

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE

du Nord de la France.

2^e ANNÉE.

N^o 6. — MARS 1874.

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ :

A LILLE, rue des Jardins, N^o 29.

LILLE,

IMPRIMERIE L. DANIEL.

—
1874.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE

DU NORD DE LA FRANCE.

BULLETIN TRIMESTRIEL

N° 6.

—
31 Mars 1874.
—

PREMIÈRE PARTIE TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ.

Assemblée générale mensuelle du 27 janvier 1874.

Présidence de M. KUHLMANN.

Le procès-verbal de la séance mensuelle du 27 novembre est lu et adopté.

M. le PRÉSIDENT ouvre la séance par quelques considérations sur les progrès accomplis par la Société dès sa première année d'existence ; il rappelle les faits principaux qui ont marqué la première Assemblée annuelle et témoigne l'espoir que les résultats acquis encourageront les sociétaires à apporter leur concours le plus actif à l'œuvre si bien commencée.

M. le Président a été invité à assister à la séance annuelle de la Société industrielle d'Amiens qui a décerné une médaille d'or à M. Édouard Gand pour son métier compositeur

déjà couronné à Lille ; M. le Président a éprouvé une véritable satisfaction à voir confirmer ainsi l'appréciation de la *Société industrielle du Nord de la France*.

Correspondance. M. LONGHAYE, vice-président, et M. Gosselet qui devait lire un mémoire sur le terrain houiller, écrivent pour s'excuser de ne pouvoir assister à la séance.

M. MATHIAS a bien voulu faire don à la Société de la collection qu'il possédait des mémoires de la Société des Ingénieurs civils, pour la continuation desquels cette Société a accepté l'échange de nos propres bulletins. — Une lacune existait entre les deux séries, et M. Husquin de Rhéville, sociétaire de la Société des Ingénieurs civils, à qui il avait été écrit pour lui demander l'envoi contre facture des livraisons manquant, a répondu par une lettre des plus gracieuses pour les offrir gratuitement à la Société industrielle.

M. DU RIEUX, ingénieur à Lille, sociétaire, écrit pour demander qu'une commission s'occupe d'examiner un nouvel agent contre les incrustations. — Cette demande sera renvoyée au Comité des arts chimiques.

M. FRÉMY, inventeur d'un appareil de sauvetage en cas d'incendie, envoie une note sur des perfectionnements à cet appareil. — Cette note sera renvoyée au Comité du génie civil, déjà saisi de l'appareil primitif.

M. GILQUIN a envoyé le modèle de son appareil, approuvé par le comité du génie civil, et qui n'avait pu être présenté à la séance du 27 novembre. L'appareil de M. Gilquin est exposé dans le salon de lecture où les membres présents pourront l'examiner après la séance.

Le Conseil a régularisé l'inscription de quatre sociétaires nouveaux qui sont :

M. Terquem, professeur à la Faculté des Sciences de Lille ;
M. Boudier, constructeur à Rouen ;

M. Frédéric Tulpin , constructeur à Rouen ;

Et M. Alglave , professeur agrégé de droit administratif à la Faculté de droit de Douai.

M. TERQUEM , l'éminent professeur de la Faculté des Sciences de Lille , veut bien prêter son concours pour organiser des séances de physique expérimentale destinées à démontrer les progrès obtenus dans les applications industrielles de l'optique et de l'électricité. La Société fera à cet effet l'acquisition des appareils nécessaires et la première séance aura lieu vers la fin de février dans la salle des Concerts , dont MM. les administrateurs du Cercle veulent bien nous autoriser à disposer.

Plusieurs membres demandent à saisir la Société de la question des eaux industrielles et de l'établissement à Lille de taxes locales , sur l'usage des eaux des canaux. Cette question est extrêmement grave , et sur la proposition de M. le Président , elle est renvoyée au Conseil d'administration.

M. Édouard GAND veut bien se mettre à la disposition de la Société pour faire une conférence , avec démonstration pratique , sur l'emploi du métier pour lequel il lui a été décerné une médaille d'or. Cette conférence sera organisée dans le courant du mois de mars.

Réélections.

L'ordre du jour appelant le renouvellement par moitié des membres du bureau , il est d'abord procédé , pour cette première fois , au tirage au sort des quatre membres qui sortiront cette année.

MM. MATHIAS , LONGHAYE , DELATRE et Émile BIGO sont désignés. On procède ensuite au scrutin secret à de nouvelles élections. Les membres sortants sont réélus à l'unanimité.

Bibliothèque.

Le Conseil a examiné les propositions qui lui sont parvenues relativement aux ouvrages à acheter ainsi qu'aux abonnements à prendre. — Il a arrêté une première liste d'ouvrages dont M. le vice-président Mathias donne les titres et dont l'acquisition va être faite immédiatement.

Jetons
de lecture.

Le règlement comporte l'attribution aux auteurs des travaux lus en séances générales, de jetons de lecture dont la valeur sera acceptée en réduction de la cotisation annuelle. Il a été proposé que ces jetons fussent représentés matériellement afin d'être offerts à tous les ayant-droit, qui pourront les conserver ou les rendre en paiement. — Le Conseil examinera cette proposition et présentera son avis à la prochaine assemblée.

Communication
de
M. Corenwinder.

Expériences
sur la culture
des betteraves
à l'aide
des engrais
chimiques.

M. CORENWINDER donne communication des essais qui ont été effectués par des membres de la Station agronomique du Nord, avec son concours, sur la culture des betteraves à sucre.

Ces expériences avaient pour but de préciser les effets de certains engrais chimiques simples ou composés sur ces racines, tant au point de vue de leur richesse saccharine, que du rendement de la récolte.

Depuis un an ou deux, on commence à utiliser avec une profusion qui inquiète les fabricants de sucre, le nitrate de soude pour fertiliser les terres cultivées en betteraves. Le sulfate d'ammoniaque aussi est employé dans le même but. Il importe donc de connaître avec exactitude l'influence que ces matières salines exercent sur la constitution des betteraves, au point de vue de leur richesse en sucre et en sels minéraux.

Le nitrate de soude et le sulfate d'ammoniaque étant des composés qui ne fournissent à la végétation que de l'azote pour ainsi dire, il est essentiel de savoir s'il n'est pas urgent d'y ajouter des phosphates et des sels de potasse et en quelles proportions, afin de constituer des engrais pourvus des éléments les plus essentiels à la nutrition des plantes.

Tel est l'énoncé du problème d'agronomie dont M. Corenwinder a cherché la solution avec le concours de plusieurs cultivateurs qui ont bien voulu s'engager à prendre part aux travaux de la Station agronomique.

Les expériences ont eu lieu en trois localités différentes de l'arrondissement de Lille, dans des sols très-fertiles, mais

auxquels on n'avait appliqué ni fumier ni aucun engrais, autre que ceux dont on avait l'intention de constater l'influence.

On a opéré, bien entendu, dans des conditions identiques dans ces trois localités; c'est-à-dire que les terres ont reçu les mêmes manipulations, ainsi que des doses égales de sels fertilisants; elles ont étéensemencées à la même époque avec une graine identique, fournie par l'un des trois cultivateurs. Cette graine provenait de betteraves riches en sucre, que l'on avait améliorées par une sélection rationnelle.

Ces trois essais ont donné des résultats que nous allons résumer en peu de mots :

1° Le nitrate de soude qui a été utilisé dans la proportion de 600 kil. par hectare, a fourni constamment des rendements fort satisfaisants, atteignant jusqu'à 58,000 kil. pour la même superficie. Il ne faut pas perdre de vue toutefois, que l'on opérait dans des sols ayant déjà une grande fertilité acquise.

2° Le sulfate d'ammoniaque dont on avait employé 500 kil. pour un hectare a produit les mêmes résultats en poids que le nitrate de soude, à peu d'exceptions près.

3° L'addition de phosphates et de sels de potasse aux engrais chimiques que nous venons de citer, n'a pas augmenté sensiblement le rendement des betteraves. Ce résultat est conforme à ceux qui ont déjà été observés dans l'arrondissement de Lille. Il prouve que le sol y est pourvu d'un approvisionnement de phosphates et de sels de potasse qui peut suffire aux besoins de plusieurs récoltes (a).

Quant aux richesses saccharines des betteraves récoltées, elles ont été partout, à peu d'exceptions près, fort satisfaisantes. Les jus ont atteint 6°5 de densité et leur teneur en sucre s'est

(a) Néanmoins, M. Corenwinder engage les cultivateurs de l'arrondissement de Lille à ne pas épuiser cette réserve, ce qui arriverait infailliblement si on utilisait pendant quelques années les nitrates de soude ou le sulfate d'ammoniaque isolément, comme engrais.

élevée jusqu'au chiffre de 13 à 14 gr. par décilitre; cet heureux résultat doit être attribué surtout à la semence qui provenait de plantes mères de premier choix.

Enfin, les proportions de sels contenus dans les jus n'ont pas outrepassé celles qu'on y trouve dans les conditions ordinaires.

En un mot, M. Corenwinder estime qu'on ne doit pas proscrire systématiquement le nitrate de soude dans la culture des betteraves, mais qu'il faut en user avec ménagement.

Les doses qu'il indique lui paraissent les *maxima* qu'on puisse utiliser sans danger pour la qualité de ces racines.

Dans le cas habituel où l'on a fait au sol une application de fumier, il importe de réduire ces doses de moitié ou au moins d'un tiers.

Il est très-essentiel de ne pas répandre à profusion le nitrate de soude dans les sols destinés à la culture de la betterave, sous peine d'en produire de fort grosses, dont la richesse saccharine laisse beaucoup à désirer. Les distillateurs se plaignent surtout des betteraves forcées avec ce sel, car le jus de celles-ci engendre, disent-ils, des fermentations nitreuses.

M. Corenwinder prévoyait bien que l'addition des phosphates et des sels de potasse n'aurait pas d'influence sensible dans les terres de l'arrondissement de Lille.

C'est pourquoi il a jugé à propos de faire une quatrième expérience dans une localité assez éloignée de Lille, dont le sol n'a pas, à beaucoup près, la fertilité des précédents. On a choisi, à dessein, pour cet essai comparatif, une terre de peu de valeur, n'ayant pas reçu d'engrais depuis fort longtemps.

Là, les résultats ont été tout différents et ils sont dignes d'attention. L'influence des phosphates et des sels de potasse a été prépondérante, tant pour la qualité des betteraves qui ont acquis une richesse saccharine supérieure, que pour le rendement en poids de la récolte.

Nous ne pouvons pas entrer dans les détails de cette expérience dont les résultats seront publiés prochainement *in extenso*. Nous dirons seulement que les meilleurs rendements et les plus riches betteraves ont été obtenus dans les parties de terres qui ont été fumées exclusivement avec les engrais dont voici les formules :

Quantités rapportées à l'hectare.

- (1) N° 1. 500 kil. Sulfate d'ammoniaque.
1. 150 » Phosphate fossile (à 50 % de phosp. trib.).
200 » Chlorure de potassium.
- (2) N° 2 400 kil. Nitrate de soude.
200 » Nitrate de potasse.
400 » Superphosphate de chaux à 14 % d'acide phosphorique soluble.
300 » Plâtre.

A l'aide de ce dernier engrais complet, le rendement s'est élevé à 42,000 kil. de betteraves par hectare dans un sol qui, nous le répétons, n'avait qu'une fort médiocre valeur. Dans la parcelle qui avait reçu le mélange N° 1, on avait obtenu, il est vrai, un poids de betteraves un peu moindre, mais cette diminution était dépendante du sulfate d'ammoniaque qui avait éprouvé une déperdition sensible pendant le cours de la végétation.

(1) M. Corenwinder donne aux personnes qui voudraient essayer cette formule le conseil d'employer, pour plus de sûreté, 400 kil. superphosphate en place de 150 kil. phosphate fossile, et d'y ajouter aussi 300 kil. de plâtre afin de diviser l'engrais.

(2) Cette formule est due à M. G. Ville. On ne saurait trop reconnaître les services que ce savant a rendus à l'agriculture par la vulgarisation des engrais chimiques.

Quant aux densités et aux richesses saccharines des jus de ces betteraves, nous allons les indiquer :

Parcelle fumée avec la formule N° 1.

Densité du jus	6° 50
Sucre dans un décilitre de jus	14 ^{gr} .57
Cendres id.	0, 80
Coefficient salin.	18, 10

Parcelle fumée avec le N° 2.

Densité du jus	6° 50
Sucre dans un décilitre de jus	14 ^{gr} .43
Cendres id.	0, 73
Coefficient salin.	19, 80

Avec le nitrate de soude ou le sulfate d'ammoniaque employé isolément on n'avait pas produit, à beaucoup près, des betteraves aussi riches, ni un rendement aussi élevé.

Il serait très-important de décider si la formule contenant du sulfate d'ammoniaque est aussi avantageuse que celle renfermant du nitrate de potasse. Nous engageons les fabricants de sucre à entreprendre des essais comparatifs dans le but de décider cette question. Il faudra avoir la précaution, lorsqu'on fera l'analyse des betteraves, d'opérer sur une quantité assez considérable de sujets choisis parmi ceux qui ont atteint une grosseur moyenne.

Il semble résulter de ces expériences nouvelles, qu'il est possible de rencontrer dans certains produits chimiques, convenablement appropriés et judicieusement appliqués, des excitants favorables à la production du sucre dans les betteraves. C'est un sujet d'étude très-important auquel les fabricants feront bien de se livrer, particulièrement dans l'intérêt de leur industrie si gravement menacée dans les contrées où des abus pernicieux mettent obstacle à l'amélioration de ces précieuses racines.

M. le Président remercie M. Corenwinder de sa communication qui a été écoutée avec le plus grand intérêt par l'assemblée, et félicite les membres présents de leur empressement à assister en grand nombre aux réunions mensuelles. Cet empressement affirme l'utilité de la Société et est du meilleur augure pour l'avenir.

La séance est levée à 5 h. 1/2.

Assemblée générale mensuelle du 24 février 1874.

Présidence de M. KUHLMANN.

M. CORENWINDER, Secrétaire général, donne lecture du procès-verbal de la séance du 27 janvier. Aucune réclamation n'étant faite, le procès-verbal est adopté.

Conseil
d'administration.

M. le Président rend compte des résolutions proposées par le Conseil au sujet des questions qui lui ont été envoyées.

Jetons
de lecture.

Le Conseil pense qu'il sera convenable de faire frapper des jetons d'une valeur réelle qui seront attribués indistinctement à tous les auteurs des mémoires lus en assemblée générale, conformément aux statuts ; ces jetons seront reçus par la Caisse en paiement des cotisations pour une valeur de 10 francs ; cette méthode présente l'avantage de ne blesser aucune susceptibilité. Le Conseil d'administration pourrait d'ailleurs attribuer plusieurs jetons pour des conférences ou pour des travaux de grande importance.

Question
des eaux.

Le Conseil a nommé une Commission pour étudier cette question conformément au vote de la dernière assemblée. Cette Commission s'est réunie deux fois et a arrêté les termes d'une adresse à l'Administration ; cette adresse n'est pas encore rédigée ; le Conseil propose qu'on en vote cependant l'envoi en

s'en rapportant au Président pour en apprécier préalablement les termes (1).

Ces deux propositions sont adoptées.

Correspondance.

M. DOLLFUS, Président de la Société industrielle de Mulhouse propose que les deux Sociétés se communiquent leurs procès-verbaux d'assemblées générales sans attendre le Bulletin.

M. le Président ne pouvait qu'acquiescer à cette proposition. Un numéro d'un journal de Lille, contenant le procès-verbal de notre séance de janvier, a été adressé à la Société de Mulhouse qui nous a envoyé, sous la même forme, le compte-rendu de sa dernière séance.

Œuvre
des invalides
du travail.

M. Honnorat-Bocquet, vice-président de l'œuvre des Invalides du travail, écrit pour remercier la Société Industrielle de la médaille d'or décernée à cette institution.

M. Leloutre.

M. le Président rappelle qu'à l'occasion du remarquable travail présenté dans diverses séances de la Société par M. Leloutre, il a reçu de M. Hallauer de Mulhouse, une lettre de réclamation comme collaborateur de M. Leloutre dans les expériences qui font l'objet du mémoire. Cette lettre, conformément à la décision prise par l'assemblée du 27 novembre, a été communiquée à M. Leloutre qui y a donné réponse dans une préface qui doit précéder son mémoire; la lettre de M. Hallauer sera également insérée au Bulletin, la Société ne pouvant pas prendre parti dans une discussion de ce genre, mais tenant cependant à ne pas priver ses membres de la communication, par son bulletin, d'une étude d'un si haut intérêt.

Renouvellement
des bureaux.

Trois comités ont procédé au renouvellement annuel de leur bureau. Deux de ces comités, celui du génie civil et celui des arts chimiques, appliquant l'art. 24 du règlement ont réélu les membres sortants. Le comité de filature, en présence de

(1) Voir 4^e partie, page 227, le texte de cette lettre.

la détermination très-arrêtée de son honorable président, M. Delesalle, de se retirer, a choisi pour président M. Édouard Agache, ancien vice-président; M. Auguste Wallaert a été nommé vice-président, et M. Julien Le Blan, fils, ancien titulaire, a été réélu comme secrétaire.

Rapport
du Trésorier.

M. Émile Bico, trésorier, expose le bilan de l'année 1873, il présente ensuite un projet de budget pour 1874. Ces deux documents ayant été affichés dans les salons de la société pendant le délai réglementaire, M. le Président ouvre immédiatement la discussion. Aucune objection n'est présentée et le rapport du trésorier, mis aux voix, est adopté à l'unanimité (1).

Appareils
de sauvetage.

M. VANDENBERGH, au nom du Comité du génie civil, lit un rapport sur des appareils de sauvetage en cas d'incendie, présentés à ce comité (2).

L'assemblée, sur la proposition de M. le Président, décide que cet intéressant rapport sera inséré *in extenso* au prochain Bulletin; ce sera en même temps une marque de sa sympathie et la meilleure manière d'exprimer ses remerciements à M. Fremy et à M. Gilquin.

Gisement
de la houille
dans
le département
du Nord.

M. Gosselet a la parole pour une communication sur le gisement de la houille dans le département du Nord (3).

La conférence de M. Gosselet, qui sera continuée dans une prochaine assemblée, est accueillie par de chaleureux applaudissements.

Étalon
monétaire.

M. BONTE, Président du Comité de Commerce, lit un mémoire présenté par ce Comité au sujet de la question de l'étalon monétaire (4).

Ce rapport est écouté avec un vif intérêt; M. Bonte croit

(1) Voir ce rapport, 4^e partie, page 231.

(2) Voir ce rapport, 3^e partie, page 87.

(3) Voir 3^e partie, page 102.

(4) Voir 3^e partie, page 93.

devoir instruire l'Assemblée qu'il est dû à la plume de M. Neut, rapporteur de la Commission nommée par le Comité du Commerce.

La séance est levée à six heures.

Assemblée générale mensuelle du 24 mars 1874.

Présidence de M. KUHLMANN.

Lecture
du
procès-verbal.

M. CORENWINDER, secrétaire - général, donne lecture du procès-verbal de la séance du 24 février; aucune observation n'étant faite, le procès-verbal est adopté.

Procès-verbal
de la séance
extraordinaire
du 14 mars.

M. le Secrétaire-Général donne ensuite lecture du rapport suivant sur la séance extraordinaire du 14 mars. — Cette séance publique avait pour objet d'entendre une conférence sur divers modes de production de l'électricité, les principaux effets de cet agent et quelques-unes de leurs applications, par M. Terquem, professeur à la Faculté des Sciences et membre de la Société Industrielle.

La Société est heureuse de constater que sa première conférence, qui avait été fixée au 14 mars, a eu le plus entier succès. L'affluence des auditeurs, parmi lesquels on remarquait toutes les autorités civiles et militaires et les principales notabilités de la ville, a été telle, que la grande salle de concerts du Cercle du Nord a été à peine suffisante pour les contenir. Parmi les assistants se trouvaient un grand nombre de dames. La Société industrielle se plaît à rendre hommage au talent de M. Terquem, qui a su donner à sa conférence sur l'électricité, un intérêt toujours soutenu.

M. Terquem fait voir d'abord rapidement que certains corps, après avoir été frottés, jouissent de la propriété temporaire d'attirer les corps légers, ce qu'on exprime en disant qu'ils

sont électrisés; en outre il y a lieu de distinguer deux états opposés dans les corps électrisés suivant les attractions ou les répulsions que ces derniers exercent sur un autre corps déjà électrisé.

Quelles que soient les hypothèses par lesquelles on a cherché à expliquer ces propriétés, on reconnaît qu'il faut dépenser du travail pour électriser les corps, et que la perte des propriétés électriques est accompagnée de la production d'effets divers, qui sont équivalents au travail dépensé précédemment.

Pour produire de l'électricité à haute tension, M. Terquem s'est servi d'une machine de Holtz à quatre plateaux, avec laquelle l'on obtient des effets très-intenses, avec un effort très-faible, puisque l'électricité est développée par influence et non par le frottement.

La décharge obscure, que l'on nomme aujourd'hui l'effluve électrique, transforme rapidement l'oxygène de l'air en ce gaz encore peu connu nommé ozone, dont les affinités énergiques n'ont pas encore reçu dans l'industrie toutes les applications dont elles seraient susceptibles. La même décharge faite brusquement produit des effets mécaniques, calorifiques, acoustiques très-intenses, dont la somme est équivalente au travail utile dépensé pour mettre la machine en action et qui s'est transformé en énergie électrique.

M. Terquem a passé ensuite au développement de l'électricité par les actions chimiques, comme cela se produit dans les piles voltaïques. Il a fait voir, à l'aide de l'électroscope condensateur, l'identité de l'électricité mise en jeu dans la pile et de celle que fournissent les machines électriques ordinaires à plateaux de verre; mais la pile diffère de ces dernières machines par la quantité considérable d'électricité développée dans l'unité de temps, quoiqu'à chaque instant la tension en soit toujours très-faible.

Le courant électrique formé par la circulation et la neutra-

lisation des électricités , pourra produire des effets divers équivalant à la consommation du zinc dissous dans la pile. M. Terquem a insisté particulièrement sur les actions calorifiques et lumineuses des courants. Il a fait voir que l'échauffement se produit surtout dans les parties du circuit qui présentent une très-grande résistance au passage de l'électricité ; mais si on place dans un même circuit un fil fin de platine et un électromoteur, le fil, incandescent quand l'électro-moteur est au repos, cesse de l'être quand celui-ci est en mouvement.

M. Terquem continue en expliquant la production de la lumière électrique, que l'on obtient en séparant légèrement deux cônes de charbon communiquant respectivement avec les deux pôles d'une forte pile de Bunsen, formée de cinquante éléments.

Il y a arrachement, transport de molécules matérielles du pôle positif au pôle négatif, qui se trouvent portées à une température des plus élevées à cause de l'énorme résistance de cette portion du circuit à la circulation de l'électricité ; à l'aide d'une forte lentille, l'image des cônes incandescents a été projetée sur un écran, et l'on a pu voir également la fusion et la volatilisation du cuivre dans l'axe voltaïque.

M. Terquem a terminé en indiquant la composition des radiations émises par cette source si intense de chaleur et de lumière. En employant, comme l'a indiqué M. Tyndall, un écran formé par une couche assez épaisse de sulfure de carbone rendu opaque par de l'iode, il a obtenu un foyer intense de chaleur obscure où divers phénomènes de combustion se sont produits, ce qui prouve l'énorme quantité de chaleur obscure qui accompagne la lumière émise. Il a montré l'identité de cette lumière avec celle du soleil, en la décomposant avec un prisme ; il a fait voir enfin qu'elle était très-riche en rayons actiniques ou chimiques, en éclairant un écran blanc où l'on avait tracé des caractères à l'aide d'une dissolution de sul-

fate de quinine, en ayant le soin d'interposer une lame de verre colorée en violet foncé; cette dernière lame ne laisse passer que les rayons les plus réfrangibles du spectre et les rayons ultra-violet, invisibles pour l'œil. Eclairé de cette façon, le sulfate de quinine absorbe le mouvement vibratoire lumineux et le renvoie sous forme d'une belle lumière d'une couleur bleue; c'est ce qui constitue le phénomène de la fluorescence.

M. Terquem reçoit les félicitations de son nombreux auditoire. La Société espère pouvoir encore, dans le cours de cette année, donner deux séances où les applications des sciences à l'industrie et aux beaux-arts trouveront une grande place. Elle attend les plus heureux résultats de cette initiation de notre population, avide d'instruction, aux découvertes de la science et à leurs applications.

Correspondance. Après cette lecture, M. le Président communique à l'Assemblée les faits nouveaux qui se sont produits depuis la dernière séance, et résume la correspondance.

Association française pour l'avancement des sciences.

L'Association française pour l'avancement des sciences, tiendra sa troisième session cette année, à Lille, dans le courant du mois d'août. M. le Président donne quelques détails sur cette institution; il ajoute que la Société Industrielle doit saisir cette occasion de manifester son existence en participant à l'accueil qui sera réservé aux savants illustres qui doivent se réunir à Lille pour cette solennité.

Lettre de M. Gand.

M. GAND s'excuse, pour cause de maladie, de ne pouvoir venir aujourd'hui faire la conférence qu'il avait promise sur son nouveau métier compositeur.

M. le Président témoigne les regrets de la Société et exprime l'espoir que la santé de M. Gand lui permettra de réaliser sa promesse dans un temps prochain.

Demande d'un ouvrage pour la bibliothèque.

Le Comité du commerce a demandé que la bibliothèque prit un abonnement aux « Tarifs généraux des transports par les

chemins de fer. » — Le Bureau a décidé l'acquisition du plus récent numéro qui sera déposé à la bibliothèque ; les tarifs varient peu dans le cours de quelques mois, et il suffira de renouveler l'acquisition de temps à autre.

Concours
des chauffeurs.

L'association des propriétaires d'appareils à vapeur, fondée sous le patronage de la Société industrielle, vient d'établir un concours pour les chauffeurs. Elle se propose de décerner, indépendamment des médailles, des récompenses en argent aux lauréats. Le président de l'association a écrit pour demander à la Société de contribuer pour cent francs aux sommes destinées à ces récompenses. — Cette demande rentrant parfaitement dans le but général de la Société qui est d'encourager les progrès industriels partout où ils se manifestent, M. le Président pense qu'il y aurait lieu d'accorder l'allocation sollicitée. — Cette proposition est acceptée.

Port
de Dunkerque.
—
Communication
de M. Bonte.

M. BONTE, au nom du Comité du commerce, présente une étude sur la situation présente et l'avenir du port de Dunkerque (1).

L'Assemblée s'associe par de vifs applaudissements aux sentiments exprimés par M. Bonte et décide que son travail sera transmis au Conseil d'administration, pour la suite à donner au vœu formulé.

Communication
de M. Gosselet.

—
Suite
de la conférence
sur
les gisements
de houille
dans le Nord.

M. GOSSELET, professeur à la Faculté de Lille, continue l'étude dont il a donné la première partie dans la dernière séance (2).

Cette très-intéressante communication a reçu, de la part de l'Assemblée, l'accueil le plus sympathique.

La séance est levée à 6 heures.

(1) Voir 3^e partie, page 98.

(2) Voir 3^e partie, page 102.

DEUXIÈME PARTIE.

TRAVAUX DES COMITÉS.

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

Séance du 12 janvier 1874 — Présidence de M. LE GAVRIAN.

Planimètre
d'Amsler.

M. THOMAS donne la théorie du planimètre polaire d'Amsler.

Le Comité appréciant le mérite de cet intéressante communication que M. Thomas a su mettre à la portée de tous, prie l'auteur de la produire sous forme de mémoire ; le Comité demandera au Conseil d'administration l'insertion au Bulletin de ce mémoire et vote de vifs remerciements à M. Thomas (1).

Assainissement
des wagons.

M. P. SÉE informe le Comité que M. Tuman de Cambrai a découvert le moyen de supprimer l'entrée du vent et de la poussière dans les voitures de chemins de fer.

Ce moyen consiste à appliquer à l'extérieur des wagons de chaque côté des portières et vasistas, une réglette de quelques centimètres de saillie contre laquelle le vent vient se briser.

Le Comité recevra avec plaisir communication ultérieure du résultat des expériences qui s'effectuent en ce moment.

Ventilation
appliquée
aux foyers.

M. P. Sée soumet les résultats de vaporisation obtenus par MM. Wibaux-Florin de Roubaix en envoyant par ventilation sous les grilles de leurs générateurs, le duvet et les poussières des batteurs de coton.

(1) Voir ce mémoire, 3^e partie, page 125.

Diverses observations sont faites tant sur les chiffres énoncés que sur le principe du système, lequel est basé sur la ventilation lente appliquée sous une grille recouverte d'une faible épaisseur de charbon.

Une commission composée de MM. Cornut, Crépelle et Albert Dujardin, ayant été déjà nommée par le Comité pour s'occuper en ce moment d'un autre système basé sur la ventilation active sous une grille chargée d'une forte épaisseur de charbon,

« Le Comité décide de proposer le renvoi du nouvel appareil à l'examen de la même commission dont le rapport sera par cela même très-concluant ».

Locomotive
à balancier.

M. P. Sée présente un mémoire sur les locomotives à balancier de M. Carels, de Gand.

De nombreuses et vives objections s'élèvent contre les idées de ce constructeur, exposées dans le mémoire, tant au point de vue de l'établissement général des voies, qu'à celui de la disposition des freins et des bâches à eaux, et surtout du fonctionnement du mécanisme et de l'ensemble du projet.

M. le PRÉSIDENT propose le renvoi du mémoire à l'examen de M. Mathias, lequel, présent, donne immédiatement son avis motivé.

Le Comité suffisamment renseigné, passe à l'ordre du jour.

La séance est levée à 9 heures et quart.

Séance du 9 février. — Présidence de M. LE GAVRIAN.

Appareils
de combustion.

Le Comité décide d'ajourner l'étude précédemment demandée sur le système Wibaux-Florin, jusqu'après l'achèvement des expériences sur le système Girol et Farinaux.

Commission
de lecture.

La commission de lecture dépose son rapport sur les publications parues en janvier; les sujets intéressants signalés par cette commission sont les suivants :

Annales de la Société Industrielle de Lyon (1873). Régulateur à force centrifuge de MM. Buss frères.

Le technologiste (1873). Études comparatives sur les éjecteurs.

Four à coke, système Laumonier.

Appareil à sécher les moules, par M. Nicolas.

Graisseur de La Caux.

Régulateur gyroscopique de Brotherhoud.

Manomètre Rival.

Marteau pilon atmosphérique.

Echelles
de sauvetage.

MM. GILQUIN et FRÉMY ont adressé au Comité les modèles réduits de leurs appareils de sauvetage. Après examen de ces appareils, le Comité prie M. Vandenberghe de préparer une communication à leur sujet pour l'Assemblée générale de février (1).

Renouvellement
de la
Commission
de lecture.

Il est procédé au renouvellement pour trois mois de la commission de lecture dont le mandat est expiré.

Sont désignés : MM. POILLON, ROCHART, P. SÉE, VUILLARD.

Commission
des
sujets de prix.

Sur la demande du Conseil d'administration une commission de quatre membres est nommée pour examiner les sujets de prix à mettre au concours pour 1874.

Sont désignés : MM. GILQUIN, LECLERCQ, DUJARDIN, MATHIAS.

Renouvellement
du Bureau.

Le règlement appelle à l'ordre du jour le renouvellement du bureau.

Les membres actuels sont réélus à l'unanimité.

Séance du 9 mars. — Présidence de M. LE GAVRIAN.

Sujets de prix.

M. LECLERCQ, rapporteur de la commission des sujets de prix, donne lecture de son rapport. La discussion s'engage sur les

(1) Voir 3^e partie, page 87.

divers articles de ce travail dont les conclusions sont adoptées (1).

Analyseur
Orsat.

M. CORNUT présente au Comité l'appareil inventé par M. Orsat, pour analyser les gaz produits par la combustion.

M. Cornut commence par expliquer l'importance considérable de cette analyse pour l'industrie au point de vue de la marche des foyers et de l'économie du combustible. Si l'air fourni au foyer est insuffisant, la combustion est incomplète, il se produira surtout de l'oxyde de carbone que l'analyse des gaz fera connaître et doser; or, le charbon en se transformant en oxyde de carbone ne développe que 2,400 calories, tandis qu'il en produit 8,000 en se transformant en acide carbonique; il y a donc une perte de 2/3 sur le charbon ainsi employé. Si l'on donne trop d'air, la combustion sera complète, mais une partie de la chaleur produite sera employée à échauffer l'air en excès puisque le mélange gazeux doit sortir avec une température homogène. Il y a donc là encore une dépense en pure perte, et elle peut être considérable, certains fourneaux laissant sortir les gaz à près de 600 degrés. Cet excès de température peut être dû à d'autres causes qu'un excès d'air, mais l'appareil Orsat dénoncera le fait ce qui permettra d'en rechercher la cause et d'y remédier.

Il n'est pas inutile d'ailleurs, de prendre en considération l'action de l'air, surtout à haute température, sur les tôles des générateurs avec lesquelles il est en contact. M. Cornut passe ensuite à la démonstration expérimentale de l'appareil qui se compose d'un tube gradué par volumes dans lequel on commence par recueillir et mesurer le gaz à essayer. Ce gaz est ensuite chassé successivement sous deux cloches plongées, l'une sur une dissolution de soude caustique destinée à absorber l'acide carbonique, l'autre sur une dissolution cupro-ammoniacale qui retient à la fois l'oxygène libre et l'oxyde de carbone.

(1) Voir 4^e partie, page 238, le programme complet pour 1874.

L'azote seul revient dans le tube gradué ; trois lectures donnent donc directement trois termes de l'analyse ; la proportion relative d'oxygène libre et d'oxyde de carbone s'obtient par un calcul fort simple , ainsi que l'air en excès qui se déduit de la quantité trouvée d'oxygène libre.

Les mouvements du gaz entre le tube gradué et les bains réactifs s'obtiennent à l'aide d'un flacon aspirateur qu'il suffit d'élever ou d'abaisser pour faire varier le niveau des liquides dans les différentes parties de l'appareil que des robinets en cristal permettent d'isoler les uns des autres à volonté. — D'après des expériences réitérées , les quelques causes d'erreurs inhérentes à l'appareil ne peuvent pas fausser les résultats de plus de 1 p. %. L'appareil peut être manié par tout le monde ; les résultats sont obtenus en quelques minutes (1).

(1) Cette communication ayant été reproduite en Assemblée générale , au mois d'avril , le bulletin N° 7 la reproduira *in extenso* , avec le dessin de l'appareil.

Comité de la Filature et du Tissage.

Séance du 11 février 1874. — Présidence de M. A. DELESALLE.

Renouvellement
du Bureau.

M. A. DELESALLE déclare formellement son intention de se retirer, ses occupations ne lui permettant plus de présider le comité.

L'assemblée exprime à M. Delesalle ses regrets de cette résolution à laquelle elle doit cependant se conformer. On procède au scrutin et le bureau pour 1874 se trouve composé, comme suit :

Président : M. Édouard AGACHE, ancien Vice-Président ;

Vice-Président : M. Auguste WALLAERT ;

Secrétaire : M. Julien LE BLAN, fils, réélu.

Graissage.

M. BONPAIN rend compte d'un système de graissage qu'il emploie depuis quelque temps et dont il est très-satisfait ; le godet graisseur, rempli d'huile de bonne qualité, est garni avec du coton très-serré ; l'action capillaire amène chaque jour de quatre à cinq gouttes d'huile qui suffisent amplement au graissage.

Séance du 11 mars 1874. — Présidence de M. AGACHE.

En l'absence de M. Delesalle, M. Dequoy, doyen d'âge, installe le bureau élu dans la dernière séance.

M. AGACHE prend la présidence, et après avoir exprimé de nouveau le regret général que la retraite de leur ancien pré-

sident fait éprouver aux membres du Comité, il adresse quelques mots de remerciements à l'assemblée.

Sujets de prix. Le Comité passe ensuite à l'étude des sujets de prix à proposer pour le concours de 1874. Cinq questions sont adoptées, et la rédaction en sera transmise au Conseil d'administration (1).

(1) Voir 4^e partie, page 238, le programme complet

Comité des Arts chimiques et Agronomiques.

Séance du 13 janvier 1874. — Présidence de M. VIOLLETTE.

M. CORENWINDER donne des détails sur l'influence des engrais minéraux dans la région du Nord, et énumère les résultats obtenus par la station agricole pendant l'année 1873.

Ces expériences confirment les travaux antérieurs et montrent le peu d'influence des sels de potasse et des phosphates dans les terres fertiles du Nord; au contraire, leur utilité dans les terres pauvres, et particulièrement dans certaines parties de l'Aisne. Quant au nitrate de soude et au sulfate d'ammoniaque, ils ont généralement agi avec une aussi heureuse influence au prorata de leur teneur en azote (1).

Séance du 10 février. — Présidence de M. SORNS, vice-président.

Renouvellement
du Bureau.

Le bureau existant est réélu à l'unanimité.

Pompes
à pulpes.

M. Ed. SÉE présente au comité une nouvelle pompe à pulpes. MM. Sée ont eu la pensée d'appliquer à l'élévation des pulpes une machine créée par son inventeur pour servir de moteur hydraulique. Cette machine qui n'a ni clapets ni soupapes, peut cependant aspirer la pulpe et la refouler avec une pression suffisante.

La première fut montée à la râperie de Guines (Pas-de-Calais); d'autres furent successivement installées, et M. Sée demande que l'on fasse encore quelques expériences cette année; mais la campagne sucrière se trouvant trop avancée, le comité décide qu'une commission sera nommée pour étudier cette machine et en faire un rapport quand possibilité il y aura.

(1) Voir 1^{re} partie. page 4.

Analyse
du manganèse.

M. KUELMANN fils expose un procédé pour l'analyse du manganèse métallique, dû à M. Dubernard, chimiste, à La Madeleine. M. Dubernard calcine le manganèse impur à différents états d'oxydation et mélangé soit à des oxydes métalliques, soit à des sels alcalino terreux, tels que le sulfate de chaux, avec de l'amidon, pour donner naissance à l'oxyde rouge $Mn^3 O^4$, le seul stable sous l'influence de la chaleur; cet oxyde rouge traité par l'acide chlorhydrique, donne du chlore qu'il fait absorber par du lait de chaux, dont il fait ensuite le titre par l'acide arsénieux; d'après la quantité de chlore obtenue il est facile de déterminer la quantité de manganèse contenue dans le produit à analyser.

Si l'on traite préalablement le mélange par l'eau, on peut déterminer séparément le manganèse se trouvant dans la matière à l'état soluble ou insoluble. Ce procédé est surtout avantageux pour la détermination rapide de ce métal dans les résidus provenant de la fabrication du chlore qui ont été traités par la chaux.

Séance du 19 mars. — Présidence de M. VIOLLETTE.

Sujets de prix.

Le Comité s'occupe dans cette séance de rédiger le programme des sujets de prix pour le concours de 1874 dans sa section.

De nombreuses questions sont proposées et discutées; le comité en adopte neuf, dont l'énoncé sera soumis au Conseil d'administration (1).

(1) Voir 4^e partie, page 238, le programme complet pour 1874.

Comité du Commerce et de la Banque.

Séance du 19 janvier. — Présidence de M. BONTE.

Étalon
monétaire.

M. LE PRÉSIDENT ouvre la discussion sur la question de l'étalon monétaire.

Après d'intéressantes observations présentées par MM. Derode, Leroy-Crépeaux, Bonte, P. Crépy, Dubar, Henry, le Comité décide qu'il sera nommé une commission chargée de lui présenter un rapport sur cette question. Sont désignés pour former cette commission : MM. BRUNET, DECROIX, DERODE, DE WILDER, DUBAR, NEUT et J. WAHL-SÉE.

Sujets de prix.

Il est ensuite procédé à la nomination d'une commission chargée de préparer le programme des prix, dans la section du commerce, pour le concours de 1874. Sont désignés : MM. A. DRUEZ, P. CRÉPY, VERKINDER, DUBAR et HENRY.

Séance du 16 février. — Présidence de M. BONTE.

Sujets de prix.

M. P. CRÉPY, rapporteur de la Commission, dépose son rapport. Après l'échange de quelques observations le Comité arrête le programme définitif qui sera adressé au Conseil d'administration (1).

Étalon
monétaire.

M. NEUT, rapporteur de la Commission, donne lecture de son rapport qui répond successivement aux sept questions posées à la séance précédente et conclut au maintien du double étalon. Il sera demandé que ce rapport soit lu à l'Assemblée générale (2).

(1) Voir 4^e partie, p. 238, le programme complet.

(2) Voir 3^e partie, p. 93, le rapport *in extenso*.

Séance du 16 mars. — Présidence de M. BONTE.

Renouvellement
du Bureau.

Les membres sortants sont réélus pour cette année à l'unanimité.

Note
sur le port
de Dunkerque.

M. BONTE donne lecture d'un mémoire sur Dunkerque, son état présent et son avenir. Ce mémoire expose l'importance du port de Dunkerque dans le commerce de la région du Nord et démontre l'urgence des travaux à exécuter pour combattre l'ensablement croissant de la rade (1).

Le Comité s'occupe ensuite de diverses questions d'ordre

(1) Ce mémoire a été lu en Assemblée générale du 21 mars. Il est reproduit au présent bulletin. — Voyez 3^e partie, page 98.

Comité d'utilité publique.

Séance du 22 janvier 1874. — Présidence de M. FAUCHEUR-DELEDICQUE.

M. LE PRÉSIDENT invite chacun des membres présents à exposer ses vues personnelles au sujet des travaux du Comité.

Après un certain nombre de communications qui montrent la divergence des opinions sur le but de la section d'utilité publique, un membre propose de charger le bureau de faire une démarche auprès de M. le Président de la Société à l'effet d'obtenir un programme mieux défini et une réorganisation qui permette des délibérations plus efficaces. Cette proposition est adoptée.

Séance du 27 mars. — Présidence de M. FAUCHEUR-DELEDICQUE.

M. LE PRÉSIDENT expose ce qui a été fait relativement à la proposition adoptée dans la séance du 22 janvier. Le bureau s'est rendu près de M. le Président de la Société et il a été convenu que l'on chercherait à provoquer autant que possible des permutations pour augmenter le nombre des membres en titre du Comité, en même temps qu'on ferait les démarches utiles pour obtenir l'adhésion d'un certain nombre de membres auxiliaires. Une lettre circulaire a été adressée à cet effet à tous ceux des sociétaires qui ont paru pouvoir prendre intérêt aux travaux du Comité.

Jours et heures
de réunion.

Le Comité décide qu'il se réunira régulièrement le troisième mardi de chaque mois, à 8 heures du soir.

Sujets de prix.

Diverses questions pour le concours de 1874 sont propo-

sées et discutées ; le Comité en adopte deux dont le libellé sera soumis au Conseil d'administration (1).

Programme
des travaux
du Comité.

Plusieurs sujets d'étude sont proposés et discutés ; le Comité décide que les suivants seront portés à l'ordre du jour des séances prochaines :

- 1° Étude générale des assurances contre l'incendie ;
- 2° Question des crèches ;
- 3° Création d'une caisse de secours pour les mères nourrices ;
- 4° Étude du questionnaire de la Commission d'enquête sur les conditions du travail.

(1) Voyez le programme complet, 4^e partie, page 238.

TROISIEME PARTIE.

TRAVAUX ET MÉMOIRES

PRÉSENTÉS A LA SOCIÉTÉ.

CITÉS OUVRIÈRES.

Mémoire de M. DUBUISSON. — Couronné au concours de 1873 (1).

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Le rapport du jury international de l'exposition universelle de 1867 constate que le programme des logements d'ouvriers ne comporte que des solutions particulières : « Tel logement, en effet, » parfaitement approprié aux habitudes, aux besoins, aux ressources d'une famille ouvrière de Paris, serait, à coup sûr, » critiqué à Londres et jugé peut-être inhabitable dans le Nord de » l'Allemagne ».

De même, les maisons ouvrières établies à Mulhouse et aux environs, en conformité des usages du pays seraient très-probablement trouvées peu commodes pour les ouvriers du Nord de la France. C'est pour ces motifs que nous n'avons pas cru devoir nous borner à donner un spécimen unique de maisons d'ouvriers, mais que nous avons jugé utile d'établir différents types pouvant s'appliquer aux diverses solutions que comporte le programme ; ces solutions

(1) Ce travail est accompagné d'un devis détaillé très-complet pour chaque système, et dont MM. les Sociétaires pourront prendre communication au secrétariat de la Société. (Voir le rapport sur ce mémoire, Bulletin N° 4, page 24).

variant en effet suivant la disposition des lieux , le prix du terrain , le climat , les usages de la contrée , la nature des matériaux employés dans la localité , le plus ou moins d'aisance des ouvriers et l'importance de leur famille.

Nous allons examiner sommairement les conditions générales nécessaires à une bonne installation de maisons d'ouvriers , tant au point de vue de l'emplacement et de la disposition , que de la distribution intérieure et de la construction.

L'emplacement et le choix du terrain sont presque toujours déterminés par des considérations industrielles et spéculatives ; toutefois , il importe d'éviter de choisir les terrains humides ou dont la déclivité ne permet pas un facile écoulement des eaux pluviales et ménagères ; en outre , les eaux d'alimentation seront de bonne qualité et les maisons devront être à l'abri des émanations insalubres provenant soit d'établissements industriels , soit de toute autre cause. Enfin , il est nécessaire , pour économiser les dépenses de fondations , que le sol résistant soit à une faible profondeur.

La question de groupement des maisons a été longtemps discutée. Faut-il , en effet , isoler les demeures d'ouvriers ? les réunir par continuité ? ou les superposer ?

Cette question doit être résolue différemment suivant la valeur des terrains de la localité et le prix des matériaux de construction.

C'est ce que nous allons examiner :

1° LES MAISONS ISOLÉES. — Présentant un grand développement de murs extérieurs, elles occasionnent par conséquent une dépense plus grande. Les influences atmosphériques, le froid, le chaud, la pluie, ont à l'intérieur une action plus considérable.

La surface du terrain, pour chacune des maisons de ce genre, doit être de 420 à 450 mètres carrés y compris la cour et le jardin. La dépense des bâtiments peut être évaluée de 3,200 à 3,500 francs, suivant les dimensions des salles.

Cette solution est applicable à la campagne, où le terrain est à

bas prix et pour des affectations spéciales : telles que logement de contre-maître ou de chef-ouvrier, etc. ; nous n'avons donné qu'un seul spécimen de cette solution, mais nous devons faire remarquer que la disposition des projets N^{os} 1, 2, 3, 4, 5 et 6 peut s'appliquer exactement à des maisons isolées.

2^o GROUPE DE DEUX MAISONS. — Ce système présente moins de développement de murs extérieurs, et peut être employé avec une surface de terrain de 400 à 420 mètres carrés. La dépense de construction est d'environ 3.000 francs.

Cette solution mixte peut être appliquée dans des cas spéciaux, tels que logements de principaux ouvriers etc., et dans les localités où le terrain est à un prix peu élevé.

3^o GROUPE DE QUATRE MAISONS. — Ce système est celui préféré à Mulhouse ; c'est aussi le plus avantageux, tant au point de vue de l'économie dans la dépense que de l'aspect général ; un terrain de 50 mètres carrés peut suffire ; mais il vaut mieux 400 mètres. — Les murs extérieurs ne présentent aucun développement inutile et la disposition n'a pas le caractère monotone des maisons contiguës.

La dépense de construction peut varier de 1,750 fr. à 2,500 fr. suivant les dimensions des chambres.

Lorsque le terrain n'atteint pas une valeur de 40 fr. le mètre carré, le groupement par quatre est, à notre avis, la meilleure disposition de maisons d'ouvriers.

MAISONS CONTIGUES. Cette disposition est certainement la plus économique ; un terrain de 45 à 50 mètres est suffisant pour chaque maison (compris cour). La dépense de construction peut varier de 1500 fr. à 2,000 fr. pour des maisons à un étage.

Ce système est le seul possible dans les villes importantes et seulement encore dans les quartiers excentriques.

En construisant des maisons à deux et trois étages, ayant une seule pièce par étage, on pourrait réduire à 30 ou 40 mètres le

terrain nécessaire pour chaque habitation y compris la cour qui devrait alors être en avant de l'habitation.

Dans certains cas particuliers, si l'on voulait obtenir la séparation des logements, tout en admettant leur superposition par étages, on pourrait établir des escaliers spéciaux desservant directement chacun des logements. Ces deux derniers systèmes, coûteux comme terrain ou comme construction, ne présentent pas d'avantages sérieux.

Lors de l'exposition universelle de 1867, un certain nombre d'ouvriers de Paris ont formé une réunion ayant pour objet l'étude et l'exécution d'un modèle de maison. Cette commission spéciale « a » longuement discuté la question de savoir s'il fallait construire un » modèle d'habitation à un seul ou bien à plusieurs logements, et, » contrairement à ce qu'on aurait pu prévoir c'est la seconde solution qui l'a emporté sur la première. Les ouvriers de Berlin ont » été, du reste, du même avis. »

Nous pensons aussi que c'est une erreur de vouloir, dans les agglomérations des grandes villes, loger chaque famille d'ouvrier dans une maison séparée, quand les employés et d'autres classes de travailleurs sont forcés d'habiter dans des appartements superposés. En outre, lorsque le terrain est d'un prix élevé, le système d'isolement des ménages serait une mauvaise combinaison économique qui aurait pour conséquence l'augmentation du prix des loyers, ce qui est au contraire un but que l'on veut atteindre.

Pour obtenir une amélioration sérieuse dans les habitations actuelles des classes nécessiteuses, il faudrait une sévérité très-grande dans l'examen des logements insalubres et en même temps faciliter l'établissement de demeures d'ouvriers aux environs des grandes villes, en créant, le matin et le soir, des moyens de transport à prix très-réduits.

A Lille, où les tramways vont être installés et où les chemins de fer prennent une grande extension, il serait peut-être possible d'obtenir cette amélioration déjà réalisée en Angleterre et en partie en Belgique.

Ce progrès nous semble plus facile à obtenir que celui qui consiste à donner, dans les villes, une maison entière pour la famille d'un ouvrier.

Pour encourager l'amélioration des logements d'ouvriers, il serait bon de récompenser par des distinctions honorifiques les propriétaires qui auraient établi des habitations salubres et convenables à des prix réduits, en admettant la réunion de plusieurs familles dans la même maison.

Quelle que soit la solution adoptée, il est indispensable de chercher à développer chez l'ouvrier l'amour du chez soi, en lui rendant sa demeure agréable, en ménageant tous les services qui peuvent être utiles, et même, en lui donnant lorsque cela est possible, un petit jardin qu'il puisse cultiver dans ses loisirs : c'est un moyen sérieux de combattre l'influence du cabaret.

Si de plus on peut faciliter à l'ouvrier l'acquisition de sa demeure par des paiements annuels, on aura réalisé un progrès plus sensible encore.

Nous avons cherché à donner de la variété et de la gaieté aux habitations par la combinaison des formes, en accusant les dispositions intérieures par l'emploi de matériaux et surtout de briques de diverses couleurs (blanches et rouges, les blanches étant très-répandues aux environs de St-Omer et de Dunkerque) Ces dispositions n'apportent aucune aggravation dans la dépense et présentent un aspect plus agréable.

En ce qui concerne les dispositions intérieures, il faut d'abord dans chaque logement une chambre à coucher séparée pour les enfants de chaque sexe, une autre pour les parents, soit trois chambres en ajoutant une salle à usage de cuisine et de salle à manger, nous trouvons quatre pièces plus une petite excavation sous l'escalier, pour provisions diverses ; c'est sur cette base que les projets ont été établis.

Quant aux célibataires, on peut constater qu'ils sont peu nombreux parmi les ouvriers, néanmoins, dans les maisons contiguës, nous avons indiqué une disposition qui peut leur convenir et

qui consiste en une pièce au rez-de-chaussée et une chambre à l'étage.

Les maisons qui n'ont qu'un rez-de-chaussée sans étage sont plus dispendieuses, plus froides et plus humides; c'est pourquoi nous n'avons pas proposé de type de ce genre.

Il a paru inutile d'indiquer l'agencement des groupes de maisons entre eux; cet agencement variant suivant la forme et les dimensions du terrain à utiliser.

Dans la position des maisons, il faut tenir compte, dans notre contrée, de l'influence des mauvais vents du nord et de l'ouest.

L'installation des eaux par puits, par pompe ou par réservoir étant essentiellement locale, nous n'avons rien indiqué à ce sujet.

Nous n'avons pas cru devoir donner des détails pour l'exécution des diverses parties des maisons, en raison de la grande variété de ces détails; néanmoins, si la société le jugeait utile, ces détails pourraient être donnés ultérieurement sur un type choisi.

Pour ne pas multiplier les types, nous avons appliqué à chaque spécimen une décoration et des aménagements de détails différents: mais la plupart de ces dispositions peuvent s'appliquer indifféremment à chacun des types proposés.

Pour réaliser des économies dans la construction, il faut faire un judicieux emploi des matériaux, les utiliser suivant leurs plus grande force et renfermer sous le moindre volume de matériaux et au moindre prix l'espace habitable le plus grand et en même temps le plus commode. C'est ce que nous avons cherché à réaliser. Nous joignons trois devis détaillés pour trois types différents. Maisons groupées par quatre, maisons contiguës et maisons à deux étages.

Les prix de ces devis ont été fixés en supposant l'exécution des maisons dans un village important des environs de Lille.

Pour Lille ou la banlieue, ces prix devraient actuellement être augmentés d'environ 6 % à 10 p. %.

Avec une faible dépense supplémentaire, il serait possible :

1° D'affecter à chaque maison une cave sous une des salles

au lieu de la petite excavation établie en contrebas et sous l'escalier.

