu que la ville de Lille fasse au plus tôt l'acquisition de pompes à vapeur et d'échelles de sauvetage, celles-ci en nombre suffisant et remisées de façon à pouvoir être sorties et montées chaque soir à proximité des divers quartiers de la ville, comme cela a lieu dans d'autres pays. »

Communication  
de M. Poillon.

M. POILLON donne lecture d'un travail étendu sur l'emploi de la vapeur désaturée. Il insiste sur ce que cette vapeur n'étant plus en contact avec le liquide d'où elle émane, elle peut être chauffée ou refroidie sans varier de pression; que son emploi évite ainsi les pertes de calorique dues à la condensation, l'entraînement d'eau dans les cylindres de machines (1).

M. Carlos DELATTE s'est beaucoup occupé de la question de

(1) Ce travail ayant été publié *in extenso* dans plusieurs journaux ne sera point reproduit au Bulletin.

la vapeur désaturée. L'expérience et le calcul lui ont démontré que son emploi ne procure qu'une économie très-peu importante. Suivant lui il manque d'ailleurs à cette étude une série d'expériences théoriques et pratiques ; il ne croit pas que les lois qui régissent les gaz puissent s'appliquer rigoureusement à la vapeur désaturée, notamment la loi de Mariotte pour l'expansion, non plus que le coefficient usuel de dilatation  $\frac{41}{3000}$ . Cependant il pense, et il est même convaincu que la vapeur désaturée peut rendre de grands services comme facilité d'emploi dans les moteurs, en supprimant l'eau entraînée dans les appareils de chauffage à haute température, notamment les cylindres des machines à apprêter, en permettant d'obtenir la chaleur sous faible pression et en écartant ainsi d'une manière absolue le danger d'explosion, enfin dans toutes les circonstances où la vapeur doit servir de véhicule pour porter la chaleur à des distances éloignées.

L'heure avancée ne permet pas au Comité d'entendre la seconde partie du mémoire qui traite des applications de la vapeur désaturée et des appareils destinés à la produire et à l'utiliser.

M. Poillon lira cette seconde partie dans la séance prochaine.

La séance est levée.

*Séance du 8 décembre. — Présidence de M. LE GAVRIAN.*

Rapports  
sur le concours.

Les diverses Commissions nommées pour l'examen des travaux envoyés au concours de 1873 déposent leurs rapports.

M. VANDENBERGH, rapporteur de la Commission d'architecture, présente le rapport suivant :

Concours 1873.  
Architecture.  
Maisons  
d'ouvriers.

Trois concurrents ont envoyé des travaux que nous allons examiner successivement.

1° DEVISE : *Caritas et veritas.*

Après un très court préambule qui ne présente aucun intérêt, l'auteur décrit son projet :

« Le rez-de-chaussée comprend une place à gauche, dite ouvroir, de 5<sup>m</sup>·00 sur 6<sup>m</sup> 00 avec deux fenêtres sur la rue, et deux fenêtres ouvertes ou bouchées sur la cour, plus une place en entrant, dite cuisine, de 4<sup>m</sup>·00 de largeur et de 4<sup>m</sup> 00 de profondeur etc. »

Il ajoute :

« Ces maisons conviennent aux tisserands chez eux, aux hommes d'états tels que charpentiers, cordonniers, tailleurs, aux couturières, blanchisseuses, boutiques etc. »

On voit que l'auteur ne propose qu'un seul type qui, suivant lui, convient aussi bien à une boutique qu'à une couturière ou à un tisserand.

On peut admettre que pour ces derniers une grande pièce bien éclairée par quatre fenêtres puisse servir à la fois d'atelier et de chambre commune, mais, dans la plupart des autres professions, la salle de 5<sup>m</sup>·00 × 6<sup>m</sup>·00 serait inutilement grande et difficile à chauffer, tandis que la chambre de 2<sup>m</sup>·00 sur 2<sup>m</sup>·00, située au rez-de-chaussée, avec son entrée dans la cuisine, serait trop petite et malsaine.

Le grenier (4<sup>m</sup>·00 sur 6<sup>m</sup>·00) représente encore une dépense peu justifiée ; les chambres situées au-dessus de l'ouvroir sont d'une mauvaise proportion (5<sup>m</sup>·00 sur 2<sup>m</sup>·90), — La disposition n'est pas recommandable en principe : peu de profondeur (6<sup>m</sup>·70) entre des façades étendues (quatre fenêtres) ne peut pas donner une maison d'ouvriers à prix aussi réduit que possible.

L'aspect extérieur n'indique pas que l'auteur ait cherché à rendre agréable pour la vue les éléments très-simples dont il pouvait disposer.

Quoique l'exposé dise que le devis est susceptible d'économie on peut assurer que le chiffre donné pour le bâtiment

(3500 fr.) s'élèverait sensiblement à l'exécution, ne fût-ce qu'à cause de l'augmentation récente des prix ; la part de dépense afférente aux puits et aux latrines n'entre pas non plus dans cette somme : il est vrai qu'elle est minime car il y a communauté partielle, ce qu'il eût été bon d'éviter au moins pour l'usage des cours.

Ce projet a pu être exécuté en donnant une certaine satisfaction quand les maisons étaient occupées par des tisserands.

L'étude des détails ne mérite suivant nous aucune récompense, mais en raison de l'application spéciale qui peut être faite de ce type et aussi, en manière d'encouragement, nous proposons de donner à son auteur une mention honorable.

## 2° *Ecce.*

Ce concurrent présente huit types de maisons d'ouvriers qui appellent un examen attentif.

Il serait trop long de décrire chacun de ces projets et cela paraît inutile en présence des plans bien dessinés et complets ; on acquiert bientôt la certitude qu'un architecte exercé a conçu ces plans, étudié ces coupes, embelli ces façades, rédigé ces devis. Non pas qu'on ne puisse relever des défauts (1), ni même que nous puissions considérer toutes les distributions comme étant vraiment satisfaisantes, mais outre que l'on peut, en beaucoup de points, différer d'opinion, et qu'il y ait de bons motifs pour ne pas rompre brusquement avec des habitudes prises dans la localité, on doit rendre cette justice à l'auteur qu'il connaît le programme et qu'il le traite de manière à rendre son mérite incontestable.

Deux sortes de maisons sont placées sur un terrain à annexer

(1) Salles ou escaliers peu éclairés ; latrines mal placées, soit à l'intérieur, près d'une porte de cuisine ; façades trop développées, par conséquent coûteuses ; cheminées s'élevant contre le mur de façade ; formes de salles trop irrégulières ; cuisines petites, etc. ; les défauts ci-dessus signalés se remarquent l'un dans un type, un autre ailleurs, mais non pas réunis dans une même maison ; ce qui prouve la difficulté de présenter des solutions irréprochables, puisqu'en voulant éviter un défaut on tombe dans un autre.

au territoire de la ville de Dunkerque. Les N<sup>os</sup> 1, 2 et 3 seraient des maisons à loger « pour familles de passage » et les N<sup>os</sup> 4, 5, 6, 7 et 8, des maisons dites « à acquérir » au moyen de paiements répartis sur 13 années.

L'auteur n'a peut-être pas réfléchi que le voisinage de ces maisons « pour familles nomades » nuirait au succès des maisons d'ouvriers propriétaires.

Le placement des types sur le plan d'ensemble ne mérite pas d'éloges : ainsi le plan N<sup>o</sup> 1 se trouve indifféremment en rang et en angle, alors qu'il y avait lieu de créer un type pour cette dernière position dont on ne profite pas : une maison pour un détaillant, par exemple.

L'exposé est sage : « les locations de maisons d'ouvriers sont à Dunkerque d'un prix élevé, l'auteur entend placer les siennes sur des terrains achetés à bas prix, il veut les bâtir économiquement et donner ainsi aux occupants la possibilité de devenir propriétaires; alors ils fuiront le cabaret, ils auront contracté des habitudes d'économie, et ils se trouveront enfin avoir amassé « un petit pécule ».

Nous n'avons pas trouvé d'estimation de la dépense pour les types 1, 2, 3.

Les devis (non détaillés) des autres maisons s'élèvent aux chiffres suivants :

|   | IV      | V       | VI      | VII     | VIII<br>Gauche. | VIII<br>Droite. |
|---|---------|---------|---------|---------|-----------------|-----------------|
| Construction....  | 3354 53 | 3365 09 | 3463 34 | 3470 20 | 2995 66         | 2941 92         |
| Prix du terrain<br>sur le pied de<br>40 fr. du mètre<br>carré. .... | 263 "   | 282 60  | 317.20  | 299.80  | 385.70          | 376 60          |
| TOTAUX...   | 3617 53 | 3647 69 | 3780 54 | 3770 "  | 3381 36         | 3318 52         |

Ces devis paraissent complets, autant qu'on peut en juger sans refaire les détails; mais les sommes totales ne comprennent pas le terrain des jardins qu'il faudra cependant payer ainsi qu'une partie de la rue, le trottoir, l'aqueduc et sans doute aussi l'éclairage, au moins jusqu'à ce que la ville ait pris une partie de ces dépenses à sa charge.

Le type qui coûte le plus cher est le N° 6, 3780 fr. ce qui donnerait pour 1/13 à payer par année 290 fr. et pour chaque pièce 72 fr., (il y en a quatre).

Le type le plus économique en apparence est le N° 8 (de droite) dont le devis s'élève à 3348 fr. 52; différence 462 fr. 02; prix annuel pour acquérir la propriété en treize années 255 fr. et pour chaque pièce 85 fr., il n'y en a que trois).

Donc le type 8, qui du reste est loin d'être le meilleur, coûte réellement davantage que le type 6 qui est bien préférable à tous égards.

Nous ne croyons pas devoir insister sur les détails qui amèneraient le blâme ou l'éloge. Deux pages n'y suffiraient pas et elles ne seraient compréhensibles qu'en présence des plans; si on le désire nous pourrions donner une analyse complète de chacun des types.

L'étude présentée sous la devise : *Ecce* est sérieuse, sinon complètement satisfaisante en tous les points, et il doit être dit qu'il n'est pas aussi facile qu'on le croit généralement de donner des spécimens de maisons d'ouvriers vraiment remarquables « en se préoccupant principalement de l'économie et d'un confort relatif » comme le demande le programme.

Les types 2 (maisons à loyer) et 6 (maisons à acquérir) présentent suivant nous les meilleures solutions; le type 4 (maisons à loyer) et les deux types 8 (maisons à acquérir) sont les moins bons.

Nous proposons de donner une récompense fort honorable à l'auteur du projet qui a pour devise : *Ecce*.

### 3° *Économie.*

Les considérations générales sont incomplètes, mais elles nous ont paru bien présentées d'une manière concise et claire ; l'auteur rappelle que le rapport du Jury international de l'Exposition universelle de 1867 constate que le « programme ne comporte que des solutions particulières, » c'est pourquoi il présente différents types (*dix*).

Les prix sont établis comme suit :

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| 1° Maisons isolées. . . . .     | 3,200 à 3,500 <sup>fr</sup>  |
| 2° Groupe de 2 maisons. . . . . | 3,000  |
| 3° Groupe de 4 maisons. . . . . | 1,750 à 2,500<br>(70 <sup>fr</sup> 80 par mètre carré de surface couverte).            |
| 4° Maisons contiguës. . . . .   | 1,500 à 2,000<br>(à un étage) 53 <sup>fr</sup> 37 par mètre carré de surface couverte. |

Ces sommes ne peuvent être contrôlées sans reprendre tous les détails des devis qui paraissent accuser une grande économie, et la majoration qu'il faudrait leur faire subir en raison de l'augmentation des prix de matériaux, les laisserait encore relativement peu élevés ; cette relation ne peut se juger qu'approximativement car les comparaisons se font dans des conditions différentes.

La dépense augmente en s'éloignant des conditions de groupement, de contiguïté et de superposition pour se rapprocher de l'isolement absolu ; cette dernière solution n'a vraiment son application qu'à la campagne et alors seulement qu'il s'agit de loger un jardinier, un concierge, un contre-maître, etc.

Dans les devis il n'est pas tenu compte de l'installation des

eaux par puits , pompe ou réservoir, non plus que du pavement d'une partie de la chaussée et des frais d'éclairage, de trottoirs, d'aqueducs , etc.

Il n'est pas donné de détails d'exécution que, du reste, on ne demandait pas.

Les considérations développées par l'auteur ne sont pas toutes admises généralement et certaines d'entre elles peuvent donner lieu à des divergences d'opinion et par suite à discussion, mais presque toutes sont, suivant nous, sagement raisonnées, il faut pour s'en assurer lire en entier cette rédaction que nous ne croyons pas devoir reproduire ici.

Nous n'entrerons pas non plus dans le détail des dix projets qui sont bien présentés et presque tous accompagnés de coupes ; mais de même que pour le projet qui a pour devise : « *Ecce* » nous demandons que la Commission fasse avec nous cet examen avant d'admettre les conclusions suivantes :

Presque tous les types étudiés sont recommandables à divers titres ; les deux projets qui sont les moins satisfaisants sont les N<sup>os</sup> 2 et 5 du groupe de 4 maisons dont nous n'approuvons pas les escaliers ; le projet N<sup>o</sup> 6 pour le même motif nous paraît moins bien que les autres ; le meilleur, le plus sage, le plus économique est celui qui s'applique à des maisons contiguës (types A et B) ; les autres sont ingénieusement conçus et remplissent les qualités principales qu'on peut demander.

L'aspect extérieur n'est pas toujours très-heureux, notamment au projet N<sup>o</sup> 3 de 4 maisons et l'auteur eût pu se montrer plus prodigue de ces briques blanches que l'on trouve à Calais et à Dunkerque à des prix très-peu différents de celui de la brique rouge ; il en pouvait certainement tirer un très-heureux parti.

Relativement au projet qui a pour devise : *Economie*, notre opinion est que l'ensemble de ces études mérite la plus haute récompense que la Société croit pouvoir décerner pour les con-

cours d'architecture et nous en proposons l'insertion dans nos bulletins.

*Le Rapporteur,*  
**L. VANDENBERGH,**  
Architecte.

Le Comité conclut de recommander au Conseil d'administration les récompenses suivantes :

**MAISONS D'OUVRIERS.**

*Caritas et Veritas.* Mention honorable.

*Ecce* . . . . . Médaille d'argent.

*Économie* . . . . . La plus haute récompense (médaille d'or) et insertion dans le bulletin.

M. A. LECLERCQ, rapporteur de la Commission des mémoires relatifs à la combustion présente les deux rapports suivants :

Mémoire épigraphié :

En toute science, la théorie et la pratique  
sont inséparables.

Le mémoire est divisé en trois parties, qui sont :

- 1° La construction du foyer ;
- 2° L'achat des charbons ;
- 3° Leur emploi.

Sur le premier point, construction du foyer, l'auteur du mémoire s'arrête peu ; il cite seulement les dimensions qu'il a jugé convenable de donner à la grille et aux carnaux. Il ne base ces indications sur aucun raisonnement.

2° L'achat des charbons. L'auteur s'étend longuement sur cette question qui fait l'objet principal de son mémoire ; il conseille aux industriels d'avoir un agent spécial à leur disposition ;

cet agent visiterait les différents puits de production, il se rendrait compte de la qualité du charbon, ferait, au besoin, des analyses chimiques pour connaître le rendement calorifique, et il prendrait les précautions nécessaires pour leur assurer des marchés avantageux.

3° Leur emploi. Cet article, très-court, est complètement consacré en conseils aux chauffeurs.

Suit un résumé des avantages que les industriels pourraient tirer de l'emploi d'un agent-acheteur.

Les paragraphes 1 et 3 sont des indications générales non motivées et ne constituent pas une étude suffisante, répondant aux données du programme.

L'article 2 me paraît bien traité, mais je ne crois pas que ce seul article puisse valoir une récompense importante.

Le Comité du Génie civil conclut à de simples remerciements, le mémoire étant à côté de la question.

#### Mémoire épigraphié d'office A.

L'auteur de ce mémoire dit être arrivé au meilleur rendement calorifique de la houille par un système de foyer fumivore breveté qu'il applique depuis trois ans. Ce foyer n'est pas décrit complètement comme il devrait l'être pour qu'on puisse formuler opinion à son égard; quelques mots placés dans le cours du mémoire m'ont fait supposer que l'amélioration résidait principalement dans l'emploi d'une plaque d'avant-foyer, percée de trous démasqués au moyen d'un tiroir, manœuvré à la main, pour donner au foyer un excès d'air au moment du chargement de la grille.

Le concurrent établit ensuite les dimensions des différentes parties du foyer et des carnaux, par rapport à la section et à la hauteur de la cheminée; ces dimensions ont été établies à l'aide d'expériences faites avec son système; comme ses dires ne

sont pas appuyés par des calculs, il est impossible d'en vérifier l'exactitude. Il entre ensuite dans quelques considérations générales sur les phénomènes de la combustion, le mélange et l'emploi du combustible, qui ne me paraissent pas apporter quelque chose de nouveau. A la fin de son mémoire et comme conclusion, il cite une expérience faite par M. Tresca, où il aurait obtenu une vaporisation de 9 litres 985 d'eau par kilogramme d'un charbon contenant 7,500 calories.

Le mémoire manque d'éclaircissements nécessaires pour qu'il soit possible d'émettre une opinion arrêtée, comme je l'ai dit plus haut; il faudrait examiner sur les appareils en marche. Ce n'est qu'après cet examen, et s'il donnait lieu à un résultat favorable, qu'une récompense pourrait être décernée.

Après un nouvel examen du mémoire et ensuite de la discussion qui s'engage, le Comité conclut à proposer une mention honorable.

M. LE GAVRIAN présente le rapport qui suit, sur un mémoire relatif à un nouveau moteur :

Le travail épigraphié :

- Hippocrate dit oui.
- Gallien dit non. •

décrit une machine hydraulique dite *automotrice*. — En effet, l'auteur se propose de lui faire élever de l'eau par l'effet d'une force initiale qui lui serait appliquée et qui se perpétuerait d'elle-même, sans pertes. Cette idée, absolument contraire aux principes élémentaires de la mécanique, est une variété du mouvement perpétuel. D'après l'auteur, une colonne de mercure à peu près verticale, contenue dans le rayon creux d'une roue, refoule devant elle, en descendant par son poids, un piston contenu dans un milieu rempli d'eau. L'ascension de ce piston élève une certaine quantité d'eau qui se déverse dans un godet placé au sommet du rayon de la roue. Dès que le godet

est plein d'eau , son poids , ainsi accru , fait basculer le bras de la roue et remonte un contrepoids placé symétriquement sur le bras opposé. Cet effet de bascule vide le godet et , le bras à contrepoids devenant alors plus lourd que le bras au godet vide , remonte celui-ci. Jusqu'ici , rien de mieux ; mais l'auteur suppose que le contre-poids remonte en même temps le mercure qui s'est écoulé dans le bras creux de la roue (pendant qu'il était horizontal), et que ce mercure ainsi remonté va , par son poids , renouveler le premier mouvement produit , et ainsi de suite indéfiniment. Là est l'erreur, en effet , si le contrepoids équilibre exactement le poids du mercure et du seau vide , il n'y aura pas de mouvement ; si le contrepoids est plus *lourd* que le mercure et le seau vide , il y aura mouvement et ceux-ci seront relevés. Le mercure , agissant alors par son poids , pourra (si on fait abstraction de tous frottements) soulever le piston et élever un poids d'eau *égal au sien* : après quoi il cessera d'agir par son poids.

Ce sera donc le godet rempli d'un poids d'eau égal à celui du mercure qui devra à son tour relever le contrepoids.

Or, nous avons vu que le contrepoids doit être nécessairement plus lourd que le godet vide et le mercure , ou que le godet plein , sans le mercure , comment alors pourrait-il être relevé par eux ?

Cette idée , sous une forme ingénieuse mais spécieuse , est contraire aux lois de la mécanique et est irréalisable. L'auteur pourra s'en assurer en faisant le moindre essai à cet égard.

Ce travail ne répond , du reste , à aucune des questions mises au concours. Il n'y a donc pas lieu de le prendre en considération.

Le Comité conclut ainsi :

Irréalisable et contraire aux lois de la mécanique.

Appareils  
de sauvetage.

Le Comité examine un appareil de sauvetage en cas d'incendie, dont un modèle en relief a été adressé à la Société par l'inventeur, M. Frémy, de Lille.

Le Comité vote des remerciements à l'auteur bien que jugeant que son appareil est d'une application peu pratique.

Vapeur  
surchauffée.

M. POILLON termine la lecture de son travail sur la vapeur surchauffée (1). — Le Comité ajourne toute délibération sur l'appréciation de cette étude jusqu'à ce que M. Poillon lui ait communiqué les résultats des expériences qu'il effectue en ce moment.

---

(1) Voir la note de la page 18.

## Comité de la filature et du tissage réunis.

*Séance du 16 juillet 1873.* — Présidence de M. Édouard AGACHE, vice-président.

Repasseuse-  
étaleuse Masurel

M. Ange DESCAMPS donne lecture de son rapport sur la machine de M. Masurel, dite repasseuse-étaleuse, de construction Walker; il s'attache surtout à la description de la machine, et croit qu'il convient d'en réserver l'appréciation définitive lors d'essais plus concluants et après l'épreuve d'une certaine pratique(1). — Le Comité approuve les conclusions du rapport.

Incrustations.

Sur la proposition de plusieurs membres, M. le Président demandera au Comité du Génie civil, par l'intermédiaire du Conseil d'Administration, de vouloir bien lui adresser une note sur les meilleurs procédés connus pour éviter les incrustations dans les chaudières à vapeur.

*Séance du 22 octobre 1873.* — Présidence de M. AGACHE.

Étude générale  
des textiles.

Sur la proposition de M. le Président, le Comité décide qu'en dehors des questions spéciales qui pourront survenir, il s'occupera d'une manière suivie de l'étude comparée des diverses matières textiles et des différents procédés en usage pour leur fabrication. Cette étude procédera par ordre en considérant d'abord les matières à l'état brut pour les suivre du peignage à la préparation, puis à la filature et au tissage. — Comme point de départ, la première question mise à l'étude sera celle du conditionnement. Le conditionnement légal existe pour la soie et pour la laine; il n'est que facultatif pour les autres textiles et présente cependant une certaine importance au point de vue de l'importation et des achats faits à l'étranger. — Le Comité désigne M. A. Renouard pour préparer l'étude du conditionnement des lins et de leurs similaires.

(1) Voyez 3<sup>e</sup> partie, page 85.

Graissage.

M. CORNUT présente au Comité un travail sur différents systèmes de graissage ; il rappelle les nombreuses expériences qu'il a faites à ce sujet et dont les résultats sont consignés dans son mémoire sur le travail mécanique absorbé par la filature du lin, mémoire inséré dans le dernier bulletin de la Société.

Repasseuse-étaleuse.

M. Ange DESCAMPS annonce au Comité qu'il a pu se procurer divers renseignements sur la repasseuse-étaleuse qui est employée *pratiquement* chez plusieurs industriels. M. Descamps sera donc en mesure, prochainement, de compléter son rapport et de présenter au Comité les conclusions qu'il ne pouvait établir dès l'abord.

Séance du 20 novembre. — Présidence de M. AGACHE.

Conditionnement des lins.

M. Alfred RENOARD donne lecture du travail dont il a été chargé par le Comité sur l'étude du conditionnement des textiles et particulièrement des lins (1).

M. le Président remercie M. Renouard et le prie de vouloir bien continuer cet important travail par l'étude approfondie du conditionnement des cotons.

Compteur de tours.

M. AGACHE présente au Comité un petit instrument dont il donne la description et qui a pour objet de totaliser et enregistrer le nombre de tours que fait une broche dans un temps quelconque. — Cet instrument se compose d'une vis sans fin montée sur une douille qui s'adapte sur la tête de la broche ; la vis engrène à la fois deux roues différentielles dont l'une porte 100 dents et l'autre seulement 99. Il en résulte que la deuxième roue avance d'une dent sur la première à chaque centaine de tours. Des repères fixes servent à noter l'avancement absolu de la première roue, ainsi que son retard sur la deuxième, on peut donc totaliser jusqu'à 10,000 tours.

(1) Ce travail a été lu en Assemblée générale ; il est inséré au présent bulletin, 3<sup>e</sup> partie, page 112.

Repass-use-  
étaleuse. M. Ange DESCAMPS complète son rapport sur la repasseuse-  
étaleuse Masurel (1).

Fixation  
du  
jour et de l'heure  
des réunions. Le Comité décide que ses réunions réglementaires auront lieu  
le 2<sup>e</sup> mercredi de chaque mois, à sept heures et demie.

Nomination  
des commissions  
d'examen  
pour le concours. Diverses questions intéressant la filature et le tissage ont été  
traitées en vue du concours de 1873. Le Comité désigne, pour  
se joindre au bureau pour examiner les mémoires, MM. DEQUOY  
Ange DESCAMPS, Ed. WALLAERT et A. CRESPEL,

*Séance du 10 décembre. — Présidence de M. DELESALLE.*

Concours. Le Comité entend dans cette séance les rapports des Com-  
missions désignées pour l'examen des travaux envoyés au  
concours.

— M. DEQUOY présente des conclusions verbales sur un  
travail relatif au peignage du lin, présenté sous l'épigraphe :  
« Pour que l'industrie puisse faire des progrès, il est nécessaire  
de comparer les procédés, etc., etc. (A. - M. Ampère,  
Philosophie des Sciences). »

Le rapporteur expose que ce travail est consciencieusement fait  
et qu'il renferme d'excellentes choses, mais qu'il demande à  
être complété.

Le Comité pense qu'il y a lieu de donner une récompense à  
l'auteur et laissera à la Commission générale le soin d'en dé-  
terminer la valeur.

La seconde Commission envoie un rapport écrit sur un dévidoir  
à casse-fils présenté au concours. Ce rapport est ainsi conçu :

MESSIEURS,

La Commission nommée par vous le 20 novembre pour  
examiner la réponse à la question N<sup>o</sup> 3 du programme, s'est

(1) Ce travail a été lu en assemblée générale; il est inséré au présent bulletin,  
3<sup>e</sup> partie, page 85.

réunie le jeudi 4 décembre. Après avoir pris connaissance du rapport et des plans qui avaient été communiqués au Comité sous la devise « bien faire , laisser dire , » la Commission s'est rendue chez MM. Boutemy, filateurs à Lannoy, où fonctionnent des dévidoirs remplissant les conditions spécifiées au programme, et faisant l'objet de la réponse adressée au Comité. Nous les avons vus en marche , et nous nous sommes parfaitement rendus compte de la manière dont ils travaillent.

Le principe du dévidoir est celui-ci : Quand un fil vient à manquer, le volant s'arrête immédiatement et ne peut recommencer à tourner que quand l'ouvrière a rattaché le bout cassé ; il suit de là qu'un écheveau a toujours la longueur qu'il doit régulièrement avoir, et qu'il n'en peut avoir plus, car le dévidoir s'arrête aussi quand l'écheveau est complet.

Le mécanisme qui produit cet arrêt est bien simple , il est minutieusement décrit dans le rapport de ces messieurs ; nous allons essayer de vous le faire comprendre en quelques mots.

En quittant la bobine , le fil passe dans un anneau qui se trouve à l'extrémité d'une longue branche de levier, puis sous une tringle de verre et ensuite dans l'anneau qui guide le fil sur le volant ; de cette façon l'extrémité supérieure du levier se trouve maintenue contre la barre de verre par la seule tension du fil qui se dévide. A l'autre bout du levier , à angle droit , se trouve un petit poids assez long , calculé de telle sorte que quand le fil est tendu , ce poids ne touche à aucune des parties essentielles de la machine. Si un fil vient à casser, la longue branche du levier n'étant plus soutenue, le contre-poids s'abaisse et vient rencontrer un des bras du volant. Ce bras oblige le poids à incliner sur le devant de la machine et pousse devant lui une plaque dont le mouvement en avant fait déclencher la machine.

La commande est très-douce , elle se fait par roulement au moyen d'un cercle de même diamètre que le volant, et qui

roule sur une petite poulie placée sur l'arbre principal. Au moment où la plaque est poussée en avant, un système de leviers et de contre-poids soulève légèrement le cercle de commande, en même temps qu'un frein s'y appuie et le dévidoir s'arrête instantanément. Le guide-fil est aussi mû automatiquement; quand une échevette est terminée, le dévidoir s'arrête pour permettre à l'ouvrière de pienner, et la platine guide-fil avance d'une quantité équivalente à la largeur d'une échevette.

Pour que le dévidoir ne s'arrête plus à chaque échevette, ces Messieurs viennent tout récemment d'appliquer sur les barres de leur volant une sorte de crémaillère en cuivre; de cette manière les échevettes se rangent bien également dans chaque cran, et un seul piennage suffit, car les fils ne se confondent plus.

Le système d'arrêt dont nous avons parlé plus haut fonctionne aussi quand l'écheveau est terminé, et une combinaison très-simple permet de le retirer facilement, sans toucher aux tourillons du volant.

Afin de ne pas arrêter la machine trop longtemps et de ne pas faire chômer un trop grand nombre de broches, quand on opère la levée ou qu'un fil casse, ces Messieurs ont divisé leur dévidoir en plusieurs parties; c'est-à-dire qu'au lieu de n'avoir qu'un volant recevant les fils de 15, 20, 25 ou 30 bobines, ils ont plusieurs petits volants, se trouvant dans le prolongement l'un de l'autre et possédant chacun une commande spéciale, des casse-fils spéciaux, un arrêt automatique isolé; en un mot chaque dévidoir est composé d'une série de petits dévidoirs tout à fait indépendants les uns des autres, de sorte que l'un d'entre eux peut être arrêté pour une cause quelconque, quoique les autres continuent à marcher.

Pour nous résumer, ce dévidoir possède bien les propriétés suivantes :

1° D'être muni de casse-fils automatiques;

2° De pouvoir n'arrêter qu'une fraction de la longueur du dévidoir lorsqu'il s'agit de retirer les écheveaux terminés ou de nouer les fils cassés ;

3° D'avoir des volants disposés de façon à pouvoir être rendus complètement libres à une extrémité en écartant le support du tourillon qu'il portait ;

4° De donner un nombre de tours parfaitement exact et par conséquent un dévidage absolument certain.

Nous ne nous sommes pas bornés à examiner la partie mécanique de la machine, nous avons voulu voir si elle était pratique et si ce système pourrait être facilement adopté par tous les filateurs. Le premier point est résolu, puisque MM. Boutemy ont chez eux 20 dévidoirs de ce genre et qu'ils en sont parfaitement satisfaits au point de vue général.

Nous allons examiner le second point.

Nous avons demandé à l'inventeur ce que lui coûtait sa machine. Il nous a répondu que pour un dévidoir double de 50 broches, le prix était de fr. 4450, et il a ajouté qu'un dévidoir double ordinaire de 80 broches ne lui coûtait que fr. 200. Donc 80 broches du nouveau système coûteraient fr. 4840, soit une différence de fr. 4640 pour le même nombre de broches. Un filateur se montant à nouveau et voulant se servir de cette machine, serait obligé de payer pour 20 dévidoirs, par exemple, une augmentation de fr. 32,800 ; donc accroissement d'intérêt et en même temps d'amortissement, car la machine étant fort délicate, doit se détériorer plus vite qu'une machine grossière et qui ne supporte aucune fatigue. Là ne se borne pas le surplus de dépenses. En effet, un dévidoir ordinaire de 80 broches occupe une superficie de 8<sup>m.c.</sup> 50 et pour le dévidoir nouveau le même nombre de broches occuperait une superficie de 18<sup>m.c.</sup> 50. Si donc 20 dévidoirs anciens prennent 170<sup>m.c.</sup> le même nombre de broches en dévidoirs nouveaux occuperont 370<sup>m.c.</sup>, soit une différence de 200 mètres carrés.

Cette différence de superficie augmente aussi de beaucoup les frais d'installation.

Nous avons aussi demandé à l'inventeur si le coût au paquet n'était pas plus élevé avec la nouvelle machine qu'avec l'ancienne ; il nous a été répondu que pour le moment le dévidage coûtait un peu plus cher, environ 46 centimes au paquet pour la main-d'œuvre, mais que plus tard, quand ses ouvrières auraient appris à s'en servir convenablement, la machine produirait plus et le prix de façon diminuerait.

MM. Boutemy ont une si grande confiance dans leur invention, que déjà 20 dévidoirs fonctionnent chez eux, et que leur intention est de remplacer tous les autres.

Voilà, Messieurs, les principaux renseignements que nous avons pu obtenir. Nous ne formulons aucune appréciation, vous laissant le soin de juger par vous-mêmes le mérite de cette machine. Quant à nous, qui l'avons vue fonctionnant, nous sommes persuadés qu'elle est excellente au point de vue mécanique et que de tous points elle remplit les conditions imposées au programme ; mais, nous croyons qu'elle ne sera adoptée par la plupart des filateurs que quand son prix d'achat sera beaucoup moins élevé, et ses dimensions aussi plus réduites.

— M. Ed. CASSE présente le rapport suivant de la Commission chargée d'aller à Amiens examiner un nouveau métier à tisser présenté au concours :

Vous m'avez fait l'honneur de me charger, avec M. Léon Motte, d'examiner le nouveau métier compositeur automatique de M. Gand, Directeur de la Société Industrielle d'Amiens, pour la création des tissus façonnés.

Afin de satisfaire à votre désir, nous nous sommes rendus, le jeudi 10 décembre courant, chez M. Édouard Gand pour étudier et voir fonctionner son métier.

M. Édouard Gand n'est pas pour nous un inconnu ; profes-

seur émérite, il a fondé à Amiens une école modèle pour la filature et le tissage, et, pour adoucir les fatigues du travail, il a imaginé une infinité de combinaisons et de mécanismes très-simples et très-ingénieux. Son activité et son imagination sont infatigables; obligeant et toujours prêt à rendre service, il apporte avec désintéressement aux industriels le résultat de ses études et de ses longs travaux, désireux de voir prospérer et grandir son pays.

C'est après de longues et pénibles recherches et avec la volonté d'arriver que M. Gand est parvenu à trouver la machine qu'il présente aujourd'hui pour la fabrication des tissus nouveaux.

Je me réserve de donner ultérieurement une explication plus détaillée de cette remarquable machine, mais je n'en ferai aujourd'hui qu'une description sommaire pour en faire comprendre l'utilité.

Les tissus, en général, sont formés par le croisement des fils de la chaîne avec ceux de la trame; les différentes manières dont les fils sont croisés produisent des effets divers formant ce qu'on appelle des grains ou des armures.

Pour obtenir ces variations dans les fonds des tissus, on se sert habituellement du métier dit à marches, ou du métier Jacquard avec cartons; les cartons sont produits par un travail préalable qu'on appelle mise en carte.

M. Gand a eu la pensée de remplacer l'un et l'autre de ces moyens par un métier nouveau qui permet d'obtenir les mêmes résultats d'une façon bien plus rapide et moins coûteuse. Voici comment il procède :

Sur un métier à tisser ordinaire, M. Gand place une mécanique Jacquard d'un système particulier, et sur la face de cette mécanique, en regard de la rangée des aiguilles, se trouve une barre mobile, sorte de clavier, pouvant aller et venir horizontalement au moyen d'une crémaillère; cette barre contient

une série de petits pistons placés au même écartement que celui des aiguilles en regard de la mécanique.

Au moment de faire fonctionner la machine , on amène vers soi , suivant des calculs donnés ou , si l'on veut , au hasard , quelques pistons afin d'isoler leur effet sur les aiguilles devant lesquelles ils doivent fonctionner ; on fait ensuite manœuvrer le métier , dont la marche est semblable à celle d'un métier Jacquard ordinaire , et il se forme alors sur le tissu le grain cherché d'après les calculs , ou celui que le hasard fait naître et qui révèle souvent des articles nouveaux d'une incontestable valeur.

Si le grain obtenu ne convient pas , on change simplement la position des pistons tirés sur la barre mobile et immédiatement il se forme un autre grain. Le travail s'exécute ainsi avec une rapidité extrême et sans aucune autre dépense que le peu de temps employé.

Chacun de nous connaît un petit instrument nommé kaléidoscope , au moyen duquel un nombre infini de dessins se reproduisent en tous sens sous les yeux. La machine de M. Gand produit et exécute sur le tissu , avec la même facilité , tous les grains et toutes les armures possibles.

Le tissu trouvé , il était nécessaire , pour l'appliquer au tissage , de le décomposer , c'est-à-dire de chercher les divers croisements de la chaîne avec ceux de la trame ; mais l'inventeur a voulu encore ici perfectionner son œuvre et supprimer un travail long et difficile ; il a eu l'ingénieuse idée d'appliquer sur le côté du métier une petite machine à imprimer , mise en mouvement par les actions de ce dernier , et , au moyen de cette machine , il reproduit automatiquement sur papier , au fur et à mesure que les fils de trame croisent ceux de la chaîne , la manière dont ces fils sont liés , c'est-à-dire qu'il exécute la mise en carte même qui doit servir de guide pour le piquage

des cartons de la mécanique Jacquard ou pour la disposition du montage, si les métiers doivent être montés avec lames.

L'invention de M. Gand est destinée à rendre des services réels ; elle viendra en aide aux contre-maitres échantillonneurs, elle servira aux professeurs de tissage pour faire bien comprendre aux élèves les relations qui existent entre une mise en carte ramenée à sa plus simple expression et l'exécution du travail.

Et maintenant, Monsieur le Président, que M. Léon Motte et moi avons terminé la mission que vous avez daigné nous confier, permettez-nous de vous proposer de récompenser dans l'invention de M. Édouard Gand un travail incontestablement utile à l'industrie et qui unit la méthode à la science et à l'étendue des recherches du savant et habile professeur de l'École Industrielle d'Amiens.

Féron. — En dehors du concours proprement dit, la Société a décidé que des récompenses seraient accordées à toute personne de la région qui serait présentée comme ayant rendu des services importants à l'industrie. M. DELESALLE expose les titres de M. Aug. Féron à cet ordre de récompense dans les termes qui suivent :

« La Société Industrielle a renvoyé au Comité de filature et de tissage l'examen d'une proposition de récompense à attribuer à M. Auguste Féron, ancien fabricant de tissus à Roubaix, pour ses travaux ayant eu pour conséquence de nombreux progrès de l'industrie roubaisienne.

Eu égard à la date rapprochée à laquelle devait avoir lieu la distribution des récompenses il n'a pas été possible d'attendre la réunion régulière du Comité pour la désignation d'une commission à cet effet.

Son président a donc dû prendre sur lui de former la commission.

Elle a été composée de :

MM. Alfred DELESALLE, Président du Comité.

J.-B. SCRÉPEL-ROUSSEL, }  
A. DELFOSSE, membre } président et vice-président de  
du Comité, } la Chambre de Commerce de  
Roubaix, tous deux filateurs  
et tisseurs.

Émile ROUSSEL, teinturier à Roubaix, membre de la  
Société Industrielle.

Carlos DELATTRE, filateur de coton, }  
Édouard FERRIER, filateur de laine, } auteurs de la pro-  
position et membres  
du Comité.

Afin que la Commission fût aussi compétente que possible, j'ai cru devoir prier de se joindre à elle les industriels dont les noms suivent, bien qu'ils ne fassent point partie de la Société Industrielle ;

MM. MOTTE-BOSSUT, ancien président de la Chambre syndi-  
cale, manufacturier.

A. TALON, ancien secrétaire de la Chambre syndicale,  
fabricant de tissus.

Auguste LÉPOUTRE, filateur et tisseur de mélangés.

Voici le rapport de cette commission :

« Appelée à donner son avis sur la proposition d'une récompense à décerner à M. Auguste Féron, pour ses travaux de chimie industrielle, c'est avec une satisfaction réelle que votre commission s'est occupée de cette question et qu'elle vient appuyer la proposition qui vous est faite.

» Après avoir reconnu, comme par une véritable intuition, que beaucoup de nos difficultés de fabrication provenaient d'impuretés contenues dans nos matières premières et à des

procédés vicieux de travail, M. Féron se mit résolument à l'étude de la chimie appliquée à nos industries.

» En relations fréquentes avec de nombreux chimistes, parmi lesquels nous citerons notamment M. Ortlieb de Lille, M. Ch. Blas, professeur à l'université de Louvain, M. J. Persoz, directeur de la condition publique de Paris, et surtout le plus illustre en ces matières, M. Chevreul; fort de leurs approbations et des encouragements de quelques-uns de nos concitoyens, M. Féron nous fit bientôt constater, dans un grand nombre de laines peignées, la présence de substances étrangères, et dès le mois d'octobre 1869, dans un mémoire présenté à la Chambre syndicale de Roubaix et qui fut fort remarqué (car personne parmi nous ne s'était jusqu'alors préoccupé de ces questions), il formula la proposition que la condition publique de notre ville ne se bornât plus à doser seulement l'eau contenue dans la laine peignée, mais aussi les matières étrangères à la laine, proposition qui vient d'être réalisée cette année.

» En même temps qu'il constatait l'impureté de nos laines, M. Féron nous démontrait tous les désordres qui s'ensuivaient dans les opérations ultérieures de la teinture, de la filature et des apprêts, et leurs funestes conséquences industrielles et commerciales. Par ses conseils à nos teinturiers, tant sur la correction de leurs eaux que sur la purification de la matière, par la rectification de procédés vicieux, par les efforts les plus persévérants, les plus obstinés, il parvint à nous affranchir en grande partie de ces difficultés.

» C'est depuis lors, en ce qui concerne les laines teintes, à l'état de peigné, qu'au lieu de subir dans le numéro du fil une perte toujours considérable et, dans tous les cas, indéterminée, la filature a pu établir des filés dont le numéro ne s'écarte plus sensiblement des prévisions. Dans les laines teintes en noir, couleur auparavant si redoutée des filateurs, la perte de numéros pour les laines communes bien traitées, est devenue insi-

gnifiante ; pour les laines fines, où la perte était excessive, si l'on ne peut dire encore que cette perte est supprimée, du moins nous pouvons affirmer qu'elle est réduite dans une forte mesure, et que l'amélioration est telle qu'actuellement la filature peut livrer des fils d'un numéro défini. Ajoutons qu'aujourd'hui les fils sont meilleurs, plus réguliers, obtenus avec moins de déchets, et que la matière ne colle plus en filature.

» Par la suppression de ces pertes de numéros, en même temps que par une amélioration considérable dans l'éclat des nuances, grâce à la suppression de ces impuretés poisseuses qui, pour ainsi dire, engluaient les fibres, les empêchant à la fois de s'étirer dans les machines et de briller de leur éclat naturel, certaines fabrications ont pu, avec grand profit, remplacer les laines écruées dévidées, qui se teignaient à l'état de fil, par des laines filées en teint que la filature de Roubaix est arrivée alors à leur fournir, et certaines couleurs auxquelles nos industries semblaient prêtes à renoncer, tant elles étaient imparfaites, sont livrées aujourd'hui par notre ville en filés teints même à des fabriques étrangères réputées de longue date par l'éclat de leurs nuances et renommées pour la pureté et la limpidité des eaux dont elles disposent.

» C'est encore à M. Féron et à ses recherches que Roubaix doit d'avoir pu déterminer l'origine de certaines irrégularités dites barres qui se produisaient dans la teinture des laines et des cotons filés, défauts graves qui soulevaient entre nos diverses industries les contestations les plus fréquentes, et dont personne parmi nous ne semblait même avoir soupçonné les causes.

» L'industrie des apprêts recevant des tissus plus purs a pu mieux développer les qualités naturelles de la matière.

» Enfin, tous ces progrès ont eu cette conséquence que chacun sachant mieux ce qu'il est en droit d'attendre des autres industries, bien des incertitudes ont disparu, les responsabilités ne

peuvent plus être déclinées et ainsi nous marchons plus sûrement vers de nouveaux progrès.

» Les travaux de M. Féron lui ont valu les témoignages les plus flatteurs, et plusieurs fois les procès-verbaux de la Chambre syndicale de Roubaix ont constaté la reconnaissance de cette association pour les services signalés que M. Féron rendait à nos industries. Il est de notre devoir de reconnaître aujourd'hui que si la situation des tissus mélangés, si désastreuse il y a quelques années, est devenue relativement plus favorable, c'est aux progrès amenés par M. Féron que nous le devons en bonne partie.

» En résumé, à l'unanimité, votre commission adopte chaleureusement la proposition qui lui est soumise. Elle est d'avis qu'une société comme la nôtre ne saurait accorder une récompense trop haute à des services aussi signalés et rendus avec le désintéressement le plus digne d'éloge. — Elle espère que la médaille d'or accordée à M. Féron stimulera d'autres travailleurs dans cette voie de la chimie appliquée à nos industries roubaisiennes. »

Je vous propose donc d'adopter les conclusions de la commission et de demander à la Société Industrielle, pour M. Auguste Féron, ancien fabricant de tissus, à Roubaix, une médaille d'or en récompense des progrès qu'il a fait faire à l'industrie roubaisienne par ses travaux de chimie industrielle.

Le Comité vote à l'unanimité la médaille d'or, conformément aux conclusions du rapport ci-dessus.

---

## Comité des Arts chimiques et Agronomiques.

*Séance du 10 juillet 1873.* — Présidence de M. VIOLETTE.

Le Comité est saisi de diverses propositions relatives à la formation de la bibliothèque et aux abonnements. L'examen et la discussion de ces propositions occupent toute cette séance.

*Séance du 15 octobre.* — Présidence de M. SOINS, vice-président.

- Description du pyromètre de Salleron par M. Kolb (1).
- Note de M. KULHMANN fils sur les mines de Norwége (2).

*Séance du 11 novembre.*

— Nomination des Commissions chargées d'examiner les mémoires présentés au concours.

*Séance du 9 décembre.* — Présidence de M. VIOLETTE.

Rapports  
pour le concours.

M. HOCHSTETTER, rapporteur, dépose un rapport sur un mémoire relatif à l'énoncé suivant : *Description des méthodes actuelles de la Brasserie dans le nord de la France, au point de vue de la salubrité, de la dépense en houille et du perfectionnement possible dans la construction et la conduite des Fourneaux.*

Un mémoire est parvenu à la Société industrielle sur la proposition de prix, dont la question reproduite ci-dessus, a été l'objet; ce mémoire porte pour épigraphe un proverbe écossais :

Le malteur est le père de la bière, le brasseur n'en est que le parrain.

(1) M. Kolb a reproduit cette description devant l'Assemblée générale du 30 octobre. — Voyez 3<sup>e</sup> partie, page 77.

(2) Ce travail a été lu à l'Assemblée générale du 27 novembre; il est reproduit *in extenso*, 3<sup>e</sup> partie, page 92.

Le travail présenté a été confié à l'examen d'une Commission composée de M. le Président VIOLLETTE, de MM. DUTILLEUL et HOCHSTETTER et c'est le résultat de son étude que j'ai l'honneur de soumettre au Comité.

En mettant au concours la description des méthodes actuelles de la brasserie dans le nord de la France, la Société industrielle avait évidemment eu pour but d'en faire le point de départ des perfectionnements qu'il serait possible d'apporter aux diverses opérations qui constituent cette industrie, tant au point de vue de l'économie dans la production, qu'à celui de la perfection des produits, mûe par la pensée qu'en industrie, comme ailleurs, il n'est pas toujours bon de recourir à des révolutions radicales, mais que souvent, par une marche progressive et continue, on peut arriver plus sûrement à réaliser les améliorations désirées. Il doit en être surtout ainsi, quand on s'adresse à une industrie aussi répandue que l'est la brasserie, et où les méthodes sont d'autant plus difficiles à modifier, qu'elles sont éprouvées par une pratique séculaire; en pareil cas, bien connaître le travail actuel paraît être le moyen le plus efficace, de poser des jalons sûrs pour les perfectionnements futurs, et donner confiance aux conseils qu'indiquent les progrès de la science.

Ces considérations paraissent bien avoir été comprises par l'auteur du mémoire présenté à la Société, mais nous devons le dire tout d'abord, il n'a pas réalisé dans une mesure suffisante cette condition de nos programmes, empêché qu'il a probablement été, par le peu de temps laissé aux concurrents pour l'étude de leurs projets; ainsi, dans le cas présent, l'auteur se borne à analyser succinctement l'influence que doivent avoir dans la fabrication l'eau, les matières premières employées, le maltage des grains, la saccharification, la cuisson de la bière et la fermentation du moût; il présente sur ces derniers points des considérations générales et donne quelques conseils, mais

il ne les appuie d'aucune expérience comparative, ni d'aucun chiffre, et quand il signale des imperfections ou des défauts, il n'en fait généralement pas connaître les causes ni les moyens de les éviter.

La bonne utilisation du combustible et les perfectionnements possibles dans la construction et la conduite des fourneaux sont complètement passés sous silence, si ce n'est toutefois que l'auteur recommande le chauffage à vapeur, idée excellente sans doute et qui aurait pu donner lieu à des développements très-utiles, si elle avait été accompagnée de quelques indications techniques, relativement à la disposition des appareils, et de quelques dessins.

En résumé, la Commission a été unanimement d'avis de déclarer que tout en reconnaissant dans le travail déposé une plume exercée et des passages d'un véritable mérite, elle le trouve trop incomplet, pour qu'il puisse lui être décerné la récompense proposée, et qu'il y a lieu de maintenir au concours pour 1874 la même question, modifiée peut-être dans son texte, dans l'espoir que l'auteur du mémoire analysé ou tous autres concurrents pourront nous faire parvenir des travaux qui répondent d'une manière plus explicite à l'esprit et aux termes du programme.

Le Comité décide que la question maintenue pour 1874, sera modifiée comme suit: *Mémoire sur l'application des nouveaux procédés de fabrication de la bière, et notamment des procédés de M. Pasteur.*

M. KOLB dépose le rapport suivant sur un mémoire relatif au dosage des phosphates :

Il y a longtemps déjà que M. Élie de Beaumont avait fort justement dit que « l'acide phosphorique n'a pas été précisément créé pour l'agrément des chimistes. »

La séparation de certains corps présente parfois, pour

l'essayeur, de grandes difficultés et souvent la nature a charitablement pris soin de ne pas les lui présenter associés ; pour l'acide phosphorique ce n'est pas le cas ; il a presque toujours pour inséparables compagnons l'alumine et le fer, qui sont précisément les éléments qui masquent le mieux sa présence, et qui bien souvent l'ont, dans les anciennes analyses, laissé passer inaperçu.

Aussi longtemps que dans l'industrie il ne s'est agi que de produits osseux, la méthode de Bobierre, c'est-à-dire la simple précipitation par l'ammoniaque, fit loi.

Mais les matières premières se modifièrent, la fraude s'en mêla, les phosphates minéraux et les superphosphates intervinrent avec leur cortège de plâtre, d'alumine et de fer ; il fallut renoncer à l'essai Bobierre pour recourir à des méthodes plus rigoureuses. Les traités d'analyses chimiques ne laissaient que l'embarras du choix ; mais dans les procédés qu'ils indiquent, la plupart ne s'appliquent qu'à de certains cas spéciaux et deviennent inexacts lorsque l'on cherche à les généraliser.

Cette question de dosage donna donc lieu, jusque dans ces derniers temps, à des discussions auxquelles ont pris part MM. Bobierre, Mène, Neubauer, Chancel, Frésenius, Joulie ; et de ce choc d'opinions, où le phosphore était sans cesse en jeu, il en est résulté un peu de lumière ; c'est-à-dire qu'il est sorti de ce chaos trois ou quatre procédés sur lesquels on peut compter comme rigoureux.

Je dis chaos, car, non seulement les différences de méthodes analytiques donnaient, sur le même échantillon, des écarts de 5 % et plus, mais M. Mène cite des exemples de phosphates du Nord et du Rhône qui, accusant de 40 à 50 % de phosphate tri-calcique par certaine méthode ne contenaient, en réalité, que des traces d'acide phosphorique et ne renfermaient que de l'alumine et de la silice.

Le plus rigoureux des procédés est, d'un commun accord, celui par le molybdate d'ammoniaque, mais vu le prix de cette matière et la dose qu'il en faut employer, cette méthode, lorsqu'il s'agit de fréquents essais, n'est accessible qu'aux laboratoires fortement subventionnés.

Le procédé Chancel par le bismuth, heureusement modifié par son auteur, et le procédé Joulié par le citrate de magnésium et l'acétate d'urane, donnent des résultats très-précis mais ne les donnent qu'avec une certaine lenteur.

Qu'il s'agisse de réactifs rares ou de manipulations longues, le résultat se paye cher, et l'industrie comme l'agriculture demandent aujourd'hui pour les teneurs en phosphate, ce qu'elles ont déjà pour les teneurs en azote, un titrage rapide et peu coûteux. C'est dans cet ordre d'idées que la Société Industrielle avait, d'après le vœu de son Comité de chimie, porté au concours la question suivante :

« Procédé d'analyse le plus prompt et le plus exact possible  
» de l'acide phosphorique contenu dans les phosphates solubles ou insolubles des engrais, par l'emploi de liqueurs  
» titrées et sans autre pesée que celle de l'échantillon. »

Un seul mémoire nous a été envoyé. Il porte la devise :  
« *Corpora non agunt nisi sint soluta.* »

Je viens vous rendre compte, au nom de la commission que vous avez nommée pour examiner ce mémoire, des travaux de cette commission et de son appréciation.

Voici sur quels principes est basé le nouveau mode de dosage proposé par l'auteur de ce mémoire :

En traitant une solution acide de phosphate de chaux par l'oxalate d'ammoniaque, il y a double décomposition ; il se fait de l'oxalate de chaux insoluble dans l'ammoniaque et du phosphate d'ammoniaque soluble dans l'ammoniaque. Ce dernier

séparé par filtration est évaporé, puis chauffé jusqu'à décomposition, et l'acide phosphorique seul reste dans le creuset.

Suivons maintenant l'auteur dans les détails de manipulations qu'il indique :

Il commence par calciner pour chasser les matières organiques, il enlève les sels alcalins par un lavage à l'eau bouillante, puis il dissout dans l'acide azotique étendu. Après filtration le liquide contenant l'acide phosphorique est additionné d'oxalate d'ammoniaque puis neutralisé par l'ammoniaque; l'oxalate de chaux se précipite. Le liquide filtré contient l'acide phosphorique à l'état de phosphate d'ammoniaque et aussi à l'état de phosphate de fer.

On précipite ce dernier par un excès d'ammoniaque et l'on pèse le précipité de phosphate de fer ainsi obtenu.

Le liquide filtré ne contient plus alors que des sels ammoniacaux volatils et du phosphate d'ammoniaque. On évapore et l'on amène à l'état vitreux dans un creuset de platine : il n'y reste plus que l'acide phosphorique que l'auteur dose par une liqueur alcaline titrée.

Il propose également de fondre le phosphate d'ammoniaque obtenu avec du carbonate de soude, de saturer l'excès de ce dernier par de l'acide nitrique et de doser dans le produit neutre ainsi obtenu, l'acide phosphorique par une liqueur titrée de nitrate d'argent.

Pour le dosage des superphosphates l'auteur sépare par l'eau les phosphates solubles; il traite ces derniers par un lait de chaux, puis il opère comme précédemment.

Arrive maintenant le tour de la critique; je dois le dire, à la lecture de cette intéressante description, la commission s'est demandé, avant tout autre examen, si le procédé exact ou non, répond bien à l'esprit de la question posée.

Nous possédons, comme je l'ai dit plus haut, des méthodes exactes; ce que nous demandons c'est un procédé plus rapide,

et sur ce point, celui qu'on nous présente est d'une expérimentation aussi longue et d'une manipulation aussi difficile que ses prédécesseurs. Il a, comme eux, l'inconvénient de ne pas permettre un simple titre qu'on peut (comme dans la plupart des essais à la burette) confier à un *titreur* ordinaire; il exige un chimiste, et j'ajouterai même un chimiste habile.

Écartant la question de discordance avec le programme, la Commission se demande si la séparation du phosphate d'ammoniaque et du phosphate de fer telle que la présente l'auteur, se fait avec la précision sur laquelle il semble compter.

Nous en doutons et regrettons que par quelques expériences à l'appui, l'auteur ne nous en ait pas démontré la netteté.

Supposons, maintenant, qu'à côté du fer il y ait de l'alumine, le calcul du phosphate précipité sera entaché d'erreur par la présence de cette alumine.

Supposons encore (ce qui peut se présenter très-fréquemment) que la quantité de fer prédomine celle de l'acide phosphorique, les résultats seront encore inexacts; qu'il y ait de la magnésie, elle entraînera avec l'oxalate de chaux une partie de l'acide phosphorique qui échappera au dosage.

Admettons, enfin, ces phases de l'opération traversées sans encombre, il reste une évaporation longue et délicate suivie d'un point de fusion mal déterminé, et par suite, d'une décomposition incomplète du phosphate d'ammoniaque qui peut fausser le titre définitif par la liqueur alcaline.

Si cette décomposition est poussée trop loin, on se trouve en présence d'un mélange indéterminé d'acides pyrophosphorique et méta-phosphorique; inconvénient bien autrement grave, puisque chacun d'eux a une capacité alcaline différente.

Reste le dosage par le nitrate d'argent, mais l'auteur a-t-il songé aux longueurs qu'entraîne cet expédient.

Votre Commission, Messieurs, avant de vous communiquer ses observations, a voulu expérimenter au laboratoire le

procédé qui lui a été soumis. On a cherché en suivant scrupuleusement les indications de l'auteur, la quantité d'acide phosphorique contenue dans un échantillon de phosphate minéral dont l'analyse complète et rigoureuse avait été faite et avait donné les résultats suivants :

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| $PhO^5$ . . . . .        | 49.43  |
| $CO^2$ . . . . .         | 4.75   |
| $SO^3$ . . . . .         | 2.20   |
| $HCl$ . . . . .          | 0.34   |
| $SiO^3$ . . . . .        | 25.20  |
| $Al^2O^3$ . . . . .      | traces |
| $Fe^2O^3$ . . . . .      | 20.00  |
| $CaO$ . . . . .          | 24.52  |
| $HO$ . . . . .           | 2.50   |
| Matières organiques. . . | 4.49   |

Le procédé expérimenté nous donne :

|                   |      |
|-------------------|------|
| $PhO^5$ . . . . . | 9.2  |
| $CaO$ . . . . .   | 30.5 |

Cet essai, comme vous le voyez, est loin de venir à l'appui des vues de l'auteur, et cela n'a rien d'étonnant. L'expérimentation a confirmé nos craintes; la séparation de l'oxalate de chaux et du phosphate de fer n'est nullement tranchée comme l'auteur paraît le croire, rien n'indique quand l'une s'arrête et quand l'autre commence. On tâtonne donc en plein inconnu et l'on sera toujours exposé à un mélange qui donnera un poids ou trop fort ou trop faible d'acide phosphorique, et en même temps l'inverse pour la chaux.

En présence de ces faits, la Commission vous propose les conclusions suivantes :

Il y a évidemment une idée nouvelle et fort ingénieuse dans ce mémoire, elle dénote chez son auteur une connaissance

approfondie de la chimie analytique et de ses ressources ; mais, il est tout d'abord regrettable que le temps lui ait manqué pour présenter son travail sous une forme mieux développée, moins décousue et surtout plus claire.

L'auteur aurait dû joindre à l'énoncé de ses idées théoriques quelques résultats des essais analytiques qu'il a (nous le supposons) dû exécuter, pour contrôler les réactions qu'il admet comme exactes, réactions que la Commission déclare manquer de netteté et amener, dans bien des cas, à des chiffres erronés.

Finalement, le procédé, par la longueur de ses opérations et par ses résultats incertains, ne saurait être admis comme une solution plus rapide que ses devancières, ni comme un progrès accompli dans cette voie un peu épineuse de l'analyse des phosphates.

Le Comité adopte les conclusions du rapport.

---

## Comité du Commerce et de la Banque.

*Séance du 16 décembre. — Présidence de M. BONTE.*

Concours  
de 1878.

M. BONTE expose comme suit les titres de M. Blondeau à une récompense de l'ordre de celles que la Société a résolu de décerner aux personnes qui ont rendu d'importants services au commerce.

« La Société industrielle sait reconnaître tous les services et récompenser tous les gens de mérite.

» Nous avons eu le bonheur de posséder dans cette cité un homme qui depuis bientôt quarante ans coopère comme secrétaire aux travaux de la Chambre de commerce et qui, près de la magistrature consulaire, prépare les décisions de votre tribunal.

» Nous avons nommé l'honorable M. Blondeau.

» Dans sa personne, le talent n'a d'égal que la modestie, et la droiture du jugement a toujours été à la hauteur de la respectabilité du caractère.

» Aucune distinction honorifique n'a marqué jusqu'ici cette carrière si bien remplie.

» Il appartient à votre Comité du commerce de reconnaître les services de M. Blondeau, et de le présenter comme lauréat pour la médaille d'or à la Société industrielle dans la distribution des récompenses qu'elle prépare.

» Cet hommage rendu à l'un de nos concitoyens, aussi capable que modeste, et qui, dans la sphère de son travail assidu, a sans relâche consacré son temps à la défense de nos intérêts commerciaux, recevra l'approbation unanime. Il sera

comme un lien sympathique de plus entre notre Société industrielle et la Chambre de commerce qui a tant aidé à sa création. »

Le Comité vote à l'unanimité le renvoi de cette proposition avec son appui à la Commission générale.