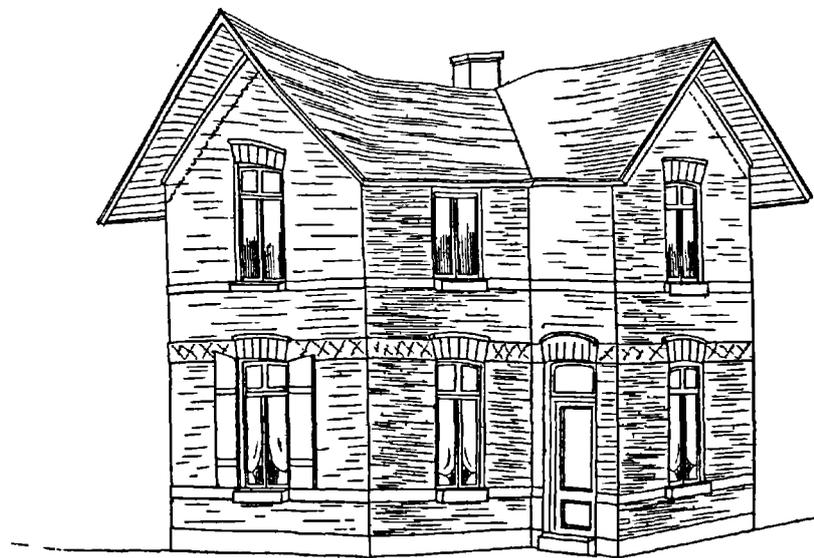
2° Un grenier, en établissant un plancher en bois brut sur les fortes contregittes du plafond.

3° Une cheminée de plus dans une des chambres, en cas de maladie d'un des membres de la famille de l'ouvrier.

4° D'imprégner les bois de goudron ou de sulfate de cuivre pour éviter les insectes.

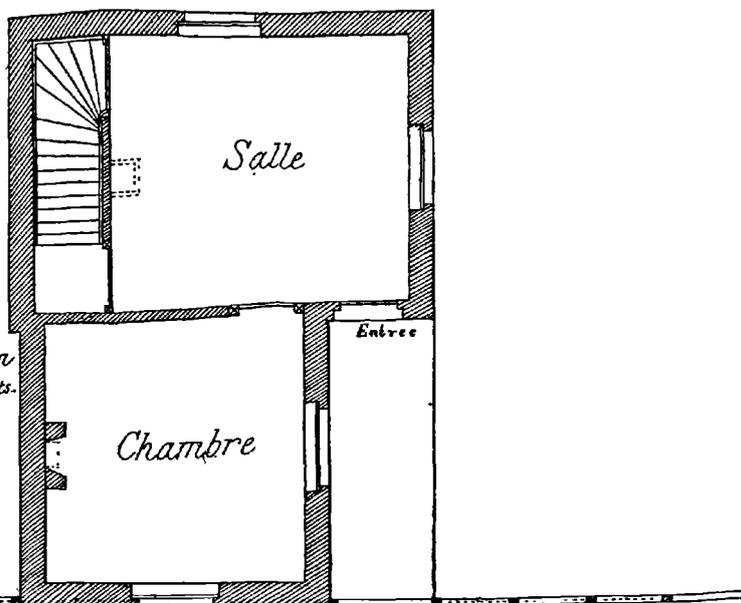
6° Dans les terrains un peu humides en hiver, une couche de scories sous les pavés du rez-de-chaussée.

6° Un écoulement d'eau par petit aqueduc, en supposant toutefois que les rues ont un aqueduc collecteur.



Vue perspective

Plan du rez-de-chaussée.

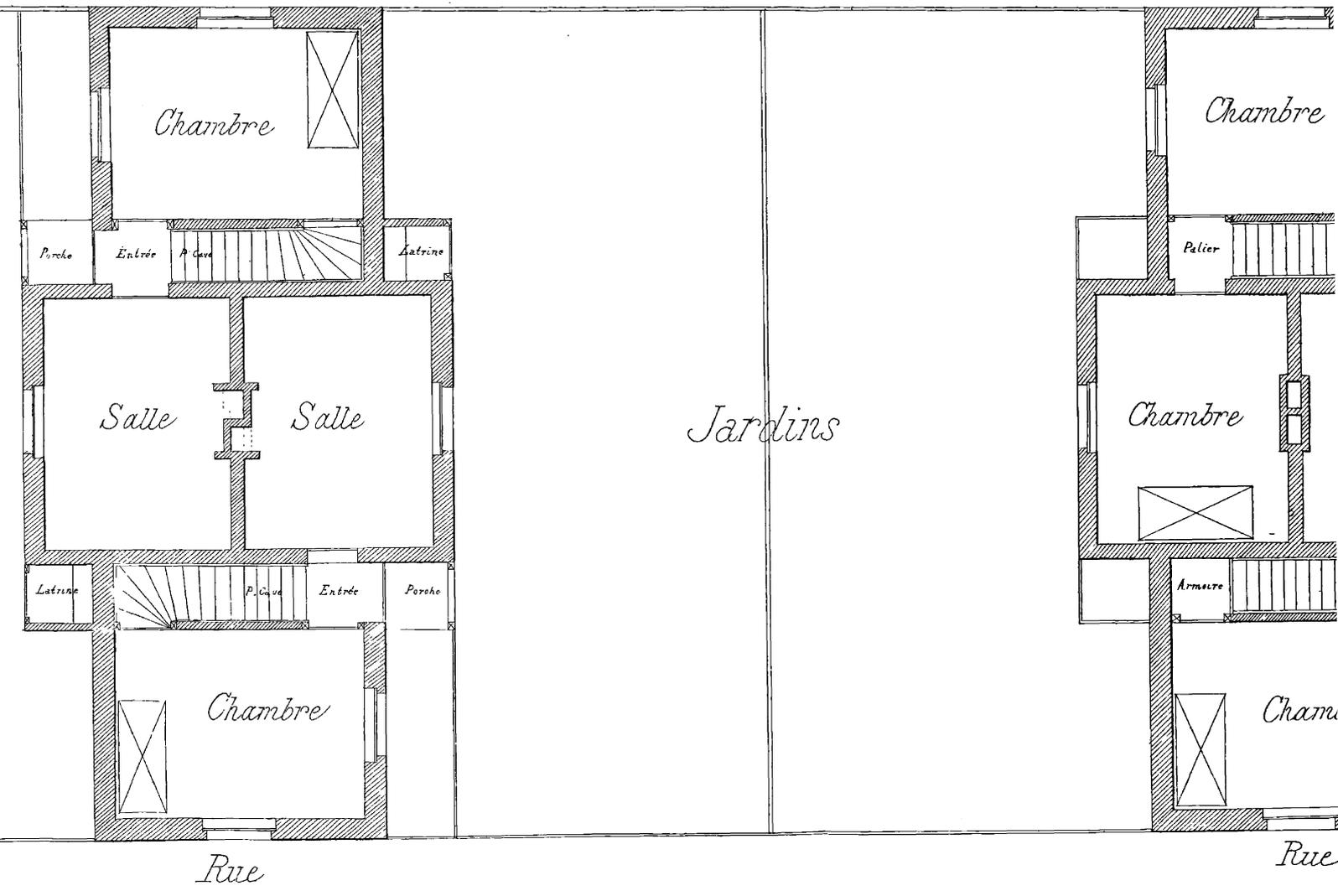


Maison isolée.

Echelle de $\frac{1}{100}$

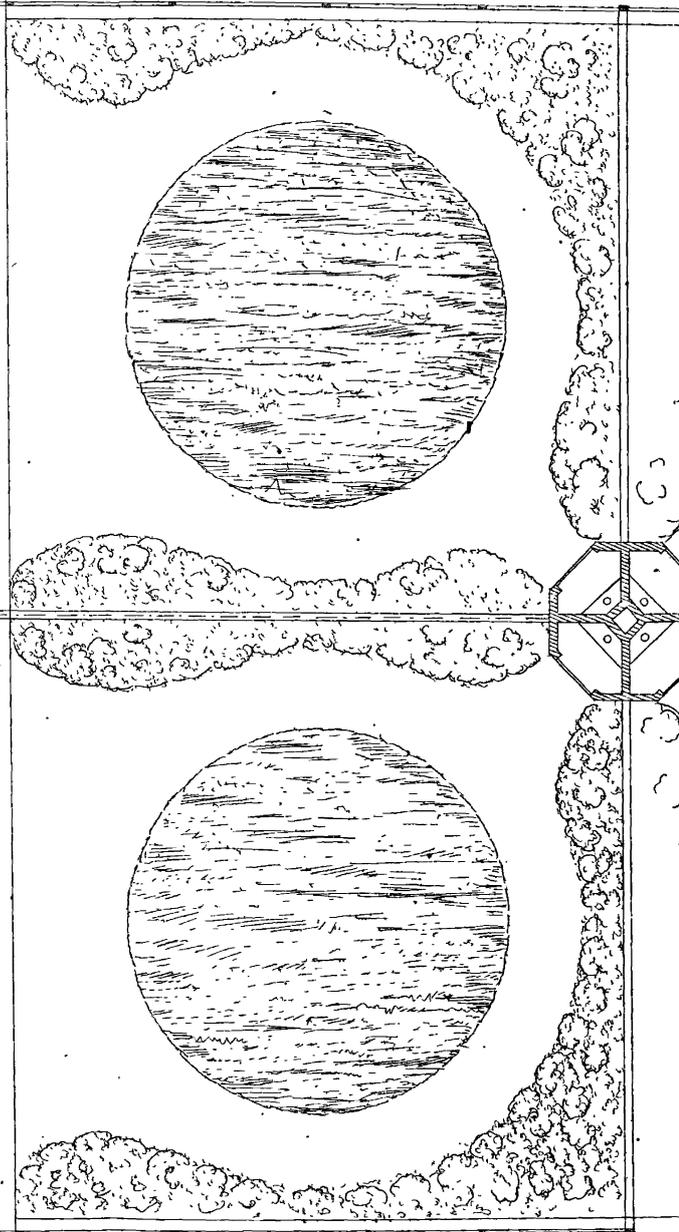
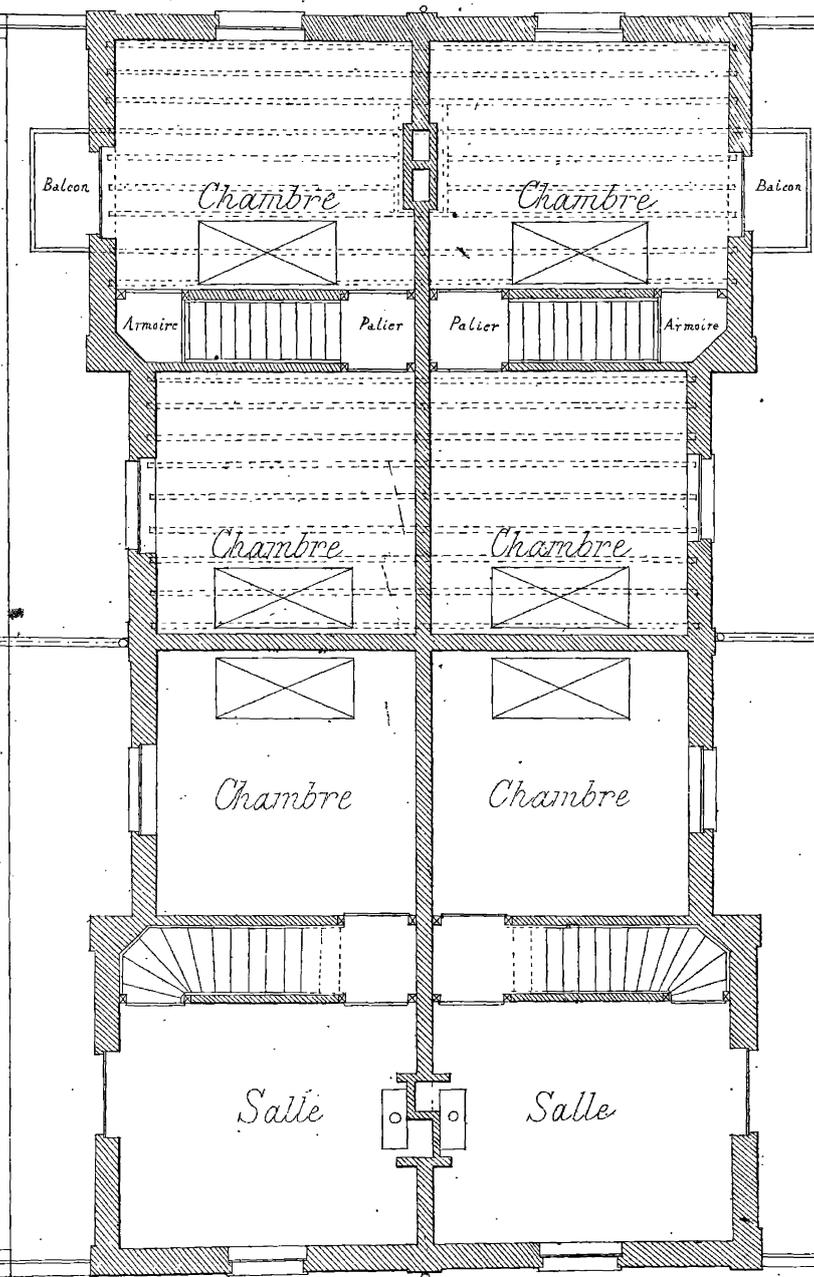
*Nota Latrines dans le jardin
comme dans les autres projets.*

Rue



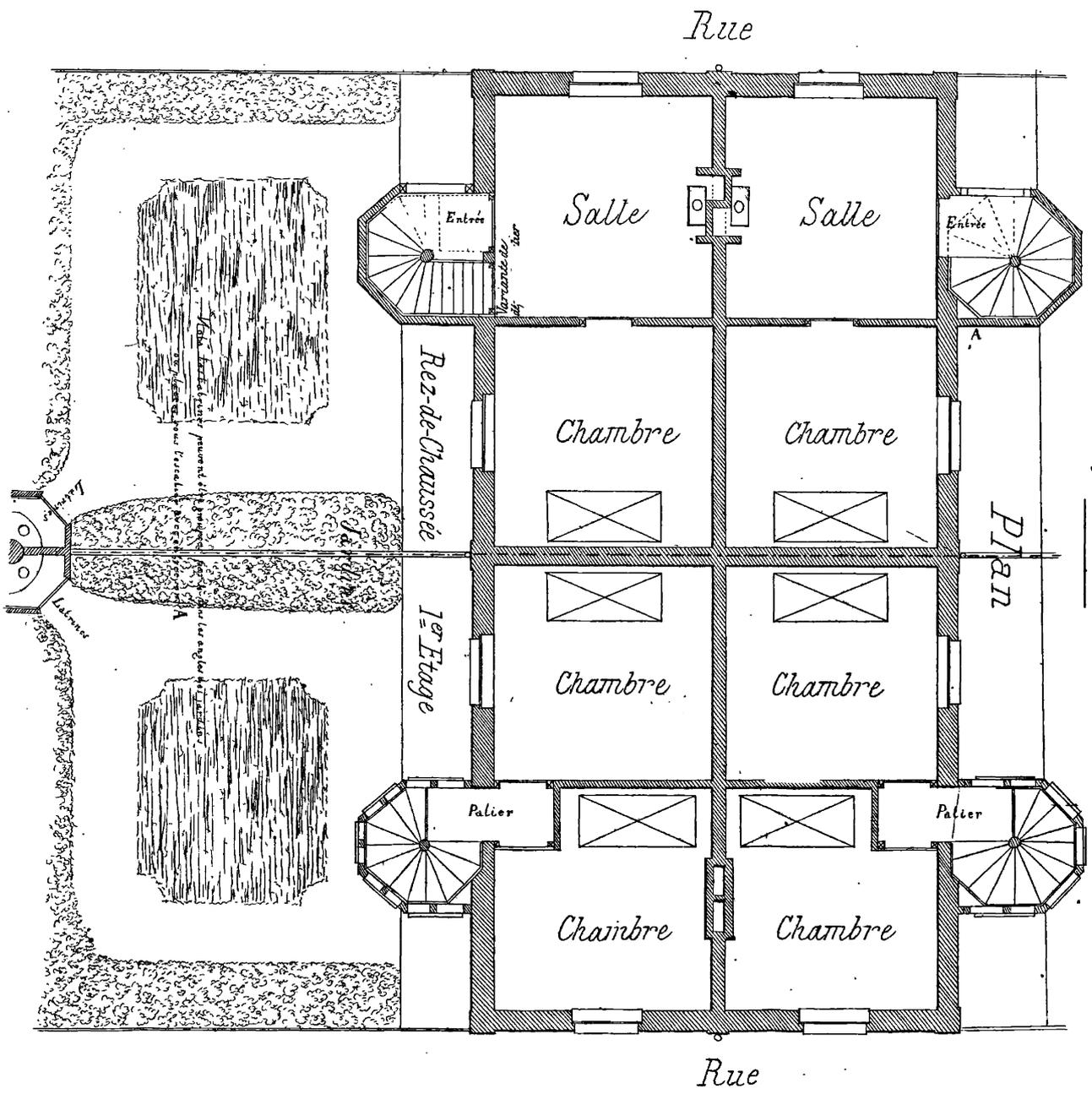
Plan du 1^{er} Etage

Plan du rez-de-Chaussée

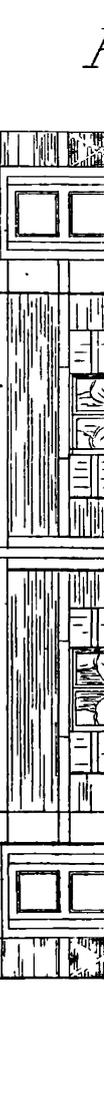


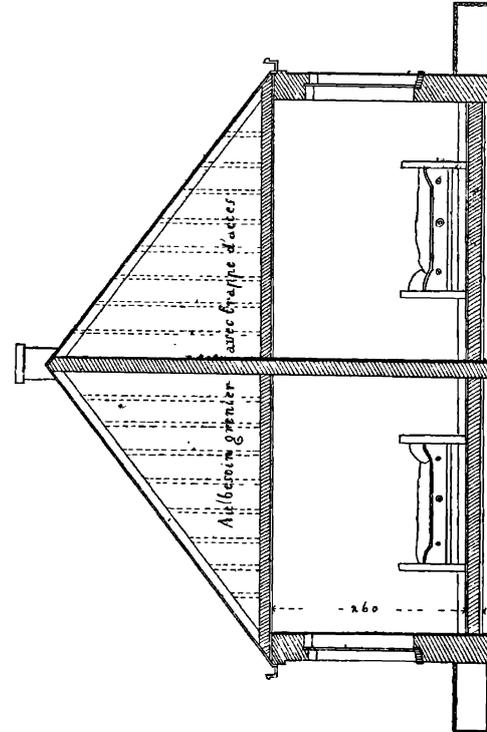
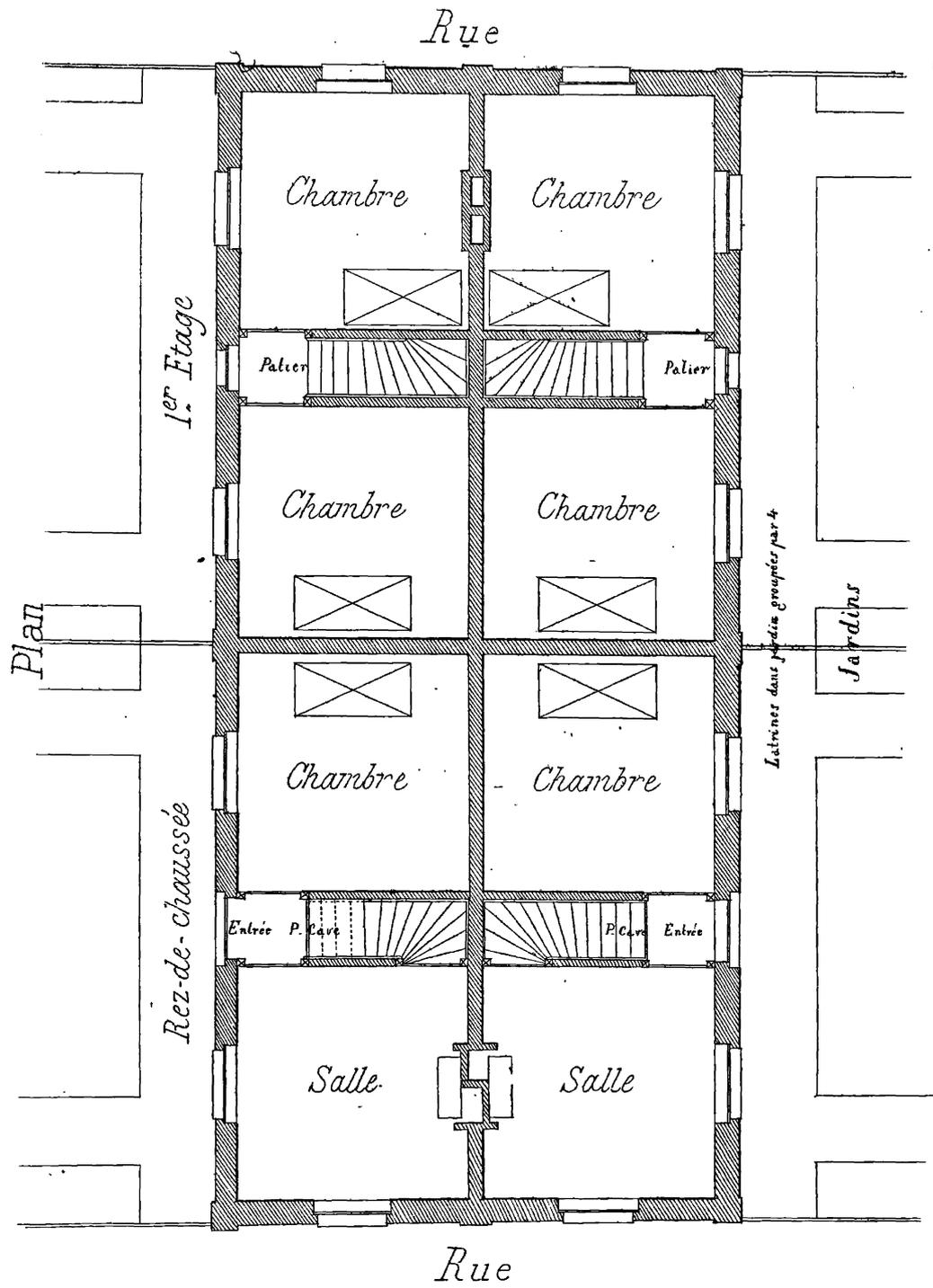
Rue

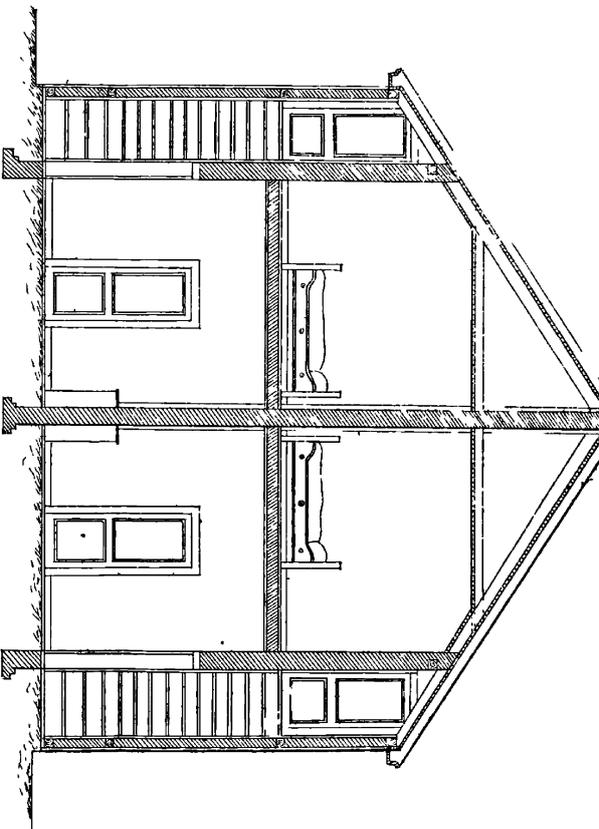
Group



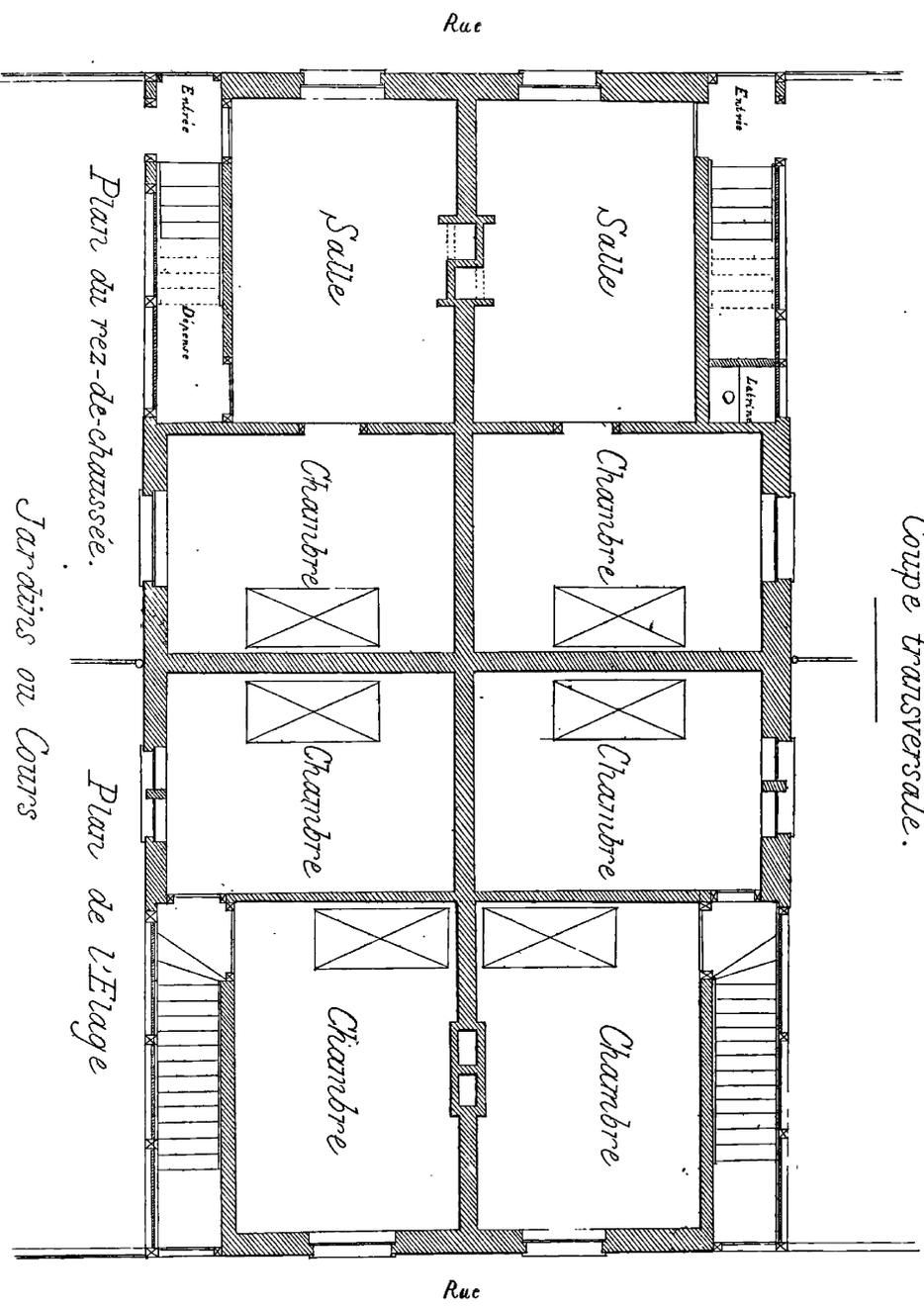
Façade sur rue







Coupe transversale.



Plan du rez-de-chaussée.

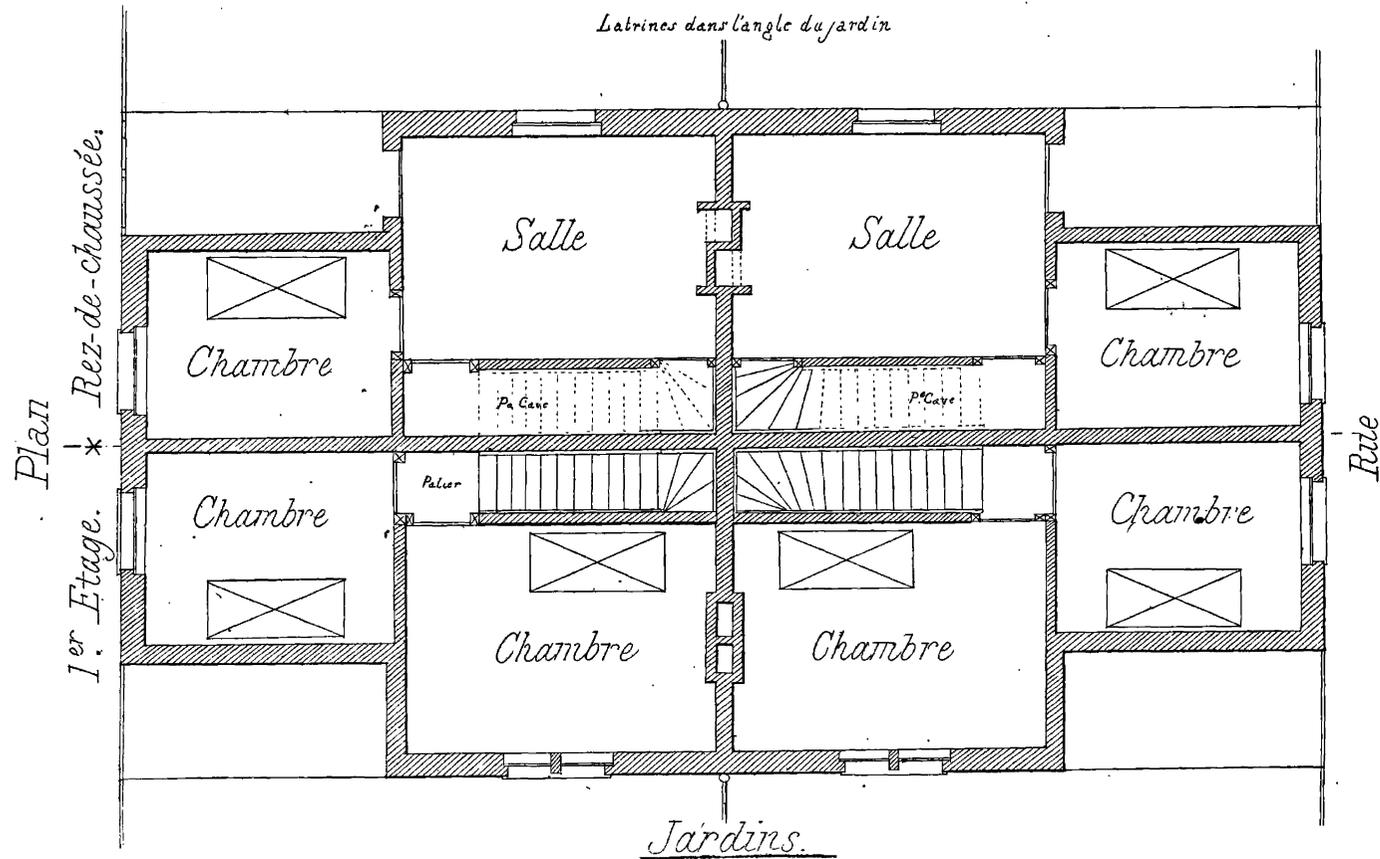
Plan de l'Etage

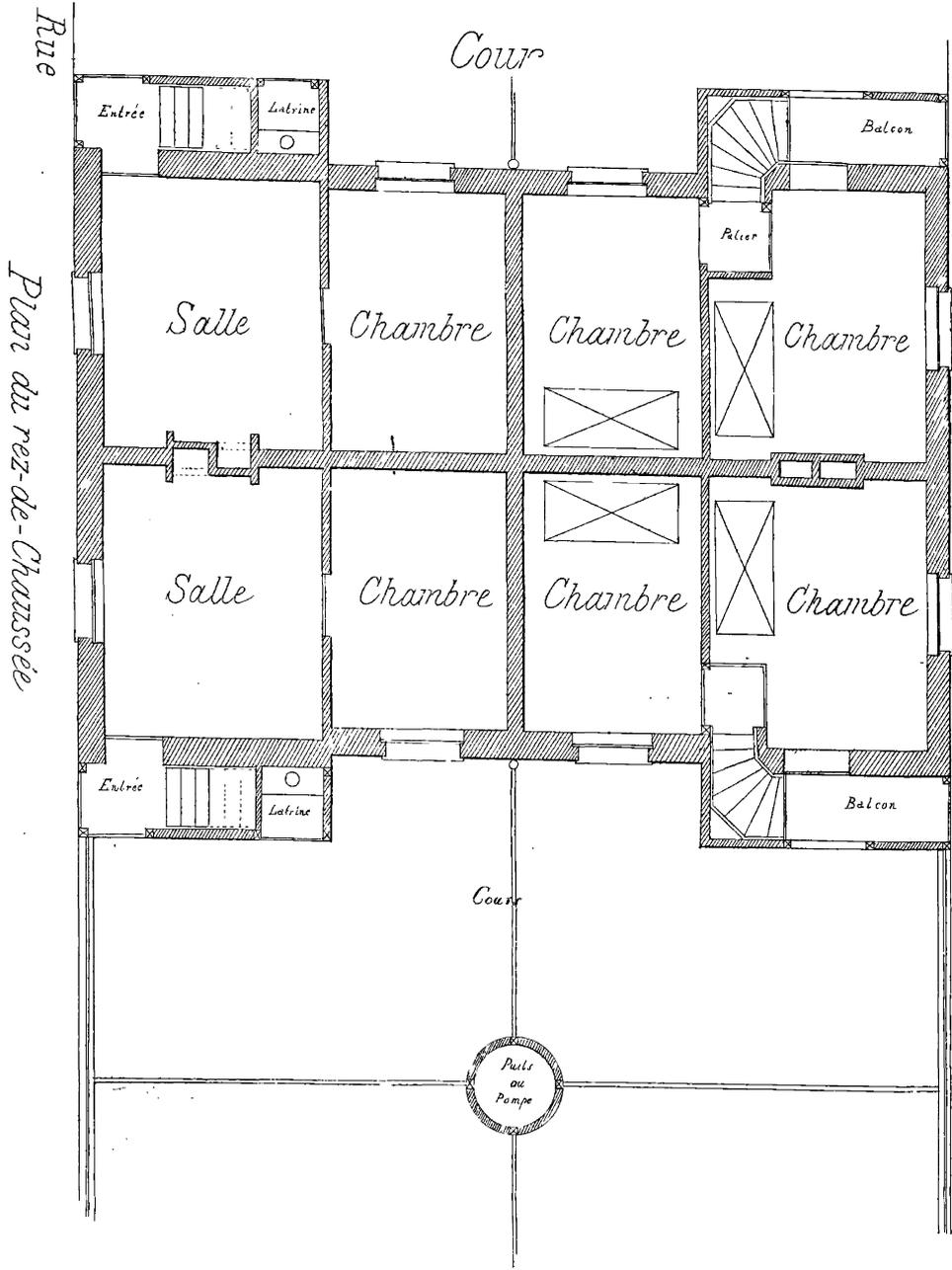
Jardins ou Cours

Dans ce projet les fenêtres sont commandées par le dans leur angle de la fenêtre.



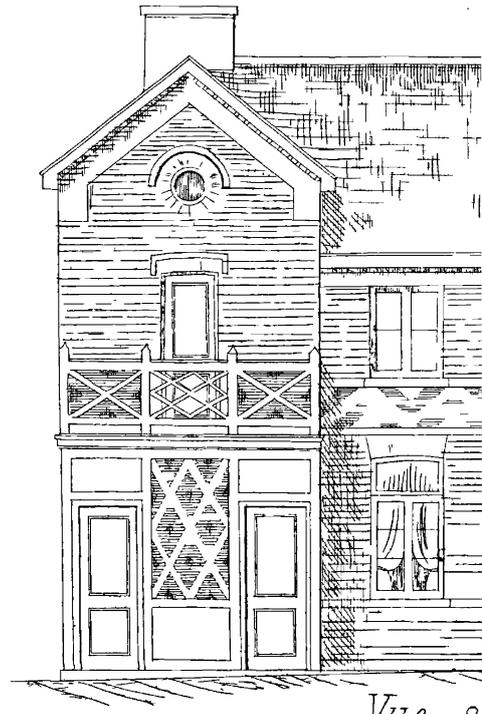
Vue de face sur rue.





Plan du rez-de-Chaussée

Plan de l'Étage



Vue s

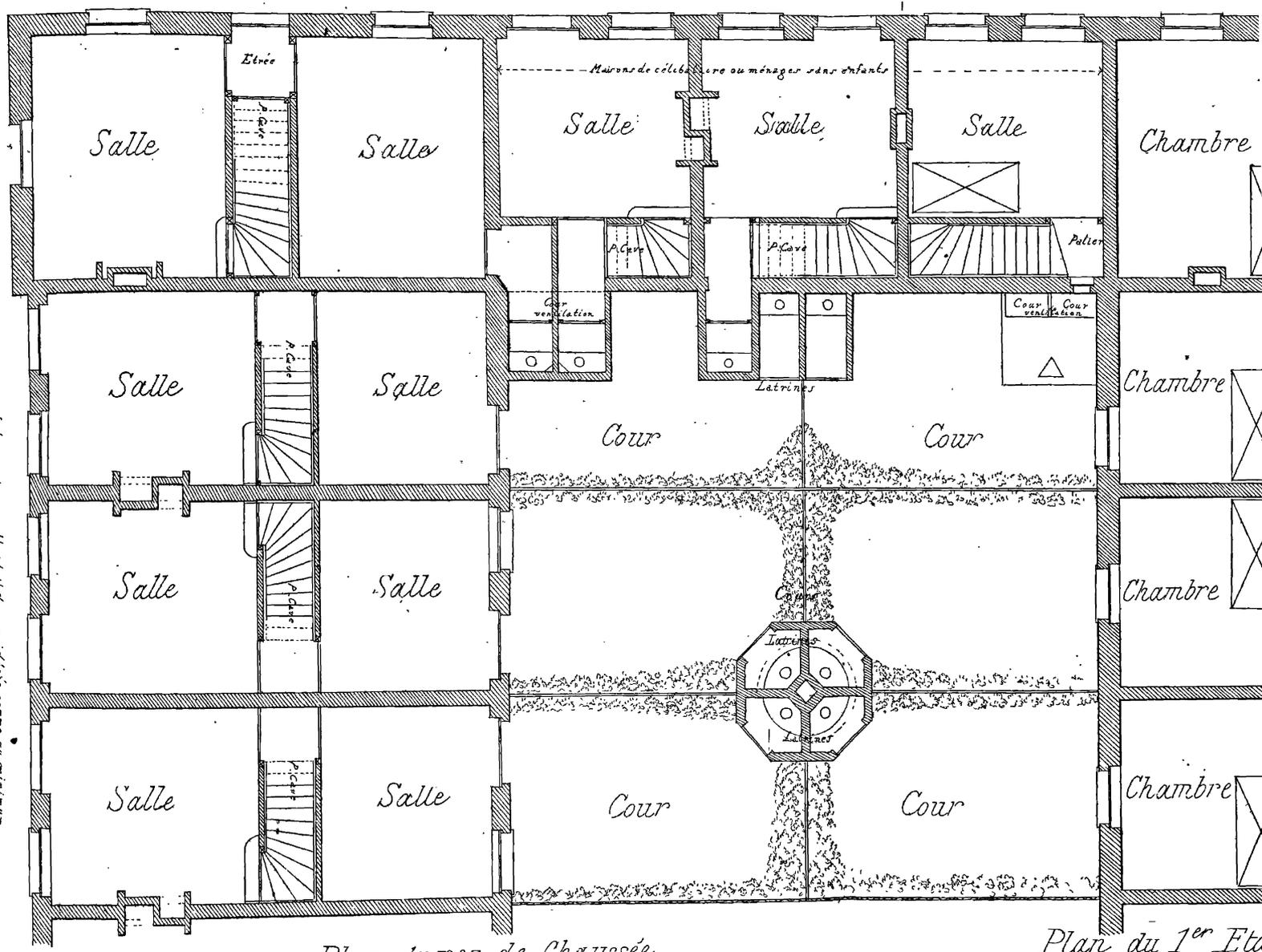


Façade

Plan du rez-de-chaussée

Rue

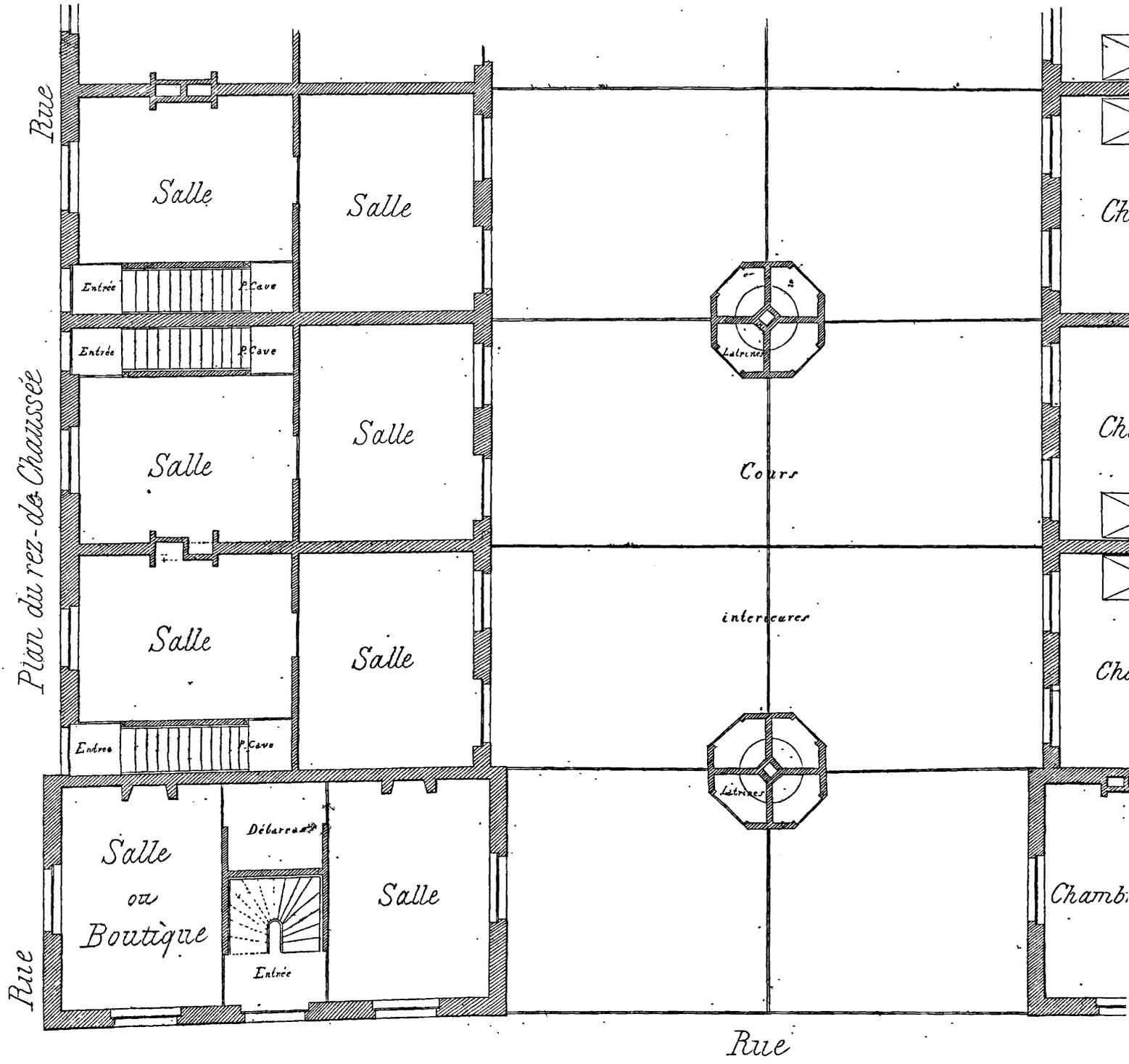
Plan du



Plan du rez-de-chaussée

Plan du 1^{er} Eta

Plan du rez-de-chaussée



PROJET DE MAISONS D'OUVRIERS (1).

Mémoire par M. E. DELANOYE. — Couronné au Concours de 1873.

EXPOSÉ.

De nombreux administrateurs et industriels s'occupent, avec ardeur, d'améliorer par tous les moyens possibles, la position du travailleur : l'institution des caisses d'épargne, sociétés de secours mutuels, assurances, etc., etc.

De ces projets ou créations, un surtout est beaucoup étudié ; je veux parler des maisons d'ouvriers.

Quoi de plus beau, en effet, que l'occasion offerte à l'ouvrier économe, de devenir un jour propriétaire, lui qui, jusqu'alors, voyait un avenir sans résultat ; cet espoir ranime son courage ; aidé de ses enfants, à qui il enseigne l'amour du travail, il travaillera avec ardeur, fuyant le cabaret, vivant au milieu de sa famille, amassant sou à sou et voyant chaque jour approcher le moment où il pourra se dire : « Voilà ma propriété. »

Quand enfin sera arrivé le paiement du solde de sa dette, l'économie sera devenue, pour lui, une habitude et, continuant ainsi, il pourra, pour sa vieillesse, amasser un petit pécule qui le mettra à l'abri de la misère ; pour lui l'hospice sera un vain mot.

L'œuvre d'édification des maisons ouvrières est non-seulement économique, mais elle est aussi morale, en ce qu'elle donne à l'ouvrier des principes d'économie qu'il transmet à ses enfants.

Le besoin de maisons ouvrières se fait depuis longtemps sentir à Dunkerque, où les loyers sont d'un prix élevé.

(1) Ce travail est accompagné d'un devis détaillé très-complet pour chaque système, et dont MM. les Sociétaires pourront prendre communication au secrétariat de la Société. (Voir le rapport sur ce mémoire, Bulletin N° 4, page 21).

Une seule cité a été construite , il y a quelques années , à quelques kilomètres de la ville , près de la filature Dickson et Compagnie , encore ne contient-elle que des maisons à loyer , ce qui n'offre aux ouvriers de cette usine que l'avantage d'être à proximité de l'atelier.

En présence de ce qu'il vient d'exposer , l'auteur a eu l'idée de projeter l'érection , sur les terrains qui seront annexés prochainement au territoire de la ville (1), des maisons d'ouvriers , de divers types et comprenant des maisons à loyer , et des habitations à acquérir , les premiers pour familles de passage ou ne pouvant aspirer à l'acquisition d'une demeure.

DESCRIPTION.

MAISONS A LOYER.

TYPE N° 4. — Cette habitation est composée d'un sous-sol (à diviser en six compartiments) surmonté de trois étages et d'un grenier. Elle est disposée pour six ménages seulement , l'agglomération , sous un même toit , d'un plus grand nombre d'habitants étant reconnue une cause de discorde ; les grandes habitations ne sont , du reste , pas recherchées par les familles.

Cette maison , tout en offrant un confortable relatif , est étudiée avec la plus grande économie , de façon à faire payer au locataire un loyer modeste.

L'eau distribuée en ville par l'administration municipale laissant à désirer sous le rapport de la qualité , il a fallu ménager une citerne destinée à recevoir l'eau de pluie recueillie sur le comble ; cependant l'eau de la ville , prise dans le voisinage , et propre à différents usages , permettra d'économiser l'eau potable.

(1) *De la ville de Dunkerque*, l'auteur du mémoire habite cette ville , et a établi ses projets et ses devis en rapport avec cette partie de notre région.

Chaque ménage occupera trois pièces , dont une cuisine, et aura droit à une partie de la cour.

TYPE N° 2. — Ce type compte le même nombre d'étages que le précédent ; chacun de ces étages peut être composé , à volonté , de deux ou quatre pièces , dont une cuisine ; de plus un cabinet d'aisance existe à chaque étage ; il possède également une cour commune.

Le **TYPE N° 3** a un étage de moins. Le locataire du rez-de-chaussée a , seul , la jouissance de la cour ; celui de l'étage supérieur , jouit du grenier ; ce dernier a , pour son usage personnel , un cabinet d'aisance.

Chacun de ces logements possède quatre pièces.

MAISONS A ACQUÉRIR.

TYPE N° 4. — Il a 3^m 52 de largeur mitoyenne , possède une cave , une fosse et une citerne et deux pièces à chaque étage ; il prend jour sur cour et jardin.

TYPE N° 5 , de 5^m 52 de largeur , ayant le même nombre de pièces , que ci-dessus ; mais éclairé seulement du côté de la rue.

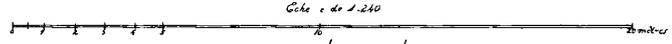
Le type N° 6 est conforme au précédent , quant au nombre de pièces , mais la cuisine et la cage de l'escalier sont éclairées par une petite courette.

TYPE N° 7 — Disposé au plan , pour marchand ; il peut être comparé au N° 5.

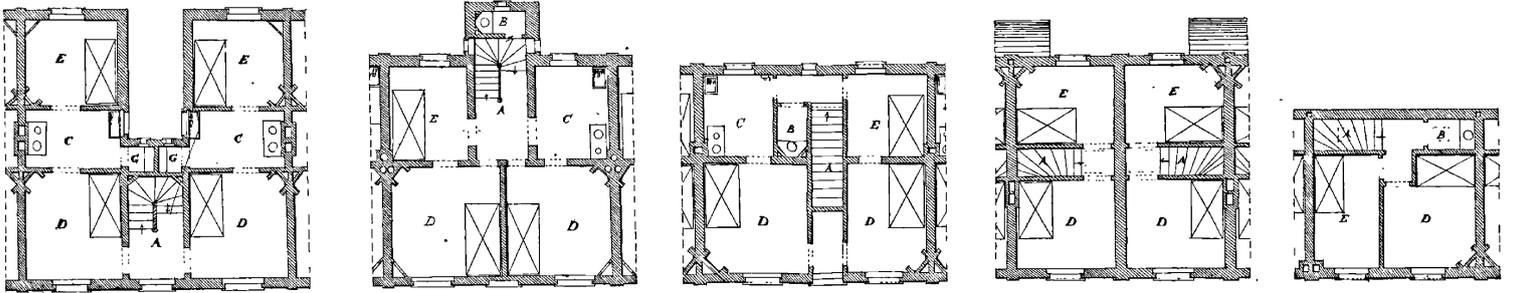
Le **TYPE N° 8** fait voir deux habitations s'enchevêtrant , composées d'un rez-de-chaussée , seulement , comprenant une cuisine et deux chambres à coucher éclairées sur la cour et sur la rue.

MAISONS D'OUVRIERS (PROJET DELANOYE)

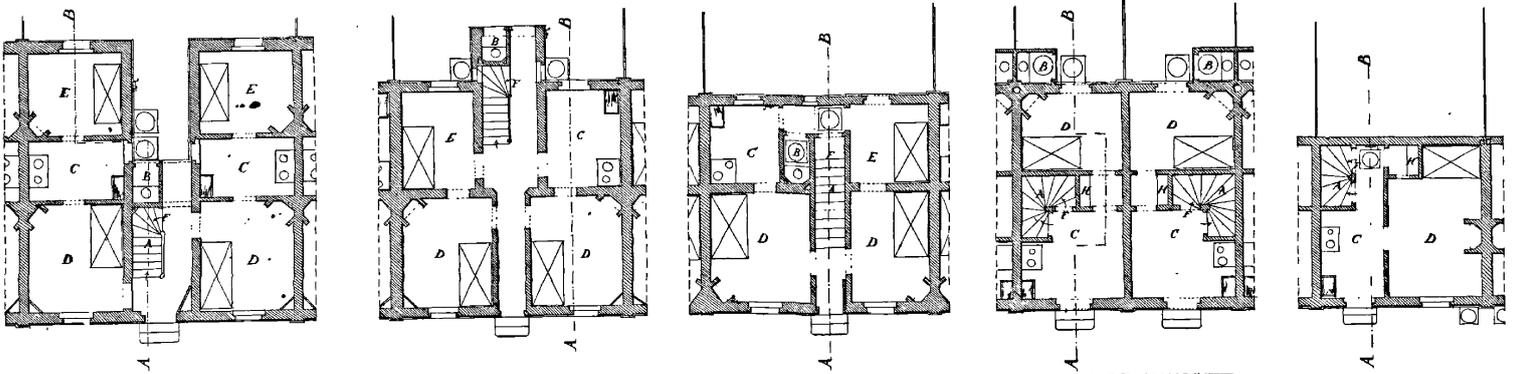
PLANCHE I



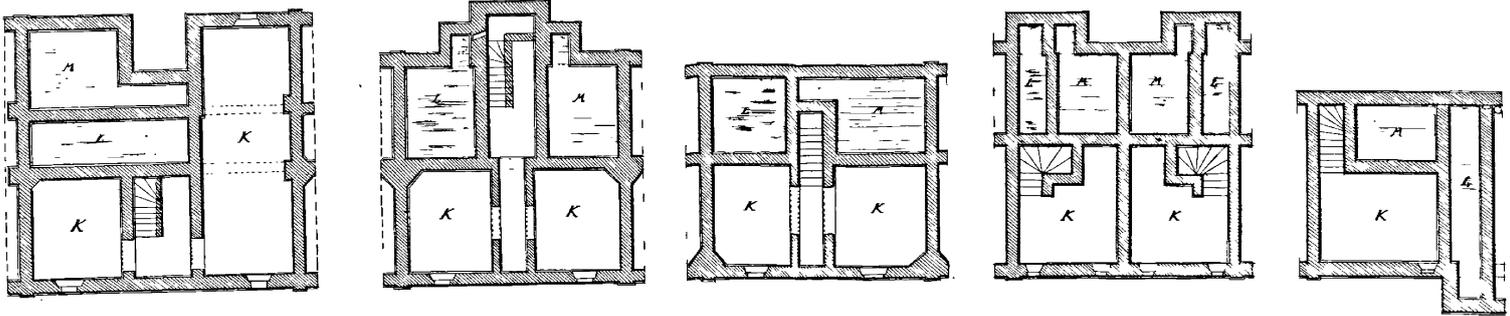
PLANS DÉTAILLÉS



PREMIER ÉTAGE



REZ-DE-CHAUSSÉE



N°I

N°II

N°III

N°IV (deux habitations)

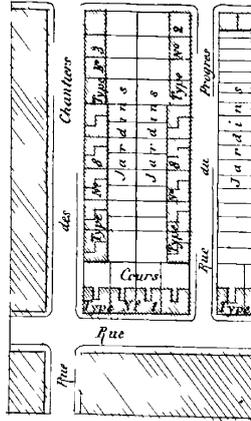
N°V

SOUS-SOL

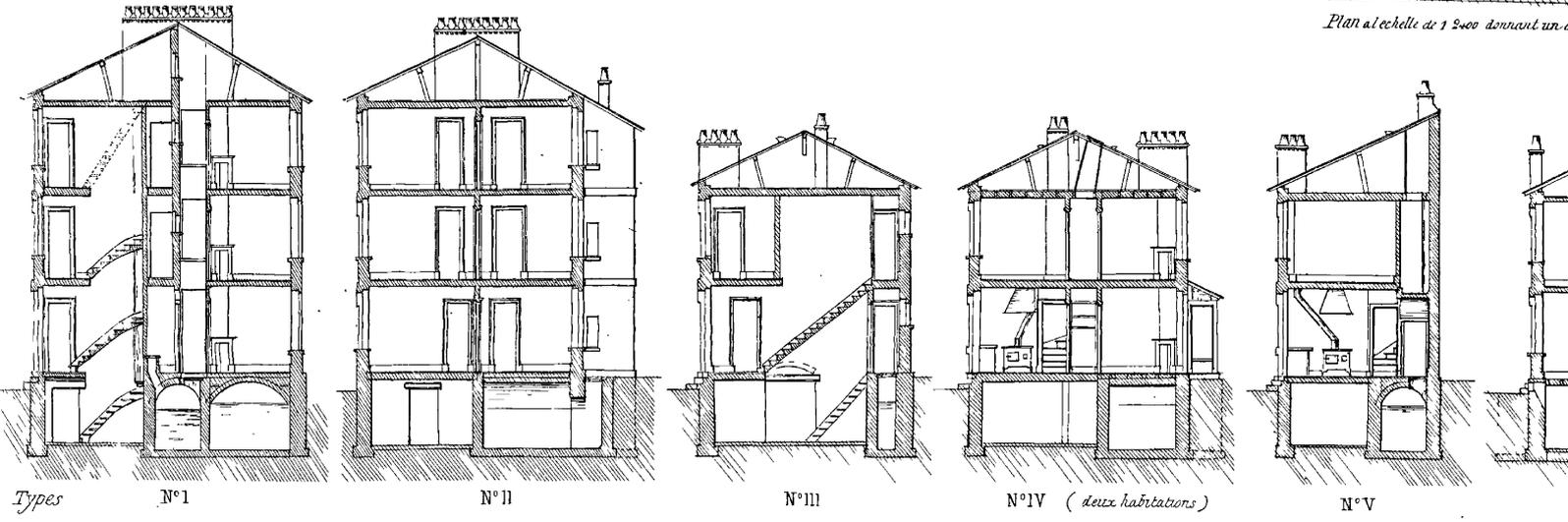
MAISONS D'OUVRIERS (PROJET DELANOYE).

PLANCHE II.

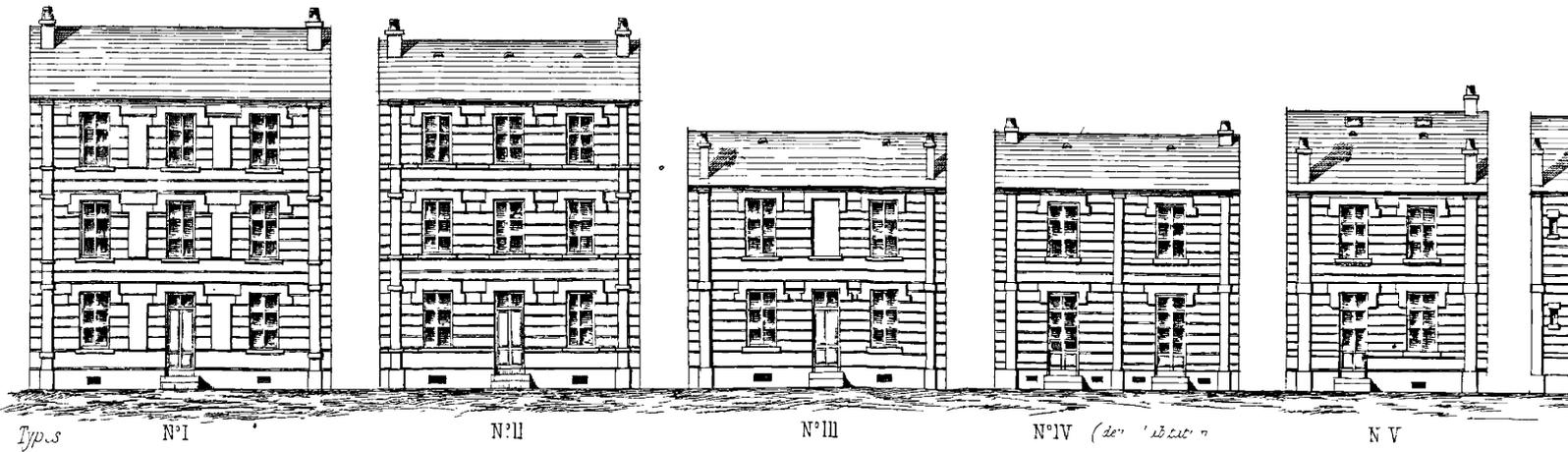
Echelle à 1.240
0 1 2 3 4 5 6 10 20 Metres



Plan au échelle de 1 200 devant un...



COUPES EN AB DES PLANS



ELEVATIONS PRINCIPALES

ÉTUDE SUR LE PEIGNAGE MÉCANIQUE DU LIN.

Par M. Alfred RENOUARD, Fils.

Mémoire couronné au concours de 1873.

« Pour que l'Industrie puisse faire des progrès, il est nécessaire de comparer les procédés, les instruments, les machines, usités en différents temps et en différents lieux. »

(A. M. AMPÈRE. — *Essai sur la Philosophie des Sciences*)

De toutes les opérations qui précèdent le travail du lin en filature, le peignage est sans contredit l'une des plus importantes.

Il a pour but de diviser le lin autant qu'il est possible, de séparer les uns des autres les filaments que les opérations précédentes n'ont pas disjointes, et, en dernier lieu, d'en extraire les étoupes.

Mais il ne suffit pas, pour obtenir un bon peignage, de pousser cette division à un très-haut degré, il faut aussi la maintenir régulière et égale dans la longueur des mèches et ne pas en séparer trop de déchets.

Le peignage *à la main*, dont chacun connaît les principes, fut longtemps le seul moyen employé pour arriver à ce résultat :

Un ouvrier a à sa disposition plusieurs peignes armés d'aiguilles et variant de grosseur et d'écartement. Il tient à la main la mèche de lin, le plus près possible de la partie qu'il peigne. Il attaque tout d'abord la poignée par l'extrémité, pour la démêler ensuite et dégager l'étoupe ; il arrive graduellement vers le milieu, en

piquant la mèche sur les pointes , et la retirant dès qu'il sent une légère résistance.

Pour tous les genres de matières filamenteuses , on a cherché depuis longtemps à substituer le travail automatique au travail manuel, et c'est avec chacune des machines primitivement inventées et perfectionnées ensuite , qu'on est arrivé aux peigneuses actuelles.

Pour la laine , par exemple , nous trouvons d'abord la peigneuse Collyer , perfectionnée par MM. Risler , Schwartz et C^{ie} , de Mulhouse , qui en changent la construction , puis par E. Hubner , qui y ajoute les étirages *selfs actings* et les tironneurs mécaniques , par l'anglais Carthwright qui y applique ensuite le chargeur mécanique , etc.

Pour le coton , comme encore pour la laine , ce sont les peigneuses Hubner et Heilmann qui dominant , et l'on sait quels nombreux changements nos constructeurs Rémois et Roubaisiens ont apportés à ces machines depuis leur invention, tout en en conservant le principe.

Pour le lin , le nombre des machines de peignage successivement inventées a été bien plus grand que pour le coton et la laine, et malgré cela , l'on n'est pas encore arrivé à un résultat satisfaisant. Toutes laissent à désirer sous le rapport de l'économie de main d'œuvre et de la perfection du travail , car , encore aujourd'hui , le prix de revient du peignage reste élevé , et après avoir peigné à la machine il faut toujours repasser à la main.

Aucune des machines employées pour les filaments courts ne pouvant évidemment convenir au long brin , il a fallu chercher un nouveau principe qui fût applicable au lin ; et les tentatives nombreuses faites pour remplacer le travail manuel , tout en témoignant de la défectuosité des inventions , montrent cependant l'importance que l'on attache dans l'industrie à la question du *peignage mécanique*. Tous les appareils successivement créés ont pourtant rendu des services à la filature, en ce sens que , par leur intermédiaire , on est arrivé à connaître les méthodes qui avaient donné les meilleurs résultats , pour obtenir le parallélisme des brins , la régularité des

fibres , la netteté des étoupes , et qu'ils nous ont permis en quelque sorte d'apprécier chez les divers constructeurs les essais que nous aurions fait nous-mêmes. Ampère l'a dit :

« Pour que l'industrie puisse faire des progrès , il est nécessaire de comparer les procédés , les instruments , les machines , usités en différents temps et différents lieux. »

Pour remplacer par une machine tous les mouvements d'un peigneur à la main , l'habileté des inventeurs avait à lutter contre des difficultés réelles.

Les appareils nouveaux devaient être faits pour travailler toutes les espèces de lin , qu'elle qu'en fût la qualité , la forme ou la longueur ; ils devaient pour ainsi dire remplacer l'intelligence de l'ouvrier , donner à la fibre le degré de peignage nécessaire selon sa finesse ou sa force , et ne pas l'attaquer avec la régularité et l'énergie qu'on était enclin à donner à leurs mouvements. L'alimentation rapide et peu frayeuse des machines constituait encore un embarras de plus pour les inventeurs.

Ce furent cependant les mouvements du peigneur à la main qui servirent de guide à ceux qui construisirent la première peigneuse , longtemps employée en Angleterre. Ce pays , industriel par excellence , était le seul où la filature de lin , bien qu'encore à l'état d'enfance , était quelque peu représentée. On se contentait alors pour filer le lin des machines très-imparfaites de Porthouse de Darlington , de James Aytoun de Kircaldy , et des métiers en bois de William Robinson et de Brown.

Dans ce premier appareil , désigné sous le nom de *Peters's machine* , du nom de son inventeur , le lin , soutenu entre deux machoires , était promené sur un certain nombre d'aiguilles placées au devant des mèches. Les tresses de long brin , fixées aux *presses* de fer , se rapprochaient et s'éloignaient alternativement d'un tambour à quatre faces , garni d'un peigne à chaque angle. La même tresse passait successivement par quatre rangées de peignes de différents degrés de finesse , et lorsque les aiguilles étaient suffisamment char-

gées d'étoupes, on arrêtait la machine pour enlever le déchet à la main.

L'imperfection de cette peigneuse était notoire. Aussi les sociétés scientifiques et le gouvernement d'alors cherchèrent-ils d'un commun accord à la remplacer par une machine moins imparfaite.

C'est en 1810 que parut le décret de Napoléon I^{er}, promettant « un million » de récompense à l'inventeur de la filature de lin, et la mise au concours par la Société d'Encouragement d'un prix de « 12,000 francs » pour la machine à peigner qui rendrait le plus de services. L'un et l'autre prix furent remportés par Philippe de Girard, le père de la filature de lin.

On sait comment Girard fut récompensé par l'Empire; d'un autre côté, il n'obtint de la Société d'Encouragement pour prix de ses services qu'une mention honorable et 600 francs. La machine inventée réalisait cependant le problème posé; elle fut aussitôt construite en France et surtout en Angleterre où elle devint l'objet d'un engouement remarquable. Roberts, de Manchester, l'appelait alors la création capitale « *masterly production* » de l'inventeur français.

Nous n'aurons pas de peine à analyser cette machine, dont le type est conservé au conservatoire des Arts et Métiers de Paris, et que d'ailleurs se sont empressés de décrire avec détails, comme si elle était la seule existante, les quelques rares auteurs qui se sont oc-

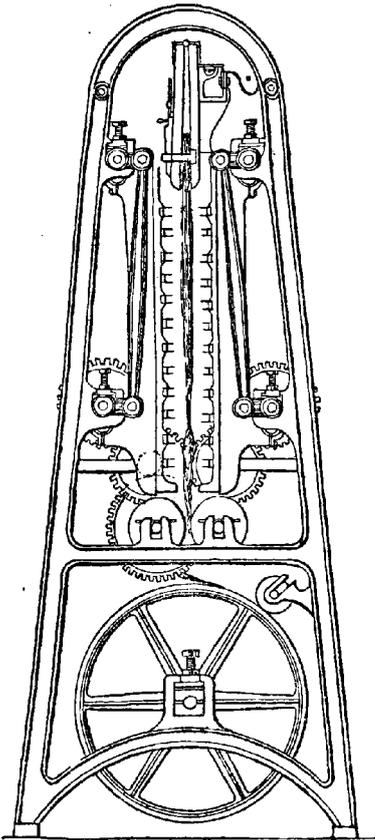


Fig. 1. — MACHINE DE PHILIPPE DE GIRARD, TYPE DU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS.

cupés de la filature de lin. Les principes de cet appareil sont, du reste, ceux qui prédominent aujourd'hui.

Cette machine se composait de barettes détachées munies de peignes et décrivant au moyen de manivelles un mouvement circulaire continu. Le métier avait deux faces semblables, et le mouvement des peignes avait lieu en sens contraire pour chaque face et de haut en bas. La mèche, enfermée jusqu'au tiers de sa longueur entre deux plaques, dites *mordaches*, passait entre les branches de nappes sans fin, conduite par une chatne à la Vaucanson. Quand une extrémité était peignée, on la retournait pour la travailler de l'autre côté.

Les mordaches introduites à droite étaient retirées à gauche; elles se composaient de deux fortes planchettes en bois, unies par des charnières, et qui pouvaient à l'aide de crochets s'ouvrir et se fermer. Les plaques des peignes, retenues par des vis, pouvaient à volonté se retirer des branches qui leur servaient de support, et

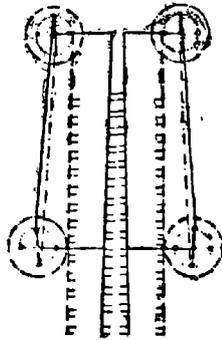


Fig. 2. — PRINCIPE DU PEIGNAGE GIRARD.

portaient des aiguilles dont la finesse et l'écartement variaient suivant une gradation bien entendue.

En parcourant les mèches dans toute leur longueur, les peignes en détachaient les étoupes, dont le départ régulier s'effectuait au

moyen de deux cylindres placés directement sous eux. Ces étoupes étaient ensuite abandonnées à un tambour recouvert d'un drap sur lequel elles s'amassaient. Un enfant, placé près du tambour, les enlevait à mesure qu'elles s'accumulaient et les empêchait de retourner dans les branches inférieures.

Le mouvement était donné à la chaîne des presses au moyen de trois roues coniques. La poulie motrice faisait manœuvrer la manivelle du bas, l'autre marchait en même temps qu'elle par l'intermédiaire d'une bielle.

La machine à peigner de Philippe de Girard fut mise en œuvre dans sa première filature, établie rue Meslay à Paris, puis dans la seconde qu'il créa ensuite rue de Charonne, sous l'influence de Constant Prévost. Les résultats prodigieux qu'il en obtint, relativement à l'ancien système de Peters, excitèrent l'envie de ses concurrents anglais, et deux des employés de Girard, Lanthois et Cachard, furent embauchés pour l'Angleterre où ils emportèrent les dessins du maître.

Nous les voyons en 1815 prendre, en société avec Horace Hall, une patente spéciale pour les machines de l'ingénieur français, y compris la peigneuse, et le gouvernement anglais leur décerner pour prix de leur abus de confiance 20,000 £ comptant. Cachard s'engagea comme contre-maître intéressé dans la fabrique de Marshall, de Leeds; Lanthois eut le même titre dans la filature Hives et Atkinson.

Le 11 janvier 1826, Girard écrivait de Manchester à Constant Prévost :

« Vous lirez sans doute avec intérêt quelques détails sur la branche d'industrie que nous pouvons considérer comme notre domaine. J'ai vu les premières filatures de Leeds, celle de Marshall et de MM. Hives et Atkinson. M. Marshall file par an 30,000 quintaux de lin, et les autres environ 15,000. Il y a une vingtaine

d'autres fabriques plus petites. Je n'ai vu dans tous ces établissements que nos procédés, exécutés sur une échelle immense. La grande prospérité de ces fabriques, ainsi que la perfection de leurs produits, datent de l'époque où MM. Cachard et Lanthois apportèrent nos procédés en Angleterre. J'ai vu la patente prise en mai 1815, et j'ai eu la douleur d'y retrouver mes propres dessins... C'est depuis ce temps que mon système de machines préparatoires à peignes continus s'est introduit dans ces fabriques, et c'est depuis lors qu'elles ont acquis cette immense prospérité. M. Marshall a, dit-on, plus de 20 millions de bénéfice acquis uniquement depuis cette époque. »

Désespéré de son insuccès, dû surtout aux événements politiques, Girard alla fonder une filature de lin à Hirtenberg, et céda à DECOSTER, en France, son brevet d'exportation.

Le nouveau constructeur perfectionna les machines de Girard, les reconstruisit plus résistantes, et, grâce à quelques changements dans le mécanisme, en obtint plus de rendement et moins de dépenses d'entretien. Le principe était cependant conservé.

Ainsi Decoster substituait une roue conduite par une vis sans fin aux trois roues d'angle pour faire mouvoir la chaîne des presses. Il écartait les manivelles supérieures, et permettait ainsi de donner aux peignes un mouvement circulaire : ceux-ci se retiraient alors de la mèche lorsqu'ils avaient produit leur effet, au lieu de la sillonner de haut en bas. Venait ensuite l'égalisation des peignes qui, dans le modèle Girard, allaient s'accourcissant par degrés dans le haut, et que M. Decoster construisait d'une manière uniforme, etc.

Il fallut attendre jusqu'au 17 novembre 1825, pour voir paraître une seconde fois la peigneuse Girard, copie plus ou moins exacte de celle du maître, dont le brevet était expiré. RJEFF, de Colmar, se substituait au premier inventeur, et prenait un brevet d'importation de dix ans, non seulement pour toutes les machines à étirer, à tordre ou à filer, mais encore pour la machine à peigner, *propre*,

disait-il, à nettoyer le chanvre et le lin, sans leur rien faire perdre de leur force naturelle.

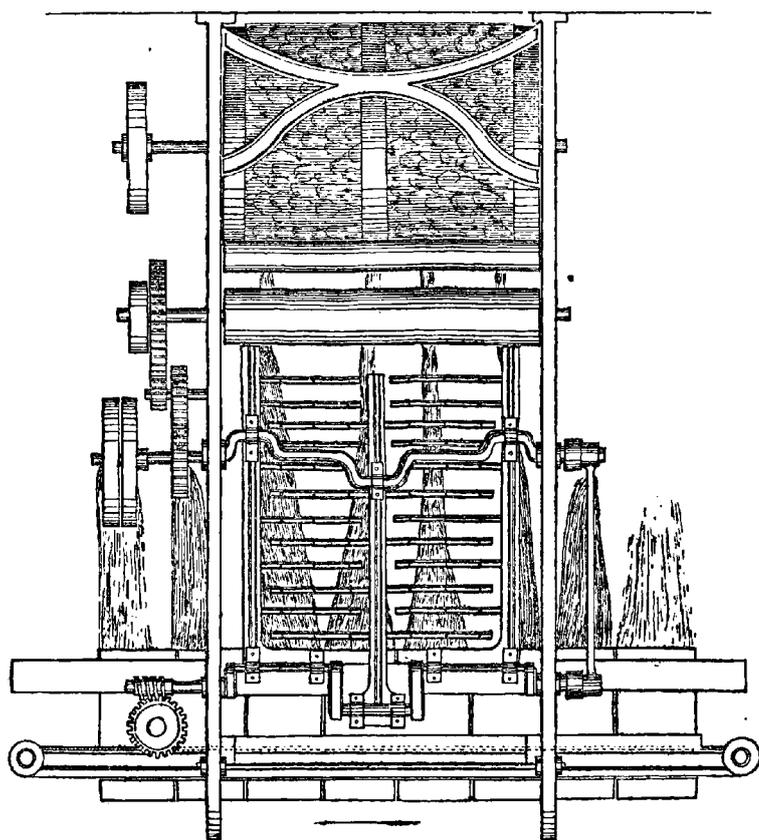


Fig. 3. — MACHINE DE GIRARD, PERFECTIIONNÉE PAR DECOSTER.

La première innovation eut lieu l'année suivante en Angleterre (30 juin 1826), nous la devons à JOHN SUTTILL, de Londres. Bien que la machine alors inventée ne doive pas être regardée comme un progrès sur celle de Girard, elle n'en était pas moins d'une construction inédite, basée sur un principe nouveau, et, à ce titre, nous devons la mentionner. Le lin, retenu entre deux mâchoires cannelées, y était placé dans une position horizontale, et s'engageait

petit à petit sous un tambour muni d'aiguilles, animé d'un mouvement continu de rotation. Les étoupes qui s'accumulaient entre les dents de ces cylindres, étaient débouffées au moyen d'un doffer à aiguilles obliques, d'où elles passaient ensuite entre deux rouleaux de pression qui les amenaient dans un pot.

Cette peigneuse eut peu de succès.

Deux ans plus tard, un mécanicien de Paris, LASCORSEIX, prenait un brevet spécial pour un assortiment de machines à lin. La peigneuse qu'il recommandait n'était autre que celle de Girard plus ou moins modifiée; le type en fut alors employé par quelques filateurs français.

En 1829, trois nouveaux inventeurs se mettent sur les rangs.

27 février. — KAY, de *Manchester*, — brevet d'importation de 15 ans, — *machine à peigner le chanvre et le lin*;

27 avril. — DELCOURT, mécanicien, et VAN DE WEIGHT, manufacturier à Paris, — *machine à peigner le chanvre et le lin*;

29 juin. — BERNÈQUE et FERGUSSON, filateurs à Barvilliers, — brevet d'invention de dix ans, — pour un *système mécanique propre au peignage* et à la filature *du chanvre et du lin*.

Nous devons tout d'abord attirer l'attention de nos lecteurs sur la peigneuse VAN DE WEIGH, qui fut longtemps employée par la majorité des filateurs de Lille. Cette machine, construite d'après les principes de celle de Girard, en différait essentiellement en ce qu'à son rouleau supérieur on avait joint deux vis de rappel adaptées sur coussinets en cuivre: on pouvait de la sorte régler la tension de la nappe sans fin, et la rapprocher plus ou moins de la mèche de lin suivant le degré de peignage qu'on voulait lui donner.

Quant à la machine de KAY, elle fut bien employée en Angleterre; celle de BERNÈQUE et FERGUSSON fut à peine connue.

Dans la première, basée sur le principe des nappes sans fin et perpendiculaires, les peignes étaient munis de nettoyeurs en tôle

qui, placés contre eux au haut de leur course, ne les quittaient qu'au bas pour les débourrer et reprendre ensuite leur première position. Ses pinces étaient mues au moyen de crémaillères verticales et de cordes à poids.

Dans la seconde, le lin constamment serré entre deux toiles sans fin sur un énorme tambour était amené successivement sur les dents de deux cylindres latéraux munis de dents et se débourrant au moyen de brosses.

En 1833 seulement (11 novembre) parut une nouvelle machine dans laquelle, pour graduer le peignage, on donnait au chariot une direction oblique pour l'amener peu à peu à celle horizontale. Un système spécial de lames pour assouplir, puis de peignes pour peigner, attaquait successivement les fibres.

Il avait été pris pour cette peigneuse un brevet de dix ans, sous les noms de VALSON, notaire à Gevrez, LEVILLARD, mécanicien à Nuits, et CHARDOT, menuisier à Saulon-la-Chapelle. Pour montrer qu'elle devait convenir au travail du chanvre comme à celui du lin, le notaire l'avait baptisée du nom singulier de *canabipexoir*, ce qui ne l'empêcha pas de rester complètement dans l'ombre « *ne sutor ultrà crepidam.* »

Les Anglais, qui s'étaient fait oublier depuis quelque temps, prirent à nouveau quelques brevets. Mais leurs peigneuses n'étaient autres que celles pour la plupart inventées en France, et auxquelles ils avaient ajouté quelques *perfectionnements* plus ou moins utiles. Encore faut-il s'entendre sur la signification de ce terme, car ces machines comprenaient plutôt ces changements qu'apporte chaque constructeur dans le détail d'une peigneuse et qui peuvent présenter certains avantages, soit sous le rapport de la facilité de construction, soit sous celui de la facilité d'entretien ou de l'aspect de l'appareil. Nous ne ferons donc que nommer :

1836 — 17 février — patente anglaise — SIMPSON, *de Londres*, brevet d'invention pour une machine

à teiller, peigner et préparer le chanvre, le lin, les étoupes et autres matières filamenteuses.

1837 — 26 novembre — patente anglaise — MILES BERRY, brevet d'invention, même titre.

1836 — 15 mai — patente anglaise — TORPE, à *Kuarresborrough (Yorck)*,— brevet d'invention pour une machine à teiller, peigner et préparer le lin et autres matières filamenteuses.

Lille trouva pour lutter contre l'Angleterre deux inventeurs sérieux, MM. SCRIVE et BOYER qui, en 1838 (28 novembre), inaugurèrent la véritable peigneuse à tambours. Leur machine se composait en effet de deux tambours en fonte, d'inégal diamètre, munis d'aiguilles sur toute leur surface, et recouverts chacun d'un chapeau en tôle maintenu à distance par des vis de rappel. Ce chapeau servait à soutenir les pinces qui, retenant le lin entre leurs parois, avançaient peu à peu et laissaient pendre les mèches entre les pointes des deux cylindres. Chacun de ceux-ci était muni d'aiguilles dont la finesse, intelligemment graduée, permettait d'obtenir un peignage assez régulier. Des engrenages, placés à l'extérieur du plus grand tambour, servaient à régler l'activité du plus petit, dont la marche précipitée le transformait ainsi en rouleau de décharge.

Signalons encore, au 4 juillet de la même année, une peigneuse tout à fait originale, tant par son genre de construction que par le principe sur lequel elle se fondait, et due à M. CHEVALIER DE TRISTA, à Asti, en Sardaigne.

Elle se composait de deux châssis mobiles, manœuvrant l'un dans l'autre, et tournant en sens contraire. L'un d'eux portait à son extrémité inférieure un cylindre garni de plusieurs rangs de peignes, à l'autre était fixée du même côté mais un peu plus haut que le cylindre une barre de fer qui supportait les bottes de lin. Tous deux, suspendus par leur extrémité supérieure, recevaient simultanément un mouvement différent par une même action : homme ou moteur.

Le débouillage s'effectuait au moyen d'un peigne à bascule, qui reportait les étoupes sur une barre fixe garnie de pointes, d'où on les retirait à la main.

L'inventeur complétait cet étrange système par un cadran gradué qui devait indiquer le nombre de fois que le lin avait subi l'action du peignage. Il voulait ainsi, pour une même quantité de filasse, régler mécaniquement le travail et guider l'ouvrier dans le degré de finesse à donner à chacun des lots composant une même partie.

— A cette époque, M. Kœchlin, constructeur à Mulhouse, perfectionnait l'ancienne machine de Peters qui n'était pas encore disparue. L'addition consistait dans la présence au bas de la machine, d'un peigne déchargeur fonctionnant près d'un rouleau à cardes, de manière que les étoupes se trouvaient détachées des pointes à mesure qu'elles se formaient, tout en étant classées par degrés de finesse.

Cet important changement qui constitue aujourd'hui ce que dans les machines actuelles on appelle le *doffer* et le *doffing-knife*, détermina un bouleversement complet dans le système général de débouillage. A peu de chose près, toutes les peigneuses qui furent

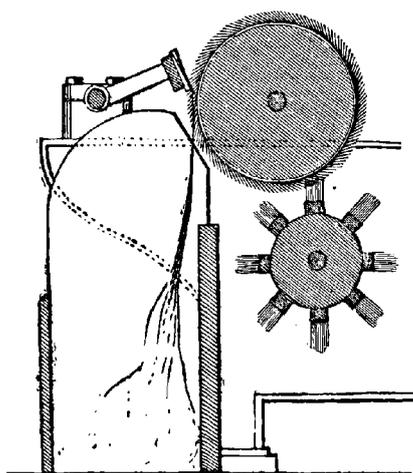


Fig. 4. — PREMIÈRE APPLICATION DU DÉBOILLAGE PAR DOFFER.

inventées dans la suite adoptèrent cette méthode. Des cylindres munis de brosses et tournant avec rapidité étaient placés près des peignes. On disposait près d'eux le doffer ou rouleau cardeur, muni d'aiguilles placées dans une direction oblique et tournant en sens contraire. Les étoupes, recueillies dans une botte placée directement sous les rouleaux, en étaient retirées par un enfant, de quart d'heure en quart d'heure.

Nous devons signaler, l'année suivante, plusieurs inventions nouvelles en vue du peignage mécanique du lin.

M. NEWTON, de Londres, se fit breveter l'un des premiers. Mais, sauf quelques variations générales dans la transmission des mouvements, nous avons trouvé la nouvelle machine à peu près identique à celle brevetée en Angleterre par M. WORTHWOOD, et plus connue en France sous le nom de *peigneuse Feray*, d'Essones, à qui en fut cédée la construction.

Nous ne nous arrêterons pas à en faire connaître les détails de construction, tels que l'éloignement des courroies des peignes pour faciliter la séparation des divers genres d'étoupes, la rectitude des nappes sans fin de manière à diriger les dents perpendiculairement au plan des mèches pendant le travail, l'application du débouillage par doffer, etc. — Nous dirons seulement que ce qu'il y avait d'original dans la disposition de cette machine, c'était l'obliquité partielle du chariot. Durant la moitié de sa course au travers des deux tabliers, la mèche se trouvait d'abord dans une position très-élevée et le bout seul commençait à être peigné, mais à mesure qu'elle avançait les peignes agissaient sur sa longueur jusqu'à ce qu'elle atteignit le point le plus bas de sa descente, où on lui faisait suivre alors une direction complètement horizontale.

Cette peigneuse était encore la première où pour la marche des presses, au lieu de chaînes à la Vaucanson ou de crémaillères verticales, on se servait de cames placées en tête du chariot.

Newton la perfectionna deux ans plus tard en donnant à tout le

système du chariot un mouvement de monte et baisse alternatif. Jusque là les pinces glissaient dans la coulisse fixe et se maintenaient à une hauteur constante.

— Vers la fin de décembre 1839, un Français, Eug. Garnier, inventa à son tour un système spécial de peigneuse qui, à notre connaissance, n'a jamais été fort employé. Cette machine, à trois séries d'aiguilles et fort étroite, était basée sur le principe des nappes sans fin et perpendiculaires. La première, elle portait des *pignons de rcchange*, l'un pour donner une vitesse plus ou moins grande à toutes les parties de l'appareil, l'autre pour modérer à volonté la marche de la pince en conservant aux tabliers la même vitesse.

Des brosses, situées latéralement et longitudinalement près de la nappe, forçaient les étoupes à s'accumuler sur les pointes. Pour débourrer, on arrêtait la machine, on coupait la couche d'étoupes à l'extrémité du rouleau supérieur et on l'enlevait d'un seul trait en remettant le tout en marche.

Dès l'année 1840, on vit paraître dans un grand nombre de filatures un système de peigneuse, sortant des ateliers d'un constructeur de Paris, et qui présentait avec les précédents des différences notables.

Un premier brevet avait été pris pour cette machine, le 31 janvier 1836, par M. Busk, qui en avait posé le principe. Le 31 juillet de la même année, un autre brevet fut pris par M. CARMICHAEL, pour divers perfectionnements. Enfin, quatre ans plus tard, la construction en ayant été cédée à MM. Lacroix père et fils, cette peigneuse commença à se répandre sous le nom de *peigneuse* LACROIX.

Le principe sur lequel elle était établie consistait en un tambour muni d'aiguilles à sa circonférence et recevant un mouvement de rotation continu.

Pour la première fois, on pensa à faire une machine qui pût servir sans inconvénient au travail de toute espèce de lin, et dans laquelle, suivant la qualité de la matière première, on pût faire varier la lon-

gueur et la finesse des peignes. On y arrivait en plaçant contre les aiguilles des planchettes mobiles qui ne laissaient dépasser que l'extrémité des pointes, et déterminaient ainsi la profondeur jusque laquelle les aiguilles devaient s'enfoncer dans les mèches.

On se servait comme presses de deux simples plaques de fonte à boutons de couverture et à écrou central. Ces presses étaient animées de trois mouvements bien distincts.

1° L'un de *monte-et-baisse*, suivant le mouvement du chariot, auquel elles étaient suspendues; — obtenu au moyen d'un levier qui recevait la pression d'un excentrique curviligne, dont l'axe était animé d'un mouvement lent de rotation.

2° Un second *mouvement de translation*, parallèlement à l'axe du tambour; — obtenu au moyen d'une chaîne sans fin à longs maillons et de deux cames placées aux extrémités. Ces cames poussaient les presses devant elles et celles-ci, solidaires entre elles par l'intermédiaire de la chaîne, avançaient toutes en même temps.

3° Un *mouvement de rotation intermittent*, qui avait lieu lorsque les presses étaient dans la position la plus élevée, et qui avait pour but de permettre le peignage sur une face lorsqu'on avait opéré sur une autre; — obtenu au moyen d'une crémaillère droite, rapportée sur l'un des côtés du chariot, et engrenant avec de petites roues droites dentées faisant corps avec les branches de fer qui soutenaient les pinces.

Les presses passaient deux fois par le chariot et étaient ramenées sur le devant par la chaîne sans fin qui se continuait alors sur le côté. En parcourant ce second plan, elles suivaient naturellement une direction rectiligne.

Le débouillage s'effectuait par brosses et doffers.

La *peigneuse* LACROIX ne reçut de nouveaux perfectionnements qu'en 1848, époque où M. BEAUFORT, filateur à Poitiers, proposa l'emploi des *excentriques de rechange* pour modifier la course du chariot, afin de donner plus ou moins de vitesse au système suivant la qualité du lin à peigner.

Quelques années plus tard parut une nouvelle peigneuse, fondée sur l'emploi de peignes fixes et tournants. Cette idée, indiquée par M. CARMICHAEL, dans un brevet du 13 juillet 1846, fut définitivement appliquée par un anglais, M. MARSDEN.

Ce nouveau constructeur, prenant comme principe de ne pas peigner diverses sortes de lin sur une seule machine (comme l'avait fait M. Lacroix) proposa deux types : Le premier, que l'on appelait *machines à peignes excentriques*, était destiné aux lins de première qualité ; le second, dit *peigneuse circulaire*, à ceux dont l'on ferait plus particulièrement des numéros moyens.

Dans la machine à peignes excentriques, les peignes fixés sur des bras mobiles et communiquant chacun avec des bielles qui leur permettaient d'osciller sur eux-mêmes, étaient animés d'un mouvement de rotation continu. Ils tournaient en sens contraire autour de deux axes parallèles qui les maintenaient et dont ils formaient en quelque sorte les rayons ; ils labouraient ainsi la mèche placée au milieu d'eux. Dans leur révolution, ils exécutaient deux mouvements, l'un perpendiculaire, l'autre oblique : ainsi, quand ils touchaient la mèche, ils étaient parallèles à eux-mêmes, et en l'abandonnant, ils reprenaient une position couchée. Grâce à cette disposition, leur action sur le lin était double, comme peignes ils divisaient la mèche, comme grattoirs ils enlevaient une partie de la matière gommeuse de la fibre.

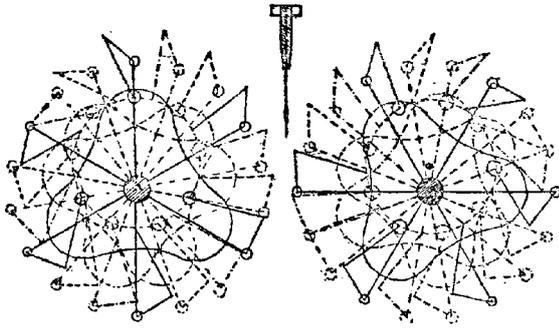


Fig. 5. — PRINCIPE DU PEIGNAGE EXCENTRIQUE.

Les bras supportaient chacun deux rangées de peignes, dont les dents étaient plus fines et plus serrées, à mesure qu'on avançait de la gauche vers la droite. Comme dans la peigneuse Lacroix, chacun d'eux était muni de plaques mobiles en fer mince qui réglaient la profondeur jusque laquelle devaient s'enfoncer les fibres.

Les anciennes presses à écrou avaient aussi reçu quelques modifications; elles étaient munies à l'intérieur de plaques de carton pour faire ressort, et on leur avait donné moins d'épaisseur vers l'extrémité pour permettre aux dents des peignes d'attaquer les filaments de plus près.

Le mouvement de ces presses était à peu près le même que dans les autres machines, et le mouvement de rotation auquel elles étaient soumises leur avait fait donner le nom de *presses valseuses*. Elles étaient en outre animées d'un mouvement de monte-et-baisse, pendant lequel elles avançaient de gauche à droite, mais d'une manière intermittente. Pour la première fois, on avait pensé à placer un *pignon de recharge* pour faire varier la vitesse du mouvement vertical d'ascension.

Les étoupes étaient recueillies par un rouleau à trois rangées de brosettes, dont l'écartement était égal à celui qui existait entre deux peignes. Ce rouleau les livrait à un doffer.

Il y avait de chaque côté de la machine deux tables en bois pour les *presseurs*. Ceux-ci étaient au nombre de quatre: deux en tête, un troisième à l'extrémité opposée, le quatrième portant les pinces dont les mèches étaient peignées.

La peigneuse à *tambour circulaire* de M. Marsden n'était autre que la machine Lacroix dont le brevet était expiré et à laquelle on avait fait subir quelques modifications dans la construction.

La partie essentielle du métier était un cylindre, animé d'un mouvement circulaire continu, et portant sur sa circonférence quarante languettes en saillie, à deux rangées de peignes, munies chacune d'une garde en tôle. Les mèches étaient animées du triple

mouvement de monte-et-baisse , de rotation et de translation , décrits plus haut. Elles passaient par quatre séries de peignes en marchant de gauche à droite.

Il est à remarquer que dans ces machines , un enfant était constamment occupé à aller d'une extrémité à l'autre , afin de chercher les presses dont les mèches étaient en partie peignées , pour les apporter à celui qui , chargé de les ouvrir et de les changer , remettait ces mèches dans d'autres pincés. On n'avait pas encore l'idée de remplacer cette manœuvre par une sorte de chariot , qui aurait pris ces presses à leur sortie de l'appareil et les aurait ramenées à la table située près de la tête.

Peu de temps après l'apparition des peigneuses Marsden , M. ROBINSON y apportait quelques changements de détail et de peu d'importance , que nous passons sous silence. D'un autre côté , M. FAIRBAIRN , à Leeds , construisait aussi un type semblable , à peignes tournants , où il augmentait largement la production en y adaptant deux chariots au lieu d'un.

Les peigneuses anglaises , inventées les années suivantes , n'eurent pas , du moins en France , le succès des machines Lacroix et Marsden. Nous devons cependant les signaler.

En 1843 , Samuel CARPMAEL , à Londres , construisait un nouveau système où le peignage était communiqué alternativement au moyen de peignes , fixés par articulation à l'extrémité de quatre bras disposés en croix. Chacun de ces bras étant de longueur égale , transportait à chaque coup de peigne , le lin hors de sa position verticale , de sorte que la mèche , poussée de côté et d'autre à chaque instant , recevait forcément jusqu'au fond l'attaque des aiguilles qui la pénétraient.

L'année suivante , NICHOLSON , à Manchester , inventait un nouveau type , où le lin était soutenu par quatre chariots s'équilibrant réciproquement deux à deux. La matière était peignée sur trois nappes horizontales à aiguilles inversement disposées , et marchant

chacune dans des directions différentes pour effectuer le peignage de chaque côté des mèches.

Enfin , en 1849 , M. PLUMMER , à Newcastle , était plus heureux avec ses nouvelles *machines à préparer et à peigner le lin* , qui étaient un peu plus employées . Nous ne parlerons pas des machines à préparer , dites *brosseuses* , qui avaient pour but de nettoyer extérieurement le lin avant de le soumettre à l'action des aiguilles , nous décrirons de suite les particularités des deux machines à peigner : 1^o Machine à peigner à *double cylindre* ; 2^o machine à *double montant oscillatoire*.

Les machines à double cylindre étaient une peigneuse à tambour . Mais cet appareil au lieu d'être constitué par un tambour unique comme les peigneuses Lacroix ou Marsden , renouvelait l'ancien système de MM. Scrive et Boyer , et en possédait deux .

La première série était composée de brosettes destinées à paralléliser les fibres , de manière que le lin se trouvait approprié avant d'être peigné . Des guides fixés le long des peignes réglaient la profondeur jusque laquelle devaient s'enfoncer les fibres . L'un des cylindres était animé d'un mouvement oscillatoire , soi-disant pour augmenter la souplesse du lin .

Des brosses , situées sur le côté des cylindres , enlevaient l'étaupe , et à un moment donné , des barres tilleuses , mues par un mécanisme spécial , les précipitaient à terre . Les presses étaient intérieurement recouvertes en gutta-percha .

Dans la seconde machine , la mèche était encore soumise à l'action de peignes et de brosses , tournant en sens opposés , et s'entre-coupant . Mais les rouleaux y étaient remplacés par des nappes sans fin , formées de barettes conduites au moyen de chaînes et tendues par deux rouleaux . Chacune des nappes était animée d'un mouvement oscillatoire , organisé de manière à faire agir les pointes sur le corps de la mèche , et à préserver ses extrémités d'une préparation excessive .

Les presses, conduites comme dans la première machine, marchaient au moyen d'un système spécial de roues et de pignons.

Les métiers à simple ou à double tambour, ceux à peignes tournants ou à mouvements oscillatoires, ne donnant pas les résultats les plus satisfaisants, on en revint aux nappes sans fin fixes. Toutefois, celles-ci, au lieu d'être verticales comme dans les machines précédentes, furent inclinées à 30 degrés. Le promoteur de ce système fut J. WARD, constructeur à Moulins-Lille, qui proposa deux types: l'un à quatre séries, pour les lins ordinaires, l'autre à six séries, pour les lins fins.

Outre l'inclinaison de la nappe, nous remarquons que, pour la première fois, chaque pince avait un mouvement indépendant, car, dans les machines décrites jusqu'ici, les presses étaient chassées l'une par l'autre, et celle qui était introduite à l'entrée de la machine recevait seule un mouvement de translation qu'elle transmettait aux précédentes. Il en résultait que, si un aide se trouvait en retard pour placer sa pince chargée, toutes les autres restaient sur leurs séries respectives et la matière était inutilement travaillée. Il s'ensuivait un peignage irrégulier, une diminution dans le rendement et une augmentation dans le déchet.

Comme autres dispositions spéciales, on y remarquait :

1° Pour les presses, — les trois mouvements de translation, monte-et-baisse, et rotation, décrits plus haut.

2° Pour le chariot, — la commande au moyen d'un excentrique mobile.

3° Une brosse plate animée d'un mouvement alternatif elliptique, placée au-dessus de la dernière série de peignes qui était la plus fine et la plus serrée. Cette brosse était destinée à faire pénétrer plus profondément les mèches dans cette série, et pouvait rester levée toutes les fois qu'il n'y avait pas lieu de s'en servir.

4° Un organe, dit *de sûreté*, sorte de mécanisme de débrayage qui fonctionnait par la machine elle-même, et qui était destiné à

prévenir les casses. Lorsqu'une résistance considérable se faisait sentir dans la marche, la courroie de la machine passait de suite de la poulie fixe sur la poulie folle.

Parmi les peigneuses qui, après celle de M. Ward, méritèrent d'attirer l'attention des filateurs, nous signalerons :

La machine de M. LUTHYS, directeur de filature ; — système à tambour unique, au-dessus duquel les presses suivaient constamment une direction rectiligne. Le lin, n'étant peigné que d'un côté, chaque presse devait, pour le travail complet du pied et de la tête, passer quatre fois par le chariot.

La machine de M. HARDING-COKER ; — composée d'une seule nappe horizontale. Les presses étaient fixées par un aide à une série de barres en fer tournant en sens opposé du mouvement de la nappe ; lorsqu'une première série était passée, il faisait glisser les presses sur une seconde, et un gamin les retirait à l'extrémité.

La machine de MM. MARSHALL et FAIRBAIRN ; — qui n'était autre que la peigneuse Heilmann pour laine et coton, appliquée au lin. Ces constructeurs l'avaient modifiée en communiquant un mouvement rotatif intermittent aux rouleaux étireurs, à l'aide de séries d'engrenages portés par le cadre oscillant dans lequel ils sont montés. Jusqu'à ce jour, ce mouvement avait été imprimé par le frottement de contact.

La machine de MM. ARDILL et PICARD ; — à nappe sans fin et perpendiculaire, et qui représente à peu près une de nos peigneuses modernes à l'état primitif, c'est-à-dire avec le doffer trop au-dessus de la brosse, la commande du monte-et-baisse par poids direct, l'entrechoquement trop fréquent des peignes, etc.

La machine de MM. BRISCO et HORSMANN ; — dans laquelle le peignage s'effectuait au moyen de six barres armées de peignes et débouffées au fur et à mesure de leur action par l'intermédiaire de brosses rotatives.

La machine de M. AUG. SACRÉ ; — qui se composait essentielle-

ment de deux tambours garnis de pointes , juxtaposés et tournant en sens inverse. Les pinces , au nombre de cinq , qui contenaient le lin étaient conduites successivement de l'un à l'autre tambour , pour peigner la matière des deux côtés ; elles étaient guidées par une chaîne sans fin , se mouvant dans une rainure le long d'arcs de cercle concentriques aux tambours. Les étoupes étaient détachées des tambours par des barrettes transversales entre les rangs des pointes ; ces barrettes , guidées par un disque excentrique au tambour , se soulevaient encore entre les peignes au commencement du peignage pour empêcher leur trop prompt pénétration dans la mèche. Un ventilateur , placé au bas de la machine , enlevait les pailles et les débris légers qui surchargeaient ces étoupes.

Nous pourrions encore citer d'autres inventeurs , COMBE , SUZAN , VAYSON , CATTART , LAWSON et DEAR , CAMPION , etc. , mais , en dehors de tous ces constructeurs , LOWRY , de Manchester , fut celui dont les machines parurent réunir les meilleures conditions de durée , d'économie et de rendement , et furent à ce titre les plus répandues en filature.

La première peigneuse LOWRY date de 1856. Le peignage s'y effectuait , comme dans toutes les machines modernes , au moyen de deux nappes sans fin , à séries graduées , entre lesquelles passaient successivement les pinces conduites dans un chariot animé d'un mouvement de monte et baisse. Lowry donnait aux anciennes presses , petites et peu maniables , les dimensions plus fortes que nous rencontrons aujourd'hui et qui permettent d'y renfermer plus de lin : ces presses étaient retenues ensemble par deux écrous. Les barrettes , plus durables , étaient faites en fonte malléable et fixées par des vis aux courroies qui les portaient , les montures des peignes étaient en bois dur , le mouvement du chariot se faisait par excentrique

En 1857 , on fit subir à la peigneuse Lowry une modification qui eût peu de succès et qui consistait à donner un mouvement de va-et-vient à l'un des rouleaux supérieurs sur lesquels passait la nappe sans fin. Au moyen de ce mécanisme , on rendait les tabliers paral-

lèles l'un à l'autre ou à peu près, et dégagés de la matière filamenteuse pendant l'ascension du chariot, et on les forçait à se rapprocher lorsque le chariot était au faite de la montée.

Enfin, en 1860, les peigneuses Lowry subirent leurs derniers changements. On en fit alors à double chariot. L'étope était débourrée des peignes au moyen de barres dépouilleuses à bascule qui la transmettaient à un doffer et de là à une brosse. Il y avait ensuite une série de mécanismes spéciaux appliqués au règlement de la course du chariot, au croisement des pinces, etc., que nous retrouverons plus loin dans la plupart des machines actuelles.

En somme, de tous les systèmes que nous avons examinés jusqu'ici : simples ou doubles tambours fixes ou oscillants, nappes horizontales en sens opposés, nappes oscillantes, peignes excentriques, peignes articulés, etc. etc., c'est encore la méthode des tabliers sans fin gradués avec monte-et-baisse, qui a dominé toutes les autres. Ce système, créé en partie par Ph. de Girard, et définitivement établi par Lowry, de Manchester, dont les machines eurent longtemps la grande vogue, est encore celui que l'on trouve appliqué dans toutes les peigneuses modernes.

PEIGNEUSES MODERNES.

MACHINES A PEIGNER DU SYSTÈME HORNER (BELFAST).

Après tous les essais qui avaient eu pour objet le peignage du lin, on avait acquis la certitude que, pour arriver à un résultat satisfaisant, il était de toute nécessité d'attaquer les fibres par l'extrémité de la poignée et de continuer avec lenteur et gradation jusqu'à ce

que la pointe du peigne fût arrivée au milieu ; puis , afin d'obtenir le plus grand rendement en long brin et la meilleure qualité en étoupes , on devait peigner alternativement chaque côté de la poignée, et continuer sur le premier, le second, le troisième peigne, etc.

Dans la machine Horner, comme dans toutes les machines modernes , on arrive à ce résultat au moyen de nappes sans fin et perpendiculaires E, garnies de barrettes où sont fixés les peignes. Ces nappes décrivent, au moyen de rouleaux tendeurs B, un mouvement circulaire continu. Elles comportent généralement six séries graduées, de façon que le lin rencontre les aiguilles les plus fines après celles qui sont les plus espacées et les plus grosses.

Chaque mèche doit subir deux fois le même travail , une première fois pour la tête, une seconde fois pour le pied. Dans les machines Horner *simples*, ce travail s'exécute sur deux peigneuses reliées entre elles par une coulisse latérale. Dans les machines *doubles* (pl. V) qui sont les plus répandues , les mèches dont la moitié a subi l'action du peigne en A, sont reprises par les manœuvres pour être peignées du côté opposé A'.

Ces manœuvres ou *presseurs* sont au nombre de trois , et se tiennent continuellement près des tables placées aux côtés de la machine, deux d'une part et l'autre du côté opposé. Le travail du premier consiste à serrer les mèches dans les presses, et à les placer dans le guide horizontal ou *chariot* porte-pinces. Le second retire les presses , en déplace le lin dont il laisse dépasser les deux tiers et les glisse dans le second chariot. Le troisième en retire le lin complètement peigné, dont il forme des bottes pour le repassage.

Le chariot C, dont nous venons de parler, est animé d'un mouvement d'*ascension et de descente* , qui doit être lent , régulier et exactement vertical. Les presses en A et A', qui suivent ce mouvement, en reçoivent un autre de *translation* au moyen d'un énorme levier coudé O dirigé par un excentrique à coulisse Z; ce mouvement ne s'exécute que dans la période d'ascension.

Il y a deux genres de peigneuses Horner, qui diffèrent entre elles par le mode de débouillage.

1° *Machines à brosses et doffer* (pl. IV). — Quatre brosses cylindriques F, tournant avec une certaine rapidité, sont disposées sur les côtés de la machine, pour détacher sans cesse les étoupes dont se chargent les peignes. Mais comme ces brosses seraient bientôt embarrassées par les filaments qu'elles recueillent, on a soin de disposer près d'elles des rouleaux à cardes ou *doffers* G, que font tourner les roues H, munis d'aiguilles placées dans une direction oblique et tournant en sens contraire. Quatre longs peignes, dit *doffing-knives*, animés d'un mouvement alternatif de va et vient, sont placés en D près des rouleaux, et débarrassent les aiguilles au fur et à mesure qu'elles se chargent. Ces étoupes sont recueillies dans une caisse à compartiments située directement sous les rouleaux, elles en sont retirées de quart d'heure en quart d'heure.

Les ascensions des chariots sont alternatives, l'un M est au faite de son ascension, tandis que l'autre M' est complètement descendu.

Comme le montre d'autre part la pl. V, la commande est en P, le pignon R placé sur la douille de la poulie, dirige de part et d'autre la commande des peignes et celle du débouillage. — Les pignons de rechange sont tous deux situés sur la même douille. — En suivant sur la figure la suite des divers engrenages, il est facile de se rendre compte de la transmission des mouvements.