*Journal des séances.* Le Comité consulté décide que ses réunions réglementaires auront lieu le 3<sup>e</sup> lundi de chaque mois à sept heures et demie. — Avis de cette décision sera adressée à l'Administration. Le Comité décide ensuite que la question des patentes sera portée à son ordre de jour pour être sérieusement étudiée.

---

Comité d'Utilité publique.

---

Rapport  
sur  
une proposition  
de  
médaillon d'or  
à décerner  
à l'œuvre  
des Invalides  
du travail  
de la  
ville de Lille.

Il semble superflu de faire ici l'apologie de cette œuvre ! Dès que le projet de sa fondation fut énoncé, l'idée a été acclamée par toutes les classes de la société et les plus vives sympathies lui furent témoignées.

Pourvoir de pensions *viagères* les ouvriers mutilés dans l'exercice de leurs professions, au même titre et par analogie avec ce que l'État fait en faveur des soldats frappés en défendant la patrie, tel est l'esprit qui a présidé à la fondation de cette œuvre. Venir au secours des veuves et des orphelins pendant les premières années qui suivent l'accident qui les a privés de leur soutien, telle est aussi une de ses missions.

Plusieurs de nos honorables collègues, il y a de longues années déjà, s'étaient efforcés, avec une foi d'apôtres, de faire admettre comme un devoir, comme l'acquit d'une dette sacrée de la société entière, l'adoption ou du moins l'indemnisation des ouvriers qu'un accident fortuit, conséquence des dangers de leur profession, a réduit, par suite de blessures, à l'incapacité de pourvoir à leur existence, parce que l'ouvrier, comme le soldat, s'expose, combat et succombe pour la gloire et la prospérité de la patrie !

Mais, les idées les plus saines, les plus généreuses, sont lentes parfois à se vulgariser et à se faire admettre alors que leur application exige le concours de ressources pécuniaires

considérables et la consécration administrative indispensable à leur fonctionnement.

C'était le cas pour l'œuvre nouvelle.

Depuis l'application de la vapeur à tous les engins de la production, l'atelier est devenu un véritable champ de bataille où la vie de l'ouvrier est menacée à toute heure du jour ! Sur ce terrain il n'y a ni trêve ni armistice ! Ce ne sont pas seulement des hommes virils qui sont exposés aux terribles effets de la vapeur et des forces brutales qu'elle met en mouvement ; des femmes, des enfants en majorité sont journellement exposés aux dangers de l'industrie ou des travaux d'une autre nature, et la sympathie s'éveille plus poignante encore quand ce sont des enfants ou des mères qui sont frappés en accomplissant la sainte loi du travail. A la pensée de secourir, d'indemniser les ouvriers blessés, l'esprit d'égoïsme répond volontiers ; mais c'est aux industriels, aux entrepreneurs de bâtiments et autres dans le même ordre d'idées, que s'impose cette tâche ! puisque c'est pour le maître, sous ses ordres et à son profit que l'ouvrier s'expose et est frappé et mutilé quand un accident l'atteint.

Circonscrire ainsi le devoir qui s'impose en faveur de l'ouvrier blessé en travaillant, c'est méconnaître volontairement la loi de solidarité et d'harmonie universelle qui régit les sociétés modernes.

Les chefs d'ateliers, à quelque ordre qu'ils appartiennent, ne sont que les coordonnateurs du travail, les agents par lesquels se groupent et s'harmonisent les facultés productives individuelles pour le plus grand profit de la société, et qui restées isolées rendraient inapplicables la puissance de la vapeur.

En un mot, c'est *par* les maîtres que les ouvriers trouvent l'utilisation de leurs facultés et non *pour* eux et à leur profit.

L'emploi d'un nombre d'ouvriers ne fait pas plus sûrement arriver à la fortune qu'en s'adonnant à toute autre carrière qui n'en exige pas le concours.... C'est une aggravation une des

charges logiques et fatales de l'industrie, et l'indispensable emploi d'un nombreux personnel est pour beaucoup d'entre eux, un écueil, une cause directe de ruine.

C'est donc une pensée juste, équitable, de demander l'alimentation de l'œuvre à la société tout entière. Aucun industriel ne se refusera à y apporter son large contingent ; l'amour de l'ouvrier, la solidarité qui unit entre eux les travailleurs de toutes les catégories, impose aux patrons la plus grande part des charges. Un capital de 7 à 800,000 francs sera nécessaire pour assurer des pensions viagères à tous les ouvriers blessés dans une période de 25 ans, terme pendant lequel ces pensions seront à servir en moyenne.

Les premières ressources pour fonder l'œuvre réparatrice furent demandées à une quête publique... et l'on se rappelle avec quelle sympathie la population lilloise répondit à cet appel. 33,000 francs furent recueillis en quelques heures par les jeunes gens de la ville de Lille qui avaient dans ce but organisé une brillante cavalcade dont chacun a gardé le souvenir !

Mais que fonder avec cette somme relativement minime, alors que chaque année l'œuvre doit se grever de 8 à 10 pensions à servir et dont chacune exige l'aliénation pour 25 ans en moyenne d'un capital de 4 à 8,000 fr. !

Un concours efficace semblait devoir être acquis dès le premier jour... En effet, en apprenant le but de la quête faite à Lille, le Ministre de l'Intérieur télégraphia au Préfet du Nord qu'une subvention de 100,000 francs était accordée à l'œuvre nouvelle. Mais on sut bientôt que le Ministre exigeait que cette somme fût employée à la construction d'un hospice pour y recevoir les ouvriers mutilés, comme on projetait de le faire alors au Vésinet, près Paris.

Les propagateurs de l'œuvre qui avaient fait une profonde étude de ses besoins et de l'économie qui seule pouvait, selon eux, la faire fonctionner avec fruit, refusèrent de se conformer

à ce programme dangereux. La dotation fut retirée, mais les fondateurs ne se découragèrent point ! Convaincus qu'un jour, la bonté, la justice, l'utilité de l'œuvre serait reconnue et que des donations l'enrichiraient, ils obtinrent du Préfet que la somme recueillie serait conservée à sa destination première, et comme il n'y avait pas dans la somme de 33,000 francs les éléments suffisants pour justifier une fondation définitive, pourvue d'une administration spéciale, le Bureau de bienfaisance fut chargé d'administrer ces deniers et d'en répartir les revenus aux ayant-droits.

L'œuvre était donc restée à l'état latent.

L'espoir des premiers organisateurs ne fut pas trompé.

Une des plus honorables familles de notre ville, les héritiers de notre regretté feu Auguste Wallaert-Mille, crurent ne pouvoir mieux honorer la mémoire de leur père qui s'était montré très-sympathique à cette fondation qu'en la relevant de l'oubli dont elle était menacée. Ils consacrèrent la première somme à toucher de leur héritage pour remplacer la dotation impériale, et une somme de 100,000 francs fut versée par eux à cette destination.

Dès lors, l'œuvre réparatrice était fondée pour jamais ! Elle fut, par un décret impérial, élevée au rang des établissements de bienfaisance et d'utilité publique.

Mais, bientôt des jours d'épreuve devaient peser sur la France !... et ce n'est qu'à la fin de l'année dernière qu'une commission officielle reçut la mission d'administrer l'œuvre et de pourvoir à ses destinées futures.

La Société industrielle s'est enquis de son fonctionnement.

A la première dotation fournie par la quête publique, aux 100,000 fr. versés par les héritiers d'Aug. Wallaert, sont venus se joindre quelques dons nouveaux, une subvention annuelle de la ville de Lille, des intérêts cumulés, et aujourd'hui

le capital converti en rentes sur l'État s'élève à fr. 170,000, donnant une rente annuelle de fr. 8,000.

Déjà 28 secourus sont inscrits aux livres des pensionnés, dont 18 mutilés et 10 veuves,

Sept pensions de veuves qui n'ont que trois ans de durée sont éteintes.

Il reste à ce jour 18 pensionnés à vie et 3 veuves secourues, absorbant annuellement un revenu de 4,547 francs.

Parmi ces pensionnés on compte 14 amputés, dont deux femmes et deux enfants de 12 ans blessés dès les premiers pas de leur carrière, trois aveugles et un jeune homme réduit à l'invalidité par suite d'un enfoncement profond du crâne.

Dans la seule année 1873, la commission administrative qui ne se borne pas à attendre les demandes de secours, mais qui recherche avec sollicitude ceux qui y ont des droits, a accordé sept pensions viagères et secouru deux veuves.

En une année donc, il a été voté près de 2,000 francs de pensions à vie ayant exigé l'aliénation d'un capital de plus de 40,000 francs.

Quelles que soient les charges que l'avenir accumulera sur l'OEuvre des Invalides du travail, nous avons la confiance que l'esprit de charité et de solidarité qui distingue la population du Nord, pourvoiera à tous les besoins.

Le noble exemple donné par les héritiers de M. Aug. Wallaert-Mille trouvera des imitateurs. Les industriels répondront généreusement à l'appel qui leur sera fait quand les besoins le commanderont, et chacun, en dehors même de l'industrie, voudra coopérer à l'alimentation de l'œuvre réparatrice des soldats du travail. Nous en avons pour garantie aussi le zèle soutenu des fondateurs et des administrateurs qui ne laisseront pas leur œuvre incomplète.

En décernant une médaille d'or à l'OEuvre des Invalides du travail, la Société industrielle donnera un précieux témoignage

de sa reconnaissance aux hommes de cœur qui se sont appliqués à la réalisation de cette pensée fraternelle, et à la famille qui, la première, a si libéralement pourvu à sa dotation et en a ainsi permis l'application.

Cette médaille qui prendra place, selon notre désir, en tête du tableau où sont inscrits les noms des bienfaiteurs de l'œuvre dira combien la Société industrielle honore ceux qui, à quelque titre que ce soit, concourent par leur génie, leur dévouement ou leur fortune à améliorer le sort des indispensables auxiliaires de l'industrie.

---

## Commission mixte des Houilles.

*Séance du 27 octobre 1873. — Présidence de M. KUHLMANN.*

M. le Président annonce à la Commission qu'il y a lieu de pourvoir au remplacement de deux de ses membres : MM. Guiraudet et Menchè de Loisne qui doivent quitter Lille, M. Guiraudet étant nommé recteur de l'Académie de Toulouse et M. Menche, ingénieur en chef à Guéret.

M. Terquem, professeur de physique à la Faculté, et M. Fr. Kuhlmann fils ont été désignés par le bureau de la Société des sciences pour faire partie de la Commission mixte en remplacement de MM. Guiraudet et Menche.

— Pendant les vacances, la sous-commission de législation s'est réunie et a préparé un travail qui n'est pas encore terminé et dont le rapport définitif n'est pas prêt, mais M. Menche peut, en attendant, soumettre à la commission générale le résultat des premières délibérations.

Le travail en question vise deux points importants de la législation des houillères, à savoir :

1° La législation actuelle favorise-t-elle ou encourage-t-elle suffisamment la création d'exploitations nouvelles ;

2° Prend-elle des mesures suffisantes pour empêcher les abus et principalement ceux qui peuvent résulter de la concentration des propriétés de mines dans les mêmes mains ; d'un concert entre les producteurs tendant à forcer la main à la consommation ; enfin de l'impuissance ou du mauvais vouloir des concessionnaires tendant à restreindre la production pour élever ou maintenir des prix à des taux onéreux pour l'industrie.

M. Menche développe ces trois points sur lesquels une discussion générale s'engage.

On signale surtout les faits suivants :

— Après des enquêtes minutieuses et de longues formalités, les assemblées spéciales ne sont appelées qu'à donner un avis ; et les concessions sont données par le ministère qui peut ne tenir aucun compte desdits avis. — Elles sont donc souvent accordées par favoritisme ou dans un but politique , et par des considérations étrangères à la bonne administration des mines.

— La concession ainsi obtenue peut être rétrocédée à un tiers quelconque , à prix d'argent, sans que l'État ni le Conseil des mines intervienne.

— L'inventeur n'est pas assez favorisé par la loi ; il n'a aucun privilège et n'a droit qu'à une indemnité souvent dérisoire de la part du concessionnaire,

— La loi française limite chaque concession à une étendue maximum, mais elle tolère le rachat des concessions limitrophes par les concessionnaires voisins, ce qui détruit l'effet de la première disposition.

— La loi est à peu près toujours éludée ou tournée par les articles des cahiers des charges qui prennent force légale dans la matière.

La Commission pense qu'il y aurait lieu de formuler un vœu tendant à obtenir que la législation des mines rentrât dans le droit commun, et que le Conseil général des mines, assimilé au Conseil d'État ou à la Cour de cassation , fût appelé à statuer définitivement sur les questions de son ressort, comme il en est référé au Conseil d'État en matière administrative et à la Cour en matière civile.

En ce qui concerne la situation toute spéciale de la région du Nord, on se trouve en présence d'allégations de toute nature, sans qu'aucun fait, aucune preuve matérielle les confirme. — La Commission est d'avis qu'il y aurait lieu de faire une enquête officieuse ; il est proposé que plusieurs de ses membres se

rendent personnellement sur les lieux de production pour recueillir des renseignements positifs.

M. le Président Kuhlmann rappelle qu'une enquête officielle sur ces questions a été et est encore ouverte. Bien que la rentrée de l'Assemblée doive avoir lieu le 5 novembre, les hautes questions qu'elle aura d'abord à agiter assurent un délai suffisant aux intéressés qui désireraient encore lui adresser des documents relatifs au commerce et à la production des houilles.

La Commission pourrait donc encore préparer un cahier de réponses au questionnaire de l'enquête ; le vœu dont elle a déjà accepté l'émission, et les renseignements que ses commissaires pourront puiser dans leurs voyages aux mines, trouveraient naturellement leur place dans ce cahier.

La Commission adopte cette proposition. M. Kuhlmann s'occupera de trouver un nombre suffisant d'exemplaires du questionnaire, et au besoin en fera réimprimer pour les distribuer aux membres de la Commission qui pourront ainsi travailler, chacun de son côté, jusqu'à la première séance qui aura lieu dans les premiers jours de novembre.

---

TROISIÈME PARTIE.

TRAVAUX ET MÉMOIRES

PRÉSENTÉS A LA SOCIÉTÉ.

---

MOYENS D'APPRÉCIER LE TRAVAIL DES PRESSES  
ET DES RAPES DANS LES SUCRERIES.

Note additionnelle envoyée par M. WOUSSEN.

---

Dans la note que j'ai lue l'été dernier sur l'étude des presses continues, je recommande, quand on veut conserver quelques jours de la pulpe pour en faire la dessiccation plus tard dans son laboratoire, de mélanger un *poids connu* de la pulpe à dessécher, avec de la chaux éteinte en poudre, pour qu'elle se conserve.

J'ai reconnu depuis que ce moyen est quelquefois bon, mais peut quelquefois induire en erreur, parce que si la chaux n'est incomplètement éteinte, elle fixe de l'eau de la pulpe, et, à la dessiccation, on trouve moins d'humidité que sur un échantillon de la même pulpe desséchée immédiatement.

Je remplace la chaux par de l'alcool, (il faut en mettre beaucoup, la pulpe doit y être noyée.) De cette manière la pulpe se conserve très-bien plusieurs jours, et quand on la dessèche plus tard on trouve exactement le même résultat que sur un échantillon desséché immédiatement.

Il est bienentendu qu'il faut dessécher le tout ensemble, en

évaporant l'alcool, car si on le décantait on perdrait le poids de tout ce qu'il aurait dissous.

J'ai reconnu qu'il était impossible, sans cela, de doser l'humidité d'une pulpe conservée même seulement un jour ; on trouve toujours moins de poids sec que sur la même pulpe desséchée immédiatement, parce que le sucre s'y transforme par une altération très-rapide en produits volatils qui se perdent à la dessiccation, et cela rend impossible des études comparatives sur la pression par des systèmes différents.

---

ANALYSE DES BULLETINS DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE  
DE MULHOUSE.

---

Rapport de M. BOIVIN au Comité du Génie civil  
au nom de la Commission de lecture.

MESSIEURS ,

La commission chargée d'analyser les bulletins de la Société Industrielle de Mulhouse , regrette de ne pouvoir vous donner un travail plus étendu que celui qui va suivre , parce qu'elle n'a eu à sa disposition jusqu'à ce jour que les bulletins des années 1869-1870 et 1871 . Ces bulletins ont donc été examinés par chacun des membres de la commission , en particulier, et au lieu de vous donner un travail individuel qui aurait été très-restreint , nous vous présentons un rapport que nous avons divisé en trois parties.

Dans la plupart des bulletins des années ci-dessus désignés , il est fait mention de rapports , notes ou mémoires sur la filature , sur la chimie , etc. etc. , et de rapports concernant l'administration de la société , documents que nous n'avions pas à examiner comme n'étant pas du ressort de notre comité. Nous donnons donc ci-après , un aperçu des questions qui rentrent dans notre spécialité.

APPAREIL DESSINÉ A DÉTENDRE LA VAPEUR A UNE PRESSION  
MAINTENUE CONSTANTE.

Bulletin  
de Janvier.

Il arrive fréquemment que l'on a besoin d'employer de la vapeur à une pression inférieure à celle sous laquelle elle a

été produite ; pour cela , on emploie le plus ordinairement un robinet ordinaire suivi d'une soupape de sûreté ; mais cette solution présente d'assez sérieux inconvénients , soit une surveillance constante pour s'assurer du fonctionnement de la soupape , soit les fuites de vapeur pour la soupape.

Avec l'appareil en question ces inconvénients disparaissent complètement.

Un contre poids , réglé de manière à ne laisser échapper que la vapeur détendue , agit sur les soupapes pour les tenir ouvertes.

La vapeur arrivant dans l'appareil avec une pression plus grande que celle dont on a besoin presse sur les soupapes et les oblige à se fermer ; elle restera donc dans l'appareil tout le temps que sa pression ne se sera pas abaissée, mais arrivée à la pression que l'on veut obtenir , le contre poids fonctionnera, ouvrira les soupapes et la vapeur s'échappera.

Cet appareil étant construit dans de bonnes conditions et avec soin peut rendre de très-grands services aux industriels qui ont besoin d'employer de la vapeur dans les conditions sus-énoncées.

#### RECHERCHES SUR LA COMBUSTION DE LA HOUILLE.

Bulletin  
d'août 1869  
et les volumes  
33 et 39  
dans lesquels  
se trouvent  
les 1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup>  
parties  
du mémoire.

La méthode employé par M. Scheurer-Kestner , pour prélever d'une manière continue et pendant plusieurs heures une fraction des gaz traversant le carneau , qui représente exactement leur composition moyenne, a donné des résultats tout-à-fait nouveaux et qui sont consignés dans la première partie des recherches sur la combustion.

Les essais calorimétriques ont porté sur les houilles de Lonchamps , de Saarbrück , de Blanzky et du Creusot.

M. Scheurer , par des essais méthodiques , a démontré que pour avoir le minimum de gaz combustibles dans les produits

de la combustion , il était nécessaire de remplir les conditions suivantes :

1° Avoir une alimentation de plus de dix mètres cubes d'air par kilog. de houille.

2° Faire des charges fréquentes et par petites quantités.

3° Avoir sur la grille une faible épaisseur de combustible.

En veillant d'une manière continue à ce que l'alimentation d'air se fasse régulièrement et que l'ouverture du registre soit réglée de façon à ne pas laisser diminuer cette alimentation , on est parvenu à améliorer le rendement de 5 % , ce qui conduit à dire que le chauffeur doit toujours avoir les registres à sa portée et placés de manière à lui en rendre la manœuvre facile.

*Nota.* — Si les expériences faites sur des houilles provenant des localités citées plus haut ont donné de très bons résultats il serait peut être bon d'appliquer les méthodes données par M. Scheurer et Meunier , sur des houilles provenant des bassins du Nord , afin d'être fixé sur leur rendement et peut être aussi , d'après les résultats obtenus , serait-on conduit à améliorer la manière employée pour la conduite du chauffage des chaudières à vapeur.

#### ROBINET DE SURETÉ POUR BECS A GAZ.

Bulletin  
d'avril et mai  
1868.

M. Auguste Lalance , dans la séance du 30 novembre 1868 , a soumis à la Société Industrielle de Mulhouse , une note sur un robinet de sûreté pour les becs à gaz. L'emploi de ce robinet a pour but d'empêcher les accidents qui se produisent assez fréquemment avec les robinets ordinaires dont on se sert dans l'installation des appareils d'éclairage au gaz , accidents provenant le plus souvent de la fermeture incomplète des robinets.

La construction spéciale du robinet de sûreté en question permet d'être certain que la fermeture est complète, parce qu'au moment où la fermeture a lieu, il se produit un léger craquement indiquant que le robinet est bien fermé.

ANALYSE DES MOYENS PROPOSÉS POUR PRÉVENIR LES ACCIDENTS

PAR CERTAINES MACHINES.

Nous trouvons dans le bulletin de novembre et décembre 1869, des rapports de la commission des accidents qui nous semblent intéresser les industriels; mais disons d'abord qu'une commission fonctionne continuellement pour rechercher les causes des accidents dans les fabriques, trouver les moyens de les empêcher en préservant les parties dangereuses des métiers ou faisant opérer mécaniquement les manèges pour lesquels on emploie l'ouvrier. Nous remarquons dans le bulletin signalé :

Bulletins  
de novembre  
et décembre  
1869.

1° Une note sur l'emploi des perches à crochets destinés à prévenir les accidents de transmission en remplaçant la main pour la remise en place des courroies tombées;

2° Une note sur le nettoyage automatique des porte-cylindres et chariots;

3° Une note sur les meules à aiguiser;

4° Une note sur les moyens de prévenir les accidents de cardes;

5° Une note sur un appareil propre à éviter les accidents de batteuses.

Une perche pour remettre les courroies sur les poulies pendant la marche doit être légère, droite et assez longue pour qu'au moment de s'en servir il faille la tenir à côté de soi. Sans cette longueur, si le crochet de la perche venait à être pris

par les bras de la poulie, la perche pourrait blesser l'ouvrier, comme il en est cité un exemple; suivent des règles à observer dans l'usage de la perche et des détails sur sa forme et les moyens de la fixer.

La note sur le nettoyage des porte-cylindres et chariots à fileter automates, conseille l'emploi des nettoyeurs mécaniques. Le rapporteur en décrit et compare plusieurs dont il signale les avantages et les inconvénients. Il paraît que plusieurs nettoyeurs sont d'une disposition très-simple et d'un prix de revient peu élevé. Depuis que les industriels de Mulhouse en ont admis l'emploi, le métier à filer automate réputé pour être très-meurtrier, a cessé d'être dangereux.

Des considérations très-étendues sont développées sur le choix des meules à meuler et à affûter. Les causes différentes qui occasionnent la rupture d'une meule sont analysées et de suite on indique les moyens à appliquer pour diminuer les chances d'accidents. On apprend à reconnaître à la vue et au son les défauts dans la masse de la meule. On fait connaître les meilleures dispositions pour le montage. On établit ensuite que l'expérience démontre que la vitesse ne doit dépasser, dans aucun cas, treize mètres par seconde à la circonférence, ce qui équivaldrait à 110 tours par minute pour la dimension de 2<sup>m</sup>30 de diamètre, généralement en usage pour le meulage de pièces plates en fonte et en fer forgé. Au fur et à mesure de l'usure on doit changer la poulie motrice. La ventilation est aussi étudiée au point de vue de la santé des ouvriers employés à ces sortes de travaux.

Le rapporteur conclut à ce qu'un ventilateur aspirant de haut en bas par un vide convenable ménagé tout autour de la meule soit installé dans un canal souterrain derrière chaque

meule pour conduire la poussière hors de l'atelier. Il est aussi donné quelques conseils sur l'installation et l'emploi des meules à repasser les outils.

Afin de prévenir les accidents pouvant se produire par les cardes le bulletin analysé contient un règlement très-détaillé. On conseille l'affichage de ce règlement et son application rigoureuse. Tout y est prévu, nettoyage, aiguisage, époussetage

L'appareil propre à éviter les accidents de batteurs a été découvert dans un ouvrage allemand. Il a pour but d'empêcher l'ouverture du couvercle du volant avant que celui-ci ne soit complètement arrêté. La construction en est très-simple et il a l'avantage de pouvoir être adapté facilement et sans grands frais à tous les batteurs déjà construits. Il résout d'une manière complète et radicale la question d'une fermeture de sûreté pour les couvercles des volants.

Analyse  
des bulletins  
de 1872.  
—  
Avril.

Dans l'année 1872 deux bulletins seulement paraissent intéresser directement notre Comité, ce sont ceux d'avril et de mai.

Le bulletin d'avril contient le rapport de M. Meunier, ingénieur de la Société Alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur.

Ce rapport signale pour l'exercice 1870-1871, 4,014 visites extérieures de chaudières et d'appareils à vapeur et 138 visites intérieures. De nombreux essais à l'indicateur de Watt ont été faits pendant cette période et 24 diagrammes relevés sur les machines de différents systèmes accompagnent les rapports.

Mat.

Le mois de mai contient un travail sur l'emploi des réchauffeurs en tôle, par MM. Scheurer et Ch. Meunier. Tout en constatant l'économie de combustible qui résulte de leur emploi

et qu'ils estiment à 8 %. les auteurs du mémoire signalent les inconvénients qu'ils présentent et qui sont les suivants :

1° Diminution du tirage ;

2° Détérioration des surfaces métalliques plus rapide que dans la chaudière.

En présence de ce dernier inconvénient, ces Messieurs ont essayé la tôle de cuivre rouge et ils ont eu de mauvais résultats.

S'il s'agit de réchauffeurs neufs à établir, ils conseillent de remplacer la tôle par la fonte avec une plus forte épaisseur, cette dernière devant offrir plus de résistance à la corrosion.

Avant de clore notre rapport, nous désirons vous communiquer une idée qui nous a été inspirée en partie par les lectures que nous avons faites.

Vœu exprimé  
par  
la Commission  
de lecture  
pour  
la vulgarisation  
de l'Indicateur  
de Watt.

Dans la majeure partie des bulletins de Mulhouse il est question des essais faits à l'indicateur de Watt, par M. Meunier, pour contrôler la marche des machines à vapeur ; d'un autre côté nous avons vu dernièrement, par l'intéressant mémoire que M. Cornut nous a lu en assemblée générale sur la force absorbée par la filature, à combien d'expériences utiles cet appareil peut servir ; il nous est venu alors l'idée qu'on devait en généraliser l'emploi en le faisant connaître dans tous ses détails et en le montrant aux yeux de tous. Il est vrai que beaucoup de personnes déjà connaissent l'indicateur de Watt, seulement peu s'en servent d'une manière usuelle ; un membre de ce Comité, M. Brasseur (peut-être y en aura-t-il d'autres encore), en possède plusieurs, construits de différentes façons, et il les emploie presque journellement avec un autre appareil servant à réduire la course du moteur à celle de l'indicateur.

Nous pensons que s'il lui était fait appel, il nous donnerait volontiers communication de ces appareils.

L'échange de réflexions sur les différentes applications de ces appareils et la manière de s'en servir offrirait certainement beaucoup d'intérêt.

Nous exprimons donc le désir que M. Brasseur, dont nous connaissons l'obligeance, veuille bien donner la démonstration en assemblée du Comité sur les appareils eux-mêmes, ce qui serait préférable à un mémoire accompagné de figures.

---

## APPAREILS FUMIVORES DE M. THIERRY FILS.

Note par M. NICODÈME.

---

**Description.** Cet appareil se compose uniquement d'un tube en fer, méthodiquement perforé et que l'on appelle souffleur ; lequel se place à l'intérieur du foyer des chaudières, au-dessus de la grille et des portes contre la devanture du foyer.

Le souffleur est fixé dans cette position horizontale par deux supports creux, en forme de pipe, se vissant par la tête sur chaque extrémité du tube principal.

La tige de ces supports est taraudée extérieurement, une embase forme arrêt à l'intérieur de la devanture ; à l'extérieur un écrou appuyant sur une flotte entaillée permet de fixer solidement l'appareil. Les entailles des flottes établissent une circulation d'air empêchant les supports de se brûler.

L'extrémité de la tige-support de l'une des pipes communique par un tube d'arrivée de vapeur avec la partie la plus élevée de la chaudière. Sur ce tube d'arrivée et à portée de la main du chauffeur se trouve placé un robinet destiné à régler l'introduction de la vapeur dans l'appareil.

L'extrémité de la tige de l'autre support, se termine par un robinet purgeur destiné à prévenir l'obturation du tube et des trous souffleurs.

Les trous du souffleur sont percés sous diverses inclinaisons déterminées spécialement suivant la construction et le tirage de chaque foyer.

**Fonctionnement.** Par l'ouverture du robinet d'arrivée, la vapeur s'introduit dans le tube perforé où elle se sèche et se surchauffe immédiatement. Les trous du souffleur la projettent en plusieurs nappes s'épanouissant sur la largeur et la profondeur du foyer.

L'un de ces courants de vapeur par sa direction aspire l'air au travers de la grille et de la masse en combustion, pour le mêler au gaz du foyer.

L'autre courant brasse ce mélange d'air introduit et de gaz en maintenant le tout au-dessus de la masse en combustion

Enfin le troisième courant chasse dans la direction du tirage le résultat de ces différentes combinaisons qui, d'après MM. Ser et de Selle, professeurs à l'école centrale, produisent la combustion complète du carbone et de l'hydrogène contenus dans le combustible et empêchent totalement la formation d'oxyde de carbone.

MM. Tresca et Silberman rapporteurs délégués de la Société d'encouragement terminent comme suit le compte-rendu d'expériences par eux faites.

1° L'appareil Thierry fait disparaître complètement la fumée dans le service des chaudières à vapeur.

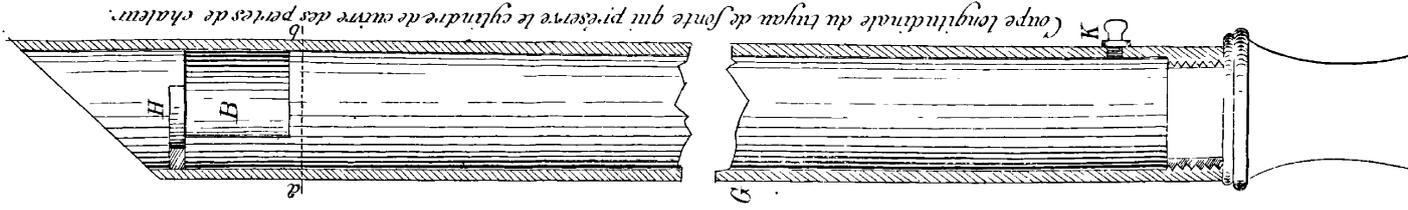
2° Ce résultat est obtenu sans aucune augmentation de dépense de combustible, presque toujours avec une économie sérieuse.

3° L'installation est facile.

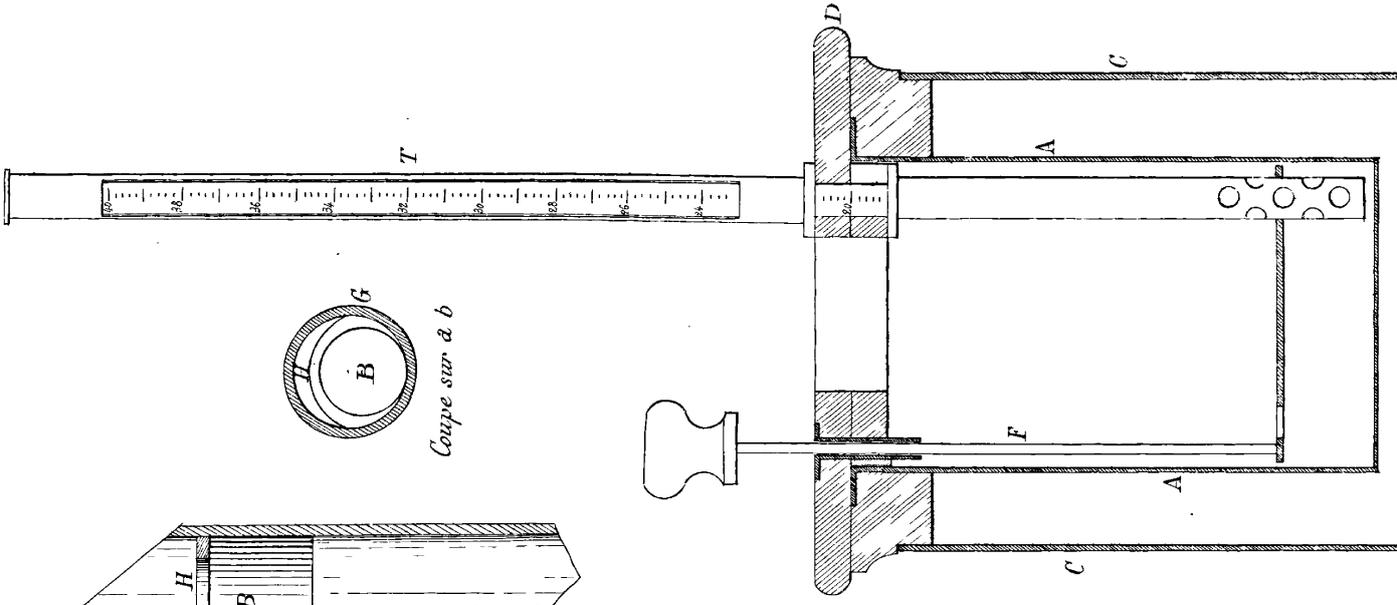
4° Il permettra presque toujours et tout en assurant une combustion complète de diminuer la dimension des grilles.

5° Il y a lieu de le recommander d'une manière spéciale aux industriels.

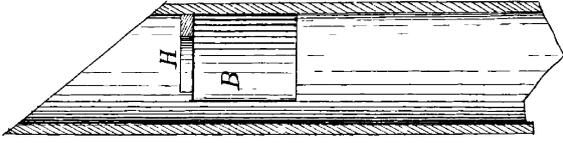
---



*Coupe longitudinale du tuyau de fonte qui préserve le cylindre de cuivre des pertes de chaleur.*



*Coupe sur a b*



*Coupe longitudinale du tuyau de fonte, montrant la pièce excentré qui empêche le cylindre de cuivre de sortir.*



## NOTE SUR LE PYROMÈTRE DE M. SALLERON

Par M. J. KOLB.

---

Si nous sommes encore incertains sur l'issue de la crise houillère actuelle, nous pouvons néanmoins affirmer qu'elle aura pour effet évident un immense progrès dans la science du chauffage industriel.

Tandis que d'une part, producteurs, géologues et économistes, étudient les questions du développement de l'extraction, nous voyons d'un autre côté cette disette de combustible stimuler plus que jamais l'esprit d'invention et de recherche vers l'étude d'un emploi plus judicieux, mieux raisonné, plus économique enfin de la houille.

De ce grand effort collectif sont déjà nées des formes nouvelles d'appareils de chauffage, des modes de combustion plus avantageux, des procédés neufs pour les industries métallurgiques et chimiques. De toutes parts se fondent des associations de propriétaires de machines à vapeur, dans bien des centres s'établissent des concours de chauffeurs.

M. Orsat vient d'inventer un appareil d'une simplicité étonnante, permettant à chacun de constater en quelques minutes à la sortie de sa chaudière, le manque ou l'excès d'air qui tous deux se traduisent par une perte de chaleur, c'est-à-dire de charbon. Enfin M. Salleron a voulu apporter aussi sa pierre à l'édifice et vient d'imaginer l'ingénieux pyromètre dont je vais vous parler.

Tout le monde peut au moyen d'un thermomètre constater la température jusqu'à 300° environ; mais au-delà de cette limite les physiciens seuls possèdent des moyens fort exacts, mais

trop délicats pour être mis dans des mains étrangères au maniement des appareils scientifiques.

Combien cependant il est utile, surtout aujourd'hui, de n'abandonner à la cheminée d'une chaudière que la chaleur strictement nécessaire pour en déterminer le tirage.

M. Leloutre, m'a-t-on assuré, est arrivé à n'en laisser sortir la fumée qu'à 80° tandis que bien des industriels n'abandonnent la leur qu'entre 300 et 500°; et j'ajouterai même sans s'en douter, n'ayant aucun moyen pratique de déterminer cette température.

Je ne crois donc pas qu'il soit bien nécessaire d'insister sur l'utilité dans l'industrie d'un pyromètre; le plus puissant plaidoyer qu'on pourrait faire de cette cause serait l'énumération seule de tous les pyromètres inventés depuis 50 ans.

Les uns, comme ceux de Wedgwood et de Brongniart sont d'une exactitude douteuse, ils ne donnent pas du reste la température vraie et ne permettent que de constater l'augmentation ou la diminution de chaleur.

D'autres, comme le thermomètre à air, sont d'un maniement trop délicat, trop compliqué, trop savant.

D'autres enfin comme les collections d'alliages fusibles, donneraient des indications assez précises, si l'on n'y trouvait en de certains points des lacunes considérables.

Je ne saurais cependant passer sous silence le pyromètre de M. Lamy, basé sur la dissociation du carbonate de chaux et qui paraît devoir donner des bons résultats. Malheureusement il ne donne les températures qu'à partir de 800°.

Il y a une dizaine d'années j'avais été assez séduit par la simplicité d'un pyromètre nouveau, imaginé par M. Regnault et je l'expérimentai longuement.

Supposez une bouteille en fonte imparfaitement bouchée dans laquelle on jette quelques grammes de mercure puis qu'on jette dans une enceinte d'une température quelconque au-

dessus de 350°; le mercure bout, se vaporise et la bouteille se vide. Elle ne se vide pas cependant complètement, il y reste une atmosphère de vapeur de mercure et la quantité de cette vapeur emprisonnée, dépend de la température de l'enceinte.

On enlève la bouteille, on la laisse refroidir, la vapeur de mercure se condense; on retire le mercure condensé et on le pèse. On introduit le poids trouvé dans une formule toute préparée par Regnault et on déduit de la formule par un petit calcul la température de l'enceinte.

J'ai dû reconnaître qu'en pratique ce procédé est d'un emploi assez restreint et peu commode: il faut une grosse bouteille de fonte, du mercure pur, une balance de précision et l'on n'arrive néanmoins qu'à une certitude un peu élastique, soit que dans certains cas il rentre un peu d'air, qu'il sorte ou qu'il s'oxyde un peu de mercure. Toujours est-il qu'après avoir obtenu des résultats très-bizarres, tout en suivant les prescriptions de l'auteur, j'ai mis un jour côte à côte dans un four deux bouteilles semblables, qui placées dans des conditions parfaitement identiques m'ont donné des résultats tout à fait différents, c'est-à-dire un écart de 70° sur une température voisine de 800°.

En 1869 j'eus occasion d'essayer un nouveau pyromètre, celui de M. Woestyne établi sur le principe du thermomètre à air, mais beaucoup plus simple comme fonctionnement. M. Woestyne emprisonne de l'air sec dans un cylindre de fonte, surmonté d'un petit tube et d'un manomètre. Si l'on chauffe le cylindre, l'air enfermé se met en pression et le manomètre fonctionne.

Seulement, M. Woestyne, au lieu de marquer sur le manomètre la pression, y indique la température qui a déterminé cette pression; si bien que la lecture se fait sans calculs, absolument comme dans le thermomètre ordinaire.

L'idée était fort ingénieuse, mais l'appareil qui me fut confié ne répondit pas parfaitement à mon attente.

Avec quelques petites modifications que peut-être l'inventeur y a apportées, ce pyromètre ne peut manquer de bien fonctionner, mais il a toujours l'inconvénient d'avoir environ 2 mètres de hauteur; on ne peut le placer que verticalement c'est-à-dire dans des carneaux horizontaux et encore faut-il que ces derniers aient environ 80 centimètres de profondeur.

En fait de pyromètres, ce qu'il faut à l'industrie, ce n'est pas encore tant un appareil d'une exactitude mathématique, dont la pratique n'a pas besoin, mais surtout un instrument simple, maniable, facile à transporter et susceptible de chercher la température en un point quelconque d'un four; d'un conduit, ou d'une cheminée.

C'est ce qu'a compris M. Salleron, en créant l'ingénieux pyromètre dont je vais vous entretenir.

Voici le principe sur lequel il repose: c'est tout simplement ce qu'on appelle la méthode des mélanges. Prenons un petit cylindre de cuivre, par exemple, et portons-le dans un carneau. Dès qu'il aura pris la température du carneau, jetons-le rapidement dans un vase contenant de l'eau froide. Il échauffera cette eau. Il l'échauffera beaucoup si le carneau est à haute température, il l'échauffera moins, si le carneau est moins chaud. Or l'échauffement apporté à l'eau est relié à la température du carneau par une formule que nous enseigne la physique.

M. Salleron se garde bien d'embarrasser l'opérateur de cette formule; il la lui supprime au contraire. C'est le constructeur de l'appareil qui a fait une fois pour toutes les calculs, qui a tenu compte de toutes les corrections et qui par un choix judicieux dans les dimensions et dans les poids des matériaux employés, réduit la besogne de l'opérateur à la lecture

de deux températures sur un thermomètre et à une multiplication par 50.

Le cylindre de cuivre pèse 106 grammes ; il peut donc, grâce à son volume exigü, aller chercher la température non-seulement d'un carneau, mais d'un point quelconque d'un four, ou d'un conduit quelque petit qu'il soit.

Le récipient d'eau est un vase de cuivre A, dans lequel on introduit au moyen d'une carafe jaugée, un 1/2 litre d'eau. Ce vase A est protégé du refroidissement par une enveloppe de flanelle et une épaisse couche d'air, qui le séparent d'une boîte concentrique en laiton C.

Un couvercle de bois D, laisse une ouverture suffisante pour laisser tomber le petit cylindre de cuivre B. Un thermomètre E, donnant le cinquième de degré, plonge dans l'eau, et un agitateur F, permet de rendre la température de l'eau parfaitement uniforme ; en un mot, c'est le calorimètre classique.

Voici maintenant comment on s'en sert : Après avoir mis un 1/2 litre d'eau dans le calorimètre, on note la température ; c'est par exemple 20° ; on introduit le cylindre de cuivre dans le carneau dont on veut déterminer la température ; puis au bout d'un certain temps on le retire rapidement et on l'immerge dans l'eau du calorimètre. On agite le liquide et on suit le mouvement du thermomètre. Le mercure monte, puis reste stationnaire et redescend. On note la température maxima qu'il a indiquée : c'est par exemple, 27°. La différence  $27 - 20 = 7$ °. On multiplie cette différence par 50, soit 350 et on y ajoute la température finale 27 ce qui donne 377 ; c'est-à-dire la température du carneau.

Une règle à calcul spécialement construite par M. Salleron, évite même aux paresseux ce calcul si simple ; mais je dois avouer que tout en reconnaissant ce que cette règle a d'ingénieux, je la trouve inutile, tant le calcul se fait rapidement de tête ; et c'est là, je le répète, le grand mérite de l'appareil,

c'est que tout y a été disposé de telle sorte qu'il n'exige que la plus insignifiante des opérations arithmétiques. Il restait à trouver un moyen commode de placer le cylindre de cuivre dans un carneau ou dans un four quelconque et en même temps d'éviter son refroidissement pendant le rapide transport du carneau au calorimètre. Pour cela M. Salleron place le cylindre dans un tube de fer G, que l'opérateur tient par un manche de bois vissé à l'une de ses extrémités. L'autre extrémité du tube porte un taquet H, en forme de croissant, de telle sorte que le cylindre une fois introduit dans le tube n'en peut sortir que quand on tourne le tube d'une certaine façon, indiquée par un bouton K, placé du côté du manche.

Il suffit donc d'une ouverture de 4 à 5 centim. carrés dans une des parois du carneau pour y aller prendre soit par dessus, soit par le côté la température en un point quelconque.

Je ferai remarquer que c'est le premier pyromètre qui donne cette facilité.

En même temps l'enveloppe de fer accompagnant le cylindre jusqu'au calorimètre en empêche le refroidissement.

Avant de vous soumettre cet appareil, Messieurs, j'ai voulu l'étudier à fond; j'en ai tout d'abord vérifié le thermomètre et les éléments calculés; j'ai reconnu que sur ces divers points le pyromètre ne laissait rien à désirer: puis j'ai cherché quelles étaient les causes d'erreur possibles pour l'opérateur.

D'abord une erreur de lecture: en admettant qu'on se trompe de  $1/10$  de degré, ce qui est difficile, cette erreur se traduisant par une différence de  $5^{\circ}$  dans la température réelle du carneau. Or, comme il s'agit de déterminer des températures de  $400^{\circ}$  à  $900^{\circ}$ , il faudrait être bien exigeant pour demander une plus grande approximation.

J'ai ensuite voulu vérifier, à titre de curiosité, la température de l'ébullition de l'eau et celle de la fusion du plomb au moyen du pyromètre.

Pour l'eau l'instrument m'a donné des chiffres variant de 99 à 401. Quant à la fusion du plomb à laquelle les traités de chimie assignent la température de 350°, le pyromètre a varié entre 343 et 348.

Enfin, j'ai voulu me rendre compte de l'influence protectrice du tube de fer creux contre la déperdition du calorique pendant le transport.

Le cylindre de cuivre a été placé en un point d'un four dont on peut admettre la température comme constante pendant plusieurs heures; puis j'ai installé le pyromètre à des distances du four variant de 50 centimètres à 5 mètres; dans ces deux cas extrêmes il n'a indiqué qu'une différence de 8°.

Il reste cependant une légère cause d'erreur, c'est la production d'un peu de vapeur lorsque le cylindre arrivant à une température très-élevée tombe brusquement dans l'eau froide. Cette perte me paraît néanmoins négligeable; dans le cas le plus défavorable il ne se vaporise certainement pas un décigramme d'eau, car en versant sur une plaque chaude un décigramme d'eau on produit un nuage beaucoup plus important que celui qu'on constate au moment de la chute du cylindre.

Dans ces conditions, le calcul indique que cette vaporisation causerait tout au plus une erreur de 6° dans la détermination de la température.

Reste enfin la détermination des température très-élevées : celles qui dépassent la fusion du cuivre.

Ici, M. Salleron remplace le cylindre de cuivre par un cylindre de 457 grammes de platine et dans sa formule il substitue au coefficient 50 le coefficient 100.

Si le calcul est simplifié, il n'en est pas de même malheureusement du prix de l'appareil, mais néanmoins le cylindre de platine présente cet avantage c'est qu'il est inaltérable et qu'il ouvre une porte facile à bien des recherches de température dans les appareils à combustion élevée ou à réactions chimiques,

recherches qui jusqu'ici étaient pour ainsi dire inabordables aux praticiens.

En résumé, Messieurs, le pyromètre en question rappelle un peu l'œuf de Colomb, M. Salleron, dira-t-on, n'a pas inventé un appareil nouveau : mais je trouve qu'il a fait mieux que cela, il a su mettre à la portée de tous et même des moins instruits, un instrument d'une exactitude incontestable et dont les physiciens seuls savaient se servir : le prix en est fort abordable, et le maniement en est possible à qui sait consulter son thermomètre. C'est donc une œuvre heureuse de vulgarisation et à mes yeux c'est la solution la plus commode et la plus rationnelle du problème de la pyrométrie pratique.

---

RAPPORT SUR LA MACHINE REPASSEUSE ÉTALEUSE  
DE M. MASUREL JEUNE.

Par M. Ange DESCAMPS.

---

**Description.** Le but de cette machine est de repasser et d'étaler du lin ou d'autres matières textiles, sans l'aide de la main.

Elle prend donc le lin peigné à la sortie de la peigneuse, le repasse et en forme des rubans identiques à ceux des étaleuses ordinaires.

Cette machine se compose d'une Repasseuse et d'une Éta-leuse juxtaposées à angle droit.

La repasseuse présente les dispositions d'une peigneuse horizontale avec les modifications suivantes :

1<sup>o</sup>. Au centre deux chaînes plates sans fin reçoivent le mouvement de quatre poulies hexagones, deux inférieures, deux supérieures. Entre la chaîne inférieure supportée par une glissière fixe et la chaîne supérieure comprimée par une forte pression continue, se placent les poignées de lin. Cette ingénieuse disposition plus efficace que celle des presses serrées si inégalement par la main, ne laisse échapper aucun filament.

2<sup>o</sup> Deux nappes horizontales garnies de peignes gradués, se développent à gauche et à droite du chemin des presses. Placées obliquement, elles donnent aux aiguilles des peignes un mouvement en hélice qui permet aux poignées entraînées par les chaînes de se maintenir dans une position perpendiculaire et de conserver leurs fibres parfaitement droites.

3<sup>o</sup> A la sortie, lorsque la presse s'ouvre, deux rateaux semblables à deux mains mécaniques viennent saisir les poignées

et les placent mathématiquement à des distances déterminées sur le cuir sans fin d'une table-étaleuse à un rouleau d'abord, à deux rubans maintenant.

Observations. Cette machine présente-t-elle des avantages réels sur le système ordinaire, au point de vue de l'économie, de la perfection du travail?

C'est ce que nous allons examiner.

L'économie du travail est manifeste.

En marche normale, on a obtenu avec 15 presses de 80 grammes par minute, et pour dix heures, 700 kilogrammes, et cette production peut être doublée sans inconvénient pour la consommation d'une étaleuse à deux rouleaux.

Or, au lieu de 20 à 25 fr. pour le salaire de 5 ou 6 repasseurs à 4 fr., ou de 3 ou 4 étaleuses à 2 fr. 50 que nécessiterait le procédé ordinaire, la nouvelle machine n'emploie au plus que 3 garçons au salaire de 4 fr. 50 et assure ainsi une économie de 20 à 25 fr. par jour et de 6,000 à 7,000 fr. par an.

Outre cette réduction considérable dans les prix de main-d'œuvre, son usage offre au filateur le double profit de ne devoir réclamer aucun apprentissage des enfants qu'elle emploie, et de le placer à l'abri des inconvénients du chômage qu'entraîne éventuellement l'absence des nombreux ouvriers spéciaux exigés par la méthode habituelle.

Quant à la perfection du travail cette machine présentait dans ses débuts une infériorité, en partie supprimée aujourd'hui.

Si la très-habile disposition des tabliers permet de n'engager les poignées de lin dans les peignes obliques que par leur extrémité pour arriver progressivement jusque vers le cœur, ce repassage cependant laissait à désirer, puisqu'il n'opérait que d'un seul côté.

Pour obvier à ce défaut, l'inventeur surmonte une surface plus ou moins étendue du tablier par une nappe circulaire de

peignes, maintenue dans un châssis que guident des vis. On peut ainsi, en variant les distances de rapprochement, modifier à volonté le repassage des poignées.

L'essai de ces machines dûes à l'habile construction de MM. Walker et C<sup>ie</sup> a été fait par deux établissements.

Voici l'opinion de MM. Ireland, d'Armentières :

« Cette machine en produisant par jour 720 kil. de lin, »  
» repassés et étalés, fonctionnait encore facilement, et le »  
» résultat était satisfaisant. Mais on voyait déjà que l'étalease »  
» commençait à se fatiguer, alors que la machine à repasser le »  
» lin n'avait développé que la moitié de ses moyens de pro- »  
» duction. Par suite de cette observation judicieuse, M. Ma- »  
» surel s'est appliqué à joindre à sa peigneuse une table à deux »  
» rubans. Grâce à ce changement la machine peut repasser et »  
» étaler par jour de 1,200 à 1,300 kil., ce qui est considé- »  
» rable.

» Notre avis est que cette machine est bonne et que modifiée »  
» ou complétée, elle est appelée à rendre de grands services à »  
» l'industrielière. A ce titre donc M. Masurel mérite la recon- »  
» naissance de ceux qui s'intéressent au progrès et à la per- »  
» fection de notre industrie. »

L'appréciation de M. Marshall de Leeds se résume ainsi :

« M. Masurel désire de nous une preuve de satisfaction de »  
» sa machine. Nous la lui donnons avec plaisir en attestant que »  
» les fils produits par ce système sont bien supérieurs à ceux »  
» que donnent les moyens ordinaires. »

Nos confrères ont confirmé leurs témoignages par la commande de machines. La maison Sam. Lawson s'est empressée d'acquérir le droit de construction en Angleterre.

Résumé.

En résumé, si l'emploi de cette machine supprime les avantages du classement des lins repassés, elle offre au point de vue de la simplicité du fonctionnement, de l'économie de main-d'œuvre, de la régularité des produits, des privilèges incontestables qui doivent la faire rechercher pour l'usage des gros numéros, la consommation permanente des mêmes sortes de lin dans les localités peu fournies d'ouvriers. En attendant qu'une expérience plus générale la favorise des perfectionnements qui la compléteront, elle présente non pas seulement une idée pratique, mais un progrès réel, et nous nous empressons de signaler cet heureux résultat de quatre années d'études et de travaux persévérants, à l'attention des filateurs, à la sollicitude et aux encouragements de la Société industrielle.

---

COMMUNICATION DE M. KUHLMANN

A LA SÉANCE DU 29 OCTOBRE 1873.

---

Note sur la désagrégation des mortiers.

Dans cette communication, l'auteur résume tout d'abord ses études antérieures sur les matériaux de construction, ses recherches sur les efflorescences des joints de maçonnerie : efflorescences attribuées jusqu'alors à des nitrifications et qui ne sont réellement dûes qu'aux échanges s'opérant entre les calcaires et les sels alcalins qu'ils renferment et ceux qui sont amenés par l'eau : d'où il résulte en grande partie formation de carbonate et de sulfate de soude.

M. Kuhlmann rappelle que pour ce dernier corps surtout, chaque fois qu'il y a cristallisation, il y a en même temps augmentation notable de volume; il montre que si des variations fréquentes de température font passer ces efflorescences alternativement de l'état cristallin à l'état liquide, il se produira un travail imperceptible, mais pour ainsi dire continu, de dislocation des matériaux dans les pores desquels ces sels sont retenus.

C'est ce qui explique la désagrégation des roches et la formation des argiles et des terres arables même dans les pays chauds où la gelée n'intervient pas, mais où la différence de température du jour et de la nuit est suffisante pour déterminer des dissolutions et des cristallisations alternatives d'une partie des sels dont l'eau a imprégné ces minerais.

L'auteur cite ensuite un fait récent qui avait particulièrement attiré son attention. Un ouvrier chargé de faire quel-

ques réparations au ciment avait frauduleusement, pour activer sa besogne et rendre la prise plus rapide, ajouté à son ciment 27 % de plâtre que l'analyse décéla à M. Kuhlmann, lorsque quelques semaines après, il vit la partie réparée se fendiller et tomber en écailles.

L'auteur s'expliqua ce fait en admettant que l'eau insuffisante, pour hydrater la totalité du plâtre et du ciment réunis, fut d'abord absorbée par le ciment; le plâtre ne s'hydratant alors qu'à la longue et peu à peu, opéra lentement et successivement son travail de dilatation en disloquant la masse qui avait fait prise dès le début.

Cette théorie fut confirmée par l'expérience suivante: M. Kuhlmann fit faire une série de briquettes en partant du ciment pur et en y ajoutant des proportions successivement croissantes de plâtre pour finir par du plâtre pur.

Soumises à l'air et à l'humidité, les briquettes extrêmes restèrent intactes, mais à mesure qu'on s'éloignait d'elles les briquettes intermédiaires se fendillèrent et s'écaillèrent de plus en plus et dans le voisinage des proportions égales de plâtre et de ciment, les briquettes tombèrent complètement en poussière.

Pour rendre visible à l'auditoire ces effets si remarquables d'emprisonnement des matières expansives, M. Kuhlmann termina sa communication par la curieuse expérience d'un fragment de potassium jeté dans l'eau.

On sait que l'eau est décomposée, et la réaction est si vive qu'il y a incandescence avec inflammation de l'hydrogène dégagé, en même temps que le potassium décrie sur l'eau de rapides évolutions qui facilitent la dissolution de la potasse à mesure de sa formation.

Mais, dit l'auteur, si par un artifice quelconque on vient

à entraver ces évolutions , la potasse formée ne pouvant plus se dissoudre , enrobera le métal et la réaction perdra tous ses caractères de vivacité. M. Kuhlmann le démontre en épaisissant l'eau par une dissolution de gomme dont la cohésion gêne le mouvement du globule projeté qui s'oxyde alors lentement sans mouvement et sans inflammation.

---

## NOTE SUR QUELQUES MINES DE NORWÈGE

Par M. F. KUHLMANN Fils.

---

Je désire, Messieurs, vous entretenir quelques instants d'une visite que j'ai faite, il y a trois mois, dans deux mines de la Norwège, dont l'une surtout, celle de Wignæs, offre un aspect particulier et peut être l'étude de questions très-intéressantes.

Avant d'aborder mon sujet, permettez-moi de jeter un aperçu rétrospectif sur le soufre et les causes qui ont amené le développement de l'exploitation des pyrites ou sulfure de fer, qui jusqu'en 1840, n'étaient pas utilisées et étaient regardées comme des minerais sans valeur.

Le soufre est connu depuis les temps les plus reculés; les écrivains du commencement de l'Empire romain nous apprennent, que longtemps avant, on employait le sulfure, *θειον* des Grecs, pour les fumigations dans les cérémonies religieuses et pour le traitement des maladies de la peau.

Pline parle à tous moments des solfatares des environs de Naples, et du soufre qui, à cause de sa flamme livide, donne, dans l'obscurité, aux figures des assistants, la pâleur des morts.

Là semblent s'être arrêtées les applications du soufre jusqu'au moment où on le fit entrer dans la préparation du feu grégeois, de la poudre, des allumettes, des produits chimiques et enfin où l'on s'en servit pour le soufrage de la vigne.

Au point de vue théorique, le soufre semblait occuper une si grande place dans la composition des métaux, que les alchimistes du seizième siècle le considéraient, avec le mercure et l'arsenic, comme élément constituant de presque tous les corps, et dans la

théorie stahlienne, on regardait le soufre et le charbon comme les deux éléments les plus riches en phlogistique.

L'emploi du soufre a donc augmenté d'une façon considérable tandis que les gîtes sont restés très-rares ; en effet, quelques pays seulement contiennent des mines de ce corps, et la Sicile est presque la seule contrée d'où on puisse le retirer en quantités notables.

Il y a sept ans, j'ai eu occasion d'aller visiter cette île, et suis revenu avec la conviction que les richesses y sont immenses ; mais malheureusement qu'on ne peut songer, pour le moment, à donner une extension considérable à l'extraction du soufre dans ces contrées. La résistance passive des habitants, le vol mis à l'ordre du jour, le manque presque complet de routes carrossables rendent très-difficile l'exploitation économique de ce minerai. J'ai l'honneur de vous mettre sous les yeux quelques échantillons de soufre natif rapportés de Sicile ; ils me paraissent pouvoir être examinés avec intérêt.

Vers 1840, le développement constant de l'industrie des produits chimiques engagea quelques industriels Anglais et MM. Perret, de Lyon, à chercher ailleurs le soufre qui leur était nécessaire pour la fabrication de l'acide sulfurique ; ils le trouvèrent dans les sulfures de fer ou pyrites, minerais sans valeur jusqu'alors, et qui brûlés dans des fours successivement perfectionnés, devinrent la base de cette industrie.

En 1858, le soufrage de la vigne, en augmentant la consommation du soufre, eut pour effet de donner une impulsion plus grande à l'exploitation des pyrites.

Ce minerai existe en quantités plus ou moins considérables, et à l'état de sulfure de fer pur, ou mélangé de sulfure de cuivre, de plomb, de zinc et de silice, dans presque tous les pays.

Les mines les plus productives, connues jusqu'à présent, sont situées dans la province de Huelva (Espagne), en Portugal, en Irlande, à St-Bel près Lyon, et dans le Gard près d'Alais ; d'autres gîtes moins importants existent en Allemagne et en Belgique, enfin en Norwège, où l'une des mines, celle de Wignœs, est le sujet de cette communication.

Située dans l'île de Karmø , sur la côte ouest de la presqu'île Scandinave , elle fut découverte en 1865 par un ingénieur français , M. DeFrance , qui en séjour à Stavanger avait envoyé quelques ouvriers faire des trous de mines dans cette île , d'où on lui avait rapporté quelques fragments de pyrites.

Après une série de recherches , ils tombèrent sur une partie de filon contenant des pyrites cuivreuses tellement pures et tellement éclatantes , que ces braves Norvégiens crurent avoir trouvé de l'or , et l'ingénieur eut toute peine à leur faire comprendre qu'ils n'étaient en présence que d'un métal de beaucoup moins de valeur.

Une Société fut immédiatement fondée à Anvers pour l'exploitation de ce gisement et l'on donna à la nouvelle mine le nom du village sur le territoire duquel elle se trouvait ; elle s'appela Wignæs Kobbervaerk (mine de cuivre de Wignæs).