2° *Machines à lattes* (pl. VI). — L'appareil débouilleur, dont nous avons représenté la section dans la fig. 6 est ici formé d'une série de lattes en bois *a*, disposées parallèlement à l'axe des manchons *b* qui commandent les cuirs. Les extrémités de ces lattes, qui se meuvent dans des coulisses *c* pratiquées sur les faces de ces manchons, sont entraînées dans un mouvement rapide de rotation. — D'après cette disposition, lorsque les peignes *d* arrivent chargés d'étoupes à l'extrémité de leur course descendante, chacune des lattes tombe entre deux barrettes et débouille complètement les

pointes en les dépassant d'une certaine longueur. Un contre-poids

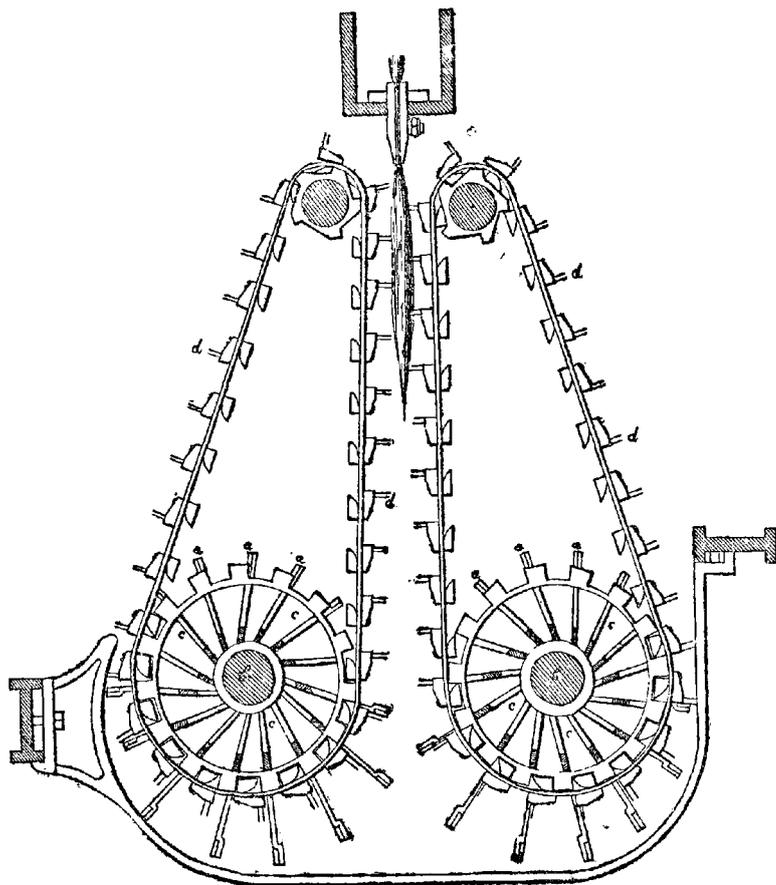


Fig. 6. — SECTION DES LATTES DU SYSTÈME HORNER.

disposé sur le côté de la machine , les ramène aussitôt à leur position primitive.

Comme le montre la pl. VI , la transmission des mouvements est due au pignon A , placé sur la douille de la poulie et qui d'une part fait mouvoir la commande du tire-presses C et du chariot E , d'autre part, communique le mouvement de rotation aux roues B , dont l'axe

est celui des rouleaux tendeurs. Le reste de la construction est identique à celle des machines à brosses. Les deux pignons de rechange sont situés sur la douille de la poulie de commande.

Cette machine présente divers inconvénients et avantages que voici :

On obtient avec ce système des étoupes plus longues qu'avec les machines à brosses, mais moins propres. Ceci tient à ce que celles-ci tombent sous la machine avec la paille et le duvet, tandis que l'autre peigneuse projette les ordures à part, et amène les étoupes seules à l'aide de ses doffers.

On conçoit aussi qu'arrivant par *flocons* dans les caisses inférieures, ces étoupes se *boutonnent* facilement.

Les peigneuses à lattes nécessitent en outre un grand entretien, car il arrive souvent que les ferrailles des lattes se détachent, ou que les lattes elles-mêmes se brisent, surtout (chose remarquable) dans les temps de pluie ou d'humidité; c'est alors que les débris, entraînés par les barrettes, arrachent ou courbent les pointes.

Ajoutons que ces machines étant souvent doubles, les réparations sur les côtés intérieurs sont souvent longues et difficiles.

Les machines Horner sont pourtant avantageuses en ce sens qu'elles n'exigent que trois manœuvres, tout en remplaçant deux peigneuses simples.

Ces peigneuses sont aussi les seules qui, dans chacune de leurs séries, présentent un pointage, pour la dernière rangée de peignes, double de celui des deux premières, et formant pourtant quinconce avec les autres. Grâce à cette disposition, les pointes peuvent peigner fin, tout en étant très-grosses.

MACHINES A PEIGNER DE P. FAIRBAIRN, DE LEEDS.

Ces peigneuses ne présentent guère de particularité remarquable que l'obliquité de leur unique nappe sans fin dont on peut, au moyen

d'une coulisse, faire varier l'angle d'inclinaison de 0^m 42°. Elles sont construites, soit avec double chariot, dont l'un sert comme dans la

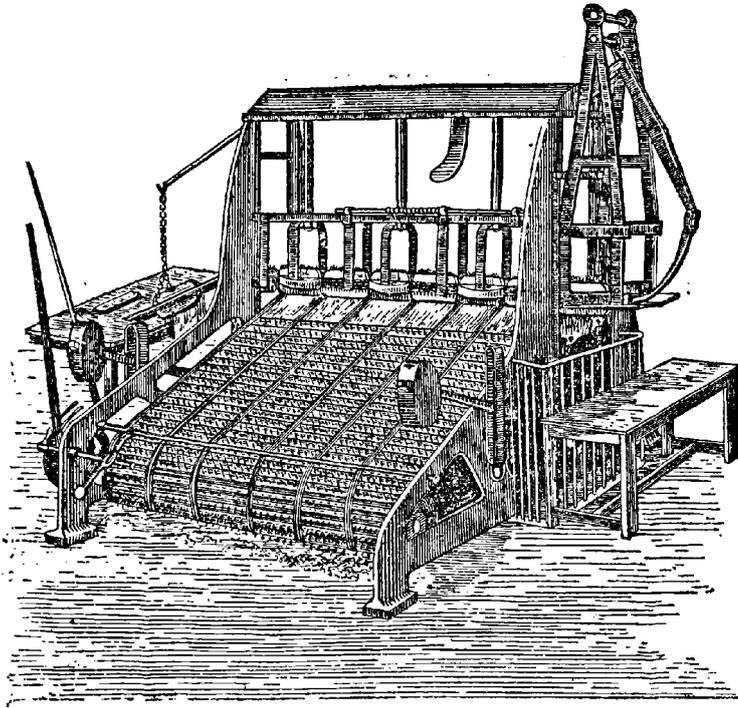


Fig. 7. — MACHINE A PEIGNER DE P. FAIRBAIRN.

machine Horner pour le peignage du pied et l'autre pour celui de la tête, soit avec un seul chariot et un chemin de fer latéral pour ramener les presses. Celles-ci sont généralement au nombre de six.

Le débouillage s'effectue, pour chacun des types, au moyen de lattes qui couvrent les peignes à l'origine de leur course et ne les quittent qu'à l'extrémité.

La manœuvre exige trois gamins, soit six lorsque la peigneuse est double.

Les machines Fairbairn conviennent surtout au peignage de lins de qualité moyenne, elles ne donnent que des résultats médiocres et sont peu employées. Elles trouveraient d'ailleurs plutôt leur place parmi les peigneuses anciennes, et nous ne les signalons ici que pour les avoir vu fonctionner en assez grand nombre dans quelques filatures de la Somme. Ce qui prouve d'ailleurs l'ancienneté de ces machines, du moins comme principe de construction, c'est l'emploi de la nappe unique et l'emploi des presses tournantes, dites *val-seuses* (*revolving holder*), dont l'idée première remonte à Lacroix et Marsden, et que P. Fairbairn n'a pu obtenir que par rétrocession de brevet.

MACHINES A PEIGNER DE JOHN WARD, A MOULINS-LILLE.

Ces machines sont des peigneuses à deux nappes, débouillant par brosses et doffers. Voici tout d'abord quels sont leurs avantages :

1° La commande se trouve en dessous de la machine ; les deux poulies sont placées d'un côté ; de l'autre sont deux pignons : l'un fixe, commandant le rechange de la vitesse des peignes, l'autre commandant la vitesse du chariot. Ces deux parties peuvent de la sorte être séparément activées ou retardées suivant les besoins du peignage.

2° La course du chariot L est variable de 8 à 23 pouces, par gradation de deux pouces, dans le but de rendre la machine commode pour les lins coupés comme pour les lins longs. Ce chariot est guidé par un excentrique mobile.

3° Le doffer D est conduit par une courroie C, d'où résulte un mouvement beaucoup plus doux. Un pignon de rechange R, placé sur la commande, permet d'en augmenter ou d'en diminuer la vitesse, afin d'éviter les boutons dans les étoupes.

4° Le doffing-knife K marche très-vite et fait tomber les étoupes bien ouvertes et en nappe continue.

5° Le petit nombre de barrettes (16 par côté) permet d'établir entre les peignes un écartement de quatre pouces, ce qui laisse les étoupes dans toute leur longueur, tandis que c'est souvent par le grand nombre de peignes et leur trop grand rapprochement que les étoupes se trouvent raccourcies.

La combinaison de ces machines permet facilement d'y apporter les changements désirables, leur solidité et leur construction généralement très-soignées les garantissent de tout dérangement. Elles ont d'ailleurs la préférence en Belgique et sont très-nombreuses à Lille.

Les machines Ward ne sont cependant pas exemptes d'inconvénients. On leur reproche entre autres les suivants :

1° Les armatures en fer (montage en T) sur lesquelles sont fixées les pointes, ne permettent pas à celles-ci d'attaquer le lin avec assez de douceur. Le peigne, en effet, descend juste au moment où il frappe, tandis qu'il aurait besoin d'un léger instant d'arrêt : cette disposition ne présente pas beaucoup d'inconvénients pour les lins de qualité ordinaire, mais surtout pour les lins fins ou coupés. — En outre, ces armatures fatiguent beaucoup les manchons en cuir.

2° Lorsque les courroies des peignes flottent, on est obligé de les tendre vers le bas, par les coussinets des lanternes. Il arrive alors souvent que l'on doit régler à nouveau tous les engrenages.

3° La courroie qui conduit le doffer se détend quelquefois et occasionne un peignage défectueux.

MACHINES A PEIGNER DE COMBE ET BARBOUR, A BELFAST.

Les machines Combe sont de deux sortes qui diffèrent entre elles par leur mode de débouillage. On distingue en effet les *peigneuses à brosses et doffers* construites spécialement pour les lins coupés

ou les lins longs de grande qualité, et les *peigneuses à lattes* pour les lins ordinaires et de moindre valeur.

Nous ne parlerons pas des machines dites *Reversing*, anciennement construites par John Combe et qui ont été abandonnées. Il en existe cependant encore quelques-unes à Lille. (Elles se composaient d'une nappe horizontale qui, au lieu de tourner constamment dans le même sens, retournait sur elle-même chaque fois que le chariot qui portait les pinces était arrivé au bout de son ascension. — Celles-ci changeaient de série à chaque période de rotation.)

Dans la *machine à brosses*, la disposition particulière de montage des peignes permet aux aiguilles, non-seulement de pénétrer dans le lin à angles droits et tout à fait contre la presse, mais encore de se présenter sur les mèches d'une manière perpendiculaire et sans action brutale.

Ces peigneuses ont généralement huit séries de longueur, mais on peut, au moyen d'un mécanisme correspondant au tire-presses, faire passer à volonté les mèches au-dessus des dernières séries, suivant le numéro qu'on se propose de former. — Cette disposition est tout à fait spéciale; le degré de peignage ne se réglait précédemment qu'avec un changement de vitesse du chariot qui dans son accélération précipitait la matière trop brusquement dans les peignes; ou bien, on écartait les nappes portant les peignes, ce qui donnait un travail incomplet pour l'intérieur de la poignée. Aussi l'application du *mouvement d'évitement* donne-t-il un excellent résultat.

L'ancienne commande de tire-presses, composée le plus généralement d'un levier et d'un excentrique à coulisse, est remplacée par un mouvement très-simple à genouillère. Le mouvement de rappel des presses est alors fait par la descente d'un contre-poids qui reste suspendu lorsqu'un dérangement quelconque se manifeste. — C'est en quelque sorte un *appareil de sûreté* évitant les casses.

Le service de deux peigneuses, *mariées* par un chemin de fer circulaire exige cinq manœuvres, et seulement quatre s'ils sont d'une certaine force. L'emploi de ces chemins de fer donne une

grande économie de main-d'œuvre, les serveurs n'étant plus obligés de prendre les presses au chariot, elle sont amenées à leur portée par des coulisses.

Quant au *système à lattes*, il est au moins équivalent à celui que nous avons dit être employé par Horner. Dans ce dernier système, les lattes peuvent quelquefois être retenues entre deux barrettes, tandis que dans la peigneuse Combe elles sont classées en avant.

La fig. 8 en représente une section.

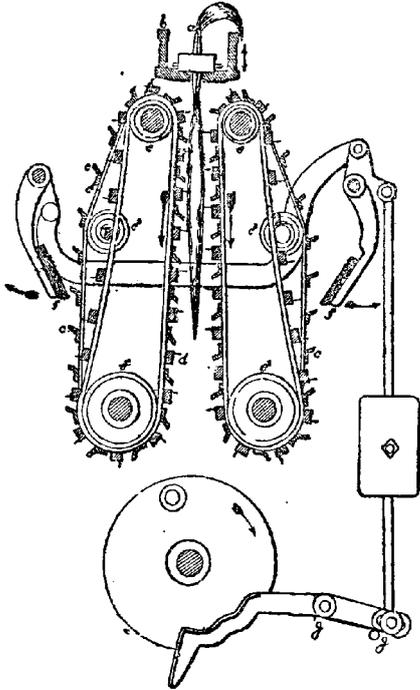


Fig. 8. — SECTION DES LATTES DU SYSTÈME COMBE.

Le lin est porté par les presses *a* qui glissent dans le chariot *b*. Les lattes *c*, en fer laminé, sont portées par des bandes *c*₁ semblables aux peignes *d*, et passent avec elles au-dessus et au-dessous des arbres *e* et *e*¹. Mais, à l'extérieur, les barres nettoyeuses sont

conduites en dehors de la ligne des peignes par leur chariot c^2 : elles enlèvent l'étope et la déposent sur une bande f armée d'aiguilles , qui la jette dans la boîte pendant le passage du lin d'une gradation de peignes à l'autre. (La direction des flèches indique la marche des principales parties de la machine.)

— On a voulu trouver à la machine Combe un inconvénient grave dans la tension de la courroie des peignes qui, dans cette machine, doit s'opérer par le haut. Il semble en effet que toutes les fois que l'on est obligé de faire cette correction, la hauteur d'ascension du chariot se trouvant amoindrie, l'extrémité des lins très-longs ne puisse être suffisamment peignée. Mais, en considérant la construction de la peigneuse, il est facile de voir que la présence des trous d'attache g, g' qui se trouvent pratiqués dans le bras de levier du chariot permet, non-seulement d'obvier à cet inconvénient, mais encore de faire varier l'élévation du monte et baisse avec la longueur du long brin.

MACHINES A PEIGNER DE MM. ROUSSELLE ET DOSSCHE, A MOULINS-LILLE.

Après avoir construit pendant près de dix années les machines du système Combe, MM. Rousselle et Dossche les ont peu à peu perfectionnées et construisent aujourd'hui des peigneuses spéciales.

Ces machines comprennent, comme celles de Combe, les deux systèmes à brosses et à lattes, destinés au peignage des mêmes sortes de lin.

— Dans la *machine à brosses*, un espace de trois pouces sépare les presses deux à deux : la distinction des étoupes se fait ainsi naturellement d'elle-même dans les caisses où elles tombent. Dans toutes les autres peigneuses, cet espace n'est que de deux pouces.

Les brosses, destinées à enlever les étoupes pour les présenter au doffer, n'attaquent pas non plus les peignes sur la partie rectiligne du manchon, mais à sa partie circulaire inférieure, lorsque le peigne se trouve encore dans le galet : le nettoyage devient de la sorte plus

facile et plus régulier. L'écartement des brosses est réglé par une vis de rappel.

— Quant aux *machines à lattes*, de même construction que celles de Combe, elles présentent les mêmes avantages.

Ainsi les écueils ordinaires des machines à lattes : entrechoquement des tabliers et rupture des lattes, sont évités :

1° Par la nature et la forme même des lattes qui sont de toute la longueur de toute la machine et en fer à corrière d'un modèle spécial;

2° Par le mode d'attache et le peu de poids des taquets des peignes;

3° Par le travail débourreur des lattes qui sont chassées par des galets excentrés et non par la force centrifuge.

— Dans ce système, les constructeurs ont remplacé les aiguilles du premier peigne par une suite de brossettes dures, qui ont pour effet de paralléliser complètement les fibres du lin avant de le soumettre à l'action des aiguilles. Car il arrive que les ouvriers, dans la précipitation du travail, engagent parfois les presses dans le chariot lorsque celui-ci occupe la position inférieure, d'où il suit que souvent les brins entremêlés seraient rompus en partie si les aiguilles venaient brusquement les attaquer. Sans aucun doute, cette disposition influe considérablement sur le rendement.

On a donné en outre au chariot une ascension beaucoup plus grande que dans les autres machines, afin qu'au moment où les presses passent d'une série de peignes à une autre série plus fine, les extrémités du lin soient complètement dégagées.

Les presses employées sur ces machines sont en cuir avec ondulations intérieures, de manière que les reliefs d'une plaque concordent parfaitement avec les cavités de l'autre plaque. Il est évident que, de cette façon, les lins se trouvent beaucoup mieux retenus que dans les presses ordinaires qui ont une section intérieure plane.

MACHINES A PEIGNER DE MM. STEPHEN COTTON ET C^{ie}, A BELFAST.

Le peignage de la machine Cotton s'effectue comme dans toutes les peigneuses modernes, au moyen de nappes sans fin entre lesquelles passent les mèches de lin.

Mais elle se distingue surtout :

1° Par la transmission remarquable du mouvement à la nappe sans fin au moyen d'un système de *cônes doubles*, c'est-à-dire de deux poulies pleines, situées dans le même plan, auxquelles sont superposées trois autres poulies de diamètres différents, qui leur donnent une apparence conique. L'un de ces cônes est situé sur l'axe de la poulie de transmission, l'autre sur l'axe de la roue qui détermine la vitesse du tablier. Leur rotation commune est réglée au moyen d'une courroie, et peut alors varier suivant la place que celle-ci occupe. — Ce système, ingénieux et rapide, dispense de l'emploi de pignons de rechange pour régler la vitesse des peignes, car on peut ainsi précipiter ou ralentir la marche de la nappe, sans occasionner de casse et même sans arrêter la machine, par le simple passage de la courroie d'une poulie sur un autre.

2° Par le mode d'attache des peignes A, montés sur des armatures *b* de forme spéciale, et attachés avec des rivets en cuivre sur des courroies sans fin d'un nouveau système, qui présente toute garantie de solidité.

3° Par le mode d'intersection des peignes, qui se présentent d'équerre sur le lin, en C, près de la pince en acier D, et dont le mouvement très-doux permet de faire marcher sans inconvénient à une très-grande vitesse. — Les vis de rappel E permettent de rapprocher ou d'éloigner à volonté les rouleaux supérieurs, et par suite les peignes entre eux.

4° Par le système précis qui guide le mouvement du monte et baisse. Ainsi la tige G qui détermine la descente du chariot, est

attachée à une douille I fixée sur l'armature de l'une des roues latérales et manœuvrant dans une coulisse; les poids qui, comme dans toutes les peigneuses, déterminent l'ascension, sont formés de longs cylindres guidés uniformément dans leur descente au moyen de bandes circulaires en fer qui les entourent. La vitesse du chariot est réglée par un pignon de rechange, la hauteur de l'ascension par l'écartement des deux vis H, H' dont les filets, disposés en sens contraire, s'éloignent ou se rapprochent par la rotation du cylindre F.

Le système de chasse-presses, qui peut se régler au millimètre, mériterait encore une mention spéciale, mais il nous semble plus facile à comprendre sur la machine elle-même que par toutes les explications que nous pourrions donner.

Les autres modifications sont peu importantes. Le débouillage s'opère au moyen des cylindres à brosses L et des doffers M.

La manœuvre de cette machine exigerait quatre aides, mais nous avons vu des peigneuses bien accouplées marchant avec trois garçons seulement.

— La peigneuse Cotton, par la grande régularité de ses mouvements, et surtout par le système ingénieux qui permet de faire varier si facilement la vitesse du tablier suivant le genre des lins que l'on travaille, mérite d'être citée comme l'une des plus perfectionnées et dont les résultats sont le plus satisfaisants.

OBSERVATIONS.

Les machines qui exigent le plus de perfectionnements sont celles qui sont destinées au peignage des lins dans leur entier. L'égalité de section des lins coupés rend leur travail beaucoup plus simple; la diversité de diamètre dans les lins longs constitue au contraire de grandes difficultés dans le peignage.

Pour rechercher quels seraient les perfectionnements les plus dignes d'attirer l'attention, il suffit de se rendre compte des meilleurs

effets à obtenir avec les machines , et de remonter ensuite à la cause qui doit les produire ; en d'autres termes , indiquer quelles sont les qualités d'une bonne peigneuse pour montrer les moyens de les acquérir.

Ces qualités sont d'une part : — le plus de régularité possible dans le peignage de toute la longueur des fibres ; — le meilleur rendement ; — d'autre part, le plus de propreté et de longueur dans les étoupes ; tout ceci joint à la rapidité dans le travail et à l'économie de main-d'œuvre.

Tout d'abord, pour arriver à peigner régulièrement les fibres dans toute leur longueur, le moyen qui a été regardé de tout temps comme présentant le plus de garantie , est évidemment celui qui permet d'attaquer le lin directement au-dessous de la pince , de manière que les aiguilles touchent les filaments dans toutes leurs parties.

Mais aujourd'hui , toute difficulté à cet égard nous semble à peu près surmontée.

Nous n'avons pas à revenir en effet sur la disposition spéciale des aiguilles sur les cuirs , agencée dans les machines Combe , Cotton , Ward , etc. , de manière à arriver à ce résultat. Quelques-uns même de ces constructeurs , persuadés d'une réussite complète, offrent au besoin de faire labourer aux peignes l'extrémité en biseau de leurs presses. — Ce n'est donc plus de ce côté que doit porter le perfectionnement. — Toutefois , en faisant la part des choses , faut-il encore distinguer , parmi les machines que nous venons de nommer , entre celles qui ne font que gratter la partie supérieure des fibres et celles qui la peignent réellement , entre celles qui attaquent trop lourdement cette même partie ou celles qui pénètrent dans la mèche sans aucun mouvement trop brusque.

Une gradation marquée dans la vitesse de la nappe sans fin , — une diminution de vitesse pour les peignes fins , — et une augmentation dans le nombre des séries , — donneraient à notre sens un meilleur résultat.

— Pour ce qui regarde le premier point, nous voudrions que les peignes, au lieu de conserver une vitesse constante pour toute la longueur des fibres, la ralentissent quelque peu à mesure qu'ils avancent vers les extrémités. Celles-ci d'abord sont toujours plus délicates et plus tendres. En outre, à cet endroit du peignage, les fibres tout entières supportent la traction des aiguilles, d'où l'on peut inférer que si elles sont peignées vers le bout avec la même vitesse qu'au milieu, quelques-unes doivent se briser. Dans le peignage à la main, l'ouvrier, qui ne peut travailler la mèche d'un seul coup, repique le cordon plus loin, lorsqu'il sent une légère résistance. Dans le peignage mécanique, où l'on ne peut avoir cette ressource, on peut remplacer le mouvement du peigneur, en donnant aux points de résistance une vitesse moindre qu'aux endroits qui n'en offrent pas. Un mécanisme adapté aux peigneuses Cotton, qui permettrait graduellement de faire passer la courroie latérale sur les divers diamètres des cônes, permettrait, ce nous semble, d'arriver à ce résultat.

— En affirmant la nécessité du second principe, c'est-à-dire de la vitesse moindre pour les peignes fins, nous nous appuyons sur ce que le peigneur à la main prend plus de soins et va moins vite sur les dernières séries que sur les aiguilles les plus espacées. Dans le peignage mécanique, au contraire, la vitesse est la même pour les pointes les plus fines que pour celles qui les précèdent.

— La troisième condition (augmentation du nombre de séries) s'explique tout naturellement. Plus ces séries seront nombreuses, plus le peignage sera régulier. Ce qui ne veut pas dire cependant qu'un bon peignage consiste à peigner outre mesure. Il faut arriver à une limite convenable; d'une part, ne pas trop énerver ni fatiguer le lin; d'autre part, ne pas présenter dans les dernières séries une masse d'aiguilles trop serrées qui finirait par lacérer les fibres les plus fines. On n'a pu trouver jusqu'ici de système qui permette d'augmenter à volonté ce nombre de séries, car, dans le système actuel, tout essai de ce genre ferait ployer le rouleau supérieur des nappes sans fin sous l'effort qu'il aurait à supporter.

Nous arrivons à la question de rendement qui, sous le rapport du mécanisme proprement dit, dépend de la disposition des peignes et de la manière dont le lin est retenu entre les presses. (Nous ne pouvons ici examiner le rendement spécial de chacune des machines modernes, qui, selon nous, dépend bien avant tout de la qualité du lin et des opérations préparatoires qu'il a précédemment subies. La meilleure machine à peigner ne saurait séparer économiquement la filasse de l'étope, si le teillage ou le rouissage qui précèdent le travail de la peigneuse, n'ont pas été faits avec le plus grand soin.)

— Il y a trois manières de disposer les aiguilles sur un peigne. Lorsque celles-ci sont en ligne droite, le lin glisse facilement entre leurs interstices, et ne subit que le travail d'une certaine quantité de pointes. Lorsqu'elles sont disposées en quinconce, le cordon passe sur un nombre double d'aiguilles. Enfin, lorsqu'on les dispose de façon qu'aucune d'elles ne soit directement derrière une autre, le travail, ce nous semble, doit être plus satisfaisant, en même temps que plus facile.

Or, si l'on considère toutes les dispositions actuelles, il n'est pas encore un constructeur qui ait adopté le troisième système : tous préfèrent la méthode en quinconce. Ce quinconce cependant ne devrait être adopté que dans le cas où il semble le plus utile, c'est-à-dire pour les séries les plus fines, et parfois le quinconce double, selon la méthode Horner, pour les grosses aiguilles.

— La disposition des presses influe encore beaucoup sur le rendement.

Ces presses sont ordinairement composées de deux plaques de fer, recouvertes intérieurement de caoutchouc ou de drap feutré, et retenues ensemble par un écrou central. Or, si la couche de lin renfermée à l'intérieur n'est pas d'une épaisseur égale dans toutes ses parties (et elle ne l'est jamais), les portions les moins épaisses sont moins retenues. Sous l'action des peignes, elles cèdent et produisent un déchet inutile.

MM. Rousselle et Dossche qui ont étudié cette question, ont suc-

cessivement fait breveter diverses sortes de pinces : à cannelures droites, à reliefs mixtes, à ondulations courbes, etc. Nous avons vu qu'ils avaient préféré le dernier modèle.

Bien que de toutes les formes adoptées, celle-ci soit certainement la meilleure, elle ne remédie pas cependant d'une manière complète à l'inconvénient signalé.

Dans toute machine, on doit viser à obtenir un travail rapide et une économie de main-d'œuvre.

Nous avons déjà vu comment Horner économisait un aide en construisant des peigneuses à double chariot. Cette disposition pourrait sans aucun doute être adoptée par d'autres constructeurs.

Dans le but d'accélérer le travail de ces aides, en même temps que pour leur épargner une fatigue inutile, MM. Combe et Barbour ont aussi perfectionné leurs machines, dont nous avons vu fonctionner l'un des nouveaux modèles à l'exposition de Vienne.

Ce perfectionnement a pour objet le dévissage et le resserrement automatiques des presses, au moyen de pédales que font mouvoir les aides habituels. Un axe horizontal mobile, dont les extrémités sont terminées par un rocher, s'adapte, suivant le jeu de ces pédales, dans le prolongement des axes de pignons coniques, correspondant aux tasseaux en saillie sur la table des presses. L'écrou des pinces tourne dans un sens ou dans l'autre, suivant le mouvement qui lui est communiqué par l'intermédiaire de cet axe.

Nous ne pouvons dire jusqu'à quel point un perfectionnement de ce genre peut être utile dans la pratique ; il nous ouvre du moins les idées vers une sphère d'innovations jusqu'ici tout inconnue. Resterait maintenant à introduire un système qui permit aux presses toutes serrées de se placer d'elles-mêmes dans le chariot.

Pour ce qui est de la longueur des étoupes, elle dépend du système de débouillage.

Nous avons examiné jusqu'ici trois dispositions, celles des brosses et doffer, celle des lattes Combe, celle des lattes Horner.

MM. Rousselle et Dossche ont encore proposé deux autres méthodes fondées sur la suppression du doffer, à la présence duquel on attribue l'emmêlage et l'énervement des étoupes :

1° Le rapprochement direct de la brosse et du doffing-knife.

2° Un peigne à barrettes à trois branches, tournant devant la brosse circulaire. Chaque fois qu'une de ses branches arrive à sa position verticale inférieure, la barrette glisse en vertu de son poids et dégage l'étoupe dont elle s'est chargée dans la position horizontale.

Parmi ces cinq méthodes, on pourrait choisir les deux meilleures. Le système des lattes Combe convient très-bien pour les lins de qualité moyenne. Pour les lins de qualité supérieure, le système doffer est encore excellent, mais non tel qu'on le construit aujourd'hui. Nous croyons en effet que ce qui dans le doffer produit cet emmêlage dont on se plaint souvent, c'est que le déchet passe d'aiguilles plus ou moins fines sur des pointes toutes de la même grosseur et du même écartement. Ne pourrait-on pas, en donnant au doffer autant de séries qu'aux tabliers sans fin, remédier à cet inconvénient ?

Au moment de terminer cet exposé, nous prenons connaissance de plusieurs inventions relatives aux machines à peigner, et que nous croyons utile de faire connaître.

La première appliquée aux machines **HORNER**, a pour objet de tenir les dents des peignes dans un état constant de propreté, et d'y éviter, durant la marche, toute accumulation de matières étrangères. Des brosses oscillantes, commandées par des cames, permettent d'arriver à ce résultat.

La seconde de **MM. STEVERLYNCK-DELECROIX ET FILS**, a pour but de maintenir le lin plus régulièrement dans les presses à peigner. Ce changement, qu'il est très-facile d'appliquer à l'ancien système, consiste dans la présence de deux barres de fer appliquées contre la surface de l'une des plaques, et de coulisses pratiquées dans la tranche de l'autre. On adapte ainsi aux cavités de la première, les

reliefs de la seconde , et leur ensemble, formant engrenage , procure un résultat satisfaisant.

On peut considérer l'invention de MM. Steverlynck-Delecroix , comme un progrès relatif. Quant à celle de M. Horner , ce supplément de débouillage , comme on pourrait l'appeler , peut être regardé comme un perfectionnement , mais n'est certes pas une innovation. Comme nous l'avons déjà dit , Combe , bien avant Horner , avait imaginé pour ses machines à doffer des brosses placées sur la surface de contact du rouleau supérieur et il conserve encore sur le côté de ses machines à lattes , des plaques munies d'aiguilles fines et serrées, placées là dans le même but.

Deux machines nouvelles, constituant par suite un changement plus important , viennent aussi d'être inventées, l'une par M. Droulers-Vernier , filateur à Lille , l'autre par M. Vanoutryve aîné , fabricant de peignes dans la même ville. Plusieurs des perfectionnements dont nous avons déjà parlé y sont appliqués.

MACHINES A PEIGNER DU SYSTÈME DROULERS-VERNIER , A LILLE.

Ces machines, construites par M. Ward, pour la France , et Combe pour l'Angleterre , comprennent deux types :

- I. 12 presses pour les lins ordinaires ;
- II. 18 presses pour les lins fins et coupés.

Comme on le remarque déjà , le grand nombre de séries auquel on n'était pas encore parvenu jusqu'ici (à cause de la présence du rouleau supérieur qui aurait ployé sous le poids de la nappe), nous prouve déjà une disposition toute nouvelle.

En effet, le rouleau supérieur est supprimé. Il est remplacé par des galets, placés au nombre de deux , de distance en distance , et soutenant des courroies auxquelles sont attachées des barrettes en

fer, celles-ci soutenues sur leur parcours par un guide spécial; arrivées au rouleau inférieur, leurs extrémités sont engagées dans les cavités de lanternes disposées à cet effet, et elles passent ainsi du côté opposé sans s'entrechoquer et en gardant toujours le même espace entre elles.

De cette disposition, il ressort déjà.

1° Que le nombre des barrettes, déjà plus grand que d'ordinaire, peut encore être augmenté sans même que l'on soit forcé d'allonger la machine.

2° Que celles-ci, obligées de passer dans l'espace contenu entre deux galets, arrivent sur le lin d'une manière plus douce.

3° Que le diamètre des galets, pouvant être diminué autant qu'on le veut, les aiguilles peuvent être dirigées le plus près possible des presses.

4° Que les courroies ne sont pas broyées ou fendillées comme s'il n'y avait qu'un seul rouleau à petit diamètre, et durent par conséquent plus longtemps.

Le débouillage de la peigneuse Droulers se fait par brosses et doffers, sans autres modifications aux systèmes ordinaires.

Cette machine a par contre plusieurs inconvénients, majeurs selon nous :

1° Les guides qui soutiennent les barrettes, et sur lesquels celles-ci glissent continuellement, finissent, au bout de deux ou trois mois, par couper littéralement les supports des peignes.

2° L'énorme force prise par le frottement des barrettes sur ce guide pourrait être utilisée d'une manière plus profitable.

3° Lorsque la courroie vient à se relâcher, sur les galets, il n'y a aucun moyen de la tendre à nouveau.

MACHINES A PEIGNER DU SYSTÈME VANOUTRYVE AÎNÉ , A LILLE.

Ces machines comprennent deux types :

- I. 8 séries de peignes de 16 pouces pour lins ordinaires ;
- II. 16 séries de peignes de 10 pouces pour lins fins.

Fondée sur les mêmes principes que la machine Droulers , elle en supprime tous les inconvénients. Le guide des barrettes a disparu , de sorte que les machines durent plus longtemps tout en prenant moins de force au moteur.

Elle en a aussi tous les avantages.

En outre , des deux galets qui supportent la courroie , l'un sert à régler la marche des peignes et peut être fixé à volonté ; l'autre , mobile , sert de tendeur au manchon. Le relâchement de la courroie n'a donc plus de raison d'être.

Ajoutons que les tourillons portent deux masques , s'enclavant dans les extrémités creuses du galet , de façon qu'aucun brin d'é-toupes ne puisse s'enrouler autour d'eux avant d'entrer dans les peignes.

Ces machines comportent encore d'autres perfectionnements importants , parmi lesquels les suivants :

1° Le pointage des doffers est complètement en rapport avec celui des nappes , les gros peignes étant en communication avec un gros doffer , et ainsi de suite.

2° La tension des courroies-manchons , qui se réglait par le haut ou par le bas , ce dont nous avons démontré les désavantages , se règle horizontalement par l'éloignement du galet mobile. La machine une fois réglée , peut de cette façon , marcher sans danger d'arrêt.

3° Les garnitures du doffer sont faites sur plaques de bois rectangulaires , bombées et juxtaposées suivant des lignes parallèles à la génératrice de l'axe : lorsqu'une rangée de dents vient à se

briser sous un effort quelconque il suffit alors de dévisser une ou plusieurs plaques pour les remplacer aussitôt. Dans le système ordinaire, la denture de ce cylindre traverse un ruban continu de cuir d'une faible largeur enroulé en spirale sur sa surface, et l'on doit alors, en cas de réparation, dérouler le ruban d'un bout à l'autre.



Fig. 9. — PRESSES A CLAIRE-VOIE DU SYSTÈME VANOUTRYVE.

4° Enfin, un système de *presses à claire-voie*, spécialement brevetées, en fonte malléable pour plus de solidité, retient le lin entre ses parois, avec moins de serrage et sans nécessiter de caouthouc.

Avec ces nouvelles pinces, plus de talons rapportés, plus de ces boutons de couvertures qui dans les anciennes presses se brisent continuellement. Les tringles dont elles sont munies, s'enclavant dans les claire-voies, l'étalage irrégulier de lins n'y produit pas de mauvais effet, les parties les plus minces étant aussi bien retenues que les plus épaisses.

Pour les séries, M. Vanoutryve a adopté :

1° Pour les trois premières, la disposition qui permet de ne placer aucune aiguille directement derrière une autre (expliqué plus haut), avec un pointage double pour le premier rang suivant le système Horner.

2° Pour les autres séries, le quinconce simple, le trop grand rapprochement des points ne permettant pas alors d'adopter la première disposition.

La machine Vanoutryve, que nous avons vu fonctionner chez le constructeur même, donnera-t-elle en pratique ce qu'elle promet en théorie? en obtiendra-t-on le rendement des machines Cotton, la

netteté d'étoupes que donne la peigneuse Rousselle, la régularité de marche des machines Combe et Barbour? Nous l'ignorons, mais il n'en est pas moins vrai qu'elle doit être regardée comme un véritable progrès accompli et qu'elle réalise quelques uns des perfectionnements les plus importants du peignage mécanique du lin.

DE L'AVENIR DU PEIGNAGE MÉCANIQUE.

Nous avons indiqué jusqu'ici quelques-uns des perfectionnements dont étaient susceptibles les peigneuses modernes, mais n'est-ce pas en réalité trop exiger que de demander la réalisation de ces idées sur les machines actuelles? Ne serait-ce pas sur d'autres métiers que nous devrions fixer notre attention?

Pour qui considère les *peigneuses d'étoupes*, il lui semble que, de ce côté, il peut porter son attention, que là peut être l'avenir du peignage du long brin.

Lorsque les étoupes sont livrées à ces machines elles y entrent tassées, enchevêtrées, sans aucune liaison. Lorsqu'elles en sortent, ce ne sont plus des étoupes, c'est du lin court et peigné, c'est ce que l'on pourrait appeler du *court-brin*.

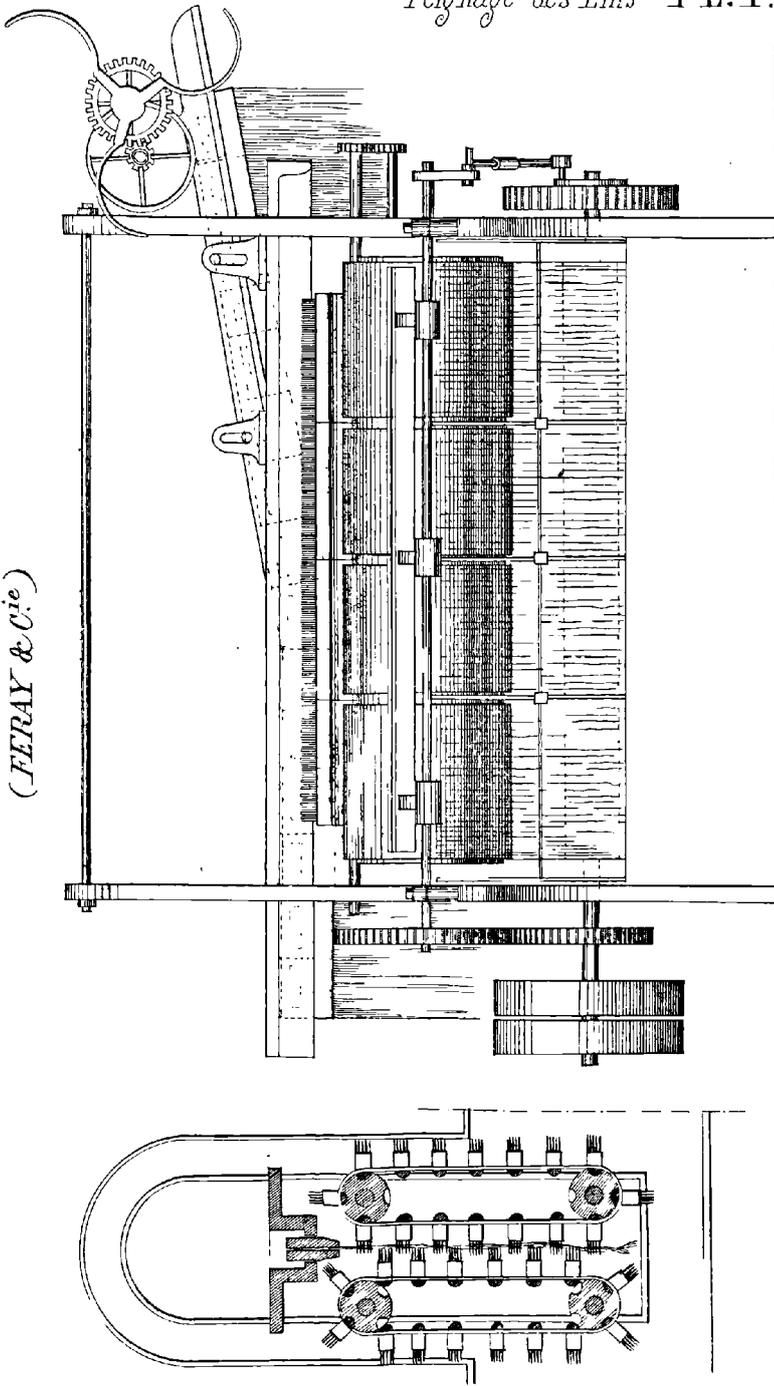
Or, ce qui est applicable au peignage des lins courts ne pourrait-il s'appliquer au peignage des lins longs?

On n'a pu penser jusqu'ici à se servir de tels instruments, que leur prix très-élevé et leur peu de rendement ne rendent même pas même pas susceptibles, malgré leur beau travail, d'être employés par un grand nombre de filateurs d'étoupes. Mais, qu'ils arrivent à se transformer, qu'ils deviennent, en même temps que peu coûteux, économiques comme travail et comme production, alors peut-être pourront-ils être employés pour long brin; peut-être est-ce là l'avenir du peignage mécanique du lin.

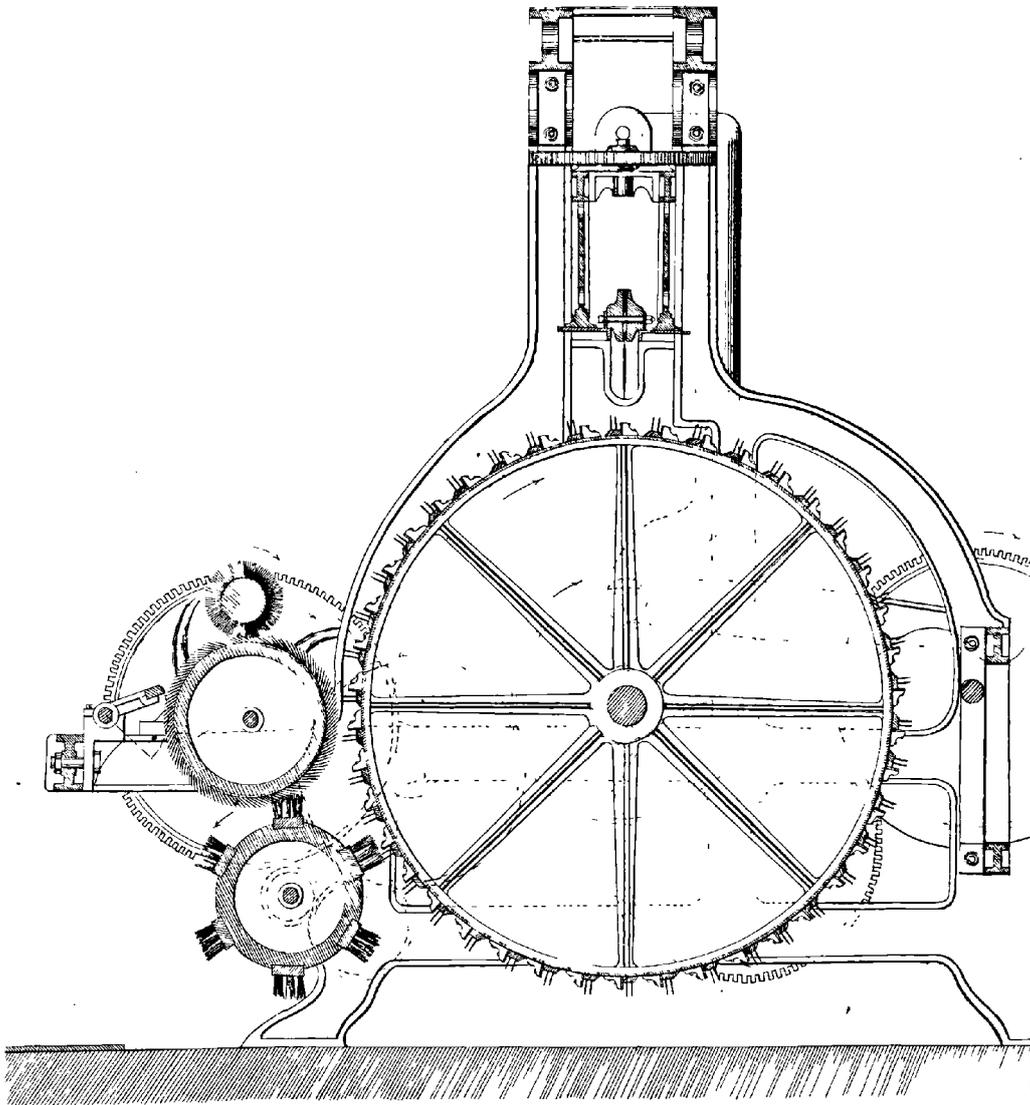
Alfred RENOARD.

TYPE DE PEIGNEUSE A NAPPE PERPENDICULAIRE ET A CHARIOT OBLIQUE

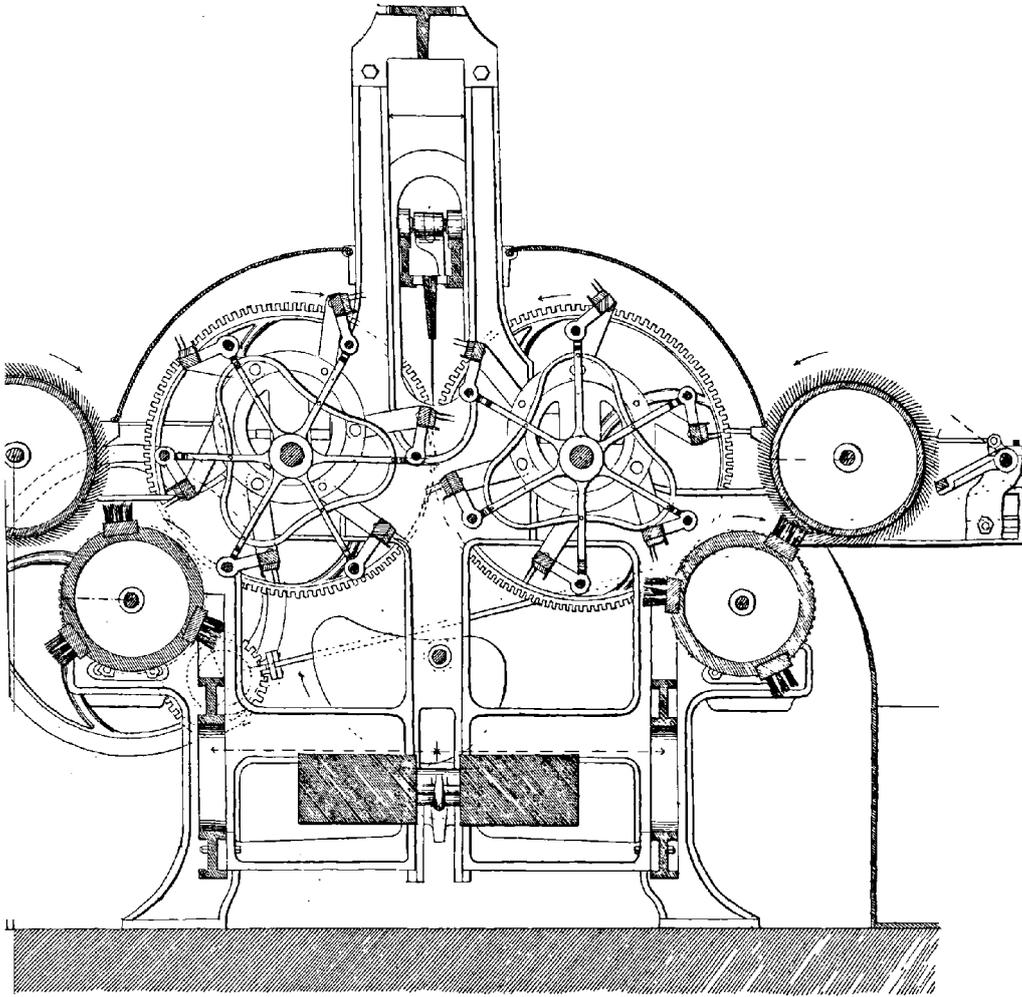
(FERAY & C^{ie})

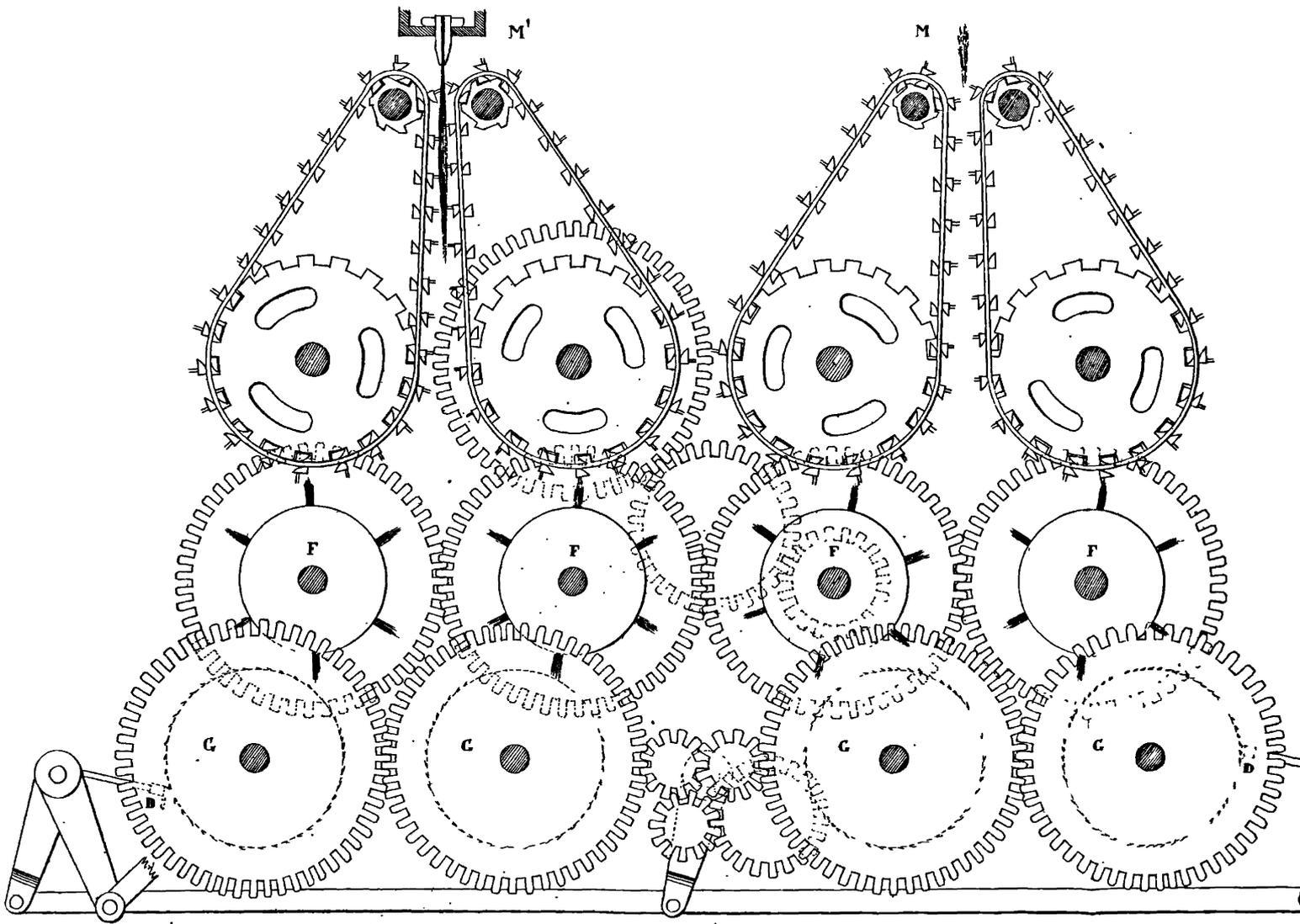


TYPE DE PEIGNEUSE A TAMBOUR ET A PINCES TOURNANTES



*TYPE DE LA MACHINE A PEIGNES EXCENTRIQUES
DE MARSDEN*

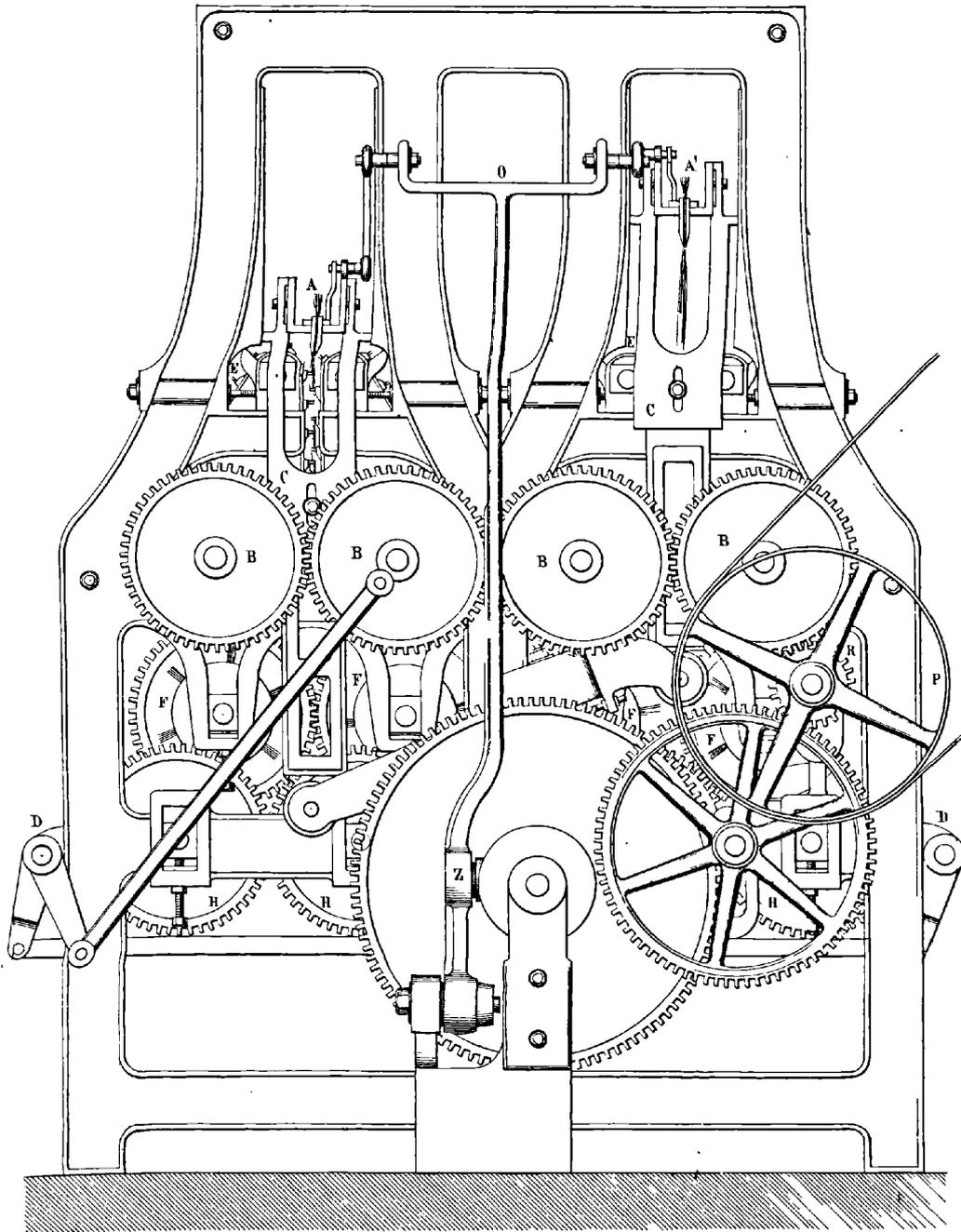




DÉBOURRAGE DOUBLE PAR BROSSES ET DOFFERS DANS LA PEIGNEUSE HORNER

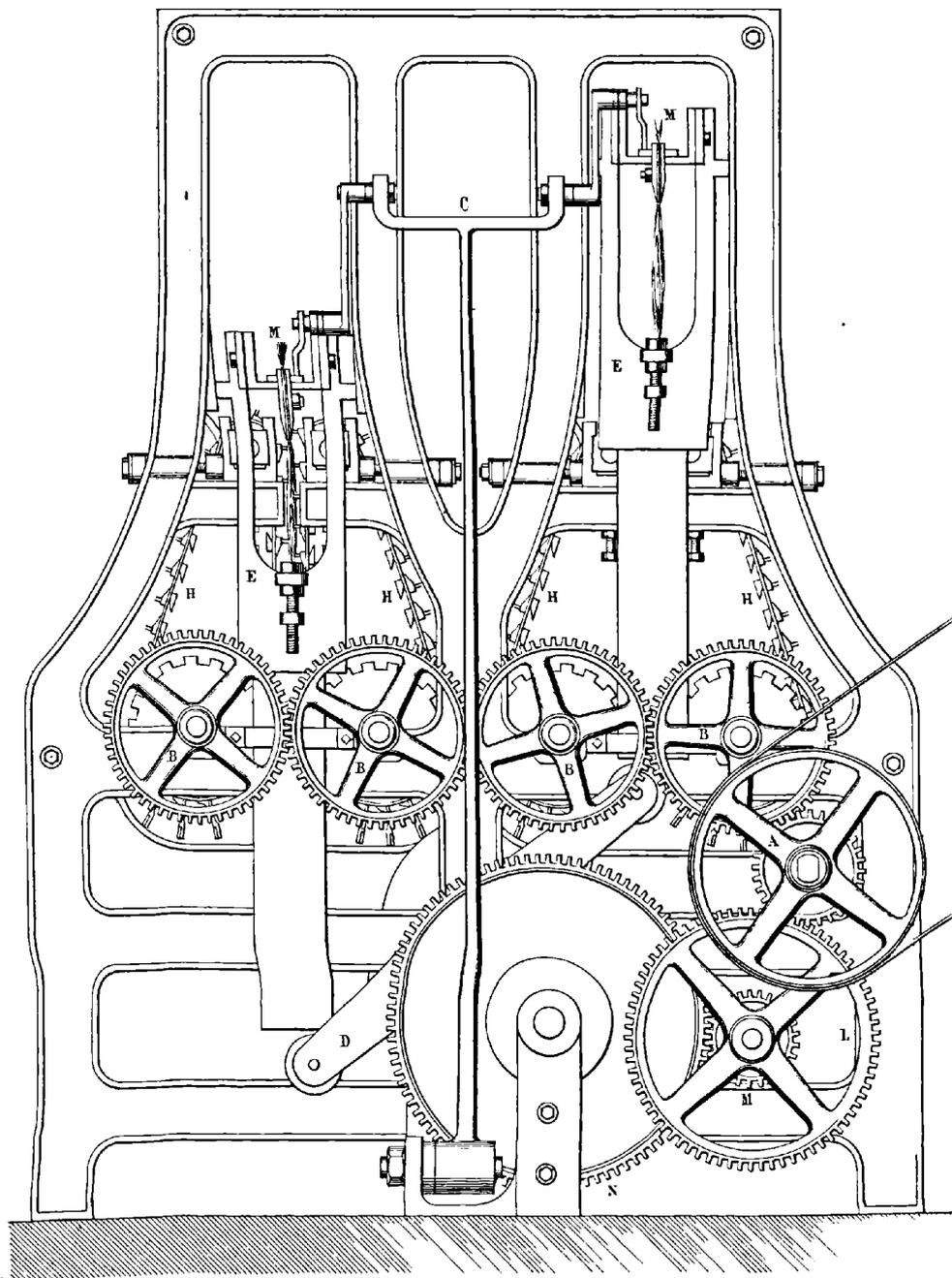
PEIGNEUSE JUMELLE, HORNER.

SYSTEME A BROSSE ET A DOFFER.



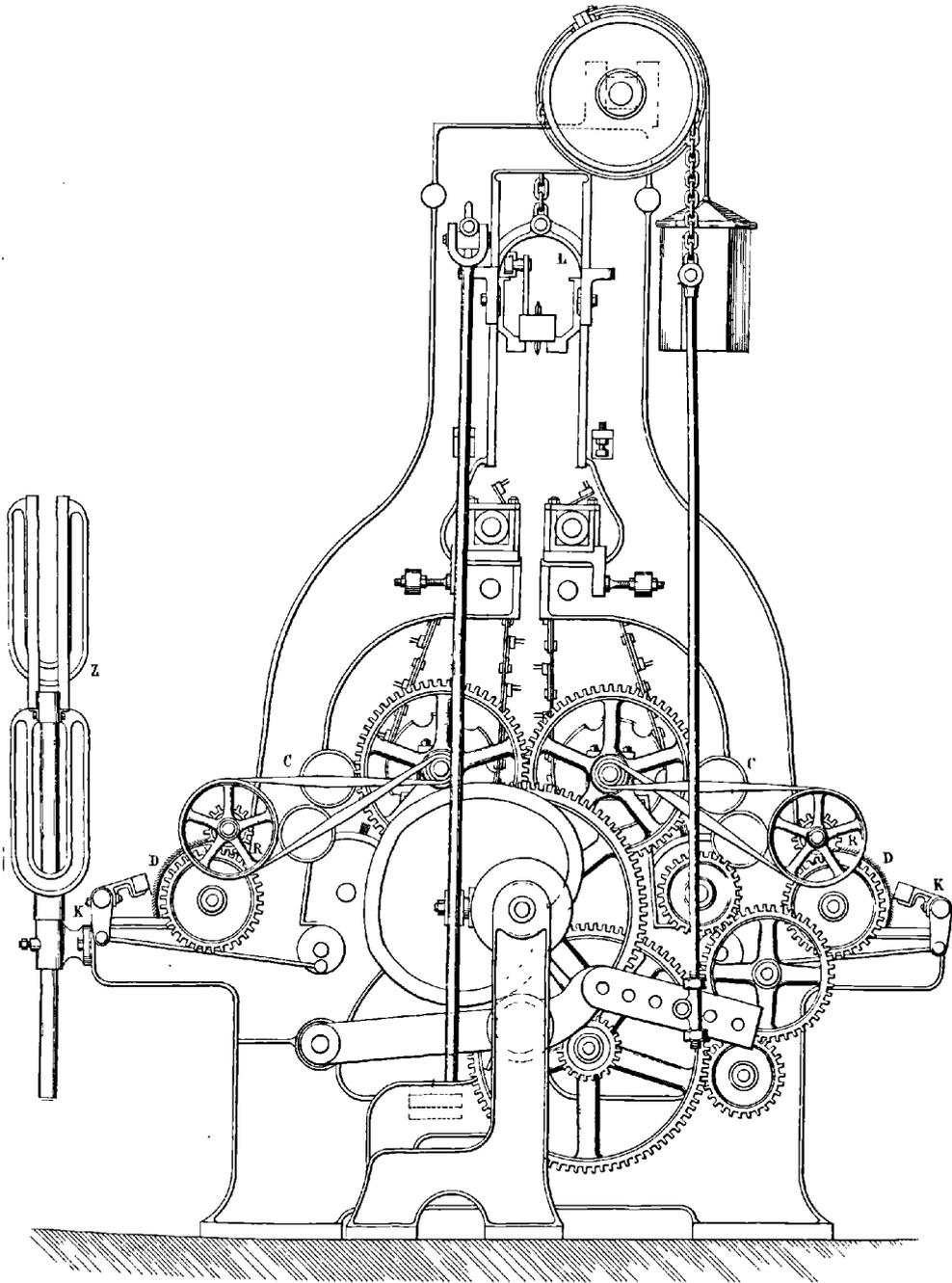
PEIGNEUSE JUMELLE, HORNER.

SYSTÈME A LATTES.

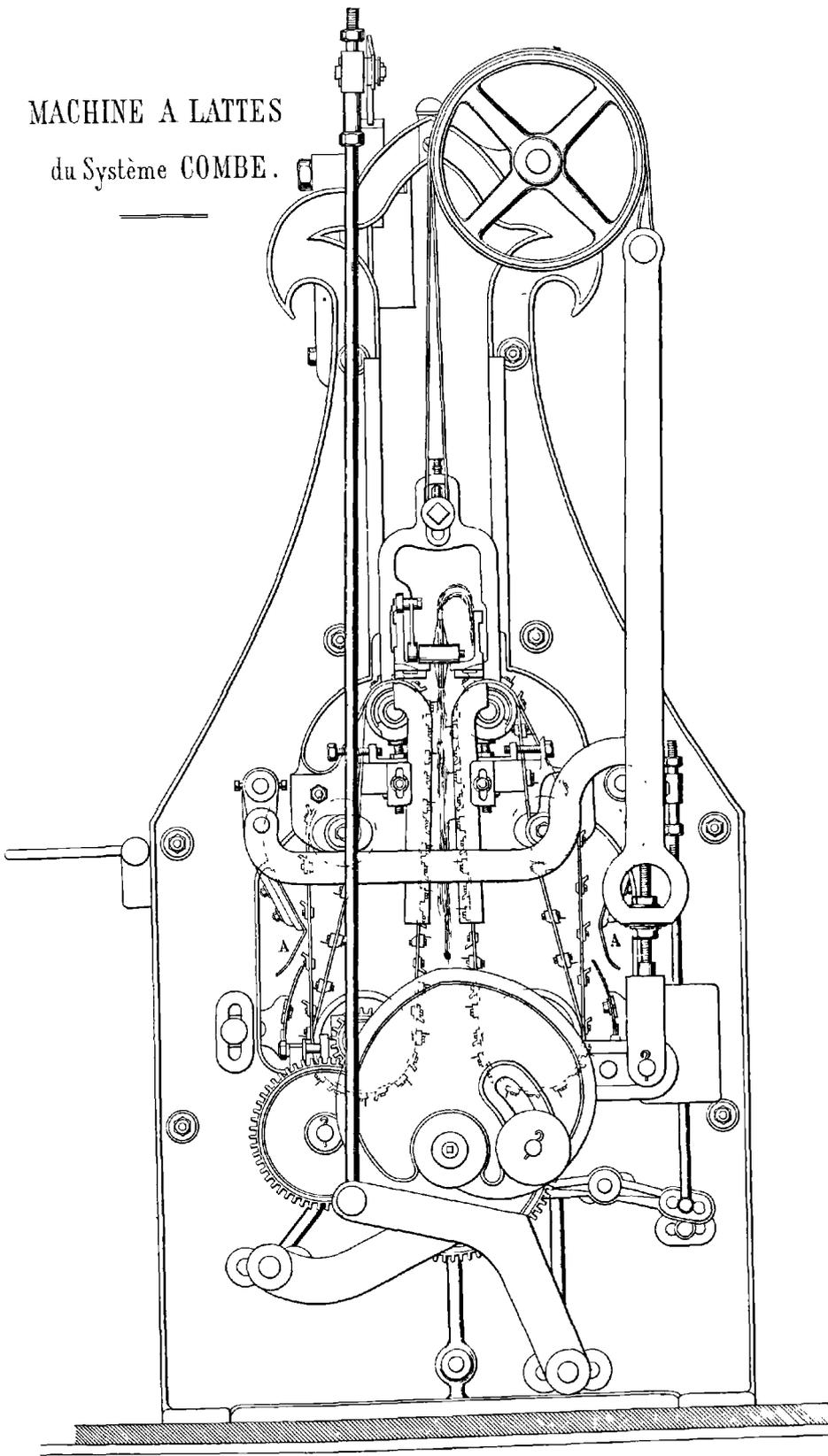


PEIGNEUSE WARD.

Côté des engrenages de commande.

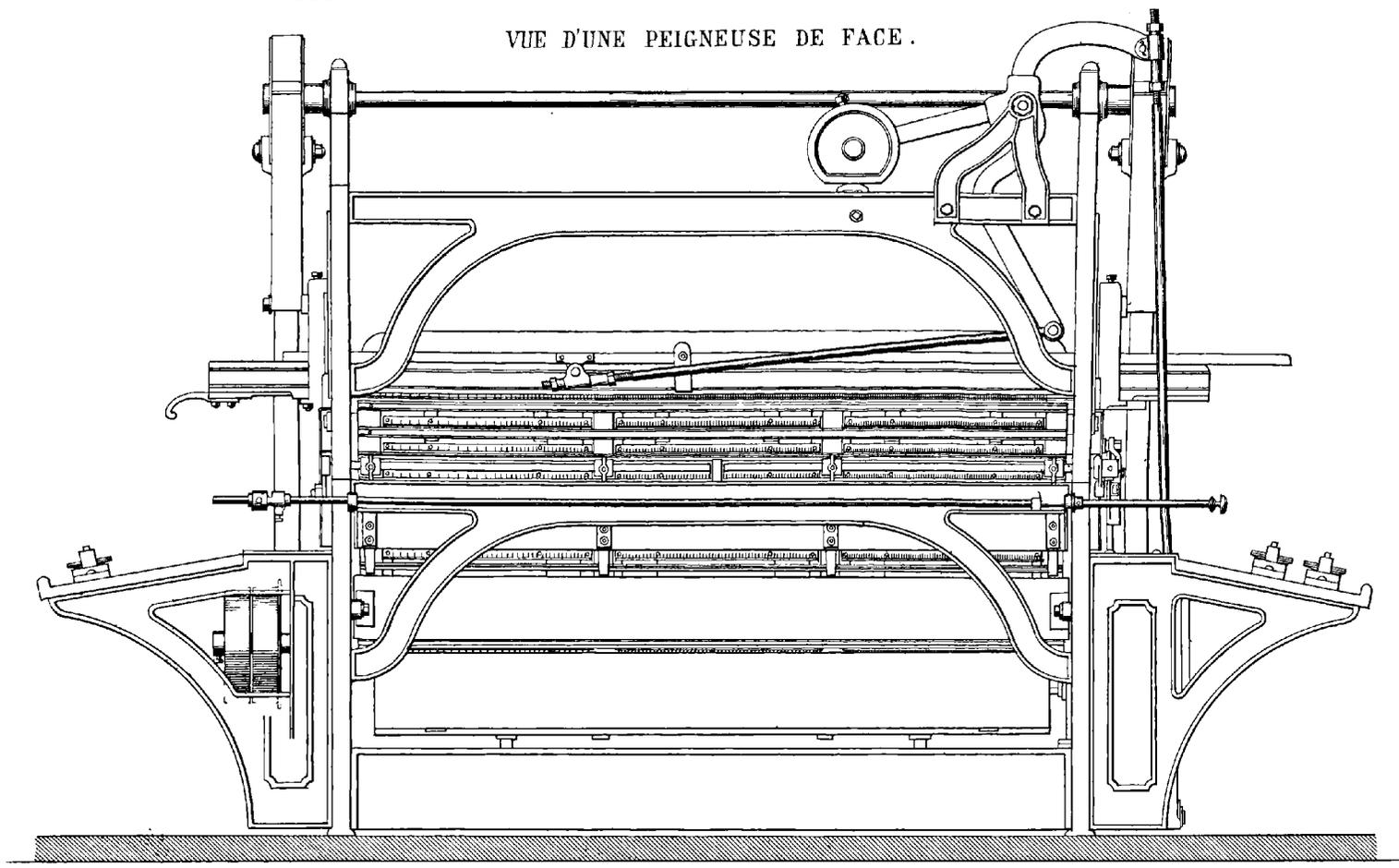


MACHINE A LATTES
du Système COMBE.



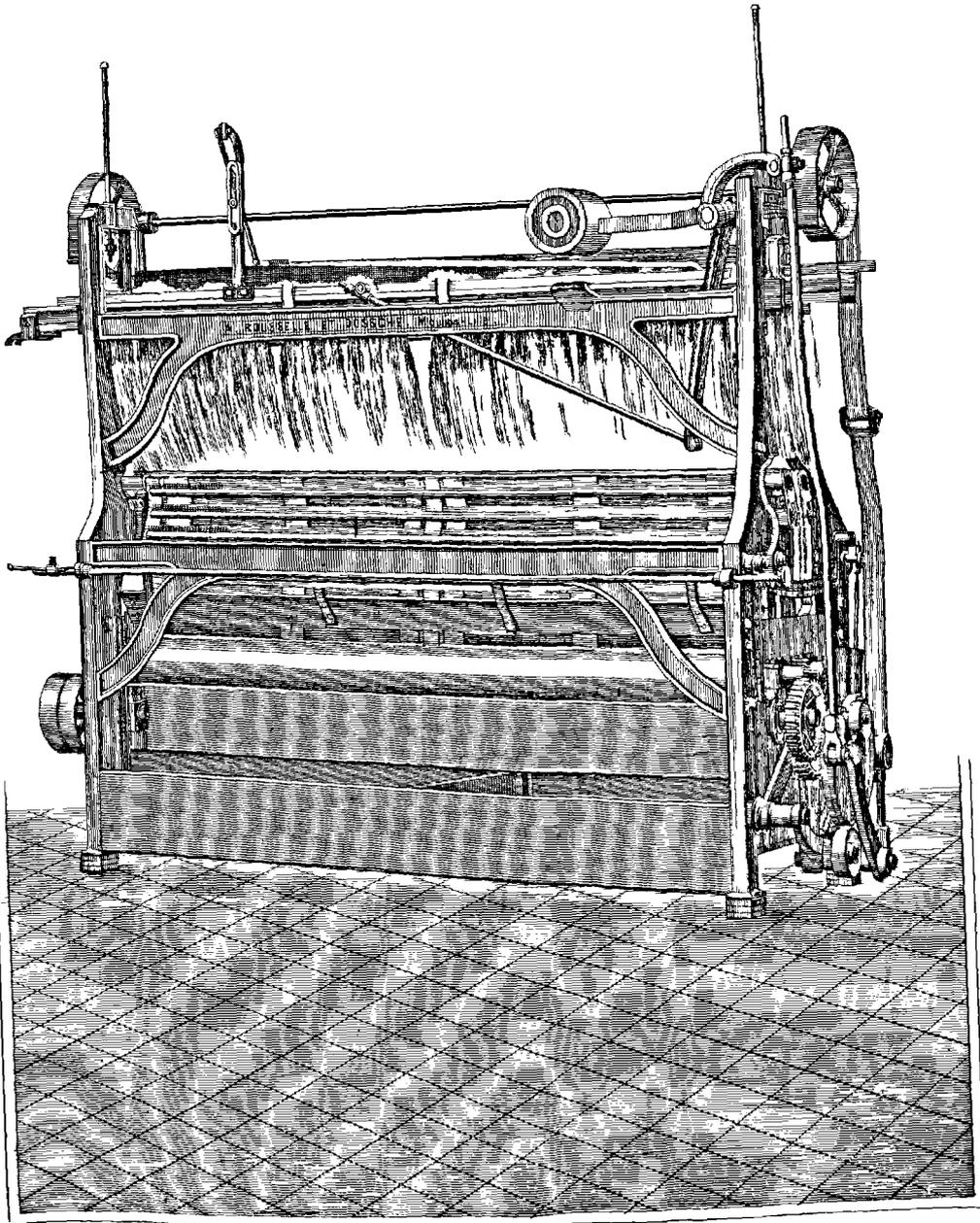
MACHINE A LATTES DU SYSTEME COMBE ET BARBOUR.

VUE D'UNE PEIGNEUSE DE FACE.

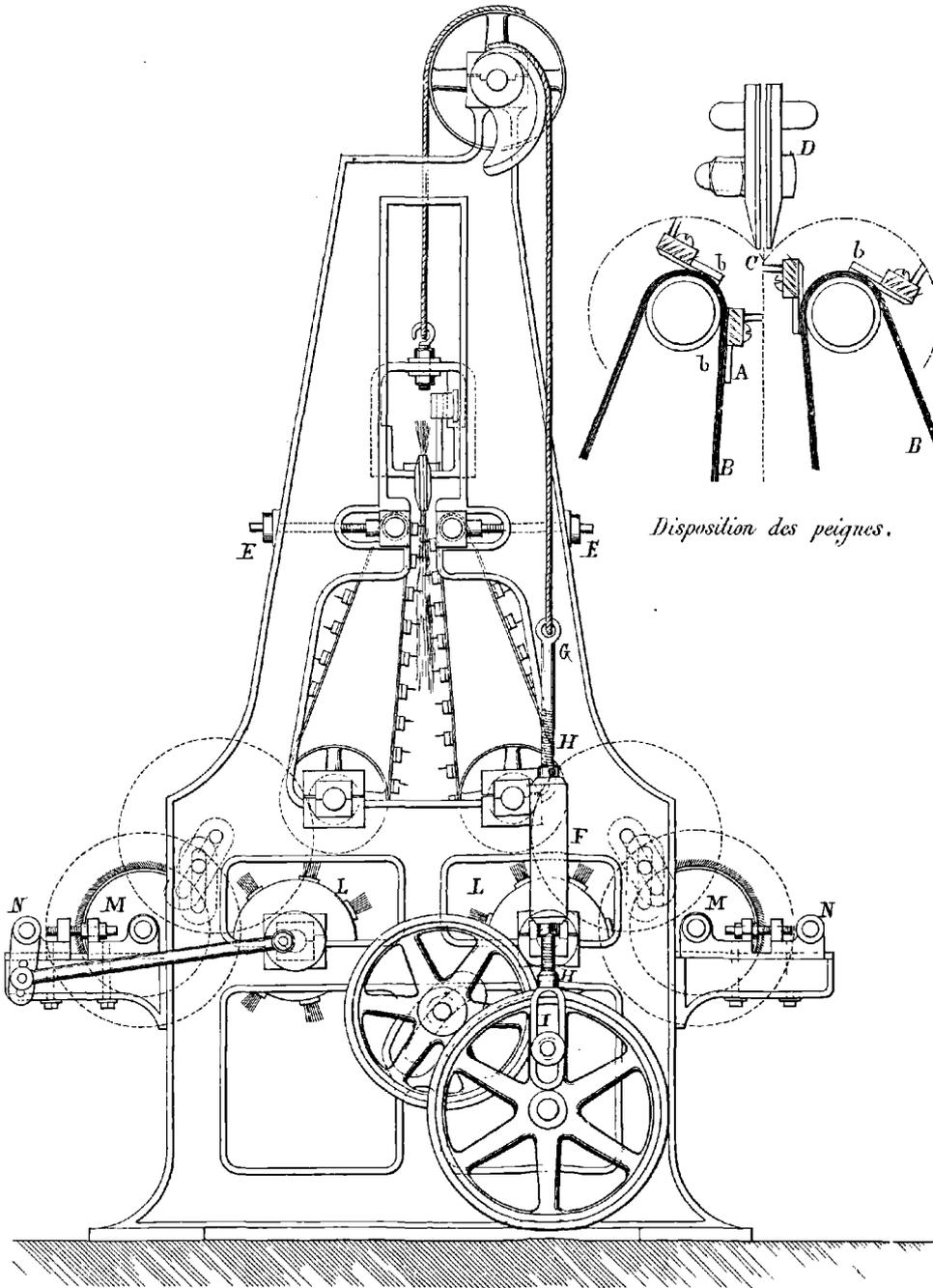


VUE PERSPECTIVE D'UNE PEIGNEUSE.

SYSTEME ROUSSELLE ET DOSSCHE.



MACHINE A PEIGNER DE STEPHEN, COTTON & CO..



APPAREILS DE SAUVETAGE EN CAS D'INCENDIE.

Rapport présenté par M. VANDENBERGH.

Toutes les recherches qui ont pour but d'amoindrir des effets destructeurs, quelle que soit la cause qui les produit, doivent intéresser notre Société.

Le feu qui dévore en quelques heures d'immenses constructions et tout ce qu'elles contiennent est un des plus terribles fléaux que nous ayons à prévenir ou à combattre.

Les grands incendies de Londres, de Paris, d'Anvers, de Chicago, nous ont laissé une impression de terreur, qui devrait avoir pour effet de nous rendre plus prévoyants, alors surtout qu'il s'agit de collections précieuses ou d'objets dont la perte est irréparable; mais un sinistre récent où les pertes matérielles ont été relativement insignifiantes nous a émus davantage, nous avons vu là des pauvres gens qui appelaient vainement un secours efficace; le fait peut se renouveler plus tragique encore. Il a fait ressortir l'insuffisance des moyens de sauvetage que possédait alors la ville de Lille.

Cependant les pompiers avaient, lors de l'événement malheureux que je viens de rappeler, des échelles ordinaires, celles à crochets, celles qui se rallongent en glissant l'une sur l'autre (Bonblain) ou en s'ajoutant bout à bout; l'échelle anglaise *Firescap* n'était pas remise à une très-grande distance. Une commission a été chargée des recherches et des études que comporte la question; entre autres moyens qui ont été examinés, on doit citer en première ligne un nouvel appareil inventé par MM. Constant (1) et Dejean (2); il est en

(1) Chef de bataillon des Pompiers de Lille.

(2) Sergent-mécanicien id.

construction et pourra être expérimenté d'une manière sérieuse ; les mêmes personnes ont aussi perfectionné le frein de sauvetage de Mulhouse et ils ont fait établir des appareils-freins très-simples et peu coûteux que tout le monde devrait se procurer ; c'est peut-être la solution la plus pratique qui puisse être présentée.

Les personnes qui se livrent à la recherche de moyens nouveaux ou qui essaient de perfectionner ceux qui existent peuvent être assurées de rencontrer vos plus vives sympathies.

Plusieurs appareils de sauvetage ont été soumis à l'appréciation du Comité du Génie civil ; il a pensé que les encouragements qui seraient donnés en assemblée générale pourraient exercer une heureuse influence , en provoquant l'émulation dans cette question d'humanité ; il m'a chargé de vous faire connaître son appréciation.

Nous savons que des solutions peuvent être cherchées dans différentes directions ; ainsi nous avons à examiner deux genres d'échelles qui ne sont pas comparables ; les unes feraient partie intégrantes des immeubles ; les autres doivent être facilement transportables.

Les modèles de ces inventions étant sous vos yeux, il ne sera pas nécessaire de les décrire dans les plus petits détails.

APPAREILS DE M. FRÉMY.

Je ne m'arrêterai pas au premier moyen présenté au Comité qui ne l'a pas approuvé à cause de la difficulté du fonctionnement.

M. Frémy, sans se laisser décourager par les difficultés, a suivi une autre idée qui paraît meilleure ; elle se résume dans la construction d'une échelle en fer dont les parties sont articulées de manière à pouvoir se loger dans une rainure verticale très-faible , pratiquée ou ménagée dans toute la hauteur d'une façade ; cet encastrement qui a pour but d'éviter toute saillie sur le net du parement extérieur n'est même pas nécessaire et il présenterait quelques inconvénients.

Le fonctionnement est simple ; l'un des montants est fixé sur la façade , et préférablement dans le prolongement du plan mitoyen ,

en ce cas l'appareil appartient à deux propriétaires voisins. A l'état ordinaire, l'échelle tient dix fois moins de place que le tuyau de descente à côté duquel elle est placée, les échelons et le montant mobiles étant relevés contre le montant fixe.

Un bras de levier prolonge le montant mobile et se présente dans l'étage sous le comble de la maison la plus haute; il permet d'abaisser et, par suite, de pousser en avant le montant mobile qui entraîne les échelons dans un mouvement rotatif de haut en bas jusqu'au moment où il repose sur le sol du trottoir et où l'échelle se profile perpendiculaire à la façade; dans cette position elle n'est sans doute pas absolument rigide, mais elle peut être utilisée pour le sauvetage de l'une ou l'autre des maisons contiguës. Il était nécessaire qu'une femme, qu'un enfant, put profiter de l'appareil sans être obligé de monter au dernier étage; on y a pourvu; un câble ou un fil de fer est attaché au bras de levier dont il a été parlé, il descend à travers les plafonds contre le mur ou dans le mur mitoyen, de manière à ce qu'il soit facile à tous les étages et dans chacune des maisons de lancer l'échelle dans la position utile.

L'auteur de l'appareil que nous examinons ne s'est pas dissimulé la difficulté qu'il y aurait à descendre sur une échelle placée verticalement; il y a, en ce cas, un effet de vertige à surmonter; il voudrait que dans chaque maison et même à chaque étage on eût à sa disposition des ceintures à crochet et poids, le crochet se plaçant successivement à chaque échelon au fur et à mesure de la descente et le poids glissant dans un cylindre rainé attaché au montant mobile. Il pense que dans ces conditions de sécurité un homme jeune pourrait sans crainte et sans danger supporter la charge, non-seulement d'un enfant, mais même d'une personne lourde, puisqu'il serait à chaque nouveau mouvement accroché à l'échelle et toujours retenu dans le sens horizontal.

Il est plus difficile encore d'atteindre l'échelle par une des fenêtres, sans l'aide d'un homme exercé ou du moins hardi et vigoureux, car il faut franchir la distance qui sépare l'une de l'autre; des poignées

scellées dans le mur doivent permettre , en posant les pieds sur la saillie des cordons , d'atteindre l'appareil.

Il a fallu encore prévoir la situation où des obstacles quelconques empêchent de descendre. En vue de cette circonstance , qu'il faut supposer assez rare, le montant mobile a été prolongé en contournant la corniche et l'extrémité rattachée à une chaîne qui traverse la partie inférieure de la toiture en glissant sur une poulie. Il paraît évident que peu de personnes seraient capables d'atteindre ainsi les combles ; encore faut-il supposer assez gratuitement que les maisons voisines ont à peu près la même hauteur et qu'on peut trouver par là un moyen de salut ; cette dernière partie de la solution n'est vraiment pas satisfaisante.

M. Frémy pense que les échelles qu'il a conçues pour le sauvetage pourront être utilisées pour l'entretien et la réparation des façades.

Votre Comité du Génie civil n'a pas pu émettre l'avis que l'invention qui nous occupe est de tous points irréprochable ; elle est encore trop compliquée d'éléments fort divers qui se complètent insuffisamment et les détails laissent à désirer comme fonctionnement ; mais l'idée est bonne.

Il ne s'agit pas d'ailleurs de trouver l'unique appareil de sauvetage qui donnera une sécurité complète dans tous les cas ; il suffit que le procédé soit ingénieux et suffisamment étudié pour que nous le recommandions à votre bienveillance. M. Frémy est doué de beaucoup de persévérance , il ne s'arrêtera pas jusqu'à ce qu'il ait mis en pratique son appareil qu'il perfectionne chaque jour.

APPAREIL DE SAUVETAGE DE MM. GILQUIN ET DE LACAUE.

L'appareil conçu par MM. Gilquin et de Lacaue est tout différent de celui qui vient d'être examiné.

Partant de cette opinion , qu'en beaucoup de circonstances les personnes qui courent un grand danger manquent absolument du sang-froid nécessaire pour se sauver elles-mêmes, ils ont imaginé un

instrument qu'ils ont présenté au Comité du Génie civil comme étant susceptible de rendre dans tous les cas possibles de plus grands services que les échelles Firescap, employées à Londres, et dont nous possédons un spécimen dans notre ville de Lille; il est en effet critiquable à bien des égards et il est vrai qu'il ne peut être d'aucun secours dans les rues étroites.

Le système peut être expliqué assez simplement en négligeant les détails. Quatre échelles en fer de différentes longueurs sont placées l'une sur l'autre en occupant le moins d'espace possible au remisage; elles sont couchées avec une légère pente sur un chariot et disposées pour pouvoir glisser, de manière à obtenir l'effet utile d'une seule échelle très-longue. Une partie de la plate-forme du chariot est tournante comme les plaques de chemin de fer; elle porte l'appareil et ses accessoires.

Supposons maintenant que nous devons agir dans les conditions difficiles d'une rue étroite bordée de constructions très-élevées, où l'incendie s'est déclaré dans l'un des étages; les pompiers ou même les premières personnes venues conduisent le chariot sur le lieu du sinistre; le point le plus élevé de la série d'échelles est attiré par une chaîne qui s'enroule autour d'un cylindre, le point bas reste fixe tandis que l'autre s'élève jusqu'à ce que l'échelle ait pris une pente de 70° environ par rapport au plancher; elle peut atteindre à un premier étage (5^m 50 de hauteur); à ce moment deux tiges articulées à 4^m de hauteur avec l'échelle principale se détachent pour se fixer inférieurement dans le plancher, de façon à obtenir un chevalement solide par rapport à la série d'échelles qu'on va maintenant faire glisser l'une après l'autre, en manière de rallonges et au moyen d'un simple treuil jusqu'à ce qu'on ait obtenu la hauteur nécessaire. Il n'y a plus maintenant qu'à faire tourner la plate-forme pour que l'extrémité supérieure de l'appareil se présente contre la fenêtre où il s'agit d'opérer un sauvetage, une toile métallique s'est élevée sans qu'on ait à s'en occuper, entre la façade et l'échelle, ainsi préservée de l'effet des flammes sortant par les fenêtres.

Peut-on espérer que dans des conditions aussi difficiles , le fonctionnement aura lieu simplement et dans un temps très court ? Les explications et les assurances qui ont été données au Comité lui laissent quelques doutes, car l'appareil se présente obliquement et il ne peut guère s'assujettir ni même bien se poser contre la façade à sa partie supérieure ; il est vrai que le croisement des montants et le doublement nécessaire de la première échelle ajoutent beaucoup à la rigidité sans augmenter considérablement le poids puisque le fer est creux , mais la hauteur jusqu'au-dessus des corniches peut être de 48^m, elle est même de 49^m et plus rue de la Gare.

Il parait très-difficile d'imaginer et de rendre vraiment pratique un appareil de sauvetage répondant parfaitement aux conditions suivantes : solidité, rigidité, durée, faible poids, usage facile à toutes les hauteurs par des personnes qui ne connaissent pas l'appareil , et enfin prix assez modéré pour qu'une ville comme Lille puisse en commander au moins dix.

Le prix de l'échelle de MM. Gilquin et De Lacauve ne s'élève pas à plus de 4,200 fr., c'est peu en les comparant aux échelles Firescap qui coûtent 4,400 fr. (1) et dont le programme a été bien plus facile à remplir.

Encore perfectionné dans ses détails , l'appareil que nous venons d'examiner peut devenir pratique et utilisable dans les grandes villes; tel qu'il est , vos éloges lui sont dûs , et le Comité du Génie civil ne peut que vous engager, Messieurs, à accorder les plus sympathiques encouragements à MM. Gilquin et De Lacauve.

Le Rapporteur,

E. VANDENBERGH.

(1) Ce chiffre est beaucoup plus élevé lorsque l'échelle est rendue à destination.

ÉTALON MONÉTAIRE.

Rapport de la Commission du Comité du Commerce , par M NEUT.

Dans sa séance du 19 janvier 1874 , le Comité du commerce et de la banque a nommé une Commission composée de :

MM. BRUNET ,
DERODE ,
DRUEZ ,
DUBAR ,
LEROY-CRÉPEAUX ,
WAHL-SÉE ,
Émile NEUT ,

à l'effet d'examiner la question de l'étalon monétaire.

La Commission de la question monétaire s'est réunie le 26 janvier et a cru ne pouvoir mieux faire que de prendre , pour base de son travail , le projet de questionnaire proposé à la conférence monétaire internationale à Paris.

PREMIÈRE QUESTION. — Quelles sont les causes de la dépréciation actuelle de l'argent , et quelle est leur durée probable ?

Réponse. — Ces causes semblent dues à la perturbation amenée par la guerre de 1870. La France a dû payer l'énorme indemnité de cinq milliards de francs à la Prusse qui n'a pas voulu accepter les billets de la banque de France , ni les bons du trésor Français , mais qui a exigé des espèces d'or et d'argent , ainsi que des traites de maisons et de banquiers à sa convenance.

La Prusse détient, c'est-à-dire immobilise une grande quantité d'or dans les coffres de l'Etat pour son trésor de guerre. En outre, l'Allemagne démonétise une somme d'argent équivalente à 4,200 millions de francs pour adopter, comme la Hollande et les États Scandinaves, l'unique étalon d'or. La Prusse est momentanément maîtresse, pour ainsi dire, du marché monétaire en Europe par la détention d'une grande quantité d'or, et la possession d'un chiffre encore excessif de valeurs de banque et d'argent monnayé qu'à sa guise elle peut convertir en or.

Pareille situation ne s'est jamais présentée, et l'on peut s'attendre à voir disparaître cette perturbation par suite de l'équilibre qui se rétablira naturellement.

La dépréciation de l'argent peut être aussi attribuée, en partie, à la diminution de l'exportation vers l'Orient. Actuellement, cette situation tend à se modifier, mais on ne saurait perdre de vue le manque de récolte dans l'Inde qui frappe une population d'environ 30,000,000 d'habitants. Il s'ensuit que ces peuples, aux prises avec la famine, n'ont guère à vendre, et que, comme en 1865, l'argent prend peu le chemin de l'Inde.

A ces causes viennent se joindre la restriction apportée depuis quelque temps à la frappe des pièces de cinq francs en argent en Belgique, et surtout en France, et l'incertitude en ce qui concerne le maintien du double étalon par la France, la Belgique, la Suisse et l'Italie.

DEUXIÈME QUESTION. — Quels sont les inconvénients de cette situation, relativement à la circulation et au monnayage dans les pays unis par la convention de 1865 ?

Réponse — Les inconvénients sont le drainage de l'or par les pays l'ayant pour unique étalon, et l'invasion en France, de l'argent qui se trouve dans ces pays. Il est évident que le transport onéreux ou plus difficile de l'argent apporte une gêne dans les transactions, et qu'en ce qui regarde le monnayage, la frappe des pièces

de cinq francs n'étant pas limitée, l'un des quatre États concordataires peut en abuser à son profit au désavantage des autres.

TROISIÈME QUESTION. — Est-il possible de trouver des remèdes à ces inconvénients :

1° Par la limitation de la fabrication des pièces de 5 fr. d'argent ou par sa suspension pour un temps donné ;

2° Par la limitation de la somme d'argent pouvant être imposée au créancier dans les paiements ;

3° Par la limitation du cours des pièces de 5 fr. d'argent à l'intérieur de chaque État ;

4° Par toute autre mesure à rechercher ?

Réponse. — On peut limiter la fabrication des pièces de cinq francs d'argent par chaque État, ainsi que cela se pratique pour la monnaie divisionnaire, mais il ne faut pas imposer la limitation de la somme d'argent dans les paiements.

La banque de France pourrait aussi retirer de la circulation ses coupures de cinq francs plus désagréables, dans les paiements d'une certaine importance, que les écus de cinq francs, sans compter que ceux-ci sont généralement préférés au papier par le petit commerce.

QUATRIÈME QUESTION. — Y a-t-il lieu de substituer le cours légal réciproque des monnaies courantes des quatre États à leur cours dans les caisses publiques ?

Réponse. — Si les États concordataires s'entendent sur le chiffre d'argent à monnayer annuellement par chacun d'eux, il y a lieu de substituer le cours légal réciproque des pièces de 5 fr. à leur cours dans les caisses publiques.

CINQUIÈME QUESTION. — La clause de la convention de 1865, relative au droit d'accession, ne doit-elle pas être modifiée ?

Réponse. — Il serait sage de stipuler que l'accord des puissances unies par la convention de 1865 sera nécessaire pour admettre ou rejeter les demandes d'accession.

SIXIÈME QUESTION. — Ne convient-il pas d'examiner dans une conférence monétaire annuelle des États concordataires, quels sont les résultats obtenus et quelles mesures il y a lieu de prendre?

Réponse. — Une conférence monétaire annuelle ne peut qu'être fort utile et la Commission exprime le vœu qu'elle soit décidée par la conférence internationale.

Au résumé, si l'on considère les monnaies d'or et d'argent non comme marchandises, mais bien comme signes légaux et représentatifs des valeurs mobilières et immobilières, du travail etc., elles ne présentent pas des dangers ou inconvénients tels qu'il faille trop s'émouvoir de la disproportion actuelle de la valeur de l'or avec celle de l'argent, valeur fixée par la loi du 7 germinal an XI, à un gramme d'or pour quinze grammes et demi d'argent. Il convient de ne pas perdre de vue que la démonétisation des pièces de cinq francs coûterait, à la France, 400 millions de francs. Si, d'un côté, notre pays n'est pas dans une situation à provoquer un pareil sacrifice, de l'autre, nous avons aujourd'hui le cours forcé du papier, de même qu'il existe aux États-Unis, en Russie, en Autriche et en Italie. Lorsque ces pays reprendront leurs paiements en espèces, on verra les deux monnaies reprendre leur équilibre que des circonstances anormales sont venues troubler, et la Commission conclut au maintien du double étalon d'or et d'argent.

La question monétaire préoccupant la finance, le commerce et l'industrie, n'est-ce pas le cas d'attirer également l'attention sur les agissements de la Banque de France? Le capital de notre premier établissement de crédit ne s'élève qu'à 452,500,000 fr., et avec ses diverses réserves, à 240 millions. Contre un encaisse métallique de 514 millions, la banque a pour 2,869.000,000 de ses billets en circulation. Par suite du cours forcé, elle réalise ainsi un bénéfice considérable, et ses actions sont cotées 4,420 francs. Or, si par le privilège qui lui est accordé, la banque de France n'est pas obligée d'appliquer une portion de ses profits aux frais d'achats plus consi-

dérables de métaux précieux pour reprendre ses paiements en espèces d'or et d'argent, si, disons-nous, la banque suit volontiers la hausse de l'escompte dans les pays environnants, pourquoi maintient-elle, pour du papier, le taux de 5 %, lorsque la Belgique, payant en or et argent est à 4 %, et que l'Angleterre, payant aussi en espèces d'or et d'argent, est à 3 1/2 %, en même temps que le change de Paris sur Londres est descendu de 25 fr. 20 à 25 fr. 25 ? C'est le commerce, l'industrie, le travail national en un mot, qui procure la majeure partie du bénéfice considérable que réalise la banque de France, et puisqu'elle fait payer cher l'escompte lorsqu'il est élevé à Bruxelles et à Londres, il y aurait équité à le baisser également lorsqu'il y est modéré, autrement la France paie, par ce fait, plus cher que la Belgique et l'Angleterre les produits similaires importés dans les trois pays, et toutes les branches de l'industrie et du négoce français se trouvent dans des conditions relativement inférieures.

Le Rapporteur,

Emile NEUT.

DUNKERQUE.

SON ÉTAT PRÉSENT, SON AVENIR.

Rapport présenté par M. BONTE à l'Assemblée du 24 mars 1874.

La question de l'amélioration du port de Dunkerque est une de celles qui doivent le plus constamment, le plus vivement, préoccuper l'attention publique dans notre région du Nord.

C'est qu'en effet, si Lille et les autres villes du département vivifient Dunkerque, Dunkerque à son tour alimente l'immense mouvement industriel qui nous entoure, et sa prospérité s'unit si intimement à la nôtre, qu'il semble que les canaux, les chemins de fer qui nous relient, soient véritablement comme les veines de la circulation d'une même existence commerciale et industrielle.

C'est là un juste titre aux sympathies de la Société industrielle du Nord, et le Comité du Commerce croit remplir sa mission en vous exposant l'état fâcheux et déplorable dans lequel se trouve actuellement le port de Dunkerque : état qui s'aggrave chaque jour, et tel, que bientôt ce port, le quatrième et presque le troisième de France, pour l'importance, ne sera plus abordable, si des travaux immédiats n'en dégagent pas l'entrée.

Laissant de côté, et pour de bonnes raisons, la nomenclature variée des dépenses des diverses puissances : Romains, Goths, Comtes de Flandres, Autrichiens, Espagnols, Anglais, qui ont suc-

cessivement occupé Dunkerque, on trouve dans son historique que la France, depuis deux siècles, lui a consacré plus de 60 millions.— La dernière allocation remonte au décret de 1864 qui lui allouait 45 millions en divers termes.

On a beaucoup écrit et beaucoup parlé sur ces 45 millions ; mais depuis qu'ils sont votés, et depuis douze ans que les travaux du bassin sont commencés, ces travaux sont loin d'être terminés ; et par l'insuffisance des chasses, la passe à l'entrée du port s'obstrue et le banc de sable s'y exhausse.

Il paraît que les moyens employés jusqu'à ce jour pour creuser cette passe ont été insuffisants ; en effet, lorsque l'écluse du bassin des chasses fonctionnait, elle avait pour résultat d'entretenir la passe à une profondeur de 5 ou 6 mètres, mais depuis que cette malheureuse écluse est en réparations et ne fournit plus de chasses, le sable s'amoncèle, rendant le port inaccessible ou très-difficile à la plupart des navires, surtout quand les navires sont d'un fort tonnage. Or, les grands navires ont remplacé maintenant les petits. Le frêt à bon marché ne s'obtient que par l'emploi de grands steamers ou de grands voiliers, et la moyenne du tonnage a doublé depuis dix ans. — Pour satisfaire cette nouvelle navigation, il faut donc une entrée facile, des bassins plus profonds, des quais plus étendus. Malheureusement c'est tout le contraire qui a eu lieu ! — Depuis douze ans, les bassins sont les mêmes, les quais sont trop petits, et le banc s'est élevé d'un mètre, de telle sorte que la hauteur d'eau qui était en 1860 de 5 mètres en morte eau, n'est plus que de 4 mètres quand il n'y a pas de levée, c'est-à-dire quand la mer n'est pas agitée. Aussi l'amélioration de l'entrée du port est-elle la question brûlante, la première dont on doive s'occuper. Les radiers des bassins, le chenal entre les jetées et les bassins eux-mêmes ont de plus grandes profondeurs que l'entrée du port, mais à quoi servent ces profondeurs si l'on ne peut franchir la porte que sur des coquilles de noix ? Durant toute l'année, nous avons vu de nombreux navires attendant sur rade qu'il y eût suffisamment d'eau pour tenter l'entrée, obligés de se faire

alléger à grands frais, et malgré cet allègement, quelques-uns venir aborder les jetées et s'y faire de graves avaries et endommager même l'estacade, tant il leur était difficile de prendre la passe qui n'est plus dans l'axe du chenal et qui va se rétrécissant sans cesse.

Si l'état actuel doit se prolonger, c'en est fait de Dunkerque maritime; c'en est fait de sa prospérité et de ses relations extérieures. Déjà son nom effraie les capitaines et les assureurs; et les négociants eux-mêmes n'oublieront pas vite les pertes d'argent éprouvées en 1873 par le long stationnement sur rade à chaque morte-eau. Ces pertes ont été évaluées à plus de 4,200,000 fr.; et cependant..., un mètre d'eau de plus à l'entrée, et cet argent n'était pas perdu!! — Que faut-il donc faire pour l'obtenir, ce précieux mètre d'eau? Tout simplement draguer les apports de sable en attendant la fin des réparations de l'écluse de chasse. Les ingénieurs avaient estimé ces apports à 60,000 mètres cubes et la dépense d'enlèvement à 420,000 fr.; mais le travail n'a pas été exécuté; des millions menacent de se perdre et l'avenir du port est compromis. Ils nous assureront en peu d'années une passe profonde, des écluses de chasse convenables, si l'argent leur vient en aide; mais il n'y a plus une minute à perdre. Il faut de l'eau, il faut la drague; et, tout de suite, car les sables s'accumulent à ce point qu'on peut compter le moment où le port se fermera. Imitons les Anglais dont certains ports avaient, comme Dunkerque, une barre de 600 mètr. de longueur sur laquelle il n'y avait plus que 2^m50 d'eau. Grâce à la drague et aux chasses, ces mêmes ports ont une profondeur constante de 8 mètres! — Avec leur ardente initiative, que ne feraient-ils pas de ce port de Dunkerque, si avantageusement placé entre la mer du Nord et la Manche, et ayant derrière lui la contrée la plus manufacturière de France et l'agriculture la plus avancée. Que ne feraient-ils pas de cette magnifique rade dont l'immense profondeur, le calme relatif, le parfait entretien du balisage et des feux flottants dans ces dernières années ont abrité des milliers de navires, dans toutes les saisons et par tous les temps, calmes et tempêtes, sans autres avaries jamais que quel-

ques ruptures de chaînes. — Sur cette rade , nous avons vu en 1868, 1869 et 1870 , la division cuirassée de la Manche, et pendant la dernière guerre , les plus gros vaisseaux de notre flotte y sont restés des mois entiers pour le service du pays et de la défense.

A l'œuvre donc , pour sauver un port si digne d'intérêt , si riche d'avenir ; qui fut le port privilégié de Louis XIV, de Colbert et de Vauban , qui , de 1713 jusqu'à la guerre de l'indépendance en Amérique , sous Louis XVI , paya par sa complète ruine la rançon de la France à la paix d'Utrecht.

Dans les conditions politiques où nous sommes , qui sait si Dunkerque ne deviendrait pas un point stratégique important ! La flotte Allemande n'est pas loin ! Nous invoquons donc l'urgence pour les travaux indispensables au port de Dunkerque , et à l'œuvre, disons-nous encore ! Le temps presse ! et en terminant , nous demandons à la Société Industrielle , qui représente tant d'intérêts importants dans notre contrée , de s'associer au sentiment de sympathie qui a inspiré le travail de son Comité du Commerce et des Finances.

Le Président du Comité du Commerce et des Finances ,

ADRIEN BONTE.

ÉTUDES SUR LE GISEMENT DE LA HOUILLE
DANS LE NORD DE LA FRANCE.

Par M. GOSSELET.

PREMIÈRE PARTIE.

A voir l'activité que l'on met à certaines époques à rechercher de nouveaux gisements houillers et la manière dont on procède à ces travaux, on serait tenté de croire que l'on est sous l'influence de quelque épidémie qui altère les facultés mentales de ce que l'on nomme les actionnaires et les livre, pieds et poings liés, soit à des charlatans, soit à d'honnêtes ignorants, ce qui revient au même pour les résultats; nous traversons une de ces fièvres épidémiques.

Il y a quelque temps on vint me consulter sur la reprise d'anciens travaux de recherches. Je répondis qu'on avait 99 chances contre une de ne pas trouver de charbon. Je réservais la 100^e chance pour quelque'une de ces circonstances imprévues qui se rencontrent en géologie comme dans toutes les sciences de la nature. Après être revenu me voir plusieurs fois et avoir longtemps discuté pour me prouver que je me trompais, mon interlocuteur me dit que ses associés étaient décidés à courir la 100^e chance. Faites, lui répondis-je, mais je souhaite pour vous que vous ne réussissiez pas. Si vous trouvez du charbon, vous êtes ruinés. Grand étonnement de sa part. — Oui, vous êtes ruinés, car vous ne pourrez trouver qu'un bassin réduit, peu productif, et vous y ferez d'énormes dépenses

sans en retirer jamais aucun avantage. — Je viens d'apprendre que les travaux étaient commencés ! Je pourrais citer bien des faits de ce genre. Que de fois m'a-t-on dit : faudrait-il creuser bien profondément , à Lille , pour atteindre le charbon !!