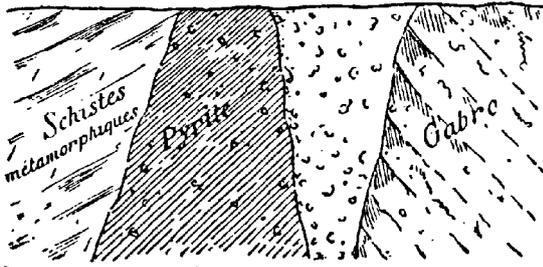
L'île de Karmø , de cinq lieues de long sur deux de large , est formée de roches stériles sur lesquelles le pin et le bouleau ne poussent même pas ; l'on n'y remarque que quelques rares pâtures et des bruyères. Il fallut donc tout installer , faire venir des ouvriers des pays étrangers ou du Nord , pourvoir à leur nourriture , établir des ateliers de construction , en un mot , amener la civilisation dans un pays sauvage.

Notre compatriote y a complètement réussi : l'exploitation de Wignæs est un modèle , tant au point de vue de l'organisation , que des diverses préparations mécaniques qui s'y rattachent.

Le gîte se trouve en contact avec le gabro d'un côté , le schiste métamorphique de l'autre. Ce gabro est une roche qui existe surtout en Norvège , connue aussi sous le nom de Hypérite et Euphotide , et composée d'un amas granuleux de labrador , ou saussurit blanc , vert et violet fortement imprégné de vert d'herbe (smarage) et de vert olive (diallage) ; elle contient des minerais génériques de cristaux de quartz , du titanate de fer et des grenats. Quant au schiste métamorphique , ainsi nommé parce qu'il est considéré comme une métamorphose d'un schiste vers un autre , il est à Wigs-

nœs, le schiste de transition entre le schiste chloriteux gras et le schiste cristallin.

Ces deux roches encaissantes du gîte de Wignœs, ne sont bonnes à rien et le gabro sert uniquement à l'empierrement des routes. Le croquis ci-après donnera une idée de la disposition du gîte. Je dois ajouter que le gabro se trouve séparé de la pyrite proprement dite par une couche de 15 à 20 mètres de schiste imprégné de pyrites de fer et de pyrites de cuivre. La puissance du filon qui semble avoir la forme d'une lentille presque verticale, avec une inclinaison de 20° environ, s'accroît avec la profondeur jusqu'à 60 mètres où l'on rencontre des épaisseurs de 12 mètres de minerai sans mélange.



A 150 mètres, distance à laquelle se fait l'exploitation actuelle, on n'a pas encore remarqué de diminution dans la puissance.

La composition du minerai est en général du sulfure de fer mélangé de sulfure de cuivre et sillonné par des parties de blende ou sulfure de zinc. La gangue du minerai est en général de la silice, un peu de spath fluor et de chlorite; on y remarque néanmoins aussi des traces de carbonate de chaux; sa teneur moyenne est de 45 % de soufre et de 3 % de cuivre; certaines parties des côtés du gîte donnent jusqu'à 12 et 14 % de ce dernier métal et l'on y a trouvé des échantillons de cuivre métallique comme précipité d'une solution de sulfate de cuivre. Il semble assez probable que cette précipitation est due à des courants galvaniques.

J'ai réuni quelques échantillons provenant de cette mine et j'ai l'honneur de les placer sous vos yeux, afin de vous mettre mieux à même d'apprécier la constitution de ces minerais, dans lesquels parfois l'on rencontre des traces d'argent et d'or, mais en quantités infimes. Quant à l'arsenic, on n'en trouve aucune trace; cette absence de sulfure d'arsenic, disons-le en passant, est un grand avantage pour l'emploi de ce minerai dans la fabrication de l'acide sulfurique.

L'exploitation du minerai se fait par des puits verticaux reliés entre eux au moyen de galeries d'abattage; la nature solide des roches encaissantes du filon, dispense de toute espèce de boisage; des piliers considérables sont laissés de distance en distance tant pour ménager la solidité de la mine que pour pourvoir à des besoins exceptionnels en cas d'accident.

L'abattage se fait par les pics et à la poudre; on a hésité jusqu'à présent à employer la dynamite, comme trop dangereuse, en présence de l'insalubrité des gaz et de l'ébranlement causé par cette matière sur les piliers de la mine.

Deux machines de 20 chevaux servent à l'extraction du minerai qui est retiré dans des bennes en fer. A la sortie, la pyrite tombe sur un tamis légèrement incliné, pour opérer la première séparation de la roche, de la grenaille et de la poudre.

Ces deux dernières sortes sont ultérieurement purifiées par la préparation mécanique; quant aux roches, elles forment trois qualités à part:

1° Les minerais contenant 12 à 15 % sont directement expédiés aux usines à cuivre d'Angleterre.

2° Les pyrites de fer et de cuivre, contenant 44 % de soufre, 2 à 3 % de cuivre, sont envoyées aux fabriques d'acide sulfurique; le cuivre est extrait des résidus par la voie humide, c'est-à-dire par un mélange avec du sel marin donnant lieu à la formation de chlorure de cuivre. — Ce dernier métal contenu dans les eaux du lessivage, est ensuite précipité par le fer.

D'un autre côté, le fer provenant de ces résidus, purifié du soufre qu'il renfermait encore, se trouve maintenant utilisé dans la métallurgie.

3° Enfin les minerais pauvres et impurs contenant de la blende et 2 1/2 à 5 % de cuivre sont destinés à faire des mattes, fabrication dont je vous entretiendrai plus loin.

La préparation mécanique se compose de tambours classeurs qui divisent les minerais suivant leur grosseur en quatre catégories.

Les grenailles, variant de 2 millimètres de diamètre à 4 centimètre, sont séparées de la gangue ou des matières plus légères par des cribles à effet continu. La pyrite de fer ou de cuivre reste à la partie inférieure tandis que les matières étrangères arrivent à la surface et sont entraînées par l'eau. Quant aux poussières, elles sont séparées de la silice et des impuretés par des tables à secousses et des cribles.

Voici deux échantillons de ces minerais d'une assez grande richesse en soufre (49 % environ) et contenant 3 à 4 % de cuivre; vous voyez que la séparation est faite d'une façon très-complète; ces poussières et grenailles sont également employées pour la fabrication de l'acide sulfurique.

Les matières pauvres et contenant de la blende, sont traitées dans une autre partie de l'usine, dans des fours à réverbères de construction anglaise dits fours à mattes. La sole de ce four est légèrement inclinée vers le centre; c'est là que reste la partie la moins fusible et la plus dense qui contient de 20 à 25 % de cuivre; à l'autre extrémité, les scories, ou plutôt le silicate de fer, sont retirées des fours après leur fusion. Quand la quantité de silice contenue dans la pyrite n'est pas assez considérable pour la formation de ce silicate, on ajoute un peu de sable. Avant d'être soumises à ce traitement, les pyrites blendeuses et impures sont grillées dans des chambres en maçonnerie et les gaz sulfureux se perdent dans l'air; mais comme je vous le disais tout-à-l'heure, la culture étant nulle dans l'île de Karmô, l'action délétère de ces gaz ne peut avoir aucune influence;

de plus, les vents, qui sont dans le pays généralement très-violents, entraînent bien vite ces quelques mauvaises émanations.

Je ne veux pas terminer cet aperçu sur Wignœs, sans louer la manière dont il est pourvu à l'alimentation des ouvriers ; deux ou trois fois par semaine, de petits bateaux amènent, de Hangesund et de Stavanger, les denrées nécessaires pour la fabrication du pain et de la bière, ainsi que les divers objets pour l'entretien de la colonie. Un médecin et deux instituteurs payés par la compagnie, donnent tout leur temps, consacrent tous leurs soins aux ouvriers et aux membres de l'administration ; l'installation des ateliers de construction n'est pas moins bien comprise que celle du régime alimentaire.

Quant au port de Wignœs, il est creusé dans le roc et permet aux navires de 800 à 4,000 tonnes, de venir charger les minerais au pied de la mine et de les transporter en Angleterre, en France ou en Belgique ; cette exportation est d'environ cinquante mille tonnes par an.

Ainsi que je vous le disais en commençant, notre compatriote a dû tout créer, tout perfectionner dans ce pays et y fonder une véritable colonie ; il y a complètement réussi, et cela n'a certes pas été sans déboires et sans difficultés vaincues. Le succès est venu aussi couronner son entreprise au point de vue financier.

En voyant le développement de la plupart des mines de pyrites tant en France qu'en Espagne et en Norvège, on est venu à se demander si l'industrie ne parviendra pas à purifier sur place les pyrites et à en extraire directement le soufre par sublimation ou par d'autres procédés ; ce serait la plus forte concurrence aux mines de la Sicile, qui ont eu le tort de rester stationnaires au milieu du perfectionnement général de l'exploitation des mines et de l'industrie.

Nous ne saurions trop engager les voyageurs qui passent à Stavanger ou sur la côte ouest de la Norvège, à visiter, dans l'île de Karmø, cette curieuse et intéressante entreprise.

A la suite de recherches faites dans la même île par la Société de Wignæs, on a découvert un autre filon de pyrite qui paraît d'une moins grande importance ; le minerai extrait jusqu'à présent est pauvre, mais possède seulement la particularité de contenir d'assez grandes quantités de grenats ; ce filon se trouve au milieu du gabro, la roche stérile dont je vous ai déjà entretenu.

Entre Bergen et Egersund, d'autres mines, d'une importance relativement faible, sont mises depuis quelques années en exploitation ; ce sont des gisements de pyrites de fer, de fer magnétique et de fer titané.

En quittant l'île de Karmö, j'ai voulu voir une des curiosités minéralogiques de la Norvège, la mine de Kongsberg, un des rares gîtes d'argent natif que nous ayons en Europe ; les autres sont situés à :

Freiberg-Saxe ;

Clausthal-Hanovre ;

Freibramm-Bohême ;

Garutcha de Vera-Espagne, argent natif et minerais d'argent.

Le voyage par terre, de la côte occidentale où se trouve l'île de Karmö à Kongsberg, qui est situé à 15 ou 20 lieues de Christiania, est assez long et pénible et ne demande pas moins de huit jours ; le paysage quoiqu'un peu froid et monotone, est parfois grandiose, et l'on rencontre encore dans la plupart des parties des pins et des bouleaux, que l'on ne doit plus retrouver au nord de la Norvège, où les rochers sont généralement stériles.

Permettez-moi ici une digression :

Dans cette partie de la presqu'île, il existe des blocs granitiques qui se trouvent comme superposés au-dessus des masses de roches feldspathiques. Ils semblent être tombés du ciel. La légende du pays dit que cela date du combat des géants qui luttaient avec des roches, ou que les prisonniers de ces contrées étaient chargés

de monter ces matières en punition de leurs crimes. Mais l'on s'accorde à croire que ces masses ont été amenées par les glaciers venant du nord. Nous avons, surtout en Suisse, des exemples de phénomènes semblables, mais bien moins nombreux et moins remarquables.

Je reviens à mon sujet, et j'arrive à Kongsberg.

Vous savez, Messieurs, que généralement l'argent se trouve dans la terre à l'état de sulfure ou de chlorure; ici, il existe à l'état métallique, au milieu des schistes micacés, chloriteux, quartzeux, qui sont superposés et entremêlés de bancs distincts et réguliers; quelques uns de ces bancs se distinguent par de fortes imprégnations de minerais sulfureux. La direction de ces schistes est généralement du nord au sud avec une inclinaison qui approche de la verticale.

Les filons atteignant rarement au-delà de quelques pouces d'épaisseur dans la composition spathique, traînent avec eux de l'argent natif en plus ou moins grande quantité; c'est surtout vers les parties pyriteuses que la richesse est la plus grande.

Des galeries presque horizontales, à travers la montagne, servent à l'exploitation du minerai. Les parties du filon sont abattues à la dynamite, mais un système particulier sert à l'établissement des galeries d'aérage, d'écoulement et de raccordement; on emploie des bûches de bois en énormes quantités devant le front de taille et on y met le feu en ménageant un courant d'air assez violent. La roche se désagrège légèrement, et l'on peut ensuite enlever les parties disjointes avec des pics ou à la pioche.

Ce moyen assez primitif demande une consommation de bois considérable, et ne peut être applicable, si toutefois il est avantageux, que dans ces contrées.

Au sortir de la mine, le minerai est brisé par des marteaux pilons, lavé sur des tables à secousses, trié à la main et envoyé aux ateliers de fabrication pour être purifié.

La mine de Kongsberg, qui est exploitée depuis 1624, a fourni,

depuis 1853, en moyenne 1 million à douze cent mille francs d'argent par an produisant un bénéfice de cinq à six cent mille francs.

J'ai l'honneur de vous mettre sous les yeux un échantillon d'argent natif dû à l'obligeance du directeur de Kongsberg, ingénieur des mines du gouvernement Norvégien.

En terminant cet exposé, je dois remercier tout particulièrement M. DeFrance, de la bienveillance avec laquelle il s'est mis à ma disposition pour me fournir la plupart de ces documents et pour me faciliter ces excursions dans un pays dont je ne connaissais ni la langue, ni les habitudes.

---

OBSERVATIONS SUR LA MANIÈRE DONT ON ÉVALUE, A LILLE  
ET DANS SES ENVIRONS, LA FORCE DES MACHINES  
ET DES GÉNÉRATEURS. (1)

Présentées par M. F. MATHIAS.

---

Il appartient à la Société Industrielle, dans les limites de sa compétence, de combattre les erreurs et les usages irrationnels, et, dans mon opinion, la manière dont on évalue, à Lille et aux environs, la puissance motrice des machines à vapeur et la force des générateurs est erronée et irrationnelle.

1<sup>o</sup> MACHINES A VAPEUR.

Dans tous les pays où existent des machines, on se sert d'une seule et même expression, le cheval-vapeur, pour définir et comparer leur force.

Cette expression a été créée par Watt, lorsqu'il offrit aux propriétaires de mines de substituer sa nouvelle machine à vapeur aux manèges établis. Il dut garantir alors qu'elle remplacerait un certain nombre de chevaux, et il fit des expériences pour bien déterminer la valeur dynamique de ce moteur vivant. Elles lui firent reconnaître qu'un cheval, exceptionnellement fort, travaillant un petit nombre d'heures, pouvait accomplir un travail dont la valeur, traduite en mesures françaises, peut être représentée par l'élévation d'un poids de 75 kil. à la hauteur d'un mètre dans l'espace d'une seconde, ou, pour nous servir de l'expression adoptée, par 75 kilogrammètres par seconde.

Cette expression très-heureuse indique que le travail mécanique est le produit de l'effort exercé multiplié par le chemin parcouru par son point d'application.

(1) Voyez la note de la page 111.

En effet, lorsqu'on pousse un objet, un bloc de pierre, par exemple, on exerce une force qui ne donne aucun travail tant que cet objet n'a pas bougé. Mais, si avec une force équivalente à 100 kil. on a fait avancer ce bloc de 75 centimètres par seconde, si un autre objet a marché de 2 mètres dans le même temps, sous une pression de 37 kil. 5, on peut dire que, dans les deux cas, le travail est d'un cheval-vapeur, car le produit de 100 k. par 0<sup>m</sup>75 et celui de 37 k. 5 par 2 mètres est toujours égal à 75 kilogrammètres.

Ces combinaisons sont variables à l'infini, et l'on comprend comment les transformations de force et de vitesse, qui donnent des aspects et des caractères si variés aux machines industrielles, peuvent se ramener toutes, au point de vue de la dépense de force, à une seule et même expression, le nombre de kilogrammètres; ce nombre divisé par 75, représente, à son tour, le nombre de chevaux conforme à la définition que Watt a donnée de cette unité dynamique.

Nous examinerons plus loin les divers procédés appliqués pour l'évaluation de la puissance des machines en chevaux-vapeur, et les valeurs relatives qu'elles représentent.

En ce moment, je constaterai seulement que le cheval-vapeur de 75 kilogrammètres fut adopté par le monde entier, et que chaque pays l'exprime d'après son système de poids et mesures.

En France, cependant, il existe deux exceptions.

La Marine de l'État et la région dont Lille est le centre désignent bien la puissance des machines en chevaux, mais leur cheval n'a plus la valeur de 75 kilogrammètres; il indique une *force nominale*, supérieure à l'unité créée par Watt, mais dans des proportions arbitraires et indéterminées, qui rendent impossible toute comparaison exacte.

La cause de cette fâcheuse confusion de langage est probablement la même dans les deux cas.

Les premières machines marines ont été importées d'Angleterre à une époque où la vitesse du piston était très-faible et où la pression

de la vapeur était uniformément d'une atmosphère et demie ; les constructeurs anglais avaient alors , pour le calcul des dimensions , adopté une formule dans laquelle la vitesse et la pression ne figuraient plus isolément.

Peu à peu ces éléments de force furent augmentés , la vitesse du piston atteignit 2<sup>m</sup>. par seconde , les chaudières fournirent de la vapeur à des pressions beaucoup plus élevées , la puissance des machines s'en accrut dans des proportions considérables , mais la formule ne changea point. Aujourd'hui , le même chiffre nominal s'applique à des machines de forces très-différentes et variant avec la pression et le degré de détente de la vapeur. Il est évident que les ingénieurs et les constructeurs ne s'y trompent point , et savent ramener la force à sa véritable valeur. Néanmoins , la situation est très-regrettable et mérite une réforme.

A Lille , c'est encore dans l'augmentation successive de la force élastique de la vapeur qu'il faut , je crois , chercher l'origine du « cheval nominal. »

En effet , les machines de Woolf qui , il y a trente à quarante ans , étaient presque exclusivement adoptées par l'industrie , marchaient à une pression assez basse. — Mais les types étaient robustes , largement calculés , et d'une force supérieure à celle énoncée dans le marché. Aussi , lorsque des agrandissements furent nécessaires , il suffit d'augmenter les surfaces de chauffe et la résistance des générateurs pour arriver d'abord à la moyenne , puis à la haute pression , et l'on a vu avec étonnement la même machine accomplir un travail double , triple peut-être , sans que le type ait changé de nom.

Tout le monde connaît cette anomalie , et jusque dans ces derniers temps , tous les constructeurs s'y sont conformés , en livrant des machines deux à trois fois plus fortes que ne l'exigeait le nombre de chevaux stipulé dans l'acte de vente.

Cette fausse évaluation de la puissance motrice des machines ne profite à personne et crée au contraire de graves inconvénients.

Au point de vue de la statistique nationale , le département du

Nord n'occupe pas, sur les états officiels, le rang qui lui appartient, et l'expression de la capacité productrice de la France entière s'en trouve réduite pour la région où elle s'est développée avec le plus d'énergie.

Les chiffres indiquant le prix d'achat et la consommation de la machine, rapportés au cheval-vapeur du Nord, sont supérieurs à ceux que donne le calcul basé sur le cheval de Watt. L'industriel n'a aucun avantage à faire supposer qu'il a une machine de 50 chevaux, par exemple, lorsqu'elle est réellement de 100 ou de 150, et qu'il consomme deux ou trois fois plus qu'un concurrent de l'Est ou du Centre; le constructeur perd aussi une certaine partie de ses éléments de concurrence avec le dehors.

Mais ces inconvénients, vaguement connus d'ailleurs, ne sont pas les plus sérieux. Les embarras suscités par l'unité nominale et non définie du cheval du Nord deviennent surtout sensibles et préjudiciables dans les garanties de force et de consommation, dans les actes stipulant des ventes de machines ou des locations de force motrice, et dans les procès qui en découlent souvent.

Dans toutes ces transactions, on désigne la force en chevaux, sans en spécifier la valeur dynamique. Dès qu'il y a discussion, les arbitres à l'amiable ou les experts nommés par les tribunaux se trouvent dans le plus grand embarras. Pour donner une base certaine à leurs évaluations, il ne suffit pas que les parties s'accordent à renoncer au cheval légal, pour ainsi dire, de 75 kilogrammètres et à adopter le cheval de convention du pays; cette unité, nous l'avons déjà dit, n'est pas définie et varie de 120 à 225 kilogrammètres.

Il y a donc un intérêt réel et général à réagir contre l'emploi du cheval nominal dans le langage et dans les transactions, et le moment paraît heureusement choisi, car déjà quelques-uns de nos constructeurs expriment la force de leurs machines en chevaux de 75 kilogrammètres mesurés sur le piston.

Cette dernière formule mérite d'attirer la plus sérieuse attention des industriels. Elle leur indique qu'il ne suffit pas de spécifier en che-

vaux dynamiques la puissance du moteur à vapeur, mais qu'il faut encore prévoir comment seront faites les expériences destinées à constater cette puissance.

Quelques explications à ce sujet paraissent indispensables, et pourront éviter de graves mécomptes aux hommes peu familiarisés avec ces questions.

Il existe, pour évaluer la force des machines, trois procédés correspondant chacun à une situation et à des corrections différentes.

D'abord, on peut calculer théoriquement cette puissance; il suffit pour cela de connaître la pression de la vapeur dans la chaudière, le degré de la détente, le nombre des cylindres, leur diamètre et la vitesse des pistons.

Ce calcul ne tient compte ni de la réduction de pression dans les conduites et dans l'appareil de distribution, ni des pertes de vapeur par les fuites et les espaces nuisibles, ni des frottements du piston et des pièces du mécanisme, ni d'autres résistances encore. Aussi faut-il réduire le chiffre obtenu par la formule théorique de 40, 50 et même 60 %, quelquefois, lorsqu'on veut se rendre compte de la force probable disponible, sur l'arbre du volant, pour les besoins de l'usine.

Ce mode d'évaluation n'est pas admis dans les transactions. Il fournit seulement le terme de comparaison nécessaire pour les expériences directes dont nous allons parler, permettant de déterminer le rapport entre la force créée dans le générateur et celle livrée pour le travail utile.

Ce rapport est l'expression la plus simple de la valeur économique de la machine proprement dite, abstraction faite de l'influence des générateurs sur la production de vapeur.

Les deux procédés qui permettent d'évaluer expérimentalement la puissance d'une machine sont :

1° L'essai au frein de Prony.

2° L'essai à l'indicateur de Watt.

Le frein de Prony, ou frein dynamométrique, est un appareil au moyen duquel on produit, sur l'arbre du volant ou sur le premier arbre de transmission, un frottement absorbant autant de travail qu'en exige la marche de l'usine dont on a débrayé tous les engins. Ce frottement tend à faire tourner l'appareil avec l'arbre, mais, au moyen de poids posés sur un plateau, on maintient horizontal le levier du frein, et le nombre de kilogrammes nécessaires pour obtenir cet effet représente l'effort développé par la machine.

Il suffit de le multiplier par la vitesse correspondante pour obtenir la valeur de la force en kilogrammètres; en divisant ce produit par 75, on a l'expression de cette force, en chevaux, disponible sur l'arbre du volant.

Ainsi, cette méthode d'essai donne directement le chiffre qui intéresse le plus l'industriel, et lorsque dans un acte d'achat de machine ou de location de force on stipule l'essai au frein en cas de contestation, on doit y faire figurer le nombre effectif de chevaux-vapeur dont on a besoin.

Les expériences au frein présentent certains inconvénients dans l'application. Elles exigent du temps et par conséquent un chômage de l'usine; l'appareil n'est pas très-répandu et occasionne souvent des frais de construction ou de location; son installation sur l'arbre du volant n'est pas toujours possible, et lorsqu'il faut le monter sur celui de la transmission du mouvement, le résultat doit être corrigé par quelques calculs.

En résumé, surtout pour les machines très-puissantes, l'essai au frein est une opération assez difficile et coûteuse; mais, il faut le répéter, un résultat obtenu avec un bon instrument par des hommes expérimentés est d'une vérité presque absolue.

Le second procédé, l'emploi de l'indicateur de Watt, ne donne pas pour résultat la force effective disponible sur l'arbre du volant. Par conséquent, les stipulations devront porter sur un chiffre supérieur de 2 à 4 dixièmes à celui qui exprime cette force; en d'autres

termes , pour avoir 50 chevaux de 75 kilogrammètres effectifs , par exemple , on en commandera ou on en louera de 60 à 70 indiqués sur le piston , dans des conditions déterminées de pression et de détente.

L'indicateur de Watt est trop connu aujourd'hui pour nécessiter une description détaillée. Rappelons seulement qu'il fournit , tracée au crayon sur du papier préparé , une courbe , appelée diagramme , dont l'inspection seule indique toutes les phases de la distribution par les tiroirs , le degré d'introduction de la vapeur et le travail de la détente , le vide du condenseur ou , en général , la contre pression etc. Par un calcul assez facile on obtient la valeur en kilogrammes de la pression moyenne de la vapeur sur le piston , c'est-à-dire l'effort dont on dispose. On connaît la vitesse , c'est-à-dire le chemin parcouru en une seconde par le piston , par conséquent le produit de ces deux nombres est encore , en kilogrammètres , l'expression de la force de la machine ; la division par 75 donne le nombre de chevaux.

On comprend que ce résultat est déjà diminué de quelques unes des causes de déperdition de la force théorique dont nous avons parlé. Toutefois , il reste encore des frottements à vaincre , et le travail disponible pour l'industriel sera réduit dans les limites qui sont indiquées plus haut.

Le système de la machine est presque toujours connu et expérimenté , et la valeur de ce coefficient de réduction est déterminée d'avance. En tous cas , il reste l'essai au frein comme souverain juge.

Mais presque toujours l'indicateur suffit pour préciser la force utile , et son emploi , d'une manière continue , ne saurait être assez recommandé aux propriétaires de machines. Ils y trouveront des indications précieuses sur la consommation de vapeur , l'état du condenseur , la marche des tiroirs , etc. , sur les pertes de vapeur entre les deux cylindres dans les machines de Woolf ; en un mot , ils liront sur les diagrammes le compte-rendu du travail de leur machine.

De tout ce qui précède, il faut conclure que l'évaluation de la force des machines à vapeur en chevaux nominaux, dont la valeur est impossible à préciser, présente de sérieux inconvénients et que les efforts de la Société Industrielle doivent tendre à faire adopter l'unité du cheval-vapeur de 75 kilogrammètres par seconde, mesuré soit sur l'arbre du volant au moyen du frein dynamométrique, soit au moyen de l'indicateur de Watt sur le piston.

## 2° GÉNÉRATEURS.

Il est d'usage, dans notre contrée, d'estimer la puissance des générateurs en chevaux-vapeur.

Cette évaluation n'offre cependant aucun sens précis et conduit, dans les transactions et dans les litiges qui en dérivent, à des difficultés d'appréciation très-fâcheuses.

En effet, nous avons vu que l'expression du cheval-vapeur ne s'applique qu'à un travail mécanique, et que tout travail exige une force et un chemin parcouru par son point d'application.

Or, un générateur en activité renferme bien la force, c'est-à-dire la vapeur à une certaine pression au dessus de la pression atmosphérique, mais cette vapeur, comprimée en un vase clos, n'a pas de vitesse, et ne produit par conséquent pas de travail.

C'est le piston de la machine qui est le point d'application de la vapeur sortie du générateur; c'est donc la machine seule qui transforme en chevaux dynamiques la force créée dans la chaudière. Celle-ci doit fournir le plus de vapeur possible avec la moindre dépense, mais cette vapeur sera utilisée d'une manière très-différente selon le degré de perfection de la machine, et l'on a vu souvent le même générateur alimenter, sans difficulté, un moteur d'une force de beaucoup supérieure à celle que développait une mauvaise machine mise au rebut.

Cette différence dans l'effet utile d'une même quantité de vapeur

se trouve exprimée par le nombre de kilogrammes de charbon consommé par cheval et par heure, nombre que les bons constructeurs n'hésitent pas à garantir, lorsqu'ils connaissent le système des générateurs employés.

En effet, un kilogramme de charbon vaporise, dans des conditions déterminées, le même nombre de kilogrammes d'eau; or, moins la machine dépensera de vapeur pour produire un certain travail, moins elle consommera de combustible, ou, en d'autres termes, avec le même poids de charbon un générateur pourra produire un nombre de chevaux très-variable.

Il est donc démontré que les chaudières ne sont comparables entre elles que par la puissance de vaporisation, abstraction faite de tout travail mécanique.

Plusieurs éléments concourent à augmenter cette puissance. Le premier, entre tous, est la grandeur de la surface de chauffe. Toutes choses égales d'ailleurs, la force des générateurs est proportionnelle à cette surface et c'est elle seule qui doit servir de base à son évaluation.

Les sections de grille et de carneaux, le diamètre et la hauteur de la cheminée, la qualité du charbon et de l'eau d'alimentation, etc., peuvent évidemment faire varier, même dans d'assez larges limites, la production de vapeur par mètre carré d'un même générateur. Mais ces diverses conditions peuvent faire l'objet de stipulations spéciales.

La pression que le timbre et la charge des soupapes permettent d'atteindre, constitue un très-puissant élément de force pour les machines et ne doit jamais être négligée dans les transactions.

Comme conclusion à tout ce qui précède, nous dirons donc que, dans les achats, ventes et locations, il suffit de déterminer le système, la pression maxima et le nombre de mètres carrés de la surface de chauffe d'un générateur de vapeur, pour que la puissance soit nettement définie.

En résumé, nous proposons à la Société Industrielle d'émettre le vœu :

1° Pour les machines à vapeur, que la force soit toujours exprimée en chevaux-vapeur de 75 kilogrammètres par seconde, mesurés soit sur le piston, soit sur l'arbre du volant.

2° Pour les générateurs, que leur puissance soit évaluée en mètres carrés de surface de chauffe, avec mention de la pression indiquée par le timbre administratif.

---

*Après avoir entendu les observations présentées par M. Mathias, sur le mode d'évaluation de la force des machines et des générateurs à vapeur, la Société Industrielle a adopté le vœu qui en forme la conclusion.*

*Le Conseil d'Administration, chargé de prendre les mesures nécessaires pour la réalisation de ce vœu, a décidé qu'un exemplaire du mémoire, inséré dans le bulletin de la Société Industrielle du Nord, serait envoyé à toutes les personnes qui, au point de vue industriel, judiciaire ou administratif, peuvent avoir intérêt à le connaître.*

---

## DU CONDITIONNEMENT EN GÉNÉRAL ET DE SON APPLICATION AUX COTONS ET AUX LINS.

Rapport de M. Alfred RENOARD Fils.

---

Toutes les matières textiles, suivant leur nature et leur constitution propres, sont plus ou moins hygrométriques. Comme la plupart d'entre elles arrivent parfois à un prix très-élevé, on a pensé depuis longtemps à en déterminer le conditionnement, pour que, dans les transactions basées sur le poids des filés, la fraude eût moins de prise et l'erreur fût moins fréquente.

Avant d'entrer dans aucun détail à ce sujet, il n'est peut-être pas inutile de définir nettement ce qu'on entend par *conditionnement*, car, depuis quelque temps, certaines circonstances ont fait attribuer à ce mot une extension qu'il n'avait pas dans l'origine.

Les textiles étant susceptibles d'absorber une certaine quantité d'humidité, ce n'est que par des moyens artificiels qu'on peut les obtenir à l'état parfaitement sec, dépouillés de toute leur eau interposée. Or, d'une part, cette sécheresse absolue nuirait à leur souplesse et à leur qualité; d'autre part, ces textiles secs, qu'ils soient à l'état de fils ou de tissus, ne tarderaient pas à reprendre à l'air atmosphérique une certaine humidité. Cette quantité d'eau normale et persistante constitue le textile dans sa *condition* ordinaire et marchande, car, lorsqu'on en ajoute artificiellement, l'action de l'air lui fait perdre cet excès, et, pour une matière commerciale, il y a là déficit dans le poids et préjudice pour l'acheteur.

Le conditionnement n'avait tout d'abord pour objet que d'enlever ce surplus, et de ramener le textile à sa *condition* marchande normale. On desséchait alors la matière à l'absolu, puis on ajoutait

au poids trouvé, sous le nom de *reprise*, la portion d'eau qu'il devait retenir, suivant sa nature, dans les circonstances ordinaires.

Plus tard, les industries du décreusage pour la soie, du lavage pour la laine, etc., employèrent pour ces diverses opérations des agents chimiques susceptibles de rester en partie dans le textile qui en était ensuite débarrassé à la filature, au tissage ou à la teinture. Il y avait donc là un écart de poids en pure perte entre la matière première et le produit fabriqué. Alors, dans certaines localités ou dans certaines occasions, on fit déterminer le poids réel du textile marchand contenu dans le produit. et débarrassé non-seulement de l'eau en excès, mais des huiles, savons, sels alcalins, qui pouvaient y être restés. C'était donc là un véritable *titrage*, mais on conservait encore à cette opération le nom de *conditionnement*.

Dans tout ce qui va suivre nous n'emploierons le mot de *conditionnement* qu'au point de vue de l'humidité seulement. Nous aurons soin de distinguer ainsi le *conditionnement hygrométrique* du *conditionnement chimique* ou *titrage*.

C'est la ville de Turin qui, en 1750, posa la première, les principes du conditionnement: toutes les soies vendues sur le marché piémontais étaient réduites à un état de siccité uniforme dans un séchoir fonctionnant aux frais des commerçants.

En France, les villes de Lyon et de Saint-Étienne établirent peu de temps après, mais dans des maisons particulières, des séchoirs du même genre.

Ce ne fut qu'en 1805 que le conditionnement *légal* fut définitivement établi, mais d'une façon des plus déplorables. Les appareils servant de séchoirs se trouvaient dans des salles remplies de ballots, inévitablement sujettes aux courants d'air, et où il était impossible de conserver une température constante. On se contentait de chauffer pendant un certain temps les balles de soie tout entières, de les peser ensuite, et de donner comme base de vente le poids que l'on avait trouvé.

Ainsi la soie, introduite tout d'abord dans des tiroirs en toile métallique, était ensuite disposée dans des *poëles* spéciaux.

Ceux-ci étaient formés de grandes cases grillées que l'on fermait par un scellé et que l'on portait à une température de 18 à 20° Réaumur. La dessiccation durait 48 heures pour la trame et 24 heures seulement pour l'organsin. Pour la première, une seule épreuve était toujours suffisante; pour le second au contraire, la durée de l'exsiccation augmentait en raison directe de la perte subie : de 24 heures, si la matière avait perdu plus de 2 1/2 et moins de 4 1/2 pour cent; de 48 heures, si la perte était plus considérable.

Les irrégularités qu'amena ce mode de conditionnement, les plaintes continuelles des intéressés, décidèrent, en 1831, la Chambre de Commerce de Lyon à mettre au concours l'invention d'un séchoir à température constante, au moyen duquel on pourrait établir le véritable titre hygrométrique d'un filé. Le prix fut remporté par M. Léon Talabot, et l'appareil alors inventé, perfectionné plus tard par M. Persoz père, est celui que l'on connaît aujourd'hui sous le nom de *dessiccateur Talabot-Persoz*.

On doit alors déterminer la perte par ce que l'on appelle *la sèche à l'absolu*. Au lieu de peser un ballot entier, on se contente du poids de quelques écheveaux pris au hasard; ceux-ci, portés à une température de 102 à 108 degrés centigrades, et repesés ensuite, donnent par différence l'humidité absolue qu'ils contiennent. La vente est alors basée sur ce poids absolu, augmenté du poids qui représente l'état hygrométrique normal de la matière sur laquelle on opère, et qu'on appelle *poids de tolérance* ou *poids de reprise*.

Tel est le principe, mais voici la manière de procéder :

On prend d'abord le poids du ballot brut, c'est-à-dire de la soie proprement dite et de son enveloppe, puis on pèse cette dernière seule pour la défalquer du poids brut et obtenir le poids net. On extrait ensuite de divers côtés de la balle trente écheveaux dont on forme trois lots que l'on pèse avec soin. L'un des lots est mis en

réserve, les deux autres sont conditionnés dans deux dessiccateurs différents. Si la perte qu'ils subissent n'est pas à peu près identique et atteint plus de 1/2 pour cent, le troisième lot est alors seulement soumis à l'exsiccation. Dans le cas contraire, on se contente de la moyenne trouvée, et du poids donné à la balance on déduit le poids du ballot.

Les échantillons avant leur dessiccation ont par exemple un poids donné  $p$ , lequel après l'opération peut-être représenté par  $p'$ ; le poids net de la soie étant indiqué par  $P$ , le poids absolu de la soie du ballot est donné par la proportion :

$$p : p' :: P : x$$

C'est à la quantité  $x$  qu'on ajoute le poids de reprise, qui détermine la quantité exacte de matière achetée. Voici comment celui-ci fut fixé :

Les Chambres de Commerce des villes manufacturières de soies et laines nommèrent chacune des délégués pour le déterminer exactement.

*Lyon*, le premier, après des expériences multipliées, fixa le chiffre de reprise de la soie à 10 %, plus une fraction : la fraction étant cause de nombreuses contestations, il fut décidé dans une réunion des délégués des principaux centres séricoles que le chiffre de tolérance pour la soie serait définitivement fixé à 11 %. Une ordonnance royale du 23 avril 1844 confirma cette décision.

*Reims* à son tour sentit la nécessité d'étendre aux laines en masse le bénéfice du conditionnement, cette matière pouvant arriver à fixer jusque 30 % de son poids d'eau par sa seule exposition dans des endroits humides. Une assemblée spéciale, analogue à celle qui s'était tenue à Lyon pour les soies, fixa d'abord 15 %, chiffre qui fut confirmé par un décret du 20 juillet 1853 ; puis un second décret du 1<sup>er</sup> janvier 1867 l'éleva à 17 %. Toutefois ces reprises ont dû

être regardées comme complètement illusoires, la tolérance admise généralement en pratique étant à 18 1/4 % de l'absolu. Aussi en mars 1867, était-il demandé dans une lettre adressée par quarante commerçants au Président de la Société Industrielle de Reims, qu'un décret nouveau et définitif, fixât d'une manière précise le chiffre d'après lequel on devrait opérer. « Presque toutes les transactions en laines peignées faites depuis 1853, » — est-il dit dans la lettre de Reims, — « l'ont été à l'ancien taux de reprise, soit 18 1/4 %; une ou deux maisons seulement ont demandé le conditionnement à 17 % . »

« Les soussignés, tous d'accord pour maintenir le taux de 18 1/4 qu'ils considèrent comme le seul vrai et le seul admissible, viennent vous prier, M. le Président, de vouloir bien faire connaître leur résolution à la Société Industrielle, et ils désirent ardemment, afin de faire cesser toute hésitation dans les transactions, et afin de ne pas être en désaccord continu avec le nouveau décret, que le taux de 18 1/4 soit seul reconnu comme légal. »

Malgré ces protestations, le chiffre de reprise de la laine est encore aujourd'hui fixé suivant la moyenne des climats; le chiffre de 17 % a été regardé comme véritable à Paris, où les gares et les entrepôts sont le mieux aménagés et où les stocks sont moins exposés à attendre mais il a été regardé à Roubaix comme complètement illusoire et maintenu à 18 1/4.

Certains industriels compétents avaient depuis longtemps émis l'opinion que les laines, pour être titrées, devaient se trouver au préalable débarrassées de toute substance hygrométrique elle-même et que les méthodes de conditionnement, proposées dès l'abord pour les soies, lui seraient indûment appliquées. C'était ce qui avait fait dire de ces matières ce qu'avait dit des huiles du commerce M. Maumené: « Leur altération est la règle, leur pureté l'exception. » Les laines contenaient, disait-on, des matières qui avaient la propriété de fixer l'eau, d'en retarder le point d'ébullition et d'en

abaisser la tension de vapeur à toutes les températures ; il suivait de là que la dessiccation à l'absolu était rendue impossible, et que le conditionnement, ne dosant qu'une partie de l'eau contenue dans le textile, n'atteignait pas alors son but légal.

Or, tout dernièrement, l'idée de cette réforme dont la priorité revient à *M. Féron*, membre de la Chambre syndicale de Roubaix, vient enfin d'être mise à exécution. Un service spécial est maintenant organisé à la condition publique de cette ville, pour le rinçage et le dégraissage *facultatifs* des échantillons prélevés pour le conditionnement.

Le dosage dont il s'agit n'a été mis en pratique à la condition publique de Roubaix qu'à partir du 20 octobre 1873, et voici, pour ce qui regarde les laines, la teneur de la circulaire des administrateurs du bureau de conditionnement :

« Différents procès ont appelé l'attention de l'Administration sur les surcharges qui peuvent exister dans les matières textiles soumises au conditionnement *hygrométrique* et qui faussent, dans ce cas, l'appréciation des quantités de matières textiles, loyales et marchandes.

» De leur côté, la Chambre de commerce et la Chambre syndicale industrielle de Roubaix se sont émues des faits révélés et ont exprimé le vœu de voir apporter un remède contre ces éventualités.

» Le Comité consultatif des Arts et Manufactures de Paris, consulté sur ce point par M. le Ministre de l'Agriculture et du Commerce, a reconnu « *qu'indépendamment du conditionnement qui rend compte de l'état hygrométrique des textiles, il y a une utilité réelle à donner au commerce des renseignements aussi approximatifs que possible sur les quantités de substances étrangères dont les textiles peuvent être chargés.* »

» Il est évident qu'en instituant des établissements publics spéciaux pour le conditionnement des soies, des laines et des cotons, le Gouvernement a voulu moraliser les transactions commerciales en donnant aux intéressés les moyens de faire déterminer, d'une manière

approximative, l'état *hygrométrique* de ces textiles *considérés purs de substances étrangères*.

• Il semble donc résulter que si le conditionnement par l'absolu est satisfaisant quand on l'applique à des textiles purs tels qu'a dû les considérer l'auteur de la méthode, il peut être insuffisant, dans certains cas, lorsqu'aux textiles se trouvent additionnées des substances étrangères chargeantes qui, en augmentant le poids, donnent une appréciation erronée du poids marchand.

» Le dosage des impuretés contenues dans les textiles paraissant être un moyen rationnel de lever les difficultés, les Administrateurs de la Condition publique de Roubaix ont l'honneur de porter à la connaissance du commerce et de l'industrie que, d'accord avec l'Administration municipale, un service spécial a été organisé à la Condition publique de cette ville, pour le rinçage et le dégraissage facultatifs des échantillons prélevés pour le conditionnement.

» Comme il importe peu, pour le règlement des intérêts du vendeur et de l'acheteur, que la réduction du poids primitif de la marchandise au conditionnement porte, soit sur un *excès d'eau*, soit sur des *substances étrangères chargeantes*, introduites artificiellement, volontairement ou involontairement, le *dosage* à la Condition publique de Roubaix *sera fait en masse*.

» Il sera fait de la manière suivante, sur une demande insérée dans le bulletin d'envoi à la Condition publique :

» Aussitôt prélevé et pesé avec précision, chaque échantillon avant d'être exposé dans l'appareil dessiccateur, subira l'un des deux traitements ci-après, selon la volonté exprimée :

1<sup>er</sup> TRAITEMENT : *rinçage pur et simple*.

Rinçage dans deux bains d'eau filtrée et neutralisée chauffée à 30° pour éliminer les matières solubles à l'eau.

2<sup>o</sup> TRAITEMENT : *rinçage et dégraissage*.

1<sup>o</sup> Rinçage dans un bain d'eau chaude filtrée et neutralisée ;

2° Passage dans un bain d'eau chaude aiguisée d'acide chlorhydrique pour décomposer les savons à bases de chaux et de magnésie qui peuvent se rencontrer sur la fibre et pour mettre les acides gras en liberté afin de les rendre solubles dans un bain au carbonate de soude ;

3° Rinçage à l'eau chaude filtrée et neutralisée ;

4° Passage dans un bain d'eau chaude additionnée de carbonate de soude à 1° Baumé ou dans un bain de savon ;

5° Rinçage à l'eau tiède filtrée et neutralisée.

» Ce dosage en masse apportera une amélioration considérable en permettant la constatation d'un poids plus vrai, par l'expulsion des substances étrangères avant la dessiccation absolue.

» Il permettra, en outre, l'apport au conditionnement :

1° Des laines brutes et des blousses ;

2° Des laines peignées, huilées et glycélinées pour le continu ;

3° Des fils de laine cardée gras qui ne peuvent être conditionnés actuellement ni au point de vue hygrométrique, ni au point de vue du numéro du fil à cause de la surcharge en graset de son irrégularité.

» On comprend facilement que le *rapprochement du poids primitif* d'un échantillon avant tout traitement, et du *poids absolu* du même échantillon purgé, indiquera, par différence, l'importance en masse et de l'eau et des substances étrangères enlevées.

» Toutefois, il est bien entendu que cette opération additionnelle n'a aucun caractère officiel : entièrement facultative, elle est laissée à l'appréciation du commerce et de l'industrie.

» En conséquence, quand il y aura lieu, une mention sur le bulletin de conditionnement indiquera que cette opération complémentaire a été faite et le nom de la personne qui l'aura demandée sera mentionné. »

Il nous était nécessaire, à cause de leur importance, de men-

tionner ces manipulations additionnelles du conditionnement des laines et toutes spéciales jusqu'ici au commerce de Roubaix. Nous ne ferons à ce sujet qu'une observation, c'est qu'il nous semble difficile de maintenir pour toutes les expériences la température relativement basse de 30° au rinçage.

Mais nous n'avons pas toutefois à approfondir ce point, pour l'étude duquel nous n'avons aucune compétence, et nous ne nous occuperons spécialement que du conditionnement des *cotons* et des *lins*.

Pour le coton filé, la reprise légale a été fixée à Roubaix à 7 1/2 ; pour le coton brut qui se conditionne moins souvent, elle est encore la même. — On détermine pour le premier, non-seulement le degré d'humidité qu'il renferme, mais aussi le numéro véritable du fil soumis aux expériences.

A Lille, le coton ne se conditionne pas. On a voulu en donner pour cause la question de prix, prétextant que les filateurs, employant une matière de peu de valeur, gagneraient en réalité peu de chose à ces vérifications mathématiques. Nous pensons que là n'est pas la vraie raison, car le commerce ne pourrait se refuser à une mesure à laquelle, s'il gagne peu, il est loin de perdre. A notre avis, si le conditionnement ne fonctionne pas à Lille, c'est qu'il ne commence seulement qu'à se vulgariser pour ce qui regarde le coton, et que, la filature de ce textile n'ayant pas dans notre ville une étendue aussi forte que celle de la laine à Roubaix, il n'a jamais été jugé à propos de créer à Lille un bureau spécial. D'ailleurs, on regarde souvent le numérotage du fil comme constituant déjà par lui-même un conditionnement, et cette mesure surtout est alors nécessairement applicable aux filés soumis au retordage. Disons pourtant que l'absence d'une condition publique à Lille est regardée par quelques industriels comme une véritable omission.

On a soulevé la question de savoir si le coton doit être décreusé. *M. R. Lagerie*, à Roubaix, prétextant qu'il paraissait rationnel et

équitable que la condition ne soumit à ses appareils que des types presque chimiquement purs, en avait affirmé la nécessité. Il voulait ainsi donner aux intéressés toutes les garanties désirables sous le rapport de l'état loyal et marchand des cotons soumis, la surcharge des fils ayant pour effet de fausser le poids réel et de changer le numéro. Nous citons pour mémoire les procédés proposés :

Ou bien ; 1° Décreuser par une cuite deux heures environ dans une dissolution de soude caustique à 2° Baumé. Il suffirait alors pour réaliser ce travail, d'une chaudière en fonte émaillée, commune à tous les types et chauffée à feu nu ou à la vapeur. — On ferait suivre d'un traitement à l'acide chlorhydrique à 4° 1/2 Baumé, puis d'un traitement au carbonate d'ammoniaque, suivi d'un lavage à l'eau.

Ou bien : 2° Traiter les cotons par un lait de chaux, composé de 1 partie de chaux et de 30 parties d'eau (au lieu de la dissolution de soude caustique proposée précédemment) Faire suivre ensuite d'un traitement à l'acide chlorhydrique pour décomposer les matières calcaires, d'un traitement au carbonate d'ammoniaque pour saponifier les acides gras mis en liberté, et d'un rinçage à l'eau.

Pour notre part, nous ne pensons pas que le décreusage doive être appliqué au coton, car les matières qu'on retirerait à ce textile dans l'état naturel où il se trouve forment partie constituante de sa masse et constituent le coton usuel. Or, quelles sont les matières qui entrent dans la composition de ces fibres ? ce sont la cellulose d'une part qui en forme la très-grande quantité, d'autre part une matière résinoïde qui empêche son imbibition, et une substance jaune en quantité excessivement petite. Nous croyons alors que la matière résinoïde, par exemple, qui entoure le tube cotonneux appartient à la fibre au même titre que la matière gommo-résineuse appartient au lin. On ne dose pas dans le coton la cellulose proprement dite, mais la matière marchande et commerciale dans laquelle entre la cellulose. Et même, ces produits que l'on veut enlever, peuvent être regardés comme constituant, en dehors de la longueur des fibres, les diverses variétés de coton ; car, si on les faisait disparaître, il

n'existerait aucune différence entre le coton de l'Inde, qui en est très-chargé, et le coton de Géorgie qui en possède peu.

La laine, que nous avons jugée devoir être débarrassée de ses impuretés, ne se trouve pas dans le même cas, car à l'état peignée elle contient encore une grande partie de matières introduites, soit volontairement et par la nécessité du travail, soit par la fraude, et parmi lesquelles on peut ranger d'abord les savons alcalins, la glycérine et les huiles d'ensimage, puis des impuretés de la seconde classe, telles que des savons de chaux, de magnésie, de fer et même de plomb. Ces substances peuvent réagir d'une manière sérieuse sur les résultats du conditionnement, mais il n'en est aucune dans le coton qui présente les mêmes inconvénients.

La reprise de  $7\frac{1}{2}$  que nous avons indiquée comme étant admise à Roubaix pour le conditionnement du coton n'ayant jamais été fixée par aucun décret, certains commerçants adoptent dans d'autres localités une reprise de 8 %.

Cette différence de  $1\frac{1}{2}$  %, préjudiciable selon le cas au vendeur ou à l'acheteur, ne devrait certes pas exister sur une matière qui donne lieu à des transactions si multiples. Aussi arrive-t-il dans certaines villes que, pour éviter toute erreur ou contestation, les bureaux de conditionnement déterminent la perte à l'absolu sur le poids d'entrée, et abandonnent aux parties intéressées le soin de calculer les reprises d'usage ou de convention.

Nous croyons qu'il ne nous appartient pas de fixer le chiffre de tolérance d'une matière qui se conditionne généralement; ce devrait à notre sens, être l'œuvre des principaux intéressés réunis en assemblée légale qui en détermineraient la teneur comme il a été fait pour la laine et la soie.

Nous n'examinerons donc pas à ce point de vue la question de l'état hygrométrique du coton et nous nous étendrons un peu plus sur ce qui concerne le lin, ce textile n'ayant jamais été soumis au conditionnement.

Que le lin soit hygrométrique, cela est incontestable. Les fibres de ce textile forment une série de tubes réunis par une matière gomme-résineuse, qui laissent entre eux des solutions de continuité et constituent ainsi autant de réservoirs propres à l'accumulation des liquides. En outre, les filateurs qui reçoivent des lins de Russie, savent que l'on trouve souvent à l'arrivée, dans le poids des balles, un déficit ou une augmentation qui ne peuvent être attribués qu'à l'excès d'humidité ou à la trop grande sécheresse. Ils savent aussi combien il existe pour certains lins, d'écarts, qui ont encore quelque importance, dans le titre d'un fil sur un même métier, sans que le travail soit aucunement interrompu, sans que l'on apporte de changement dans les pignons de torsion ou d'étirage, et par le seul fait d'une variation brusque dans l'état hygrométrique de l'atmosphère. Ceci ressort d'ailleurs de ce fait, que certains spéculateurs, après avoir acheté des lins teillés, les font séjourner en cave pendant quelque temps, et trouvent moyen en les revendant plus tard au prix coûtant et même à un prix inférieur, de se faire quelques bénéfices.

Mais suffit-il que l'hygrométrie du lin soit clairement constatée pour que l'on doive établir pour ce textile des bureaux de conditionnement? A vrai dire, nous ne croyons pas la chose possible.

Examinons en effet sous ce rapport la matière première et le produit manufacturé.

Pour la première, nous pensons que ce qui s'opère pour la soie, la laine, le coton, dont le commerce n'a lieu qu'entre négociants qui en font leur spécialité, ne peut se pratiquer pour le lin. Les matières Russes, qui s'achètent par grandes quantités, pourraient peut-être se trouver soumises au conditionnement, et encore cela présenterait-il d'énormes difficultés : la mesure serait-elle acceptée des acheteurs indigènes, qui y trouveraient évidemment tout avantage, qu'elle ne le serait nullement des vendeurs russes, habitués le plus souvent à arroser leurs lins avant l'expédition, et qui n'y trouveraient plus leur compte. Mais à côté des lins russes se trouvent

nos lins de pays , nos lins fins , les lins de Belgique , de Hollande , etc. , dont le prix est beaucoup plus élevé , qui souvent s'achètent directement à la campagne , se livrent à un rendez-vous déterminé , se pèsent devant les yeux de l'acheteur et se payent comptant : bien fin alors qui pourrait persuader au campagnard qu'il peut y avoir un autre poids que celui trouvé à sa bascule ! La laine , qui s'achète aussi en campagne , ne se trouve pas dans le même cas , car elle n'est conditionnée que lorsqu'elle a été débarrassée de son suint (perte d'environ 60 p. 100) , c'est-à-dire lorsqu'elle se trouve entre les mains des marchands.

Pour ce qui regarde le conditionnement du produit manufacturé la mesure présenterait certainement plus de chances de réussite et semblerait plus logique , mais l'industrie linière n'exige pas pour ses fils un poids aussi exact que pour le coton , et , tout en donnant la préférence aux paquets les plus lourds , l'on se contente généralement dans les transactions d'un poids assez approchant pourvu que le fil ait sa course. Il y aurait peut-être une exception à faire pour les fils très-fins , mais , ceux-là ont toujours besoin pour être marchands , de contenir , en dehors de la quantité d'eau commune aux fils en général , une certaine humidité superflue , mais indispensable. Souvent d'ailleurs on tourne toute difficulté en exigeant ce qu'on appelle un « bon poids. »

Dans ce cas , dira-t-on , pourquoi s'occuper du conditionnement des lins , lorsque l'on juge pour cette matière les bureaux de conditionnement inutiles.

Le Comité de Filature répond que son but en cherchant le chiffre de reprise du lin , est , non pas d'exciter la méfiance entre le vendeur et l'acheteur , mais de poser une sorte de point de repère pour la sécurité générale. Nous n'avons pas en vue les transactions , qui se feront toujours comme elles se sont conclues par le passé , mais nous voulons rendre plus claires les contestations et les expertises qui pourraient avoir lieu à cet égard. Lorsqu'on connaîtra , si je puis

m'exprimer ainsi, la dose légale d'humidité que doit contenir un lin, on pourra regarder comme fraude tout ce qui sera trouvé en surplus; d'un autre côté, une échevette, séchée à l'absolu et augmentée de son poids de reprise, devra avoir le poids exigé eu égard au numéro du paquet dont elle a été extraite: pour la matière première elle-même, on pourrait, outre ce poids, attribuer une tolérance fractionnaire au-dessus et au-dessous suivant la quantité de chenevotte dont le lin pourrait être chargé. Donc, envisagé sous ce rapport, le chiffre de reprise pour le conditionnement du lin a mille raisons d'être recherché, et s'il n'a pas une utilité directe, du moins il doit être regardé comme ayant une certaine valeur.

Il est cependant une observation à faire à propos du fil crémé. En déterminant le poids d'une échevette de fil écru, on se rapporte comme base au poids du paquet entier déterminé d'après le numéro. Or, M. Wurtz fait observer dans son *Dictionnaire de chimie* que, si le coton ne peut perdre que 5 % aux opérations du blanchissage, le lin peut arriver à une perte de 33 %. Mais les filateurs savent que cette perte est maxima et peut, dans les conditions ordinaires, varier sur une échelle comprise entre 20 et 33; il en résulte que l'on n'a plus, lorsque le fil est crémé, de base pour opérer. Il faut donc alors déterminer avant tout la perte au crémage, et ce: en pesant une échevette après s'être assuré qu'elle possède bien ses 300 yards en multipliant le poids trouvé par 1,200, et retranchant le produit du poids usuel d'un paquet écru. Il serait impossible de se rendre compte de la perte par la pesée directe, la disparition de quelques échevettes ne pouvant facilement être constatée.

D'après ce que nous venons de dire, si le conditionnement des *filés de coton* et surtout *de lin* ne semble avoir qu'une importance assez relative au point de vue de l'industrie, il n'en est pas de même si nous nous plaçons au point de vue de l'introduction des marchandises étrangères en France, et nous pensons alors qu'il forme l'objet d'une question importante dont la Société Industrielle doit être entretenue.

L'application de cette mesure, pour ce qui regarde la Douane, nous semble devoir épargner bien des contestations, et constituer presque une nécessité pour le commerce. Cette nécessité a d'ailleurs été constatée bien avant nous dans une note de M. Édouard Simon, parue au *Moniteur des fils*, et affirmant l'utilité d'un bureau de conditionnement en douane pour les cotons filés.

D'une part, lorsque les cotons filés anglais arrivent sur le continent, sous forme de bobines et renfermés dans des barils spéciaux, les employés chargés de la vérification sont obligés de scier les tonneaux un à un et d'y prendre un échantillon moyen en prélevant au centre et à la circonférence de la masse. Cette dernière mesure est surtout nécessaire pour se garantir contre la fraude qui consiste à envelopper les couches intérieures d'une ou deux rangées de fils plus gros. Le titrage du coton étant basé sur le nombre de mille mètres aux cinq cents grammes, ils déterminent le numéro en dévidant une longueur de mille mètres et en la pesant ensuite, puis ils appliquent le tarif suivant le chiffre trouvé.

D'autre part, les filés de lin nous arrivent généralement en balles. Si les employés de douane s'en rapportent à la déclaration, toujours quelque peu volontairement erronée, de l'expéditeur, ces balles sont ouvertes à l'arrivée et l'on se contente d'en peser quelques paquets. Dans le cas contraire, comme les numéros des fils de lin sont aussi basés sur le rapport du poids à la longueur, on en mesure généralement de 500 à 1000 mètres et on les pèse. On applique alors le tarif d'après un tableau qui donne par comparaison le numéro anglais déclaré, rapporté à un numéro métrique imaginaire correspondant à des quantités fractionnées.

Or, en supposant toutes précautions prises, les échantillons de coton prélevés dans toutes les parties du tonneau, les échantillons de lin mesurés et pesés avec la plus grande exactitude, il peut y avoir encore cause d'erreur et par suite fausse application du tarif.

En effet, quelle que soit la base adoptée pour les longueurs ou les unités de poids qui servent à fixer le tarif, celui-ci s'établit tou-

jours sur le rapport de deux nombres expérimentaux : un poids pris à la balance et une longueur mesurée. Il est clair que toute surcharge augmentant le poids sans modifier la longueur, forcera le quotient et changera le tarif. Il y aura là détriment pour l'acheteur et l'industriel, pour qui le conditionnement au numéro peut servir de titre officiel pour justifier la facture de la matière, en comptant la surcharge comme produit manufacturé. Il y aura en même temps détriment pour le Trésor, en ce sens que les tarifs baissant avec les numéros, la surcharge aura abaissé la taxe, comme nous allons le montrer par des exemples :

Pour le coton par exemple, supposons que le poids de mille mètres soit de 0 kil. 0378 : en divisant 500 par 378, on trouve, au quotient, le nombre 132 qui est le numéro du fil, du moins, en apparence, et qui correspond dans la tarification actuelle, au droit de 2 fr. par kilog. Si maintenant, par une cause volontaire ou purement accidentelle, les fils sont chargés, outre leur capacité hygrométrique normale, d'une proportion d'humidité égale à 10 % de leur poids, — et cela n'a rien de surprenant, surtout avec des colis transportés par mer et sous le climat de l'Angleterre et du Nord de la France, — l'échevette type ne pèsera plus 0 kil. 0378, mais 0 kil. 0415, et en effectuant la même opération que plus haut, on trouvera le N° 120 qui paye seulement 1 fr. 60 par kilog. à l'entrée en France.

Pour les fils de lin, reconnus hygrométriques à un degré plus élevé que les fils de coton, l'erreur amenée par la même cause, peut être encore plus forte. Sur un poids aussi faible que celui fourni par 500 ou 1000 mètres de fil, il est parfois facile de se tromper de plusieurs numéros et de faire passer le lin de l'une des catégories du tarif dans une autre. On a mesuré, par exemple, 1000 mètres de fil pesant 0 kil. 0366 ; ce qui correspond au numéro 40 payant au kilog 0,36 c., soit 4 fr. 90 au paquet. Si nous supposons que l'humidité absorbée soit de 4 % plus forte que pour le coton, soit 14 %, les 1000 mètres pèseront alors 0 kil. 0417, que l'on

considère comme du N<sup>o</sup> 35. On aura donc ainsi négligé cinq numéros, et l'on sera passé dans la catégorie précédente qui ne paye au kilog que 0,30 c., et pour ce numéro 4 fr. 65 au paquet.

Il y aurait donc intérêt pour l'État et pour l'industriel à établir un conditionnement hygrométrique, car si l'un perd par la diminution de la taxe, l'autre perd encore plus par la substitution de l'eau à la matière qu'il achète. Le bénéfice que le destinataire pourrait réaliser sur le tarif ne compenserait jamais la différence de poids établie par la surcharge; et si, pour une matière quelconque, il paye une taxe moindre, il serait préférable pour lui d'être soumis à un tarif plus élevé et de ne pas acheter de l'eau pour du textile. En lin, par exemple, il bénéficie d'un côté de 0,06 cent. au kilog par la substitution du 35 au 40; mais, d'un autre côté, il perd en fil le poids correspondant à 44 % d'humidité qu'en réalité son expéditeur lui fait payer.