J'ai donc pensé rendre un service au pays en exposant les conditions où on peut espérer trouver la houille et celles où on est assuré de ne pas la rencontrer, en vous donnant les preuves de mes affirmations , en vous montrant par des exemples , qu'on peut avoir confiance en la géologie , pourvu que le géologue sache mettre un frein à son imagination et ne cherche pas à forcer les faits pour les plier à ses théories.

Avant d'entamer le côté pratique de la question, j'ai besoin de vous exposer quelques faits de science pure, nécessaires, tant pour arrêter, comme je vous le disais , les écarts de l'imagination, que pour poser des principes dont nous aurons à tirer de nombreuses déductions.

Il est inutile que j'insiste sur la nature végétale de la houille ; elle est prouvée par sa composition chimique , par sa structure microscopique qui a révélé en maintes circonstances un tissu végétal , par les empreintes qui l'accompagnent.

Il n'est personne parmi vous qui ne connaisse les feuilles de fougères que l'on rencontre en très-grande quantité dans le terrain houiller. Elles appartiennent à plusieurs genres : les uns , tels que les Pécoptéris ressemblent aux Ptéris de nos bois ; d'autres , tels que les Odontoptéris , présentent un type aujourd'hui inconnu. Du reste, on ne peut pas classer les fougères de l'époque houillère comme les fougères actuelles , parce que l'on trouve rarement leurs organes de reproduction. Vous savez que les fougères de nos bois ont une tige souterraine d'où sortent les feuilles. Dans les contrées tropicales poussent des fougères arborescentes qui ont un tronc ligneux aérien et font maintenant l'ornement de nos serres. La rareté de ces troncs dans le terrain houiller porte à croire que la plupart des fougères de l'époque houillère étaient herbacées comme celles qui tapissent nos

forêts. Elles y croissaient à l'ombre de grands arbres appartenant aux ordres des Lycopodiacées et des Equisétacées.

L'ordre des Lycopodiacées ne comprend plus que quelques humbles herbes : les Lycopodes, Psilotum, Sélaginelles ; alors il renfermait des arbres qui atteignaient 45 mètres de hauteur, les Lepidodendron et les Sigillaria. Les premiers ont les empreintes des feuilles très-nombreuses, disposées en spirales pressées autour de la tige ; chez les seconds elles sont situées le long de côtes longitudinales et celles de deux côtes voisines alternent, de manière à ce que leur ensemble forme des quinconces espacés. Leurs organes de fructification sont des épis ; les sporanges sont situées à l'aisselle de bractées ou de feuilles à peine modifiées. Ceux des Sigillaria et de quelques Lepidodendron ne contiennent qu'une seule espèce de spores comme chez les Lycopodes. D'autres Lepidodendron ont à la fois des macrospores et des microspores comme les Sélaginelles. Dernièrement feu l'abbé Coemans a indiqué plusieurs analogies entre les Fougères et les Lycopodiacées de l'époque houillère.

Les Equisétacées qui de nos jours ne sont plus représentées que par les Equisetum (Prèles ou Queues de cheval) comprenaient aussi à l'époque houillère des arbres de grande taille à tige ligneuse, articulée et creuse intérieurement. Leur surface extérieure était lisse ou à peine striée, tandis que la surface intérieure était cannelée. Il est souvent arrivé que le tronc a été rempli de sable, puis il s'est presque entièrement détruit et il n'en reste plus que le moule interne à surface cannelée, revêtue d'une toute petite couche charbonneuse. On en voit un magnifique exemple à l'entrée du musée de Douai. Jusque dans ces dernières années, on avait complètement séparé ces moules intérieurs désignés sous le nom de Calamites, des troncs complets que l'on nommait Calamodendron.

Les épis fructifères ou Calamostachys ressemblent beaucoup à ceux des Equisetum, ils en diffèrent seulement parce qu'entre les écailles peltées qui portent les sporanges, il y a des bractées foliacées.

On considère comme les branches de ces troncs, de petites tiges minces ornées de collerettes de feuilles verticillées et que l'on a désignées sous les noms d'Asterophyllites, Annularia, Sphenophyllum. Cependant on connaît des épis fructifères qui accompagnent certaines de ces tiges et qui diffèrent beaucoup des Calamostachys dont il vient d'être question. Ils se composent de gros sporanges sphériques, sessiles à l'aisselle des feuilles ou bractées. L'abbé Coemans, dans un travail fait en commun avec M. Kickx avait considéré les Sphénophyllum comme des végétaux dicolylédones aquatiques, voisins des Hippuris de nos rivières.

Ces plantes cryptogames formaient la majorité des essences forestières de l'époque houillère; elles étaient accompagnées de quelques Phanérogames appartenant à la classe des Gymnospermes. Cette classe où naguère on réunissait à tort les Sigillaria ne commença à prendre un développement considérable qu'après le dépôt du terrain houiller. Mais dans ce terrain on trouve des feuilles que l'on rapporte à la famille des Cycadées, arbres du port des Palmiers, qui constituent avec les Conifères la classe des Gymnosperme. C'est aussi à la même famille que l'on attribue certains fruits à coque ligneuse désignés sous le nom général de Carpolites.

Ces antiques forêts devaient être habitées par de nombreux insectes, mais les découvertes de cette nature ont été bien rares dans notre pays. On ne peut y citer qu'un névroptère, *Omalia macroptera*, étudié par MM. Van Beneden et Coemans.

Du reste, notre bassin houiller n'a pas encore été étudié sous le rapport paléontologique comme il mériterait de l'être. La Paléontologie végétale entre dans une voie nouvelle; jusqu'à présent on s'était borné à l'analyse, on avait cherché à reconnaître les différentes formes végétales: feuilles, épis fructifères, tiges, racines, et on leur avait donné des noms spéciaux. Maintenant les matériaux connus sont suffisants pour tenter la synthèse. On cherche à reconstituer le végétal en rassemblant les différents organes d'une même espèce. C'est une œuvre difficile, qui exige une profonde connaissance de la botanique.

Ainsi , à l'époque houillère notre région était couverte de forêts , mais que d'absurdités ne dit-on pas souvent sur ces antiques forêts. On y fait courir les Mastodontes , qui vivaient des millions de siècles après l'époque houillère ; à la place des Sigillaria , des Calamites au tronc creux , à pousse rapide , on suppose des arbres énormes sur lesquels grimpaient les Megatherium , paresseux aussi gros que des éléphants. Tout cela est dit , est imprimé au nom de la science ; puis on s'étonnera du peu de confiance qu'inspirent ces prétendus géologues. Il y a quelque chose de pire que l'ignorance , c'est l'erreur.

On trouve de nombreuses espèces appartenant aux Lycopodiacées , aux Fougères , aux Sigillariées , et on constate facilement qu'elles sont venu successivement orner le sol de notre région.

De même , dans les tourbières du Danemark , on rencontre des couches de tourbe superposées , dont la plus ancienne est remplie de pins , la seconde de chênes rouvres , la troisième de bouleaux et d'aulnes ; tandis que le hêtre forme actuellement l'essence dominante en Danemark. On pourrait donc dire : il y a en Danemark quatre végétations successives qui ont duré pendant des temps plus ou moins longs , et comme nous comptons , ou du moins nous comptons , les événements historiques par les règnes des rois , nous pouvons compter les phénomènes géologiques ayant rapport à la tourbe par le règne de telle ou telle essence.

La chronologie végétale marche ici de pair avec la chronologie humaine. Dans les couches qui renferment les bouleaux on a rencontré des instruments en fer du moyen-âge , dans celle qui contient les chênes , des objets de bronze , et une hache de pierre est enfoncée dans un des pins de la couche inférieure.

Il en est de notre houille comme de la tourbe du Danemark. Elle s'est formée à plusieurs époques de végétation successive.

M. Geinitz , professeur à Dresde , a distingué cinq grandes périodes , qu'il désigne sous le nom de :

Zone des Lycopodiacées ;

— des Sigillariées ;

— des Calamites ;

— des Asterophyllites ;

— des Fougères.

Non pas que ces diverses familles n'aient vécu que pendant une période déterminée de l'époque houillère, mais elles dominaient à telle ou telle période, et dans chacune d'elles, elles sont représentées par des espèces spéciales.

C'est là un fait géologique important au point de vue théorique et aussi au point de vue pratique.

Il y a longtemps que l'on a appelé les empreintes fossiles les médailles de la création. Comme l'antiquaire fixe l'âge de ses monuments à l'aide des médailles qu'il y rencontre, nous fixerons l'âge des diverses couches de houille par les végétaux qu'on y trouve, et nous pourrions ainsi reconnaître le niveau auquel appartient telle ou telle veine du terrain houiller.

Chaque veine de houille a sa flore spéciale, au moins dans une région limitée. On peut donc reconnaître les veines bien mieux par les empreintes qui les accompagnent que par leur composition chimique, car la composition chimique peut varier avec les modifications géologiques que la houille a subies. Ainsi, les houilles maigres de Caarleroy deviennent de plus en plus gazeuses vers l'Ouest. Dans les charbonnages du Centre elles sont propres à la fabrication du gaz, et à Sirault, à Bernissart, elles redeviennent maigres et anthraciteuses.

Généralement la houille est intercalée entre deux bancs de schistes. Le supérieur, désigné sous le nom de *toit* ou de *roc*, est régulièrement feuilleté, micacé, rempli d'empreintes de feuilles et de tiges.

L'inférieur, appelé *mur*, a une cassure irrégulière, il est traversé en tous les sens de racines et de radicules de *Stigmaria*. C'est l'ancien sol de la forêt houillère.

Outre la houille et le schiste, on trouve encore dans le terrain

houiller des grès dits *Querelle* par les mineurs. Ces grès sont généralement à une certaine distance au-dessus des veines de houille, quelquefois tout contre le toit, jamais au mur. On peut admettre que le grès s'est formé à une époque où la forêt houillère était envahie par une inondation. On remarque souvent dans les grès, des tiges de végétaux, mais rarement des feuilles; les tiges sont parfois droites; on voit que ce sont des arbres creux qui sont restés en place et qui ont été remplis par du sable. On y distingue encore le fourreau de charbon qui entoure et isole le cylindre intérieur arénacé. Il arrive, lorsqu'on a enlevé la veine de houille, que l'arbre reste suspendu au toit, le cylindre intérieur glissant alors dans le fourreau de charbon, qui offre peu de résistance, tombe et peut occasionner de graves accidents. L'épaisseur des bancs de grès est très-variable, ce qui fait que la puissance des *stampes*, c'est-à-dire l'intervalle de deux couches de houille, est elle-même peu constante. On voit les couches de houille s'éloigner ou se rapprocher, quelquefois même disparaître par la jonction des couches de grès.

La houille de Belgique et du Nord de la France appartient uniquement aux règnes des Sigillariées et des Calamites. Elle repose directement sur un calcaire, dit calcaire carbonifère, caractérisé par l'abondance de certaines coquilles, les *Productus*. C'est la pierre de Tournai, de Soignies, de Marbaix, de Marquise. Sous le calcaire carbonifère on trouve des grès remplis d'une autre coquille, le *Spirifer Verneuli*, que les géologues rapportent au terrain dévonien. Dans certains pays, comme sur les bords de la Loire, en Angleterre, les terrains correspondants au calcaire carbonifère et au grès dévonien contiennent de la houille. C'est la zone des Lycopodiacées de M. Geinitz. Mais chez nous ces terrains ne renferment que des veinules insignifiantes de matières charbonneuses. C'est là un fait qu'il ne faut pas perdre de vue.

Il y a de petites veines charbonneuses dans le grès dévonien du Nord, mais elles sont très-minces; elles n'ont jamais rien produit et ne produiront jamais rien; leur seul effet, économiquement parlant,

sera de faire le vide dans la bourse des actionnaires qui voudraient les exploiter.

Prenons des exemples : En 1858, on fit un sondage à Halluin et on rencontra à 200 mètr. de profondeur un banc de grès micacé avec veines charbonneuses ; on crut que c'était du grès houiller. La présence d'un nouveau bassin houiller à Halluin cadrerait avec des idées théoriques émises quelques années auparavant par M. Meugy, le savant ingénieur auquel le Département du Nord est redevable de sa carte géologique. En vain M. Delanoue, qui connaissait si bien le pays, fit-il observer que le terrain dévonien peut contenir des veines de charbon, et que le sondage d'Halluin n'avait ramené que des roches dévoniennes ; une société s'organisa pour faire des recherches un peu plus au nord, à Menin. Ayant eu à m'occuper de ces questions, au point de vue scientifique, je déclarai que les couches charbonneuses d'Halluin appartenaient au terrain dévonien, et qu'un puits fait à Menin rencontrerait des dépôts plus anciens encore, c'est-à-dire le terrain silurien.⁽¹⁾ Cet avis ne parvint pas aux actionnaires ou ne fut pas écouté. Quoi qu'il en soit, on fit un sondage à Menin et on le poussa jusqu'à 300 mètr., et comme je l'avais annoncé, on trouva le terrain silurien.

A Caffiers, on rencontra anciennement des vénules de charbon dans des conditions identiques : on fit un puits qui atteignit le terrain silurien, c'est un fait qui avait été constaté par tous les géologues ; aussi ai-je été bien étonné de voir, il y a deux ans, une nouvelle société reprendre ces travaux.

A Etrœungt, près d'Avesnes, on trouva, dit-on, aussi de la houille dans le même terrain, cette fois ce n'était plus de petites vénules, c'était de grosses *gayettes* qui alimentèrent pendant quelques jours les forges environnantes. Quelle joie dans le pays et parmi les actionnaires ! On organisa un repas, des danses et surtout un appel de fonds. Malheureusement, le puits ne donna plus de *gayettes* et pour une bonne raison : la fosse avait produit tout ce qu'on voulait en retirer.

(1) Le terrain silurien est antérieur au terrain dévonien et celui-ci au terrain carbonifère.

Ainsi, lorsqu'on vous annoncera la découverte de charbon en dehors du terrain houiller normal, ne le croyez pas; on peut en trouver dans d'autres pays, mais chez nous il n'y en a pas.

Les zones à *Annularia* et à Fougères, qui sont celles exploitées dans le Palatinat et la Moselle, manquent aussi dans notre région. Lorsqu'elles se formaient à l'Est de l'Ardenne, notre région éprouvait des phénomènes géologiques qui anéantissaient les conditions où les dépôts houillers s'étaient faits.

Par suite d'une sorte de compression latérale, les couches houillères et les couches plus anciennes furent redressées, plissées, et fracturées, et pendant longtemps le pays fit partie d'un sol continental où il ne se produisait aucune roche nouvelle. Plus tard, la mer revint le couvrir et déposa le terrain crétacé. Il en résulte que le terrain houiller est recouvert directement et en stratification discordante par le terrain crétacé que les mineurs appellent *terrain mort*.

Les premiers dépôts crétacés, sable et argile du gault furent locaux, puis vint une couche généralement verte et ferrugineuse, remplie de galets et désignée sous le nom de *tourtia*.

Je vous ai parlé de ces couches crétacées pour détruire deux erreurs trop généralement répandues. On suppose que le *tourtia* indique la houille. Il est très-vrai que souvent le *tourtia* recouvre le terrain houiller, mais il recouvre aussi le calcaire carbonifère, le terrain dévonien, en un mot tous les terrains primaires. Le *tourtia* prouve donc qu'on est à la base du terrain crétacé, mais ne prouve pas du tout que sous ce terrain mort on devra trouver la houille.

Une autre erreur est de supposer que si on ne rencontre pas sous le *tourtia* soit le terrain houiller, soit le calcaire carbonifère, on sera nécessairement dans un terrain improductif dit *vieux grès rouge*. Jetez les yeux sur la carte du bassin houiller de Valenciennes, dressée par M. Dormoy, Ingénieur des mines, et éditée par l'imprimerie nationale, vous serez frappés de l'angle rentrant que fait la limite du bassin houiller dans l'intérieur de Valenciennes. C'est que lors d'un sondage fait dans la ville, après avoir traversé le *tourtia*,

on rencontra une argile bleue à reflets rougeâtres. On crut que c'était le vieux grès rouge et on arrêta le sondage qui avait pour but de chercher de l'eau.

J'ai reconnu depuis que cette argile appartenait à l'étage du gault et était bien à sa place, entre le tourtia et le terrain houiller, car je suis convaincu que celui-ci est dessous.

DEUXIÈME PARTIE.

Les forêts marécageuses qui ont produit la houille occupaient un certain espace en dehors duquel on ne peut espérer trouver de charbon. Il s'agit donc maintenant de bien déterminer leur position et, pour cela, de rétablir la géographie de notre région à l'époque houillère.

Un plateau de terrain silurien prenait naissance au nord de Liège, de Namur, d'Ath, de Tournai, de Menin, de St-Omer et de Caffiers. Il formait une région élevée qui, maintenant, s'enfonce sous le Brabant et la Flandre et la mer du Nord. Les conditions n'y étaient pas favorables à la formation de la houille, aussi n'y faut-il pas chercher de charbon.

Au S. O. un autre plateau de terrain silurien et dévonien inférieur, se dirigeait de Spa vers Givet et Fourmies. Au-delà de cette ville, il nous est caché par des terrains plus récents, mais on peut logiquement supposer qu'il allait, en passant sous Dieppe et le Havre, se relier avec le Cotentin et la presqu'île de Cornouailles. Sur ce plateau *encore*, la houille est absente.

Entre les deux plateaux, il y avait une région plus basse, divisée en deux bassins par une crête saillante. Cette saillie passait au sud de Liège, d'Huy, de Namur, de Charleroy, de Mons, de Valenciennes, de Douai, etc. Dans le Pas-de-Calais, elle se trouve jalonnée par les affleurements de grès rouge qui ont été ramenés au jour par des dislocations géologiques ultérieures. A partir de Fauquemberg, elle doit se continuer souterrainement en se dirigeant vers Boulogne, traverser le détroit et aller se relier aux affleurements de grès rouge de Sommerset.

Comme il faut des noms pour désigner ces divers accidents de terrain, nous appellerons *Plateau du Brabant* le plateau septentrional, *Plateau de l'Ardenne* le plateau méridional et *Crête du Condros* la ligne de hauteurs intermédiaire. Le bassin septentrional sera le *Bassin de Namur* et le bassin méridional, le *Bassin de Dinant*. Ces noms sont empruntés à la Belgique, parce que dans ce pays le terrain houiller et les terrains voisins n'étant pas recouverts de terrains morts, on peut beaucoup plus facilement reconnaître leur allure.

Pendant l'époque dévonienne et pendant l'époque carbonifère inférieure, ces bassins se sont remplis peu à peu de sédiments marins. Aussi on trouve successivement de bas en haut :

- 1° Le terrain silurien ;
- 2° Le grès rouge dévonien ;
- 3° Le calcaire dévonien ;
- 4° Les psammites dévoniens ;
- 5° Le calcaire carbonifère ;

Puis à l'époque carbonifère moyenne ou houillère, ils ont été couverts de forêts marécageuses qui ont produit la houille. Mais la fin de l'époque houillère n'était pas arrivée qu'un évènement considérable venait transformer le pays et nous priver de richesses immenses en arrêtant brusquement la formation du charbon.

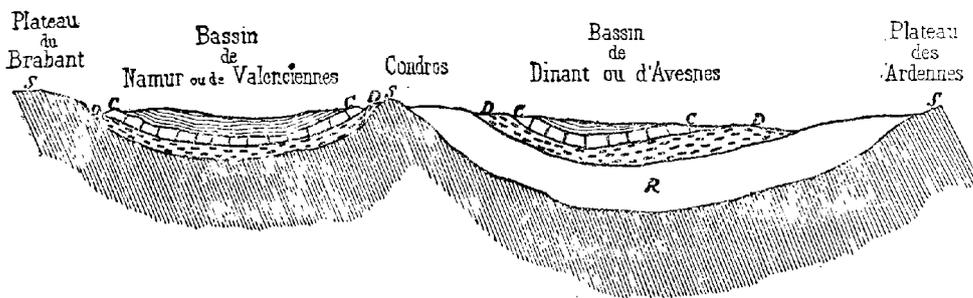
Le plateau de l'Ardenne fut poussé vers le plateau du Brabant, qui reçut la pression sans bouger et sans éprouver aucune modification. Il n'en fut pas de même des parties basses intermédiaires. Obligées de se resserrer dans un espace plus étroit, les couches qui les constituaient et qui étaient primitivement horizontales ou faiblement inclinées, se plissèrent et se redressèrent. Les lieux les plus bas, où les conditions avaient été le plus favorables au développement des forêts marécageuses, devinrent des centres d'affaissement ; ils furent enfermés dans les plis en forme de V décrits par les couches inférieures. Il y eut en outre des fractures, des cassures plus ou moins considérables, des glissements de certaines parties les unes sur les autres.

Par suite de ces mouvements, les conditions qui avaient permis à la houille de se former, cessèrent d'exister, et notre région tout entière fit partie d'une surface continentale sur laquelle agirent l'air, la pluie, la gelée et les autres agents météoriques.

Le terrain houiller le plus récent, le moins dur, le plus altérable de tous, fut celui qui eut le plus à souffrir de ces effets destructeurs. Partout il est à un niveau plus bas que les terrains calcaires ou arénacés voisins. Plus tard, lorsque la mer de l'époque crétacée vint recouvrir toute la partie occidentale de nos deux bassins, elle y trouva ou même y creusa dans les couches houillères des cavités qui atteignent jusqu'à 2 à 300 mètres.

Occupons-nous maintenant de chaque bassin en particulier.

Fig. 4.

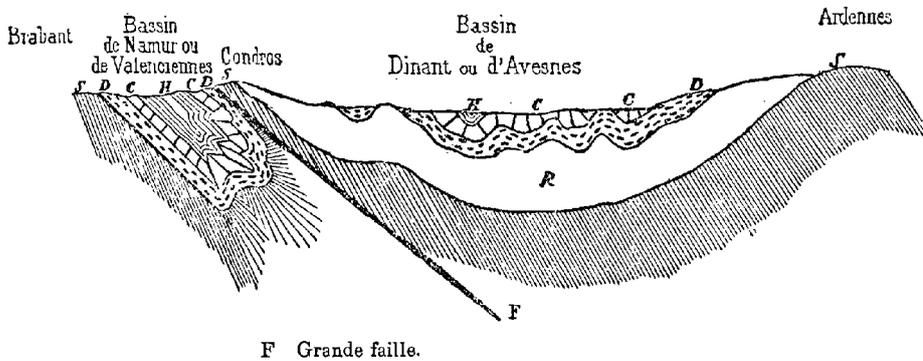


- S Terrain silurien.
- R Vieux grès rouge.
- H Schistes houillers.
- D Calcaire et psammites dévoniens.
- C Calcaire carbonifère.

Le bassin du Nord, le plus important des deux au point de vue qui nous occupe, était enfermé entre le plateau silurien de Brabant et la crête du Condros, formée elle-même d'une petite bande de terrain silurien sur lequel s'appuyait une bande beaucoup plus large de grès rouge, dit aussi *Poudingue de Burnot* (fig. 4). Au nord

de cette crête il y avait probablement un point faible, une ancienne cassure datant de l'époque silurienne. Lorsque vint l'épouvantable pression, dont il a été question plus haut, le point faible céda, il se fit une fente prodigieuse que l'on peut suivre depuis Liège jusqu'à Marquise. C'est ce que nous appellerons la grande faille. Elle sépare le bassin nord de la crête du Condros (fig. 2).

Fig. 2.



F Grande faille.

Toute la partie septentrionale du bassin nord, solidement appuyée sur la pente du plateau de Brabant, n'éprouva que peu de modifications. Il n'en fut pas de même de la partie méridionale violemment poussée vers le nord.

Tantôt elle fut simplement rejetée sur la moitié septentrionale. Les couches en sont renversées, ce que la disposition du mur et du toit rend des plus manifeste. Les schistes du toit y sont sous la houille; ceux du mur sont au-dessus; les arbres sont renversés la tête en bas, les racines en l'air. Une coupe de la concession d'Aniche, donné par M. Vuillemin, met cette disposition en évidence (pl. 1).

Tantôt la partie méridionale se plissa en zig-zag. C'est ce qui a lieu à Mons, où les deux côtés du bassin présentent encore leur inclinaison normale vers le centre (pl. 2).

Tantôt les deux mouvements se sont combinés, c'est-à-dire qu'il

y a à la fois plissement et renversement comme à Anzin (pl. 3) ⁽¹⁾ et aux environs de Charleroy.

Par suite des violentes pressions qu'elle a essuyées, la houille du midi est devenue plus grasse, parfois plus riche en grisou.

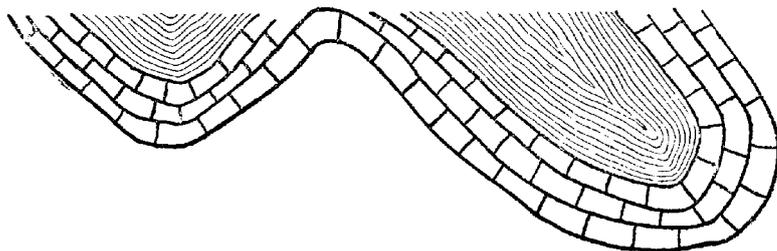
Les terrains inférieurs à la houille ont été redressés avec elle. Sur les bords de la Meuse, au sud de Namur et aussi sur les bords de la Sambre au sud de Charleroy, on voit manifestement le calcaire carbonifère rejeté sur le terrain houiller, le psammite dévonien sur le calcaire carbonifère et le calcaire dévonien sur le psammite (fig. 2).

Ainsi le terrain houiller est enfermé dans une sorte de V incliné la pointe vers le sud et dont les branches sont plus ou moins ouvertes. Parfois, elles se rapprochent tellement que les deux bords du bassin venant à se joindre, le terrain houiller disparaît complètement. C'est ce qui a lieu entre Namur et Huy.

Le V peut se transformer en W, c'est-à-dire qu'il se produit un petit bassin séparé du bassin principal par un pli du calcaire carbonifère (fig. 3). Ce petit bassin adventif, qui n'a en général que peu d'étendue, se relie presque toujours au grand bassin par l'atténuation du plissement qui lui a donné naissance.

Fig. 3.

COUPE THÉORIQUE DU BASSIN HOULLER AVEC PLISSEMENT
CALCAIRE AU MILIEU.



Ainsi le terrain houiller exploité à Vendin, à l'est de Béthune, est séparé du bassin de Bruay par un pli de calcaire carbonifère, tandis qu'au sud-est il se relie aux exploitations de Béthune et de Nœux.

(1) Je dois cette coupe d'Anzin à l'obligeance de M. de Marsilly, directeur des mines d'Anzin.

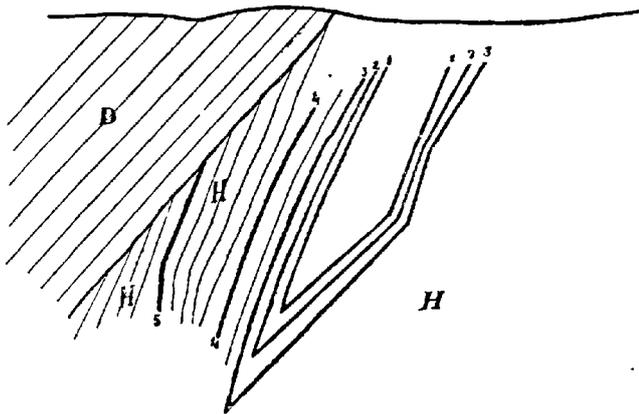
La présence de ces plis dans le terrain houiller a une importance capitale lorsqu'on veut évaluer la richesse en combustible. Si on se borne à supputer d'après le nombre et l'épaisseur des couches, on s'expose à de nombreux mécomptes, car on pourra faire entrer deux fois en ligne de compte la même couche si on n'a pas observé le pli qui la ramène au jour.

Outre les plissements et les failles, il s'est encore produit, nous avons dit, des glissements de certaines portions du sol les unes sur les autres. C'est surtout au contact de la grande faille que ce phénomène a pris une grande importance. La lèvre septentrionale de cette faille s'est souvent abaissée et la crête du Condros gravissant sur cette espèce de plan incliné est venu recouvrir le terrain houiller. On constate en Belgique de nombreux exemples de la superposition directe du grès rouge dévonien sur le terrain houiller.

A Ougrée, près de Liège, on exploite depuis 1860 plusieurs veines de houille sous le terrain dévonien, comme le montre la figure suivante :

Fig. 4.

COUPE DE LA MINE D'OUGRÉE, PRÈS LIÈGE.



- D Terrain dévonien inférieur (grès rouge)
- H Schistes houillers.
- 1, 2, 3, 4, 5, veines de houille.

A Courrières , on vient aussi de trouver de la houille sous le grès rouge.

Ainsi , ce terrain rouge n'est pas toujours complètement négatif , c'est là un fait important à constater, car les limites de la plupart des concessions et des exploitations s'arrêtent aux roches rouges , tandis qu'on pourrait les porter plus au sud. Mais il ne faut pas s'en exagérer la portée.

La faille , qui sépare le grès rouge du terrain houiller est oblique , le terrain houiller s'enfoncé donc rapidement sous le grès rouge et il doit bientôt arriver à une profondeur où son exploitation ne serait plus profitable dans les conditions actuelles.

De plus , le grès rouge forme une bande qui a plusieurs kilomètres de largeur , et ce n'est que dans le voisinage de la faille que sa partie inférieure recouvre le terrain houiller. Voilà pourquoi il était si important de savoir distinguer les divers niveaux de grès rouge et de reconnaître si on était à la base ou au sommet de l'étage. J'y suis arrivé à la suite d'études beaucoup trop spéciales pour être exposées ici. Ainsi je puis affirmer que les schistes rouges et verts , rapportés par la sonde au sud de Bully-Grenay , appartiennent à la zone inférieure du grès rouge , qui doit reposer directement soit sur le terrain houiller , soit sur le calcaire carbonifère.

Il serait vivement à désirer que la Compagnie ne se laissât pas décourager et poursuivit ce sondage qui , je l'espère , lui révélera une extension considérable de son champs d'exploitation.

Comme l'a très-bien fait remarquer M. Cornet , ingénieur des mines du Levant du Flénu qui , le premier , a insisté sur ce genre de mouvement(1), la crête du Condros , en remontant le plan incliné, produit par la grande faille , a parfois poussé devant elle des masses de calcaire carbonifère , qui viennent alors s'interposer entre le grès rouge et le terrain houiller. Dans ce cas , il y a double stratification

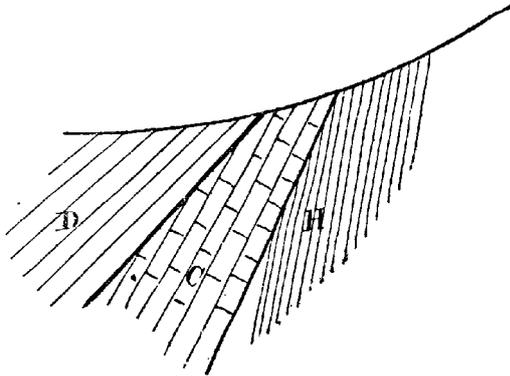
(1) *Patria Belgica*, I, p. 217. Bulletin scientifique , historique et littéraire du Département du Nord. (Voir page 195.)

discordante. Le calcaire est moins incliné que le terrain houiller et l'est plus que le grès rouge.

On pourra donc trouver la houille sous le calcaire carbonifère (c'est du reste ce qui vient d'avoir lieu à Auchy-au-Bois) et le terrain

Fig. 5.

INTERCALATION DU CALCAIRE CARBONIFÈRE ENTRE LE GRÈS ROUGE
ET LES SCHISTES HOUILLERS.



- D Terrain dévonien inférieur inférieur (grès rouge).
- C Calcaire carbonifère.
- H Schistes houillers.

houiller s'y développera de manière à présenter des couches qui n'existent pas en dehors du calcaire. C'est probablement ce qui a lieu au sud d'Aniche. Si on examine la coupe donnée par M. Willemain (Pl. I), on est frappé de ne pas retrouver au sud toutes les veines qui existent au nord. Nul doute pour moi qu'elles ne s'y rencontrent, mais qu'elles sont recouvertes obliquement par le calcaire.

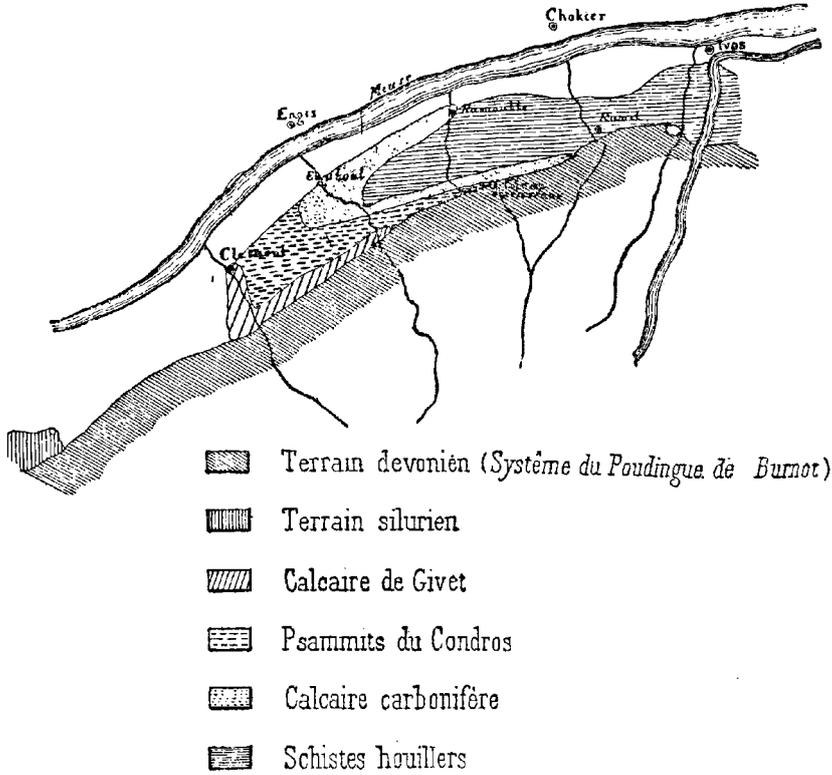
Non-seulement on peut retrouver le calcaire carbonifère entre le grès rouge et le terrain houiller, mais on peut aussi rencontrer dans cette position les psammites et le calcaire dévonien. C'est ce que l'on

voit sur les bords de la Meuse (fig. 2) et dans bien d'autres endroits en Belgique.

Au sud de Liège, la grande faille prend toutes les couches en écharpe comme le montre la carte (fig. 6). On comprend donc que

Fig. 6.

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA GRANDE FAILLE, PRÈS DE RAMET.



là où le bassin houiller a peu de largeur, la faille, venant couper obliquement toutes les assises du bassin septentrional, finisse par supprimer complètement ou plutôt par cacher complètement les couches houillères. Je suppose, sans cependant être affirmatif, que c'est à cette cause jointe au rétrécissement du *V* que l'on doit l'interruption du bassin houiller au-delà de Fléchinelle.

En bien des circonstances déjà, j'ai exprimé l'espoir qu'on retrouverait le terrain houiller entre Fléchinelle et Hardingham, et je suis loin d'avoir perdu confiance.

Les rapports de la houille d'Hardingham avec celle du Nord et du Pas-de-Calais ont été longtemps incertains. Je crois être arrivé à démontrer par deux études publiées, l'une en 1860, l'autre en 1873, que le terrain houiller d'Hardingham n'est que le prolongement de notre bassin, soit qu'il le représente complètement, soit qu'il n'en constitue qu'une partie, un de ces petits bassins secondaires comme ceux que j'ai cités plus haut.

Du Boulonnais, le grand bassin houiller Franco-Belge doit passer sous le détroit et se relier avec les couches houillères des environs de Bristol et du sud du pays de Galles. Déjà l'analogie des houilles de Bristol avec celles de Belgique, tant sous le rapport de la composition chimique que sous le rapport de la disposition des couches, a été signalée par MM. Briart et Cornet, qui dirigent comme ingénieurs les deux principales exploitations des environs de Mons, et qui, néanmoins, ont su trouver le temps d'acquérir une place éminente dans le domaine de la géologie pure (1). On verra tout-à-l'heure qu'on peut en donner une autre démonstration basée sur la stratigraphie des terrains environnants.

Je ne partage donc pas l'avis de M. Prestwich ni celui de M. Godwin Austen, et, loin de faire passer le bassin houiller au nord de Londres, comme le veut le premier, ou dans la vallée de la Tamise comme le pense le second, je crois qu'il faut aller le chercher dans le sud du Kent, le Sussex et le Hampshire.

J'ai donc bon espoir que les sondages entrepris maintenant par les Anglais dans le pays de Weald et poussés avec autant d'habileté que de persévérance, arriveront soit à la houille, soit aux couches qui l'avoisinent.

L'ouverture d'exploitations houillères en face de notre côte serait un fait aussi important pour nous que pour l'Angleterre.

(1) Prestwich. Adresse delivered at the anniversary meeting of the geological society of London, 16 février 1872, p. 57.

Le bassin carbonifère du midi ou bassin de Dinant est beaucoup plus large que celui du nord , mais on n'y connaît encore que quelques lambeaux de terrain houiller. Au centre , un pli transversal dirigé du nord au sud le divise en deux bassins secondaires : le bassin oriental ou de la Meuse et le bassin occidental ou de la Sambre. Le premier ne nous intéresse que par ce qu'il peut nous éclairer pour le second.

Au centre , il est presque complètement occupé par le calcaire carbonifère qui y est fortement plissé et présente une série de selles et de concavités. Ces dernières renferment parfois quelques veines de houille disposées en forme de bassin très-régulier. Ajoutons que cette houille est d'assez mauvaise qualité et que toutes les exploitations qui y ont été ouvertes sont abandonnées.

Dans le bassin de la Sambre il y a , à Aulnoye et à Taisnières , deux petits bassins houillers enfermés dans des plis du calcaire carbonifère. Ils vont en s'élargissant de l'est à l'ouest , et à partir de la Sambre , s'enfoncent sous le terrain crétacé. On ne sait ce qu'ils deviennent ; s'ils continuent à s'élargir , ils doivent se réunir à un bassin plus large qui pourrait être plus riche. Mais on doit avouer que ce qui se passe dans le bassin de la Meuse encourage peu à tenter les recherches.

Quoiqu'il en soit , le bassin carbonifère méridional doit s'étendre à l'ouest en passant par le Cambrésis , l'Artois , la Picardie et la Manche , car il va sortir dans le Devonshire et la presqu'île de Cornouailles. Là encore il est peu productif.

L'analogie du bassin primaire du Devonshire et du Cornouilles avec celui de Dinant ne peut être mise en doute. Ce sont , pour le terrain dévonien en particulier les mêmes assises , les mêmes roches , les mêmes particularités paléontologiques et pétrographiques. Pour le prouver il faudrait entrer dans des détails que je ne puis donner ici.

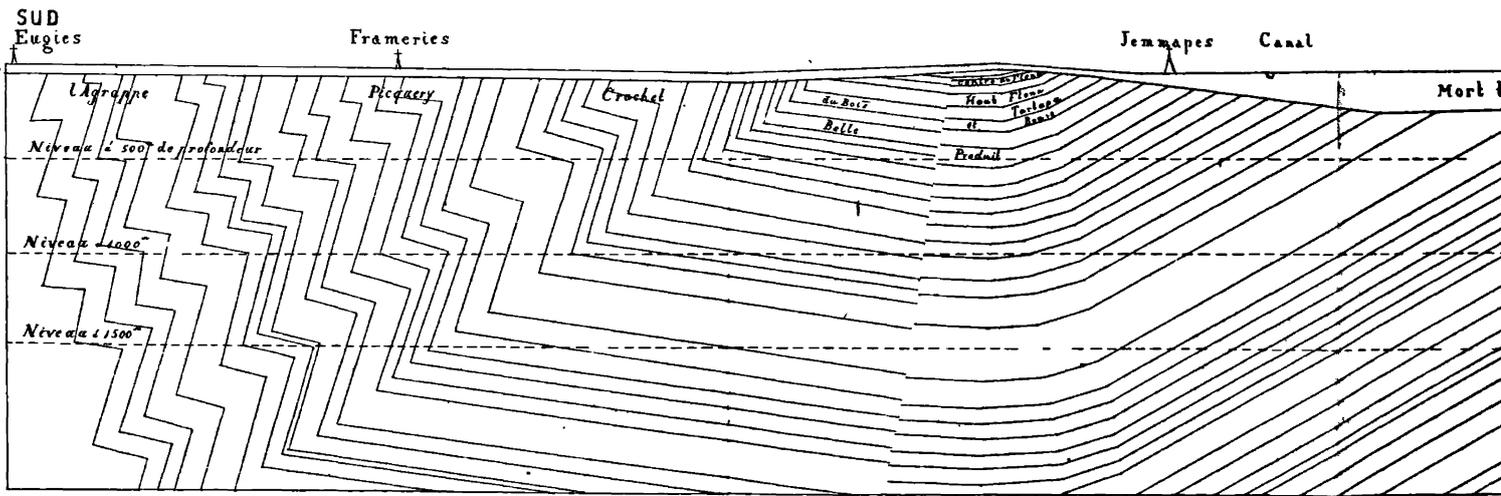
Si les roches du Devonshire correspondent bien à celles du bassin de Dinant et des environs d'Avesnes , les grès rouges de Linton qui les limitent au nord , sont sur le prolongement des grès rouges de

notre crête du Condros et le bassin houiller de Bristol qui est immédiatement au-delà des grès de Linton, n'est autre chose que notre bassin houiller de Liège, Mons et Valenciennes.

Dans le Devonshire, on trouve la houille en lambeaux peu épais et presque inexploitable, nouvelle raison pour fonder peu d'espoir sur la richesse houillère des petits bassins d'Aulnoye et de Taisnières.

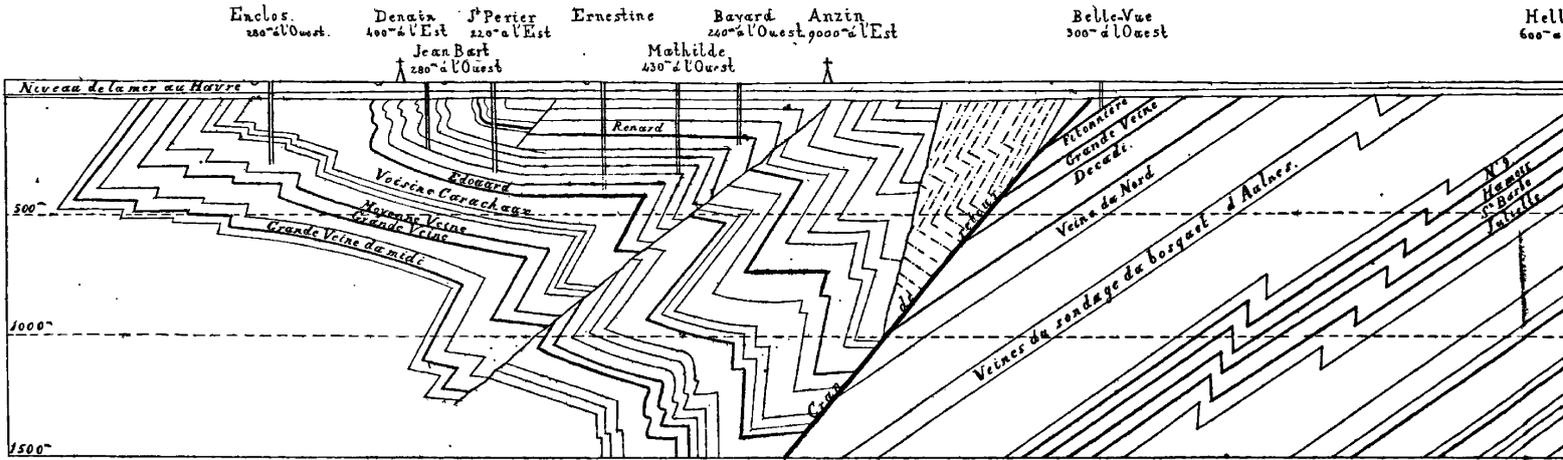
Ils devront cependant être explorés lorsque l'épuisement au grand bassin obligera à tenter tous les moyens pour découvrir de nouveaux gîtes de combustible. Espérons qu'alors les connaissances géologiques seront plus avancées et surtout auront pénétré davantage chez les praticiens, afin que les études soient mieux conduites que dans le bassin septentrional, où toutes les découvertes importantes ont été dûes au hasard.

BASSIN DU COUCHANT DE MONS.
Coupe NORD-SUD passant par les clochers
d'Eugies, de Frameries de Jemmapes et de Ghlin.



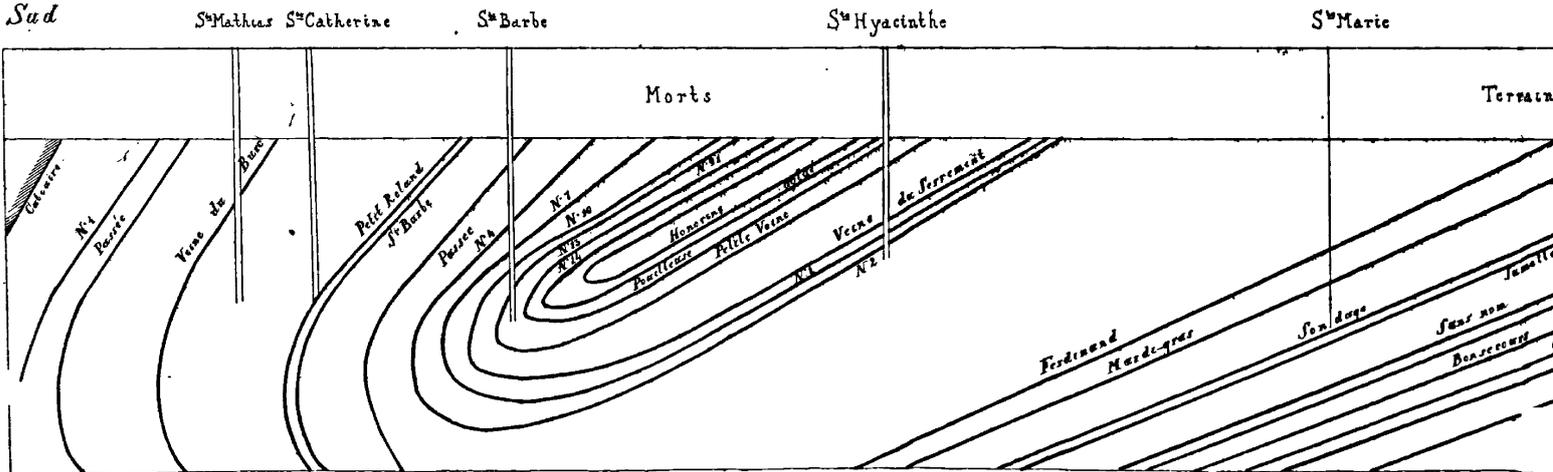
COUPE DU NORD AU SUD
 passant à 9,000 mètres à l'Ouest du clocher d'Anzin.

Sud 22° Est



Coupe verticale passant par les fosses
 S^{TE} CATHERINE & S^{TE} HYACINTHE.

Sud



THÉORIE DÉMONSTRATIVE DU PLANIMÈTRE
POLAIRE D'AMSLER.

Par M. A. THOMAS.

Vous savez, Messieurs, que toute surface plane peut être considérée comme engendrée par le mouvement d'une ligne droite sur un plan. Si ce mouvement est normal à la droite, et que celle-ci, variant de longueur à chaque instant, reste constamment parallèle à elle-même, elle engendrera une série de petits rectangles dont l'ensemble représentera l'aire de la courbe fermée, décrite par les deux points extrêmes de la droite génératrice. Cette aire pourra donc être rapportée à un rectangle ayant pour base le déplacement total de la droite, et pour hauteur la moyenne arithmétique des longueurs successives qu'elle doit atteindre. C'est sur ce principe qu'est fondée la méthode de quadrature de Thomas Simpson, et sur lequel aussi se basent tous les planimètres mécaniques inventés jusqu'aujourd'hui, à l'exception de celui d'Amsler.

M. Amsler, en effet, ne suppose plus que le mouvement de la droite ait une direction constante, ni que celle-ci reste constamment parallèle à elle-même; mais il considère la surface comme engendrée par le mouvement d'une droite de *longueur constante*, dont les extrémités s'appuient sur deux courbes directrices. Il en résulte que lorsqu'il s'agira de *quadrer* une courbe donnée par ce système, on devra recourir à une courbe auxiliaire devant servir de seconde directrice; nous verrons comment cette condition est résolue par l'instrument lui-même.

vement normal de pivotement, puisque l'arc a reste constamment et dans toutes ses parties, normal à la droite génératrice.

Si les courbes ont des points de rebroussement il pourra se faire que la droite ait à se transporter ou à pivoter en sens inverse de sa direction primitive; dans ce cas, le parallélogramme ou le secteur engendré, quelquefois même l'un et l'autre, devront être retranchés de l'aire précédente et leur pression algébrique serait $-lt$ ou $-la$; mais ces expressions équivalent à $l \times -t$ et à $l \times -a$, et comme t et a sont les grandeurs absolues des déplacements normaux, leur signe indique véritablement le sens de ce mouvement et le théorème général reste vrai; nous aurons donc pour l'expression de la surface :

$$S = l (\Sigma t + \Sigma a) \quad (1)$$

Reportons nous à la fig. 1 et soit M_3 , la position suivante de la génératrice, le trapézoïde total $M_2 M_3$ aura pour surface :

$$l (t_1 + t_2 + a_1 + a_2)$$

Mais si nous menons M''_3 parallèle à M_1 il est facile de voir que l'arc total $\widehat{M''_3 M_3}$ est égal à la somme des deux arcs composant $\widehat{M_1 M'_2} + \widehat{M_2 M_3}$, et notre surface sera

$$S = l (t_1 + t_2 + \text{arc } \widehat{M_1 M_3})$$

Prenons une 4^e position M_4 , dans laquelle le pivotement se fait en sens inverse du mouvement; le trapézoïde élémentaire $M_3 M_4$ aura pour expression le parallélogramme $M_3 M'_4$ diminué du secteur $M'_4 M_4$ soit :

$$\sigma = l (t_3 - \text{arc } \widehat{M'_4 M_4})$$

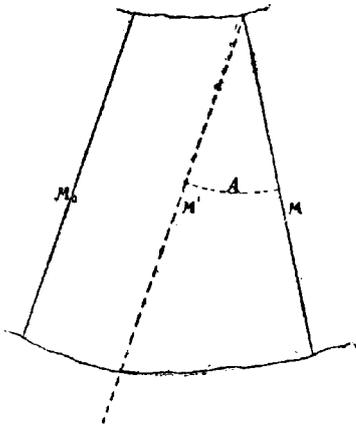
et la surface totale sera :

$$S = l (t_1 + t_2 + t_3 + \text{arc } M_1 M_3 - \text{arc } M'_4 M_4)$$

L'inspection de la figure fait encore voir que la ligne M''_4 , parallèle à M_1 et à M''_3 forme avec M_4 un angle précisément égal à la

différence $\widehat{M_1 M_3} - \widehat{M'_1 M'_3}$, c'est-à-dire à la *somme algébrique* des trois angles élémentaires.

Fig 2



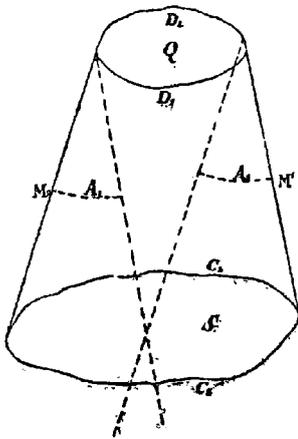
Donc, si (fig. 2) M_0 est la position initiale de la génératrice, M la position finale et M' une parallèle à M_0 menée par le sommet de M' , l'arc total A compris entre M et M' représentera exactement la somme algébrique des mouvements angulaires de la droite pendant le trajet total, et la formule deviendra :

$$S = l (\Sigma t + A) \quad (2)$$

C'est-à-dire que la surface est égale à la longueur l de la droite M multipliée par la somme des mouvements de translation normale, augmentée de l'arc de rayon $\frac{l}{2}$ construit sur l'angle formé par les deux positions extrêmes de la droite M .

APPLICATION DU THÉORÈME AUX COURBES FERMÉES, FORMULES GÉNÉRALES.

Fig 3



Soit comme précédemment une droite M de longueur l , partant d'une position M_0 pour arriver à la position M' en s'appuyant sur les deux branches directrices C_1 et D_1 ; la surface engendrée sera ; (2)

$$S_1 = l (\Sigma t_1 + A_1)$$

Supposons maintenant que la droite revienne de M' en M_0 en suivant deux autres branches C_2 et D_2 qui complètent avec C_1 et D_1 deux courbes fermées dont les surfaces seront S et Q .