Or, la mesure logique qui remédierait à ces inconvénients serait tout naturellement le conditionnement des filés importés en France. Car, en prenant la peine de dessécher un textile avant de le titrer, on pourra en donner le numéro exact; et, dans le cas contraire, la chose sera peu possible.

Dans les villes qui possèderaient des établissements de condition les employés de douane seraient déchargés de l'ennui des vérifications, un ou plusieurs appareils dessiccateurs seraient réservés pour les expériences de l'État, et le titre réel des filés serait donné à la douane par un bulletin spécial de conditionnement au numéro sur des fils secs. Dans les villes dépourvues de conditions publiques, on établirait, suivant leur importance, un ou deux appareils, ce qui constituerait une très-faible dépense pour le budget.

Les frais résultant de l'opération du conditionnement, très-minimes en réalité, seraient payés par l'acheteur. Celui-ci ne pourrait trouver inconvénient à cette mesure, puisqu'il serait plus que personne intéressé à connaître le numéro véritable du fil fourni, et surtout le poids réel de la matière qu'on lui envoie. Il pourrait au besoin

s'entendre avec son vendeur pour l'acquit du supplément de frais que lui occasionnerait cette mesure.

En un mot, de quelque manière qu'il s'opère, l'établissement de bureaux de conditionnement dans les villes frontières qui reçoivent des filés venant de l'étranger, loin de constituer préjudice, ne pourrait être regardé que comme un avantage, tant pour l'industrie nationale que pour l'État.

Avant de soumettre le lin aux expériences du conditionnement, on pourrait se poser cette question : les matières doivent-elles être décreusées ? A notre sens, le lin doit être le plus possible dépouillé de la paille qui l'entoure et qui ne constitue pas une de ses parties spéciales, il doit donc être conditionné à l'état peigné, mais il n'a pas besoin d'être décreusé. Toutefois, comme il est difficile de dépouiller complètement le lin de sa paille, le chiffre de reprise peut n'être pas d'une exactitude aussi absolue que pour la laine ou la soie.

On doit en outre se rappeler que, pour le lin de Courtrai, le conditionnement pourrait amener une légère erreur : celui qui a vu travailler ces matières sait bien que les ouvriers belges, pour leur donner plus de souplesse, promènent autour des mèches teillées leurs mains imprégnées d'une petite quantité de graisse ou de beurre. Ces substances, qui ne nuisent pas à la qualité du produit, donneraient toutefois à la sèche un poids superflu qui ne proviendrait pas du lin lui-même.

On doit aussi se souvenir qu'en déterminant le chiffre de reprise du fil crémé, on opère sur une matière qui a changé en partie de constitution et s'est entourée dans l'opération du crémage de substances étrangères, minimales il est vrai, mais réelles.

Le chiffre de reprise du fil de jute est aussi déterminé sur une matière qui pour être filée, a besoin d'être lubrifiée et contient par suite à l'état manufacturé de l'huile de phoque ou de baleine, de l'eau de savon et parfois de la potasse.

Tout ceci étant bien établi, il nous reste à faire connaître le résultat de nos expériences. Celles-ci ont été conduites de deux façons différentes, les premières à Roubaix sur des échantillons directement pris dans nos magasins; les secondes à Paris sur des types qui avaient pendant un certain temps séjourné dans des appartements dont on avait noté la moyenne de la température et le degré d'hygrométrie.

Le 28 octobre 1873 nous sommes donc allés à Roubaix dans le but de déterminer la reprise des lins et des fils à la Condition Publique de cette ville. Nous eûmes recours à l'obligeance de M. Musin, directeur du Conditionnement, dont chacun connaît la compétence en ces matières, et nous le priâmes de vouloir bien soumettre à l'essai dans ses appareils divers échantillons que nous lui confiâmes. M. Musin voulut bien accéder à nos désirs.

Les différents types qui devaient servir aux essais avaient, autant que possible, été choisis très-disparates. Ils consistaient en :

|                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Fil de jute. . . . .        | N <sup>o</sup> 6.           |
| — lin sec. : . . . .        | N <sup>o</sup> 20.          |
| — — mouillé . . . .         | N <sup>os</sup> 22 et 50.   |
| — d'étoupe sec. . . . .     | N <sup>os</sup> 8 et 16.    |
| — — mouillé . . . .         | N <sup>o</sup> 20.          |
| Fils crévés et blanchis . . | N <sup>o</sup> 30, 2 types. |
| Lins rouis à l'eau . . . .  | Riga et Pernau.             |
| — sur pré . . . . .         | Picardie et Caux.           |
| Etoupes russes . . . . .    | 2 types.                    |
| Émouchures de Picardie. .   | d <sup>o</sup> .            |

Dix-neuf expériences furent successivement effectuées au bureau de Roubaix; les résultats trouvés ont été les suivants :

| DÉSIGNATION DES TYPES.              | POIDS                    |                              | REPRISE<br>d'humidité %<br>à ajouter<br>au poids absolu<br>pour reconstituer<br>le poids primitif. |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--|
|                                     | PRIMITIF.                | POIDS RÉDUIT<br>à l'absolu.* |  |
| Fil de jute N° 6 . . . . .          | 0.029 <sup>gr</sup> .250 | 0.025 <sup>gr</sup> .600     | 44.257 %   |
| Fils de lin. . . . .                | N° 20 sec. . . . .       | 0.025 820                    | 42.695   |
|                                     | N° 22 mouillé. . . . .   | 0.047 960                    | 44.552   |
|                                     | N° 50 d° . . . . .       | 0.009 800                    | 44.363   |
| Fils d'étoupes . . . . .            | N° 8 sec. . . . .        | 0.062 400                    | 44.928   |
|                                     | N° 46 d° . . . . .       | 0.029 420                    | 44.863   |
|                                     | N° 20 mouillé. . . . .   | 0.025 870                    | 44.508   |
| Fil crémé N° 30 . . . . .           | 0.038 960                | 0.035 400                    | 40.056   |
| Fil 1/4 blanc N° 30. . . . .        | 0.046 040                | 0.044 500                    | 40.620   |
| Lin de Pernau. . . . .              | 0.038 450                | 0.034 400                    | 44.773   |
| Echantillon du même. . . . .        | 0.095 850                | 0.085 600                    | 44.974   |
| Lin de Picardie (Doullens). . . . . | 0.044 370                | 0.039 500                    | 42.329   |
| Lin de Picardie (Vimeux). . . . .   | 0.077 550                | 0.068 500                    | 43.242   |
| Lin gris de Riga. . . . .           | 0.060 700                | 0.053 900                    | 42.634   |
| Lin blanc de Riga . . . . .         | 0.046 320                | 0.044 200                    | 42.427   |
| Étoupes russes mélangées. . . . .   | 0.048 750                | 0.046 500                    | 43.697   |
| Second échantillon d°. . . . .      | 0.066 400                | 0.058 850                    | 42.349   |
| Emouchures de Picardie . . . . .    | 0.072 620                | 0.063 000                    | 44.000   |
| Second échantillon d° . . . . .     | 0.076 800                | 0.067 200                    | 44.285   |

Outre les indications fournies par ce tableau et établies avec le plus grand soin, M. Musin voulut nous communiquer quelques observations faites à ce sujet dont voici la teneur.

« Je dois vous faire observer que ce ne sont là que des résultats tels quels.

» Peut-on s'en servir pour apprécier, même approximativement, le taux normal de reprise d'humidité pour cent de ce textile? Je ne le pense pas, attendu que les types dont il s'agit avaient dû subir l'influence d'un milieu essentiellement variable qui avait pu changer leur hydratation ordinaire résultant de la manutention.

» Je crois donc que pour arriver à un résultat offrant des garanties de sécurité pour tous les intérêts en jeu, il y aurait utilité de détermi-

ner par des expériences nombreuses et soigneusement faites pour le prélèvement des types :

1° quel est l'état hygrométrique habituel :

- Du lin teillé ;
- Du lin peigné ;
- Du lin étiré ou filé au sec ou au mouillé ;
- Du lin en écheveaux sortant du séchoir ;
- Du lin en paquets de fil.

2° quelles sont les variations qui peuvent se produire aux différents degrés de crémage des fils ;

3° Si les fils de long brin prennent ou conservent l'humidité exactement de la même manière que les fils d'étoupe ,

4° quelle est l'humidité pour cent qu'absorberaient à chaque saison de l'année , pour un étendage uniforme , les divers types préalablement soumis à l'exsiccation absolue. »

Toutes les recherches dont nous entretient ici M. Musin seraient, sans contredit , très-intéressantes , mais quelques-unes cependant nous semblent moins utiles que d'autres.

Dans la première question , par exemple , pour rechercher la reprise d'un lin étiré ou d'un lin en écheveaux sortant du séchoir ; d'une part il faudrait alors conditionner des échantillons sous une forme de mèche ou de ruban , qui ne donne lieu à aucune transaction extérieure ; d'autre part , la température des séchoirs n'étant jamais constante , la reprise qu'on pourrait donner au fil retiré directement des perches ne ferait qu'indiquer si le séchoir fonctionne bien ou mal , mais ne pourrait être considérée comme réelle.

Des expériences de ce genre indiqueraient surtout la proportion d'humidité que peut gagner le lin dans les diverses manipulations de la filature , et fourniraient une sorte d'échelle de reprises devant amener au chiffre véritable ; mais , pour qu'elles se rapprochent le plus possible de l'exactitude absolue , il faudrait alors déterminer la reprise des matières directement à leur sortie de chaque métier et sans les transporter au dehors de l'atelier où on les prépare. Ce

travail serait des plus minutieux et difficilement juste ; aussi croyons-nous que , bien que ces données seraient loin de nuire à la détermination du chiffre définitif, il est encore préférable, en cet ordre d'idées, de s'en tenir à la quatrième question posée par M. Musin : déterminer quelle est l'humidité pour cent qu'absorberaient à chaque saison de l'année , pour un étendage uniforme , les divers types préalablement soumis à l'exsiccation absolue.

Nous pensons , en effet , que des expériences nombreuses doivent être faites pour déterminer exactement ces chiffres de reprise , mais nous croyons qu'elles doivent être répétées de préférence seulement sur des types marchands et ayant séjourné un certain temps en magasin ; ceci est surtout vrai pour les fils au mouillé qui ont besoin de laisser évaporer le superflu d'humidité dont on les a arrosés artificiellement au sortir du séchoir , afin de leur rendre , comme on dit , la *main* qu'ils ont perdue. En reprenant les essais faits à Roubaix et à Amiens sur des types commerciaux provenant de diverses manufactures , et en corroborant ensuite les résultats obtenus pour en prendre la moyenne , il nous semble qu'on arriverait tout naturellement à déterminer des reprises assez exactes. Les échantillons fournis par nous étaient-ils dans les conditions ordinaires d'hygrométrie ? Nous l'ignorons , mais ils ont autant que possible été livrés dans leur état normal ; les lins et les fils secs avaient été prélevés directement dans nos magasins , les fils mouillés provenaient de diverses filatures du département.

Jusqu'à un certain point, nous avons examiné dans notre série d'essais à Roubaix , la plupart des types que nous désigne M. Musin. Nous laissons de côté le lin teillé dont nous avons déjà parlé , mais pour le lin peigné ou à l'état de fil , nous avons fourni divers échantillons sur lesquels on a expérimenté.

Nous avons aussi quelque peu étudié quelques-unes des variations pouvant se produire aux différents degrés de crémage du fil , car la reprise a été déterminée sur deux types de nos échantillons pour un même numéro crémé ordinaire et quart blanc. Resterait à opérer sur différents types de 1/2 blancs , 3/4 blancs , blancs parfaits, demi

crémés, etc. et ici surtout ressort la nécessité d'expériences nombreuses.

Enfin, pour déterminer si les fils de long brin prennent ou conservent l'humidité exactement comme les fils d'étope, il serait facile de s'en rendre compte par des pesées directes et comparatives sur des échantillons en lin et en étoupe, amenés l'un et l'autre à un degré d'exsiccation équivalent et arrosés ensuite d'une égale quantité d'eau. Mais il nous semble cependant que l'un doit tout naturellement être plus hygrométrique que l'autre, le lin n'étant formé, comme on le sait, que de fibres parallèles; et les étoupes de filaments enchevêtrés les uns dans les autres, formant éponge en quelque sorte et présentant une surface plus grande à l'action capillaire.

Nous pensons en outre pouvoir affirmer que les chiffres que nous a fournis M. Musin et qu'il juge lui-même peu approximatifs, ne peuvent, il est vrai, faire jusqu'ici force de loi, parce qu'ils ne sont que le résultat de premières expériences, mais peuvent être regardés comme très-approchants de la reprise exacte.

C'est qu'en effet, nos essais terminés, nous eûmes connaissance que des expériences similaires aux nôtres avaient été faites antérieurement à Amiens et que les résultats définitifs différaient très-peu des reprises que nous avons obtenues à Roubaix.

Faits en 1867, par M. Bénard, directeur du bureau de conditionnement d'Amiens, de concert avec M. Roger, président du comité des fils et tissus, sur des échantillons fournis par la Société Linière de Pont-Remy, ces essais durèrent une année entière. On expérimenta en premier lieu sur 14 échantillons de fils, lins et chanvre, de deux façons différentes; tout d'abord, directement après les avoir reçus; puis, une seconde fois, après 15 jours de reprise sur une base de température de 15 degrés centigrades et d'humidité normale de 80 degrés. On conditionna ensuite de la même manière 6 types de fils, de jute, étoupe, chanvre et lin crémé.

Ces expériences, comme on le voit, avaient été tout d'abord conduites comme nous l'avions fait nous-même. Elles avaient eu lieu ensuite d'une façon tout autre, mais que pour arriver à de justes résultats, nous nous étions proposé, comme nous l'avons dit plus haut, d'imiter en tous points; afin qu'après avoir pris comme base première la dessiccation à l'absolu, nous contrôlions nos essais d'après un second point de départ indiquant une absorption d'humidité dans un état fixe de sèche moyenne.

Il était donc nécessaire, et nous le fîmes aussitôt, de nous adresser à un bureau de conditionnement autre que celui de Roubaix pour répéter les expériences faites dans cette dernière ville, mais en opérant sur des échantillons qui auraient séjourné un certain temps dans des appartements dont la température et l'hygrométrie normales auraient été maintenues et vérifiées en même temps au moyen des instruments d'usage.

Nous croyons cependant utile avant de donner connaissance au comité de nos nouveaux essais, de citer telles qu'elles ont été conduites, les expériences d'Amiens.

Voici le résultat de la première épreuve qui représente le détail de 14 expériences faites sur quatre parties de fil de lin, neuf parties de lin teillé et une partie de chanvre, de provenances différentes :

| DÉSIGNATION DES LOTS.               | POIDS D'ENTRÉE<br>dans le bureau<br>de<br>conditionnement. | POIDS<br>reconnus<br>après la sèche<br>à l'absolu. | FORTE<br>au cent. |
|-------------------------------------|--|--|-------------------|
| Fil de lin gris . . . . .           | 4 <sup>k</sup> 509 <sup>gr</sup> .350 <sup>m</sup> .       | 4 <sup>k</sup> 332 <sup>gr</sup> .400              | 41.723            |
| Fil de lin crémé. . . . .           | 4.122 900  | 4.043 450  | 9.773             |
| Fil de lin 1/4 blanc. . . . .       | 4.099 500  | 0.999 650  | 9.084             |
| Fil de lin gris écru. . . . .       | 0.984 450  | 0.869 400  | 41.690            |
| Lin teillé de Saint-Quentin . . . . | 0.946 400  | 0.796 550  | 43.049            |
| Lin teillé, H D, de Russie, Pernaü  | 4.144 950  | 4.002 400  | 42.476            |
| Lin teillé d'Ailly (Somme). . . . . | 4.133 000  | 4.170 500  | 42.190            |
| Lin teillé du Vimeux. . . . .       | 4.162 450  | 4.007 350  | 43.342            |
| Lin teillé d'Eu. . . . .            | 4.004 750  | 0.867 700  | 43.384            |
| Lin teillé d'Irlande. . . . .       | 0 886 750  | 0.774 700  | 42.636            |
| Lin teillé d'Arkangel. . . . .      | 4.044 300  | 0.887 750  | 42.216            |
| Chanvre teillé. . . . .             | 0.785 850  | 0.687 900  | 42.464            |
| Lin teillé de Caux. . . . .         | 0.732 900  | 0.647 700  | 44.625            |
| Lin teillé de Bergues. . . . .      | 0.044 250  | 0.896 900  | 43.863            |

Les mêmes lots ont servi aux mêmes essais après avoir séjourné pendant 15 jours, dans un local à l'abri des courants d'air, à la température de 80 degrés à l'hygromètre et 15 degrés au thermomètre centigrade. Les résultats obtenus ont été les suivants :

| DÉSIGNATION DES LOTS.                 | POIDS<br>invariables<br>après 15 jours<br>de reprise<br>à 15° centigrades<br>et 80°<br>hygrométriques. | POIDS<br>reconnus<br>après<br>la 2 <sup>e</sup> opération<br>de sèche<br>à l'absolu. | PERTE<br>au cent. |
|---------------------------------------|--|--|-------------------|
| Fil de lin gris. . . . .              | 1.482 <sup>gr</sup> .500   | 1.332 <sup>gr</sup> .400   | 10.124            |
| Fils de lin crémé. . . . .            | 1.114 450  | 1.013 450  | 9.089             |
| Fil de lin 1/4 blanc. . . . .         | 1.092 800  | 0.999 650  | 8.523             |
| Fils de lin gris éçu. . . . .         | 0.961 500  | 0.869 400  | 9.609             |
| Lin teillé de Saint-Quentin . . . . . | 0.885 250  | 0.796 550  | 10.019            |
| Lin teillé HD, de Russie, Pernau      | 1.108 000  | 1.002 400  | 9.557             |
| Lin teillé d'Ailly (Somme). . . . .   | 1.297 050  | 1.170 500  | 9.756             |
| Lin teillé du Yimeux. . . . .         | 1.114 000  | 1.007 350  | 9.573             |
| Lin teillé d'Eu. . . . .              | 0.962 400  | 0.867 700  | 9.811             |
| Lin teillé d'Irlande. . . . .         | 0.857.600  | 0.774 700  | 9.666             |
| Lin teillé d'Arkangel. . . . .        | 0.987 700  | 0.887 750  | 10.119            |
| Chanvre teillé. . . . .               | 0.774 550  | 0.687 900  | 10.844            |
| Lin teillé de Caux . . . . .          | 0.720 300  | 0.647 700  | 10.079            |
| Lin teillé de Bergues. . . . .        | 0.999 800  | 0.896 900  | 10.292            |

Il est résulté de cette seconde expérience que la moyenne des différentes pertes à l'absolu a pu être déduite comme suit :

|  |        |     |
|--|--------|-----|
| Fil de lin gris . . . . .                      | 10,124 | %   |
| — éçu. . . . .                                 | 9,609  | »   |
| — crémé . . . . .                              | 9,089  | »   |
| — 1/4 blanc. . . . .                           | 8,523  | »   |
| Lins teillés de France, Irlande, Russie, etc.. | 10,    | » » |
| Chanvres teillés. . . . .                      | 11,    | » » |

Voici les résultats de la troisième série d'expériences sur des échantillons de jute, étoupe et lin crémé.

| DÉSIGNATION DES LOTS.                | POIDS D'ENTRÉE<br>au bureau<br>de<br>conditionnement. | POIDS<br>reconnu<br>après la sèche<br>à l'absolu. | PERTE<br>au cent. |
|--------------------------------------|---|---|-------------------|
| Fil de jute. . . . .                 | 0.526 <sup>gr</sup> .700                              | 0.442 <sup>gr</sup> .750                          | 15.933            |
| Fil d'étoupe. . . . .                | 0.530 400   | 0.472 250   | 10.963            |
| Fil d'étoupe sec gris . . . . .      | 0.657 900   | 0.589 000   | 10.472            |
| Fil de chanvre mouillé gris. . . . . | 0.560 350   | 0.493 150   | 11.992            |
| Fil de lin crémé. . . . .            | 0.570 350   | 0.523 200   | 8.266             |
| Fil de lin crémé . . . . .           | 0.480 350   | 0.452 250   | 5.849             |

Ces mêmes échantillons après 15 jours de reprise dans les conditions ordinaires ont amené :

| DÉSIGNATION DES LOTS.                | POIDS<br>invariables<br>après 15 jours<br>de reprise<br>à 15° centigrades<br>et 80°<br>hygrométriques. | POIDS<br>reconnu<br>après la sèche<br>à l'absolu,<br>2 <sup>e</sup> opération. | PERTE<br>au cent. |
|--------------------------------------|--|--|-------------------|
| Fil de jute. . . . .                 | 0.507 <sup>gr</sup> .550   | 0.442 <sup>gr</sup> .750   | 12.766            |
| Fil d'étoupe. . . . .                | 0.534 200  | 0.472 250  | 11.596            |
| Fil d'étoupe sec gris . . . . .      | 0.664 950  | 0.589 000  | 11.421            |
| Fil de chanvre mouillé gris. . . . . | 0.559 950  | 0.493 150  | 11.929            |
| Fil de lin crémé . . . . .           | 0.584 650  | 0.523 200  | 10.049            |
| Fil de lin crémé. . . . .            | 0.502 950  | 0.452 250  | 10.080            |

Ce qui a permis de déduire les reprises suivantes :

|                       |        |   |
|-----------------------|--------|---|
| Fils de jute. . . . . | 13     | % |
| — chanvre . . . . .   | 12     | % |
| — étoupe. . . . .     | 11 1/2 | % |
| — lin . . . . .       | 10     | % |

Il est à remarquer que les échantillons soumis aux expériences indiquées dans le dernier tableau avaient repris leur poids réel et normal avant d'être soumis à la seconde épreuve de dessiccation.

MM. Bénard et Roger ont terminé toutes ces expériences en vérifiant sur deux types de fil de lin et sur deux autres de phormium, quelle était l'influence que pouvaient exercer sur ces quatre échantillons les variations de température et la quantité d'humidité contenue dans l'atmosphère. Nous n'aurons garde d'oublier ces essais qui répondent entièrement à l'une des principales questions posées plus haut par M. Musin :

| DATE<br>des<br>EXPÉRIENCES. | POIDS. | THERMOMÈTRE. | HYGROMÈTRE. | PERTE<br>A L'ABSOLU<br>au cent. |                 |
|-----------------------------|--------|--------------|-------------|---------------------------------|-----------------|
| <b>Fil de lin.</b>          |        |              |             |                                 |                 |
| 1866                        | k°     | deg.         | deg.        |                                 | Poids d'entrée. |
| 23 juin . . . . .           | 16.602 | 23           | 70          | 9.60                            |                 |
| 25 — . . . . .              | 16.639 | 22           | 72          | 9.80                            |                 |
| 4 juillet . . . . .         | 16.634 | 22           | 80          | 9.77                            |                 |
| 28 — . . . . .              | 16.639 | 23           | 82          | 9.80                            |                 |
| 7 août . . . . .            | 16.639 | 23           | 85          | 9.80                            |                 |
| 28 septembre . . .          | 16.788 | 16           | 100         | 10.60                           |                 |
| 13 octobre . . . . .        | 16.759 | 14           | 92          | 10.45                           |                 |
| 8 novembre . . .            | 16.745 | 15           | 95          | 10.37                           |                 |
| <b>Fil de phormium.</b>     |        |              |             |                                 |                 |
| 23 juin . . . . .           | 21.880 | 23           | 70          | 17.20                           | Poids d'entrée. |
| 25 — . . . . .              | 21.750 | 22           | 72          | 16.70                           |                 |
| 4 juillet . . . . .         | 21.236 | 22           | 80          | 14.68                           |                 |
| 28 — . . . . .              | 20.680 | 23           | 82          | 12.40                           |                 |
| 7 août . . . . .            | 20.681 | 23           | 85          | 12.40                           |                 |
| 28 septembre . . .          | 20.698 | 16           | 100         | 12.47                           |                 |
| 13 octobre . . . . .        | 20.658 | 14           | 92          | 12.30                           |                 |
| 8 novembre . . .            | 20.656 | 15           | 95          | 12.29                           |                 |

Comme on le voit par ce tableau, les mêmes épreuves ont été faites sur 16 k. 602 de fil de lin et sur 21 k. 880 de fil de phormium. La première de ces matières étant en état de sursèche, a toujours de plus en plus excédé en poids; la seconde, trop humide, a perdu de son poids primitif au fur et à mesure qu'elle est rentrée dans son état moyen d'évaporation lors de la sèche à l'absolu.

Ici se sont arrêtées les expériences d'Amiens. A notre tour d'indiquer les résultats que nous avons obtenus à Paris.

Il était nécessaire, avons-nous dit, qu'une troisième série d'essais vint confirmer tous ces résultats et nous n'avons pas cru mieux faire que de nous adresser à la Condition de Paris. Dans tout ce qui regarde les questions de conditionnement, l'opinion d'un savant tel que M. Persoz, nous semblait non seulement utile, mais indispensable.

Nous écrivîmes donc à M. Persoz que la Société industrielle désirait connaître, à titre de renseignement, le véritable titre hygrométrique des lins et fils de lin, et que nous avions recours à son obligeance habituelle pour le prier de soumettre à l'exsiccation dans ses appareils, divers types que nous lui enverrions. Nous lui soumîmes en même temps les résultats trouvés à Amiens et à Roubaix, afin de le renseigner sur les travaux déjà faits à ce sujet.

M. Persoz nous répondit qu'il se mettait entièrement à la disposition de la Société, mais il émit l'avis qu'il serait à propos de recommencer les expériences d'Amiens et de Roubaix d'une façon aussi différente que possible, la comparaison des résultats obtenus n'en devant être que plus intéressante. Il nous pria donc de lui envoyer des échantillons de lin pesant au moins quelques centaines de grammes et un assez grand nombre de types en fil, qui lui serviraient à déterminer si la reprise devait être exactement la même pour les gros comme pour les fins numéros.

Nous nous rendîmes donc à Paris emportant avec nous les échantillons d'essai. M. Persoz nous fit observer que si nous voulions

connaître la proportion d'humidité que contient le lin après les diverses manipulations de la filature, il eût été préférable de prendre la matière textile au sortir de chaque métier. Il aurait fallu, nous dit-il, l'introduire alors dans des boîtes métalliques hermétiquement closes, ou plutôt en peser un échantillon sérieux dans l'atelier même de préparation à l'aide d'une balance de précision installée à l'avance. Alors, l'échantillon une fois pesé aurait été enveloppé avec soin pour qu'il n'en fût rien distrait et eût attendu impunément le moment de son expédition. On aurait opéré de cette façon sur du lin dans les diverses phases de la filature et sur d'autres types, et les échantillons isolés les uns des autres et étiquetés auraient été envoyés à la condition. M. Persoz se proposait alors de les exposer bien ouverts dans divers locaux, à la cave, au sous-sol, dans la salle d'appareils, etc. ; de les peser dans chaque endroit après un séjour de deux jours au plus et d'en noter le poids chaque fois. Ces déterminations étant faites, il aurait pris les poids absolus des échantillons et en aurait conclu, à l'aide des poids primitifs trouvés (tant à l'origine que dans le cours des expériences), les quantités d'humidité correspondant à chaque cas particulier.

Outre les remarques déjà faites sur ces divers points d'après la lettre de M. Musin citée plus haut, nous répondîmes à M. Persoz que croyions ne pas devoir regretter notre manière d'agir par des considérations basées sur le commerce de la matière première elle-même et qu'il nous semblait moins utile de conditionner les lins et fils dans l'état où il le désirait, que d'opérer sur des matières prises directement dans les manufactures. Nous lui fîmes observer qu'en effet le degré d'humidité que pouvait contenir un lin sous forme de ruban, de mèche ou de fil, dépendait tout autant de la manière dont on avait traité la matière première avant de la transformer en produit manufacturé, que des manipulations dont cette matière était l'objet en fabrication. Ainsi certains filateurs, avant même de peigner le lin, le font séjourner longtemps dans des magasins très-aérés et par suite en butte à toutes variations hygrométri-

ques ; d'autres l'abandonnent dans une cave humide lorsqu'il sort de l'atelier de peignage ; d'autres enfin l'emploient directement au sortir de la peignerie. Toutes ces différentes manipulations ne pouvaient faire que d'amener des résultats très-divers. Nous ajoutâmes en outre que cette humidité pouvait encore dépendre de la manière de filer et même de la construction des ateliers : d'une part , les fils secs et les fils au mouillé ne prendraient jamais , au sortir des manufactures , une quantité d'eau équivalente ; d'autre part, de deux filatures au mouillé, si dans l'une d'elles la salle de filature ne se trouvait pas suffisamment séparée de l'atelier des préparations , l'atmosphère épaisse de vapeur qui proviendrait du chauffage des bacs ne pourrait manquer d'influencer sur la matière sèche préparée. Nous terminâmes en disant que les résultats trouvés dans la filature même différeraient sensiblement dans celles où l'on emploierait des lins rouis à l'eau d'avec d'autres où domineraient les mélanges de lins rouis sur pré et de lins rouis à l'eau.

M. Persoz voulut bien se rendre à nos raisons , mais il se promit cependant d'opérer sur des échantillons placés dans divers locaux , dont l'état hygrométrique moyen lui serait indiqué par avance au moyen d'hygromètres de divers genres placés à cet effet.

De nombreuses expériences commencèrent à Paris peu de temps après. Il nous suffira , pour en indiquer les résultats et montrer la manière dont elles ont été conduites , de reproduire la lettre suivante que nous reçûmes peu de temps après de M. Persoz :

« J'ai l'honneur de vous adresser le tableau résumant les essais que j'ai entrepris sur quelques échantillons de lin mis par vous à ma disposition, à l'effet de déterminer, s'il était possible, le chiffre de reprise applicable à ce textile dans les circonstances ordinaires. Des expériences du même genre ayant déjà été faites par les habiles directeurs des Conditions de Roubaix et d'Amiens, j'ai cru devoir

essayer de donner aux miennes un caractère un peu différent et, pour éclairer mieux votre opinion, d'étudier la question à un point de vue général.

» Ainsi que j'ai eu l'avantage de vous en informer, au lieu de déterminer le poids primitif des échantillons de lin, puis leur poids après dessiccation absolue, mon programme consistait à peser ces échantillons après les avoir étendus un temps suffisant dans différents locaux présentant des conditions d'humidité et de température variables. On devait obtenir de cette façon une série de poids correspondant aux diverses phases de l'expérience.

» Après cela seulement on devait déterminer le *poids absolu* des échantillons et en déduire la proportion d'eau pour chaque cas particulier. Ce moyen permettait de suivre les variations que peut subir un même échantillon selon les circonstances atmosphériques, et de se prononcer, en connaissance de cause, pour l'adoption de tel chiffre de reprise de préférence à tel autre.

» Les échantillons sur lesquels j'ai opéré sont au nombre de 9. Bien que j'en eusse davantage à ma disposition, j'ai cru devoir me borner à ces seuls types, les autres étant d'un poids trop faible pour offrir des garanties de précision suffisantes lors de l'expérience.

» Ces 9 échantillons ont été étalés, bien ouverts et côte à côte, successivement dans six locaux différents où ils ont séjourné chaque fois 48 heures. On avait suspendu dans le voisinage des échantillons deux hygromètres, l'un à cadran, l'autre vertical (hygromètre à cheveu de Saussure). La température était indiquée par un bon thermomètre gradué sur tige.

» Dans la partie gauche du tableau qui accompagne ma lettre se trouvent inscrits les noms des locaux et, ce qu'on pourrait appeler leurs conditions atmosphériques. A droite, sur les lignes en regard figurent les poids reconnus à chaque échantillon et à côté la proportion d'eau pour cent et la reprise correspondante. Chaque phase de l'expérience se trouve ainsi résumée sur une seule ligne horizontale.

» Vous remarquerez aisément qu'il existe pour les échantillons des variations de poids assez considérables ; et que les écarts dans la proportion d'eau s'élèvent entre les termes extrêmes jusqu'à près de 4 p.‰. Il serait donc téméraire de chercher à établir le chiffre de reprise du lin sur l'essai d'un simple échantillon et sans connaître les conditions dans lesquelles il s'est trouvé placé.

» Le tableau montre que le lin de Pernau a un pouvoir hygrométrique inférieur à celui du lin de Riga, que ce dernier est à son tour inférieur à celui du lin de Picardie. Les étoupes russes et les émou-chures picardes sont elles-mêmes plus hygrométriques que les échantillons précédents. Quant aux fils de lin jaune et d'étope, ils se rapprochent sensiblement des premiers types. Enfin, le fil de jute est de tous les échantillons le plus hygrométrique et celui qui a subi les plus grandes variations.

» Après avoir déterminé le poids des échantillons desséchés à l'absolu, on les a étendus de nouveau dans le cabinet du directeur et deux jours après on les a repesés. Les résultats inscrits dans la partie additionnelle du tableau prouvent que ces échantillons étaient loin d'avoir repris la proportion d'eau normale et il est à supposer qu'ils ne pourraient plus la reprendre, par suite des modifications qu'a dû exercer la chaleur de l'étuve sur les propriétés hygrométriques des matières albumineuses et gommo-résineuses qui font corps avec la fibre du lin ; commencer la série des expériences que j'ai indiquées en prenant ce poids absolu des échantillons aurait donc été une grande erreur.

» Il ressort aussi de l'observation précédente que des lins bien dépouillés de leurs impuretés, c'est-à-dire lessivés et blanchis, ne présenteraient plus les mêmes propriétés et auraient un chiffre de reprise différent. »

## RÉSULTATS D'EXPÉRIENCES ENTREPRISES AU POUR DÉTERMINER LA PROPORTION

| LIEU<br>d'exposition.   | Durée de l'exposition. | Température. |           | Degrés<br>de<br>l'hygro-<br>mètre. | LIN PERNAU<br>Poids absolu<br>= 209gr.800. |           |                            | LIN DE RIGA<br>Poids absolu<br>= 191gr.400. |           |                            | LIN DE PICARDIE<br>Poids absolu<br>= 222gr.450. |           |                            | ÉTOUPES RUSSES<br>Poids absolu<br>= 21gr.100. |           |                            |
|---|------------------------|--------------|-----------|------------------------------------|--|-----------|----------------------------|---|-----------|----------------------------|---|-----------|----------------------------|---|-----------|----------------------------|
|   |                        | à cadran.    |           |                                    | Poids.                                     | Eau<br>%. | Reprise<br>correspondante. | Poids.                                      | Eau<br>%. | Reprise<br>correspondante. | Poids.  | Eau<br>%. | Reprise<br>correspondante. | Poids.  | Eau<br>%. | Reprise<br>correspondante. |
|   |                        | vertical.    | à cadran. |                                    |  |           |                            |   |           |                            |   |           |                            |   |           |                            |
| Magasin ad-<br>jacent à la<br>salle de<br>mainten-<br>tion .....    | h.<br>48               | 13°          | 68        | 66                                 | 228.750                                    | 8.28      | 9.03                       | 209.900                                     | 8.81      | 9.14                       | 245.250   | 9.29      | 10.24                      | 23.300  | 9.44      | 10.42                      |
| Salle des ap-<br>pareils de<br>dessicca-<br>tion .....              | 48                     | 19           | 74        | 72                                 | 232.320                                    | 9.69      | 10.73                      | 211.850                                     | 9.65      | 10.68                      | 248.550   | 10.50     | 11.72                      | 23.720  | 11.04     | 10.41                      |
| Cabinet du<br>directeur.  | 48                     | 15           | 76        | 75                                 | 233.100                                    | 9.99      | 11.10                      | 213.000                                     | 10.14     | 11.29                      | 250.100   | 11.05     | 12.42                      | 23.800  | 11.34     | 12.79                      |
| Petite salle<br>non chauf-<br>fée don-<br>nant sur la<br>cour ..... | 48                     | 8            | 79        | 79                                 | 232.640                                    | 9.81      | 10.88                      | 213.090                                     | 10.17     | 11.33                      | 250.040   | 11.03     | 12.40                      | 23.840  | 11.49     | 12.98                      |
| Cave .....  | 48                     | 13           | 82        | 82                                 | 236.990                                    | 11.47     | 12.96                      | 217.340                                     | 11.93     | 13.55                      | 254.060   | 12.45     | 14.22                      | 24.140  | 12.59     | 14.40                      |
| Sous-sol ...  | 48                     | 10           | 89        | 89                                 | 237.690                                    | 11.73     | 13.29                      | 217.340                                     | 11.93     | 13.55                      | 254.590   | 12.62     | 14.44                      | 24.200  | 12.80     | 14.69                      |
|   |                        |              |           |                                    | Moyen <sup>es</sup>                        | 10.46     | 11.33                      |   | 10.44     | 11.59                      |   | 11.16     | 12.57                      |   | 11.45     | 12.94                      |
| Après des-<br>siccation<br>à l'absolu<br>cabinet du<br>directeur.   | 48                     | 15           | 75        | 74                                 | 224.890                                    | 6.70      | 7.19                       | 205.640                                     | 6.95      | 7.41                       | 239.640   | 7.17      | 7.72                       | 22.690  | 7.00      | 7.53                       |

**BUREAU DE CONDITIONNEMENT DE PARIS**  
**D'EAU NORMALE DU LIN ET DU JUTE.**

| <b>ÉMOUCHURES<br/>PICARDES</b><br>Poids absolu<br>= 32gr.000. |        |                         | <b>FIL DE LIN JAUNE<br/>N° 22</b><br>Poids absolu<br>= 113gr.400. |        |                         | <b>FIL DE LIN JAUNE<br/>N° 25</b><br>Poids absolu<br>= 103gr.950. |        |                         | <b>FIL D'ÉTOUPE<br/>N° 25</b><br>Poids absolu<br>= 84gr.000. |        |                         | <b>FIL DE JUTE<br/>N° 4</b><br>Poids absolu<br>= 90gr.500. |        |                         |
|---|--------|-------------------------|---|--------|-------------------------|---|--------|-------------------------|--|--------|-------------------------|--|--------|-------------------------|
| Poids.  | Eau %. | Reprise correspondante. | Poids.  | Eau %. | Reprise correspondante. | Poids.  | Eau %. | Reprise correspondante. | Poids.   | Eau %. | Reprise correspondante. | Poids.   | Eau %. | Reprise correspondante. |
| gr.   |        |                         | gr.   |        |                         | gr.   |        |                         | gr.  |        |                         | gr.  |        |                         |
| 35.750  | 10.48  | 11.71                   | 124.400   | 8.84   | 9.70                    | 114.400   | 9.13   | 10.05                   | 92.650   | 9.33   | 10.29                   | 101.100  | 10.48  | 11.71                   |
| 36.100  | 11.35  | 12.81                   | 125.300   | 9.49   | 10.49                   | 115.350   | 9.88   | 10.96                   | 93.400   | 10.06  | 11.19                   | 101.950  | 11.22  | 11.65                   |
| 36.400  | 12.08  | 13.75                   | 125.700   | 9.78   | 10.84                   | 115.500   | 10.00  | 11.11                   | 93.400   | 10.06  | 11.19                   | 101.900  | 11.19  | 12.59                   |
| 36.190  | 11.58  | 13.09                   | 126.540   | 10.38  | 11.58                   | 116.440   | 10.72  | 12.01                   | 94.290   | 10.91  | 12.25                   | 103.190  | 12.29  | 14.02                   |
| 36.750  | 12.92  | 14.84                   | 127.690   | 11.11  | 12.60                   | 117.760   | 11.72  | 13.28                   | 95.340   | 11.59  | 13.50                   | 104.410  | 13.32  | 15.37                   |
| 36.850  | 13.16  | 15.15                   | 128.490   | 11.74  | 13.30                   | 118.400   | 12.20  | 13.90                   | 95.920   | 12.42  | 14.16                   | 105.200  | 13.97  | 16.24                   |
|   | 11.93  | 13.57                   |   | 10.22  | 11.41                   |   | 10.61  | 11.88                   |  | 10.77  | 12.09                   |  | 12.08  | 13.59                   |
| 36.640  | 7.62   | 8.25                    | 122.290   | 7.27   | 7.83                    | 112.460   | 7.56   | 8.18                    | 80.690   | 7.37   | 7.96                    | 97.840   | 7.50   | 8.11                    |

Il nous reste pour notre part, à tirer une conclusion de toutes les expériences dont nous avons rendu compte, et qui ont eu pour objet le conditionnement des lins.

D'une part, de l'ensemble des expériences d'Amiens, qui sont les plus anciennes, il résulte que l'on pourrait, sans inconvénient, d'après MM. Roger et Bénard, considérer la moyenne des pertes à l'absolu ainsi qu'il suit :

|    |     |    |   |                                   |
|----|-----|----|---|-----------------------------------|
| 12 | 1/2 | p. | ‰ | sur les fils de jute et phormium, |
| 12 | »   |    | ‰ | — de chanvre,                     |
| 11 | 1/2 |    | ‰ | — d'étoupe,                       |
| 10 | »   |    | ‰ | — de lin écru,                    |
| 9  | »   |    | ‰ | — crévés et blanchis,             |
| 10 | »   |    | ‰ | sur les lins teillés,             |
| 11 | »   |    | ‰ | sur les chanvres teillés.         |

Mais comme les reprises au conditionnement se calculent d'ordinaire sur le poids restant après la perte à l'absolu, il faudrait, pour compenser cette différence, fixer les reprises de la manière suivante :

|    |     |    |   |                                   |
|----|-----|----|---|-----------------------------------|
| 13 | 1/2 | p. | ‰ | sur les fils de jute et phormium, |
| 13 | »   |    | ‰ | — de chanvre,                     |
| 12 | 1/2 |    | ‰ | — d'étoupe,                       |
| 11 | »   |    | ‰ | — de lin écru,                    |
| 10 | »   |    | ‰ | sur les fils crévés et blanchis,  |
| 11 | »   |    | ‰ | sur les lins teillés,             |
| 12 | »   |    | ‰ | sur les chanvres teillés.         |

D'autre part, des expériences faites à Roubaix par M. Musin, nous pouvons tirer comme moyenne des reprises les chiffres suivants, en faisant observer qu'ils ont été déterminés sur des échantillons qui ne pouvaient alors se trouver dans les mêmes conditions, et qui avaient été soumis à des variations hygrométriques très-diverses :

|       |     |                         |
|-------|-----|-------------------------|
| 14.25 | °/o | sur les fils de jute,   |
| 11.59 | —   | d'étoupe au sec,        |
| 11.50 | —   | — au mouillé,           |
| 12.69 | —   | de lin au sec,          |
| 11.45 | —   | — au mouillé,           |
| 10.33 | —   | crémés et blanchis,     |
| 12.20 | —   | lins rouis à l'eau,     |
| 12.77 | —   | — sur terre,            |
| 13.00 | —   | étoupes rouies à l'eau, |
| 14.14 | —   | — sur terre.            |

Enfin, les chiffres de reprise ont été fixés comme suit sur les 9 échantillons mis à l'essai par M. Persoz :

|   |                              |              |
|---|------------------------------|--------------|
| 1 | Lin de Pernau. . . . .       | 11.33 p. °/o |
| 2 | — Riga . . . . .             | 11.59        |
| 3 | — Picardie. . . . .          | 12.57        |
| 4 | Étoupes russes. . . . .      | 12.94        |
| 5 | Émouchures picardes. . . . . | 13.57        |
| 6 | Fil jaune N° 22. . . . .     | 11.44        |
| 7 | — N° 25. . . . .             | 11.88        |
| 8 | Fil d'étoupe N° 25 . . . . . | 12.09        |
| 9 | Fil de jute. . . . .         | 13.59        |

Des données fournies par ces expériences, nous pouvons tirer comme conclusion :

1° Que les fils de jute et de phormium, vu leur grosseur relative et la surcharge que l'on est obligé de leur donner en filature, peuvent être regardés comme très-hygrométriques, et que le chiffre de reprise le plus approximatif, déterminé à majorité entre les trois bureaux de conditionnement, peut être fixé à 13 3/4 p. °/o.

|                  |            |
|------------------|------------|
| Amiens . . . . . | 13 1/2 °/o |
| Paris . . . . .  | 13.59 °/o  |
| Roubaix. . . . . | 14.25 °/o  |

2° Que la reprise moyenne des lins en général peut-être fixée entre 11 1/2 et 12 1/2 p. ‰, le chiffre le plus bas se rapportant aux lins rouis à l'eau, et le plus haut aux lins rouis sur terre qui sont les plus hygrométriques. Le bureau d'Amiens fixe 11 ‰ pour tous les lins teillés qu'il a examinés, mais ce chiffre est le résultat d'une moyenne entre plusieurs sortes, et a été déterminé sans que l'on ait tenu compte de l'influence que le mode de préparation pouvait exercer sur la filasse; on peut voir cependant, d'après les tableaux de MM. Roger et Bénard, que la quantité d'eau pour cent contenue dans les lins d'Ailly et du Vimeux est plus forte que celle des lins d'Arkhangel et de Pernau. Ceci s'explique par la quantité de chevenotte et surtout de matières gommeuses qui restent attachées aux fibres des lins rouis sur terre, et ressort d'ailleurs des chiffres suivants :

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| Roubaix. — Lin Picard . . . . .  | 12.33 |
| — — Lin blanc Pernau . . . . .   | 11.77 |
| Paris . . — Lin Picard . . . . . | 12.57 |
| — — Lin Riga. . . . .            | 11.59 |

3° Que les étoupes, vu l'enchevêtrement des fibres, qui les constituent, et, par suite, la surface plus grande qu'ils présentent à l'action capillaire, sont plus hygrométriques que le long brin; et qu'entre ces étoupes, celles qui proviennent de lins rouis au pré contiennent plus d'eau ‰ que celles que l'on retire de lins rouis à l'eau. Ce chiffre n'a pas été déterminé par Amiens, mais d'après nos expériences de Roubaix et de Paris, il peut être considéré comme étant de 13 3/4 ‰ pour les premiers et de 13 ‰ pour les secondes :

|   |         |
|---|---------|
| Étoupes rouies à l'eau : Moyenne Roubaix . . .    | 13. » ‰ |
| — — Paris. . . . .                                | 12.94 ‰ |
| Étoupes rouies sur terre : Moyenne Roubaix. . . . | 14.14 ‰ |
| — — Paris. . . . .                                | 13.57 ‰ |

4° Que pour les fils de lin proprement dits la reprise de 11 % fixée par Amiens, et déterminée sur un échantillon unique, ne saurait être rigoureusement admise, car il y a à distinguer ici les fils secs des fils mouillés. D'après nos expériences, le chiffre des premiers peut être fixé à 12 1/2 %, et celui des seconds à 11 1/2 % :

|  |       |
|--|-------|
| Roubaix. — Fil sec N° 20 . . . . .         | 12.69 |
| — — Fil mouillé N° 50 . . . . .            | 11.36 |
| Paris. . . — Fil mouillé jaune N° 22 . . . | 11.44 |
| — — — N° 25 . . . . .                      | 11.88 |

Ceci ressort d'ailleurs de ce fait que les fils mouillés, agglutinés entre eux par la gomme qui les relie sont moins sujets à être pénétrés par l'humidité que les fils secs qui ne présentent en somme que la matière brute réduite en fil par l'effet de l'étirage et de la torsion.

5° Que les fils d'étoupe, pour la raison que nous avons donnée plus haut, sont à peu près dans les mêmes conditions d'hygrométrie que les matières dont ils sont extraits, c'est-à-dire que leur chiffre de reprise est plus élevé que pour le long brin. Ce chiffre de reprise peut être fixé comme il l'a été à Amiens à 12 1/2, d'une manière générale, bien qu'il y ait une légère différence entre le fil sec et le fil mouillé; les données que nous avons obtenues à cet égard sont fort variables.

6° Que le chiffre de reprise des fils crémés et blanchis, c'est-à-dire des fils débarrassés de la plupart de leurs impuretés, peut être considéré comme de 10 %, — les expériences faites à ce sujet s'accordant assez bien ensemble.

7° Pour les chanvres et fils de chanvre sur lesquels nous n'avons pas expérimenté, nous nous en tiendrons aux chiffres donnés par le bureau d'Amiens, à savoir : 12 % pour les premiers et 13 % pour les seconds. Les deux causes principales qui, dans ce cas, influent le plus sur l'élévation des chiffres de reprise, sont ici la grosseur relative des filaments proprement dits et la quantité de matière gommeuse dont ils sont généralement chargés.

Après avoir déduit, d'après toutes les expériences faites dans ce but, les chiffres de reprise les plus approchants, il nous reste à éclaircir un point important dont nous avons déjà entretenu la Société, nous voulons parler de l'utilité du conditionnement des lins. Mais nous devons ici nous guider, non pas d'après notre opinion personnelle, qui serait de peu de poids, mais d'après l'opinion générale des membres du Comité de Filature.

Tous sont d'avis, comme nous l'avons d'ailleurs fait ressortir, que le conditionnement serait difficilement applicable aux lins et aux fils de lin, mais ils ajoutent que la mesure ne leur semblerait que peu pratique. La filature de coton surtout approuve cette manière de voir. De l'opinion des filateurs de coton qui composent le comité, l'application de cette mesure est aujourd'hui pour eux une source d'entraves et d'ennuis perpétuels, aussi la plupart n'en font-ils généralement usage que pour les gros numéros jusqu'au 60 <sup>m</sup>/<sub>m</sub> exclusivement.

Il n'est pas cependant inutile de connaître les chiffres de reprise de ces matières brutes, qui peuvent trouver place, et arriver en dernier ressort en cas de discussions, dans les jugements par expertise; on aurait ainsi, qu'on nous permette de le dire, un nouveau *considérant* qui en vaudrait bien d'autres.

Une restriction doit être faite pour ce qui regarde le conditionnement en douane, dont nous avons plus haut affirmé la nécessité. Veut-on tarifer les produits d'après leur poids exact et mathématique? le conditionnement doit être regardé comme un moyen de contrôle des plus nécessaires; veut-on n'appliquer la taxe que sur le poids trouvé à la bascule, sans tenir compte de la fraude qui peut résulter des propriétés hygrométriques des corps? il ne reste plus qu'à agir comme on l'a toujours fait jusqu'ici.

Alfred RENOARD.

---

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES ET ANALYTIQUES  
SUR LES MACHINES A VAPEUR.

Par M. G. LELOUTRE.

---

Dans sa séance du 30 mai 1873, la Société Industrielle du Nord de la France a entendu la lecture d'un intéressant travail de M. Leloutre, sur les phénomènes de la détente, les condensations dans les cylindres et les effets de l'enveloppe dans les machines à vapeur.

Le 25 novembre 1873, M. Hallauer de Mulhouse adressa, au Président de notre Société, une lettre, par laquelle il affirme avoir été le collaborateur de M. Leloutre.

La Société Industrielle du Nord de la France, désirant rester absolument étrangère à tout débat de cette nature, se bornera à publier en tête du travail en question : 1° la lettre de M. Hallauer; 2° la préface que M. Leloutre vient de faire comme réponse.

---

LETTRÉ ADRESSÉE PAR M. HALLAUER A M. LE PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ  
INDUSTRIELLE DU NORD DE LA FRANCE.

Mulhouse, 25 novembre 1873.

*Monsieur KUHLMANN, Président de la Société Industrielle de Lille.*

Je viens d'apprendre par M. Hirn que M. Leloutre s'est décidé à offrir à votre Société industrielle de publier dans ses Bulletins un travail sur les machines à vapeur, travail pour lequel il m'avait choisi comme collaborateur.

Depuis deux ans que les circonstances nous ont séparés, j'ai continué de mon côté à agrandir le cercle des recherches auxquelles il m'avait associé, et je me suis surtout attaché aux machines horizontales, machines sur lesquelles nous n'avions pas

de renseignements suffisants lorsque je travaillais encore avec M. Leloutre.

C'est ainsi que j'ai été amené à étudier les machines de MM. Sulzer frères, de Winterthur, à soupapes équilibrées, et tout récemment, dans un travail présenté le mois dernier à la Société industrielle de Mulhouse, les machines Corliss construites par M<sup>me</sup> veuve André, de Thann.

J'ai eu soin de présenter le premier travail que j'ai publié comme une simple application de la méthode d'analyse et d'essai que M. Leloutre a dû vous exposer dans tous ses détails, renvoyant mes lecteurs à ce travail que M. Leloutre m'a dit être en voie de publication.

Dans l'analyse des machines Corliss, je me suis naturellement servi pour les égalités entre calories, de formules qui sont développées dans le travail de M. Leloutre, formules que nous devons à l'obligeance de M. Hirn, qui nous a dirigés, M. Leloutre et moi, dans toutes nos recherches.

Dans cette dernière analyse j'ai été amené à traiter la question des enveloppes de vapeur; car, par une heureuse circonstance, j'ai pu faire des expériences sur deux machines de mêmes dimensions, ne différant entre elles que par cet organe essentiel, donnée qui nous manquait encore à l'époque où je travaillais avec M. Leloutre.

Je me fais un devoir de dire que si depuis que nous sommes séparés, M. Leloutre a élucidé dans le même sens que moi la série des effets de l'enveloppe, je suis tout prêt à reconnaître, comme lui revenant de plein droit, tout ce que nous pourrions avoir fait d'identique.

Je n'ai qu'une seule réserve à faire relativement à la proportion des calories utilisées et perdues dans les moteurs que j'ai étudiés.

Cette nouvelle manière de voir, dont l'idée première m'a été donnée par M. Hirn et que je n'ai fait que développer, n'a rien de commun avec la répartition du calorique dans les parois des cy-

lindres , question déjà traitée par M. Leloutre lorsque j'étais son collaborateur.

Enfin je donne , au nom de M. Hirn , un problème fort intéressant comme application de la thermodynamique , et où il établit la provision de chaleur enmagasinée dans les parois d'un cylindre pour faire face à toutes les circonstances du travail.

Guidé par un sentiment naturel de justice , et craignant qu'en ce qui concerne un ensemble de travaux faits d'abord en commun avec un autre , on ne m'attribue ce qui pourrait revenir de droit à mon ancien et affectionné collaborateur , je vous prie , Monsieur le président , de faire insérer cette courte notice historique dans les Bulletins de votre Société industrielle.

Je la publierai de mon côté dans les Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse.

Veillez agréer , Monsieur le président , l'assurance de ma parfaite considération.

O. HALLAUER.

---

## PRÉFACE.

Le travail que j'ai l'honneur d'offrir à la Société Industrielle du Nord de la France , a été commencé à Guebwiller vers la fin de l'année 1865 , il a été continué à Mulhouse en 1869 , repris à Remiremont en 1872 et mis au net dans certaines parties à Gand.

Dans le courant de l'année 1870 j'ai associé à ce travail M. Hallauer , mon ancien élève , employé dès 1869 comme dessinateur dans mon bureau d'ingénieur de Mulhouse.

Il s'est livré avec ardeur à mes recherches et je le remercie de son intelligent concours qui m'a surtout permis d'étendre la série de vérifications auxquelles je devais soumettre mes idées et les résultats déjà obtenus. Il a publié récemment sous son nom seul et malgré

mes recommandations, un petit résumé d'une vingtaine de pages de l'ensemble de mon travail dans les Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse (séance du 30 août 1873).

Dans ce résumé M. Hallauer parle souvent de M. Leloutre, mais il lui fait jouer un rôle subalterne.

Je n'ai pas autorisé cette publication de M. Hallauer sous la forme qu'il lui a donnée; je n'autorise pas davantage toute nouvelle publication d'une partie quelconque détachée de mon travail d'ensemble.

La lettre de M. Hallauer qui se trouve reproduite plus haut, renferme une réclamation au sujet de sa collaboration au mémoire que je publie aujourd'hui. De plus, elle revendique une priorité sur l'analyse des effets de l'enveloppe de vapeur des cylindres, et enfin elle renferme une insinuation.

M. Hallauer, le collaborateur de la dernière ou de l'avant-dernière heure réclame sa part de collaboration, je lui ai rendu justice en la définissant tout-à-l'heure.

M. Hallauer vient de faire une seconde publication (Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse, novembre et décembre 1873), elle donne l'application des méthodes et formules que j'ai établies depuis longtemps alors qu'il travaillait avec moi; je fais, bien entendu, une exception pour la belle étude de thermodynamique qu'il doit à M. Hirn. Dans sa lettre à M. le Président de la Société Industrielle du Nord de la France, M. Hallauer revendique la priorité au sujet d'une méthode d'analyse des effets de l'enveloppe à vapeur.

Voici l'alinéa auquel je m'attache :

« Je me fais un devoir de dire que si depuis que nous sommes  
» séparés, M. Leloutre a élucidé dans le même sens que moi la  
» série des effets de l'enveloppe, je suis tout prêt à reconnaître,  
» comme lui revenant de plein droit, tout ce que nous pourrions  
» avoir fait d'identique. »

Je pourrais renvoyer M. Hallauer à la lettre qu'il m'écrivit le 20 janvier 1873, et il verrait que ses prétentions ont été anéanties,

il y a plus d'un an , par lui-même. Par cette lettre , il me demande l'autorisation de publier son résumé dans lequel il analyse bien réellément les effets de l'enveloppe (1).

Si la mémoire n'a pas servi fidèlement M. Hallauer au sujet de sa lettre du 20 janvier 1873, elle lui fait encore défaut sous un autre rapport.

J'ai effectivement là , sur mon bureau , un immense tableau copié de sa main , et qui résume un an de recherches et de calculs sur l'une des machines de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, à Guebviller.

Ce tableau renferme l'analyse d'un essai du 26 novembre 1868 , il sera inséré dans le troisième chapitre de mon travail.

C'est cet essai qui a servi de point de départ à mes recherches sur les effets de l'enveloppe. Le tableau porte les mêmes entêtes de colonnes que ceux que M. Hallauer a publiés récemment dans le bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse des mois de novembre et décembre 1873.

Si ce tableau ne se rapporte pas à l'analyse des effets de l'enveloppe à quoi aurait-il donc pu servir ?

Je n'ai pas traité l'enveloppe autrement que M. Hallauer, ne l'a traitée après moi. Ce que je n'ai pas fait et ce que je ne pouvais pas faire, c'était de créer une machine identique à celle de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, mais sans enveloppe, pour établir par un nouvel essai fait dans les mêmes conditions que celui du 26 novembre 1868 , l'économie due à la chemise de vapeur ; mais l'analyse des machines avec et sans enveloppe étant faite il était facile de faire la comparaison de ces deux types de machines ; c'est précisément en vue de cette comparaison que j'ai entrepris de longs calculs

Je le félicite d'avoir eu la chance de rencontrer deux moteurs identiques, l'un à enveloppe , l'autre privé de chemise de vapeur,

(1) Études de trois moteurs pourvus d'une enveloppe ou chemise de vapeur, par O. Hallauer. (Extrait du bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse, séance du 30 avril 1873).

Analyse de deux machines Corliss de mêmes dimensions, l'une sans enveloppe ou chemise de vapeur, etc. (Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, novembre et décembre 1873.)

et je lui laisse volontiers la gloire d'avoir appliqué des formules établies il y a plus de trois ans et copiées par lui, ainsi qu'il le reconnaît volontiers dans son premier mémoire.

Il y a pourtant une différence dans la méthode que j'ai employée pour étudier l'enveloppe avec celle que M. Hallauer revendique, pour le moment, comme sienne. Je n'ai pas eu l'occasion de déterminer l'eau entraînée à l'entrée de l'enveloppe. Pour cette détermination il n'y a qu'une seule méthode à employer, c'est la méthode de M. Hirn, que les Ingénieurs qui s'occupent de machines à vapeur connaissent depuis une quinzaine d'années.

Mais, si je n'ai pas déterminé expérimentalement l'eau entraînée à l'entrée de l'enveloppe, je l'ai calculée par une discussion très-épineuse qui m'a conduit à une équation à deux inconnues. Ces deux inconnues sont, le refroidissement par le condenseur ou  $R_c$  et la quantité d'eau entraînée elle-même, à laquelle j'assigne des limites très-rapprochées. De sorte que mes déductions sont dans tous les cas correctes. Cette question a présenté de très-grandes difficultés, et M. Hirn a bien voulu me féliciter de l'avoir résolue.

J'arrive maintenant à une insinuation que renferme la lettre de M. Hallauer à M. le Président de la Société Industrielle du Nord de la France.

M. Hallauer imprime presque à chaque page de sa seconde publication, que lui et moi nous avons été dirigés par M. Hirn.

Que M. Hallauer ait travaillé sous mon impulsion et sous mon initiative, cela est hors de doute, et je possède de nombreux documents écrits de sa main qui le prouvent.

Quant à moi, j'ai eu l'honneur, depuis vingt ans de travailler très-souvent avec M. Hirn, mais je n'ai pas travaillé sous sa direction. Il m'a honoré de son amitié et de sa confiance, mais je n'ai jamais songé à m'approprier les résultats de ses magnifiques travaux. Du reste, si M. Hallauer a travaillé sous la direction de M. Hirn et sous mon impulsion et mon initiative, qu'est-ce qui peut l'autoriser à publier sous son nom seul, les deux mémoires que je viens de citer.

Mon intention avait été de publier mon travail actuel en faisant suivre mon nom de celui de M. Hallauer, mais ce qui s'est passé m'oblige à renoncer à cette idée et à ne donner à M. Hallauer que la part de collaboration qui lui est due.

J'ai partagé mon travail en trois chapitres.

Le premier traite des lois de la détente dans les cylindres des machines à vapeur.

Je dis à dessein *les lois* au lieu de *la loi*, car on calcule aujourd'hui encore le travail disponible sur les pistons en admettant que pendant la détente les pressions suivent la loi de Mariotte ; je démontre facilement par un nombre immense de diagrammes et d'observations calorimétriques entreprises sur une vaste échelle que la loi de Mariotte est radicalement fautive dans ses applications aux machines à vapeur.

Cette loi est exprimée par la relation :

$$\frac{p_n}{p_m} = \frac{v_m}{v_n}$$

Rankine a le premier posé, je crois, une autre loi caractérisée par :

$$\frac{p_n}{p_m} = \left( \frac{v_m}{v_n} \right)^{1,11}$$

Plus récemment MM. Hirn et Cazin, dans des observations tout-à-fait scientifiques, ont trouvé pour la vapeur surchauffée :

$$\frac{p_n}{p_m} = \left( \frac{v_m}{v_n} \right)^{1,33}$$

Mais dans les applications à nos moteurs industriels, ces deux dernières formules seraient encore plus fausses que la loi de Mariotte.

Par de nombreuses recherches je suis arrivé à la conclusion suivante :

Il n'y a pas de loi de détente unique dans les machines indus-

trielles, ou plutôt la loi générale, si l'on parvient à en établir une, varie dans ses effets d'un coup de piston à l'autre.

Quoi qu'il en soit, l'écart des lois posées jusqu'à présent avec les faits tels qu'ils se présentent en pratique est si considérable qu'il n'est plus permis à l'avenir de calculer la puissance d'un moteur à vapeur d'après la loi de Mariotte.

J'ai déjà démontré dans un rapport sur la machine à vapeur surchauffée de M. Hirn (1) que la suite des pressions pendant la détente est représentée très-exactement par la formule générale :

$$\frac{p_n}{p_m} = \left( \frac{v_m}{v_n} \right)^\alpha$$

dans laquelle l'exposant  $\alpha$  est généralement beaucoup plus petit que 4, et que par suite les machines à vapeur ont un rendement pratique beaucoup plus élevé que celui que les constructeurs croient pouvoir garantir.

Quoique la loi de détente soit très-variable, il est pourtant très-facile d'établir pour un système de machines données l'exposant  $\alpha$ , de la puissance qui détermine la loi d'expansion pour des détentes et des pressions connues.

L'ingénieur et le constructeur trouveront donc des indications utiles pour déterminer très-approximativement les éléments indispensables à l'étude d'un projet.

De ces lois de détente j'ai déduit dans le Mémoire sur la machine à vapeur surchauffée de M. Hirn une formule rationnelle pour calculer le travail d'un moteur. Dans le présent ouvrage j'étends cette formule aux machines de Woolf ou à deux cylindres. En m'appuyant sur des résultats d'observations, je donne l'analyse des principales pertes de travail depuis la chaudière jusqu'au condenseur. Je termine le premier chapitre par la vérification expérimentale d'un principe de thermodynamique dû à M. Hirn :

(1) Recherches expérimentales sur les machines à vapeur, par M. G. Leloutre, Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse, avril et mai 1867.

Le deuxième chapitre dont le titre est : *Fuites à travers le piston ou condensation dans le cylindre* » tranche une question capitale de la construction et de l'étude des effets dynamiques et thermiques des machines à vapeur. Tout ce chapitre ainsi que le premier établit d'une façon irréfutable que l'indicateur de Watt est un appareil qui peut supporter la comparaison avec les instruments les plus exacts de nos laboratoires.

L'analyse de plusieurs essais d'une journée de travail industriel établit l'absence de fuites à travers les pistons ou plutôt, fixe à ces fuites des limites réduites à zéro, et rend compte des abondantes condensations contre les parois des cylindres. S'il pouvait exister le moindre doute au sujet des fuites, il serait détruit par des considérations tout-à-fait fondées sur le faible refroidissement que doit subir la masse du cylindre et du piston pour justifier tous les faits analysés depuis l'admission de la vapeur jusqu'à la condensation. Dans le deuxième chapitre se trouve exposée une méthode nouvelle, permettant de calculer très-exactement, à l'aide d'un diagramme et en connaissant l'eau entraînée, la dépense de vapeur et d'eau par coup de piston, sans passer par le jaugeage de l'eau d'alimentation ou de celle du condenseur.

Par une application de cette méthode, on peut déterminer rapidement le degré de détente le plus favorable pour une machine donnée. Ce degré de détente le plus favorable correspond à peu près à une admission pendant le quart de la course d'une machine sans enveloppe. Contrairement aux idées admises jusqu'à ce jour, une détente très-prolongée dans les machines sans enveloppe de vapeur n'est pas économique, mais la différence de vapeur consommée par cheval et par heure ne diffère pas beaucoup d'un degré de détente à un autre. Le temps m'a manqué pour étendre cette même étude aux machines à enveloppes de vapeur. J'ai cependant tout lieu de croire que dans ces dernières machines la marche la plus économique correspond à une détente beaucoup plus prolongée. Les résultats auxquels on pourra arriver par la suite, dépendront nécessairement de l'influence de l'eau entraînée, de celle qui se

condense dans le cylindre, des espaces nuisibles et surtout de la disposition de l'enveloppe de vapeur. Le même chapitre renferme encore l'exposition d'une méthode pour déterminer l'eau entraînée.

Le troisième chapitre renferme une étude sur l'influence de l'enveloppe de vapeur et une analyse de la répartition du calorique par coup de piston et se termine par quelques conclusions pratiques sur la construction des moteurs à vapeur.

Un grand nombre d'observations qui forment la base de ce travail ont été prises sur les machines de MM. N. Schlumberger et Cie, à Guebwiller et sur la machine à vapeur surchauffée de M. Hirn, sur laquelle j'ai publié dans les bulletins de la Société Industrielle de Mulhouse, en avril et mai 1867 un premier mémoire.

M. Hirn m'a non seulement encouragé dans ces longues recherches, mais il a pris le plus grand intérêt à la marche et au développement successif de mon travail.

A fur et à mesure que j'avais, je lui ai soumis le but de mes recherches nouvelles et les résultats obtenus.

Un échange continuel d'idées entre lui et moi faisait souvent naître de nouvelles vérifications, et c'est ainsi que la publication de ce travail a été retardée; finalement, mon départ de l'Alsace a apporté un nouveau retard de deux ans.

J'ai mis hors de doute beaucoup d'idées de M. Hirn, j'ai été souvent heureux de lui voir partager les miennes.

Avant mon départ de l'Alsace, je lui ai remis le manuscrit, il a bien voulu y joindre quelques notes que je me fais un devoir de reproduire.

Je le prie de recevoir l'expression de ma plus sincère gratitude pour les bons conseils qu'il m'a donnés, et pour la part directe qu'il a bien voulu prendre dans quelques observations ainsi que dans la discussion des résultats. Jamais je n'ai voulu conclure avant d'avoir son approbation, et sa bonne et vieille amitié m'a toujours soutenu et encouragé.

Gand (Belgique) 1873.

G. LELOUTRE.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES ET ANALYTIQUES  
SUR LES MACHINES A VAPEUR.

Par M. G. LELOUTRE.

---

Séances des 30 avril et 30 mai 1873.

---

§ 1<sup>er</sup>. INTRODUCTION.

Dans un mémoire sur la machine à vapeur surchauffée de M. Hirn(1), j'ai été conduit à déterminer la loi de la détente de la vapeur dans ce moteur, et à établir une formule propre à rendre compte très-approximativement du travail disponible.

J'ai prouvé, par des diagrammes relevés avec l'indicateur de Watt, que la vapeur surchauffée suivait pendant la détente sensiblement la loi de Mariotte dans les conditions particulières où se trouvait placée la machine et avec une fraction d'introduction fixée à  $f = 0,2344$  de la course du piston.

En faisant travailler la vapeur surchauffée avec un autre degré d'expansion  $f = 0,425$ , les pressions pendant la détente répondaient à une loi différente exprimée par la relation

$$\frac{p_n}{p_o} = \left( \frac{v_o}{v_n} \right)^{0.90}$$

formule dans laquelle  $p_o$  représente la pression de la vapeur dans le cylindre à la fin de l'admission,  $p_n$  celle qui existe en un point quel-

(1) Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, avril et mai 1867. Rapport présenté par M. G. Leloutre, dans la séance du 28 novembre 1866.

conque de la course,  $v_0$  et  $v_n$  les volumes engendrés par le piston depuis l'origine et correspondants à  $p_0$  et  $p_n$ .

Puis, des expériences continuées pendant 8 jours sur un moteur à balancier du système de Woolf, établi chez MM. Wehrlin, Hofer et C<sup>ie</sup>, à Mulhouse (1), me démontrèrent que la loi moyenne de la détente dans le petit cylindre pour  $f = 0,42$ , correspondait très-exactement à la formule :

$$\frac{p_n}{p_0} = \left( \frac{v_0}{v_n} \right)^{0.78}$$

tandis que la loi de Mariotte rendait compte des pressions successives dans le grand cylindre. Enfin, dans les essais entrepris chez M. Hirn en 1864, et publiés ainsi qu'il a été dit plus haut dans les bulletins d'avril et mai 1867 de la Société industrielle de Mulhouse, j'exprimai, page 220, l'idée suivante :

« *La loi des pressions, pendant la détente, doit non-seulement varier dans une certaine mesure d'une machine à une autre, mais encore dans la même machine, selon qu'elle reçoit plus ou moins de vapeur par coup de piston.* »

Des recherches anciennes sur le rendement des moteurs à vapeur m'avaient prouvé, par une autre voie, que la loi de Mariotte, admise *à priori* dans des ouvrages réputés classiques, n'est admissible qu'à la condition de multiplier le travail théorique de la vapeur, basé sur cette loi, par des coefficients très-variables avec la puissance des machines.

Il suffira d'en appeler aux tableaux de ces coefficients reproduits dans des ouvrages spéciaux. Des expériences répétées sur la machine de M. Hirn, et surtout celles que j'ai pu entreprendre sur une vaste échelle sur plusieurs moteurs de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, à

(1) Les expériences n'ont jamais été publiées, mais les résultats principaux ont été communiqués au Comité de mécanique de la Société industrielle de Mulhouse.

Guebwiller, pendant les années 1865, 1866, 1867 et 1868 me firent voir que le rendement pratique des moteurs à vapeur s'élève invariablement aux 90/100 environ du travail théorique sur le piston, à la condition de tenir compte des lois de détente véritables constatées dans les cylindres.

Un fait curieux a éveillé mon attention. Le grand cylindre à enveloppe de vapeur d'une puissante machine de Woolf étant fendu, ainsi que cela arrive malheureusement assez souvent, il s'agissait de le démastiquer et de le remplacer par un cylindre neuf. J'eus l'idée de relever des courbes avec l'indicateur de Watt, d'abord sur le cylindre fendu et quelques jours après sur celui par lequel il a été remplacé.

Les rentrées probables de vapeur de l'enveloppe me faisaient supposer une loi de détente plus favorable dans le premier cas que dans le second. Non-seulement ce fut le contraire que j'eus l'occasion de constater, mais deux diagrammes, pris à quelques minutes d'intervalle, accusèrent des lois de détente fort différentes.

J'eus des doutes très-graves sur la valeur des données fournies par l'indicateur, et j'entrepris alors des vérifications très-déliées sur ces instruments dans le maniement desquels on ne saurait apporter trop de soin. Les appareils dont je me suis servi pour recueillir les nombreux documents formant la base de ces recherches sont au nombre de quatre, construits par MM. Hopkinson et C<sup>ie</sup>, à Huddersfield (Angleterre).

Deux d'entre eux ont servi dans les expériences sur la machine à vapeur surchauffée de M. Hirn sur celle de MM. Wehrlin, Hofer et C<sup>ie</sup> et sur plusieurs autres.

Leurs échelles ont été graduées de deux manières différentes, d'abord en appliquant les appareils sur une chaudière dans laquelle on a poussé lentement la pression de 1 à 5 atmosphères et en mesurant les tensions successives des ressorts (1), puis en chargeant ces ressorts directement de poids. Les résultats de ces deux opérations ont été parfaitement d'accord. Après avoir relevé plus de 4,000

(1) Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, avril et mai 1867, page 183.

courbes avec ces appareils, leurs échelles ont été graduées de nouveau et il a été impossible de constater une différence dans la tension des ressorts. Plus tard et après de nombreuses expériences, ces vérifications ont été reprises deux ou trois fois à des intervalles de plusieurs mois, et les résultats de ces opérations ne différaient entre eux que de quantités insignifiantes.

Pour éviter des erreurs dans les indications des appareils il convient de monter toujours les ressorts de la même manière. Les doubles décimètres en buis ou en ivoire sont généralement mal exécutés et il est difficile d'en trouver dont toutes les divisions coïncident entre elles, c'est pourquoi il est indispensable de se servir toujours de la même mesure comme étalon.

Mais on oppose à l'exactitude des appareils de Watt l'altérabilité des ressorts. Cette critique est-elle réellement bien fondée? On peut répondre à cette objection en dehors de ce qui vient d'être dit par deux exemples. Si l'élasticité de bons ressorts pouvait s'altérer ainsi qu'on le prétend quelquefois, quelle confiance mériteraient donc tous nos instruments chronométriques?

Il est vrai que leurs ressorts ne sont pas soumis à des efforts aussi violents que ceux qui agissent sur les pistons des appareils de Watt, mais il convient d'ajouter que l'influence du moindre défaut d'élasticité serait bien autrement sensible.

Mais prenons un exemple de ressorts qui se trouvent dans des conditions semblables à celles auxquelles sont soumis les indicateurs. Il existe encore aujourd'hui un grand nombre d'anciennes machines à vapeur à détente variable du système de J.-J. Meyer. En Alsace surtout on peut en trouver un grand nombre. Dans ces moteurs la détente est réglée par des soupapes coniques renvoyées brusquement dans leurs sièges par des ressorts en acier et même en laiton; ces ressorts sont comprimés violemment 40,000 jusqu'à 60,000 fois par jour, et il n'est pas rare d'en trouver qui fonctionnent depuis 10 à 15 ans, c'est-à-dire qu'ils ont été comprimés environ 150 millions de fois sans que leur élasticité en ait sensiblement souffert.

Qu'il existe des appareils de Watt dont les ressorts et même la construction laissent à désirer, cela est hors de doute, et dans le cours de mes longues recherches il a fallu en condamner un qui se trouvait dans ce cas (1); mais conclure de là au peu de valeur de cet utile instrument, c'est aller trop loin. Tout ingénieur qui veut se servir de ce précieux appareil doit le vérifier souvent et faire remplacer les ressorts au moindre soupçon qui peut lui naître sur leur élasticité.

Du reste, la concordance presque mathématique des quatre appareils de Hopkinson a conduit à des résultats remarquables. A ce sujet, il suffit de renvoyer aux recherches sur la perte de pression entre le petit et le grand cylindre de la machine de Woolf de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup> dont il est question dans le chapitre I<sup>er</sup> de ce mémoire, mais surtout aux vérifications de quelques lois de thermodynamique ainsi qu'à la concordance des résultats fournis par les diagrammes et les essais au frein sur la machine de M. Hirn et celle de MM. Dollfus, Mieg et C<sup>ie</sup>.

---

## § II. BUT DES RECHERCHES, EXPOSÉ DE LA MÉTHODE SUIVIE ET DOCUMENTS RECUEILLIS.

Quelques faits nouveaux auxquels ont conduit les expériences sur la machine de M. Hirn et sur celle de MM. Wehrlin, Hofer et C<sup>ie</sup>, ont vivement excité l'attention de l'auteur de ces premières recherches, et les résultats paradoxaux relatifs à la variation des lois de la détente ont fait naître chez lui le désir d'entreprendre une série d'essais sur des machines de systèmes différents, dans le but de trouver la raison de la variation des lois que suivent les pressions pendant la détente. Ses fonctions d'ingénieur dans la maison N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, à Guebwiller, depuis la fin de l'année 1865 jusqu'au commencement

(1) Dans certains appareils les ressorts sont limés sans doute pour les mettre d'accord avec des échelles frappées d'avance au balancier. Il est inutile de développer les raisons qui doivent faire rejeter des instruments dont les indications reposent sur des organes fabriqués avec aussi peu de soin.

de l'année 1869, lui ont fourni l'occasion d'installer de puissants moteurs à balancier du système de Woolf avec les batteries de chaudières destinées à leur fournir la vapeur.

La généreuse libéralité avec laquelle MM. Schlumberger l'ont autorisé à suivre ses études favorites, lui ont permis de rassembler de nombreuses observations qui ont formé le point de départ de son travail actuel. Des travaux de sciences appliquées exigent toujours le concours de circonstances heureuses que de simples particuliers peuvent rarement réaliser. J'adresse mes plus vifs remerciements à MM. Schlumberger pour toutes les facilités qu'ils m'ont accordées dans mes longs et pénibles travaux.

Par des diagrammes relevés sur une quinzaine de moteurs de forces et de systèmes très-différents, un grand nombre d'autres documents ont pu être réunis. Mon attention qui, au début, s'était portée plus spécialement sur les lois de la détente, puis sur des faits relatifs à la condensation a été attirée également sur quelques lois de thermodynamique et sur une série de phénomènes qui jouent un grand rôle dans l'étude des moteurs et qui ne peuvent être négligés de prime abord, quand il s'agit de nombreuses données expérimentales.

L'auteur est entré dans ces longues recherches sans idées préconçues, se bornant à recueillir et à étudier consciencieusement pendant plus de huit ans un grand nombre de machines à vapeur. S'il n'a pu réunir tous les renseignements venant à l'appui de faits parfaitement établis d'ailleurs, c'est que le temps et les occasions lui ont manqué. Il se permettra de signaler en plusieurs endroits dans quelle voie il convient d'entrer et par quels moyens d'investigations beaucoup de questions sérieuses peuvent être traitées.

Il s'abstiendra d'étayer des théories qui n'auraient pas pour base des faits d'observation bien établis; toutefois dans des recherches de ce genre, l'observateur le plus modeste est conduit malgré lui à comparer et à grouper les résultats afin de découvrir les lois qui les

relient entre eux ; les laisser à l'état brut, sous lequel ils n'offrent aucun intérêt pratique immédiat, c'est les rendre à peu près inutiles et par suite les condamner à l'avance.

Examiner et discuter des faits d'observation pour en tirer des principes généraux bien vérifiés, est-ce autre chose que la constatation d'un fait plus général, plus complexe qui résume à la fois toutes les observations dont il est déduit? C'est du reste la seule marche à suivre dans tout travail scientifique et surtout dans des recherches ayant pour unique point de départ l'observation. Peu importe les calculs plus ou moins longs, plus ou moins compliqués, les méthodes de calcul ne trompent jamais à la condition qu'elles ne servent qu'à interpréter et à analyser fidèlement des faits bien établis ; elles offrent le moyen précieux de résumer clairement de longues suites de déductions qu'il serait impossible de fixer autrement que par la langue algébrique.

Cette digression m'a paru nécessaire afin de bien faire ressortir que je n'ai pas voulu quitter le terrain expérimental. J'ai cherché à tirer parti de mes nombreuses observations pour établir des principes généraux embrassant d'une manière satisfaisante l'ensemble des résultats vérifiés.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, c'est la mise en train des nouveaux moteurs de la filature en rez-de-chaussée de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, à Guebwiller, qui m'a permis de recueillir le plus grand nombre d'observations.

Ce sont deux machines à vapeur à balancier, du système de Woolf, travaillant sur le même arbre par des manivelles calées à angle droit. La première de ces machines a été installée au printemps de l'année 1868, et sa mise en train a eu lieu le 10 juin de la même année ; la seconde a été montée plus tard et elle a travaillé la première fois le 11 octobre suivant.

Le premier moteur n'a pas eu à développer, dès le début, toute sa puissance, et ce n'est que successivement qu'il a été chargé d'un

nombre de métiers de plus en plus considérable ; il s'est passé ainsi quatre mois pendant lesquels la première machine a eu à fournir un travail croissant allant depuis 20 jusqu'à 160 chevaux. De jour en jour il a été relevé des diagrammes sous des pressions et des détenteurs très-variables.

Ces moteurs avaient d'autant plus d'intérêt pour l'auteur des essais entrepris en 1865, pendant une semaine, sur la machine de MM. Wehrliin, Hofer et C<sup>ie</sup>, de Mulhouse, qu'ils ont été construits sur les mêmes modèles que cette dernière. Ainsi qu'il a été dit plus haut, en note, le rapport sur cet essai n'a pas été publié en entier; il convient donc de donner ici une description succincte de ces machines.

Elles sont à balancier, à deux cylindres du système de Woolf, à détente variable dans le petit cylindre; le degré de l'expansion est réglé par un manchon à cames; c'est, en un mot, la détente J. J. Meyer.

Les deux cylindres sont entourés d'une enveloppe concentrique ménageant un espace annulaire dans lequel circule la vapeur avant son entrée dans le cylindre, et une soupape conique dirige la vapeur dans la boîte à tiroirs.

Ces tiroirs, d'une construction particulière, sont fondus d'une pièce et marchent solidairement; ils sont commandés par une seule tige et un excentrique unique; sous ce double tiroir se trouvent 5 orifices; le 1<sup>er</sup> et le 5<sup>e</sup> sont les ouvertures d'admission du petit cylindre; le 2<sup>e</sup> et le 4<sup>e</sup> conduisent la vapeur du petit au grand cylindre, enfin le 3<sup>e</sup> orifice, plus grand que les quatre autres, est l'orifice d'échappement au condenseur.

Cette disposition de la distribution simplifiée, peut-être, la construction; toutefois, elle n'a pas d'influence sur les espaces nuisibles, et cette question est capitale, ainsi que nous le verrons plus loin.

La pompe à air est à double effet. Voici les dimensions et les éléments de ces machines :

|                |  |                                  |
|----------------|--|----------------------------------|
| T              | nombre de tours par minute. . . . .                    | = 25                             |
| P <sub>o</sub> | pression dans les chaudières . . . . .                 | = 5 <sup>kg</sup> 500            |
| d              | diamètre du petit cylindre . . . . .                   | = 0 <sup>m</sup> 475             |
| c              | course du petit piston. . . . .                        | = 1 <sup>m</sup> 370             |
| D              | diamètre du grand cylindre . . . . .                   | = 0 <sup>m</sup> 900             |
| C              | course du grand piston . . . . .                       | = 1 <sup>m</sup> 800             |
| v <sub>n</sub> | volume engendré dans une course par le petit piston. . | = 0 <sup>m<sup>3</sup></sup> 243 |
| V <sub>n</sub> | volume engendré dans une course par le grand piston .  | = 1 <sup>m<sup>3</sup></sup> 145 |

Parmi des milliers de diagrammes pris sur ces machines de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, ceux qui étaient le mieux tracés, sous le rapport de la continuité, de la finesse des traits et de la netteté de la ligne, dite *ligne atmosphérique*, ont été réservés. On a toujours eu soin d'ouvrir les robinets des indicateurs au moment le plus favorable pour avoir des courbes exemptes de sinuosités trop fortes. Cette précaution était nécessaire et on peut ajouter qu'elle était capitale en raison de la grande sensibilité des appareils de Watt et du peu de frottement qu'offraient leurs pistons. Les diagrammes ont été repassés très-finement à l'encre, puis on a tracé une *courbe moyenne* coupant les ondulations des courbes minutes.

La base ou *ligne atmosphérique* a toujours été partagée en 20 parties égales et par les points de division on a mené 21 ordonnées désignées par  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots, \gamma_{21}$ .

Deux et quelquefois trois observateurs ont mesuré et fixé contradictoirement les ordonnées au  $\frac{1}{10}$  de millimètre près. Avec un peu d'exercice on arrive à mesurer à vue à  $\frac{1}{20}$  de millimètre les ordonnées, surtout lorsque celles-ci ne coupent pas les courbes sous des angles trop petits. Les résultats ainsi constatés ont été admis *ne varietur* et ont servi de base aux calculs. Ajoutons encore que le

même double décimètre a servi à la graduation des échelles des appareils.

Les lois des pressions pendant la détente, dans la machine à vapeur surchauffée de M. Hirn et dans celle du système de Woolf de MM. Wehrlin, Hofer et C<sup>ie</sup>, que nous avons citées plus haut, sont exprimées pour la 1<sup>re</sup>, par les équations :

$$\frac{p_n}{p_o} = \left( \frac{v_o}{v_n} \right)^f \quad \text{avec le degré de détente } f = 0.2344$$

$$\frac{p_n}{p_o} = \left( \frac{v_o}{v_n} \right)^{0.90} \quad \text{» } \text{» } f = 0.125$$

et pour la 2<sup>me</sup> par

$$\frac{p_n}{p_o} = \left( \frac{v_o}{v_n} \right)^{0.78} \quad \text{dans le petit cylindre avec } f = 0.42.$$

Ces 3 lois différentes rentrent dans l'équation plus générale :

$$\frac{p_n}{p_o} = \left( \frac{v_o}{v_n} \right)^\alpha \quad (1)$$

qui est celle de la détente d'un gaz auquel on n'ajoute ou on ne soustrait point de calorique pendant que  $v_o$  passe à  $v_n$ . Dans ce cas  $\alpha$  est une fonction de la capacité calorifique, du coefficient de dilatation, etc... (Voir théorie mécanique de la chaleur, 1<sup>re</sup> partie, par G.-A. Hirn, 2<sup>e</sup> édition, page 221.)

Il peut parattre singulier de comparer les phénomènes qui se passent dans les cylindres des machines à vapeur à ceux que présente un gaz parfait, lorsqu'on le fait détendre sans addition ni soustraction de chaleur. Pour le moment il est inutile d'entrer dans une discussion au sujet de la fonction qui relie  $\alpha$  aux quantités dont cette valeur dépend, ou peut dépendre dans les machines à vapeur ;

(1) Voir les bulletins de la Société Industrielle de Mulhouse, avril et mai 1867, p. 221.

cette question sera traitée plus tard, toutefois dans nos moteurs industriels, munis d'enveloppes ou non, la formule

$$\frac{p_n}{p_o} = \left( \frac{v_o}{v_n} \right)^\alpha$$

conduit à un ensemble de vérifications toujours très-satisfaisantes et quelquefois mathématiquement exactes. Dans tous les cas  $\alpha$  dépend des condensations dans le cylindre ou dans l'enveloppe et en général de l'influence des parois des cylindres et d'une foule d'autres causes très-complexes.

D'autres lois empiriques qui ont été appliquées pendant l'étude des données des premiers essais entrepris chez M. Hirn et chez MM. Wehrlin, Hofer et Cie, n'ont pu rendre compte avec une approximation suffisante de la série des pressions que suit la vapeur pendant la détente.

La loi générale  $\frac{p_n}{p_o} = \left( \frac{v_o}{v_n} \right)^\alpha$  rend tout aussi bien compte des pressions successives pendant la détente dans les cylindres entourés d'une chemise de vapeur que dans ceux qui sont simplement protégés contre le refroidissement externe par des corps isolants.

Quand il existe une enveloppe de vapeur rationnelle, la vapeur qui circule dans celle-ci, évapore une certaine quantité d'eau entraînée ou *condensée dans le cylindre*. Lorsque cette enveloppe fait défaut, c'est par un supplément de condensations pendant l'admission que les parois du cylindre emmagasinent la chaleur nécessaire pour produire pendant la détente cette évaporation; mais ces deux manières différentes de fournir de la chaleur peuvent renverser complètement les conditions économiques de la marche du moteur.

Dans le chapitre suivant se trouve exposée la marche à suivre pour déterminer l'exposant variable de l'équation :

$$\frac{p_n}{p_o} = \left( \frac{v_o}{v_n} \right)^\alpha.$$


---

CHAPITRE I<sup>er</sup>.

§ I. LOIS DES PRESSIONS PENDANT LA DÉTENTE.

Dans le rapport sur les essais de la machine à vapeur surchauffée de M. Hirn , et dans les communications à la Société industrielle de Mulhouse sur ceux de la machine de MM. Wehrlin , Hofer et C<sup>o</sup> , l'auteur de ces essais a constaté quatre lois de détente différentes. (Voir plus haut , page 167.)

Deux cas peuvent se présenter au sujet de ces lois :

1<sup>o</sup> Il s'agit de déterminer  $\alpha$  dans le cas d'une machine à un seul cylindre ;

2<sup>o</sup> Il s'agit de la même détermination dans le grand cylindre d'une machine de Woolf.

Enfin on peut se proposer de trouver  $\alpha$  en faisant intervenir les espaces nuisibles ou en les négligeant.

J'indique aussi plus loin la marche à suivre pour déterminer successivement les lois de la détente dans le petit et le grand cylindre d'une machine de Woolf en passant de la loi de détente , abstraction faite des espaces nuisibles , à celle dans laquelle on veut tenir compte de ces espaces.

PETIT CYLINDRE.

La ligne atmosphérique ou l'axe des  $x$  d'un diagramme étant partagé en 20 parties égales , on élèvera les 21 ordonnées  $\gamma_1$  ,  $\gamma_2$  . . . . .  $\gamma_{21}$  .

On prendra deux *ordonnées de comparaison* de rang quelconque  $\gamma_m$  et  $\gamma_n$  , choisies à peu près à égale distance du commencement et de la fin de la détente , soient  $p_m$  et  $p_n$  les pressions *absolues* correspondantes , exprimées en kilogr. par centimètre carré.

Si ces pressions satisfont à une loi de la forme

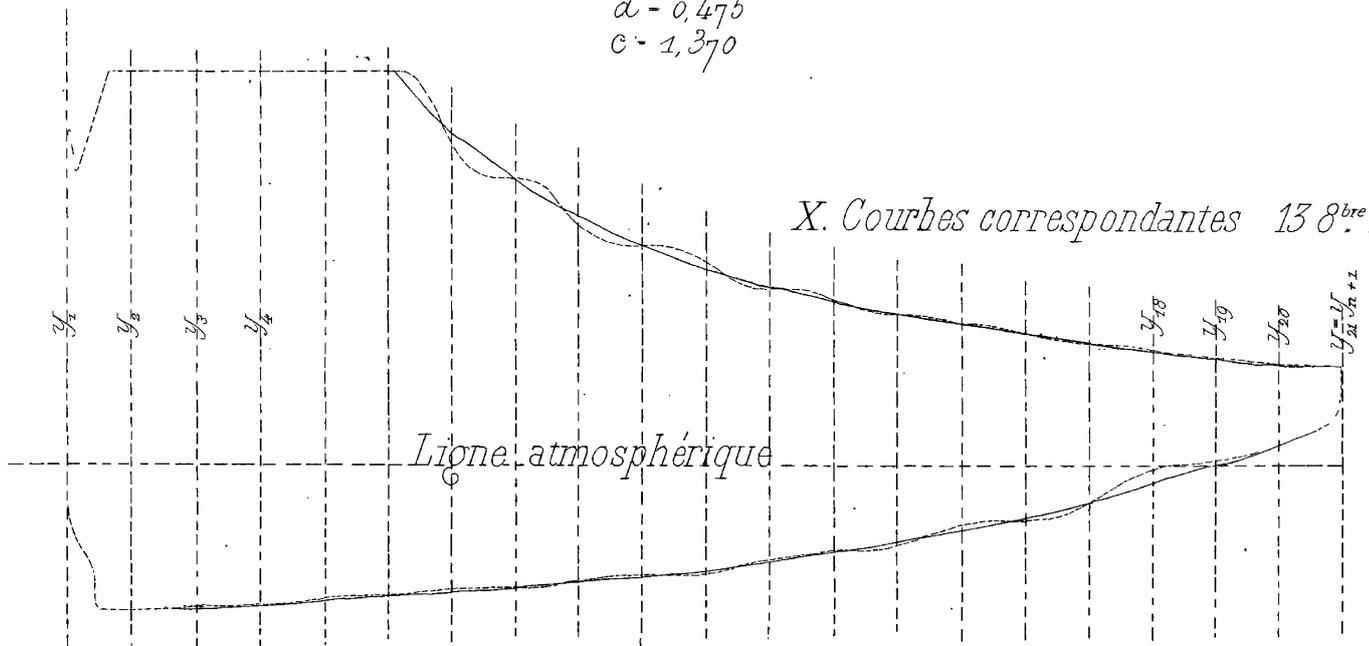
$$\frac{p_n}{p_m} = \left( \frac{v_m}{v_n} \right)^\alpha .$$

1<sup>ère</sup> MACHINE A VAPEUR  
 de la Filature en Rez-de-Chaussée de M.M.  
 N. SCHLUMBERGER & C<sup>ie</sup> à Guebwiller.

Petit Cylindre

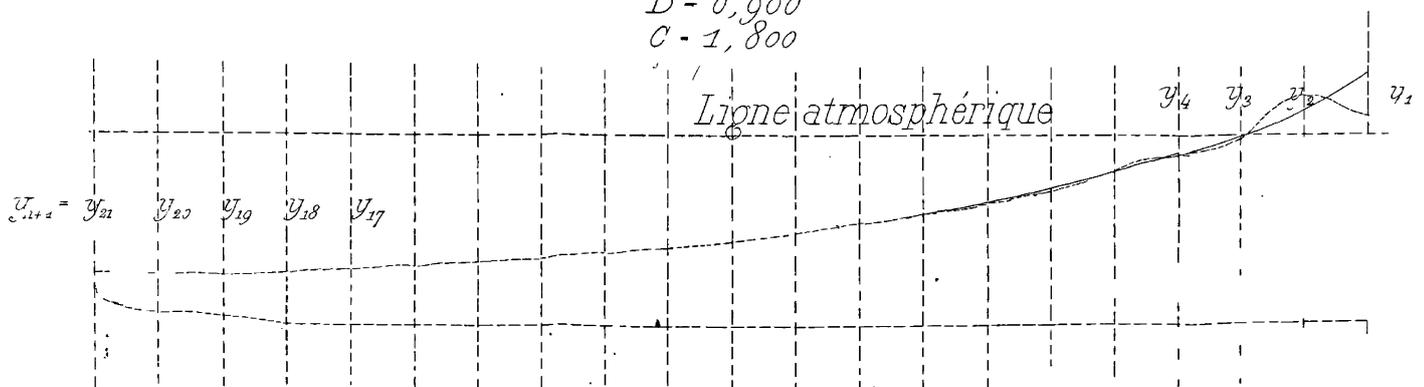
$d = 0,475$   
 $c = 1,370$

X. Courbes correspondantes 13 8<sup>bre</sup> 1868.



Grand Cylindre

$D = 0,900$   
 $C = 1,800$





nous aurons, en négligeant les espaces nuisibles et en désignant par  $d$  le diamètre du cylindre

$$\frac{p_n}{p_m} = \left( \frac{\frac{\pi d^3}{4} (m-1)}{\frac{\pi d^3}{4} (n-1)} \right)^\alpha = \left( \frac{m-1}{n-1} \right)^\alpha$$

de cette égalité on tire :

$$\alpha = \frac{\log. p_m - \log. p_n}{\log. (n-1) - \log. (m-1)}$$

Si  $\alpha = 1$  nous rentrons dans la loi de Mariotte.

Pour vérifier la concordance des ordonnées théoriques, déduites de la formule

$$\frac{p_n}{p_m} = \frac{(m-1)^\alpha}{(n-1)^\alpha}$$

dans laquelle  $\alpha$  est la valeur trouvée au moyen des deux *ordonnées de comparaison*  $y_m$  et  $y_n$ , il suffira de chercher successivement les ordonnées depuis le commencement de la détente jusqu'à la fin et de les comparer à celles qui sont données par mesures directes prises sur les diagrammes.

En appelant  $p_x$  l'une quelconque de ces pressions absolues, on aura

$$p_x = p_m \frac{(m-1)^\alpha}{(n-1)^\alpha}$$

égalité dans laquelle  $p_m (m-1)^\alpha$  est une constante spéciale à chaque diagramme et que nous désignerons par  $C$ , et il viendra :

$$p_x = \frac{C}{(n-1)^\alpha}$$

Supposons que la détente commence entre la 5<sup>e</sup> et la 6<sup>e</sup> ordonnée,

il suffira de poser  $n = 5, 6, 7, \dots, 21$  pour avoir les valeurs successives des pressions.

Dans la plupart des cas la courbe de détente ne se détache pas franchement de la ligne droite ou légèrement courbe qui correspond à l'admission à pleine pression ; on éprouve alors une grande difficulté pour estimer exactement le degré de l'expansion  $f_c$ . On le calculera facilement à l'aide de la relation.

$$\frac{p_n}{p_m} = \frac{(m - 1)^\alpha}{(n - 1)^\alpha}$$

En effet soit  $p_o$  la pression initiale vers la fin de l'admission et déduite du diagramme,  $n_o$  le rang de l'ordonnée qui correspond à l'intersection de la courbe de détente, avec l'horizontale passant par l'extrémité de  $p_o$ , il viendra :

$$\frac{p_o}{p_m} = \frac{(m - 1)^\alpha}{(n_o - 1)^\alpha}$$

égalité de laquelle on tire facilement :

$$\log. (n_o - 1) = \log. (m - 1) - \frac{\log. p_o - \log. p_m}{\alpha}$$

Connaissant  $(n_o - 1)$  on aura pour la valeur de  $f_c$  :

$$f_c = \frac{n_o - 1}{20}$$

#### GRAND CYLINDRE.

Pour déterminer  $\alpha'$  correspondant à la loi de détente dans le grand cylindre d'une machine de Woolf, on aura à résoudre une équation un peu plus compliquée. Nous négligerons pour le moment les espaces nuisibles.

Supposons que les deux pistons soient arrivés aux ordonnées de rang  $y'_m$  et  $y'_n$  de leurs courses ; le volume occupé par la vapeur

entre les deux pistons de diamètres  $d$  et  $D$  et de courses  $c$  et  $C$  est donné par

$$\frac{20 - (m - 1)}{20} \frac{\pi d^3 c}{4} + \frac{m - 1}{20} \frac{\pi D^3 C}{4}$$

Lorsque les pistons seront arrivés aux ordonnées de rang  $n$ , ce volume sera

$$\frac{20 - (n - 1)}{20} \frac{\pi d^3 c}{4} + \frac{n - 1}{20} \frac{\pi D^3 C}{4}$$

et si la loi générale :

$$\frac{p_n'}{p_m'} = \left( \frac{v_m}{v_n} \right)^{\alpha'}$$

doit se vérifier, il faut que :

$$\frac{p_n'}{p_m'} = \frac{\left( \frac{20 - (m-1)}{20} \frac{\pi d^3 c}{4} + \frac{m-1}{20} \frac{\pi D^3 C}{4} \right)^{\alpha'}}{\left( \frac{20 - (n-1)}{20} \frac{\pi d^3 c}{4} + \frac{n-1}{20} \frac{\pi D^3 C}{4} \right)^{\alpha'}} = \frac{\left( 1 + \frac{m-1}{20} \left( \frac{D^3 C}{d^3 c} - 1 \right) \right)^{\alpha'}}{\left( 1 + \frac{n-1}{20} \left( \frac{D^3 C}{d^3 c} - 1 \right) \right)^{\alpha'}}$$

et cette équation conduit à :

$$\alpha' = \frac{\log. p_m' - \log. p_n'}{\log. \left( 1 + \frac{m-1}{20} \left( \frac{D^3 C}{d^3 c} - 1 \right) \right) - \log. \left( 1 + \frac{n-1}{20} \left( \frac{D^3 C}{d^3 c} - 1 \right) \right)}$$

et pour l'analyse du diagramme, on posera pour la valeur de l'une quelconque des ordonnées

$$p_n' = \frac{p_m' \left( 1 + \frac{m-1}{20} \left( \frac{D^3 C}{d^3 c} - 1 \right) \right)^{\alpha'}}{\left( 1 + \frac{n-1}{20} \left( \frac{D^3 C}{d^3 c} - 1 \right) \right)^{\alpha'}}$$

En mettant à la place du numérateur qui reste constant dans toute l'étendue d'un même diagramme  $C'$ , on écrira plus simplement

$$p_n' = \frac{p_m' C'}{\left(1 + \frac{n-1}{20} \left(\frac{D^2 C}{d^2 c} - 1\right)\right)^{2'}}$$

La comparaison des valeurs successives de  $p_n'$  avec les pressions telles qu'elles résultent du diagramme donnent une idée de la concordance entre ces deux espèces de résultats.

Le lecteur suivra peut-être avec quelque intérêt l'application de ces formules à une courbe choisie parmi celles qui ont été relevées sur le petit-cylindre de la 1<sup>re</sup> des machines du système de Woolf montée en 1868 chez MM. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, à Guebwiller.

Le diagramme choisi est un de ceux qui ont été pris le 27 juin 1868. (Tableau II, voir plus loin page 182).

Les ordonnées prises comme point de départ sont  $y_7$  et  $y_{19}$ .

Si l'on désigne par  $u$  l'unité de l'échelle de l'appareil de Watt qui a servi à tracer la courbe, c'est-à-dire si  $u$  représente le nombre de millimètres de compression du ressort correspondant à 1 k<sup>gr</sup> de pression par cm<sup>2</sup> de la surface du piston de l'indicateur, on aura pour les pressions absolues en k<sup>gr</sup> par cm<sup>2</sup> représentées par les ordonnées comptées à partir de la ligne atmosphérique :

$$p_n = \frac{y_n}{u} + 1.033$$

dans le cas où l'ordonnée est positive, et

$$p_n = - \frac{y_n}{u} + 1.033$$

quand elle est négative.

C'est ainsi que les valeurs des ordonnées de comparaison ont fourni :

$$p_7 = 1.624$$

$$p_{19} = 0.978$$

elles conduisent à la valeur de  $\alpha$  :

$$\alpha = \frac{\log. p_m - \log. p_n}{\log. (n-1) - \log. (m-1)} = \frac{\log. 1.624 - \log. 0.978}{\log. (7-1) - \log. (19-1)} = \frac{0.22025}{0.47712} = 0.461$$

Dans tout le cours de ce travail, la deuxième décimale a été arrondie. Il a fallu se résoudre, bien à regret, à réduire ainsi le nombre de décimales, car dans ces longues recherches, il s'agissait de résoudre l'équation en  $\alpha$  plusieurs milliers de fois.

Connaissant  $\alpha$  on trouvera les valeurs successives  $p_n$  par l'équation :

$$p_n = \frac{C}{(n-1)^\alpha} = \frac{1.624 (7-1)^{0.46}}{(n-1)^{0.46}}$$

en posant :  $(n-1) = 5, 6, 7 \dots 21$

C'est de cette manière qu'ont été calculés les résultats des tableaux suivants.

Les mêmes développements s'appliquent aux courbes prises sur le grand cylindre d'une machine de Woolf.

Il convient ici de faire une observation très-importante. Les diagrammes, relevés sur la 1<sup>re</sup> machine du système de Woolf de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, du 12 juin au 6 octobre 1868, ont toutes été prises au haut des cylindres; mais entre ces deux séries de courbes, il n'existe aucune relation; en effet une courbe prise sur le haut du petit cylindre d'une machine de Woolf répond à un volume de vapeur qui travaille ensuite sous le grand piston, et malgré tous les soins apportés à la réglementation de la distribution, on ne peut être sûr, qu'après vérification par les courbes elles-

mêmes , des conditions de détente , d'échappement et de compression d'un égal travail des deux côtés des pistons.

Il a fallu étudier les phénomènes qui se présentent pendant que la vapeur s'écoule de l'un des cylindres dans l'autre ; à ce sujet il a été impossible de se procurer des renseignements dans des travaux publiés jusqu'à ce jour. Comment se comporte la vapeur lorsqu'elle se précipite dans les espaces nuisibles entre les deux pistons ? En outre , sous quelle différence de pression l'écoulement a-t-il lieu en un point quelconque des courses ? Quels sont les phénomènes qui se présentent pendant l'échappement et l'écoulement graduel ? Telles sont les questions intéressantes qu'il s'agissait de résoudre.

Des ajutages ont été installés sur les canaux d'écoulement , à quelques centimètres de leur entrée dans le grand cylindre , et les 13 et 14 octobre 1868 un certain nombre de *diagrammes correspondants* ont été relevés au-dessus du petit piston et au-dessous du grand. Pour ces opérations il faut absolument deux observateurs , qui doivent d'abord bien s'entendre par signaux convenus , sur le moment précis , où chacun doit prendre ses courbes , afin d'être sûr d'avoir les *diagrammes correspondants au travail d'un même volume de vapeur*.

Il a été dit à plusieurs reprises que les espaces nuisibles ont été généralement négligés. Pourtant dans certaines recherches plus délicates il en a été tenu compte , dans le but de partir de termes de comparaison plus rationnels et d'obtenir des résultats plus exacts et à l'abri de critiques.

A moins de disposer pendant quelques jours d'une machine ou de dessins de construction exacts , il est impossible de déterminer le volume des lumières d'admission et d'échappement , des espaces de sûreté au-dessus et au-dessous des pistons et par suite la totalité des espaces perdus.

Pendant le montage des machines de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup> , toutes les dimensions nécessaires ont été prises pour arriver à une valeur exacte de l'ensemble des espaces nuisibles depuis la boîte à

tiroirs jusqu'au petit piston, ainsi que de ceux qui existent entre les deux pistons. Il a été tenu compte des volumes ainsi déterminés et, par des calculs plus compliqués que ceux qui viennent d'être exposés plus haut, on a pu constater que la loi générale

$$\frac{p_n}{p_m} = \left( \frac{v_m}{v_n} \right)^\alpha$$

se vérifie encore et très-souvent beaucoup mieux que par les calculs plus expéditifs dans lesquels on n'a pas tenu compte de ces volumes. Seulement, ce qui était facile à prévoir,  $\alpha$  et  $\alpha'$  prennent des valeurs différentes  $\alpha_r$ , et  $\alpha_r'$ . Au point de vue de la construction et du travail d'une machine, l'ingénieur ne peut pas *a priori* se préoccuper beaucoup des espaces nuisibles, car, dans l'étude d'un avant-projet, il ignore à peu près leur valeur. Il doit tendre à les réduire au minimum, tout en conservant aux lumières la section voulue pour ne pas éprouver de trop grandes pertes de pression pendant l'admission de la vapeur. Il convient même d'ajouter que *la perte de combustible*, et nous insistons tout particulièrement sur ces mots, qui peut résulter de cette chute de pression à l'entrée du cylindre, n'est nullement proportionnelle à la diminution de travail qui en résulte; elle est beaucoup moindre par suite de la *surchauffe spontanée* que subit la vapeur, quand elle tombe d'une pression  $P_0$  à une autre plus petite  $p_0$  *sans rendre de travail externe*. Le travail disponible diminue, il est vrai, mais comme la densité de la vapeur admise dans le cylindre est à peu près proportionnellement moindre, la dépense de combustible proportionnelle reste à peu près la même; car, ne l'oublions pas, pendant la chute de  $P_0$  à  $p_0$ , *dans le cas où il n'y a pas de travail externe rendu*, il ne disparaît pas de chaleur (voir à ce sujet le mémoire sur la machine à vapeur surchauffée de M. Hirn. Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse, avril et mai 1867).

Nous n'avons de renseignements sur la valeur des espaces nui-

sibles que pour les machines de MM. Hirn, MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, sur celle du retordage de MM. Dollfus, Mieg et C<sup>ie</sup>, et sur quelques machines horizontales.

Avant d'aller plus loin, il convient d'indiquer la marche à suivre pour passer de  $\alpha$  et  $\alpha'$  à  $\alpha_1$  et  $\alpha'_1$  sans recommencer de longs calculs.

PETIT CYLINDRE D'UNE MACHINE DE WOOLF.

Si l'ensemble des espaces nuisibles d'un cylindre est représenté par  $V_p$ , on trouvera l'exposant  $\alpha$ , qui tient compte de  $V_p$  par la relation.

$$\frac{p_n}{p_m} = \frac{\left( V_p + \frac{\pi d^2 c}{4} \left( \frac{m-1}{20} \right) \right)^{\alpha_1}}{\left( V_p + \frac{\pi d^2 c}{4} \left( \frac{n-1}{20} \right) \right)^{\alpha_1}} = \left( \frac{80 V_p + \pi d^2 c (m-1)}{80 V_p + \pi d^2 c (n-1)} \right)^{\alpha_1}$$

mais, en négligeant les espaces perdus, nous avons trouvé :

$$\frac{p_n}{p_m} = \left( \frac{m-1}{n-1} \right)^{\alpha}$$

d'où il résulte :

$$\left( \frac{m-1}{n-1} \right)^{\alpha} = \left( \frac{80 V_p + \pi d^2 c (m-1)}{80 V_p + \pi d^2 c (n-1)} \right)^{\alpha_1}$$

Cette dernière équation donne :

$$\alpha_1 = \alpha \frac{\log. (m-1) - \log. (n-1)}{\log. (80 V_p + \pi d^2 c (m-1)) - \log. (80 V_p + \pi d^2 c (n-1))}$$

Des calculs analogues conduisent à l'équation qui exprime  $\alpha'_1$ , en fonction de  $\alpha'$ .

TABLEAU I.

**MACHINE VERTICALE DU SYSTÈME DE WOOLF**

DE MM. N. SCHLUMBERGER ET C<sup>ie</sup> A GUEBWILLER.

| 12 juin 1868 : $p_0 = 1.033, fc = 0.1591, \alpha = 0.37.$ |   |   |               |       | 25 juin : $p_0 = 2.797, fc = 0.1226, \alpha = 0.48.$ |   |   |               |       |
|---|---|---|---------------|-------|--|---|---|---------------|-------|
| y   | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES Δ |       | y  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES Δ |       |
|   | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{v_0}{v_n}\right)^\alpha$ | +             | -     |  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{v_0}{v_n}\right)^\alpha$ | +             | -     |
| <b>Petit Cylindre.</b>                                    |   |   |               |       |  |   |   |               |       |
| y <sub>4</sub>  | "                                       | "   | "             | "     | y <sub>4</sub>                                       | "                                       | "   | "             | "     |
| y <sub>5</sub>  | "                                       | "   | "             | "     | y <sub>5</sub>                                       | "                                       | "   | "             | "     |
| y <sub>6</sub>  | 0.884                                   | 0.869   | 0.015         | "     | y <sub>6</sub>                                       | 4.994                                   | 4.987   | 0.007         | "     |
| y <sub>7</sub>  | 0.843                                   | 0.813   | "             | "     | y <sub>7</sub>                                       | 4.000                                   | 4.000   | "             | "     |
| y <sub>8</sub>  | 0.766                                   | 0.768   | "             | 0.002 | y <sub>8</sub>                                       | 4.687                                   | 4.690   | "             | 0.003 |
| y <sub>9</sub>  | 0.724                                   | 0.714   | 0.010         | "     | y <sub>9</sub>                                       | 4.584                                   | 4.585   | "             | 0.001 |
| y <sub>10</sub>   | 0.693                                   | 0.700   | "             | 0.007 | y <sub>10</sub>                                      | 4.490                                   | 4.498   | "             | 0.008 |
| y <sub>11</sub>   | 0.669                                   | 0.673   | "             | 0.004 | y <sub>11</sub>                                      | 4.426                                   | 4.424   | 0.002         | "     |
| y <sub>12</sub>   | 0.646                                   | 0.650   | "             | 0.004 | y <sub>12</sub>                                      | 4.363                                   | 4.366   | "             | 0.003 |
| y <sub>13</sub>   | 0.622                                   | 0.629   | "             | 0.007 | y <sub>13</sub>                                      | 4.304                                   | 4.305   | "             | 0.004 |
| y <sub>14</sub>   | 0.604                                   | 0.614   | "             | 0.007 | y <sub>14</sub>                                      | 4.250                                   | 4.256   | "             | 0.006 |
| y <sub>15</sub>   | 0.583                                   | 0.594   | "             | 0.041 | y <sub>15</sub>                                      | 4.206                                   | 4.212   | "             | 0.006 |
| y <sub>16</sub>   | 0.570                                   | 0.579   | "             | 0.009 | y <sub>16</sub>                                      | 4.167                                   | 4.172   | "             | 0.005 |
| y <sub>17</sub>   | 0.557                                   | 0.566   | "             | 0.009 | y <sub>17</sub>                                      | 4.131                                   | 4.137   | "             | 0.006 |
| y <sub>18</sub>   | 0.554                                   | 0.553   | "             | 0.002 | y <sub>18</sub>                                      | 4.104                                   | 4.104   | "             | "     |
| y <sub>19</sub>   | 0.544                                   | 0.544   | "             | "     | y <sub>19</sub>                                      | 4.074                                   | 4.074   | "             | 0.003 |
| y <sub>20</sub>   | 0.536                                   | 0.537   | "             | 0.004 | y <sub>20</sub>                                      | 4.053                                   | 4.047   | 0.006         | "     |
| y <sub>21</sub>   | 0.521                                   | 0.533   | 0.012         | "     | y <sub>21</sub>                                      | 4.033                                   | 4.024   | 0.008         | "     |
| <b>Grand Cylindre.</b>                                    |   |   |               |       |  |   |   |               |       |
| $\alpha' = 0.57.$   |   |   |               |       | $\alpha' = 0.62.$                                    |   |   |               |       |
| y <sub>1</sub>  | "                                       | "   | "             | "     | y <sub>1</sub>                                       | "                                       | "   | "             | "     |
| y <sub>2</sub>  | 0.365                                   | 0.364   | 0.004         | "     | y <sub>2</sub>                                       | "                                       | "   | "             | "     |
| y <sub>3</sub>  | 0.334                                   | 0.332   | 0.002         | "     | y <sub>3</sub>                                       | "                                       | "   | "             | "     |
| y <sub>4</sub>  | 0.310                                   | 0.309   | 0.004         | "     | y <sub>4</sub>                                       | 0.554                                   | 0.553   | "             | 0.002 |
| y <sub>5</sub>  | 0.290                                   | 0.290   | "             | "     | y <sub>5</sub>                                       | 0.546                                   | 0.546   | "             | "     |
| y <sub>6</sub>  | 0.274                                   | 0.274   | "             | "     | y <sub>6</sub>                                       | 0.488                                   | 0.485   | "             | 0.003 |
| y <sub>7</sub>  | 0.258                                   | 0.260   | "             | 0.002 | y <sub>7</sub>                                       | 0.464                                   | 0.458   | 0.006         | "     |
| y <sub>8</sub>  | 0.240                                   | 0.248   | "             | 0.008 | y <sub>8</sub>                                       | 0.444                                   | 0.435   | 0.006         | "     |
| y <sub>9</sub>  | 0.230                                   | 0.237   | "             | 0.007 | y <sub>9</sub>                                       | 0.420                                   | 0.414   | 0.006         | "     |
| y <sub>10</sub>   | 0.224                                   | 0.225   | "             | 0.004 | y <sub>10</sub>                                      | 0.397                                   | 0.396   | 0.004         | "     |
| y <sub>11</sub>   | 0.214                                   | 0.219   | "             | 0.005 | y <sub>11</sub>                                      | 0.379                                   | 0.380   | "             | 0.001 |
| y <sub>12</sub>   | 0.206                                   | 0.214   | "             | 0.005 | y <sub>12</sub>                                      | 0.363                                   | 0.365   | "             | 0.002 |
| y <sub>13</sub>   | 0.204                                   | 0.204   | "             | 0.003 | y <sub>13</sub>                                      | 0.352                                   | 0.352   | "             | "     |
| y <sub>14</sub>   | 0.196                                   | 0.198   | "             | 0.002 | y <sub>14</sub>                                      | 0.339                                   | 0.340   | "             | 0.004 |
| y <sub>15</sub>   | 0.190                                   | 0.192   | "             | 0.002 | y <sub>15</sub>                                      | 0.329                                   | 0.329   | "             | "     |
| y <sub>16</sub>   | 0.185                                   | 0.186   | "             | 0.004 | y <sub>16</sub>                                      | 0.319                                   | 0.319   | "             | "     |
| y <sub>17</sub>   | 0.182                                   | 0.184   | 0.004         | "     | y <sub>17</sub>                                      | 0.308                                   | 0.309   | "             | 0.004 |
| y <sub>18</sub>   | 0.177                                   | 0.176   | 0.004         | "     | y <sub>18</sub>                                      | 0.300                                   | 0.300   | "             | "     |
| y <sub>19</sub>   | 0.172                                   | 0.172   | "             | "     | y <sub>19</sub>                                      | 0.292                                   | 0.293   | "             | 0.001 |
| y <sub>20</sub>   | 0.169                                   | 0.168   | 0.004         | "     | y <sub>20</sub>                                      | 0.282                                   | 0.285   | "             | 0.003 |
| y <sub>21</sub>   | 0.167                                   | 0.165   | 0.002         | "     | y <sub>21</sub>                                      | 0.274                                   | 0.278   | "             | 0.004 |

TABLEAU II.

**MACHINE VERTICALE DU SYSTEME DE WOOLF**

DE MM. N. SCHLUMBERGER ET C<sup>ie</sup>, A GUEBWILLER.

| 27 juin : $p_0 = 2.679, fc = 0.1011, \alpha = 0.46.$ |   |   |                      |       | 29 juin : $p_0 = 2.860, fc = 0.1334, \alpha = 0.59.$ |   |   |                      |       |  |
|--|---|---|----------------------|-------|--|---|---|----------------------|-------|--|
|  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |  |
|  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |  |
| <b>Petit Cylindre.</b>                               |   |   |                      |       |  |   |   |                      |       |  |
| $y_4$  | "                                       | "   | "                    | "     | $y_4$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |
| $y_5$  | "                                       | "   | "                    | "     | $y_5$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |
| $y_6$  | 4.750                                   | 4.766   | "                    | 0.016 | $y_6$  | 2.116                                   | 2.089   | 0.027                | "     |  |
| $y_7$  | 4.624                                   | 4.624   | "                    | "     | $y_7$  | 4.907                                   | 4.907   | "                    | "     |  |
| $y_8$  | 4.513                                   | 4.513   | "                    | "     | $y_8$  | 4.757                                   | 4.766   | "                    | 0.009 |  |
| $y_9$  | 4.427                                   | 4.423   | 0.004                | "     | $y_9$  | 4.643                                   | 4.652   | "                    | 0.009 |  |
| $y_{10}$   | 4.348                                   | 4.348   | "                    | "     | $y_{10}$   | 4.545                                   | 4.557   | "                    | 0.012 |  |
| $y_{11}$   | 4.289                                   | 4.284   | 0.005                | "     | $y_{11}$   | 4.466                                   | 4.477   | "                    | 0.011 |  |
| $y_{12}$   | 4.230                                   | 4.229   | 0.001                | "     | $y_{12}$   | 4.403                                   | 4.409   | "                    | 0.006 |  |
| $y_{13}$   | 4.183                                   | 4.181   | 0.002                | "     | $y_{13}$   | 4.340                                   | 4.348   | "                    | 0.008 |  |
| $y_{14}$   | 4.035                                   | 4.038   | "                    | 0.003 | $y_{14}$   | 4.285                                   | 4.296   | "                    | 0.011 |  |
| $y_{15}$   | 4.096                                   | 4.100   | "                    | 0.004 | $y_{15}$   | 4.246                                   | 4.249   | "                    | 0.003 |  |
| $y_{16}$   | 4.065                                   | 4.068   | "                    | 0.003 | $y_{16}$   | 4.206                                   | 4.206   | "                    | "     |  |
| $y_{17}$   | 4.033                                   | 4.034   | "                    | 0.001 | $y_{17}$   | 4.167                                   | 4.168   | "                    | 0.001 |  |
| $y_{18}$   | 4.009                                   | 4.006   | 0.003                | "     | $y_{18}$   | 4.135                                   | 4.133   | 0.002                | "     |  |
| $y_{19}$   | 0.978                                   | 0.980   | "                    | 0.002 | $y_{19}$   | 4.104                                   | 4.101   | 0.003                | "     |  |
| $y_{20}$   | 0.954                                   | 0.956   | "                    | 0.002 | $y_{20}$   | 4.080                                   | 4.073   | 0.007                | "     |  |
| $y_{21}$   | 0.934                                   | 0.934   | "                    | "     | $y_{21}$   | 4.057                                   | 4.044   | 0.013                | "     |  |
| <b>Grand Cylindre.</b>                               |   |   |                      |       |  |   |   |                      |       |  |
|  | $\alpha' = 0.59.$                       |   |                      |       |  | $\alpha' = 0.55.$                       |   |                      |       |  |
| $y_1$  | "                                       | "   | "                    | "     | $y_1$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |
| $y_2$  | "                                       | "   | "                    | "     | $y_2$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |
| $y_3$  | "                                       | "   | "                    | "     | $y_3$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |
| $y_4$  | "                                       | "   | "                    | "     | $y_4$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |
| $y_5$  | "                                       | "   | "                    | "     | $y_5$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |
| $y_6$  | 0.523                                   | 0.517   | 0.006                | "     | $y_6$  | 0.490                                   | 0.491   | "                    | 0.004 |  |
| $y_7$  | 0.490                                   | 0.490   | "                    | "     | $y_7$  | 0.473                                   | 0.467   | 0.006                | "     |  |
| $y_8$  | 0.465                                   | 0.466   | "                    | 0.001 | $y_8$  | 0.449                                   | 0.446   | 0.003                | "     |  |
| $y_9$  | 0.441                                   | 0.445   | "                    | 0.004 | $y_9$  | 0.426                                   | 0.427   | "                    | 0.001 |  |
| $y_{10}$   | 0.424                                   | 0.427   | "                    | 0.003 | $y_{10}$   | 0.410                                   | 0.410   | "                    | "     |  |
| $y_{11}$   | 0.407                                   | 0.410   | "                    | 0.003 | $y_{11}$   | 0.394                                   | 0.395   | "                    | 0.001 |  |
| $y_{12}$   | 0.394                                   | 0.395   | "                    | 0.001 | $y_{12}$   | 0.379                                   | 0.382   | "                    | 0.003 |  |
| $y_{13}$   | 0.384                                   | 0.382   | 0.002                | "     | $y_{13}$   | 0.368                                   | 0.370   | "                    | 0.002 |  |
| $y_{14}$   | 0.374                                   | 0.370   | 0.004                | "     | $y_{14}$   | 0.358                                   | 0.358   | "                    | "     |  |
| $y_{15}$   | 0.359                                   | 0.358   | 0.001                | "     | $y_{15}$   | 0.347                                   | 0.348   | "                    | 0.001 |  |
| $y_{16}$   | 0.350                                   | 0.347   | 0.003                | "     | $y_{16}$   | 0.339                                   | 0.339   | "                    | "     |  |
| $y_{17}$   | 0.342                                   | 0.338   | 0.004                | "     | $y_{17}$   | 0.330                                   | 0.330   | "                    | "     |  |
| $y_{18}$   | 0.334                                   | 0.329   | 0.005                | "     | $y_{18}$   | 0.321                                   | 0.322   | "                    | 0.001 |  |
| $y_{19}$   | 0.329                                   | 0.321   | 0.008                | "     | $y_{19}$   | 0.316                                   | 0.314   | 0.002                | "     |  |
| $y_{20}$   | 0.324                                   | 0.313   | 0.011                | "     | $y_{20}$   | 0.305                                   | 0.307   | "                    | 0.002 |  |
| $y_{21}$   | 0.316                                   | 0.305   | 0.011                | "     | $y_{21}$   | 0.300                                   | 0.300   | "                    | "     |  |

TABLEAU III.