La seconde nappe S_2 aura pour valeur :

$$S_2 = l (\sum t_2 + A_2)$$

La différence des deux nappes $S_1 - S_2$ est égale à la différence des aires des deux directrices totales

d'où $S = S_1 - S_2 + Q = l (\sum t_1 - \sum t_2 + A - A_2) + Q$ (3)

Nous remarquerons d'abord que le mouvement dans la 2^o nappe étant en sens différent, les translations t_2 seront négatives, de sorte que $\sum t_1 - \sum t_2$ est réellement la somme algébrique des translations pour le tracé total, soit :

$$\sum t_1 - \sum t_2 = \sum t$$

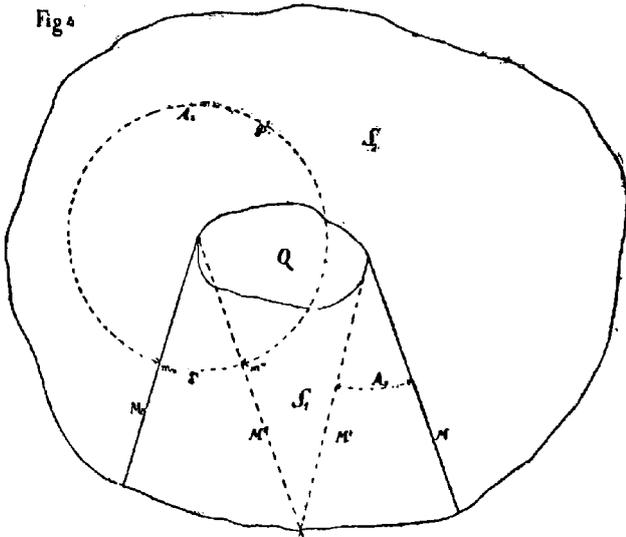
En second lieu, l'angle A_2 formé par M_0 et une parallèle à M' est absolument égal à A_1 , d'où $A_2 - A_1 = 0$, et l'équation 3 peut s'écrire :

$$S = l (\sum t) + Q$$
 (4)

Il n'y a donc plus qu'à mesurer les quantités de translation normale et l'aire de la directrice Q pour connaître l'aire S .

Mais il peut arriver que les deux courbes soient intérieures l'une à l'autre comme dans la fig. 4, et dans ce cas ce sera la *somme* des

Fig 4



deux nappes qui équivaudra à la différence des directrices, ou

$$S = S_1 + S_2 + Q = l (\Sigma t_1 + \Sigma t_2 + A_1 + A_2) + Q$$

Le mouvement de la droite n'ayant pas changé de sens, les translations seront de même signe et nous aurons encore $\Sigma t_1 + \Sigma t_2 = \Sigma t$.

Il n'en est pas de même pour les mouvements angulaires qui ne s'annulent plus; mais nous devons remarquer que dans la 2^e nappe la droite M transportée d'abord parallèlement en M'' doit rejoindre la position M_0 par un mouvement de même sens, c'est-à-dire en parcourant, non plus l'arc $m'' g m_0$, comme lorsque son mouvement de retour était de signe contraire au mouvement de départ, mais bien l'arc $m'' g' m_0$; il en résulte que l'arc total $A_1 + A_2$ est égal à une circonférence entière de rayon $\frac{l}{2}$; (on se rend facilement compte d'ailleurs de ce fait en observant qu'en réalité la droite M a décrit un cercle complet autour de son sommet) nous aurons donc :

$$A_1 + A_2 = \pi l$$

et
$$S = l (\Sigma t + \pi l) + Q = l \Sigma t + \pi l^2 + Q \quad (5)$$

La quantité πl^2 étant constante, ou du moins indépendante de l'aire et de la forme de la courbe, nous voyons que, même dans ce cas particulier, nous n'avons pas à nous occuper de la mensuration des mouvements angulaires.

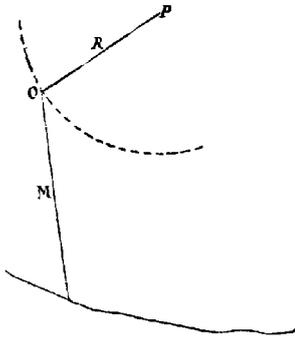
APPLICATION MÉCANIQUE DU THÉORÈME. — PLANIMÈTRE D'AMSLER.

L'objet de l'instrument qui mesurera mécaniquement les surfaces se réduit donc à la solution de la formule générale :

$$S = l \Sigma t + Q + K \quad (6)$$

la constante K étant nulle lorsque les directrices sont extérieures.

Fig 5



L'appareil de M. Amsler, réduit à sa plus simple expression, consiste en deux règles : R et M (fig. 5), articulées en o . — L'extrémité p de la règle R restant fixe, si l'on promène l'extrémité b de la règle M sur toute la périphérie d'un polygone fermé quelconque, on accomplira matériellement les conditions du théorème précédent, puisque la droite M de longueur constante l se mouvera sur le plan en s'appuyant d'une part sur la courbe donnée servant de 1^{re} directrice, et d'autre part sur l'arc de cercle de rayon R, qui constitue la seconde directrice.

Nous devons d'abord signaler deux conséquences importantes résultant de cette disposition.

1° Le point p , que M. Amsler appelle le *pôle* de l'instrument, est le centre de la directrice polaire, c'est-à-dire que celle-ci ne peut être enveloppée par la 2^e branche de la courbe mesurée que si son centre est enveloppé lui-même.

L'opérateur saura donc toujours d'avance s'il doit rapporter son résultat à l'équation (4) ou à l'équation (5), c'est-à-dire si la constante k de l'équation (6) est nulle ou égale à πl^2 , puisqu'il dépend de lui de placer le pôle à l'intérieur ou à l'extérieur de la courbe donnée.

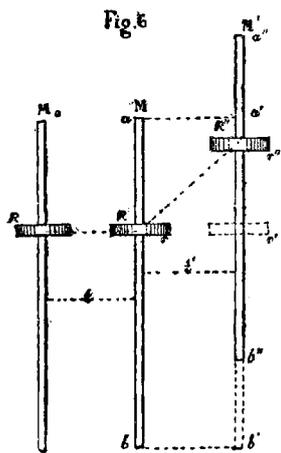
2° La seconde branche de la directrice polaire peut, ou achever le cercle de rayon R, ou revenir sur l'arc précédemment parcouru ; dans le premier cas, la surface Q vaut πR^2 ; dans le deuxième cas, elle est nulle. Or il n'est pas possible à l'opérateur de ne pas s'apercevoir si le point o parcourt deux fois le même arc en sens inverse, ou s'il parcourt un cercle entier ; il n'aura donc jamais à hésiter entre les deux valeurs $Q = \pi R^2$ ou $Q = 0$.

En résumé, l'équation générale applicable à l'instrument prendra suivant les cas susdits l'une des quatre formes suivantes :

- | | | | | | |
|---------------------|---|-------|--|--|----|
| 1° Pôle extérieur . | } | Eq. 4 | { le même arc pour
les 2 nappes.. } | $S = l \Sigma t$ | 7 |
| 2° D° | | | | $S = l \Sigma t + \pi R^2$ | 8 |
| 3° Pôle intérieur.. | } | Eq. 5 | { le même arc | $S = l \Sigma t + \pi l^2$ | 9 |
| 4° D° | | | | $S = l \Sigma t + \pi l^2 + \pi R^2$ | 10 |
| ou | | | | $S = l \Sigma t + C$ | 11 |

Il suffira donc pleinement que l'instrument enregistre les mouvements de translation.

Il serait impossible de construire un appareil qui pût atteindre un tel résultat ; celui de M. Amsler enregistre en effet les mouvements de pivotement en même temps que ceux de rotation ; mais nous verrons que cette disposition ne change rien aux formules (7) et (8), et qu'elle ajoute seulement une constante nouvelle aux formules (9) et (10) de telle sorte que la formule générale (11) reste vraie, sauf une modification à la constante générale C.



Dans le planimètre que nous décrivons, la règle M est une tige rigide qui porte une roue striée dont le plan est parfaitement perpendiculaire à l'axe de la règle. — Lorsque l'axe sera transporté normalement à sa direction et parallèlement à lui-même, par exemple de M₀ en M (fig. 6), il est évident que si la roue R pose sur un plan, elle tournera autour de son centre en développant un arc égal à la distance normale *t* des deux positions extrêmes.

Si le transport est encore parallèle mais sur une direction oblique à l'axe, comme

de M en M' (fig. 6), il est encore évident que si l'appareil entier était *absolument* rigide, ce transport ne pourrait pas se faire, ou que la roue glisserait sur le plan sans tourner; mais l'expérience a dès longtemps démontré que la roue aura encore tourné et développé un arc précisément égal à la distance normale t' des deux positions extrêmes.

Cela peut s'expliquer en admettant que, grâce à un peu de jeu (*infinitement peu*) dans les assemblages, et surtout à l'élasticité de la matière, le mouvement se décompose à chaque instant en un moment de translation normale de ab en $a'b'$ par exemple (fig. 6) suivi d'un mouvement de glissement dans le sens même de l'axe, de $a'b'$ en $a''b''$, la roue tournera pendant la première période en décrivant un arc égal à la distance normale rr' , et glissera sans tourner pendant la seconde période de r' en r'' ; il en résultera que la translation oblique totale MM' (fig. 6) n'aura déterminé sur la roue qu'un mouvement de révolution égal à la somme des éléments normaux, c'est-à-dire à la distance normale totale t' comprise entre les deux positions extrêmes.

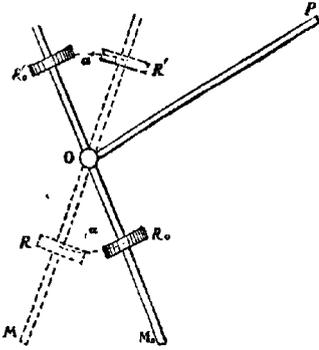
Si nous supposons maintenant que la circonférence de cette roue soit divisée en parties aliquotes, ou mieux, qu'elle porte des divisions d'une longueur développée déterminée et qu'elle tourne devant un repère fixe, elle totalisera à chaque instant les arcs dont elle tournera et par conséquent les distances normales de ses différentes positions parallèles successives, c'est-à-dire le terme t de notre équation générale.

Remarquons, pour n'y plus revenir, que lorsque la règle sera mûe en sens inverse, la roue tournera également en sens inverse et que par conséquent le numérotage des divisions passant devant le repère suivra une progression décroissante; en d'autres termes la roue *décomptera* et ses mouvements se retrancheront des totaux précédents; le résultat final sera donc rigoureusement la *somme algébrique* des mouvements normaux quels que soient leur signe.

Lorsque la règle pivotera, la roue ne s'arrêtera pas, et nous

devons étudier les conditions de son mouvement dans les secteurs ainsi que l'influence de ce mouvement sur les résultats qu'elle peut indiquer.

Fig 7



Le secteur (fig. 7) peut toujours être considéré comme formé par des éléments angulaires infiniment petits, dans lesquels l'arc se confond avec sa tangente; ainsi, à chaque instant du mouvement, le plan de la roue étant toujours normal à l'élément tangentiel parcouru, elle ne cessera pas de tourner, et l'arc décrit par un de ses points autour de son centre sera précisément égal à l'arc a engendré sur le plan par la projection de son centre. Ce mouvement de la roue sera naturellement enregistré et viendra

augmenter ou diminuer le nombre dû aux mouvements de translation, suivant que la roue se trouvera en deçà ou au-delà du sommet o ; (en a ou en a' (fig. 7).) L'indication fournie par le repère deviendrait donc $I = \sum t \pm \sum a$.

Si nous appelons z la distance entre l'articulation et le centre de la roue, et α l'angle formé par les côtés du secteur, chaque arc a aura pour expression $2 \pi z \frac{\alpha}{360}$

Les arcs menés sur le rayon $\frac{l}{2}$, qui mesurent les secteurs dans la théorie générale, ont pour expression $a = 2 \pi \frac{l}{2} \frac{\alpha}{360}$

Or nous avons vu que lorsque les courbes directrices sont extérieures, la somme algébrique $\sum a = A_1 - A_2$ est nulle, et ce résultat est absolument indépendant des rayons considérés, puisque ce sont les angles eux-mêmes qui donnent $\sum \alpha_1 - \sum \alpha_2 = 0$; donc l'erreur, en plus ou en moins, due au mouvement de la roue dans les éléments angulaires de la première nappe, sera compensée exactement dans

la seconde nappe, quelle que soit la position de la roue sur la règle, et nos équations 7 et 8 resteront applicables.

Il n'en sera plus de même si les directrices sont intérieures l'une à l'autre; en effet les mouvements angulaires de la droite doivent intervenir dans l'équation générale sous la forme $A_1 + A_2$, et nous avons reconnu que cette expression correspond à la valeur constante πl^2 (éq. 5, 9, 10).

Il sera donc nécessaire d'ajouter aux expressions 9 et 10 la correction due aux arcs enregistrés par la roue dans le cas d'un mouvement ayant le même signe dans les deux nappes.

Chaque arc élémentaire décrit et enregistré par la roue nous donne

$$a = 2 \pi z \frac{\alpha}{360}$$

donc
$$A = \Sigma a = 2 \pi z \Sigma \frac{\alpha}{360}$$

dans le cas des courbes extérieures :

$$\Sigma \alpha = 0 \text{ d'où } A = 0$$

dans le cas des courbes intérieures nous aurons :

$$\Sigma \alpha = 360^\circ \text{ d'où } \Sigma \frac{\alpha}{360} = 1 \text{ et } A = 2 \pi z$$

les équations 9 et 10 deviendront donc :

$$S = l \Sigma t + \pi l^2 \pm 2 \pi z l \tag{12}$$

$$S = l \Sigma t + \pi l^2 + \pi R^2 \pm 2 \pi z l \tag{13}$$

ou
$$S = l \Sigma t + C \pm 2 \pi z l \tag{14}$$

M. Amsler place la roue compteur au-delà de l'articulation, ce qui donne :

$$S = l \Sigma t + C + 2 \pi z l = l \Sigma t + C' \tag{15}$$

Si la roue était placée en deça de l'articulation (15) l'équation deviendrait

$$S = l \Sigma t + \pi R^2 + \pi l^2 - 2 \pi z l$$

et si l'on suppose alors $z = \frac{l}{2}$, c'est-à-dire si la roue est placée au milieu de la règle, il viendra $2 \pi z l = \pi l^2$ et les deux derniers termes s'annuleront, ce qui doit être puisque la constante πl^2 n'a été introduite que pour représenter la somme des arcs médians qui dans ce cas se trouvent enregistrés en vraie grandeur par la roulette. Nous verrons plus loin pour *quelle raison* M. Amsler n'a pas adopté cette construction, quelque simplicité *qu'elle semble* apporter aux résultats.

Nous avons démontré page 133 que la somme des mouvements de translation Σt est égale au développement total de la circonférence de la roulette autour de son centre. Nous verrons que ce développement se mesure sur un limbe gradué qui tourne devant un repère fixe. Si nous appelons a la valeur de l'arc divisionnaire correspondant à l'unité du numérotage de la graduation et n le nombre indiqué, il est clair que le développement total aura pour mesure

$$a \times n = \Sigma t$$

et que par conséquent la formule générale pourra s'écrire

$$S = l a n + C \qquad 16$$

soit :

I pour le pôle extérieur : $S = lan + \pi R^2$ ou $S = lan$ suivant que l'articulation aura décrit ou non le cercle entier.

II pour le pôle intérieur : $S = lan + \pi (l^2 + R^2 + 2 \pi z)$ ou $S = lan + \pi (l^2 + 2 \pi z)$ suivant les mêmes circonstances, c'est-à-dire que dans l'équation 16, C peut être nul ou prendre l'une des trois valeurs

$$\pi R^2, \quad l^2 + 2 \pi z l, \quad R^2 + l^2 + 2 \pi z l,$$

suivant des circonstances dont l'une dépend absolument de l'opérateur (placement du pôle en dedans ou en dehors de la courbe, ce qui détermine l'introduction ou l'annulation de la constante $l^2 + 2 \pi z l$) tandis que l'autre, qui ne peut échapper à l'observation, consiste dans l'introduction du terme πR^2 toutes les fois que l'articulation décrira une circonférence entière autour du pôle.

§ II. — APPLICATIONS.

ÉVALUATION MÉTRIQUE DES AIRES. — ÉCHELLES RÉDUITES.
ORDONNÉES MOYENNES.

En examinant l'équation générale $S = lan + C$, nous voyons que le terme variable de la fonction qui représente S se compose de trois facteurs dont deux longueurs l et a , et un nombre n , c'est-à-dire que la surface $S - C$ est décomposée en n rectangles de surface $l \times a$, ou en d'autres termes, que n représente exactement la surface $S - C$ dans un système où l'élément $l \times a$ serait adopté comme unité superficielle; c'est ainsi que pour $l = 0^m20$ et $a = 0,05$, le rectangle $l \times a = 0,01$ ou un décimètre carré; et si le nombre $n = 8,37$ cela veut dire que la surface mesurée contient 8,37 décimètres carrés ou 837 centimètres carrés. Pour $l = 0,18$ et $c = 0,05$, l'unité superficielle fournie par l'instrument serait de 0,0090, = 90 centimètres carrés ou 40 pouces suisses; le nombre lu pour la même surface deviendrait naturellement 9,3 soit 9,3 fois 40 pouces suisses ou 93 pouces carrés.

Aussi, pour ses premiers instruments, M. Amsler variait-il les dimensions l et a , de manière à ce que n exprimât des unités usuelles pour les contrées ou les applications auxquelles ils étaient destinés.

Mais il eut ensuite l'heureuse idée de construire son planimètre de façon à rendre l variable à volonté, et cette disposition qui permet à

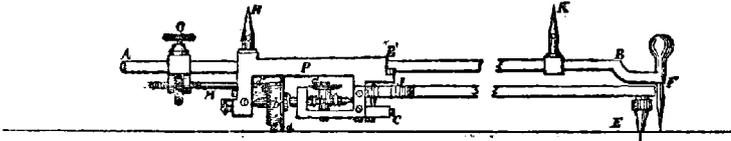
l'opérateur de varier à son gré l'unité dont il veut se servir, a étendu d'une manière remarquable les applications du planimètre (1).

DÉTAILS SUR LA CONSTRUCTION DU PLANIMÈTRE.

Avant d'entrer dans l'exposé de ces applications, il est nécessaire de donner quelques détails sur l'instrument lui-même et sur la manière dont le nombre z se forme et se lit.

La fig. 8 représente le plus commode des modèles construits par M. Amsler.

Fig. 8.



E est une pointe au moyen de laquelle on fixe l'instrument ; c'est le pôle, ou centre du cercle directeur décrit par l'articulation J. F est la pointe traçante avec laquelle on suit le contour de la courbe donnée ; la portion B'F de la règle A B (comprise entre l'articulation et le traçoir) représentera la génératrice l . Cette règle peut glisser dans la coulisse P, ce qui permet de varier l à volonté. Q est une vis d'arrêt et M une vis micrométrique qui rappelle tout le chariot de façon à obtenir l avec la plus grande précision possible. Comme la distance J F est difficile à mesurer directement, on se sert pour cela des pointes H K fixées à demeure l'une sur le chariot et l'autre sur la règle mobile, de telle sorte que leur écartement reste toujours rigoureusement égal à J F. Il suffira donc de porter ces deux pointes sur une échelle divisée pour connaître ou pour modifier l .

D est la roulette enregistreur ; elle se compose d'une roue striée d très-mince, qui roule sur le papier et d'un tambour d' sur lequel sont

(1) C'est cette variabilité de l qui s'oppose à ce que l'on puisse conserver la relation $z = \frac{1}{2}$ qui serait altérée à chaque instant.

gravées 100 divisions. Cette roue tourne au contact d'un vernier d'' qui donnera des millièmes de tour.

L'axe de la roulette est armé d'une vis sans fin engrenant avec un petit pignon de dix dents. Ce pignon est monté lui-même sur l'axe d'une roue horizontale G qui porte 10 divisions et qui tourne devant un repère fixe; il en résulte que la roue G, que nous appellerons *totaliseur*, fait un tour pour dix tours de la roulette et que chacune de ses divisions correspond à un tour entier de la roulette. Le nombre indiqué par l'ensemble du système se composera donc de quatre figures telles que 5 2 4 7 par exemple; la première figure (5) lue sur le totaliseur indique le nombre de tours entiers; les deux suivantes (2 4), lues sur la roulette, des centièmes de tour, et la dernière (7) lue sur le vernier, des millièmes de tour.

Il en résulte qu'en appelant b la circonférence entière de la roulette, on pourra attribuer à la quantité a , dans la formule générale $S = l a n$, l'une des quatre valeurs suivantes :

$$a = b; \quad a = 0,1b; \quad a = 0,01b; \quad a = 0,001b$$

suivant qu'on lira le nombre n avec 1, 2, 3 ou 4 figures à la partie entière.

Dans tout ce qui va suivre, nous supposerons que l'instrument sera employé dans les conditions de l'équation 7, c'est-à-dire dans le cas où l'on a $C = 0$ et $S = l a n$.

Nous examinerons ensuite l'influence des diverses valeurs de C sur les résultats des différentes applications que nous allons étudier.

RÉGLAGE DU PLANIMÈTRE D'APRÈS UNE UNITÉ CHOISIE.

Si nous appelons u^2 la valeur numérique de l'unité superficielle en fonction de laquelle nous voulons évaluer la surface, l'équation générale d'après laquelle $S = l a n$, nous donnera :

$$S = l a n = n u^2 \quad \text{d'où} \quad u^2 = l a \quad \text{et} \quad l = \frac{u^2}{a};$$

Le réglage, c'est-à-dire la longueur qu'on doit donner à la règle l en la faisant glisser dans sa coulisse, pour que le nombre n donne directement la surface en fonction de l'unité adoptée u^2 , est donc extrêmement facile à déterminer. Mais il faut tenir compte des limites imposées par les dimensions mêmes de l'instrument; en effet, les conditions matérielles de son exécution obligent à restreindre l'écart des variations extrêmes de la longueur l , et il peut se faire que la valeur calculée $l = \frac{u^2}{a}$ se trouve en dehors des limites.

Ainsi, l'instrument construit pour la France donne $b = 0^m05$ et l pouvant varier seulement entre 0^m06 et 0^m20 . Il en résulte que pour $a = b$ on aura la , c'est-à-dire u^2 , compris entre 0^m20030 et 0^m20400 ; ces limites deviendront, sous la réserve de lire n avec plusieurs figures à la partie entière.

Pour 2 figures ($a = 0.1 b$) $la =$ de 3 à 10 centim. carrés
 3 figures ($a = 0.01 b$) $la =$ de 30 à 100 millim. carrés
 4 figures ($a = 0.001 b$) $la =$ de 3 à 10 $\frac{m}{m}$ carrés

APPLICATION.

La valeur du pouce anglais étant de $25 \frac{m}{m}4$, le pouce carré vaut donc $6^{\text{e}}4516$ valeur que nous ne pourrons attribuer à u^2 qu'à la condition de prendre 2 figures à la partie entière de n , nous aurons alors

$$a = 0.1 b = 0.005 \quad \text{et} \quad la = 0.005 l = u^2 = 0.00064516$$

d'où
$$l = \frac{0.00064516}{0.005} = 0.129.$$

c'est-à-dire qu'en réglant l'instrument à cette longueur, le nombre n lu avec deux figures à la partie entière donnera la surface du diagramme exprimée en pouces anglais; si l'on a par exemple $n = 8237$, il faudra lire $82^{\text{e}}4$ et $\frac{37}{100}$.

Il est facile de voir qu'en ne prenant qu'une figure, soit $a = b$ on aurait trouvé $l = 0^m 0129$, valeur que l'instrument ne peut pas fournir.

ÉCHELLES RÉDUITES.

La variabilité de l nous procure un avantage plus considérable, c'est de nous permettre de modifier n de telle sorte que ce nombre représentera, sous une unité choisie, non plus la surface même que nous mesurons, mais la surface réelle que le dessin figure, indépendamment de l'échelle d'après laquelle il a été tracé.

En effet, nous avons vu que l'instrument transforme l'aire mesurée en un rectangle BH ayant pour base la longueur $l = B$ et pour hauteur le produit $a \times n = H$.

Si nous avons tracé et mesuré la courbe ramenée à sa vraie grandeur, e étant l'échelle du dessin, nous l'aurions transformée en un rectangle B_1, H_1 , dans lequel nous aurions

$$B_1 = B e \text{ et } H_1 = H e \text{ d'où } B_1 H_1 = BH e^2$$

et par conséquent si S_1 est la surface réelle et S la surface réduite,

$$S_1 = B_1 H_1 = BH e^2 = S e^2 = l a n e^2.$$

Si maintenant nous appelons u^2 l'unité superficielle à laquelle nous voulons rapporter l'aire S_1 ; il viendra $S_1 = n u^2$, d'où en appliquant le théorème précédent, $l = \frac{e^2 u^2}{a}$ 18

Tout ce que nous avons dit page 140 et suivantes à propos du choix d'une unité qui ne peut se faire que dans les limites matérielles de l'instrument, s'appliquera de même ici, comme les exemples suivants vont nous le faire comprendre :

1° Un plan est dessiné à l'échelle de $1/400$, et nous voulons en mesurer une partie en mètres carrés, nous avons

$e = 0.0025$	$e^2 = 0.00000625$
$u = 1^m$	$u^2 = 1$
$e^2 u^2 = 0^m 00000625$	

la formule 18 donne alors $l = \frac{e^3 u^3}{a} = \frac{0.00000625}{a}$

mais suivant qu'on lira n avec 1, 2, 3 ou 4 figures, on aura :

$$a = 0,05 \quad = 0,005 \quad = 0,0005 \quad = 0,00005$$

et $l = 0,000125 \quad 0,00125 \quad 0,0125 \quad 0,125$

la dernière valeur seulement peut être fournie par l'instrument ; nous ferons donc $l = 0^m125$ et nous lirons des mètres carrés à la 4^e figure, c'est-à-dire sur le vernier.

2° Il peut arriver qu'aucune des quatre valeurs de l ne se trouve comprise dans les limites matérielles de l'instrument ; dans ce cas on devra modifier l'unité choisie. Supposons par exemple un plan au 1/400, que nous voulons évaluer en pouces suisses carrés, le pouce valant 0,03, nous aurons

$$e = 0,0025 \quad e^3 = 0,00000625$$

$$u = 0,03 \quad u^3 = 0,0009$$

$$e^3 u^3 = 0,00000005625$$

les 4 valeurs de l deviendraient :

$$0,0000001125; \quad 0,000001125; \quad 0,00001125; \quad 0,0001125$$

or aucune de ces valeurs ne peut s'effectuer. Si nous avons pris pour unité le pied au lieu du pouce, nous aurions $n = 0,36$ et pour $a = 0,001 b$, il viendrait $l = 0,0162$.

Cette valeur est encore trop faible, mais nous pourrions faire $l = 0,162$ à la condition de supposer $a = \frac{1}{10000} b$ c'est-à-dire de lire 10 pieds carrés pour chaque unité du vernier.

3° Soit un dessin à l'échelle de 1/250 ou $e = 0,004$; la même série de calculs donne, si nous voulons, une évaluation en mètres carrés.

$$e^2 = 0,000016$$

$$u^2 = 1$$

$$e^2 u^2 = 0,000016$$

$$l = 0,00032 - 0,0032 - 0,032 - 0,32$$

La 3^e valeur 0,032 est inférieure à la plus petite longueur qu'on puisse donner à la règle, tandis que la 4^e, 0,32 est supérieure à la plus grande longueur. Lorsque ce cas se présente il faut modifier l'unité u^2 en l'affectant d'un multiplicateur convenable, mais qu'on choisira le plus simple possible, de manière à faciliter la réduction rendue nécessaire du nombre obtenu.

Dans l'exemple ci-dessus, par exemple, admettons que nous faisons l'évaluation en doubles mètres carrés, soit $u^2 = 2^{mq}$, il viendra :

$$e^2 u^2 = 0,000032$$

et $l = 0,00064; - 0,0064; - 0,064; - 0,64$

La 3^e valeur se trouve dans les limites voulues, donc en donnant 0^m064 de longueur à la règle, le nombre engendré sur un plan au $\frac{1}{250}$ donnera des doubles mètres carrés au 3^e chiffre; il suffira donc de doubler ce nombre pour avoir la surface. Au lieu de prendre des doubles mètres pour unité, nous aurions pu prendre des demi-mètres, ce qui nous aurait conduits à prendre la moitié du nombre lu pour le réduire en mètres. Dans ce cas nous aurions $u^2 = 0,5^{mq}$, et par suite $e^2 u^2 = 0,000008$, d'où :

$$l = 0,00016 = 0,0016 = 0,016 = 0,16$$

C'est la 4^e valeur qui correspond aux dimensions de l'instrument, il faudra donc le régler à $l = 0^{m}16$ et lire des demi-mètres carrés sur le 4^e chiffre, c'est à-dire au vernier.

Cette seconde solution doit être préférée parce que la valeur $l =$

0,064 est trop rapprochée de la limite inférieure et qu'elle rend le maniement du planimètre moins commode.

Le choix de l'unité n'est donc pas tout-à-fait arbitraire, comme on le voit, et cette circonstance qui oblige à l'emploi d'une unité double ou sous-double se présente précisément dans les deux genres d'application les plus usuels ; à savoir dans l'étude des plans du cadastre et des cartes de l'État-major.

PLANS DU CADASTRE. — PLANS D'ENSEMBLE.

Les plans d'ensemble du cadastre sont tracés à l'échelle de $\frac{1}{2500}$ ce qui donne $e = 0,0004$ et $e^2 = 0,0000016$.

La partie significative de ce nombre n'étant pas comprise entre 30 et 100, il est clair qu'aucun facteur de la forme $u^2 \times 10^x$ ne pourra la ramener entre ces limites. L'unité double donnerait à la partie significative la valeur 32 que nous rejeterons comme donnant pour l une longueur trop rapprochée de la limite inférieure. L'unité sous-double au contraire sera dans de bonnes conditions, — Pour éviter tous tâtonnements, remarquons de suite que la limite de la la plus basse, celle qui résulte de la valeur $a = 0,00005$ nous oblige à avoir un produit $e^2 u^2$ supérieur à 0,0000030 ; or, pour $u^2 = 1/2$ mètre carré nous aurions $e^2 u^2 = 0,0000008$, valeur cent fois trop petite pour lire le demi-mètre même au vernier. — Prenons alors pour unité le demi are ou 50 mètres, il viendra $e^2 u^2 = 0,0000080$ ce qui donnera :

$$l = 0,00016 = 0,0016 = 0,016 = 0,16.$$

Donc n lu au vernier donnera la surface en demi ares, et la moitié de n donnera des ares au 4^e chiffre du nombre.

CADASTRE. — PLANS DE DÉTAILS.

Les plans de détails du cadastre sont à l'échelle de $\frac{1}{625}$, ou $e = 0,0016$, d'où $e^2 = 0,0000256$.

Les mêmes observations que ci-dessus nous feront employer l'unité double de 2 mètr. carrés, et l'on aura $e^2 u^2 = 0,0000512$, d'où :

$$l = 0,0001024 = 0,001024 = 0,01024 = 0,1024$$

C'est-à-dire qu'en faisant $l = 0,1024$ on aura des doubles mètres carrés au vernier.

CARTES DE L'ÉTAT-MAJOR.

Les cartes de l'État-major sont dressées au $\frac{1}{80000}$;
soit $e = 0,0000125$ et $e^2 = 0,0000000015625$.

L'unité double en rendant la partie significative égale à 3125 nous laisse trop près de la limite inférieure.

Nous prendrons l'unité sous-double ; nous voyons d'ailleurs qu'il n'y a pas à hésiter à employer une unité d'un ordre décimal élevé ; nous calculerons donc l pour obtenir n en demi kilomètres carrés, soit $u^2 = 500000^{\text{m}^2}$ il viendra alors :

$$e^2 u^2 = 0,000078125$$

$$\text{d'où } l = 0,0015625 - 0,015625 - 0,15625 - 1,5625$$

C'est la 3^e valeur qui convient seule. On réglera donc l'instrument sur $l = 0^{\text{m}}15625$ et la surface sera exprimée en demi kilomètres carrés lus sur la 3^e figure du nombre, c'est-à-dire sur les divisions de la roulette.

DESSINS OU ÉPURES TRACÉS SUR DEUX ÉCHELLES DIFFÉRENTES.

Il est remarquable que ce qui précède au sujet des échelles réduites peut encore s'appliquer aux dessins tracés sur deux échelles, et que l'instrument nous donnera directement encore les surfaces réelles par un simple ajustement de la longueur l .

Ce cas se présente par exemple dans les coupes géologiques où l'on dessine ordinairement les hauteurs à une échelle beaucoup plus grande que les distances horizontales ; la solution du problème offre encore plus d'intérêt lorsqu'il s'agit d'une épure qui n'est que la représentation graphique d'une loi mathématique de la forme $\int y dx$, parce que les facteurs y et x exprimant des grandeurs d'espèces différentes, leur produit représentera une 3^e espèce d'unité et qu'il peut être impossible d'assimiler les échelles ; tel est le cas d'un *trajet*, produit d'une *vitesse*, par un *temps* ; d'un *travail mécanique*, produit d'un *trajet* par une *force*, etc. Or, si e est la longueur choisie pour représenter l'unité d'un facteur, e' celle qui représentera l'autre facteur, F et F' les facteurs totaux devant former le produit cherché $FF' = D$, et enfin, soient B et H les côtés du rectangle équivalent à la courbe, nous aurons bien

$$B = F e$$

$$H = F' e'$$

$$B H = S = FF' ee' = S' ee' = l a n \qquad 19$$

Appelons maintenant u et u' les unités de même espèce que chacun des facteurs et dont le produit $u \times u'$ donnera l'unité proposée pour évaluer le résultat ; pour que le même nombre n exprime le produit en fonction de $u \times u'$ il faut avoir :

$$S' \quad n u u' \qquad 20$$

Rapprochant les 2 équations 19 et 20 on en tire :

$$l = \frac{ee' uu'}{a} \quad 21$$

Solution parfaitement identique à celle de l'équation (18) puisqu'il suffit de supposer que $e = e'$ et $u = u'$ pour qu'elle devienne

$$l = \frac{e^2 u^2}{a}$$

EXEMPLE : On trace sur deux axes coordonnés le travail d'une pompe en portant sur l'un les quantités d'eau élevée à raison de 1%/m par hectolitre, et sur l'autre les hauteurs, à raison de 3%/m par mètre. La surface de la courbe devra représenter le travail mécanique dépensé; on en demande l'évaluation en mesures anglaises, soit en unités équivalant à une livre d'eau (0^k454) élevée à 1 pied (0^m305).

On a donc $e = 0,01$ et $\frac{B}{0,01} = F$

le premier facteur exprimé en hectolitres,

$$e' = 0,03 \text{ et } \frac{H}{0,03} = F'$$

le deuxième facteur exprimé en mètres, d'où

$$S = BH = ee' FF'$$

Mais F F' donne le travail en unités de 100 kilogrammètres et nous voulons avoir des feetlbs. Or, les quantités u et u' en unités de même espèce que F F' seront :

$$u = 0^{\text{hect.}}00454$$

$$u' = 0^{\text{m}}305$$

uu' en unités de 100^{km}. donne 0,0014 environ, d'où $\frac{FF'}{0,014}$
 $\frac{FF'}{uu'}$ donnera le travail en unités anglaises, soit $\frac{FF'}{uu'} = n$
 et $FF' = n uu'$, et enfin $BH = lan = ee' uu' n$

ou
$$l = \frac{0,01 \times 0,03 \times 0,00454 \times 0,305}{a}$$

On n'a presque jamais à résoudre de questions aussi compliquées, mais cette démonstration devait être faite pour l'intelligence de ce qui va suivre.

ORDONNÉES MOYENNES.

Nous arrivons à la plus curieuse des applications du planimètre d'Amsler, application qui résulte encore de la variabilité de l .

On peut toujours considérer une surface quelconque comme étant la représentation graphique d'une loi qui aurait pour expression la somme d'une suite de produits variables, telle que $\int y dx + c$. Cette surface peut toujours être transformée en un rectangle équivalant BH , que l'on peut construire sur une base arbitraire B' , H devenant alors $H' = H \frac{B}{B'}$.

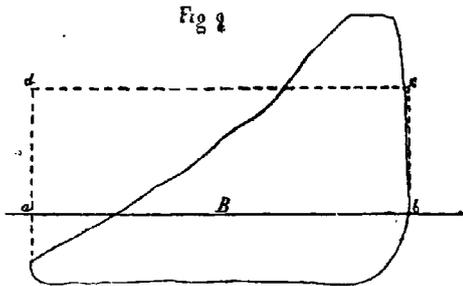
Or si la surface est rapportée à deux axes coordonnés et que l'on construise le rectangle BH en lui donnant pour base l'abscisse totale, il est évident que sa hauteur représentera la moyenne arithmétique des ordonnées; celle-ci à son tour étant transformée, d'après l'échelle du dessin, en unités de l'espèce voulue par le problème, on n'aura plus qu'à la multiplier par la grandeur absolue du second facteur, quelle que soit l'échelle à laquelle les abscisses ont été tracées, puisque ce second facteur s'élimine dans la partie graphique de la solution.

Nous avons vu que l'instrument d'Amsler rapporte les aires à un rectangle lan dans lequel nous pouvons varier à volonté l'un des

côtés l , le second côté an variant alors de lui-même en sens inverse de manière à fournir un produit constant. Donc sur une courbe rapportée à deux axes, si nous prenons l égal à l'abscisse totale, le produit an nous donnera bien l'ordonnée moyenne, en unités de l'espèce a quelle que soit l'échelle des abscissés.

DIAGRAMMES DE WATT.

On connaît le dynamomètre de Watt, instrument dans lequel un crayon, oscillant suivant une verticale, parcourt des ordonnées proportionnelles à la pression de la vapeur à chaque instant, en s'appuyant sur un papier qui se meut horizontalement en suivant le mouvement du piston. Il en résulte une courbe dans le genre de celle de la fig. 9, dont



l'aire représente le travail mécanique de la vapeur, qui a pour expression à chaque instant le produit de la pression par le trajet élémentaire parcouru. Mais ce travail peut être encore représenté par le rectangle de même surface $abcd$, ayant pour base B la course entière du piston ab , et pour hauteur H , la moyenne ad des pressions exercées pendant la durée de la course.

Si nous mesurons ce diagramme avec le planimètre, nous aurons sa surface $S = lan$ en unités de l'espèce $l \times a$; il faudra donc pour avoir le travail en faire le calcul en ramenant chaque dimension à sa grandeur vraie d'abord, suivant l'échelle, puis à sa valeur représentative, en longueur et en poids, puis enfin la réduire à l'unité dynamique convenue, kilogrammètres, chevaux vapeur, feetlbs, etc., etc. C'est le problème de la page 147 dans sa plus grande complication

Mais appliquons le théorème de la page 148, et faisons $l = B$ en portant les deux pointes (H, K fig. 8) sur le diagramme même.

La solution automatique étant : $S = l a n$

Et la solution numérique $S = B H$

il viendra $B H = B a n$ ou $H = a n$.

C'est-à-dire que la pression moyenne H sera représentée par le nombre lu n en unités de l'espèce a , quelle que soit l'échelle des abscisses ; il n'y a plus qu'à multiplier le nombre obtenu par la constante a pour avoir une longueur, puis réduire celle-ci en kil. par centimètre carré, ou toute autre unité de pression suivant l'échelle des pressions fournie par le ressort.

On opère ordinairement ainsi parce que le multiplicateur a est extrêmement simple.

Nous savons en effet que pour les nombres lus sur la 1^{re} figure, a vaut un tour entier de la roulette soit 1/2 décimètre. H sera donc exprimé par n en demi décimètres, à la 1^{re} figure, d'où $\frac{n}{2}$ donnera H en décimètres et $\frac{n}{20}$ donnera H en mètres.

Mais on peut fort bien utiliser encore ici cette propriété de l'instrument que nous avons signalée de réduire les échelles automatiquement ; pour cela, au lieu de prendre $l = B$, faisons $l = B x$; il viendra

$$B H = B x a n \quad \text{ou} \quad H = x a n$$

c'est-à-dire que le nombre n représentera H en unités de valeur $x a$. Or si u est la longueur absolue qui représente l'unité de pression à l'échelle du ressort, il y aurait intérêt à avoir directement $H = n u$; rapprochant cette solution de la formule automatique, il vient

$$n u = n a x \quad \text{ou} \quad x = \frac{u}{a}$$

donc nous obtiendrons le résultat demandé en faisant $l = B \frac{u}{a}$

Si l'échelle du ressort est à raison de $7^m/m$ pour 1 kil. par centimètre carré, il viendra pour les diverses valeurs matérielles de a (voir page 142).

$$x = \frac{0,007}{0,05} \dots \text{etc.} = 0,14 \quad \dots 0,014 \quad \dots 0,0014 \quad \dots 0,00014$$

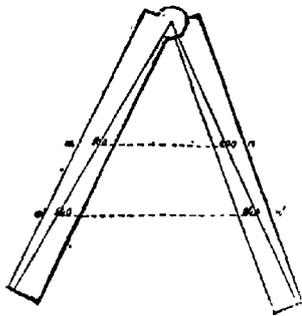
pour $B = 12^m/m$ on aurait donc :

$l = 0,0168 \dots \text{etc.}$, toutes valeurs trop faibles.

Mais en considérant pour unité de pression 10 kil. par centimètre carré on aurait $u = 0,07$ et en faisant $l = 0,14$ on voit que le nombre n donnera la pression moyenne en unités de 10 k. par c. q. sur la première figure du nombre.

Ce procédé ne serait pas une simplification si l'on devait, pour chaque diagramme, calculer ou construire géométriquement la valeur $l = B \frac{u}{a}$. Mais si l'on considère que a est constant et que u est également constant pour un même ressort, il suffira de tracer une fois pour toutes et pour chaque ressort, une échelle de réduction graphique analogue à celles dont se servent les dessinateurs. On peut d'ailleurs avec plus de commodité encore employer le compas de proportion, instrument oublié aujourd'hui, mais dont les applications sont plus nombreuses et plus importantes qu'on ne le suppose.

Fig. 10



Ce compas (fig. 10) se compose de deux règles en cuivre à charnière, portant sur leur plat diverses couples de lignes divisées qui convergent au centre de l'articulation. Celles de ces lignes qui doivent nous servir ici, sont intitulées « parties égales » ; elles portent en effet des divisions équidistantes. Il en résulte que, quelle que soit l'ouverture du compas, les diverses transversales seront entre elles comme les nombres par lesquels elles passent.

Donc ayant notre base B , si nous voulons établir $l = 1,4 B$ comme dans le cas précédent, nous ouvrons notre compas de manière à ce que la transversale $m n$ passant par la division 100 de part et d'autre soit égale à la longueur donnée B , (on y arrive à l'aide d'un compas ordinaire à pointes sèches, ouvert d'abord sur le diagramme), puis nous porterons les pointes du planimètre en $m' n'$ sur la division 140, nous aurons donc bien

$$l = m' n' = \frac{140}{100} m n = \frac{140}{100} B.$$

Le rapport numérique $l = 1,4 B$ étant donné une fois pour toutes par l'échelle du ressort, comme nous l'avons dit.

INTRODUCTION DE LA CONSTANTE C DANS LES FORMULES PRÉCÉDENTES.

Ainsi que nous l'avons vu, la formule générale du planimètre est $S = l a n + C$; dans tout ce qui précède, nous avons supposé $C = 0$, ce qui ne se présente que sous deux conditions simultanées dont l'une seulement dépend de l'opérateur. C , d'ailleurs, est l'expression d'une surface absolue dépendant des facteurs R , Z et l , et la formule ne peut être homogène que si ces trois quantités sont exprimées ainsi que a en unités linéaires de même espèce.

En dehors de cela, les variations de l devront encore influencer sur la valeur numérique de C qui variera en même temps que l . Nous devons donc nous préoccuper de l'introduction de cette constante dans nos formules d'application.

CHANGEMENT D'UNITÉ SUPERFICIELLE.

Nous avons obtenu l'expression de la surface par le seul nombre n suivant une unité arbitraire u^2 , en amenant l'expression générale de cette surface à la forme $n u^2$, c'est-à-dire en faisant, dans l'é-

quation simple $l = \frac{u^2}{a}$, ce qui a bien fourni $S = lan = nu^2$.

Supposons maintenant que nous soyons dans le cas de l'équation générale $S = lan + C$; faisons d'abord $lan = nu^2$ d'où $l = \frac{u^2}{a}$ faisons ensuite $C = n' u^2$ d'où $n' = \frac{C}{u^2}$ il viendra :

$$S = nu^2 + n' u^2 = (n + n') u^2$$

c'est-à-dire que nous aurons la surface en fonction de l'unité u^2 en ajoutant au nombre lu, n , le nombre n' résultant de la modification que nous ferons subir à la constante. Il s'agit donc d'étudier cette modification et de démontrer que le résultat $n' = \frac{C}{u^2}$ sera un nombre, c'est-à-dire que l'équation $S = (n + n') u^2$ sera homogène.

C est susceptible, suivant les circonstances, de prendre l'une des trois valeurs suivantes :

$$C_1 = \pi R^2; \quad C_2 = \pi (l^2 + 2 lz); \quad C_3 = \pi (R^2 + l^2 + 2 lz^2).$$

Il est évident que toute démonstration appliquée au 3^e cas conviendra également aux deux premiers, puisqu'il contient les mêmes termes.

De
$$C = \pi (R^2 + l^2 + 2 lz)$$

nous tirons
$$C/u^2 = \pi \left(\left(\frac{R}{u} \right)^2 + \left(\frac{l}{u} \right)^2 + 2 \frac{lz}{u^2} \right)$$

Or, R , l , z et u étant des longueurs, les rapports $\frac{R}{u}$, $\frac{l}{u}$ et $\frac{z}{u}$ seront des nombres, et leur somme peut se mettre sous la forme $C/u^2 = n'$.

Si maintenant nous substituons à l sa valeur admise pour le premier membre de l'équation, soit $l = \frac{u^2}{a}$, il viendra :

$$\frac{C}{u^2} = n' = \pi \left(\left(\frac{R}{u} \right)^2 + \left(\frac{u}{a} \right)^2 + 2 \frac{z}{a} \right)$$

valeur facile à calculer.

ÉCHELLES RÉDUITES.

Nous suivrons la même marche pour les formules relatives aux échelles réduites. Nous avons dû ici mettre l'équation $S = lan$ sous la forme $S = e^2 u^2 n$, d'où nous avons tiré $l = \frac{e^2 u^2}{a}$

Pour rendre l'équation homogène il faudra encore faire $C = e^2 u^2 n'$
d'où
$$n' = \frac{C}{e^2 u^2}$$

Transportant cette valeur et substituant celle de l nous aurons

$$n' = \frac{C}{e^2 u^2} = \pi \left(\left(\frac{R}{e u} \right)^2 + \left(\frac{e u}{a} \right)^2 + 2 \frac{z}{a} \right) \quad (1)$$

ÉCHELLES DOUBLES.

Nous avons amené l'équation simple à $S = e e' u u' n = lan$

d'où
$$l = \frac{e e' u u'}{a}$$

Nous rendrons l'équation homogène en faisant $C = e e' u u' n'$ et

nous aurons
$$n' = \frac{C}{e e' u u'} = \pi \left(\frac{R^2}{e e' u u'} + \frac{e e' u u'}{a^2} + 2 \frac{z}{a} \right) \quad (1)$$

(1) Il ne faut pas perdre de vue qu'ici e est l'échelle du dessin, c'est-à-dire un rapport ou un nombre, dont la présence ne change rien à la condition d'homogénéité de $\frac{R^2}{e^2 u^2}$ où R et u seulement représentent des longueurs.

ORDONNÉES MOYENNES.

Nous avons pris pour ce cas particulier $l = B \frac{u}{a}$ et cette valeur transportée dans l'équation simple $S = lan$, nous a donné $S = Bu n$, valeur dans laquelle $u n$ représente bien le côté d'un rectangle de base B équivalant à la surface S , et par conséquent l'ordonnée moyenne de la courbe, dont n donne alors la valeur en unités u . Cette même valeur de l transportée dans l'équation générale donnerait d'abord $S = Bu n + C$, expression qui ne deviendra homogène que par la transformation de C en une fonction du rectangle $B u$ qui devient notre nouvelle unité superficielle. Faisons donc $n' = \frac{C}{Bu}$ et opérions les mêmes réductions que ci-dessus, il viendra :

$$n' = \pi \left(\frac{R^2}{Bu} + \frac{Bu}{a^2} + \frac{z}{a} \right)$$

d'où $S = Bu n + Bu n' = Bu (n + n')$

et $u (n + n')$ sera encore l'ordonnée moyenne de l'aire rapportée à la base B .

L'inconvénient de cette formule est qu'elle oblige à prendre la valeur métrique de la base B pour l'introduire dans le calcul et pour déterminer le nombre n' qu'on doit ajouter au nombre n donné directement par l'instrument. Aussi devra-t-on éviter autant que possible d'avoir à s'en servir.

Le placement du pôle devra donc toujours, autant que possible, être pris à l'extérieur du diagramme, ce qui supprimera, en tous cas, les deux derniers termes et réduira la constante au premier terme seulement, soit $\frac{\pi R^2}{B u}$.

Il suffira de placer le pôle le plus loin possible de la courbe pour que le cercle directeur ne se ferme pas et que le premier terme disparaisse également.

L'usage habituel de l'instrument vaut mieux à cet égard que toutes les règles possibles.

A. THOMAS.

RECHERCHES
EXPÉRIMENTALES ET ANALYTIQUES
SUR LES MACHINES A VAPEUR.

Par M. G. LELOUTRE.

CHAPITRE II.

FUITES A TRAVERS LES PISTONS OU CONDENSATIONS
DANS LES CYLINDRES ?

En relevant rigoureusement la dépense de vapeur par le jaugeage de l'eau d'alimentation, il est impossible de faire concorder le poids de vapeur dépensée par coup de piston avec celui que l'on obtient par le calcul.

En effet, si l'on multiplie le volume qu'engendre le piston pendant l'admission, par la densité de la vapeur supposée saturée à la pression de la chaudière, de l'enveloppe ou du cylindre, on aura un résultat beaucoup plus petit que celui qui résulte d'un jaugeage direct. Le désaccord entre le poids de vapeur observé et celui que donne le calcul ne subsiste pas moins, même lorsqu'on tient compte des espaces nuisibles et que l'on admet une très-forte proportion d'eau entraînée; en d'autres mots, le poids de vapeur observé est quelquefois le double de celui que l'on obtient par le calcul. C'est ce que j'ai déjà eu l'occasion de constater sur l'essai entrepris en 1864 sur

la machine de M. Hirn , et notamment sur celui de la machine de MM. Wehrlin , Hofer et C^{ie} à Mulhouse , et sur un grand nombre d'autres moteurs.

Ces comparaisons ont été faites certainement depuis longtemps par beaucoup d'Ingénieurs. On pourrait commodément se tirer d'embarras en exagérant la proportion d'eau entraînée ou bien en supposant des fuites énormes à travers les tiroirs et les pistons.

On a sans doute songé au refroidissement que subit la vapeur au contact des parois du cylindre , du piston et de la tige , et MM. Hirn et Combes ont depuis longtemps énoncé cette manière de voir ; mais on n'aurait jamais adopté que les 50 % de la vapeur admise dans nos moteurs se condensent dans le cylindre ou dans l'enveloppe et que les parois absorbent instantanément le calorique rendu libre , pour le restituer tout aussi rapidement pendant la détente et la condensation.

Dans mon rapport sur les essais de la machine de M. Hirn (1) je me suis trouvé en face de la contradiction qui vient d'être signalée au début de ce chapitre.

Puis la même difficulté s'est présentée pour la machine de MM. Wehrlin , Hofer et C^{ie} , dans un essai qui a été entrepris au commencement de 1865.

L'idée des fuites par les tiroirs et le piston s'est offerte à moi comme une explication plausible du désaccord signalé ; je ne l'ai pourtant présentée qu'avec les plus grandes réserves ; voici ce qui a été dit à l'avant-dernière page du rapport sur la machine de M. Hirn.

- « Il conviendrait encore de parler ici des fuites autour du piston.
- » Nous avons étudié cette question importante sur la machine de
- » M. Hirn , sur celle de MM. Wehrlin , Hofer et C^{ie} et plus récemment
- » sur plusieurs autres. Il y a de sérieuses économies à réaliser de ce

(1) Rapport sur la machine à vapeur surchauffée de M. Hirn. (Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse , avril et mai 1867).

(2) Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse , avril et mai 1867.

» côté. La perte de vapeur provenant des fuites est très-considérable.
» Au premier abord nous avons cru que la vapeur surchauffée,
» moins dense et plus subtile que la vapeur saturée, doit favoriser
» ces fuites ; il n'en est pas ainsi d'après des comparaisons sur la
» machine de M. Hirn avec plusieurs autres. *Cette question est*
» *très-épineuse, et de nouvelles et longues recherches sont*
» *nécessaires pour la traiter en connaissance de cause.* Nous
» appelons en attendant la sérieuse attention des constructeurs sur
» ce point, en nous proposant de revenir bientôt sur cette partie de
» nos observations. »

Malgré des réserves aussi formelles, on a fait trop d'honneur à l'auteur de ces lignes, en s'emparant de son idée, et je sais qu'après examen de diagrammes, on a tendu les segments des pistons de quelques machines et on a cru avoir ainsi obtenu une notable économie de combustible.

S'il y a eu économie, elle provenait d'autres causes inaperçues, ou bien il faut que les pistons se soient trouvés dans un état pitoyable, et dans ce cas on aurait pu les visiter immédiatement avant de prendre des courbes à l'indicateur de Watt ; car après tout, il n'est pas aussi facile que l'on pourrait le croire, de constater sûrement les fuites par la seule inspection des diagrammes. Il faut pour cela d'autres données d'observation ; ces diagrammes doivent être relevés non-seulement sur les cylindres eux-mêmes aux deux côtés du piston, mais en même temps sur le tuyau d'arrivée de la vapeur et la boîte de distribution ; on compare alors les pressions observées. Ce moyen m'a réussi il y a sept ans sur une des machines de MM. N. Schlumberger à Guebwiller.

Je ne conteste nullement qu'il y ait des fuites dans un grand nombre de machines mal entretenues ; elles ont lieu plus souvent par les tiroirs, quand la table de distribution ou celle des orifices est mal conçue, ou lorsque le tiroir est guidé trop juste latéralement ; très-souvent aussi elles ont lieu par les masticages des enveloppes.