**MACHINE VERTICALE DU SYSTÈME DE WOOLF**

DE MM. N. SCHLUMBERGER ET C<sup>ie</sup>, A GUEBWILLER.

| 7 juillet : $p_0 = 3.844, fc = 0.1482, \alpha = 0.50,$ |   |  |               |       | 25 juillet : $p_0 = 5.521, fc = 0.1623, \alpha = 0.58.$ |   |  |               |       |
|--|---|--|---------------|-------|---|---|--|---------------|-------|
| y  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |  | DIFFÉRENCES Δ |       | y   | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |  | DIFFÉRENCES Δ |       |
|  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi $\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{v_0}{v_n}\right)^\alpha$ | +             | -     |   | d'après les ordonnées                   | d'après la loi $\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{v_0}{v_n}\right)^\alpha$ | +             | -     |
| <b>Petit Cylindre.</b>                                 |   |  |               |       |   |   |  |               |       |
| y <sub>4</sub>   | "                                       | "  | "             | "     | y <sub>4</sub>  | "                                       | "  | "             | "     |
| y <sub>5</sub>   | "                                       | "  | "             | "     | y <sub>5</sub>  | "                                       | "  | "             | "     |
| y <sub>6</sub>   | "                                       | "  | "             | "     | y <sub>6</sub>  | 4.346                                   | 4.299  | 0.047         | "     |
| y <sub>7</sub>   | 2.742                                   | 2.702  | 0.040         | "     | y <sub>7</sub>  | 3.868                                   | 3.868  | "             | "     |
| y <sub>8</sub>   | 2.524                                   | 2.504  | 0.020         | "     | y <sub>8</sub>  | 3.545                                   | 3.537  | "             | 0.008 |
| y <sub>9</sub>   | 2.340                                   | 2.340  | "             | "     | y <sub>9</sub>  | 3.277                                   | 3.274  | "             | 0.003 |
| y <sub>10</sub>  | 2.190                                   | 2.205  | "             | 0.015 | y <sub>10</sub>   | 3.049                                   | 3.057  | "             | 0.008 |
| y <sub>11</sub>  | 2.072                                   | 2.092  | "             | 0.020 | y <sub>11</sub>   | 2.864                                   | 2.876  | "             | 0.012 |
| y <sub>12</sub>  | 1.970                                   | 1.995  | "             | 0.025 | y <sub>12</sub>   | 2.702                                   | 2.721  | "             | 0.019 |
| y <sub>13</sub>  | 1.883                                   | 1.910  | "             | 0.027 | y <sub>13</sub>   | 2.561                                   | 2.588  | "             | 0.017 |
| y <sub>14</sub>  | 1.797                                   | 1.835  | "             | 0.038 | y <sub>14</sub>   | 2.442                                   | 2.470  | "             | 0.028 |
| y <sub>15</sub>  | 1.742                                   | 1.768  | "             | 0.026 | y <sub>15</sub>   | 2.340                                   | 2.366  | "             | 0.026 |
| y <sub>16</sub>  | 1.687                                   | 1.709  | "             | 0.022 | y <sub>16</sub>   | 2.253                                   | 2.273  | "             | 0.020 |
| y <sub>17</sub>  | 1.639                                   | 1.654  | "             | 0.015 | y <sub>17</sub>   | 2.175                                   | 2.190  | "             | 0.015 |
| y <sub>18</sub>  | 1.600                                   | 1.605  | "             | 0.005 | y <sub>18</sub>   | 2.096                                   | 2.114  | "             | 0.018 |
| y <sub>19</sub>  | 1.564                                   | 1.560  | 0.004         | "     | y <sub>19</sub>   | 2.033                                   | 2.046  | "             | 0.013 |
| y <sub>20</sub>  | 1.529                                   | 1.518  | 0.011         | "     | y <sub>20</sub>   | 1.986                                   | 1.982  | 0.004         | "     |
| y <sub>21</sub>  | 1.505                                   | 1.480  | 0.025         | "     | y <sub>21</sub>   | 1.946                                   | 1.924  | 0.022         | "     |
| <b>Grand Cylindre.</b>                                 |   |  |               |       |   |   |  |               |       |
| $\alpha' = 0.50.$                                      |   |  |               |       | $\alpha' = 0.64.$                                       |   |  |               |       |
| y <sub>1</sub>   | "                                       | "  | "             | "     | y <sub>1</sub>  | "                                       | "  | "             | "     |
| y <sub>2</sub>   | "                                       | "  | "             | "     | y <sub>2</sub>  | "                                       | "  | "             | "     |
| y <sub>3</sub>   | 0.865                                   | 0.853  | 0.012         | "     | y <sub>3</sub>  | "                                       | "  | "             | "     |
| y <sub>4</sub>   | 0.824                                   | 0.800  | 0.024         | "     | y <sub>4</sub>  | 4.000                                   | 0.992  | 0.008         | "     |
| y <sub>5</sub>   | 0.771                                   | 0.756  | 0.005         | "     | y <sub>5</sub>  | 0.923                                   | 0.923  | "             | "     |
| y <sub>6</sub>   | 0.749                                   | 0.749  | "             | "     | y <sub>6</sub>  | 0.865                                   | 0.865  | "             | "     |
| y <sub>7</sub>   | 0.685                                   | 0.686  | "             | 0.001 | y <sub>7</sub>  | 0.816                                   | 0.816  | "             | "     |
| y <sub>8</sub>   | 0.653                                   | 0.658  | "             | 0.005 | y <sub>8</sub>  | 0.774                                   | 0.773  | "             | 0.002 |
| y <sub>9</sub>   | 0.625                                   | 0.633  | "             | 0.008 | y <sub>9</sub>  | 0.732                                   | 0.735  | "             | 0.003 |
| y <sub>10</sub>  | 0.606                                   | 0.614  | "             | 0.005 | y <sub>10</sub>   | 0.698                                   | 0.702  | "             | 0.004 |
| y <sub>11</sub>  | 0.583                                   | 0.594  | "             | 0.008 | y <sub>11</sub>   | 0.672                                   | 0.673  | "             | 0.001 |
| y <sub>12</sub>  | 0.567                                   | 0.572  | "             | 0.005 | y <sub>12</sub>   | 0.640                                   | 0.646  | "             | 0.006 |
| y <sub>13</sub>  | 0.554                                   | 0.555  | "             | 0.001 | y <sub>13</sub>   | 0.620                                   | 0.626  | "             | 0.006 |
| y <sub>14</sub>  | 0.544                                   | 0.540  | 0.004         | "     | y <sub>14</sub>   | 0.596                                   | 0.600  | "             | 0.004 |
| y <sub>15</sub>  | 0.528                                   | 0.526  | 0.002         | "     | y <sub>15</sub>   | 0.575                                   | 0.580  | "             | 0.005 |
| y <sub>16</sub>  | 0.515                                   | 0.513  | 0.002         | "     | y <sub>16</sub>   | 0.557                                   | 0.562  | "             | 0.005 |
| y <sub>17</sub>  | 0.502                                   | 0.504  | 0.004         | "     | y <sub>17</sub>   | 0.544                                   | 0.545  | "             | 0.001 |
| y <sub>18</sub>  | 0.488                                   | 0.490  | "             | 0.002 | y <sub>18</sub>   | 0.530                                   | 0.529  | 0.004         | "     |
| y <sub>19</sub>  | 0.478                                   | 0.479  | "             | 0.004 | y <sub>19</sub>   | 0.516                                   | 0.516  | "             | "     |
| y <sub>20</sub>  | 0.470                                   | 0.469  | 0.004         | "     | y <sub>20</sub>   | 0.504                                   | 0.504  | 0.003         | "     |
| y <sub>21</sub>  | 0.462                                   | 0.462  | "             | "     | y <sub>21</sub>   | 0.496                                   | 0.488  | 0.008         | "     |

TABLEAU IV.

**MACHINE VERTICALE DU SYSTEME DE WOOLF**

DE MM. N. SCHLUMBERGER ET C<sup>ie</sup>, A GUEBWILLER.

| 28 juillet : $p_0 = 5.104, f_c = 0.2944, \alpha = 0.58.$ |   |  |               |       | 4 août : $p_0 = 5.658, f_c = 0.2159, \alpha = 0.61.$ |   |  |               |       |
|--|---|--|---------------|-------|--|---|--|---------------|-------|
| y  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |  | DIFFÉRENCES Δ |       | y  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |  | DIFFÉRENCES Δ |       |
|  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi $\frac{p_u}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_u}\right)^\alpha$ | +             | -     |  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi $\frac{p_u}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_u}\right)^\alpha$ | +             | -     |
| <b>Petit Cylindre.</b>                                   |   |  |               |       |  |   |  |               |       |
| y <sub>4</sub>   | "                                       | "  | "             | "     | y <sub>4</sub>                                       | "                                       | "  | "             | "     |
| y <sub>5</sub>   | "                                       | "  | "             | "     | y <sub>5</sub>                                       | "                                       | "  | "             | "     |
| y <sub>6</sub>   | "                                       | "  | "             | "     | y <sub>6</sub>                                       | "                                       | "  | "             | "     |
| y <sub>7</sub>   | 4.104                                   | 4.086  | 0.018         | "     | y <sub>7</sub>                                       | "                                       | "  | "             | "     |
| y <sub>8</sub>   | 3.750                                   | 3.735  | 0.015         | "     | y <sub>8</sub>                                       | 4.497                                   | 4.214  | "             | 0.017 |
| y <sub>9</sub>   | 3.458                                   | 3.458  | "             | "     | y <sub>9</sub>                                       | 3.884                                   | 3.884  | "             | "     |
| y <sub>10</sub>  | 3.222                                   | 3.229  | "             | 0.007 | y <sub>10</sub>                                      | 3.627                                   | 3.615  | 0.012         | "     |
| y <sub>11</sub>  | 3.017                                   | 3.027  | "             | 0.010 | y <sub>11</sub>                                      | 3.446                                   | 3.390  | 0.026         | "     |
| y <sub>12</sub>  | 2.860                                   | 2.875  | "             | 0.015 | y <sub>12</sub>                                      | 3.228                                   | 3.198  | 0.030         | "     |
| y <sub>13</sub>  | 2.726                                   | 2.733  | "             | 0.007 | y <sub>13</sub>                                      | 3.049                                   | 3.033  | 0.016         | "     |
| y <sub>14</sub>  | 2.592                                   | 2.609  | "             | 0.017 | y <sub>14</sub>                                      | 2.908                                   | 2.889  | 0.019         | "     |
| y <sub>15</sub>  | 2.474                                   | 2.500  | "             | 0.026 | y <sub>15</sub>                                      | 2.775                                   | 2.760  | 0.015         | "     |
| y <sub>16</sub>  | 2.379                                   | 2.404  | "             | 0.022 | y <sub>16</sub>                                      | 2.674                                   | 2.647  | 0.027         | "     |
| y <sub>17</sub>  | 2.285                                   | 2.313  | "             | 0.028 | y <sub>17</sub>                                      | 2.544                                   | 2.545  | "             | 0.004 |
| y <sub>18</sub>  | 2.222                                   | 2.233  | "             | 0.011 | y <sub>18</sub>                                      | 2.455                                   | 2.452  | 0.003         | "     |
| y <sub>19</sub>  | 2.154                                   | 2.160  | "             | 0.009 | y <sub>19</sub>                                      | 2.361                                   | 2.866  | "             | 0.005 |
| y <sub>20</sub>  | 2.088                                   | 2.095  | "             | 0.005 | y <sub>20</sub>                                      | 2.322                                   | 2.292  | 0.030         | "     |
| y <sub>21</sub>  | 2.044                                   | 2.034  | 0.010         | "     | y <sub>21</sub>                                      | 2.283                                   | 2.224  | 0.062         | "     |
| <b>Grand Cylindre.</b>                                   |   |  |               |       |  |   |  |               |       |
| $\alpha' = 0.64.$  |   |  |               |       | $\alpha' = 0.63.$                                    |   |  |               |       |
| y <sub>1</sub>   | "                                       | "  | "             | "     | y <sub>1</sub>                                       | "                                       | "  | "             | "     |
| y <sub>2</sub>   | "                                       | "  | "             | "     | y <sub>2</sub>                                       | "                                       | "  | "             | "     |
| y <sub>3</sub>   | "                                       | "  | "             | "     | y <sub>3</sub>                                       | "                                       | "  | "             | "     |
| y <sub>4</sub>   | "                                       | "  | "             | "     | y <sub>4</sub>                                       | 4.022                                   | 4.017  | 0.004         | "     |
| y <sub>5</sub>   | 0.884                                   | 0.873  | 0.014         | "     | y <sub>5</sub>                                       | 0.951                                   | 0.945  | 0.006         | "     |
| y <sub>6</sub>   | 0.848                                   | 0.848  | "             | "     | y <sub>6</sub>                                       | 0.889                                   | 0.889  | "             | "     |
| y <sub>7</sub>   | 0.774                                   | 0.774  | "             | "     | y <sub>7</sub>                                       | 0.844                                   | 0.839  | 0.005         | "     |
| y <sub>8</sub>   | 0.729                                   | 0.734  | "             | 0.002 | y <sub>8</sub>                                       | 0.799                                   | 0.795  | 0.004         | "     |
| y <sub>9</sub>   | 0.695                                   | 0.696  | "             | 0.001 | y <sub>9</sub>                                       | 0.759                                   | 0.757  | 0.002         | "     |
| y <sub>10</sub>  | 0.664                                   | 0.664  | "             | 0.003 | y <sub>10</sub>                                      | 0.727                                   | 0.723  | 0.004         | "     |
| y <sub>11</sub>  | 0.632                                   | 0.636  | "             | 0.004 | y <sub>11</sub>                                      | 0.698                                   | 0.694  | 0.004         | "     |
| y <sub>12</sub>  | 0.609                                   | 0.640  | "             | 0.004 | y <sub>12</sub>                                      | 0.669                                   | 0.667  | 0.002         | "     |
| y <sub>13</sub>  | 0.583                                   | 0.588  | "             | 0.005 | y <sub>13</sub>                                      | 0.645                                   | 0.643  | 0.002         | "     |
| y <sub>14</sub>  | 0.567                                   | 0.567  | "             | "     | y <sub>14</sub>                                      | 0.615                                   | 0.613  | 0.002         | "     |
| y <sub>15</sub>  | 0.549                                   | 0.548  | 0.004         | "     | y <sub>15</sub>                                      | 0.599                                   | 0.599  | "             | "     |
| y <sub>16</sub>  | 0.530                                   | 0.534  | "             | 0.004 | y <sub>16</sub>                                      | 0.578                                   | 0.584  | "             | 0.003 |
| y <sub>17</sub>  | 0.515                                   | 0.515  | "             | "     | y <sub>17</sub>                                      | 0.562                                   | 0.564  | "             | 0.002 |
| y <sub>18</sub>  | 0.502                                   | 0.500  | 0.002         | "     | y <sub>18</sub>                                      | 0.546                                   | 0.547  | "             | 0.004 |
| y <sub>19</sub>  | 0.488                                   | 0.486  | 0.002         | "     | y <sub>19</sub>                                      | 0.536                                   | 0.533  | 0.003         | "     |
| y <sub>20</sub>  | 0.475                                   | 0.473  | 0.002         | "     | y <sub>20</sub>                                      | 0.522                                   | 0.519  | 0.003         | "     |
| y <sub>21</sub>  | 0.465                                   | 0.462  | 0.003         | "     | y <sub>21</sub>                                      | 0.517                                   | 0.506  | 0.011         | "     |

TABLEAU V.

**MACHINE VERTICALE DU SYSTEME DE WOOLF**

DE MM. N. SCHLUMBERGER ET C<sup>ie</sup>, A GUEBWILLER.

| 8 août : $p_0 = 6.033, f_c = 0.1941, \alpha = 0.59.$ |   |  |                      |       | 31 août : $p_0 = 5.734, f_c = 0.3305, \alpha = 0.71.$ |   |  |                      |       |
|--|---|--|----------------------|-------|---|---|--|----------------------|-------|
|  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |  | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |   | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |  | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |
|  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi $\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |   | d'après les ordonnées                   | d'après la loi $\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |
| <b>Petit Cylindre.</b>                               |   |  |                      |       |   |   |  |                      |       |
| $y_4$  | "                                       | "  | "                    | "     | $y_4$   | "                                       | "  | "                    | "     |
| $y_5$  | "                                       | "  | "                    | "     | $y_5$   | "                                       | "  | "                    | "     |
| $y_6$  | "                                       | "  | "                    | "     | $y_6$   | "                                       | "  | "                    | "     |
| $y_7$  | 4.627                                   | 4.668  | "                    | 0.041 | $y_7$   | "                                       | "  | "                    | "     |
| $y_8$  | 4.236                                   | 4.262  | "                    | 0.026 | $y_8$   | "                                       | "  | "                    | "     |
| $y_9$  | 3.939                                   | 3.939  | "                    | "     | $y_9$   | 4.978                                   | 5.008  | "                    | 0.030 |
| $y_{10}$   | 3.684                                   | 3.675  | 0.006                | "     | $y_{10}$  | 4.576                                   | 4.605  | "                    | 0.029 |
| $y_{11}$   | 3.463                                   | 3.453  | 0.010                | "     | $y_{11}$  | 4.277                                   | 4.274  | "                    | 0.003 |
| $y_{12}$   | 3.252                                   | 3.264  | "                    | 0.012 | $y_{12}$  | 3.994                                   | 3.994  | "                    | "     |
| $y_{13}$   | 3.088                                   | 3.104  | "                    | 0.013 | $y_{13}$  | 3.750                                   | 3.755  | "                    | 0.005 |
| $y_{14}$   | 2.955                                   | 2.958  | "                    | 0.003 | $y_{14}$  | 3.545                                   | 3.547  | "                    | 0.002 |
| $y_{15}$   | 2.822                                   | 2.834  | "                    | 0.009 | $y_{15}$  | 3.369                                   | 3.365  | 0.004                | "     |
| $y_{16}$   | 2.705                                   | 2.748  | "                    | 0.043 | $y_{16}$  | 3.214                                   | 3.204  | 0.010                | "     |
| $y_{17}$   | 2.611                                   | 2.617  | "                    | 0.006 | $y_{17}$  | 3.064                                   | 3.061  | 0.003                | "     |
| $y_{18}$   | 2.517                                   | 2.525  | "                    | 0.008 | $y_{18}$  | 2.932                                   | 2.932  | "                    | "     |
| $y_{19}$   | 2.439                                   | 2.444  | "                    | 0.002 | $y_{19}$  | 2.820                                   | 2.816  | 0.004                | "     |
| $y_{20}$   | 2.384                                   | 2.364  | 0.020                | "     | $y_{20}$  | 2.734                                   | 2.740  | 0.024                | "     |
| $y_{21}$   | 2.338                                   | 2.294  | 0.044                | "     | $y_{21}$  | 2.663                                   | 2.643  | 0.050                | "     |
| <b>Grand Cylindre.</b>                               |   |  |                      |       |   |   |  |                      |       |
| $\alpha' = 0.80.$                                    |   |  |                      |       | $\alpha' = 0.72.$                                     |   |  |                      |       |
| $y_1$  | "                                       | "  | "                    | "     | $y_1$   | "                                       | "  | "                    | "     |
| $y_2$  | "                                       | "  | "                    | "     | $y_2$   | "                                       | "  | "                    | "     |
| $y_3$  | "                                       | "  | "                    | "     | $y_3$   | "                                       | "  | "                    | "     |
| $y_4$  | 4.190                                   | 4.185  | 0.005                | "     | $y_4$   | 4.342                                   | 4.327  | 0.045                | "     |
| $y_5$  | 4.085                                   | 4.083  | 0.002                | "     | $y_5$   | 4.224                                   | 4.224  | "                    | "     |
| $y_6$  | 0.999                                   | 0.999  | "                    | "     | $y_6$   | 4.138                                   | 4.138  | "                    | "     |
| $y_7$  | 0.928                                   | 0.928  | "                    | "     | $y_7$   | 4.057                                   | 4.065  | "                    | 0.008 |
| $y_8$  | 0.865                                   | 0.867  | "                    | 0.002 | $y_8$   | 0.994                                   | 4.002  | "                    | 0.008 |
| $y_9$  | 0.810                                   | 0.815  | "                    | 0.005 | $y_9$   | 0.944                                   | 0.948  | "                    | 0.007 |
| $y_{10}$   | 0.766                                   | 0.770  | "                    | 0.004 | $y_{10}$  | 0.894                                   | 0.900  | "                    | 0.006 |
| $y_{11}$   | 0.727                                   | 0.729  | "                    | 0.002 | $y_{11}$  | 0.845                                   | 0.857  | "                    | 0.012 |
| $y_{12}$   | 0.688                                   | 0.694  | "                    | 0.006 | $y_{12}$  | 0.803                                   | 0.819  | "                    | 0.016 |
| $y_{13}$   | 0.656                                   | 0.661  | "                    | 0.005 | $y_{13}$  | 0.774                                   | 0.785  | "                    | 0.014 |
| $y_{14}$   | 0.627                                   | 0.632  | "                    | 0.005 | $y_{14}$  | 0.739                                   | 0.754  | "                    | 0.015 |
| $y_{15}$   | 0.604                                   | 0.606  | "                    | 0.002 | $y_{15}$  | 0.714                                   | 0.726  | "                    | 0.012 |
| $y_{16}$   | 0.580                                   | 0.582  | "                    | 0.002 | $y_{16}$  | 0.688                                   | 0.700  | "                    | 0.012 |
| $y_{17}$   | 0.562                                   | 0.560  | 0.002                | "     | $y_{17}$  | 0.661                                   | 0.676  | "                    | 0.015 |
| $y_{18}$   | 0.544                                   | 0.540  | 0.004                | "     | $y_{18}$  | 0.646                                   | 0.655  | "                    | 0.009 |
| $y_{19}$   | 0.525                                   | 0.521  | 0.004                | "     | $y_{19}$  | 0.632                                   | 0.632  | "                    | "     |
| $y_{20}$   | 0.509                                   | 0.504  | 0.005                | "     | $y_{20}$  | 0.617                                   | 0.615  | 0.002                | "     |
| $y_{21}$   | 0.496                                   | 0.487  | 0.009                | "     | $y_{21}$  | 0.604                                   | 0.598  | 0.003                | "     |

TABLEAU VI.

**MACHINE VERTICALE DU SYSTÈME DE WOOLF**

DE MM. N. SCHLUMBERGER ET C<sup>ie</sup>, A GUEBWILLER.

*Courbes correspondantes.*

| Courbe XI du 13 octobre : $p_0 = 5.167,$<br>$f_c = 0.2369, \alpha = 0.68.$ |   |   |               |       | Courbe XIV du 13 octobre : $p_0 = 5.364,$<br>$f_c 0.2931. \alpha = 0.69.$ |   |   |               |       |
|--|---|---|---------------|-------|---|---|---|---------------|-------|
| y  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES Δ |       | y   | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES Δ |       |
|  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{v_0}{v_n}\right)^\alpha$ | +             | -     |   | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{v_0}{v_n}\right)^\alpha$ | +             | -     |
| <b>Petit Cylindre.</b>   |   |   |               |       |   |   |   |               |       |
| y <sub>4</sub>   | "                                       | "   | "             | "     | y <sub>4</sub>  | "                                       | "   | "             | "     |
| y <sub>5</sub>   | "                                       | "   | "             | "     | y <sub>5</sub>  | "                                       | "   | "             | "     |
| y <sub>6</sub>   | "                                       | "   | "             | "     | y <sub>6</sub>  | "                                       | "   | "             | "     |
| y <sub>7</sub>   | 4.450                                   | 4.399   | 0.051         | "     | y <sub>7</sub>  | "                                       | "   | "             | "     |
| y <sub>8</sub>   | 4.009                                   | 3.961   | 0.048         | "     | y <sub>8</sub>  | "                                       | "   | "             | "     |
| y <sub>9</sub>   | 3.616                                   | 3.617   | "             | 0.001 | y <sub>9</sub>  | 4.395                                   | 4.327   | 0.068         | "     |
| y <sub>10</sub>  | 3.340                                   | 3.340   | "             | "     | y <sub>10</sub>   | 3.986                                   | 3.990   | "             | 0.004 |
| y <sub>11</sub>  | 3.120                                   | 3.108   | 0.012         | "     | y <sub>11</sub>   | 3.710                                   | 3.710   | "             | "     |
| y <sub>12</sub>  | 2.899                                   | 2.913   | "             | 0.014 | y <sub>12</sub>   | 3.458                                   | 3.472   | "             | 0.014 |
| y <sub>13</sub>  | 2.726                                   | 2.746   | "             | 0.020 | y <sub>13</sub>   | 3.246                                   | 3.272   | "             | 0.026 |
| y <sub>14</sub>  | 2.584                                   | 2.600   | "             | 0.016 | y <sub>14</sub>   | 3.072                                   | 3.095   | "             | 0.023 |
| y <sub>15</sub>  | 2.458                                   | 2.473   | "             | 0.015 | y <sub>15</sub>   | 2.915                                   | 2.941   | "             | 0.026 |
| y <sub>16</sub>  | 2.348                                   | 2.359   | "             | 0.011 | y <sub>16</sub>   | 2.797                                   | 2.804   | "             | 0.007 |
| y <sub>17</sub>  | 2.253                                   | 2.260   | "             | 0.007 | y <sub>17</sub>   | 2.687                                   | 2.683   | 0.004         | "     |
| y <sub>18</sub>  | 2.190                                   | 2.167   | 0.023         | "     | y <sub>18</sub>   | 2.584                                   | 2.573   | 0.011         | "     |
| y <sub>19</sub>  | 2.104                                   | 2.084   | 0.020         | "     | y <sub>19</sub>   | 2.513                                   | 2.473   | 0.040         | "     |
| y <sub>20</sub>  | 2.041                                   | 2.009   | 0.032         | "     | y <sub>20</sub>   | 2.442                                   | 2.382   | 0.060         | "     |
| y <sub>21</sub>  | 2.002                                   | 1.940   | 0.062         | "     | y <sub>21</sub>   | 2.387                                   | 2.300   | 0.087         | "     |
| <b>Grand Cylindre</b>  |   |   |               |       |   |   |   |               |       |
| $\alpha' = 0.58.$  |   |   |               |       | $\alpha' = 0.63.$   |   |   |               |       |
| y <sub>1</sub>   | "                                       | "   | "             | "     | y <sub>1</sub>  | "                                       | "   | "             | "     |
| y <sub>2</sub>   | "                                       | "   | "             | "     | y <sub>2</sub>  | "                                       | "   | "             | "     |
| y <sub>3</sub>   | "                                       | "   | "             | "     | y <sub>3</sub>  | "                                       | "   | "             | "     |
| y <sub>4</sub>   | 0.903                                   | 0.874   | 0.029         | "     | y <sub>4</sub>  | 1.089                                   | 1.066   | 0.023         | "     |
| y <sub>5</sub>   | 0.831                                   | 0.819   | 0.012         | "     | y <sub>5</sub>  | 1.006                                   | 0.993   | 0.013         | "     |
| y <sub>6</sub>   | 0.772                                   | 0.772   | "             | "     | y <sub>6</sub>  | 0.932                                   | 0.932   | "             | "     |
| y <sub>7</sub>   | 0.724                                   | 0.732   | "             | 0.008 | y <sub>7</sub>  | 0.873                                   | 0.880   | "             | 0.007 |
| y <sub>8</sub>   | 0.687                                   | 0.697   | "             | 0.010 | y <sub>8</sub>  | 0.826                                   | 0.834   | "             | 0.008 |
| y <sub>9</sub>   | 0.647                                   | 0.666   | "             | 0.019 | y <sub>9</sub>  | 0.786                                   | 0.794   | "             | 0.008 |
| y <sub>10</sub>  | 0.621                                   | 0.639   | "             | 0.018 | y <sub>10</sub>   | 0.748                                   | 0.759   | "             | 0.011 |
| y <sub>11</sub>  | 0.597                                   | 0.615   | "             | 0.018 | y <sub>11</sub>   | 0.719                                   | 0.728   | "             | 0.009 |
| y <sub>12</sub>  | 0.570                                   | 0.593   | "             | 0.023 | y <sub>12</sub>   | 0.695                                   | 0.699   | "             | 0.004 |
| y <sub>13</sub>  | 0.554                                   | 0.572   | "             | 0.018 | y <sub>13</sub>   | 0.669                                   | 0.673   | "             | 0.004 |
| y <sub>14</sub>  | 0.544                                   | 0.554   | "             | 0.010 | y <sub>14</sub>   | 0.647                                   | 0.650   | "             | 0.003 |
| y <sub>15</sub>  | 0.528                                   | 0.538   | "             | 0.010 | y <sub>15</sub>   | 0.626                                   | 0.629   | "             | 0.003 |
| y <sub>16</sub>  | 0.522                                   | 0.522   | "             | "     | y <sub>16</sub>   | 0.610                                   | 0.609   | 0.001         | "     |
| y <sub>17</sub>  | 0.506                                   | 0.508   | "             | 0.002 | y <sub>17</sub>   | 0.592                                   | 0.591   | 0.001         | "     |
| y <sub>18</sub>  | 0.496                                   | 0.495   | 0.001         | "     | y <sub>18</sub>   | 0.578                                   | 0.574   | 0.004         | "     |
| y <sub>19</sub>  | 0.485                                   | 0.482   | 0.003         | "     | y <sub>19</sub>   | 0.565                                   | 0.559   | 0.006         | "     |
| y <sub>20</sub>  | 0.480                                   | 0.471   | 0.009         | "     | y <sub>20</sub>   | 0.557                                   | 0.544   | 0.013         | "     |
| y <sub>21</sub>  | "                                       | "   | "             | "     | y <sub>21</sub>   | "                                       | "   | "             | "     |

**TABLEAU VII**  
**MACHINE VERTICALE DU SYSTÈME DE WOOLF**  
 DE MM. N. SCHLUMBERGER ET C<sup>ie</sup>, A GUEBWILLER.

*Courbes correspondantes.*

| Courbe XVIII du 13 octobre : $p_0 = 5.639$ ,<br>$fc = 0.3056$ , $\alpha = 0.71$ . |   |   |                      |       | Courbe II du 14 octobre : $p_0 = 5.395$ ,<br>$fc = 0.3056$ , $\alpha = 0.61$ . |   |   |                      |       |
|---|---|---|----------------------|-------|--|---|---|----------------------|-------|
| y   | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       | y  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |
|   | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{v_0}{v_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{v_0}{v_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |
| <b>Petit Cylindre.</b>  |   |   |                      |       |  |   |   |                      |       |
| y <sub>4</sub>  | "                                       | "   | "                    | "     | y <sub>4</sub>   | "                                       | "   | "                    | "     |
| y <sub>5</sub>  | "                                       | "   | "                    | "     | y <sub>5</sub>   | "                                       | "   | "                    | "     |
| y <sub>6</sub>  | "                                       | "   | "                    | "     | y <sub>6</sub>   | "                                       | "   | "                    | "     |
| y <sub>7</sub>  | "                                       | "   | "                    | "     | y <sub>7</sub>   | "                                       | "   | "                    | "     |
| y <sub>8</sub>  | 5.143                                   | 5.164   | "                    | 0.018 | y <sub>8</sub>   | 4.978                                   | 4.967   | 0.011                | "     |
| y <sub>9</sub>  | 4.694                                   | 4.694   | "                    | "     | y <sub>9</sub>   | 4.568                                   | 4.579   | "                    | 0.010 |
| y <sub>10</sub>   | 4.317                                   | 4.317   | "                    | "     | y <sub>10</sub>  | 4.261                                   | 4.261   | "                    | "     |
| y <sub>11</sub>   | 3.993                                   | 4.006   | "                    | 0.013 | y <sub>11</sub>  | 4.009                                   | 3.996   | 0.013                | "     |
| y <sub>12</sub>   | 3.694                                   | 3.745   | "                    | 0.051 | y <sub>12</sub>  | 3.781                                   | 3.774   | 0.010                | "     |
| y <sub>13</sub>   | 3.474                                   | 3.520   | "                    | 0.046 | y <sub>13</sub>  | 3.576                                   | 3.575   | 0.001                | "     |
| y <sub>14</sub>   | 3.293                                   | 3.325   | "                    | 0.032 | y <sub>14</sub>  | 3.387                                   | 3.404   | "                    | 0.014 |
| y <sub>15</sub>   | 3.128                                   | 3.155   | "                    | 0.027 | y <sub>15</sub>  | 3.246                                   | 3.254   | "                    | 0.008 |
| y <sub>16</sub>   | 2.978                                   | 3.004   | "                    | 0.026 | y <sub>16</sub>  | 3.096                                   | 3.120   | "                    | 0.024 |
| y <sub>17</sub>   | 2.844                                   | 2.869   | "                    | 0.025 | y <sub>17</sub>  | 2.978                                   | 3.000   | "                    | 0.022 |
| y <sub>18</sub>   | 2.734                                   | 2.749   | "                    | 0.015 | y <sub>18</sub>  | 2.876                                   | 2.891   | "                    | 0.015 |
| y <sub>19</sub>   | 2.639                                   | 2.639   | "                    | "     | y <sub>19</sub>  | 2.789                                   | 2.789   | "                    | "     |
| y <sub>20</sub>   | 2.584                                   | 2.540   | 0.044                | "     | y <sub>20</sub>  | 2.740                                   | 2.704   | 0.009                | "     |
| y <sub>21</sub>   | 2.545                                   | 2.449   | 0.096                | "     | y <sub>21</sub>  | 2.647                                   | 2.618   | 0.029                | "     |
| <b>Grand Cylindre.</b>  |   |   |                      |       |  |   |   |                      |       |
| $\alpha' = 0.69$ .  |   |   |                      |       | $\alpha' = 0.64$ .   |   |   |                      |       |
| y <sub>1</sub>  | "                                       | "   | "                    | "     | y <sub>1</sub>   | "                                       | "   | "                    | "     |
| y <sub>2</sub>  | "                                       | "   | "                    | "     | y <sub>2</sub>   | "                                       | "   | "                    | "     |
| y <sub>3</sub>  | "                                       | "   | "                    | "     | y <sub>3</sub>   | 4.136                                   | 4.119   | 0.017                | "     |
| y <sub>4</sub>  | "                                       | "   | "                    | "     | y <sub>4</sub>   | 4.044                                   | 4.031   | 0.010                | "     |
| y <sub>5</sub>  | 4.453                                   | 4.113   | 0.040                | "     | y <sub>5</sub>   | 0.963                                   | 0.959   | 0.004                | "     |
| y <sub>6</sub>  | 4.053                                   | 4.038   | 0.015                | "     | y <sub>6</sub>   | 0.899                                   | 0.899   | "                    | "     |
| y <sub>7</sub>  | 0.974                                   | 0.974   | "                    | "     | y <sub>7</sub>   | 0.847                                   | 0.848   | "                    | 0.001 |
| y <sub>8</sub>  | 0.914                                   | 0.919   | "                    | 0.009 | y <sub>8</sub>   | 0.801                                   | 0.803   | "                    | 0.002 |
| y <sub>9</sub>  | 0.860                                   | 0.874   | "                    | 0.014 | y <sub>9</sub>   | 0.760                                   | 0.765   | "                    | 0.005 |
| y <sub>10</sub>   | 0.815                                   | 0.829   | "                    | 0.014 | y <sub>10</sub>  | 0.729                                   | 0.730   | "                    | 0.001 |
| y <sub>11</sub>   | 0.778                                   | 0.791   | "                    | 0.013 | y <sub>11</sub>  | 0.695                                   | 0.699   | "                    | 0.004 |
| y <sub>12</sub>   | 0.746                                   | 0.758   | "                    | 0.012 | y <sub>12</sub>  | 0.667                                   | 0.674   | "                    | 0.004 |
| y <sub>13</sub>   | 0.717                                   | 0.727   | "                    | 0.010 | y <sub>13</sub>  | 0.641                                   | 0.647   | "                    | 0.006 |
| y <sub>14</sub>   | 0.693                                   | 0.700   | "                    | 0.007 | y <sub>14</sub>  | 0.621                                   | 0.624   | "                    | 0.003 |
| y <sub>15</sub>   | 0.669                                   | 0.676   | "                    | 0.005 | y <sub>15</sub>  | 0.597                                   | 0.603   | "                    | 0.006 |
| y <sub>16</sub>   | 0.650                                   | 0.652   | "                    | 0.002 | y <sub>16</sub>  | 0.585                                   | 0.584   | 0.001                | "     |
| y <sub>17</sub>   | 0.634                                   | 0.630   | 0.004                | "     | y <sub>17</sub>  | 0.567                                   | 0.566   | 0.001                | "     |
| y <sub>18</sub>   | 0.607                                   | 0.611   | "                    | 0.004 | y <sub>18</sub>  | 0.556                                   | 0.550   | 0.006                | "     |
| y <sub>19</sub>   | 0.594                                   | 0.593   | 0.001                | "     | y <sub>19</sub>  | 0.547                                   | 0.535   | 0.012                | "     |
| y <sub>20</sub>   | 0.578                                   | 0.576   | 0.002                | "     | y <sub>20</sub>  | 0.544                                   | 0.524   | 0.020                | "     |
| y <sub>21</sub>   | "                                       | "   | "                    | "     | y <sub>21</sub>  | "                                       | "   | "                    | "     |

TABLEAU VIII.

**MACHINE VERTICALE DU SYSTÈME DE WOOLF**  
DE MM. N. SCHLUMBERGER ET C<sup>ie</sup>, A GUEBWILLER.

*Courbes correspondantes.*

| Courbe X du 14 octobre : $p_0 = 5.560$ ,<br>$f_c = 0.3281$ , $\alpha = 0.64$ . |   |   |                      |       |  |  |  |   |   |                      |   |
|--|---|---|----------------------|-------|--|--|--|---|---|----------------------|---|
|  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |  |  |  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES $\Delta$ |   |
|  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |  |  |  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | - |
| <b>Petit Cylindre.</b>   |   |   |                      |       |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_4$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_5$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_6$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_7$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_8$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_9$  | 4.891                                   | 4.898   | "                    | 0.007 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{10}$   | 4.537                                   | 4.542   | "                    | 0.005 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{11}$   | 4.246                                   | 4.246   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{12}$   | 3.978                                   | 4.003   | "                    | 0.025 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{13}$   | 3.750                                   | 3.758   | "                    | 0.008 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{14}$   | 3.564                                   | 3.590   | "                    | 0.029 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{15}$   | 3.403                                   | 3.423   | "                    | 0.020 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{16}$   | 3.238                                   | 3.275   | "                    | 0.037 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{17}$   | 3.120                                   | 3.143   | "                    | 0.023 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{18}$   | 3.009                                   | 3.024   | "                    | 0.015 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{19}$   | 2.915                                   | 2.915   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{20}$   | 2.828                                   | 2.816   | 0.012                | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{21}$   | 2.781                                   | 2.725   | 0.056                | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| <b>Grand Cylindre.</b>   |   |   |                      |       |  |  |  |   |   |                      |   |
| $\alpha' = 0.61.$  |   |   |                      |       |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_1$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_2$  | "                                       | "   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_3$  | 4.485                                   | 4.463   | 0.022                | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_4$  | 4.087                                   | 4.077   | 0.010                | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_5$  | 4.007                                   | 4.005   | 0.002                | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_6$  | 0.945                                   | 0.945   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_7$  | 0.891                                   | 0.893   | "                    | 0.002 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_8$  | 0.847                                   | 0.848   | "                    | 0.001 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_9$  | 0.806                                   | 0.809   | "                    | 0.003 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{10}$   | 0.770                                   | 0.775   | "                    | 0.005 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{11}$   | 0.742                                   | 0.743   | "                    | 0.001 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{12}$   | 0.713                                   | 0.715   | "                    | 0.002 |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{13}$   | 0.690                                   | 0.690   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{14}$   | 0.667                                   | 0.667   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{15}$   | 0.647                                   | 0.646   | 0.001                | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{16}$   | 0.626                                   | 0.626   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{17}$   | 0.608                                   | 0.608   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{18}$   | 0.592                                   | 0.591   | 0.001                | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{19}$   | 0.577                                   | 0.576   | 0.001                | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{20}$   | 0.561                                   | 0.561   | "                    | "     |  |  |  |   |   |                      |   |
| $y_{21}$   | 0.554                                   | 0.548   | 0.006                | "     |  |  |  |   |   |                      |   |

## TABLEAU RÉSUMÉ DES COURBES.

TABLEAU IX.

### MACHINE VERTICALE, SYSTÈME DE WOOLF

DE MM. N. SCHLUMBERGER ET C<sup>ie</sup>, A GUEBWILLER.

*Courbes prises depuis la mise en marche.*

| 18 OCTOBRE 1868.             |                    |        |                               |                                | 14 OCTOBRE 1868.           |       |        |                               |                                |      |
|------------------------------|--------------------|--------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------|--------|-------------------------------|--------------------------------|------|
| NUMÉROS<br>et<br>DATES.      | $P_0$              | $fc$   | $\alpha$<br>Petit<br>cylindre | $\alpha'$<br>Grand<br>cylindre | NUMÉROS<br>et<br>DATES.    | $P_0$ | $fc$   | $\alpha$<br>Petit<br>cylindre | $\alpha'$<br>Grand<br>cylindre |      |
| 42 juin 1868.                | 1.033              | 0.4574 | 0.37                          | 0.57                           | 3 août 1868.               | 5.757 | 0.1489 | 0.55                          | 0.73                           |      |
| 43 —                         | 4.269              | 0.4594 | 0.48                          | 0.62                           | 4 —                        | 5.658 | 0.2459 | 0.64                          | 0.63                           |      |
| 49 —                         | 2.057              | 0.0778 | 0.38                          | 0.64                           | 7 —                        | 6.033 | 0.4874 | 0.57                          | 0.76                           |      |
| 20 juin                      | N <sup>o</sup> 4 A | 2.017  | 0.4449                        | 0.42                           | "                          | 8 —   | 6.033  | 0.4944                        | 0.59                           | 0.80 |
|                              | N <sup>o</sup> 4 B | "      | "                             | 0.43                           | "                          | 12 —  | 5.867  | 0.2054                        | 0.58                           | 0.84 |
|                              | N <sup>o</sup> 2 A | 2.096  | 0.4323                        | 0.47                           | "                          | 26 —  | 6.033  | 0.3345                        | 0.66                           | "    |
|                              | N <sup>o</sup> 2 B | "      | "                             | 0.44                           | "                          | 28 —  | 5.324  | 0.2185                        | 0.64                           | 0.74 |
|                              | N <sup>o</sup> 3 A | 2.017  | 0.4453                        | 0.44                           | "                          | 34 —  | 5.734  | 0.3305                        | 0.74                           | 0.72 |
| 25 juin 1868.                | 2.635              | 0.4347 | 0.45                          | "                              | 1 <sup>er</sup> oct. 1868. | 5.852 | 0.2562 | 0.68                          | 0.72                           |      |
| 27 —                         | 2.797              | 0.4226 | 0.48                          | 0.62                           | 6 —                        | 5.632 | 0.2294 | 0.65                          | 0.74                           |      |
| 29 —                         | 2.679              | 0.4044 | 0.46                          | 0.59                           | I<br>II<br>III<br>IV       | 3.277 | 0.1482 | 0.49                          | "                              |      |
| 30 —                         | 2.860              | 0.4339 | 0.50                          | 0.55                           |                            | 4.733 | 0.2072 | 0.59                          | "                              |      |
| 4 <sup>er</sup> juillet 1868 | 3.454              | 0.4364 | 0.54                          | "                              |                            | 5.080 | 0.2959 | 0.67                          | "                              |      |
| 3 — I                        | 3.277              | 0.4400 | 0.51                          | 0.63                           |                            | 5.836 | 0.4372 | 0.72                          | 0.77                           |      |
| 3 — II                       | 3.332              | 0.4324 | 0.47                          | "                              | <i>Courbes moyennes.</i>   |       |        |                               |                                |      |
| 3 — III                      | 3.316              | 0.4344 | 0.48                          | "                              | 13 nov. 1868.              | 5.694 | 0.3486 | 0.72                          | 0.74                           |      |
| 7 juillet                    | 3.844              | 0.4482 | 0.50                          | 0.50                           | 14 —                       | 5.449 | 0.2934 | 0.69                          | 0.69                           |      |
| 40 — I                       | 4.994              | 0.2128 | 0.63                          | 0.63                           | 26 —                       | 5.592 | 0.3144 | 0.74                          | 0.74                           |      |
| 40 — II                      | 4.986              | 0.2034 | 0.62                          | 0.63                           |                            |       |        |                               |                                |      |
| 45 juillet                   | 4.639              | 0.2168 | 0.62                          | 0.67                           |                            |       |        |                               |                                |      |
| 46 —                         | 4.694              | 0.4837 | 0.55                          | 0.64                           |                            |       |        |                               |                                |      |
| 25 —                         | 5.524              | 0.4623 | 0.58                          | 0.64                           |                            |       |        |                               |                                |      |
| 28 —                         | 5.404              | 0.2044 | 0.58                          | 0.64                           |                            |       |        |                               |                                |      |

TABLEAU X.

*Courbes correspondantes.*

13 OCTOBRE 1868.

14 OCTOBRE 1868.

|       |       |        |      |      |      |       |        |      |      |
|-------|-------|--------|------|------|------|-------|--------|------|------|
| VI    | 4.954 | 0.2262 | 0.68 | 0.50 | I    | 5.403 | 0.3169 | 0.62 | 0.64 |
| VII   | 4.934 | 0.2647 | 0.69 | 0.62 | II   | 5.395 | 0.3056 | 0.64 | 0.64 |
| VIII  | 5.040 | 0.2474 | 0.67 | 0.62 | III  | 5.748 | 0.4953 | 0.57 | 0.58 |
| IX    | 4.934 | 0.2489 | 0.67 | 0.60 | IV   | 5.608 | 0.2356 | 0.59 | 0.60 |
| X     | 5.167 | 0.2396 | 0.68 | 0.56 | VI   | 3.749 | 0.2668 | 0.57 | 0.54 |
| XI    | 5.167 | 0.2369 | 0.68 | 0.58 | VII  | 4.222 | 0.2776 | 0.58 | 0.54 |
| XIII  | 3.356 | 0.0833 | 0.53 | 0.53 | VIII | 5.222 | 0.2695 | 0.62 | 0.60 |
| XIV   | 5.364 | 0.2934 | 0.69 | 0.63 | IX   | 5.505 | 0.2664 | 0.64 | 0.60 |
| XV    | 5.403 | 0.2697 | 0.69 | 0.75 | X    | 5.560 | 0.3284 | 0.64 | 0.64 |
| XVI   | 5.482 | 0.2633 | 0.67 | 0.74 |      |       |        |      |      |
| XVII  | 5.529 | 0.2522 | 0.66 | 0.74 |      |       |        |      |      |
| XVIII | 5.639 | 0.3089 | 0.74 | 0.69 |      |       |        |      |      |

TABLEAU XI.

**MACHINE VERTICALE**

DE MM. A. SCHLUMBERGER FILS ET C<sup>ie</sup>, A MULHOUSE.

| Courbe N° III : $p_0 = 3.689$ , $fc = 0.1304$ ,<br>$\alpha = 0.80$ . |   |   |                      |       | Courbe N° V : $p_0 = 2.705$ , $fc = 0.1297$ ,<br>$\alpha = 0.75$ . |          |   |   |                      |       |
|--|---|---|----------------------|-------|--|----------|---|---|----------------------|-------|
| $y$  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |  | $y$      | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |
|  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |  |          | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |
| <b>Un seul cylindre avec enveloppe de vapeur.</b>                    |   |   |                      |       |  |          |   |   |                      |       |
| $y_1$  | "                                       | "   | "                    | "     |  | $y_1$    | "                                       | "   | "                    | "     |
| $y_2$  | "                                       | "   | "                    | "     |  | $y_2$    | "                                       | "   | "                    | "     |
| $y_3$  | "                                       | "   | "                    | "     |  | $y_3$    | "                                       | "   | "                    | "     |
| $y_4$  | "                                       | "   | "                    | "     |  | $y_4$    | "                                       | "   | "                    | "     |
| $y_5$  | 2.549                                   | 2.617   | "                    | 0.068 |  | $y_5$    | "                                       | "   | "                    | "     |
| $y_6$  | 2.489                                   | 2.489   | "                    | "     |  | $y_6$    | 4.705                                   | 4.653   | 0.052                | "     |
| $y_7$  | 4.931                                   | 4.892   | 0.039                | "     |  | $y_7$    | 4.486                                   | 4.442   | 0.044                | "     |
| $y_8$  | 4.721                                   | 4.673   | 0.048                | "     |  | $y_8$    | 1.322                                   | 1.285   | 0.037                | "     |
| $y_9$  | 4.541                                   | 4.503   | 0.038                | "     |  | $y_9$    | 4.489                                   | 4.462   | 0.027                | "     |
| $y_{10}$   | 4.400                                   | 4.368   | 0.032                | "     |  | $y_{10}$ | 4.072                                   | 4.064   | 0.008                | "     |
| $y_{11}$   | 4.275                                   | 4.257   | 0.018                | "     |  | $y_{11}$ | 0.985                                   | 0.983   | 0.002                | "     |
| $y_{12}$   | 4.181                                   | 4.165   | 0.016                | "     |  | $y_{12}$ | 0.908                                   | 0.915   | "                    | 0.007 |
| $y_{13}$   | 4.088                                   | 4.087   | 0.001                | "     |  | $y_{13}$ | 0.844                                   | 0.857   | "                    | 0.013 |
| $y_{14}$   | 4.028                                   | 4.019   | 0.009                | "     |  | $y_{14}$ | 0.794                                   | 0.807   | "                    | 0.013 |
| $y_{15}$   | 0.969                                   | 0.961   | 0.008                | "     |  | $y_{15}$ | 0.762                                   | 0.764   | "                    | 0.002 |
| $y_{16}$   | 0.916                                   | 0.909   | 0.007                | "     |  | $y_{16}$ | 0.727                                   | 0.725   | 0.002                | "     |
| $y_{17}$   | 0.865                                   | 0.863   | 0.002                | "     |  | $y_{17}$ | 0.693                                   | 0.691   | 0.002                | "     |
| $y_{18}$   | 0.826                                   | 0.822   | 0.004                | "     |  | $y_{18}$ | 0.655                                   | 0.660   | "                    | 0.005 |
| $y_{19}$   | 0.780                                   | 0.785   | "                    | 0.005 |  | $y_{19}$ | 0.626                                   | 0.632   | "                    | 0.006 |
| $y_{20}$   | 0.746                                   | 0.753   | "                    | 0.007 |  | $y_{20}$ | 0.602                                   | 0.607   | "                    | 0.005 |
| $y_{21}$   | 0.711                                   | 0.722   | "                    | 0.011 |  | $y_{21}$ | 0.578                                   | 0.585   | "                    | 0.007 |

TABLEAU XII.

**MACHINE VERTICALE**

DE MM. A. SCHLUMBERGER FILS ET Cie, A MULHOUSE.

| Courbe N° I : $p_0 = 3,541$ , $fc = 0.1608$ ,<br>$\alpha = 0.76$ . |   |   |                      |       | Courbe N° III : $p_0 = 3.627$ , $fc = 0.0875$ ,<br>$\alpha = 0.64$ . |          |   |   |                      |       |
|--|---|---|----------------------|-------|--|----------|---|---|----------------------|-------|
| $y$  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |  | $y$      | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |
|  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |  |          | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |
| <b>Un seul cylindre sans enveloppe de vapeur.</b>                  |   |   |                      |       |  |          |   |   |                      |       |
| $y_1$  | "                                       | "   | "                    | "     |  | $y_1$    | "                                       | "   | "                    | "     |
| $y_2$  | "                                       | "   | "                    | "     |  | $y_2$    | "                                       | "   | "                    | "     |
| $y_3$  | "                                       | "   | "                    | "     |  | $y_3$    | "                                       | "   | "                    | "     |
| $y_4$  | "                                       | "   | "                    | "     |  | $y_4$    | 2.256                                   | 2.570   | "                    | 0.014 |
| $y_5$  | "                                       | "   | "                    | "     |  | $y_5$    | 2.449                                   | 2.442   | "                    | 0.023 |
| $y_6$  | 2.502                                   | 2.533   | "                    | 0.031 |  | $y_6$    | 4.853                                   | 4.853   | "                    | "     |
| $y_7$  | 2.205                                   | 2.205   | "                    | "     |  | $y_7$    | 4.658                                   | 4.649   | 0.009                | "     |
| $y_8$  | 4.947                                   | 4.964   | "                    | 0.014 |  | $y_8$    | 4.494                                   | 4.494   | "                    | "     |
| $y_9$  | 4.760                                   | 4.772   | "                    | 0.012 |  | $y_9$    | 4.384                                   | 4.372   | 0.012                | "     |
| $y_{10}$   | 4.596                                   | 4.620   | "                    | 0.024 |  | $y_{10}$ | 4.294                                   | 4.272   | 0.049                | "     |
| $y_{11}$   | 4.486                                   | 4.493   | "                    | 0.007 |  | $y_{11}$ | 4.189                                   | 4.189   | "                    | "     |
| $y_{12}$   | 4.392                                   | 4.394   | 0.004                | "     |  | $y_{12}$ | 4.127                                   | 4.124   | 0.006                | "     |
| $y_{13}$   | 4.283                                   | 4.302   | "                    | 0.019 |  | $y_{13}$ | 4.056                                   | 4.052   | 0.004                | "     |
| $y_{14}$   | 4.243                                   | 4.225   | "                    | 0.012 |  | $y_{14}$ | 4.004                                   | 4.005   | "                    | 0.004 |
| $y_{15}$   | 4.150                                   | 4.158   | "                    | 0.008 |  | $y_{15}$ | 0.959                                   | 0.959   | "                    | 0.006 |
| $y_{16}$   | 4.088                                   | 4.099   | "                    | 0.011 |  | $y_{16}$ | 0.947                                   | 0.947   | "                    | 0.004 |
| $y_{17}$   | 4.049                                   | 4.045   | 0.004                | "     |  | $y_{17}$ | 0.880                                   | 0.880   | "                    | 0.004 |
| $y_{18}$   | 4.004                                   | 0.999   | 0.005                | "     |  | $y_{18}$ | 0.847                                   | 0.847   | "                    | "     |
| $y_{19}$   | 0.969                                   | 0.957   | 0.012                | "     |  | $y_{19}$ | 0.846                                   | 0.846   | "                    | 0.004 |
| $y_{20}$   | 0.937                                   | 0.948   | 0.019                | "     |  | $y_{20}$ | 0.788                                   | 0.788   | "                    | 0.002 |
| $y_{21}$   | 0.908                                   | 0.883   | 0.025                | "     |  | $y_{21}$ | 0.763                                   | 0.763   | "                    | 0.004 |

TABLEAU XIII.

**MACHINE HORIZONTALE**

DE MM. WEHRLIN, HOFER ET C<sup>ie</sup>, à Mulhouse.

| Courbe N° I : $p_0 = 3.813$ , $fc = 0.1385$ ,<br>$\alpha = 0.65$ . |   |   |                      |       | Courbe N° II : $p_0 = 3647$ , $fc = 0.1091$ ,<br>$\alpha = 0.63$ . |   |   |                      |       |
|--|---|---|----------------------|-------|--|---|---|----------------------|-------|
|  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |
|  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |
| <b>Un seul cylindre à enveloppe de vapeur.</b>                     |   |   |                      |       |  |   |   |                      |       |
| $y_1$  | "                                       | "   | "                    | "     | $y_1$  | "                                       | "   | "                    | "     |
| $y_2$  | "                                       | "   | "                    | "     | $y_2$  | "                                       | "   | "                    | "     |
| $y_3$  | "                                       | "   | "                    | "     | $y_3$  | "                                       | "   | "                    | "     |
| $y_4$  | "                                       | "   | "                    | "     | $y_4$  | "                                       | "   | "                    | "     |
| $y_5$  | 3.047                                   | 3.046   | 0.004                | "     | $y_5$  | 2.490                                   | 2.490   | "                    | "     |
| $y_6$  | 2.608                                   | 2.640   | "                    | 0.002 | $y_6$  | 2.459                                   | 2.463   | "                    | 0.004 |
| $y_7$  | 2.315                                   | 2.318   | "                    | 0.003 | $y_7$  | 4.945                                   | 4.929   | "                    | 0.014 |
| $y_8$  | 2.088                                   | 2.097   | "                    | 0.011 | $y_8$  | 4.750                                   | 4.750   | "                    | "     |
| $y_9$  | 4.907                                   | 4.922   | "                    | 0.015 | $y_9$  | 4.646                                   | 4.609   | 0.007                | "     |
| $y_{10}$   | 4.773                                   | 4.784   | "                    | 0.008 | $y_{10}$   | 4.490                                   | 4.494   | "                    | 0.004 |
| $y_{11}$   | 4.663                                   | 4.663   | "                    | "     | $y_{11}$   | 4.403                                   | 4.398   | 0.005                | "     |
| $y_{12}$   | 4.568                                   | 4.563   | 0.005                | "     | $y_{12}$   | 4.324                                   | 4.346   | 0.008                | "     |
| $y_{13}$   | 4.490                                   | 4.477   | 0.013                | "     | $y_{13}$   | 4.269                                   | 4.246   | 0.025                | "     |
| $y_{14}$   | 4.403                                   | 4.402   | 0.004                | "     | $y_{14}$   | 4.206                                   | 4.185   | 0.021                | "     |
| $y_{15}$   | 4.348                                   | 4.336   | 0.012                | "     | $y_{15}$   | 4.154                                   | 4.131   | 0.020                | "     |
| $y_{16}$   | 4.285                                   | 4.278   | 0.007                | "     | $y_{16}$   | 4.088                                   | 4.083   | 0.005                | "     |
| $y_{17}$   | 4.238                                   | 4.223   | 0.015                | "     | $y_{17}$   | 4.033                                   | 4.039   | "                    | 0.006 |
| $y_{18}$   | 4.175                                   | 4.178   | "                    | 0.003 | $y_{18}$   | 4.007                                   | 4.004   | 0.006                | "     |
| $y_{19}$   | 4.143                                   | 4.135   | 0.008                | "     | $y_{19}$   | 0.973                                   | 0.966   | 0.007                | "     |
| $y_{20}$   | 4.099                                   | 4.096   | 0.003                | "     | $y_{20}$   | 0.944                                   | 0.933   | 0.011                | "     |
| $y_{21}$   | 4.064                                   | 4.060   | 0.004                | "     | $y_{21}$   | 0.945                                   | 0.913   | 0.002                | "     |

TABLEAU XIV.

MACHINE HORIZONTALE

DE MM. WEHRLIN, HOFER ET C<sup>ie</sup>, à Mulhouse.

| Courbe N° III : $p_c = 3\ 277$ , $fc = 0.0524$ ,<br>$\alpha = 0.55$ . |   |   |               |       | Courbe N° 5 : $p_o = 3\ 592$ , $fc = 0.0752$ ,<br>$\alpha = 0.59$ . |   |   |               |       |
|---|---|---|---------------|-------|---|---|---|---------------|-------|
| y   | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES Δ |       | y   | Pression en kil. prr Cent. <sup>2</sup> |   | DIFFÉRENCES Δ |       |
|   | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_o} = \left(\frac{V_o}{V_n}\right)^\alpha$ | +             | -     |   | d'après les ordonnées                   | d'après la loi<br>$\frac{p_n}{p_o} = \left(\frac{V_o}{V_n}\right)^\alpha$ | +             | -     |
| <b>Un seul cylindre à enveloppe de vapeur.</b>                        |   |   |               |       |   |   |   |               |       |
| y <sub>1</sub>  | ·                                       | ·   | ·             | ·     | y <sub>1</sub>  | ·                                       | ·   | ·             | ·     |
| y <sub>2</sub>  | ·                                       | ·   | ·             | ·     | y <sub>2</sub>  | ·                                       | ·   | ·             | ·     |
| y <sub>3</sub>  | 2.304                                   | 2.296   | 0.005         | ·     | y <sub>3</sub>  | 3.041                                   | 3.037   | 0.004         | ·     |
| y <sub>4</sub>  | 1.844                                   | 1.837   | 0.007         | ·     | y <sub>4</sub>  | 2.395                                   | 2.390   | 0.005         | ·     |
| y <sub>5</sub>  | 1.568                                   | 1.568   | ·             | ·     | y <sub>5</sub>  | 2.047                                   | 2.047   | ·             | ·     |
| y <sub>6</sub>  | 1.387                                   | 1.387   | ·             | ·     | y <sub>6</sub>  | 1.765                                   | 1.768   | ·             | 0.003 |
| y <sub>7</sub>  | 1.253                                   | 1.255   | ·             | 0.002 | y <sub>7</sub>  | 1.592                                   | 1.588   | 0.004         | ·     |
| y <sub>8</sub>  | 1.159                                   | 1.153   | 0.006         | ·     | y <sub>8</sub>  | 1.450                                   | 1.450   | ·             | ·     |
| y <sub>9</sub>  | 1.074                                   | 1.074   | ·             | ·     | y <sub>9</sub>  | 1.340                                   | 1.340   | ·             | ·     |
| y <sub>10</sub>   | 1.004                                   | 1.004   | ·             | ·     | y <sub>10</sub>   | 1.253                                   | 1.250   | 0.003         | ·     |
| y <sub>11</sub>   | 0.954                                   | 0.947   | 0.007         | ·     | y <sub>11</sub>   | 1.175                                   | 1.175   | ·             | ·     |
| y <sub>12</sub>   | 0.907                                   | 0.899   | 0.008         | ·     | y <sub>12</sub>   | 1.119                                   | 1.115   | 0.004         | ·     |
| y <sub>13</sub>   | 0.865                                   | 0.857   | 0.008         | ·     | y <sub>13</sub>   | 1.057                                   | 1.055   | 0.002         | ·     |
| y <sub>14</sub>   | 0.824                                   | 0.820   | 0.004         | ·     | y <sub>14</sub>   | 1.009                                   | 1.006   | 0.003         | ·     |
| y <sub>15</sub>   | 0.792                                   | 0.788   | 0.004         | ·     | y <sub>15</sub>   | 0.962                                   | 0.963   | ·             | 0.001 |
| y <sub>16</sub>   | 0.764                                   | 0.758   | 0.003         | ·     | y <sub>16</sub>   | 0.926                                   | 0.925   | 0.001         | ·     |
| y <sub>17</sub>   | 0.735                                   | 0.732   | 0.002         | ·     | y <sub>17</sub>   | 0.889                                   | 0.890   | ·             | 0.001 |
| y <sub>18</sub>   | 0.706                                   | 0.707   | ·             | 0.001 | y <sub>18</sub>   | 0.860                                   | 0.859   | 0.001         | ·     |
| y <sub>19</sub>   | 0.682                                   | 0.685   | ·             | 0.003 | y <sub>19</sub>   | 0.829                                   | 0.830   | ·             | 0.001 |
| y <sub>20</sub>   | 0.667                                   | 0.666   | 0.001         | ·     | y <sub>20</sub>   | 0.800                                   | 0.804   | ·             | 0.004 |
| y <sub>21</sub>   | 0.644                                   | 0.647   | ·             | 0.007 | y <sub>21</sub>   | 0.774                                   | 0.780   | ·             | 0.006 |

TABLEAU XV.

**MACHINE A BALANCIER**

DE MM. STEHELIN.

| Courbe N° II : $\alpha = 0.90.$ |   |  |                      |       | Courbe N° III : $\alpha = 0.82.$ |   |  |                      |       |
|---------------------------------|---|--|----------------------|-------|----------------------------------|---|--|----------------------|-------|
| y                               | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |  | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       | y                                | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |  | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |
|                                 | d'après les ordonnées                   | d'après la loi $\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |                                  | d'après les ordonnées                   | d'après la loi $\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |
| y <sub>1</sub>                  | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>1</sub>                   | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>2</sub>                  | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>2</sub>                   | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>3</sub>                  | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>3</sub>                   | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>4</sub>                  | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>4</sub>                   | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>5</sub>                  | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>5</sub>                   | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>6</sub>                  | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>6</sub>                   | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>7</sub>                  | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>7</sub>                   | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>8</sub>                  | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>8</sub>                   | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>9</sub>                  | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>9</sub>                   | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>10</sub>                 | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>10</sub>                  | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>11</sub>                 | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>11</sub>                  | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>12</sub>                 | 4.664                                   | 4.620  | 0.044                | "     | y <sub>12</sub>                  | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>13</sub>                 | 4.499                                   | 4.499  | "                    | "     | y <sub>13</sub>                  | 4.452                                   | 4.452  | "                    | "     |
| y <sub>14</sub>                 | 4.373                                   | 4.394  | "                    | 0.024 | y <sub>14</sub>                  | 4.334                                   | 4.359  | "                    | 0.025 |
| y <sub>15</sub>                 | 4.284                                   | 4.304  | "                    | 0.023 | y <sub>15</sub>                  | 4.253                                   | 4.279  | "                    | 0.026 |
| y <sub>16</sub>                 | 4.206                                   | 4.226  | "                    | 0.020 | y <sub>16</sub>                  | 4.182                                   | 4.194  | "                    | 0.009 |
| y <sub>17</sub>                 | 4.137                                   | 4.157  | "                    | 0.020 | y <sub>17</sub>                  | 4.125                                   | 4.147  | "                    | 0.022 |
| y <sub>18</sub>                 | 4.077                                   | 4.095  | "                    | 0.018 | y <sub>18</sub>                  | 4.077                                   | 4.094  | "                    | 0.014 |
| y <sub>19</sub>                 | 4.038                                   | 4.040  | "                    | 0.002 | y <sub>19</sub>                  | 4.040                                   | 4.044  | "                    | 0.004 |
| y <sub>20</sub>                 | 4.002                                   | 0.992  | 0.010                | "     | y <sub>20</sub>                  | 4.023                                   | 0.996  | 0.027                | "     |
| y <sub>21</sub>                 | 0.965                                   | 0.946  | 0.019                | "     | y <sub>21</sub>                  | 0.984                                   | 0.955  | 0.026                | "     |

**à balancier et à un seul cylindre sans enveloppe de vapeur.**

TABLEAU XVI.  
MACHINE A BALANCIER  
DE MM. STEHELIN.

| Courbe N° IV : $\alpha = 1.04$ .                                   |   |  |                      |       | Courbe N° VI : $\alpha = 1$ . |   |  |                      |       |
|--|---|--|----------------------|-------|-------------------------------|---|--|----------------------|-------|
| y  | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |  | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       | y                             | Pression en kil. par Cent. <sup>2</sup> |  | DIFFÉRENCES $\Delta$ |       |
|  | d'après les ordonnées.                  | d'après la loi $\frac{p_n}{p_o} = \left(\frac{V_o}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |                               | d'après les ordonnées.                  | d'après la loi $\frac{p_n}{p_o} = \left(\frac{V_o}{V_n}\right)^\alpha$ | +                    | -     |
| <b>à balancier et à un seul cylindre sans enveloppe de vapeur.</b> |   |  |                      |       |                               |   |  |                      |       |
| y <sub>1</sub>   | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>1</sub>                | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>2</sub>   | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>2</sub>                | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>3</sub>   | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>3</sub>                | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>4</sub>   | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>4</sub>                | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>5</sub>   | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>5</sub>                | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>6</sub>   | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>6</sub>                | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>7</sub>   | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>7</sub>                | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>8</sub>   | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>8</sub>                | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>9</sub>   | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>9</sub>                | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>10</sub>  | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>10</sub>               | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>11</sub>  | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>11</sub>               | "                                       | "  | "                    | "     |
| y <sub>12</sub>  | "                                       | "  | "                    | "     | y <sub>12</sub>               | 2.316                                   | 2.304  | 0.012                | "     |
| y <sub>13</sub>  | 4.745                                   | 4.745  | "                    | "     | y <sub>13</sub>               | 2.412                                   | 2.412  | "                    | "     |
| y <sub>14</sub>  | 4.569                                   | 4.606  | "                    | 0.037 | y <sub>14</sub>               | 4.954                                   | 4.949  | 0.005                | "     |
| y <sub>15</sub>  | 4.441                                   | 4.486  | "                    | 0.045 | y <sub>15</sub>               | 4.784                                   | 4.808  | "                    | 0.019 |
| y <sub>16</sub>  | 4.349                                   | 4.384  | "                    | 0.035 | y <sub>16</sub>               | 4.679                                   | 4.688  | "                    | 0.009 |
| y <sub>17</sub>  | 4.263                                   | 4.294  | "                    | 0.031 | y <sub>17</sub>               | 4.568                                   | 4.583  | "                    | 0.015 |
| y <sub>18</sub>  | 4.204                                   | 4.214  | "                    | 0.010 | y <sub>18</sub>               | 4.497                                   | 4.490  | "                    | 0.007 |
| y <sub>19</sub>  | 4.145                                   | 4.145  | "                    | "     | y <sub>19</sub>               | 4.403                                   | 4.407  | "                    | 0.004 |
| y <sub>20</sub>  | 4.098                                   | 4.082  | 0.016                | "     | y <sub>20</sub>               | 4.332                                   | 4.333  | "                    | 0.004 |
| y <sub>21</sub>  | 4.064                                   | 4.025  | 0.039                | "     | y <sub>21</sub>               | 4.293                                   | 4.267  | 0.026                | "     |

**TABLEAU RÉSUMÉ DES COURBES.**

TABLEAU XVII.

**MACHINES DE DIFFÉRENTS SYSTÈMES.**

| NUMÉROS<br>et<br>DATES.  | $p_0$ | $fc$   | $\alpha$<br>Petit<br>cylindre | $\alpha'$<br>Grand<br>cylindre | NUMÉROS<br>et<br>DATES.                       | $p_0$ | $fc$   | $\alpha$<br>Petit<br>cylindre | $\alpha'$<br>Grand<br>cylindre |  |
|--|-------|--------|-------------------------------|--------------------------------|---|-------|--------|-------------------------------|--------------------------------|--|
| <b>MACHINE WOOLF DE MM. WEHLIN, HOFER &amp; C<sup>ie</sup></b> |       |        |                               |                                | <b>MACHINE VERTICALE</b>                      |       |        |                               |                                |  |
| ESSAI AU FREIN.  |       |        |                               |                                | DE MM. A. SCHLUMBERGER FILS & C <sup>ie</sup> |       |        |                               |                                |  |
|  |       |        |                               |                                | <i>Un cylindre avec enveloppe de vapeur.</i>  |       |        |                               |                                |  |
| 42 b. 45   | 4.510 | 0.42   | 0.78                          | 4. "                           | I   | 3.743 | 0.4295 | 0.79                          |                                |  |
| 42 47  | 4.424 | 0.42   |                               |                                |   |       |        |                               |                                |  |
| 42 49  | 4.330 | 0.42   |                               |                                |   |       |        |                               |                                |  |
| 42 53  | 3.970 | 0.42   |                               |                                |   |       |        |                               |                                |  |
| 42 59  | 3.827 | 0.42   |                               |                                |   |       |        |                               |                                |  |
| <b>MACHINE WOOLF.</b>  |       |        |                               |                                | <b>MACHINE HORIZONTALE</b>                    |       |        |                               |                                |  |
| Courbe I   | 3.907 | 0.2905 | 0.75                          | 0.77                           | DE MM. WEHLIN, HOFER & C <sup>ie</sup>        |       |        |                               |                                |  |
| — II   | 5.033 | 0.3540 | 0.74                          | 0.78                           | <i>Un cylindre avec enveloppe de vapeur.</i>  |       |        |                               |                                |  |
| Courbe moyenne.  | 3.962 | 0.2613 | 0.74                          | 0.74                           | I   | 3.843 | 0.4385 | 0.65                          |                                |  |
| <b>MACHINE WOOLF, RETORDAGE,</b>                               |       |        |                               |                                | DE MM. A. SCHLUMBERGER FILS & C <sup>ie</sup> |       |        |                               |                                |  |
| DE MM. DOLFUS, MIEG & C <sup>ie</sup>                          |       |        |                               |                                | <i>Un cylindre sans enveloppe de vapeur.</i>  |       |        |                               |                                |  |
| Éssai an frein   | 4.514 | 0.7840 | 4.26                          | 0.58                           | II  | 3.647 | 0.4094 | 0.63                          |                                |  |
| 4 fév. 1870 I  | "     | 0.7840 | 4.26                          | 0.69                           | III   | 3.277 | 0.0524 | 0.55                          |                                |  |
| 4 fév. 1870 II   | "     | 0.7840 | 4.26                          | 0.74                           | IV  | 3.828 | 0.4163 | 0.66                          |                                |  |
| <b>MACHINE VERTICALE</b>                                       |       |        |                               |                                | V   |       |        |                               |                                |  |
| DE MM. A. SCHLUMBERGER FILS & C <sup>ie</sup>                  |       |        |                               |                                | VI  |       |        |                               |                                |  |
| <i>Un cylindre sans enveloppe de vapeur.</i>                   |       |        |                               |                                | VII   |       |        |                               |                                |  |
| I  | 3.544 | 0.4608 | 0.76                          |                                | VIII  |       |        |                               |                                |  |
| II   | 3.377 | 0.4270 | 0.74                          |                                | IX  |       |        |                               |                                |  |
| III  | 3.627 | 0.0876 | 0.64                          |                                | X   |       |        |                               |                                |  |
| IV   | 3.650 | 0.0863 | 0.66                          |                                | XI  |       |        |                               |                                |  |
| V  | 3.299 | 0.4179 | 0.69                          |                                | 3.450 0.0546 0.55                             |       |        |                               |                                |  |

§ II. LOIS DE DÉTENTE DANS LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE MACHINES  
A VAPEUR, ESPACES NUISIBLES NÉGLIGÉS.

Les valeurs de  $\alpha$ , ainsi que les quantités qui ont servi à leur détermination, ont été réunies dans les tableaux I, II, III, IV...

Ce qui frappe à première vue, c'est le grand nombre de valeurs diverses trouvées pour l'exposant  $\alpha$ .

Ainsi, dans les courbes de la machine de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>,  $\alpha$  varie pour le petit cylindre depuis :

$$\alpha = 0.37 \text{ à } \alpha = 0.72$$

et pour le grand cylindre entre les valeurs extrêmes :

$$\alpha' = 0.50 \text{ et } \alpha' = 0.84.$$

En se rapportant au tableau qui résume les observations de la machine de MM Wehrlin, Hofer et C<sup>ie</sup>, nous voyons  $\alpha$  atteindre la valeur 0.78. Dans les autres machines,  $\alpha$  s'est même élevé à 1, 1.04 et 1.26 qui sont les limites extrêmes de  $\alpha$  que nous avons eu l'occasion de constater.

Des valeurs aussi variables de l'exposant  $\alpha$  qui caractérise les lois de la détente dans nos moteurs industriels, il ressort :

1° Qu'il n'est plus permis d'appliquer *la loi de Mariotte* au calcul du travail des machines à vapeur, l'influence de  $\alpha$  sur le travail étant très considérable ainsi que nous l'établirons plus tard ;

2° De l'examen des tableaux il résulte que plus la pression initiale  $p_0$  dans le cylindre et le degré de la détente  $f$  s'élèvent, plus la valeur de  $\alpha$  croît, c'est-à-dire que la loi de détente est moins favorable ;

3° Les lois de détente dans le petit cylindre d'une machine de

Woolf sont presque toujours plus favorables que dans le grand cylindre (1);

4° Moins il y a de vapeur admise par coup de piston et mieux l'équation

$$\frac{p_n}{p_m} = \left( \frac{v_m}{v_n} \right)^\alpha$$

vérifie les pressions déduites des diagrammes;

5° Dans une machine de Woolf la même équation rend mieux compte des phénomènes qui se passent dans le grand cylindre que dans le petit;

6° La courbe représentée par l'équation

$$\frac{p_n}{p_m} = \left( \frac{v_m}{v_n} \right)^\alpha$$

comparée à celle qui est tracée par le crayon de l'indicateur passe généralement au-dessous de cette dernière dans les premiers moments de la détente, puis elle coupe cette courbe, passe au-dessus pour donner plus loin une intersection et rester au-dessous du diagramme jusqu'à la fin de la course du piston. Les points d'intersection de ces deux courbes correspondent évidemment aux *ordonnées de comparaison*.

Ces observations ne s'appliquent pas d'une manière générale à tous les diagrammes, mais dans la plupart d'entre eux les circonstances qui viennent d'être signalées sont accusées nettement. Très-souvent il arrive cependant que la courbe théorique et celle du diagramme se coupent un grand nombre de fois et alors l'équation

$$\frac{p_n}{p_m} = \left( \frac{v_m}{v_n} \right)^\alpha$$

donne des résultats très-exacts; nous renvoyons à ce sujet aux

(1) Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, avril et mai 1867, note de la page. 158.

courbes dynamométriques du petit et du grand cylindre prises sur la machine de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, le 25 juin 1868, et surtout à celle du grand cylindre du 29 juin.

### § III. ANALYSE CRITIQUE DES RÉSULTATS OBTENUS PAR LES DIAGRAMMES.

En présence des résultats exposés dans les tableaux précédents, on se demandera sans doute s'il existe réellement une loi qui puisse exprimer d'une manière rigoureuse et rationnelle les faits relatifs à la détente.

L'exposition des phénomènes très-complicés qui se présentent dans le jeu d'une machine à vapeur, établira qu'il est à peu près impossible de trouver une loi rigoureuse, même en employant toutes les ressources de l'analyse mathématique; et tout ce qu'il est permis d'espérer c'est d'établir des lois expérimentales d'une approximation plus que suffisante pour la pratique.

En effet, commençons par séparer nettement les machines à enveloppe de vapeur, de celles qui n'en ont pas ou qui sont simplement protégées contre les refroidissements extérieurs par des corps plus ou moins isolants.

Considérons une machine à un cylindre horizontal ou vertical sans enveloppe de vapeur; elle reçoit par coup de piston et pour un degré de détente  $f$  un volume de vapeur  $v_0$ , qui est celui qu'engendre le piston pendant l'admission, plus un volume  $v_p$  qui représente la totalité des espaces nuisibles. Ce volume ( $v_0 + v_p$ ) se mêle à la vapeur saturée et humide et d'une température relativement basse qui remplit les espaces nuisibles et qui provient du coup de piston précédent.

De ce mélange résulte une première modification de l'état thermique du volume de vapeur introduit ( $v_0 + v_p$ ).

En second lieu la vapeur de la chaudière apporte de l'eau entraînée et de l'eau condensée dans les tuyaux. La somme d'eau ainsi amenée

est non-seulement très-variable d'une chaudière à une autre mais change même d'un coup de piston à l'autre dans une même machine selon l'allure et la conduite du générateur. De plus, la vapeur qui afflue frappe les parois du cylindre, des couvercles, de la tige du piston, refroidies pendant la détente et l'échappement de la course précédente; de là il résulte une perte de pression et une nouvelle et abondante condensation; la chaleur latente fournie par la condensation est absorbée instantanément par les parois.

Arrive l'acte de la détente pendant lequel il y a *anéantissement* et non pas simplement *dispersion* de chaleur et en quantité rigoureusement proportionnelle au travail externe rendu.

Pendant que le piston avance, sous l'action de pressions qui diminuent à chaque instant, les parois restituent du calorique suivant une loi très-complexe et variable avec la fraction de course parcourue depuis l'origine. De plus, du côté opposé le piston rencontre en avançant des portions du cylindre influencées par l'échappement au condenseur.

Si nous passons à l'examen des phénomènes qui se manifestent dans un cylindre à chemise de vapeur, les mêmes causes de variation interviennent encore, mais suivant des lois différentes.

L'abondante condensation dans le cylindre même est notablement réduite, mais de plus la vapeur de l'enveloppe fournira la chaleur pendant la détente, d'une part à la vapeur motrice qui se détend dans le cylindre et d'autre part à l'eau et à la vapeur qui se précipitent du côté opposé au condenseur; mais il est évident que la chaleur fournie à la vapeur et à l'eau du cylindre provoque une condensation correspondante dans l'enveloppe.

Cette condensation a lieu sous forme d'eau liquide ou de brouillard; dans les enveloppes ordinaires, ce brouillard, et même en grande partie l'eau liquide, traversent l'enveloppe et se rendent dans le cylindre même. De là résulte ce fait, qui au premier abord peut paraître invraisemblable, mais que l'on trouvera parfaitement démontré plus loin, qu'au commencement de la détente la vapeur du

cylindre renferme autant d'eau dans les machines à enveloppe de vapeur mal disposées, que dans celles qui sont simplement entourés de corps mauvais conducteurs ou non. Seulement le mode de travail avant et pendant la détente est bien plus économique dans les machines à enveloppe que dans celles qui n'en ont pas. Cet avantage est tellement évident par lui-même que nous n'y insisterons pas pour le moment, mais nous y reviendrons plus loin.

Examinons maintenant les machines à deux cylindres du système de Woolf à enveloppe de vapeur.

Les mêmes causes internes et externes que nous avons examinées tout à l'heure conduisent à des phénomènes analogues; reste cependant à étudier ce qui se passe dans le passage de la vapeur du petit au grand cylindre. Lorsque la vapeur se précipite dans les espaces nuisibles entre les deux pistons, il se manifeste au commencement une énorme chute de pression qui sera analysée plus loin et qui apporte une vérification expérimentale remarquable à un principe de thermodynamique de M. Hirn; on trouvera plus loin tous les développements nécessaires sur ce fait.

Puis on constate un trouble profond dans le grand cylindre au commencement de sa course; il se traduit par des oscillations souvent très-violentes des courbes, en quelque point que l'on ouvre le robinet de l'indicateur de Watt pour éviter les sinuosités du diagramme; ces irrégularités proviennent de la condensation que la vapeur éprouve contre les parois du grand cylindre ou de son piston qui se trouvaient en contact avec la vapeur d'échappement. A partir de ce moment les choses se passent à peu près comme dans le petit cylindre avec cette différence que la loi

$$\frac{p_n}{p_m} = \left( \frac{V_m}{V_n} \right)^\alpha$$

est vérifiée généralement beaucoup mieux.

Quant aux *diagrammes correspondants* à l'aide desquels cette succession de phénomènes a été étudiée, ils ont été relevés sur la

première machine de MM, N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, alors que la seconde travaillait avec elle sur le même arbre qui supportait les deux manivelles calées à angle droit.

Pour avoir des courbes variées, sous le rapport de la pression initiale  $p_0$  et de la détente  $f$  dans le petit cylindre, nous avons opéré comme suit :

La deuxième machine a été chargée de plus en plus en modifiant l'ouverture de ses robinets ; en réglant ceux de la première il a été possible de faire rendre à celle-ci un travail variable qui, ajouté à celui de l'autre produisait la puissance motrice à peu près constante exigée par le nombre de métiers en mouvement dans la filature.

Ajoutons pour terminer ce paragraphe sur la variation de la loi de la détente qu'une loi unique pour toute la durée de l'expansion ne rend pas toujours compte fidèlement de la série des diverses pressions ; ce fait se produit quelquefois dans les machines sans enveloppe, on comprend que les lois suivant lesquelles la chaleur est prise et rendue par les parois, doivent être extrêmement compliquées, elles sont, du reste, modifiées par des influences particulières.

Mais on pourra toujours trouver une expression plus exacte de la série des pressions dans le cylindre ; il suffira effectivement de partager la courbe en deux portions et de chercher pour chacune d'elles  $\alpha$ , de cette manière on aura deux lois différentes qui se souderont entre elles (1).

#### § IV. FORMULE RATIONNELLE DU TRAVAIL DES MACHINES A VAPEUR.

Sur quelques milliers de courbes qui ont été analysées, il ne s'en trouve que deux ou trois qui aient donné  $\alpha = 1$ , c'est-à-dire que la loi de Mariotte est l'exception ; il convient de rappeler que la machine à vapeur surchauffée de M. Hirn obéit à cette loi, dans les conditions particulières des essais de 1864, relatées dans le bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, déjà plusieurs fois cité, mais il a

(1) Voir bulletins de la Société industrielle de Mulhouse, avril et mai 1867, page 221.

été dit aussi, page 220 de cette même publication, qu'à un changement de détente correspond une autre loi, donnée par une valeur différente de  $\alpha$ . L'auteur de ce premier travail a développé dans le mémoire sur la machine de M. Hirn la formule suivante :

$$Ch_x = 3,6 \text{ K T } d^2 c \left( f n \left( 1 + \frac{1}{1-\alpha} \left( f^\alpha - 1 \right) \right) - n_c \right) \quad (1)$$

qui donne avec une approximation remarquable la puissance d'une machine à vapeur à un cylindre à la condition de tenir compte de la loi de détente véritable. Ses essais sur la machine du système de Woolf de MM. Wehrin, Hofer et C<sup>ie</sup>, le conduisirent immédiatement après à établir une formule analogue pour les machines à deux cylindres qui lui permit de discuter les résultats de cet essai.

Comme cette dernière formule n'a pas été publiée autrement que par une communication à la Société industrielle de Mulhouse, il est utile de développer ici celle du travail d'une machine de Woolf en supposant, comme c'est toujours le cas, que  $\alpha$  et  $\alpha'$  aient des valeurs différentes. Cette formule tout à fait générale conduira par une discussion très-simple au travail d'une machine à vapeur quelconque.

La valeur du travail que la vapeur développe dans un moteur du système de Woolf est la somme algébrique des travaux suivants :

1° Le travail  $tr_0$  développé pendant l'admission sous la pression  $p_0$  dans le petit cylindre ;

2° Le travail  $tr_f$  recueilli pendant la détente dans le premier cylindre ;

3° Le travail  $Tr_f$  recueilli entre les deux pistons pendant que la vapeur s'écoule en se détendant du petit cylindre au grand ; elle produit pendant ce temps un travail négatif sur le petit piston et un travail positif sur le grand ;

4° Enfin le travail de la contrepression moyenne  $p_c$  sur le grand

(1)  $n$  et  $n_c$  représentent les pressions initiales dans le cylindre, derrière le piston ; ces deux pressions étant exprimées en atmosphères.

piston qui est  $V_n p_c$  par course, si  $V_n$  représente le volume engendré et  $p_c$  la valeur moyenne de la contrepression.

Nous négligerons pour le moment les espaces nuisibles.

Si donc  $p_o$  est la pression initiale moyenne avec laquelle la vapeur afflue dans le petit cylindre, et si  $v_o$  représente le volume engendré par le petit piston depuis le commencement de la course jusqu'à la fin de l'admission, nous aurons :

$$tr_o = p_o v_o$$

Quant au travail  $tr_f$  rendu pendant la détente, dans le petit cylindre, sa différentielle en un point quelconque de la course pour lequel la pression est  $p'$  et le volume compté depuis l'origine de la course  $v'$ , a pour expression :

$$d tr_f = p' dv'$$

$$\text{et } tr_f = \int p' dv' = \int p_o \left(\frac{v_o}{v'}\right)^\alpha dv' = \frac{p_o v_o^\alpha}{1-\alpha} v'^{1-\alpha} + C$$

et en prenant l'intégrale entre les limites  $v_o$  et  $v_n$ ,

$$tr_f = \frac{p_o v_o^\alpha}{1-\alpha} (v_n^{1-\alpha} - v_o^{1-\alpha})$$

Passons maintenant au travail  $Tr_f$ , recueilli entre les deux pistons pendant que le volume  $v_n$  passe à  $V_n$  et que la pression tombe de  $p_n$  dans le petit cylindre à  $p_n'$  dans le grand, en suivant une autre loi de détente caractérisée par  $\alpha'$ , nous trouverons par analogie :

$$Tr_f = \frac{p_n v_n^{\alpha'}}{1-\alpha'} (V_n^{1-\alpha'} - v_n^{1-\alpha'})$$

Enfin le travail de la contre-pression sur le grand piston est  $V_n p_c$ , et la somme algébrique de ces 4 travaux donnera :

$$Tr = p_o v_o + \frac{p_o v_o^\alpha}{1-\alpha} (v_n^{1-\alpha} - v_o^{1-\alpha}) + \frac{p_n v_n^{\alpha'}}{1-\alpha'} (V_n^{1-\alpha'} - v_n^{1-\alpha'}) - p_c V_n \quad (a)$$

En désignant par  $f$  le degré de la détente dans le petit cylindre ,  
soit  $f = \frac{v_o}{v_n}$  par  $d, c, D$  et  $C$  les diamètres et les courses des  
deux pistons par  $\frac{D^2 C}{d^2 c}$  la détente opérée dans le passage du petit ou  
grand cylindre, par  $T$  le nombre de tours de la machine par minute  
et par  $Ch_x$  le nombre de chevaux vapeur disponibles sur les pistons,  
on trouvera par une série de transformations assez laborieuses :

$$(b) Ch_x = 3.49 T d^2 c \left[ f p_o \left( 1 + \frac{1}{1-\alpha} (f^{\alpha-1} - 1) + \frac{1}{1-\alpha'} (f^{\alpha-1} \left( \frac{D^2 C}{d^2 c} \right)^{1-\alpha'} - f^{\alpha-1}) + \frac{D^2 C}{d^2 c} p_c \right) \right]$$

Les quatre termes entre parenthèses se rapportent : le premier ou  
4 au travail pendant l'admission dans le petit cylindre ;

le 2° 
$$\frac{1}{1-\alpha} (f^{\alpha-1} - 1)$$

au travail de la détente dans ce même cylindre ;

le 3° 
$$\frac{1}{1-\alpha'} \left( f^{\alpha-1} \left( \frac{D^2 C}{d^2 c} \right)^{1-\alpha'} - f^{\alpha-1} \right)$$

au travail recueilli pendant la détente entre les deux pistons,

et enfin le 4° ou 
$$\frac{D^2 C}{d^2 c} p_c$$

au travail de la contre-pression.

Si  $\alpha = \alpha'$  la formule (b) peut être simplifiée, elle devient dans  
ce cas :

$$(c) Ch_x = 3.49 T d^2 c \left( f p_o \left( 1 + \frac{1}{1-\alpha} \left( f^{\alpha-1} \left( \frac{D^2 C}{d^2 c} \right)^{1-\alpha} - 1 \right) - \frac{D^2 C}{d^2 c} p_c \right) \right)$$

s'il n'y a pas de détente dans le petit cylindre, et un grand nombre

de machines de Woolf se trouvent dans ce cas, l'expression du travail est plus simple encore, car  $f = 1$ .

$$(d) \quad Ch_x = 3.49 T d^2 c \left( f p_o \left( 1 + \frac{1}{1-\alpha} \left( \frac{D^2 C^{1-\alpha}}{d^2 c} - 1 \right) - p_c \frac{D^2 C}{d^2 c} \right) \right)$$

Pour passer de la formule (c) aux machines à un seul cylindre, il suffit de poser  $D = d$ ,  $C = c$ , car dans ce cas les travaux positifs et négatifs sur les deux pistons s'annulent, et l'on aura :

$$(e) \quad Ch_x = 3.49 T d^2 c \left( f p_o \left( 1 + \frac{1}{1-\alpha} \left( f^{\alpha-1} - 1 \right) - p_c \right) \right)$$

Cette expression est déjà donnée dans le bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, avril et mai 1867, page 223, avec cette différence que les pressions  $p_o$  et  $p_c$  sont exprimées ici en *pressions absolues*, par centimètre carré, tandis que dans le bulletin rappelé ci-dessus elles le sont en *atmosphères absolues* (1).

Enfin, si dans une machine sans condensation à un cylindre, la vapeur est admise sans détente pendant toute la course du piston, il suffira de poser  $f = 1$  dans l'équation (e) et elle donnera :

$$Ch_x = 3.49 T d^2 c (p_o - p_c.)$$

## § V. INFLUENCE DE $\alpha$ SUR LE TRAVAIL D'UNE MACHINE A VAPEUR.

Pour établir une comparaison entre deux machines données, on part quelquefois du travail accusé par le frein sur l'arbre moteur ou bien encore du travail *indiqué* donné par les diagrammes.

(1) Au point de vue scientifique, il est certainement regrettable que la loi française sur les appareils à vapeur ait été changée il y a quelques années; aujourd'hui les pressions ou timbres sont exprimés en kilogrammes *effectifs* par centimètre carré. Si nous ne nous trompons, on a voulu aider l'intelligence des chauffeurs, en évitant d'inscrire sur les manomètres *1 atm.* lorsque la pression de la vapeur est égal à peu près à celle de l'atmosphère, car dans ce cas les chauffeurs prétendent que la vapeur n'exerce aucune pression. A notre avis, les chauffeurs ignorent généralement aussi bien ce que signifie une pression absolue qu'une pression *effective*.

Dans l'un et l'autre de ces termes de comparaison, on ne tient pas compte de l'influence variable du travail de la contre-pression sur le piston. La résistance qu'oppose la vapeur d'échappement est variable et ne dépend pas seulement de l'avance à l'échappement, de la grandeur et de la longueur du tuyau de décharge, de la quantité d'eau froide injectée dans le condenseur, mais surtout de la quantité d'eau en suspension dans la vapeur du cylindre, à la fin de la course, au moment de l'échappement. L'influence de cette eau sur le vide plus ou moins parfait dans le condenseur ou derrière le piston a été complètement négligée jusqu'à présent par les constructeurs; nous reviendrons avec beaucoup de détails sur ce sujet dans la suite de ce mémoire.

Pour avoir des termes de comparaison plus rationnels, nous éliminerons dans certains cas l'influence de la contre-pression sur le piston; ce travail résistant sera négligé, et nous appellerons *puissance absolue* d'un volume de vapeur  $v_0$  à la pression  $p_0$  le travail produit par pleine pression et par détente, abstraction faite de la contre-pression sur le piston.

Cette puissance absolue sera exprimée en tenant compte des espaces nuisibles ou non.

Pour établir l'influence considérable de  $\alpha$  sur la puissance d'un moteur, nous discuterons la formule du travail relative à une machine à un seul cylindre.

La formule relative à une machine de Woolf conduirait à des résultats analogues, mais elle exigerait des calculs beaucoup plus longs.

Reprenons l'équation :

$$Ch_x = 3.49 T d^2 c \left( f p_0 \left( 1 + \frac{1}{1-\alpha} \left( f^{\alpha-1} - 1 \right) - p_c \right) \right)$$

dans laquelle nous développerons en série le terme relatif à la détente ou

$$\frac{1}{1-\alpha} \left( f^{\alpha-1} - 1 \right)$$

nous exprimerons ainsi, sous une forme plus commode, la différence des travaux d'une machine, selon que la vapeur se détend d'après la loi de Mariotte déterminée par  $\alpha = 1$ , ou une autre loi caractérisée par

$$\frac{p_u}{p_m} = \left( \frac{v_m}{v_u} \right)^\alpha;$$

$\alpha$  étant plus petit que 1.

Le facteur  $f^{\alpha-1}$  peut être mis sous la forme :

$$f^{\alpha-1} = 1 + (\alpha-1) L f + \frac{(\alpha-1)^2 L^2 f}{1.2} + \frac{(\alpha-1)^3 L^3 f}{1.2.3} + \frac{(\alpha-1)^4 L^4 f}{1.2.3.4} + \text{etc.} \quad (1)$$

$$\text{donc } \frac{1}{1-\alpha} (f^{\alpha-1} - 1) = -L f - \frac{(\alpha-1) L^2 f}{1.2} - \frac{(\alpha-1)^2 L^3 f}{1.2.3} - \frac{(\alpha-1)^3 L^4 f}{1.2.3.4} - \dots \text{etc.}$$

et en ne conservant dans la formule de la puissance d'une machine, que les termes relatifs au travail absolu, nous pouvons l'écrire comme suit :

$$\text{Tr}_{\text{abs}} = p_o v_o \left( 1 + \frac{1}{1-\alpha} (f^{\alpha-1} - 1) \right) = p_o v_o \left( 1 - L f - \frac{(\alpha-1) L^2 f}{1.2} - \frac{(\alpha-1)^2 L^3 f}{1.2.3} - \frac{(\alpha-1)^3 L^4 f}{1.2.3.4} - \text{etc.} \right)$$

et, par quelques transformations, on arrive facilement à la suivante :

$$\text{Ch}_{\text{xabs}} = 3.49 T d^3 c \left( f p_o \left( 1 - L f - \frac{(\alpha-1) L^2 f}{1.2} - \frac{(\alpha-1)^2 L^3 f}{1.2.3} - \frac{(\alpha-1)^3 L^4 f}{1.2.3.4} - \dots \text{etc.} \right) \right)$$

Le facteur 4 de la parenthèse se rapporte au travail pendant l'admission, et l'ensemble des termes de la série au travail produit pendant la détente.

(1) Dans cette formule et les suivantes L exprime le logarithme népérien.

Si  $\alpha = 1$ , on rentre dans la loi de Mariotte et l'on trouvera :

$$\begin{aligned} \text{Chx}_{\text{abs}} &= 3.49 \text{ T } d^3 c \left( f p_o (1 - L f) \right) \\ &= 3.49 \text{ T } d^3 c \left( f p_o \left( 1 + 2.303 \log. \frac{1}{f} \right) \right) \end{aligned}$$

Dans cette dernière formule, les deux termes de la parenthèse sont ceux que l'on trouve dans tous les ouvrages qui traitent des machines à vapeur.

Nous voyons, en comparant entre elles ces formules, que le travail absolu d'une machine à vapeur à un seul cylindre fonctionnant sous une loi de détente

$$\frac{p_n}{p_m} = \left( \frac{v_m}{v_n} \right)^\alpha$$

dans laquelle  $\alpha < 1$  est plus grand que celui qu'elle rend lorsque les pressions de la vapeur suivent, pendant la détente, la loi de Mariotte, caractérisée par  $\alpha = 1$ ; si au contraire  $\alpha > 1$ , le premier travail sera plus petit que le second, et la différence entre ces deux travaux absolus est donnée par

$$\Delta \text{ Chx} = 3.49 \text{ T } d^3 c f p_o \left( - \frac{(\alpha-1) L^2 f}{1.2} - \frac{(\alpha-1)^2 L^3 f}{1.2.3} - \frac{(\alpha-1)^3 L^4 f}{1.2.3.4} \text{ etc.} \right)$$

Appliquons ces formules à un exemple numérique. Nous choisirons la machine de M. Hirn, marchant à surchauffe ou non et nous admettrons successivement  $\alpha = 1$  et  $\alpha = 0,60$ ; en se rapportant aux tableaux précédents on se convaincra que ces valeurs ne sortent pas des limites que l'on peut rencontrer dans la pratique des machines à enveloppe. Les éléments essentiels de cette machine sont les suivants (voir bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, avril et mai 1867).

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Diamètre du piston. . . . .          | $d = 0.605$  |
| Course. . . . .                      | $c = 1.702$  |
| Nombre de tours . . . . .            | $T = 27$ environ                                     |
| Fraction d'introduction. . . . .     | $f = 0.2344$   |
| Pression initiale dans le cylindre . | $p_0 = 4^{atm.} = 4^{kg.} \times 1033 = 4^{kg.} 132$ |

On trouve pour le *travail absolu* en partant successivement de  $\alpha = 1$  et de  $\alpha = 0.60$  :

$$Ch_{x_{abs}} = 3.49 T d^2 c \left( f p_0 \left( 1 + 2.303 \log. \frac{1}{f} \right) \right) = 139^{chx16}$$

et  $Ch_{x_{abs}} = 3.49 T d^2 c \left( f p_0 \left( 1 + \frac{1}{1-\alpha} \left( f^{\alpha-1} - 1 \right) \right) \right) = 168.41$

La différence s'élève à  $168.41 - 139.16 = 29.25$  chev. absolus  
soit une erreur relative de  $\frac{29.25}{139.16} = 21 \%$

du résultat obtenu en partant de la loi de Mariotte avec  $\alpha = 1$ .

Mais en retranchant de la puissance absolue les travaux à peu près constants, perdus par suite de la contre-pression derrière le piston et des frottements propres à la machine elle-même (voir bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, avril et mai 1867) ou  $17.60 + 11.07 = 28.67$ , on trouve une proportion bien plus considérable pour l'erreur entre les travaux réellement disponibles sur l'arbre du volant selon que l'on part de  $\alpha = 1$  ou de  $\alpha = 0.60$ , en effet ces travaux disponibles deviendront :

$$139.16 - 28.67 = 110.49 \text{ chev. effectifs}$$

et  $168.41 - 28.67 = 139.74 \quad \gg$

et leur différence est encore de  $29.25 Ch_x$  mais l'erreur relative s'élèvera à

$$\frac{29.25}{110.49} = 26 \% \text{ environ}$$

C'est-à-dire qu'en calculant le travail effectif d'une machine à vapeur d'après la loi de Mariotte on peut commettre dans certains cas une erreur de plus de 26 %.

Il est donc impossible de s'appuyer à l'avenir sur une prétendue loi aussi fausse.

La formule du travail développée en série donne une relation entre  $f$ ,  $p_0$ ,  $\alpha$  et  $Ch_{x\text{ abs}}$ . On pourra à la rigueur en tirer une expression qui détermine  $\alpha$  en fonction des trois autres quantités.

Nous ferons remarquer que la variable  $\alpha$  dépend de tant d'autres influences, particulièrement de la proportion de l'eau entraînée, qu'il sera certainement très-difficile de trouver une valeur rigoureuse de  $\alpha$ . Cela ressortira avec évidence des faits exposés dans le deuxième chapitre de ce travail.

Il serait pourtant extrêmement utile de pouvoir exprimer, ne fût-ce qu'approximativement, la loi de détente d'un système de machines, en fonction de certaines données immédiates dont elle dépend. Après des recherches très-laborieuses, il a fallu réduire à un minimum les variables et resserrer le problème entre  $\alpha$ ,  $f$  et  $p_0$ .

En s'appuyant sur les chiffres inscrits dans les tableaux donnés plus haut, qui résument les recherches sur les lois de détente, et en comparant entre eux un certain nombre de résultats acquis par les diagrammes, il a été possible d'arriver à une solution satisfaisante au moyen de la formule d'interpolation, dite *des moindres carrés*. Cette méthode est employée très-souvent dans des recherches expérimentales, lorsqu'il s'agit de réunir des résultats pratiques; Eytelwein, de Prony et d'autres observateurs ont donné, grâce à cette formule, des lois empiriques sur les frottements de l'eau dans les conduites ou canaux.

Dans le cas particulier, il suffit de poser :

$$\alpha = af + bp_0$$

et de déduire les constantes  $a$  et  $b$  d'une série de données expérimentales par les formules connues :

$$a = \frac{\Sigma (p_o^2) \Sigma (f \alpha) - \Sigma (p_o f) \Sigma (p_o \alpha)}{\Sigma (p_o^2) \Sigma (f^2) - \Sigma (p_o f) \Sigma (p_o f)}$$

$$b = \frac{\Sigma (f^2) \Sigma (p_o \alpha) - \Sigma (p_o f) \Sigma (f \alpha)}{\Sigma (p_o^2) \Sigma (f^2) - \Sigma (p_o f) \Sigma (p_o f)}$$

Le tableau suivant résume les longs calculs relatifs à quelques diagrammes de la machine de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>.

| DATES<br>des<br>Diagrammes. | $f_c$  | $f_c^2$ | $p_o$  | $p_o^2$  | $f \alpha$ | $p_o \alpha$ | $p_o f$ | $\alpha$<br>observé. | $\alpha$<br>calculé. | $\Delta$ |       |
|-----------------------------|--------|---------|--------|----------|------------|--------------|---------|----------------------|----------------------|----------|-------|
|                             |        |         |        |          |            |              |         |                      |                      | +        | -     |
| <b>1868.</b>                |        |         |        |          |            |              |         |                      |                      |          |       |
| 25 juin....                 | 0.1226 | 0.04503 | 2.797  | 7.82334  | 0.05885    | 4.34256      | 0.34294 | 0.48                 | 0.481                | »        | 0.004 |
| 27 juin....                 | 0.4014 | 0.04022 | 2.679  | 7.17704  | 0.04651    | 4.23234      | 0.27085 | 0.46                 | 0.434                | 0.026    | »     |
| 12 juin....                 | 0.4571 | 0.02468 | 4.033  | 4.06709  | 0.05813    | 0.38221      | 0.16228 | 0.37                 | 0.362                | 0.008    | »     |
| 19 juin....                 | 0.0778 | 0.00605 | 2.057  | 4.23125  | 0.02956    | 0.78166      | 0.16003 | 0.38                 | 0.333                | 0.047    | »     |
| 4 <sup>er</sup> juillet..   | 0.4400 | 0.04960 | 3.277  | 10.73873 | 0.07440    | 4.67427      | 0.45878 | 0.54                 | 0.558                | »        | 0.048 |
| 29 juin....                 | 0.4334 | 0.04780 | 2.860  | 8.17960  | 0.06670    | 4.43000      | 0.38152 | 0.50                 | 0.505                | »        | 0.005 |
| $\Sigma$ .....              | 0.7320 | 0.09338 | 14.703 | 39.21692 | 0.33115    | 6.84004      | 4.77637 | 2.70                 | 2.673                | »        | »     |
| Moyennes..                  | 0.4220 | »       | 2.6505 | »        | »          | »            | »       | 0.45                 | 0.446                | »        | »     |

Les constantes  $a$  et  $b$  sont :

$$a = 0.1651 \text{ et } b = 0.0996$$

et on pourra exprimer  $\alpha$  par la formule :

$$\alpha = af + bp_o = 0.1651 f + 0.0996 p_o$$

Pour une autre machine à un seul cylindre horizontal à enveloppe, l'exposant  $\alpha$  est donné par :

$$\alpha = af + bp_o = 0.152 f + 0.1644 p_o;$$

le tableau ci-dessous renferme tous les éléments nécessaires à la détermination des constantes  $a$  et  $b$ .

| NUMÉRO<br>des<br>DIAGRAMMES. | $f_0$   | $p_0$  | $\alpha$<br>observé. | $\alpha$<br>calculé. | $\Delta$ |       |
|------------------------------|---------|--------|----------------------|----------------------|----------|-------|
|                              |         |        |                      |                      | +        | -     |
| I.....                       | 0.4385  | 3.813  | 0.65                 | 0.648                | 0.002    | »     |
| II....                       | 0.4094  | 3.647  | 0.63                 | 0.616                | 0.014    | »     |
| III.....                     | 0.0524  | 3.277  | 0.55                 | 0.547                | 0.003    | »     |
| IV. ....                     | 0.4163  | 3.828  | 0.66                 | 0.647                | 0.013    | »     |
| V.....                       | 0.0752  | 3.592  | 0.59                 | 0.602                | »        | 0.012 |
| VI.....                      | 0.0637  | 3.387  | 0.57                 | 0.567                | 0.003    | »     |
| VII.....                     | 0.4349  | 3.894  | 0.64                 | 0.660                | »        | 0.020 |
| VIII.....                    | 0.0565  | 3.316  | 0.55                 | 0.554                | »        | 0.004 |
|                              | 0.7436  | 28.754 | 4.84                 | 4.844                | »        | »     |
|                              | 0.09295 | 3.594  | 0.605                | 0.605                | »        | »     |

En examinant attentivement les résultats insérés dans les deux tableaux précédents, on voit qu'ils se rapprochent d'autant plus de ceux qui sont déduits directement des diagrammes que les conditions de détente et de pression ont moins varié. En se tenant ainsi entre des limites étroites, l'eau entraînée ou condensée dans les cylindres est plus constante, tandis que pour des admissions très-faibles et très-fortes, l'eau vésiculaire arrachée mécaniquement de la chaudière, varie entre des limites plus étendues et les refroidissements internes et externes dans le cylindre se font dans des conditions trop différentes; il est facile de comprendre que par suite de toutes ces influences on ne peut s'attendre à une loi continue pour  $\alpha$ . D'ailleurs, quelles que soient les lacunes que présentent sous ce rapport les longues recherches entreprises à ce sujet, l'Ingénieur y trouvera certainement d'utiles renseignements pour l'étude et la discussion d'un projet.

La formule exposée plus haut :

$$Ch_{x_{abs}} = 3.49 T d^3 c \left( f p_0 \left( 1 + \frac{1}{1-\alpha} (f^{\alpha-1} - 1) \right) \right)$$

ou son équivalente :

$$Ch_{x_{abs}} = 3.49 T d^3 c \left( f p_0 \left( 1 - L f - \frac{(\alpha-1)L^2 f}{1.2} - \frac{(\alpha-1)^2 L^3 f}{1.2.3} - \frac{(\alpha-1)^3 L^4 f}{1.2.3.4} - \dots \text{etc.} \right) \right)$$

pourra servir à trouver  $\alpha$  en fonction de  $Ch_{x_{abs}}$ ,  $f$ ,  $p_0$ , mais les résultats ainsi obtenus ne pourraient être plus exacts que ceux que donne la formule

$$\alpha = af + bp_0$$

#### SYNTHÈSE GÉNÉRALE DU TRAVAIL DES MACHINES A VAPEUR.

On a considéré jusqu'à présent un essai au frein de Prony, comme le seul moyen qui permette d'évaluer avec précision l'effet utile d'un moteur à vapeur. Cela peut être vrai si l'on s'arrête simplement au travail utile rendu. Cependant par des recherches antérieures, publiées dans les bulletins de la Société industrielle de Mulhouse, il a été établi que les indicateurs de Watt donnent exactement le travail disponible sur les pistons.

En retranchant le travail des frottements de la machine de celui que fournissent les diagrammes, on trouve, à une petite différence près, la puissance disponible sur l'arbre premier moteur obtenue par l'essai au frein. Le travail des frottements peut être déterminé par des courbes dynamométriques relevées pendant la marche à *vide* ou par un calcul basé sur la force vive du volant, ainsi que nous l'avons fait pour la machine de M. Hirn et pour deux anciens moteurs de M. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>.

Un essai au frein ne fournit que la valeur du travail utile, mais que peut-il apprendre au sujet des avantages et des défauts d'une machine, et quels résultats scientifiques peut-on en tirer quant à la

discussion du mode d'action de la vapeur et au perfectionnement des moteurs? Les renseignements que peut fournir à ce sujet une expérience au frein sont à peu près nuls, tandis que des diagrammes relevés avec l'indicateur, donnent non-seulement le travail disponible sur les pistons, mais offrent encore des renseignements précieux pour la discussion.

Les recherches exposées dans les pages suivantes conduiront à une synthèse générale du travail des moteurs à vapeur, par la discussion des principales causes de perte de force depuis la chaudière jusqu'au volant. Nous suivrons la vapeur depuis la sortie de la chaudière jusqu'au condenseur pour dresser la somme des pertes de travail absorbées en raison des dispositions particulières des machines et des phénomènes thermiques et dynamiques.

Pour simplifier nos calculs et pour avoir un terme de comparaison rationnel, toutes les pertes de travail seront rapportées à la *puissance absolue sur les pistons*, telle qu'elle a été définie plus haut.

Il est inutile de tenir compte d'un grand nombre de déperditions de force peu importantes; il suffira de discuter les pertes de travail suivantes dans les machines de Woolf, et par une simple modification des formules, on passera facilement aux machines à un cylindre,

- 1° Perte de travail entre les chaudières et le cylindre.
- 2° Perte de travail due aux espaces nuisibles du petit cylindre.
- 3° Perte de travail due aux espaces nuisibles entre le petit et le grand cylindre.
- 4° Perte de travail due à la chute de pression entre le petit et le grand cylindre.
- 5° Perte de travail entre le grand cylindre et le condenseur.
- 6° Perte de travail provenant des frottements de la machine.

#### 4° PERTES DE TRAVAIL ENTRE LES CHAUDIÈRES ET LE CYLINDRE.

La diminution de pression que l'on constate entre la chaudière et le cylindre est le résultat de plusieurs causes. Elle provient du refroidissement que subit la vapeur dans les tuyaux, des frottements qu'elle doit surmonter et enfin des chocs qui se produisent aux changements brusques de section. Bien que les résistances passives restituent en chaleur une portion du travail qu'elles ont coûté, il n'en subsiste pas moins un déficit. A la sortie du tuyau la vapeur se rend suivant le système de machines, soit dans une enveloppe de vapeur qu'elle traverse pour se rendre au cylindre, soit directement dans ce cylindre. Dans le premier cas, elle est soumise dans ces enveloppes mal disposées et sur lesquelles nous reviendrons plus loin, à une série d'influences qui ont pour résultat final une nouvelle diminution de pression.

Dans un cylindre non entouré de vapeur des causes analogues produisent une perte de charge plus considérable, ce sont ces pertes que nous allons évaluer; mais nous tenons à bien établir qu'elle ne donne pas lieu à une augmentation correspondante dans la consommation de la machine.

Cette chute de pression qui, dans certains cas peut s'élever, à 0 k. 989 et même à beaucoup plus, doit être attribuée, non seulement aux *étranglements des orifices*, comme on l'a cru généralement jusqu'ici, mais surtout aux condensations qui ont lieu dans les enveloppes et les cylindres. Ces condensations ont pour causes les échanges de chaleur qui se font entre la vapeur qui afflue et les parois avec lesquelles elle se trouve en contact. Mais comme on le verra dans la seconde partie de ce travail, cette chaleur est restituée de nouveau à la vapeur pendant la détente, et comme elle modifie les lois de l'expansion elle augmente par là le travail pendant cette période.

Nous donnons maintenant la perte entre les chaudières et le cylindre dans différentes machines.

1° *Machine de M. Hirn, à vapeur surchauffée.*

Pour faciliter l'intelligence de ce qui va suivre, nous renvoyons aux bulletins d'avril et mai 1867 de la Société Industrielle de Mulhouse. Ils renferment une analyse complète des essais entrepris en 1864, sur cette machine.

Le trajet assez long que doit parcourir la vapeur, et la température élevée de celle-ci, sont cause d'une différence considérable entre les pressions dans la chaudière et le cylindre; cette différence s'élève à 0<sup>atm.</sup> 523, soit 0<sup>kil.</sup> 540 par *ctm.*<sup>2</sup>, pendant les essais de 1864; de telle sorte que la pression, au lieu d'être = 4<sup>kil.</sup> 204 dans le cylindre eût été de 4<sup>kil.</sup> 204 + 0,540 = 4<sup>kil.</sup> 744 sans cette perte.

Pour évaluer la perte de travail correspondante, il suffira d'introduire successivement les pressions  $p_0 = 4^{\text{kil.}} 744$  et  $p_0 = 4^{\text{kil.}} 204$  dans la formule :

$$\text{Tr}_{\text{abs}} = p_0 v_0 + \frac{p_0 v_0}{1 - \alpha} \left( \left( \frac{v_0}{v_n} \right)^{1-\alpha} - 1 \right)$$

qui donne la puissance absolue sans espaces nuisibles; on trouvera ainsi :

$$\text{Tr}_{\text{abs}} = 13563 \text{ kgr.mét. } 2 \text{ avec } p_0 = 4.744$$

et  $\text{Tr}_{\text{abs}} = 12018 \text{ kgr.mét. } 4 \text{ avec } p_0 = 4.204$

la différence s'élève à 1544 kgr.mét. 8

soit  $\frac{1544.8}{12018.4} = 12.85 \%$ .

2° *Même machine de M. Hirn, marchant sans surchauffe.*

Dans un autre essai de la même machine de M. Hirn et dont il sera question dans le chapitre II au sujet de l'analyse des condensations dans le cylindre, ce moteur a été alimenté par de la

vapeur saturée et alors la différence de pression depuis la chaudière jusqu'au bout du tuyau d'aménée était de :

$$4.5517 - 4.1393 = 0.4124.$$

Cette pression de 4<sup>kil</sup>.1393 a été déduite de la température moyenne de la vapeur avant son entrée dans la machine. Du point où a été prise cette première température jusqu'à l'intérieur du cylindre, on a constaté une chute de pression de

$$4.1393 - 3.1500 = 0.9893.$$

Cette valeur considérable que l'on avait jusqu'alors attribuée aux *étranglements des orifices*, provient presque en totalité des condensations qui ont lieu pendant l'admission.

En calculant la perte de travail résultant de la chute de pression totale 4<sup>kil</sup>.4017 = 0,4124 + 0,9893, on trouve :

$$tra' - tra = 13530.8 - 9364.8 = 4166$$

soit  $\frac{4166}{9344.8} = 44\% 63.$

### 3<sup>e</sup> Machine du retordage de MM. Dollfus-Mieg.

Le rapport sur l'essai de cette machine fait en 1867 <sup>(1)</sup> donne la perte de pression contre la chaudière et l'enveloppe, elle est de 0<sup>kil</sup>.174.

De l'enveloppe à l'intérieur du cylindre, cette différence est donnée par les indications d'un manomètre et les courbes de l'essai au frein, mais la vitesse allant en augmentant jusqu'au milieu de la course, et la vapeur passant à travers trois orifices très-étroits dont la section totale est de 25<sup>cm.2</sup>, nous aurons des chutes de pression qui iront en augmentant jusqu'au milieu de la course. Nous opérons sur la courbe de l'intervalle IV du tableau des diagrammes ; nous

(1) Voir le bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, octobre 1869.

analysons aussi cette courbe pour étudier l'influence des espaces nuisibles.

La pression dans l'enveloppe est de  $4^k\text{-}973$  ; la moyenne de la différence de pression jusqu'à l'intérieur du cylindre est de  $0^{\text{mil}}\text{-}280$ .

Entre la chaudière et le cylindre nous aurons une perte de

$$0.174 + 0.280 = 0^k\text{-}454.$$

4° *Machine de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>*

De nombreux diagrammes ont été relevés sur cette machine, les 13, 14 et 26 novembre 1868 pendant que les hauteurs du manomètre étaient notées avec soin ; pour chacun de ces jours on a tracé une courbe moyenne et ce sont les ordonnées de ces diagrammes qui ont fourni les valeurs suivantes, par comparaison avec le manomètre :

|                       | PRESSION<br>chaudière. | PRESSION<br>cylindre. | $\Delta$ |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------|
| 18 Novembre 1868..... | 5.950                  | 5.694                 | 0.256    |
| 14 " " .....          | 5.852                  | 5.419                 | 0.433    |
| 26 " " .....          | 5.939                  | 5.592                 | 0.347    |
| Moyenne.....          | "                      | "                     | 0.345    |

En opérant comme précédemment on trouve avec les données du 26 novembre

$$p_o = 5.592 + 0.345 = 5.937, \text{ et } tra = 25468.3.$$

La différence entre ce travail et celui que l'on a pour

$$p_o = 5.592 \text{ s'élève à } 25468.3 - 23990.1 = 1478.2$$

soit

$$\frac{1478.2}{23990.1} = 6\% \text{ } 16.$$

Nous trouvons dans les tableaux de l'essai de la machine de MM. Wehrlin, Hofer et C<sup>ie</sup>, tableaux déposés à la Société Industrielle de Mulhouse les chiffres suivants, pris pendant l'essai au frein.

| HEURES.    | PRESSON<br>chaudière. | PRESSON<br>cylindre. | $\Delta$ |
|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| XI 45..... | 5.144                 | 4.510                | 0.634    |
| — 47. .... | 5.056                 | 4.424                | 0.632    |
| — 49.....  | 4.936                 | 4.330                | 0.605    |
| — 53.....  | 4.619                 | 3.970                | 0.649    |
| — 59.....  | 4.364                 | 3.827                | 0.534    |

Ces différences assez fortes proviennent de la longueur de la conduite et des nombreux coudes à angle-droit ; la perte de travail s'évaluerait comme nous l'avons fait. Lorsque nous ramenons à une même proportion les pertes de travail des machines nous ne tenons pas compte des déperditions de force qui ont lieu entre la chaudière et le cylindre, l'effet utile du volume de vapeur sera toujours estimé d'après la pression  $p_0$  exercée par  $ctm^2$  sur le piston.

#### 2° PERTES DE TRAVAIL PAR LES ESPACES NUISIBLES.

Considérons deux machines de Woolf dans lesquelles la détente se fait dans le petit cylindre, au moyen d'une soupape mue par une came ; supposons que ces deux machines aient les mêmes diamètres et les mêmes courses de pistons, et qu'elles reçoivent la vapeur à la même pression  $p_0$ .

Nous supposons que l'une d'elle n'ait aucun espace nuisible, ni dans le petit cylindre, ni dans le grand ; c'est-à-dire que le volume  $v_0$  dépensé est égal au volume engendré par le piston pendant l'ad-

mission, et que la pression initiale de la vapeur sur le grand piston est égale à la pression finale sur le petit.

La seconde machine recevant la vapeur à la pression  $p_0$  pendant la même fraction de course consommerait un volume  $v_0 + v_{p_1} + v_{p_2}$ ,

$v_{p_1}$  étant le volume de la boîte de distribution.

$v_{p_2}$  le volume du conduit du petit cylindre plus l'espace de sûreté sous le petit piston.

Si nous prenons les deux machines dans ces conditions, l'une consommant  $v_0$  l'autre  $v_0 + v_{p_1} + v_{p_2}$  nous ne pouvons les comparer,  $\alpha$  et  $\alpha'$  n'étant pas les mêmes dans les deux cas, et la discussion générale a établi la grande influence de ces exposants sur le travail. Concevons deux machines utilisant par course le même volume de vapeur  $v_0$ ; l'une d'elles le dépensant sans espaces nuisibles; l'autre recevant ce volume de la manière suivante: 1° dans les espaces nuisibles  $v_{p_1}$ ,  $v_{p_2}$ ; 2° dans le cylindre  $v_0'$  tel que

$$v_0' + v_{p_1} + v_{p_2} = v_0$$

$$\text{ou } v_0' = v_0 - v_{p_1} - v_{p_2}.$$

Pour éviter des discussions compliquées qui cependant pourraient avoir un intérêt pratique, nous supposons :

$$v_0' = v_0 - v_{p_1} - v_{p_2} > 0$$

Les deux machines admettant ainsi le même volume de vapeur, nous avons pour  $\alpha$  et  $\alpha'$  des valeurs identiques dans les deux cas et les causes d'erreur qui résulteraient des différences de ces exposants seront ainsi éliminées :

Nous avons déjà établi la formule (a) du travail d'une machine de Woolf.

$$\text{Tr} = p_0 v_0 + \frac{p_0 v_0^\alpha}{1-\alpha} (v_n^{1-\alpha} - v_0^{1-\alpha}) + \frac{p_n v_n^{\alpha'}}{1-\alpha'} (v_n^{1-\alpha'} - v_n^{1-\alpha'}) - v_n p_0$$

Comme nous comparons les *puissances absolues* d'un même volume de vapeur nous supprimons  $V_n p_o$  et la formule peut s'écrire, en appelant  $\alpha_1$ , et  $\alpha_1'$  les exposants basés sur les espaces nuisibles :

$$(1) \text{ Tr}_{\text{abs}} = p_o v_o + \frac{p_o v_o}{1 - \alpha_1} \left( \left( \frac{v_o}{v_n} \right)^{\alpha_1 - 1} - 1 \right) + \frac{p_n v_n}{1 - \alpha_1'} \left( \left( V_n^{1 - \alpha_1'} - v_n^{1 - \alpha_1'} \right) \right)$$

Cette formule (1) nous servira à évaluer la puissance absolue du volume  $v_o$  dans la machine sans espaces nuisibles

$$p_n \text{ est alors } = p_o \left( \frac{v_o}{v_n} \right)^{\alpha_1}$$

Pour la seconde machine nous avons :

$$v_o = v_o' + v_{p_1} + v_{p_2}$$

et le travail recueilli sur le petit piston sera :

$$p_o v_o' + p_o \left( \frac{v_o' + v_{p_1} + v_{p_2}}{1 - \alpha_1} \right) \left( \left( \frac{v_o' + v_{p_1} + v_{p_2}}{v_n + v_{p_1} + v_{p_2}} \right)^{\alpha_1 - 1} - 1 \right)$$

ou 
$$p_o v_o' + \frac{p_o v_o}{1 - \alpha_1} \left( \left( \frac{v_o}{v_n + v_{p_1} + v_{p_2}} \right)^{\alpha_1 - 1} - 1 \right)$$

puisque 
$$v_o' + v_{p_1} + v_{p_2} = v_o$$

et la pression finale dans le petit cylindre sera

$$p_n' = p_o \left( \frac{v_o}{v_n + v_{p_1} + v_{p_2}} \right)^{\alpha_1}$$

La vapeur se précipite alors dans les espaces nuisibles  $V_p$  entre les deux cylindres ; elle subit une perte de pression d'autant plus grande que  $V_p$  est plus considérable et passe ainsi du volume  $v_n + v_{p_2}$  et de la pression  $p_n'$  au volume  $v_n + v_{p_2} + V_p$  et à la pression  $m'p_n'$ , puis elle se détend dans le grand cylindre dans le rapport :

$$\frac{v_n + v_{p_2} + V_p}{V_n + v_{p_2} + V_p}$$

car  $v_p$ , est exclu par le tiroir de distribution du petit cylindre et le travail ainsi rendu est :

$$m' p_n' \left( \frac{v_n + v_{p_1} + V_p}{1 - \alpha_1'} \left( \left( \frac{v_n + v_{p_2} + V_p}{V_n + v_{p_2} + V_p} \right)^{\alpha_1' - 1} - 1 \right) \right)$$

La puissance totale absolue du volume  $v_o$  avec espaces nuisibles est donc :

$$(2) \quad \text{Tr} = p_o v_o' + \frac{p_o v_o}{1 - \alpha_1} \left[ \left( \frac{v_o}{v_n + v_{p_1} + v_{p_2}} \right)^{\alpha_1 - 1} - 1 \right] \\ + \frac{m' p_n' (v_n + v_{p_2} + V_p)}{1 - \alpha_1'} \left[ \left( \frac{v_n + v_{p_2} + V_p}{V_n + v_{p_2} + V_p} \right)^{\alpha_1' - 1} - 1 \right]$$

Si la machine n'a qu'un seul cylindre le troisième terme est supprimé et nos deux formules deviennent :

Sans espaces nuisibles :

$$(1) \quad \text{tra} = p_o v_o + \frac{p_o v_o}{1 - \alpha} \left( \left( \frac{v_o}{v_n} \right)^{\alpha - 1} - 1 \right)$$

Avec espaces nuisibles :

$$(2) \quad \text{tr}' a = p_o v_o + \frac{p_o v_o}{1 - \alpha_1} \left( \left( \frac{v_o}{v_n + v_{p_1} + v_{p_2}} \right)^{\alpha_1 - 1} - 1 \right)$$

Le coefficient  $m'$  par lequel nous multiplions le troisième terme de la formule (2) pour les machines à deux cylindres, s'obtient de la manière suivante :

La pression finale dans le petit cylindre

$$p_n' = p_o \left( \frac{v_o}{v_n + v_{p_1} + v_{p_2}} \right)^{\alpha_1}$$

nous calculons la pression initiale dans le grand cylindre en partant de la première ordonnée de comparaison.

$$\frac{p'_1}{p'_m} = \left( \frac{v_m}{v_1} \right)^{\alpha_1'}$$

$p_m$  est l'ordonnée de comparaison,  $v_m$  est le volume correspondant, les espaces nuisibles compris, et  $v_1$  est le volume qu'occupe la vapeur au commencement de la course, c'est-à-dire

$$v_n + v_{p_s} + V_p = v_1 \text{ et } \frac{p_u'}{p_1} = m'$$

tel est le coefficient que nous avons introduit dans notre formule.

Ce rapport  $m'$  n'est pas le même que celui des volumes qu'occupe la vapeur à la fin de la course du petit piston et au commencement de la course du grand; cela tient à une raison fort simple.

Nous avons substitué à nos courbes réelles deux autres donnant un travail équivalent et suivant une loi mathématique; l'ordonnée finale du petit cylindre et l'ordonnée initiale du grand ne sont pas dans le même rapport que celles des courbes réelles qui nous ont permis de vérifier la loi de M. Hirn, dont il sera question plus loin.

L'application des formules précédentes nécessite, quant aux calculs, quelques précautions; aussi donnerons-nous deux exemples:

L'un en introduisant dans les formules relatives aux machines à un seul cylindre les données de l'essai sur la machine à vapeur surchauffée de M. Hirn en 1864.

L'autre en appliquant aux équations des machines de Woolf les données des courbes correspondantes X, prises le 13 octobre sur la première machine de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>.

*Machine à vapeur surchauffée de M. Hirn.*

Pour cette machine les données sont :

$$\begin{aligned} p_0 \text{ par Ctm}^2 &= 4.201, & v_0 &= 0^m31197 \\ & & v_n &= 0,489 \\ & & v_{p_1} + v_{p_2} &= 0,005 \end{aligned}$$

d'où  $v'_0 = v_0 - v_{p_1} - v_{p_2} = 0,1147$

L'exposant  $\alpha$ , calculé en tenant compte des espaces nuisibles est  $\alpha_1 = 1,02$ .

Puissance absolue du volume  $v_0$  travaillant sans espaces nuisibles.

$$\begin{aligned} tr &= p_0 v_0 + \frac{p_0 v_0}{1 - \alpha_1} \left[ \left( \frac{v_0}{v_n} \right)^{\alpha_1 - 1} - 1 \right] \\ tr &= 42010 \times 0.1197 + \frac{42010 \times 0.1197}{1.02 - 1} \left[ \left( \frac{0.1197}{0.489} \right)^{1.02 - 1} - 1 \right] \\ tr &= 5028.6 + 6989.8 \\ tr &= 12018.4 \text{ kilogrammètres par course.} \end{aligned}$$

Puissance absolue du volume  $v'_0$  travaillant avec espaces nuisibles :

$$\begin{aligned} tr' &= p_0 v'_0 + \frac{p_0 v_0}{1 - \alpha_1} \left[ \left( \frac{v_0}{v_n + v_{p_1} + v_{p_2}} \right)^{\alpha_1 - 1} - 1 \right] \\ tr' &= 42010 \times 0^m31147 + \frac{42010 \times 0.1197}{1.02 - 1} \left[ \left( \frac{0.1197}{0.489 + 0.005} \right)^{1.02 - 1} - 1 \right] \\ tr' &= 4848.5 + 7040 \\ tr' &= 11888.5 \text{ kgrm. par course.} \end{aligned}$$

Perte par les espaces nuisibles :

$$\frac{12018.4 - 11888.5}{12018.4} = \frac{129.9}{12018.4} = 1 \% 33.$$

Ici se présente une vérification de nos formules ; l'expression (2) donnent la puissance absolue du volume  $v_0$  travaillant avec espaces nuisibles ; si nous en retranchons le travail de la contre-pression nous devons avoir le même nombre que celui qu'a donné l'essai fait en 1864 et qui est 125<sup>chx</sup>, 04.

Le travail de la contre-pression est

$$V_n p_0 = 3450^k \times 0^{m^3} 489 = 15404$$

$$\text{tra}_{ab}, \text{ avec espaces nuisibles} = 41858.5$$

$$- 1540.4$$

---


$$40318.1$$

$$\text{En chevaux} \quad \frac{40318.1 \times 2 \times 27^{\text{tours}} 4545}{4500} = 125^{\text{chx}} 9$$

$$\text{Différence} \quad 125.9 - 125.04 = 0.86$$

$$\text{soit} \quad \frac{0.86}{125.04} = \frac{1}{145}$$

Nous comparerons par la suite toutes les pertes de travail à la puissance absolue de la machine ; celle-ci utilisant le volume de vapeur introduit  $v_0$  sans espaces nuisibles ; cette manière d'opérer, la seule rationnelle, est aussi la seule qui nous permette de séparer les défauts inhérents à tel ou tel système, de ceux auxquels il est possible de remédier.

Comme second exemple nous prenons la machine Woolf de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, et nous appliquons la formule aux données des courbes correspondantes XV du 13 octobre 1868.

$$p_0 = 5^k 403, v_0 = 0^{m^3} 1026. \quad V_n = 4^{m^3} 145$$

$$\alpha_1 = 0.89, \quad v_{p_1} + v_{p_2} = 0.031 + 0.013 = 0.044$$

$$\alpha_1' = 0.84, \quad V_p = 0.064$$

$$v_0' = v_0 - v_{p_1} - v_{p_2} = 0.0586.$$

Le volume introduit  $v_o$  est déduit de la relation.

$$\frac{p_o}{p_m} = \left( \frac{v_m}{v_o} \right)^{\alpha_1}$$

d'où 
$$\log. v_o = \log. v_m - \frac{\log. p_o - \log. p_m}{\alpha_1}$$

$p_m$  étant la première ordonnée de comparaison et  $v_m$  le volume total correspondant.

La pression finale  $p_m$ , est calculée comme nous l'avons dit plus haut et égale à 2 k.307.

Le travail sans espaces nuisibles est :

$$(1) \text{ Tr} = p_o v_o + \frac{p_o v_o}{1 + \alpha_1} \left[ \left( \frac{v_o}{v_n} \right)^{\alpha_1 - 1} - 1 \right] + \frac{p_n v_n}{1 - \alpha_1'} \left[ \left( \frac{v_n}{V_n} \right)^{\alpha_1' - 1} - 1 \right]$$

$$\begin{aligned} \text{Tr} = & 54030 \times 0^{m^3} 1026 + \frac{54030 \times 0^{m^3} 1026}{1 - 0.89} \left[ \left( \frac{0.1026}{0.263} \right)^{0.89 - 1} - 1 \right] \\ & + \frac{25070 \times 0^{m^3} 243}{1 - 0.84} \left[ \left( \frac{0.243}{1.145} \right)^{0.84 - 1} - 1 \right] \end{aligned}$$

$$\text{Tr} = 5543.5 + 5014.3 + 10718.1$$

$$\text{Tr} = 21275.9$$

et avec espaces nuisibles :

$$(2) \text{ tr} = p_o v_o' + \frac{p_o v_o}{1 - \alpha_1} \left[ \left( \frac{v_o}{v_n + v_{p_1} + v_{p_2}} \right)^{\alpha_1 - 1} - 1 \right] \\ + \frac{m' p_n' (v_n + v_{p_2} + V_p)}{1 - \alpha_1'} \left[ \left( \frac{(v_n + v_{p_2} + V_p)}{V_n + v_{p_2} + V_p} \right)^{\alpha_1' - 1} - 1 \right]$$

$$m' = 0.7084 \text{ et } p_n' = 2.164$$

$$\begin{aligned} \text{tr} = & 54030 \times 0^{\text{m}^3}0586 + \frac{54030 \times 0^{\text{m}^3}1026}{1 - 0.89} \left[ \left( \frac{0.1626}{0.243 + 0.044} \right)^{0.89-1} - 1 \right] \\ & + 0.7084 \times 21640 \times \frac{0.243 + 0.013 + 0.061}{1 - 0.84} \left[ \left( \frac{0.243 + 0.013 + 0.061}{1.145 + 0.013 + 0.061} \right)^{0.84-1} - 1 \right] \end{aligned}$$

$$\text{tr} = 3166.2 + 6037.4 + 7318.6$$

$$\text{tr} = 16522.2.$$

Perte totale  $21275.9 - 16522.2 = 4753.7$

soit  $\frac{4753.7}{21275.9} = 22\% \text{ } 34.$

Le travail donné par les courbes est de  $141^{\text{chx}}12$ , celui de la formule (2) en retranchant la contre-pression

$$V_n p_0 = 1.145 \times 3440 = 3824.3$$

devient  $16522.2 - 3824.3 = 12698$

et en chevaux  $\frac{12698 \times 2 \times 25}{4500} = 141.1$

d'où il faut retrancher la perte due à l'écoulement de la vapeur du petit au grand cylindre et que nous établirons plus loin  $= 0^{\text{chx}}85$ , ce qui nous donne  $141.1 - 0.85 = 140.25$

Différence  $141.12 - 140.25 = 0.87$

soit  $\frac{0.87}{141.12} = \frac{1}{162}$

Le tableau suivant contient les pertes par espaces nuisibles des autres machines.

Pertes des espaces nuisibles.

| DÉSIGNATION<br>des<br>MACHINES.                             | $p_o$ | $p_n$ | $p'_n$ | $m'$   | $a_1$ | $a'_1$ | $v_o$  | $v'_o$ | $v_n$  | $V_n$  | $v_{p_1} + v_{p_2}$ | $V_p$ | Travail<br>sans espaces<br>nuisibles. | Travail<br>avec espaces<br>nuisibles. | $\Delta$ | %     | TRAVAIL<br>en chevaux-<br>vapeur |   | $\Delta$ | %     |
|---|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|-------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------|-------|----------------------------------|---|----------|-------|
|   |       |       |        |        |       |        |        |        |        |        |                     |       |                                       |                                       |          |       | d'après<br>la<br>courbe.         | avec espaces<br>nuisibles<br>d'après<br>la formule. |          |       |
| Mach. à vapeur sur-<br>chauffée de M. Hirn                  | 4.064 | "     | "      | "      | 0.85  | "      | 0.0604 | 0.0554 | 0.489  | "      | 0.005               | "     | 8467.2                                | 8290.4                                | 177.4    | 2.4   | "                                | "   | "        | 0.97  |
| Machine de M. Hirn<br>marchant avec va-<br>peur humide..... | 3.150 | "     | "      | "      | 0.97  | "      | 0.4237 | 0.4487 | 0.489  | "      | 0.005               | "     | 9364.8                                | 9298.4                                | 66.7     | 0.74  | 423.90                           | 424.60  | 0.70     | 4/478 |
| Machine horizont. W   | 4.442 | "     | "      | "      | 0.77  | "      | 0.0652 | 0.0402 | 0.462  | "      | 0.025               | "     | 9313.5                                | 8507.0                                | 806.5    | 8.66  | "                                | "   | "        | "     |
| Machine horizont. C   | 2.836 | "     | "      | "      | 0.74  | "      | 0.0444 | 0.0244 | 0.216  | "      | 0.047               | "     | 3663.6                                | 3327.6                                | 336.0    | 9.2   | "                                | "   | "        | "     |
| Machine NSC, 26 no-<br>vembre 1868.....                     | 5.592 | 2.843 | 2.439  | 0.6942 | 0.92  | 0.80   | 0.4465 | 0.0725 | 0.243  | 1.445  | 0.044               | 0.064 | 23990.4                               | 48444.0                               | 5576.4   | 23.24 | 158.94                           | 158.60  | 0.30     | 1/530 |
| Mach. retordage DMC   | 4.514 | 3.320 | 3.172  | 0.5066 | 1.26  | 0.69   | 0.2343 | 0.2233 | 0.2990 | 1.9960 | 0.041               | 0.205 | 38735.4                               | 28183.7                               | 40551.4  | 27%24 | 242.85                           | 246.56  | 3.74     | 1%7   |

L'examen de ces pertes fait voir l'influence énorme des espaces nuisibles. Si elles ne sont que de 1,33 à 2,1 % dans la machine de M. Hirn, elles deviennent 9,2 % pour les autres à un seul cylindre et pour les systèmes de Woolf elles s'élèvent à 23,24 % et 27,24 %.

Sans entrer maintenant dans une discussion au sujet de la valeur de ce dernier système de machines nous pouvons déjà avancer que ces pertes si considérables sont en partie atténuées par l'influence de phénomènes physiques qui améliorent le travail du volume de vapeur employé.

3° PERTE DE TRAVAIL PROVENANT DE L'ÉCOULEMENT DE LA VAPEUR  
DU PETIT AU GRAND CYLINDRE.

La différence de pression due à l'écoulement, est donnée par des mesures directes prises sur les courbes *correspondantes*; la partie inférieure du diagramme relevé sur le petit cylindre *correspond* à la partie supérieure de celui qui a été pris sur le grand.

Afin d'éviter les perturbations qui ont lieu au commencement de la course du grand piston et qui proviennent d'abondantes condensations au commencement de la course, nous comparons entre elles des ordonnées prises vers le milieu de la courbe, nous trouvons ainsi pour les différences moyennes des ordonnées  $y_{10}$ ,  $y_{11}$ ,  $y_{12}$  :

|                                  |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| Courbe I du 14 octobre . . . . . | 0 <sup>k</sup> 025 |
| — II — . . . . .                 | 0.019              |
| — III — . . . . .                | 0.018              |
|                                  | Σ = 0.062          |
| Moyenne . . . . .                | = 0.0207           |

|                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| Courbe VI du 13 octobre. . . . . | 0 <sup>k</sup> -020 |
| — IX — . . . . .                 | 0.033               |
| — XIV — . . . . .                | 0.030               |
| — XVII — . . . . .               | 0.018               |
| — XVIII — . . . . .              | 0.025               |
| — XIII — . . . . .               | 0.023               |

$$\Sigma = 0.149$$

$$\text{Moyenne . . . . .} = 0.0248$$

et comme chiffre moyen :  $\frac{0.0207 + 0.0248}{2} = 0^{kg}0227.$

Ces opérations ont conduit à des vérifications remarquables des appareils de Watt. Deux indicateurs ont été employés simultanément; l'un a été fixé au haut du petit cylindre et l'autre au bas du grand, puis on a renversé leurs positions en mettant le premier à la place du second, et réciproquement. Les deux séries de résultats étaient très-bien d'accord.

On pourrait arriver par un calcul à déterminer approximativement cette perte de charge en s'appuyant sur les formules de l'écoulement des gaz, quoique ces formules ne puissent être appliquées sans modification à la vapeur humide, d'après la théorie mécanique de la chaleur. Nous voulons seulement faire voir qu'en interprétant exactement les faits, les équations suivantes peuvent dans un cas donné, conduire facilement à des résultats suffisamment approchés pour la pratique.

Les deux pistons étant au milieu de leur course, la vapeur qui passe du petit au grand contient 45 % 33 *de son poids* à l'état de brouillard, la densité du mélange est pour les courbes du 26 novembre  $\Delta = 0,713$ . (Voir chap. III).

Les pertes qu'occasionne le mouvement de la vapeur sont :

1° Celle due à la variation de vitesse du petit au grand cylindre

$$\frac{\Delta}{2g} (v_n^2 - v_o^2)$$

2° Celle qui provient de la contraction de la veine à l'entrée de la lumière

$$\frac{\Delta}{2g} \left( \frac{u}{0.63} - u \right)^2$$

$u$  étant la vitesse moyenne dans le conduit.

3° Celle qui résulte du frottement de la vapeur dans les lumières.

$$0.00028 \Delta u^2 L \frac{\lambda}{a}$$

$L$  est la longueur de la lumière,  $\lambda$  son périmètre; sa section est  $a$ .

4° Celle qui vient de l'élargissement de la conduite à l'entrée dans le grand cylindre où la vitesse  $u$  devient  $v_n$ .

$$\frac{\Delta}{2g} (u - v_n)^2$$

Les données sont tirées de l'essai du 26 novembre.

|                  |                  |
|------------------|------------------|
| $\Delta = 0.713$ | $L = 3^m$        |
| $u = 63.7$       | $\alpha = 0.750$ |
| $v_n = 2.38$     | $a = 0^m0187$    |
| $v_o = 1.81$     |                  |

La différence de pression du petit au grand cylindre par mètre carré est de 285 k. au lieu de 227 fournis plus haut par la moyenne des courbes; l'erreur de  $285 - 227 = 58$  k. ou 0 k. 0058 par centimètre carré, rentre du reste dans celles que nous avons constatées sur les courbes elles-mêmes.

Le travail de cette perte de charge est une résistance sous le petit piston que nous avons évaluée pour la courbe XIV du 13 octobre à

$$v_n p' = \frac{285 \times 0.243 \times 2\Gamma}{4500} = 0^{\text{ch}}181$$

Nous pouvons classer ces différentes pertes dont la somme = 285<sup>k</sup>, suivant leur importance.

La plus forte résulte de la diminution de vitesse à l'entrée du grand cylindre.

$$\frac{\Delta}{2g} (u - v_n)^2 = 136^k.49$$

puis vient celle du frottement :

$$0.00028 \Delta u^2 L \frac{\lambda}{a} = 97^k.49$$

celle due à la contraction de la veine :

$$\frac{\Delta}{2g} \left( \frac{u}{0.63} - u \right)^2 = 50^k.82$$

enfin la dernière qui est négligeable a pour cause les différences de vitesse entre les deux pistons.

$$\frac{\Delta}{2g} (v_n^2 - v_o^2) = 0^k.087.$$

#### 4° PERTE DE TRAVAIL ENTRE LE CYLINDRE ET LE CONDENSEUR.

La contre-pression de la vapeur sous le piston est fournie par la partie inférieure des courbes ; le vide dans le condenseur par un manomètre.

Les calculs étant analogues pour toutes les machines, nous donnerons comme exemple, la machine de M. Hirn. Les données sont prises dans le rapport sur les essais entrepris en 1864. Contre-pression sur le piston = 0,315 travail  $v_n p_c = 3150 \times 0,489 = 1540,4$ . En comparant à la puissance absolue sans espaces nuisibles, la perte est

$$\Sigma = \frac{1540.4}{12018.4} = 12.82 \%$$

Contre-pression dans le condenseur  $p_o' = 0.1258$

Travail  $v_n p_0' = 615$

Perte  $\frac{615}{12018.4} = 5\% .12$

Perte entre le cylindre et le condenseur :

$12.82 - 5.12 = 7\% .7$

Le tableau suivant renferme les résultats de calcul de quelques autres machines.

|   | Pressions<br>sous<br>le<br>piston. | Pressions<br>dans le<br>conden-<br>seur. | PERTE<br>par<br>contre-<br>pression<br>sous le<br>piston. | PERTE<br>par<br>contre-<br>pression<br>dans le<br>conden-<br>seur. | DIFFÉ-<br>RENCE. |
|---|------------------------------------|--|---|--|------------------|
|   |                                    |  | %   | %  | %                |
| Machine de M. Hirn sans sur-<br>chauffe.....                                      | 0.435                              | 0.146                                    | 22.72   | 7.62   | 15.10            |
| Machine horizontale W. ....   | 0.389                              | 0.109                                    | 19.29   | 5.44   | 13.88            |
| Machine horizontale C.....  | 0.345                              | 0.102                                    | 20.34   | 6.04   | 14.33            |
| Machine Woolf de MM. N. Schlum-<br>berger et Cie, courbe XV du 13<br>octobre..... | 0.344                              | 0.0540                                   | 18.51   | 2.90   | 15.61            |
| Même machine, courbe moyenne,<br>du 26 novembre.....                              | 0.366                              | 0.054                                    | 17.48   | 2.58   | 14.90            |
| Machine Woolf, du retordage, de<br>MM. Dollfus Mieg.....                          | 0.253                              | 0.145                                    | 13.03   | 5.93   | 7.10             |

Comme on le voit d'après ce tableau le travail perdu par suite de la contrepression dans le condenseur se maintient entre les deux limites de 2.58 % et 7.62 %; encore ce dernier chiffre a-t-il été obtenu sur une machine à vapeur surchauffée, employant de la vapeur humide. Le condenseur dans ce dernier cas était trop petit.

Avec un condenseur convenablement construit on peut très-facilement maintenir cette perte dans les limites de 3 %. Entre le cylindre et le condenseur les pertes s'élèvent de 7.40 % jusqu'à 45.64 %, elles sont dues aux orifices qui n'offrent pas une section suffisante au passage de la vapeur qui s'écoule au condenseur ou à la faible avance à l'échappement, ainsi qu'à l'évaporation de l'eau présente dans la vapeur à la fin de la course du piston. Cette dernière cause sera traitée dans le deuxième chapitre.

C'est un inconvénient auquel il est facile de remédier; en raisonnant bien un projet de machine, on peut ne perdre que 7 % de la puissance absolue comme cela a lieu pour la machine Woolf du retordage de MM. Dollfus Mieg, et pour la machine à vapeur surchauffée de M. Hirn.

Pour cette dernière nous tenons à faire remarquer que lorsque l'on emploie la vapeur humide les orifices deviennent insuffisants et la perte s'élève à 15 % ainsi que le prouve l'essai du 25 août 1870.

#### 5° PERTE DE TRAVAIL PROVENANT DU FROTTEMENT DE LA MACHINE.

Le travail effectué sur les pistons par un volume donné de vapeur, subit une certaine diminution depuis les cylindres jusqu'au premier arbre moteur auquel l'on applique généralement le frein; cette différence est absorbée par le frottement des organes de la machine.

Elle est variable, mais dans des limites très-rapprochées; elle dépend du travail de la vapeur sur les pistons et augmente très-faiblement avec ce travail; nous pouvons en évaluer exactement la valeur pour une machine marchant à vide (1).

La machine fait un nombre de tours  $T$  par minute; on ferme brusquement le robinet de prise de vapeur; le volant, en vertu de la vitesse acquise, continue son mouvement et ne s'arrête qu'au bout

(1) Voir le rapport sur l'essai de la machine de M. Hirn.

d'un certain temps  $t$  ; nous avons alors un système animé d'un mouvement de rotation passant de la vitesse angulaire  $w_0$  à  $w_n$  il absorbe un travail donné par la formule

$$\Sigma tr = \Sigma \frac{1}{2} I (w_n^2 - w_0^2)$$

dans laquelle  $w_n = 0$ .

Ce travail résistant des pièces, pendant la marche à vide est pour la machine de M. Hirn de 9<sup>chx</sup>, 48.

Il peut être aussi évalué de la manière suivante :

On débraye le pignon de manière à ce que la machine tourne à vide à sa vitesse normale, le robinet de prise de vapeur étant ouvert de la petite quantité voulue, pour entretenir le mouvement à l'état uniforme.

L'on relève des diagrammes qui donnent la valeur du travail des résistances passives. En opérant ainsi nous avons trouvé pour la même machine de M. Hirn, sur une moyenne de 4 courbes 7<sup>chx</sup>, 84 au lieu de 9,48. Ces deux essais ayant été faits à cinq années d'intervalle, la différence peut être attribuée au plus ou moins de serrage des presse-étoupes, des cercles de piston, des clavettes, etc., comme nous le verrons plus loin pour 2 machines de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, où nous trouvons aussi des différences de un cheval.

Nous avons appliqué la même formule

$$\Sigma tr = \Sigma \frac{1}{2} I (w_n^2 - w_0^2)$$

à d'autres machines ; voici les résultats de nos observations :

*Machine Woolf de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>,  
construite par M. André Kœchlin.*

|           |       |                          |                      |
|-----------|-------|--------------------------|----------------------|
| 7 janvier | 1867. | Travail absorbé. . . . . | 13 <sup>chx</sup> 12 |
| 24 —      | 1867. | — . . . . .              | 13 60                |
| 18 mars   | 1868. | — . . . . .              | 12 97                |
| 20 —      | 1868. | — . . . . .              | 13 04                |
| 6 avril   | 1868. | — . . . . .              | 13 44                |

pour un travail indiqué de 140<sup>chx</sup> environ.

*Machine Woolf de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>,  
construite par M. Stehelin.*

|                 |                          |                      |
|-----------------|--------------------------|----------------------|
| 9 janvier 1867. | Travail absorbé. . . . . | 40 <sup>chx</sup> 55 |
| 12 — 1867.      | — . . . . .              | 44 44                |
| 9 mars 1867.    | — . . . . .              | 40 40                |

pour un travail indiqué de 400<sup>chx</sup> au minimum.

*Machine horizontale de MM. Bourcart, à Guebwiller.*

Le calcul par le volant nous donne 5 chevaux absorbés par les résistances ; la machine fonctionnant à 69<sup>chx</sup>, 8.

Par la différence entre le travail accusé par le frein et celui qui est donné par les diagrammes, j'ai trouvé 44<sup>chx</sup> pour la machine de M. Hirn, alors qu'elle fournissait 120<sup>chx</sup> indiqués. Celle du retorage de MM. Dollfus-Mieg absorbe 20<sup>chx</sup>, 7 pour l'ensemble de ses résistances passives. — Mais les frottements augmentent légèrement par suite de pressions plus considérables qui s'exercent aux différentes articulations.

Ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut, on évaluait jusqu'à présent le travail des machines au moyen d'une formule inexacte ; le résultat obtenu était multiplié ensuite par un coefficient qui variait de 0,30 à 0,65 ; nous sommes en mesure de donner ce que l'on peut appeler le véritable coefficient de rendement des moteurs à vapeur. Le travail utile est recueilli sur le pignon, on doit donc diminuer celui qui est relevé sur les pistons de la quantité constante, absorbée par les frottements, et qui est environ de 40 % de la force nominale ; les machines rendent donc *toutes* 90 % environ du travail théorique.

**§ VI. VÉRIFICATION EXPÉRIMENTALE D'UNE LOI DE THERMODYNAMIQUE.**

Un grand nombre de diagrammes relevés sur la machine de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup> me permet de vérifier expérimentalement un principe de thermodynamique établi par M. Hirn (1).

(1) Voir théorie mécanique de la chaleur par G.-A. Hirn, 2<sup>e</sup> édition, page 180.

Ce théorème peut parfaitement se passer d'une vérification au point de vue de la théorie mécanique de la chaleur, mais comme trop souvent les principes scientifiques sont repoussés systématiquement, je crois qu'il est bon de les mettre hors de doute par tous les moyens possibles. D'un autre côté la concordance de ces expériences avec le théorème de M. Hirn, établira sur le terrain scientifique l'exactitude des données de l'indicateur de Watt ainsi que la valeur de mes idées au sujet des condensations dans les cylindres ou les enveloppes, et l'absence de fuites par les pistons et les tiroirs, dont il sera question dans le chapitre suivant.

Le principe de M. Hirn peut s'énoncer ainsi :

- « Lorsqu'une vapeur surchauffée ou saturée, mais sèche, passe
- » brusquement et sans rendre de travail externe de la pression initiale  $p_0$  à une autre finale  $p_n$  son volume, grandit toujours dans
- » le rapport

$$\frac{p_0}{p_n} = \frac{v_n}{v_0}$$

On est donc tenté de dire que c'est la loi de Mariotte qui régit le phénomène (1) ; ce principe peut encore s'énoncer à l'inverse comme suit :

- » Lorsqu'une vapeur surchauffée ou saturée, mais sèche, passe
- » brusquement et sans rendre de travail externe du volume  $v_0$  au
- » volume  $v_n$ , sa pression diminue toujours dans le rapport

$$\frac{p_0}{p_n} = \frac{v_n}{v_0}$$

(1) *Note de M. Hirn.* Ce n'est la loi de Mariotte qu'en apparence. Cette loi en effet ne pose

$$\frac{p_0}{p_1} = \frac{v_1}{v_0}$$

que pour  $t = \text{const.}$  Pendant l'expansion brusque de la vapeur de  $p_0$  à  $p_n$  sans travail externe, il y a toujours chute de température, et c'est précisément là ce qui fait la singularité du rapport

$$\frac{p_0}{p_n} = \frac{v_n}{v_0}$$

Si la vapeur dans les moteurs industriels était surchauffée ou saturée, mais sèche, cette loi devrait se vérifier dans les machines de Woolf dans lesquelles la vapeur qui remplit le petit cylindre à la fin de la course, se précipite dans les espaces nuisibles entre les deux pistons.

Il est vrai que dans la machine de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup>, la vapeur est loin d'être sèche, puisque j'ai constaté à la fin de la course du petit piston 26% 73 (1) d'eau; mais on verra, ainsi qu'il est facile de le prévoir, qu'une proportion d'eau plus ou moins grande n'a presque pas d'influence sur la pression finale.

Voici comment j'ai opéré. Parmi toutes les courbes du petit cylindre de la machine de MM. N. Schlumberger et C<sup>ie</sup> (2), j'ai choisi 24 des mieux tracées, celles surtout dans lesquelles la branche inférieure se détache franchement et à angle vif de la ligne verticale qui termine le diagramme à l'extrémité de la course. J'ai mesuré avec le plus grand soin les ordonnées finales correspondantes  $y_{21} = p_0$  et  $y'_{21} = p_n$  et par la comparaison des pressions j'ai trouvé effectivement pour des limites très-étendues entre lesquelles les pressions finales ont varié, que

$$\frac{p_0}{p_n} = \frac{v_n + v_p}{v_n + v_p + V_p}$$

$v_n = 243^l$  étant le volume engendré dans une course par le petit piston,  $v_p = 43^l$  les espaces nuisibles réunis du petit cylindre depuis le tiroir et  $V_p = 64^l$  l'espace nuisible total entre le petit piston et le grand piston.

(1) Voir l'étude des effets de l'enveloppe de cette machine dans le III<sup>e</sup> chapitre.

(2) On ne peut se servir de la pression initiale dans le grand cylindre pour deux raisons. En premier lieu, il y a une petite perte de charge entre les deux cylindres; elle correspond à toutes les pertes de travail que coûte l'écoulement de la vapeur; en second lieu, la condensation qui se produit à l'entrée de la vapeur dans le grand cylindre produit un trouble d'où il résulte un tracé peu exact de cette partie des diagrammes relevés sur le grand cylindre.

Je donnerai dans le tableau suivant les résultats de mes recherches.

| DATES ET NUMÉROS<br>DES DIAGRAMMES. | $P_{21}$<br>kilog. par cm <sup>2</sup> | $P'_{21}$<br>kilog. par cm <sup>2</sup> | $\frac{P'_{21}}{P_{21}}$ | RAPPORT                             | $\Delta$<br>+ | $\Delta$<br>— |
|-------------------------------------|--|---|--------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------|
|                                     |  |   |                          | $\frac{v_n + v_p}{v_n + v_p + V_p}$ |               |               |
| <b>1868.</b>                        |  |   |                          |                                     |               |               |
| 1. 42 juin . . . . .                | 0.536                                  | 0.447                                   | 0.834                    | "                                   | "             | 0.026         |
| 2. 42 juin . . . . .                | 0.593                                  | 0.468                                   | 0.789                    | "                                   | 0.049         | "             |
| 3. 48 juin . . . . .                | 0.646                                  | 0.544                                   | 0.837                    | "                                   | "             | 0.029         |
| 4. 49 juin . . . . .                | 0.790                                  | 0.644                                   | 0.814                    | "                                   | "             | 0.003         |
| 5. 20 juin . . . . .                | 0.740                                  | 0.619                                   | 0.836                    | "                                   | "             | 0.028         |
| 6. 20 juin . . . . .                | 0.813                                  | 0.680                                   | 0.836                    | "                                   | "             | 0.028         |
| 7. 20 juin . . . . .                | 0.826                                  | 0.674                                   | 0.816                    | "                                   | "             | 0.008         |
| 8. 22 juin . . . . .                | 4.033                                  | 0.805                                   | 0.779                    | "                                   | 0.029         | "             |
| 9. 27 juin . . . . .                | 0.920                                  | 0.774                                   | 0.838                    | "                                   | "             | 0.030         |
| 10. 27 juin . . . . .               | 0.934                                  | 0.750                                   | 0.803                    | "                                   | 0.005         | "             |
| 11. 28 juin . . . . .               | 2.044                                  | 4.687                                   | 0.826                    | 0.808                               | "             | 0.048         |
| 12. 7 juillet . . . . .             | 4.564                                  | 4.304                                   | 0.833                    | "                                   | "             | 0.025         |
| 13. 9 juillet . . . . .             | 4.820                                  | 4.505                                   | 0.827                    | "                                   | "             | 0.049         |
| 14. 9 juillet . . . . .             | 0.792                                  | 0.659                                   | 0.832                    | "                                   | "             | 0.024         |
| 15. 28 août. . . . .                | 2.083                                  | 4.584                                   | 0.779                    | "                                   | 0.029         | "             |
| 16. 43 octobre VI . .               | 4.899                                  | 4.482                                   | 0.780                    | "                                   | 0.028         | "             |
| 17. 43 octobre XI . .               | 2.002                                  | 4.584                                   | 0.794                    | "                                   | 0.047         | "             |
| 18. 43 octobre XII . .              | 4.513                                  | 4.238                                   | 0.848                    | "                                   | "             | 0.040         |
| 19. 43 octobre XIV . .              | 2.387                                  | 4.939                                   | 0.842                    | "                                   | "             | 0.004         |
| 20. 43 octobre XV . .               | 2.253                                  | 4.813                                   | 0.805                    | "                                   | 0.003         | "             |
| 21. 43 octobre XVI . .              | 2.277                                  | 4.813                                   | 0.796                    | "                                   | 0.042         | "             |
| 22. 43 octobre XVII . .             | 2.264                                  | 4.805                                   | 0.798                    | "                                   | 0.040         | "             |
| 23. 43 octobre XVIII .              | 2.545                                  | 4.986                                   | 0.780                    | "                                   | 0.028         | "             |
| 24. 44 octobre IV . .               | 2.435                                  | 4.939                                   | 0.796                    | "                                   | 0.042         | "             |
| <b>SOMMES . . . . .</b>             | <b>35 650</b>                          | <b>28.734</b>                           | <b>19.452</b>            | "                                   | <b>0.492</b>  | <b>0.252</b>  |
| <b>MOYENNES . . . . .</b>           | <b>4.485</b>                           | <b>4.197</b>                            | <b>0.8405</b>            | "                                   | "             | "             |

**OBSERVATIONS.**

Le minimum de la pression est 0<sup>kg</sup>536 et le maximum 2<sup>kg</sup>545

par  $ctm^2$ . Le rapport de la pression la plus forte à la pression la plus faible est égal à

$$\frac{2.545}{0.536} = 4.748$$

et le plus grand écart est de :  $\frac{0.030}{0.808} = 3.7 \%$

l'erreur relative moyenne :  $\frac{0.8105 - 0.808}{0.808} = \frac{0.0025}{0.808} = 0.3 \%$

Il n'est pas facile d'obtenir beaucoup de diagrammes sur une machine de Woolf dans les conditions voulues pour vérifier le principe de M. Hirn.

Avant tout, il faut que la distribution soit réglée du côté de l'échappement au grand cylindre de telle sorte qu'il y ait très-peu d'avance. La compression provenant d'un retard à l'échappement rendrait la vérification impossible.

Dans certaines machines les éléments du tiroir, ses recouvrements intérieurs et extérieurs ainsi que sa course sont tels qu'il est absolument impossible de réaliser les conditions nécessaires à une vérification du théorème de M. Hirn.

En raison de la grande sensibilité des quatre indicateurs de Watt dont je disposais, il a fallu porter beaucoup d'attention au montage des appareils eux-mêmes; ils doivent être vissés très-solidement dans les ajutages fixés dans les couvercles des cylindres. De plus, dans une machine dont le travail est irrégulier, les ébranlements du cylindre et des organes essentiels du moteur sont cause que le piston de l'indicateur est toujours dans un état d'équilibre très-instable. Enfin, si les fondations de la machine sont peu solides, il est à peu près impossible d'arriver à des diagrammes convenables.

Si je donne seulement l'analyse de vingt-quatre courbes dans le tableau précédent, cela tient à ce que sur des centaines de diagrammes relevés la plupart, il est vrai dans un autre but, je n'en ai pas trouvé un nombre très-considérable dans lesquelles l'extré-

mité de la courbe supérieure et celle de la courbe inférieure arrivaient à angle vif à la ligne verticale qui termine le diagramme.

Pour éviter des erreurs, j'ai écarté toutes les courbes bien tracées sous d'autres rapports, mais dans lesquelles la rencontre de cette ligne verticale avec les deux branches du diagramme se faisait par des arrondis.

Quand la distribution de la machine n'est pas bien réglée ou quand il y a des trépidations dans les principaux organes, ces arrondis se produisent toujours et alors il est impossible de mesurer avec précision les pressions finales  $p_{21}$  et  $p'_{21}$ .

L'inspection du tableau apprend que le principe de M. Hirn est vérifié avec une approximation remarquable et entre des limites extrêmement éloignées pour les pressions  $p_{21}$ . Il est vrai que la vapeur n'est ni surchauffée ni même sèche puisque d'après le tableau que l'on trouvera dans le 3<sup>e</sup> chapitre, je constate la présence à la fin de la course du petit piston de plus de 26 % d'eau pour la journée du 26 novembre 1868. Dans ces conditions mes expériences ne prouveraient rien comme vérification expérimentale du théorème de M. Hirn, pas plus qu'il ne serait permis d'en conclure que les données de l'appareil de Watt méritent beaucoup plus de confiance qu'on n'est porté généralement à leur en accorder.

Pour ne laisser aucun doute, je traiterai la question plus sérieusement afin de savoir si la présence de l'eau a réellement une influence appréciable sur le rapport  $\frac{p'_{21}}{p_{21}}$  ou si la quantité d'eau renfermée dans la vapeur diminue sensiblement pendant qu'elle se précipite brusquement dans les espaces nuisibles du grand cylindre. Sans aller bien loin, je pourrais dire en m'appuyant sur le § III, que les quantités d'eau entraînée, l'eau qui se condense dans l'enveloppe et celle qui s'évapore dans le petit cylindre sont variables avec le travail rendu par la machine. La quantité d'eau présente à la fin de la course dépend directement de  $\alpha$ ; et comme dans nos 24 courbes le travail et  $\alpha$  ont éprouvé de grandes

variations sans que pour cela la loi ait cessé de se vérifier, je suis autorisé à conclure que le rapport  $\frac{p'_{21}}{p_{21}}$  n'est guère influencé par la proportion d'eau plus ou moins grande. Ceci posé, j'exagère peut-être un peu la proportion d'eau présente dans le cylindre en appliquant à la moyenne des pressions des 24 courbes du tableau celle de l'eau renfermée dans la vapeur à la fin de la course du petit piston. (voir au III<sup>e</sup> chapitre le tableau des proportions d'eau pendant la journée du 26 novembre 1868 qui donne une moyenne de 26 °/° 73).

Examinons maintenant la question de plus près au point de vue de la théorie mécanique de la chaleur.

Considérons un kilogramme de mélange de vapeur et d'eau ; soit  $m_1$  le poids de vapeur correspondant à  $p_{21}$  ;  $1 - m_1$  sera le poids de l'eau sous forme liquide ou vésiculaire. Appelons encore  $m_n$  et  $(1 - m_n)$  les poids de vapeur et d'eau qui existent après la brusque détente dans les espaces nuisibles du grand cylindre ; soit encore, conformément aux notations adoptées  $t_1$  et  $t_n$  les températures correspondantes aux pressions  $p_{21}$  et  $p'_{21}$  ;  $\lambda_1$  et  $\lambda_n$  les quantités de chaleur totales nécessaires pour transformer un kilogramme d'eau pris à 0° en vapeur sous ces pressions et ces températures ou

$$\lambda_1 = (606.5 + 0.305 t_1)$$

$$\lambda_n = (606.5 + 0.305 t_n)$$

Enfin désignons encore par  $Ap_1 u_1$  et  $Ap_n u_n$  les quantités de chaleur disparues pendant la vaporisation. On aura ainsi pour les chaleurs internes totales :

$$J_1 = m_1 (\lambda_1 - Ap_1 u_1) + (1 - m_1) \int_0^{t_1} c dt$$

$$J_n = m_n (\lambda_n - Ap_n u_n) + (1 - m_n) \int_0^{t_n} c dt$$

ou bien :

$$J_1 = m_1 (\lambda_1 - Ap_1 u_1) + (1 - m_1) q_1$$

$$J_n = m_n (\lambda_n - Ap_n u_n) + (1 - m_n) q_n$$

Comme il n'y a pas de travail externe rendu et que le mélange de vapeur et d'eau se détend brusquement pendant une fraction de temps extrêmement petite (les diagrammes n'indiquent pas une fraction de temps appréciable, car la ligne qui termine le diagramme est perpendiculaire à la ligne atmosphérique) il n'y a pas non plus gain ou perte de chaleur par les parois ; on aura donc :

$$J_1 = J_n$$

$$\text{soit } m_1 (\lambda_1 - \Delta p_1 u_1) + (1 - m_1) q_1 = m_n (\lambda_n - \Delta p_n u_n) + (1 - m_n) q_n$$

Mais le 26 novembre 1868, j'ai trouvé par la moyenne de 49 courbes qu'à la fin de la course du petit piston de la machine de MM. N. Schlumberger et C<sup>ts</sup>, il y a 26.73 % ou 0,2673 = 1 - m<sub>1</sub> par suite, m<sub>1</sub> = 1 - 0,2673 = 0,7327 de vapeur. Puis les pressions moyennes de mes 24 courbes du tableau précédent donnent :

$$p_{s1} = 1.485 \quad p_{s1}' = 1.197$$

pour ces deux valeurs on a :

|  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| $t_{s1} = 110.44$                      | $t_{s1}' = 104.12$                    |
| $\lambda_1 = 640.184$                  | $\lambda_n = 638.257$                 |
| $\Delta p_1 u_1 = 41.054$              | $\Delta p_n u_n = 40.54$              |
| $q_1 = 111.09$                         | $q_n = 104.68$                        |
| $\lambda_1 - \Delta p_1 u_1 = 599.130$ | $\lambda_n - \Delta p_n u_n = 597.72$ |

Réolvons l'équation :

$$m_1 (\lambda_1 - \Delta p_1 u_1) + (1 - m_1) q_1 = m_n (\lambda_n - \Delta p_n u_n) + (1 - m_n) q_n$$

par rapport à m<sub>n</sub> :

$$m_n = \frac{m_1 (\lambda_1 - \Delta p_1 u_1) + (1 - m_1) q_1 - q_n}{\lambda_n - \Delta p_n u_n - q_n}$$

$$= \frac{0.7327 (599.13) + 0.2673 \times 111.09 - 104.68}{597.72 - 104.68} = 0.7383$$

donc  $1 - m_n = 0,2617$  soit 26,17 % d'eau après la détente brusque au lieu de 26,73 % qu'il y avait avant, ou 26,73 % — 26,17 % = 0,56 % de moins. Il y a donc peu d'évaporation sensible pendant que la vapeur se précipite dans les espaces nuisibles du grand cylindre. Calculons maintenant les volumes  $V_i$  et  $V_n$  occupés par le mélange de vapeur et d'eau avant et après la détente dans les espaces nuisibles. Le volume spécifique de la vapeur saturée à

$$p_{s,i} = 1.482 \text{ est } u_i = 1^{\text{m}^3} 1734$$

à  $p_{s,i}' = 1.197$  il est  $u_n = 1.4389$

Donc les volumes  $V_i$  et  $V_n$ , en tenant compte de celui qui est occupé par l'eau, sont :

$$V_i = 0.7327 \times 1.1734 + 0.001 \times 0.2673$$

$$V_n = 0.7327 \times 1.4389 + 0.001 \times 0.2617$$

$$V_i = 0.85984 + 0.000267$$

$$V_n = 1.06244 + 0.000262$$

Si mes observations sont exactes, je dois trouver

$$\frac{V_i}{V_n} = \frac{v_n + v_p}{v_n + v_p + V_e};$$

or le premier de ces rapports est = 0,8093, le deuxième d'après le tableau précédent = 0,808 et la moyenne du rapport des pressions dans le même tableau = 0,8105. Cette concordance est remarquable, surtout si l'on réfléchit au grand nombre d'observations diverses dont elle est la conséquence. Elle prouve, à mon avis, que les résultats scientifiques déduits d'un grand nombre de diagrammes relevés avec des indicateurs de Watt bien sensibles offrent tout autant de garanties que nos instruments de physique les plus délicats. En second lieu, elle viendra à l'appui des idées qui seront avancées dans les

chapitres suivants au sujet des condensations dans les cylindres et de la parfaite étanchéité des pistons convenablement entretenus.

---

(N.-B.) On voit par les équations précédentes que le volume occupé par l'eau est une quantité tout-à-fait négligeable, c'est pourquoi je n'en tiens pas compte dans tous les calculs qui suivent.

( *A suivre au prochain bulletin.* )

---

QUATRIÈME PARTIE.

---

§ I. OUVRAGES REÇUS PAR LA BIBLIOTHÈQUE.

---

I. — LIVRES DE FONDS

---

N<sup>OS</sup>  
D'ENTRÉE.

15. Recueil pour servir aux Archives du Comité des filateurs de coton de Lille.
16. (a-k) F. KUHLMANN. Onze mémoires divers, extraits des comptes-rendus de l'Académie des Sciences. *Don de l'auteur.*
- 17, 19, 20. F. KUHLMANN. Application des silicates alcalins solubles. *Id.*
18. (a-c) *Id.* Sur la chaux hydraulique et les pierres artificielles. *Id.*
21. *Id.* Conservation des matériaux de construction. *Id.*
22. *Id.* Sur la désagrégation des roches. *Id.*
23. *Id.* De l'eau dans quelques réactions chimiques. *Id.*
24. *Id.* Analyse de la racine de Garance. *Id.*
25. *Id.* Inconvénients des cheminées métalliques. *Id.*
26. *Id.* Incrustations des chaudières à vapeur. *Id.*
27. *Id.* Cristaux de sulfate de plomb artificiel. *Id.*
28. *Id.* Formation des cyanures et de l'acide cyanhydrique. *Id.*
29. *Id.* Sur les oxydes de fer et de manganèse. *Id.*
- 30, 31. *Id.* Expériences sur la fabrication du sucre. *Id.*
32. *Id.* Discours prononcé dans la séance publique de 1836 à la Société des Sciences de Lille. *Id.*
- 33, 34, 35, 36. *Id.* 4 brochures, Expériences sur les engrais et la fertilisation des terres. *Id.*
- 37 à 60. *Id.* 24 brochures, Discours et Rapports sur diverses questions à la Chambre de commerce de Lille. *Id.*
61. *Id.* Note adressée à l'Académie des Sciences. *Id.*
62. DUMAS. Rapport à l'Académie sur la candidature de M. Kuhlmann. *Don de M. Kuhlmann.*
63. LIEBIG. De la théorie et de la pratique en Agriculture. *Don de M. Kuhlmann.*

64. TESTUD DE BEAUREGARD. École des Chauffeurs. *Don de M. Poillon.*
65. PAUL CHARPENTIER. Chauffage au gaz économique. *Id.*
66. ALBERT THOMAS. Manuel pratique du dynamomètre de Watt. *Don de l'auteur.*
67. BORRIGLIONE. Appareil évitant les trépidations. *Don de M. Thierry.*
- 68, 69, 70. SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE. Collection partielle des Bulletins de cette Société depuis l'origine. *Don de M. Kuhlmann.*
71. SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS. Collection complète des comptes-rendus jusqu'en 1871. *Don de M. Mathias.*
72. TURGAN. Les grandes usines de France. *Don de M. Crespel.*
73. ARAGO. L'Astronomie populaire. *Id.*
74. MATROT. Statistique de l'Industrie houillère du Nord. *Don de l'auteur.*
- 75-76. ALGAN. 2 broch. Rapport sur les arts textiles. *Id.*
77. MARIAGE. Rapport sur l'Industrie sucrière à l'Exposition de 1867. *Don du Journal La Sucrierie indigène.*
78. ADLER. La diffusion dans la fabrication du sucre. *Don du Journal La Sucrierie indigène.*
79. Congrès des Agriculteurs du Nord de la France. *Don de la Société d'Émulation de Cambrai.*
80. Les miniatures des manuscrits de la bibliothèque de Cambrai. *Id.*
81. TESTUD DE BEAUREGARD. Lettres-Causeries, collection complète. *Don de l'auteur.*
82. BIVORT. Annuaire du Commerce et de l'Industrie du sucre. *Don de l'aut<sup>r</sup>.*
83. BLOQUEL et BIVORT. Tableau synoptique des sucres en 1871-1872. *Id.*
84. KUHLMANN. Conséquences de l'application d'un impôt sur le sel des soudières. *Id.*
85. KUHLMANN. Impôt sur le sel des soudières, rapport à la société d'Encouragement. *Id.*
86. CHAMBRE DE COMMERCE DE LILLE. Réponse au questionnaire de l'enquête sur les houilles. *Id.*
87. OÈUVRE DES INVALIDES DU TRAVAIL. Statuts et Règlements. *Don de M. Longhaye.*
88. OÈUVRE DES INVALIDES DU TRAVAIL. Rapports de la Commission. *Id.*
89. A. LONGHAYE. Observations sur le projet de loi relatif à la création d'une caisse d'assurances. *Id.*
90. ASSOCIATION ALSACIENNE DES PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR. Exercice 1872-1873. *Envoi de la Société de Mulhouse.*
91. A. VEILLET et Ch. VERNY. Appareil électrique prévenant les accidents de chemin de fer. *Don de l'auteur.*

II. PUBLICATIONS PÉRIODIQUES.

---

- A* La Sucrierie Indigène.
  - B* Société des Anciens élèves des écoles d'Arts et Métiers (Annuaire et bulletin).
  - C* Moniteur scientifique de Quesneville.
  - D* Journal des Fabricants de sucre.
  - E* Moniteur des Fils et Tissus.
  - F* Journal des Brasseurs (Édition hebdomadaire).
  - G* Société Industrielle de Reims.
  - H* Société d'Agriculture du Pas-de-Calais.
  - I* Société d'Agriculture, Sciences et Arts de Valenciennes.
  - J* Société d'Émulation de Cambrai. (Collection complète).
  - K* Société des Ingénieurs civils.
  - L* Le Constructeur.
  - M* Société des Sciences Industrielles de Lyon.
  - N* Le Technologiste.
  - O* Le Commerce.
  - P* Annales du Génie Civil.
  - Q* La Métallurgie.
  - R* Société d'Émulation de la Seine Inférieure.
  - S* Archives de l'Agriculture du Nord de la France.
  - T* Le Journal Industriel du Nord.
  - U* Lettres-Causeries.
  - V* La Houille
  - X* Le Charbon.
  - Y* Société de secours des Amis des Sciences.
  - Z* Bulletin scientifique, historique et littéraire du département du Nord.
  - A'* Moniteur de la Teinture.
  - B'* Journal des Brasseurs. (Édition bi-mensuelle).
  - C'* Revue hebdomadaire de Chimie.
  - D'* Société des Ingénieurs civils. (Procès-verbaux détachés).
  - E'* Les grandes Usines de France (vol. 9 et 10).
  - F'* Mémoires de la Société Dunkerquoise.
  - G'* Journal agricole du Nord.
-

## § II. SUPPLÉMENT ET MODIFICATIONS A LA LISTE GÉNÉRALE DES SOCIÉTAIRES.

### Sociétaires décédés.

|  |
|--|
| <p align="center">GROULOIS (Charles), Membre fondateur.<br/>MOTTE-DUVILLIER, Membre ordinaire.</p> |
|--|

### Sociétaires nouveaux.

*(Complément de la liste au 1<sup>er</sup> janvier 1874.)*

| MEMBRES FONDATEURS.    |                             |            | Comités |
|------------------------|-----------------------------|------------|---------|
| WIART. ....            | Ingénieur-Chimiste.....     | à Cambrai. | A       |
| MEMBRES ORDINAIRES.    |                             |            | Comités |
| DEWALEYNE (Victor).... | Mécanicien .....            | à Lille.   | G       |
| FAUCHILLE-STIÉVENARD.. | Fils à coudre.....          | à Lille.   | F       |
| LEFEBVRE (Louis).....  | Fabricant.....              | à Roubaix. | F       |
| MARY .....             | Mécanicien .....            | à Lille.   | G       |
| PIÉTON.....            | D° .....                    | D°         | G       |
| PRÉVOST (Charles)..... | Représentant de charbonnage | D°         | G       |

# TABLE GÉNÉRALE

PAR ORDRE DE MATIÈRES.

---

|  | pages     |
|--|-----------|
| <b>1<sup>re</sup> PARTIE. — TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ.</b> . . . . .                 | <b>4</b>  |
| Assemblée générale du 30 juillet 1873. . . . .                                   | 4         |
| — du 28 octobre . . . . .  | 6         |
| — du 27 novembre . . . . .   | 40        |
| <b>2<sup>e</sup> PARTIE. — TRAVAUX DES COMITÉS.</b> . . . . .                    | <b>44</b> |
| <b>Comité du Génie civil, des Arts mécaniques et de la Construction.</b> . . . . | <b>44</b> |
| Séance du 14 juillet. . . . .  | 44        |
| — du 13 octobre . . . . .  | 45        |
| — du 10 novembre . . . . .   | 46        |
| — du 8 décembre. . . . .   | 49        |
| Rapports sur le concours : Maisons d'ouvriers. . . . .                           | 49        |
| — Foyers et fourneaux . . . . .  | 26        |
| — Moteurs. . . . .   | 28        |
| <b>Comité de la filature et du tissage</b> . . . . .                             | <b>34</b> |
| Séance du 16 juillet. . . . .  | 34        |
| — du 22 octobre . . . . .  | 34        |
| — du 26 novembre . . . . .   | 32        |
| — du 10 décembre . . . . .   | 33        |
| Rapports sur le concours : Dévidoirs à casse-fils. . . . .                       | 33        |
| — Métier compositeur. . . . .  | 37        |
| — Services à l'industrie (M. Féron) . . . . .                                    | 40        |
| <b>Comité des Arts chimiques et agronomiques.</b> . . . . .                      | <b>45</b> |
| Séance du 10 juillet. . . . .  | 45        |
| — du 15 octobre . . . . .  | 45        |
| — du 14 novembre . . . . .   | 45        |
| — du 9 décembre. . . . .   | 45        |
| Rapports sur le concours : Brasserie. . . . .                                    | 45        |
| — Dosage des phosphates. . . . .   | 47        |