Les fuites sont d'ailleurs faciles à constater par un moyen extrê-

mement simple que j'ai souvent employé avec succès. Il consiste à appliquer l'extrémité d'une tige métallique contre le tuyau d'échappement, de serrer l'autre extrémité entre les dents; en fermant hermétiquement les oreilles, on perçoit ainsi un bruit *sec* lorsque la vapeur se précipite au condenseur, le tiroir et le piston étant en bon état; le bruit est tout autre lorsque la vapeur fuit à travers ces organes et avec un peu d'habitude il est impossible de s'y tromper.

Enfin dans le cas où les pertes de vapeur sont considérables on les constate facilement en maintenant la machine en repos; en passant à travers les bras du volant une forte barre et en introduisant avec précaution la vapeur dans les cylindres on voit les fuites au tuyau d'échappement et aux robinets graisseurs ou purgeurs.

Toutes les fuites étant supprimées, ce qui est presque toujours possible par une réparation intelligente, on est encore loin d'avoir un accord satisfaisant entre la dépense déduite du jaugeage direct et celle qui résulte du calcul. Pourtant il ne peut pas y avoir d'erreur sur l'évaluation de ce volume et encore moins sur la densité de la vapeur correspondante à la pression, car ce dernier facteur mérite une confiance absolue; les physiciens qui se sont occupés de la détermination du poids spécifique des vapeurs, ont opéré avec des moyens d'investigation tellement exacts que toute idée d'erreur doit être écartée.

Des aperçus complètement faux sur le mode d'action de la vapeur dans les moteurs, et admis sans discussion, ont empêché jusqu'à ce jour une analyse sérieuse des causes qui pouvaient donner lieu à la différence qui existe entre le poids de vapeur calculé et le poids de vapeur observé.

Pourtant MM. Hirn et Combes ont appelé depuis longtemps l'attention des ingénieurs sur l'action des parois des cylindres. Malgré cet avertissement on continue à traiter la théorie des *Machines* à vapeur d'une manière un peu trop primitive.

Dans les ouvrages spéciaux et les cours sur les machines à

vapeur, on procède à peu près ainsi : on suppose les cylindres impénétrables au calorique en raison de la petite fraction de temps exigée pour une course de piston. On fait alors arriver la vapeur dans un récipient géométrique insensible à la chaleur et l'on applique la loi de Mariotte ; puis viennent quelques formules algébriques , et on établit ainsi une *théorie* des machines à vapeur.

L'autorité d'un nom aidant cette théorie entre gravement dans le monde et même , hélas ! elle est sûre de faire son chemin.

Après tout il est si commode d'accepter sans discussion une formule développée selon les règles de l'algèbre et reposant sur une idée. On vérifie , on discute les formules ; quant à l'examen de l'idée qui est le point de départ , on s'en inquiète peu , si ce n'est pour lui en substituer quelquefois une autre tout aussi peu fondée.

A cette malheureuse disposition des esprits , il n'y a qu'un remède ; il consiste à enterrer provisoirement toute idée préconçue et à observer les faits sur les machines elles-mêmes ; les idées se modifieront énormément plus tard , et les machines ne s'en porteront que mieux. Seulement les observations exigent immensément de temps , bien des essais , bien des tâtonnements et surtout une patience à toute épreuve.

Je l'ai appris à mes dépens. Une première expérience très-simple sur la machine de M. Hirn m'a donné l'éveil ; un thermomètre très-sensible a été introduit par le haut du cylindre dans un godet rempli d'huile. Ce godet traversait le couvercle et pénétrait même un peu dans l'espace nuisible ; le thermomètre marquait environ 440° alors que la vapeur surchauffée à deux mètres plus loin dans le tuyau d'arrivée était à 230° .

De là , je conclus que la vapeur , même surchauffée , devait se condenser dans le cylindre. M. Hirn admettait volontiers des condensations modérées contre les parois dans le cas de la vapeur saturée , mais il ne croyait pas que la vapeur surchauffée pouvait se condenser alors qu'elle apportait un supplément notable de calorique. Pour élucider la question des fuites ou condensations je le priai de faire

communiquer l'intérieur de la tige du piston avec l'intérieur de celui-ci au moyen de deux petits trous d'environ $5^m/m$ de diamètre; le premier, central, allant du bout extérieur de la tige jusqu'à mi-hauteur du piston et un second perpendiculaire au premier et débouchant à l'intérieur des segments. Si, comme on peut le croire, la vapeur s'introduisait dans l'intérieur du piston pour s'échapper du côté opposé au condenseur, on aurait vu les traces des fuites à l'extrémité extérieure du petit trou percé dans la tige. Il préféra le moyen suivant : il fit construire un piston avec garniture en corde de coton fortement serrée et ne pénétrant qu'à coups de marteau dans le cylindre ; ce piston de *seringue* a bien fonctionné pendant trois jours et j'entrepris avec M. Hirn une journée d'essai sur la consommation de vapeur par cheval et par heure ; s'il y avait eu des fuites avec le piston métallique, on aurait pu compter sur une petite amélioration de la dépense , au moins pour une journée ; avec le piston construit dans les conditions ci-dessus , il n'en a pas été ainsi , la consommation de la machine est restée la même ; ce fait nous préoccupa pendant très longtemps et j'affirmais plus hautement que jamais qu'il fallait trouver l'explication des phénomènes dans les condensations.

Un autre fait constaté pendant les essais entrepris sur la machine de M. Hirn en 1864 et exposé dans le rapport sur ces essais, vient à l'appui des refroidissements notables que doit subir la vapeur dans le cylindre.

La vapeur surchauffée perdait 28° dans un trajet de 10 à 12 mètres depuis la surchauffe jusqu'à l'entrée du cylindre, le tuyau d'amenée n'étant pas suffisamment protégé contre les refroidissements extérieurs ; pourtant il reposait sur la maçonnerie très-chaude du massif de la chaudière, et il était entouré d'une couche de terre glaise.

Enfin , dans une lettre publiée dans le même rapport, M. Grosse-teste me signalait que dans une machine à vapeur surchauffée de MM. Dollfus-Mieg et C^{ie}, la durée de la garniture de la tige de piston est sensiblement la même que dans les machines à vapeur saturée, mais celles qui se trouvent placées sur la boîte à tiroir résistent moins longtemps.

Du rapprochement de ces divers faits d'observation, je conclus que la vapeur surchauffée perd non-seulement tout le calorique de la surchauffe lorsqu'elle est entrée dans le cylindre mais qu'une portion même doit se condenser et cela par suite du refroidissement contre les parois, et que pour les mêmes raisons la vapeur saturée doit se condenser en plus grande proportion encore.

Mes recherches ont été dirigées dans ce sens pendant plus de trois ans et je suis arrivé à prouver que ces condensations constituent dans la plupart des machines de véritables *averses*.

Plusieurs essais spéciaux qui mettent hors de doute l'exactitude des appareils de Watt, m'ont permis d'analyser sûrement tous les faits que présente la vapeur depuis la chaudière jusqu'au condenseur ; de nombreuses vérifications basées sur les observations prouvent que ces essais peuvent rivaliser comme exactitude avec les opérations les plus délicates de la physique expérimentale. Mais dans cette étude il est absolument nécessaire de laisser de côté les idées surannées de la physique ancienne ; la théorie mécanique de la chaleur doit seule servir de guide.

Ce travail contribuera certainement à faire accepter dans le domaine pratique les faits essentiels de la thermodynamique que beaucoup d'esprits cultivés ne peuvent encore se résoudre à admettre.

Je ne discuterai pas mes expériences dans l'ordre chronologique, mais je commencerai cette étude par le dernier des essais, celui du 30 septembre 1874, c'est le plus complet de tous ; il y a été apporté un luxe de précautions et de corrections telles que tous les chiffres obtenus méritent une confiance absolue.

Quelques détails sur les opérations doivent précéder les discussions que je vais entreprendre ; ces essais ont tous duré une journée entière au moins ; je ne me suis jamais inquiété de la quantité de houille brûlée, car cet élément ne peut pas servir de terme de comparaison.

L'eau d'alimentation des chaudières a été relevée avec le plus grand soin ; toutes les corrections ont été faites, aussi bien celles qui

se rapportent au poids spécifique de l'eau et à la différence de niveau avant et après l'essai, qu'aux pertes par les robinets, soupapes, joints, etc. De plus, ces expériences contiennent une vérification essentielle qui permet de contrôler d'autres résultats. Le poids de l'eau de condensation et sa température moyenne ont été constatées par des observations très-minutieuses.

M. Hirn a entrepris depuis longtemps des recherches sur la quantité de chaleur recueillie au condenseur d'une machine à vapeur, et c'est ainsi qu'il a déterminé dans un beau mémoire ayant pour titre :

« *Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur, présentée à la Société de physique de Berlin* »

une valeur de l'équivalent mécanique de la chaleur. Quelques détails sur cette opération de la mesure de l'eau de condensation intéresseront sans doute le lecteur.

L'eau de condensation a été recueillie dans une cuve prismatique en maçonnerie, dont la section transversale était d'environ 4 mètres carrés et la profondeur de 0,80.

Cette cuve était parfaitement cimentée à l'intérieur; sur une de ses faces protégée contre les mouvements d'oscillation de l'eau se trouvait un orifice percé en mince paroi de 66 $\frac{m}{m}$ de diamètre.

Quand la machine est parvenue à un régime suffisamment stable, le niveau de l'eau dans la cuve se maintient, à quelques millimètres près, à la même hauteur sous laquelle l'eau s'écoule à régime constant par l'orifice en mince paroi. Ce niveau a été observé de minute en minute pendant des heures entières; puis on a déterminé, sous différents niveaux et par 5 essais consécutifs, le coefficient de la dépense de l'orifice; ce coefficient est parfaitement d'accord avec ceux qui ont été établis par les savantes recherches de MM. Poncelet et Lesbros.

Pour trouver exactement la température de l'eau de condensation, les plus grandes précautions ont été prises; ces températures ont été

constatées de minute en minute , également pendant 5 à 6 heures , au moyen d'un thermomètre à échelle arbitraire de M. Salleron. On pointait avec une lunette montée sur un cathétomètre et on lisait très-aisément les centièmes de degré. De quart d'heure en quart d'heure on prenait des diagrammes alternativement au haut et au bas du cylindre ; pendant certaines périodes des essais , on les relevait même toutes les cinq minutes. Pour avoir des termes de comparaison plus exacts , les pressions fournies par les ordonnées des diagrammes ont été corrigées en tenant compte de l'influence de la pression barométrique sur le piston de l'indicateur de Watt. Le travail moyen de ces courbes donne les éléments nécessaires à l'analyse du jeu de la machine.

Pour de plus amples renseignements , je renvoie le lecteur au Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse , octobre 1869, dans lequel M. Hirn justifie deux méthodes pouvant servir à déterminer exactement la proportion d'eau entraînée par la vapeur, en même temps , il entre dans des détails intéressants au sujet des opérations délicates qu'exigent ces méthodes et du degré de confiance qu'elles méritent.

Je ne reviendrai pas sur la valeur des indications de l'appareil de Watt , ce que nous avons dit dans le premier chapitre suffit , et s'il restait quelques doutes à ce sujet, certes, les résultats des recherches que je vais exposer et la manière dont ils se vérifient les dissiperaient complètement. Je prouverai non-seulement que les fuites à travers les tiroirs et les pistons à l'état d'entretien ordinaire sont nulles , mais je démontrerai que les résultats d'observation sur les machines à vapeur sont vérifiés par la théorie mécanique de la chaleur ; je ne quitterai pas mon sujet avant d'avoir établi que mes expériences récentes et celles que j'ai publiées en 1867 sont toutes d'accord entre elles.

ESSAI DU 30 SEPTEMBRE 1874 DE LA MACHINE DE M. HIRN ,
TRAVAILLANT AVEC DE LA VAPEUR SURCHAUFFÉE (1).

Sans entrer dans de longs détails sur les opérations , je donnerai ci-après les résultats des expériences.

L'essai du 30 septembre 1874 sur la machine de M. Hirn , travaillant avec de la vapeur surchauffée , comprend $42^{\text{h}} \cdot 9' 45''$ de marche *sous charge* , la détente a été calée du matin au soir , mais par suite de l'usure des pièces du mouvement des tiroirs , il y a eu de très-légères variations dans le degré de l'admission de la vapeur. La pression moyenne dans le générateur a été constatée par 47 observations prises de quart d'heure en quart d'heure sur un manomètre à mercure à tube droit , en cristal. La valeur moyenne de cette tension après déduction d'une petite colonne d'eau qui surnageait sur le mercure et ramenée à une hauteur barométrique de $0^{\text{m}}760$, est de $4^{\text{kg}} \cdot 6235$ par ctm^2 .

La pression atmosphérique pendant la journée de l'essai a été mesurée à l'aide d'un baromètre de Fortin ; elle correspondait à une hauteur de $739 \frac{\text{m}}{\text{m}}$. Le nombre de tours moyen par minute , sous charge , relevé avec un compteur-totalisateur = 29,9733.

La dépense moyenne de vapeur surchauffée par coup de piston = $0^{\text{k}} \cdot 1987$, toutes corrections faites , aussi bien celles qui sont relatives à la densité de l'eau d'alimentation à différentes températures , que celles qui se rapportent aux fuites par les soupapes , les robinets

(1) Les calculs qui suivent ont été facilités par les tableaux publiés par M. Zeuner , dans ses : • *Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie* • Ces tableaux ont été reproduits dans l'excellente traduction que MM. Arnthal et Cazin ont donnée de cet ouvrage important.

(2) Pour déterminer l'importance des fuites de vapeur , j'ai employé le moyen suivant : le soir , après l'arrêt de la machine , j'ai pris le niveau de l'eau dans la chaudière ainsi que la pression de la vapeur et la température qui s'en suit ; le lendemain matin avant l'allumage , c'est-à-dire 8 ou 10 heures après , j'ai constaté la quantité dont le niveau avait baissé ainsi que la nouvelle pression et la nouvelle température. Par un calcul de volume et de réduction de l'eau à son maximum de densité , j'ai trouvé l'ensemble de pertes dues aux fuites de vapeur.

et les joints. Je dois ajouter qu'en trois ou quatre endroits la vapeur s'échappait à travers les joints du tuyau d'arrivée de vapeur (1).

Le vide dans le condenseur déduit de 43 observations est mesuré par une colonne de mercure de $70^m/m, 1$ et correspond à $0^k.0922$ par ctm^2 ; par suite de la disposition particulière de ce dernier manomètre, il n'y avait pas à faire de réduction relative à la pression atmosphérique. La vapeur est sortie de la surchauffe à $T'_0 = 238,7$, c'est la moyenne de 43 observations; près du cylindre elle n'avait plus que $T = 195,7$; elle a donc perdu dans son trajet 43° en circulant dans un tuyau en fonte qui n'était pas suffisamment garanti contre le refroidissement externe.

Je me suis assuré par plusieurs comparaisons que, depuis l'endroit où la vapeur était à $195,7$ jusque dans les boîtes à tiroir, la vapeur perdait encore 14° par le conduit qui n'était pas convenablement protégé. Lors des essais de 1864, j'ai vu tomber le refroidissement dans le tuyau d'amenée de $28^\circ,8$ à 4° ou 5° seulement, en l'enveloppant d'un canal en briques.

Pendant la journée de l'essai, 46 diagrammes ont été relevés de quart d'heure en quart d'heure, dont 24 pris au haut du cylindre et 22 au bas. Une quinzaine d'autres, intercalés pendant les délicates observations sur l'eau de condensation, complètent les renseignements relatifs aux faits qui se sont passés dans le cylindre.

De ces nombreux diagrammes il résulte que la pression moyenne de la vapeur dans le cylindre pendant l'admission est de $3^k.231$ par ctm^2 ; il a été tenu compte de l'influence de la pression atmosphérique sur le piston de l'appareil de Watt.

(1) Si l'on veut déterminer très-exactement le degré de détente par les diagrammes et la loi d'expansion

$$\frac{p_n}{p_0} = \left(\frac{v_m + v_p}{v_0 + v_p} \right)^{\alpha'}$$

on pourra opérer comme il a été dit page 202, du premier chapitre, c'est-à-dire que l'on prendra deux ordonnées de comparaison rapprochées du commencement de la détente, l'on aura ainsi un exposant α'' un peu différent de celui qui correspond à la moyenne du diagramme entier et en cherchant l'intersection de la courbe avec l'horizontale passant par l'extrémité de p_0 ; on déterminera n_0 puis $f = \frac{n_0 - 1}{20} = \frac{v'_0 + v_p}{v_n + v_p}$.

La perte de charge entre la chaudière et le cylindre, avec les robinets ouverts *en plein*, est donc de $4,6235 - 3,234 = 1,3925$, tandis que pendant l'essai au frein, en 1864, elle n'était que de 0^k540 .

On verra plus loin d'où vient cette énorme différence. La pression finale moyenne dans le cylindre, qui joue un grand rôle dans notre analyse, est égale à 0^k644 par ctm^2 .

La loi de la détente moyenne, en tenant compte des espaces nuisibles, est déterminée par la formule :

$$\frac{p_n}{p_m} = \left(\frac{v_m + v_p}{v_n + v_p} \right)^{0.75}$$

Le volume de vapeur introduit par coup de piston, espaces nuisibles compris :

$$v_o = 0^m3,05616; \quad v_p = 0^m3,005 \quad \text{et} \quad v_o' = v_o - v_p = 0^m3,05116; \quad v_n = 0,^m3,489 \quad (1)$$

d'où résulte un degré de détente :

$$f_c = \frac{v_o' + v_p}{v_n + v_p} = 0.1137$$

$$f_c' = \frac{v_o'}{v_n} = 0.1046$$

Le travail *indiqué* ou travail *exercé* sur les pistons, sans déduction des frottements propres à la machine est $= 5318^{\text{kgm}}.8$ par course; le travail absolu total $= 6893^{\text{kgm}}.4$ et le travail de la contre-pression $= 1574^{\text{kgm}}.6$. Ces deux derniers travaux sont également estimés par coup de piston (1).

(1) Les éléments précédents ont été déterminés comme suit :

Avec les 46 diagrammes pris au haut et au bas du cylindre, on a construit une *courbe moyenne*, c'est-à-dire qu'après avoir partagé la base de chaque courbe en 20 parties égales et tracé les ordonnées, celles-ci ont été mesurées au $\frac{1}{10}$ de millimètre près, puis on a pris les moyennes des 46 ordonnées

$$y_1 \quad y_2 \quad y_3 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad y_{n+1}$$

et $y_1' \quad y_2' \quad y_3' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad y_{n+1}'$

et on a construit la *courbe moyenne* qui a servi de base aux calculs. Le degré de détente a été calculé par les formules exposées dans le I^{er} chapitre.

Les observations sur l'eau de condensation ont été faites à plusieurs reprises pendant 5^h.38' avec tout le soin et les précautions dont j'ai parlé plus haut.

Ces 5^h.38' correspondent à cinq séries d'observations ; pendant l'une d'elles on a augmenté dans une forte proportion le poids de l'eau injectée dans le condenseur.

La température de l'eau froide d'injection, prise dans un puits en communication avec la rivière, n'a pas varié de $\frac{1}{100}$ de degré pendant toute la durée des 5 essais, sa valeur $\theta_0 = 16^{\circ},15$.

Le poids d'eau moyen rejetée par le condenseur $M' = 7^{\text{k}}.7323$ par coup de piston et sa température moyenne déduite de calculs très-laborieux $\theta_n = 30^{\circ}94$. Le rapport entre le poids de l'eau de condensation et le poids de vapeur dépensée est donc de

$$\frac{7.7323 - 0.4987}{0.4987} = 38 \text{ environ.}$$

La température de l'eau de condensation a augmenté de $30^{\circ},91 - 16^{\circ},15 = 14^{\circ},76$ et la chaleur gagnée par coup de piston sur la masse totale d'eau froide s'élève à $(7.7323 - 0.4987) 14.76 = 111^{\text{cal}}.96$.

Je viens d'exposer les observations essentielles de l'essai du 30 septembre 1874 sur la machine de M. Hirn.

Passons maintenant à l'analyse de l'essai lui-même, et voyons comment on peut justifier rationnellement tous les phénomènes qui en sont les conséquences.

J'entrerai en matière par une vérification de la formule que M. Hirn a établie depuis longtemps au sujet de la chaleur anéantie par le travail externe rendu.

Elle donnera immédiatement une idée de la valeur des indications de l'appareil de Watt, lorsqu'on le transporte, comme je le fais, dans le domaine de la thermodynamique.

Quoique les études de M. Hirn remontent à une douzaine d'années, il n'a pu les faire accepter sans discussion et il s'est vu obligé, récemment, de les défendre de nouveau (1).

(1) Voir le bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, octobre 1869.

Il a apporté dans sa dernière exposition une sûreté toute mathématique en même temps qu'il a ajouté quelques nouveaux développements bien faits pour écarter tous les doutes. Certes, les démonstrations de M. Hirn n'ont pas besoin de mes vérifications expérimentales, au contraire, je suis très-heureux de voir qu'elles rentrent complètement dans les principes qu'il a posés.

Je suis parti du fait très-simple que voici :

La quantité de chaleur recueillie dans le condenseur d'une machine à vapeur est égale à celle qui a été fournie par la chaudière, déduction faite de toutes les pertes de calorique subies par la vapeur dans son trajet depuis le générateur jusqu'au condenseur.

Quand on énonce une vérité aussi élémentaire, on risque fort de provoquer un sourire de pitié; pourtant, nous verrons que si le principe ne peut en lui-même soulever de difficulté, il en est tout autrement lorsqu'on veut passer à son application.

Les pertes de chaleur, par le refroidissement des tuyaux et du cylindre, exigent d'abord des opérations assez longues et très-déli-cates. Mais, outre la perte de calorique due aux rayonnements extérieurs, il en existe une autre plus considérable qui résulte de la chaleur *anéantie* correspondante au travail absolu rendu; de plus, il y a des gains de chaleur provenant des pistons moteurs et de celui de la pompe à air. Bien mieux, lorsque la vapeur se rend au condenseur, le piston moteur exerce un travail d'expulsion sur cette vapeur qui s'échappe, et ce travail extérieur fait réapparaître une quantité équivalente de chaleur.

Quand on transporte l'étude des machines à vapeur sur le terrain de la thermodynamique, on peut être sûr que l'on rencontrera, près d'un grand nombre d'ingénieurs, une vive résistance. Je ne m'y arrêterai pas et je répondrai aux incrédules obstinés : Faites concorder vos essais, tâchez d'éviter les contradictions et vous n'arriverez pas même à des à peu près qui puissent satisfaire le plus modeste ouvrier.

Je vais vérifier deux résultats essentiels de ces observations. La

dépense de vapeur surchauffée par coup de piston et la quantité de chaleur recueillie au condenseur.

Écrivons par une équation que la somme de chaleur fournie par la chaudière et la surchauffe est égale à la quantité de chaleur recueillie au condenseur, correction faite de toutes les pertes internes et externes.

Appelons x la dépense de vapeur surchauffée par coup de piston; elle a été déterminée par l'observation et est égale à $0^{\text{kg}} \cdot 1987$.

Soit T_0 la température de la vapeur dans la chaudière déduite de la pression moyenne observée ou $P_0 = 4^{\text{k}} \cdot 6235$ par cm^2 , d'où $T_0 = 148^{\circ}, 1$.

Soit θ_0 la température de l'eau froide de condensation; sa valeur constante pendant toute la durée des observations est de $16^{\circ}, 5$.

θ_u la température de l'eau rejetée du condenseur, sa valeur moyenne pendant $5^{\text{h}} \cdot 38'$ est égale à $30^{\circ}, 91$.

T_0' la température de la vapeur à la sortie de la surchauffe, ou

$$T_0' = 238.70$$

T' la température de la vapeur près du cylindre ou

$$T' = 195.70$$

$C = 0,48$ la capacité calorifique de la vapeur surchauffée.

Depuis l'endroit où la dernière température a été prise jusque dans les boîtes de distribution, il s'est opéré un nouveau refroidissement de 14° .

Appelons F_1 le travail *indiqué* ou celui qui est exercé sur le piston d'après les 46 diagrammes relevés pendant la journée :

$$F_1 = 5318.8 \text{ kilogrammètres.}$$

A F_1 la quantité proportionnelle de chaleur disparue, ou

$$A F_1 = \frac{F_1}{424} = \frac{5318.8}{424} = 12.54$$

Enfin, appelons M' le poids total de l'eau chaude rejetée par le condenseur. J'ai dit plus haut que la valeur moyenne de M' pendant les 5^h 38' d'observations = 7^k.7323.

Le poids de vapeur dépensée par coup de piston, après avoir passé par la surchauffe, possède à l'entrée du cylindre une quantité de calories exprimée par :

$$x \left[(606.5 + 0.305 T_0) + C (T_0' - T_0) - C (T_0' - (T' - 14)) \right] \\ = x \left[(606.5 + 0.305 T_0) + C (T' - 14 - T_0) \right]$$

dans le condenseur il a été recueilli (page 174) :

$$(M' - x) (\theta_u - \theta_0) \text{ calories.}$$

Le refroidissement externe du cylindre occasionne par course de piston une perte de calorique de :

$$1.85 = a \quad (1)$$

Puis la vapeur perd 1^{cal} = a_1 en s'échappant au condenseur par un tuyau en cuivre de 2^m 50 de développement et non entouré de corps mauvais conducteurs.

Cette perte je l'ai déterminée aussi bien que possible par comparaison et d'après les principes de la transmission de la chaleur.

L'erreur probable sur une aussi petite quantité n'aura, dans tous les cas, qu'une influence secondaire.

La somme des pertes de chaleur s'élève donc à

$$A F_i + a + a_1$$

Par contre il y a deux gains de chaleur :

1° Celui qui se rapporte au calorique développé par le frottement du piston moteur, ce gain de chaleur a été estimé = 0^{cal}.5 = b (voir Bull. de la Soc. Ind. de Mulhouse, avril et mai 1867 ;

(1) Voir plus loin la note relative à la machine de MM. N. Schlumberger et Cie, chapitre III.

2° Le piston en chanvre de la pompe à air donne lieu à un frottement dont le travail équivaut encore à 0.5 calories environ, = b_1 .

En posant la quantité de chaleur recueillie au condenseur égale à celle qui est entrée dans le cylindre, diminuée de la somme algébrique de toutes les pertes, nous aurons l'expression suivante :

$$\left[(606.5 + 0.305 T_0 - \theta_n) + C(T' - 14 - T_0) \right] - A F_i - a - a_1 + b + b_1 = (M' - x)(\theta_n - \theta_0)$$

équation de laquelle on tire :

$$x = \frac{M'(\theta_n - \theta_0) + A F_i + a + a_1 - b - b_1}{606.5 + 0.305 T_0 - \theta_0 + C(T' - 14 - T_0)}$$

$$x = \frac{7^k \cdot 7323 (30.91 - 16.15) + 12^{cal} \cdot 54 + 1.85 + 1 - 0.5 - 0.5}{606.5 + 0.305 \times 148.1 - 16.15 + 0.48 (195.7 - 14 - 148.1)}$$

$$x = 0.1972,$$

tandis que l'observation nous a donné 0.1987; la différence entre ces deux résultats ne s'élève qu'à :

$$\frac{0.1987 - 0.1972}{0.1987} = \frac{0.0015}{0.1987} = 0.76 \%$$

ou

$$\frac{1}{133}$$

Passons maintenant à l'analyse des phénomènes qui se présentent dans le cylindre et le condenseur, d'après la méthode que je propose pour les constater.

Nous avons vu que la dépense observée de vapeur surchauffée = $M = 0^{kg} \cdot 1987$ par coup de piston. La vapeur pendant l'admission dans le cylindre est à $p_0 = 3^{kg} \cdot 231$ par centm² (page 167) au lieu de $4^{kg} \cdot 6235$ qu'elle avait dans la chaudière, et d'après ce que nous avons dit plus haut, cette vapeur surchauffée doit être non-seulement tombée au point de saturation, ce qui est évident à priori d'après les chiffres d'observation, mais nous affirmons de plus qu'une notable quantité de vapeur s'est condensée contre les parois du cylindre, et

c'est ce qui résultera avec la dernière évidence des discussions suivantes.

De mes nombreux diagrammes relevés pendant la journée, j'ai conclu que le degré de détente

$$f_c = \frac{0.05616}{0.494} = 0.1137$$

c'est-à-dire que le volume moyen de vapeur introduit par coup de piston ou

$$v_n + v_p = 0.05116 + 0.005 = 0.05616.$$

A la pression moyenne pendant l'admission ou $p_o = 3^{\text{kg}}.231$ par centim² correspond une densité de vapeur saturée $\gamma_o = 1.7694$.

Le poids de vapeur *présent* dans le cylindre à la fin de l'admission est donc

$$= (v_o + v_p) \gamma_o = 0.05616 \times 1.7694 = 0^{\text{kg}}.0994$$

de vapeur; et comme la dépense de vapeur surchauffée observée par coup de piston = $0^{\text{kg}}.4987$, je dis qu'il y a :

$$\frac{0.4987 - 0.0994}{0.4987} = \frac{0.0993}{0.4987} = 50 \%$$

d'eau à l'état liquide, ruisselant le long des parois ou tenue en suspension à l'état de brouillard, et ces $0^{\text{kg}}.0993$ se sont condensés en arrivant dans le cylindre.

A la fin de la course, le volume occupé par la vapeur

$$v_n + v_p = 0.489 + 0.005 = 0.494.$$

La pression finale, correction faite également de la pression atmosphérique est égale à $0^{\text{kg}}.644$ par centim², la densité correspondante $\gamma_n = 0.3879$, le poids de vapeur présent dans le cylindre à la fin de la course est donc de

$$(v_n + v_p) \gamma_o = 0.494 \times 0.3879 = 0^{\text{kg}}.1916$$

la dépense étant 0.4987; s'il n'y a pas eu de fuites il n'y a plus que

$$\frac{0.4987 - 0.4946}{0.4987} = \frac{0.0071}{0.4987} = 3 \text{ ‰ } 6$$

d'eau, tandis qu'au commencement de la détente il y a 0.0993 ou 50 ‰. Il s'est donc évaporé pendant la détente 0.0993 — 0.0071 = 0.0922 d'eau, soit 46 ‰ 4.

La machine de M. Hirn n'a pas d'enveloppe de vapeur, et d'après les idées reçues aujourd'hui, c'est tout le contraire qui devrait arriver et c'est précisément pour éviter la condensation pendant la détente que l'on applique des chemises de vapeur au cylindre. Nous verrons plus loin quel rôle jouent les enveloppes. Quoiqu'il en soit de ce fait qui peut paraître paradoxal, je dois le justifier si ma méthode et mes moyens d'investigation sont exacts.

La chaleur totale du mélange de vapeur et d'eau à la fin de l'admission est :

$$J_0 = m_{v_0} (\lambda_0 - A p_0 u_0) + (M - m_{v_0}) \int_0^{t_0} c dt$$

formule dans laquelle M représente la dépense totale = 0^k.4987, m_{v_0} le poids de vapeur, $M - m_{v_0}$ le poids d'eau; λ_0 est la chaleur totale qu'il faut dépenser pour transformer 1^{kg}. d'eau prise à 0° en vapeur à t_0 ; $A p_0 u_0$ représente la chaleur disparue par suite du travail externe qu'elle doit surmonter pendant sa formation; c , est la capacité calorifique de l'eau; on sait que d'après les formules de M. Regnault :

$$\int_0^{t_0} c dt = t + 0.00002 t^2 + 0.0000003 t^3 = q$$

par quelques transformations l'équation en J_0 ci-dessus devient :

$$J_0 = m_{v_0} \rho_0 + M q_0$$

ρ_0 désigne dans la théorie mécanique de la chaleur : *la chaleur interne totale*, et q_0 *la chaleur du liquide*.

à $p_o = 3^k \cdot 231$ correspondent les valeurs suivantes :

$$t_o = 135^{\circ}31, p_o = 468.37$$

$$q_o = 136.42.$$

En substituant on trouve :

$$J_o = 0.0994 \times 468.37 + 0.1987 \times 136.42 = 73^{\circ}.67$$

À la fin de la course la chaleur totale interne est :

$$J_n = m_{v_n} p_n + M q_n$$

$$= 0.1916 \times 506.39 + 0.1987 \times 87.59$$

$$= 114^{\text{cal.}}.42$$

Ainsi la chaleur totale à la fin de la course dépasse celle qui existe au commencement de la détente de :

$$J_n - J_o = 114.42 - 73.67 = 40^{\text{cal.}}.75$$

Ce premier résultat a tout lieu d'étonner, car on ne voit pas au premier abord pourquoi, à la fin de la détente, le mélange de vapeur et d'eau renferme plus de chaleur qu'au commencement.

Mais, outre ce gain de chaleur il faut justifier : 1° Le refroidissement externe du cylindre ou $a = 1.85$; 2° tout le calorique disparu pendant la détente; le travail absolu F_{abs} rendu pendant cette période étant :

$$F_{\text{abs}} = 5240^{\text{kgf.}}.4$$

et la chaleur équivalente :

$$A. F_{\text{abs}} = \frac{5240.4}{424} = 12^{\text{cal.}}.36.$$

Ces deux causes de perte de calorique donnent un total de :

$$1.85 + 12.36 = 14^{\text{cal.}}.21.$$

Nous avons à en retrancher un gain de $0^{\text{cal.}5}$ rendu par le frottement du piston, de sorte qu'il y a à trouver outre les $40^{\text{cal.}75}$, encore $44.24 - 05 = 43^{\text{cal.}74}$; en résumé, nous arrivons à la fin de la course du piston avec un excédant de chaleur de :

$$40.75 + 43.74 = 54.46 \text{ calories.}$$

D'où proviennent ces $54^{\text{cal.}46}$?

La surchauffe et la condensation abondante pendant l'admission les ont fournies, les parois du cylindre et le piston les ont emmagasinées puis rendues pendant la détente.

Effectivement, la vapeur surchauffée qui se trouvait à $T' = 495.7$ à environ $2^{\text{m.}} 50$ du cylindre et qui a perdu encore 44° jusqu'aux boîtes de distribution, tombe à l'intérieur du cylindre à $t_0 = 435.34$ qui est la température correspondante à $p_0 = 3^{\text{k.}234}$, elle rendra donc aux parois du cylindre $M C (T' - 44 - t_0)$ M étant la dépense, 0.1987 et C la capacité calorifique de la vapeur surchauffée $= 0.48$

$$M C (T' - 44 - t_0) = 0.1987 \times 0.48 (495.7 - 44 - 435.34) = 4^{\text{cal.}43}$$

puis il s'est condensé 0.0993 (voir page 174) de vapeur pendant l'admission à la pression p_0 et à la température $t_0 = 435^{\circ} 34$. Ce poids de vapeur rendra libre :

$$(M - m_{v_0}) (606.5 + 0.305 t_0 - q_0) = 0.0993 \times 544.35 = 50.78 \text{ calories}$$

que les parois ont également absorbées.

En d'autres mots, la surchauffe et la condensation ont rendu $4.43 + 50.78 = 55^{\text{cal.}21}$ au lieu de $54^{\text{cal.}46}$ dont il faudra rendre compte ; la différence ne s'élève donc qu'à

$$55.21 - 54.46 = 0^{\text{cal.}75}$$

Cette différence est certainement très-faible, mais elle ne constitue pas une erreur; en faisant marcher la machine de M. Hirn dans de tout autres conditions nous avons toujours trouvé que les parois n'ont pas le temps, pendant une course de piston, de rendre au mélange de vapeur et d'eau tout le calorique qu'elles ont emmagasiné. Cet excès peut même atteindre des valeurs considérables. Je l'appelle *refroidissement par le condenseur*, et je le désignerai par R_c ; quelle que soit sa valeur, je le justifierai toujours.

Dans le cas particulier de l'essai que nous analysons ici, il se présente une vérification importante par l'eau de condensation dont le poids et la température ont été observés avec le plus grand soin.

En effet, nous avons trouvé pour la chaleur totale à la fin de la course $J_n = 114^{\text{cal.}} 42$; cette quantité de chaleur doit se retrouver au condenseur, y compris la somme algébrique des gains de chaleur qui s'y ajoutent pendant que la vapeur se précipite dans le condenseur.

Pendant l'échappement il existe sous le piston une contrepression moyenne de $p_c = 0^{\text{kg.}} 322$, correction faite de la hauteur barométrique; le piston exerce donc un travail d'expulsion sur la vapeur; ce travail s'élève à $F_c = v_n p_c = 0.489 \times 3220 = 1574,6^{\text{kgm.}}$ par course; la chaleur équivalente développée :

$$A F_c = \frac{1574^{\text{kgm.}} \cdot 6}{424} = 3^{\text{cal.}} 74 ;$$

Ce gain de chaleur ajouté à $J_n = 114.42$ donne une somme de $114.42 + 3.74 = 118.13$.

Mais la vapeur en traversant le tuyau d'échappement en cuivre, non protégé contre le refroidissement extérieur, perd environ 1 calorie (voir page 172), la vapeur apporte donc au condenseur $118.13 - 1 = 117^{\text{cal.}} 13$.

Mais elle y gagne par le frottement de la pompe à air $b_1 = 0,5$, ce qui porte à $117.13 + 0,5 = 117.63$ la chaleur présente.

En retranchant la chaleur conservée par la vapeur et l'eau après condensation ou

$$M \theta_n = 0.4987 \times 30.94 = 6^{\text{cal.}} 14,$$

nous devons trouver la chaleur gagnée par l'eau froide d'injection, soit :

$$(M' - M) (\theta_n - \theta_0) = J_n + A F_c - a_1 + b_1 - M\theta_n = 111.96$$

$$\text{Le 1}^{\text{er}} \text{ membre} = 111^{\text{cal.}} 96$$

$$\text{Le 2}^{\text{e}} \text{ membre} = 111.49 = 117.63 - 6.14$$

la différence entre ces deux quantités ne s'élève qu'à $0^{\text{cal.}} 47$ au lieu de $0^{\text{cal.}} 75$ trouvés plus haut.

Le désaccord entre cette vérification et les calculs précédents ne s'élève qu'à $0.75 - 0.47 = 0^{\text{cal.}} 28$ et la moyenne de R_c est :

$$\frac{0.47 + 0.75}{2} = 0^{\text{cal.}} 61.$$

L'excès de chaleur constaté à la fin de la course du piston est donc justifié expérimentalement.

Passons à l'examen des fuites par le piston ou les tiroirs.

S'il y avait eu des fuites nous aurions également retrouvé au condenseur nos 0.75 calories et notre méthode analytique serait fautive ; mais les résultats ci-dessus établiront, au contraire, l'impossibilité absolue d'un passage de vapeur ou d'eau par les tiroirs ou le piston de la machine de M. Hirn, ou plutôt, ils nous conduiront à fixer un maximum à ces prétendues fuites, que les considérations suivantes réduiront à une valeur insignifiante, sinon à zéro, de sorte qu'il ne vaut pas la peine de s'en préoccuper, pas plus au point de vue de la pratique qu'à celui de la théorie.

Supposons que ces fuites aient lieu au commencement de la course, elles se feraient ainsi sous une pression $p_0 = 3^{\text{kg.}} 231$ et une tempé-

rature $t_o = 135^{\circ}31$, elles correspondraient ainsi à un poids de vapeur condensée π donné par l'équation :

$$Q_o = \pi (606,5 + 0,305 t_o - \theta_n)$$

$$\pi = \frac{Q}{606,5 + 0,305 t_o - \theta_n} = 0^k.0012$$

ou $\frac{0,0012}{0,1987} = 0,6 \%$ ou $\frac{1}{166}$

sur une dépense totale de $M = 0,1987$.

Ainsi, elles ne peuvent dépasser ce chiffre, mais elles restent évidemment bien au-dessous de cette limite.

Examinons à ce sujet l'état thermique de la masse de fonte du cylindre et du piston. Pendant l'admission la vapeur afflue à :

$$p_o = 3^{\text{kgr}}231 \text{ et à } t_o = 135^{\circ}31.$$

La portion du cylindre correspondante à l'admission, le couvercle ou bien le fond, le piston lui-même ainsi que sa tige se mettront à cette température sur une profondeur de quelques millimètres au moins.

La vapeur tombe à la fin de la course à

$$p_n = 0^k.644 \text{ et } t_n = 87^{\circ}24$$

admettons dans la masse totale du cylindre une température moyenne

de $\frac{135,31 + 87,24}{2} = 111^{\circ}$

environ. Que la température des parois soit en réalité de beaucoup au-dessus ou au-dessous de cette moyenne, elle n'influencera pas les conclusions suivantes.

Le poids du cylindre, du couvercle, etc., = 2200 kgr. à peu près; cherchons de combien la température de cette masse de

fonte doit s'abaisser à chaque coup de piston pour céder la faible quantité de chaleur $R_c = 0^{\text{cal}}.75$ qui se trouve en excès dans les parois à la fin de la course du piston.

La capacité calorifique de la fonte de fer ou $c = 0,43$, celle de l'eau étant 1, nous aurons :

$$P c x = 0.75 ; x = \frac{0.75}{2200 \times 0.43} = 0^{\circ}0023$$

soit $\frac{1}{433}$ de degré centigrade environ.

Personne ne mettra en doute la possibilité d'un aussi petit abaissement de température dans la masse totale du cylindre pendant l'échappement, et si quelque chose a lieu d'étonner, c'est plutôt la faible valeur de cette chute de température qui justifie l'abandon des $0^{\text{cal}}.75$; et si le refroidissement par le condenseur était même 40 fois plus considérable comme dans un essai dont nous rendrons compte bientôt, il suffirait d'un abaissement de $\frac{1}{11}$ de degré centigrade environ, dans la masse du cylindre, pour rendre compte d'un refroidissement bien plus grand.

Ainsi que je l'ai dit plus haut, les fuites dont le calcul m'a donné une limite supérieure de $\frac{1}{168}$, n'ont pas lieu en présence de résultats que je viens de développer.

Les phénomènes s'expliquent rationnellement de la manière suivante :

L'eau condensée et le brouillard en suspension dans la vapeur absorbent, surtout par contact et beaucoup moins par rayonnement, les $0^{\text{cal}}.75$, et cela d'autant plus facilement que les parois du cylindre se trouvent au moins à la température finale $t_n = 87.24$, tandis que pendant l'échappement la vapeur est à une température beaucoup plus basse. L'eau et le brouillard renfermés dans le cylindre s'évaporeront instantanément, tout au moins sur les parois, et emporteront ainsi les $0^{\text{cal}}.75$ au condenseur, où je les ai retrouvés. La chaleur cédée par la surchauffe et la condensation restitueront cette perte pendant l'admission de la course suivante.

Si j'ai réussi à exposer avec clarté la méthode que je suis pour analyser les phénomènes dynamiques et thermiques qui se présentent dans les machines à vapeur, le lecteur reconnaîtra avec moi les faits suivants :

La dépense de vapeur est inattaquable, car elle repose sur le jaugeage consciencieux de l'eau d'alimentation et sur l'eau rejetée par le condenseur et on a vu avec quels soins minutieux cette dernière quantité a été mesurée et vérifiée.

Le calcul du poids de vapeur dépensée repose sur le volume du cylindre, de ses espaces nuisibles et sur la densité de la vapeur déduite de la pression.

Mon affirmation au sujet de l'absence de fuites autour du piston est justifiée par la chaleur gagnée par l'eau de condensation et l'influence bien manifeste des parois, influence sur laquelle je reviendrai plus loin. De plus, comme mes observations et mes chiffres se vérifient avec une approximation qu'il est facile d'obtenir en opérant avec soin, ma manière de voir sur la parfaite étanchéité des pistons et des tiroirs convenablement entretenus ainsi que l'ensemble de mes observations sont mises hors de doute à la fois.

J'ai soumis mes idées à M. Hirn. Il a examiné cette question au point de vue analytique et il a établi une équation qui fixe directement une relation entre les fuites et le refroidissement par le condenseur.

Cette équation est l'expression algébrique très-élégante de l'ensemble des raisonnements que je viens de développer.

Voici une note dans laquelle il a eu l'obligeance de condenser ses observations à ce sujet ; elles ne font que confirmer les résultats que je viens de discuter. Quoiqu'elle se rapporte à un essai du 25 août 1870, qui sera analysé plus loin, sa place naturelle est à la suite des discussions qui précèdent.

NOTE DE M. HIRN.

« J'admettrai dans ce qui suit que, *si fuites il y a*, ces fuites
» n'ont lieu que pendant la période d'admission, et même seule-

» ment au début. Cette supposition, peu importante d'ailleurs quant
 » à ses conséquences, est légitime au point de vue pratique.

» Les segments des pistons *claquent* en général plus ou moins
 » fort au commencement de la course, c'est dans ce moment seule-
 » ment que les fuites peuvent se produire avec un piston *bien fait*,
 » qui, comme on peut s'en assurer facilement, ne laisse plus passer
 » une quantité de vapeur appréciable lorsqu'on l'essaie en repos en
 » n'importe quel point de sa course. Soient M le poids total d'eau et
 » de vapeur dépensé par le coup de piston F , le poids d'eau et de
 » vapeur que par hypothèse laisse fuir le piston, m_o le poids de
 » vapeur au moment où l'admission cesse, m_n , ce même poids à la
 » fin de la course, poids déterminés tous deux à l'aide des pressions
 » données par les diagrammes.

» La chaleur interne de la vapeur et de l'eau présentes dans le
 » cylindre, au moment où l'admission cesse, est :

$$J_o = (M - F) q_o + m_o \rho_o$$

» A la fin de la course cette chaleur interne devient :

$$J_n = (M - F) q_n + m_n \rho_n$$

équations dans lesquelles :

$$q = t + 0.00002 t^2 + 0.0000003 t^3$$

et
$$\rho = (606.5 + 0.305 t - A p u)$$

Il vient ainsi pour la différence $J_n - J_o = \delta$

$$J_n - J_o = (M - F) (q_n - q_o) + m_n \rho_n - m_o \rho_o$$

» Désignons : 1° par $A F_j$ la chaleur consommée pendant la
 » détente en travail externe et trouvée aussi à l'aide des diagrammes;
 » 2° par a le refroidissement externe du cylindre; 3° par b la cha-
 » leur due aux frottements du piston; 4° par R_c la chaleur que les
 » parois cèdent à la vapeur pendant qu'elle se jette dans le con-

» denseur. La perte totale de chaleur subie à chaque coup de piston est :

$$s = \delta + R_c + a - b + A F_\delta$$

» et cette somme est restituée à chaque coup de piston aussi aux parois par la vapeur qui afflue pendant la période d'admission.
 » Désignons par y le poids de vapeur qui se condense par suite de cette soustraction de chaleur ; comme cette condensation a lieu sous pression à peu près constante on a : $y r_o$ pour l'expression de la chaleur abandonnée, r_o étant la chaleur d'évaporation qui répond à la pression p_o qu'a la vapeur dans le cylindre pendant l'admission.

» Il vient ainsi :

$$y r_o = \delta + R_c + A F_\delta + a - b$$

» ou en remettant pour δ sa valeur :

$$y r_o = m_u \rho_n - m_o \rho_o + (M - F) (q_n - q_o) + A F_\delta + R_c + a - b.$$

» Il est facile d'éliminer y de cette équation. Désignons en effet par α la proportion de l'eau présente dans la vapeur au moment où elle s'est jetée dans le cylindre. Il est clair qu'on a :

$$M = F + \frac{1}{\alpha} y + \frac{1}{\alpha} m_o$$

d'où
$$y = \alpha \left((M - F) - \frac{1}{\alpha} m_o \right) = \alpha (M - F) - m_o$$

et par conséquent :

$$r_o (\alpha (M - F) - m_o) = (m_u \rho_n - m_o \rho_o) + (M - F) (q_n - q_o) + A F_\delta + R_c + a - b$$

» Avant de donner une application numérique de cette équation, je dois faire une remarque quant à la valeur de α .

» La quantité totale d'eau présente dans la vapeur à son entrée dans le cylindre se compose, comme il est dit dans le texte, de celle qu'elle emporte de la chaudière et de celle qui se condense dans la tuyauterie. Le poids n , déterminé par l'expérience calorimétrique sur l'eau de condensation, représente cette somme plus le poids de vapeur condensée par le refroidissement du cylindre. Ce dernier, toujours très-petit, peut être représenté par :

$$\frac{a}{606.5 + 0.305 t_0}$$

» Désignons par B le rapport de l'eau et de la masse de vapeur et d'eau, immédiatement *avant* l'entrée dans le cylindre. On a :

$$\left(n - \frac{a}{606.5 + 0.305 t_0} \right) = \beta M$$

» La relation qui existe entre α et β est facile à déterminer. Lorsque la masse M à la pression P_0 dans la chaudière pénètre dans le cylindre pendant la période d'admission, la pression tombe à $p_0 < P_0$ par suite des frottements, coudes, étranglements, qui s'opposent au libre mouvement de la vapeur; comme cette chute de pression a lieu sans production de travail externe on a (1) :

Pression dans la chaudière : $P_0 = 4^k.540 = 148^\circ$
 $p_0 = 3.299 = 136.04$

$$\begin{array}{lll} M = 0^{kil}.3576 & q_0 = 149.44 & q_1 = 137.12 \\ n = 0.0384 & Q_0 = 651.64 & \\ a = 1^{cal}.85 & r_0 = 502.23 & r_1 = 510.86 \end{array}$$

On tire de là d'abord :

$$m'_0 = 0.3576 - 0.0384 + \frac{1.8}{651.64} = 0^k.32204$$

(1) Hirn, théorie mécanique de la chaleur pa e 165.

- » pour le poids de vapeur présent dans la masse totale $0^k.3576$ à l'entrée du cylindre. Puis :

$$0,3576 (449.44 - 437.42) + 502.23 \times 0.32204 = 510.86 m_o$$

d'où $m_o = 0^k.3252.$

- » pour la quantité de vapeur présente dans la masse 0.3576 , après l'entrée dans le cylindre, abstraction faite des fuites et de l'action des parois.

- » Au commencement de la détente, nous avons, dis-je :

$$p_o = 3^{kil.299} \text{ ou } 136^{°}04$$

et il en résulte :

$$\rho_o = 467^{cal.792}.$$

D'après les diagrammes on a :

$$m_v = 0^k.2233$$

à la fin de la détente nous avons :

$$p_n = 0.976 \text{ ou } t_n = 98.4$$

d'où $\rho_o = 497.58 \quad q_n = 98.67 \quad r_n = 510.82$

et d'après les diagrammes :

$$m_v = 0.2836.$$

Il résulte de là :

$$y \times 510.82 = 0.2836 \times 497.58 - 0.2233 \times 467.79 - (0.3576 - F) \times 38.34 + R_c + 1.85 - 0.5 + 43.87$$

ou en réduisant :

$$y \times 510.82 = 37.79 + 38.34 F + R_c$$

- » Mais on a vu que la quantité de vapeur présente dans le poids total 0^k3576 était 0^k3252 , il en résulte :

$$\alpha = \frac{3576}{3252} = 1.0996, \text{ soit } 1.1$$

et l'on a par suite aussi :

$$y = 0.3576 - 0.2233 \times 1.1 - \frac{1}{1.1} F$$

$$y = 0.10179 - 0.9091 F$$

- » Substituant cette valeur de y dans l'équation ci-dessus, il vient enfin :

$$14.2 = 502.69 F + R_c$$

- » En posant $R_c = 0$, ce qui est impossible, il vient :

$$F = 0^k02827 \text{ d'où } 100 \times \frac{0.02827}{0.3576} = 0.7, 9 \%$$

- » pour la fuite maxima et *impossible* d'eau et de vapeur.
- » En posant au contraire $F = 0$ on a $R_c = 14^{\text{cal}}.2$ pour le nombre de calories que les parois cèdent à la vapeur pendant qu'elle se jette au condenseur.
- » Prenons un autre exemple plus intéressant encore, il concerne une expérience faite avec vapeur surchauffée.
- » Notre équation générale

$$y r_i = J_i - J_o + R_c + A F_d + a - b$$

- » demande à être modifiée, beaucoup moins cependant qu'on ne pourrait le croire au premier abord.
- » Les diagrammes relevés par M. G. Leloutre nous apprennent en effet qu'à la fin de la course la vapeur est au moins saturée,
- » sinon mêlée d'eau et qu'au début de la détente la masse de vapeur est moindre qu'à la fin.

» La vapeur, quoique surchauffée, s'y refroidit donc jusqu'au point de saturation et se condense même en partie. Il suit de là que les deux termes J_n et J_o sont donnés par l'équation ordinaire

$$J = (M - F) q + m \rho$$

» et que tout le second membre de l'équation doit rester tel quel. Il n'en est pas de même du premier membre. La chaleur que peut céder la vapeur est en effet ici non pas simplement γr_o mais $\gamma c (T_o - t_o + r_o) c$ étant la capacité calorifique de la vapeur T_o la surchauffe à l'entrée du cylindre et t_o la température relative à la pression qu'à la vapeur dans le cylindre pendant l'admission. Bien que c ne soit pas absolument constant on peut ici sans erreur considérable poser

$$c = 0.48 \quad (\text{Regnault}).$$

» En désignant toujours par M la masse totale dépensée par coup de piston, il vient, puisque $n = 0$,

$$y + F + m_v = M$$

d'où
$$y = (M - m_v - F)$$

et par conséquent :

$$(M - m_v - F) C (T_o - t_o) + r_o = m_v c_1 - m_v c_o - (M - F) (q_o - q_1) + A F_d + R_c + a - b.$$

» Dans l'expérience avec surchauffe dont je parle on avait :

$$T = 222^\circ$$

et (dans le cylindre)
$$p_o = 3.966$$

d'où
$$t_o = 143.69, \quad r_o = 505.34, \quad \rho_o = 462.71,$$

$$q_o = 144.99, \quad M = 0.3052$$

» D'après les diagrammes on avait aussi :

$$m_v = 0^k.2645 \quad m_v = 0.2732 \quad p_n = 0.9078$$

$$\text{d'où } t_n = 97^{\circ}34 \quad r_n = 542.93 \quad \rho_n = 498.4 \quad q_u = 97.78.$$

Il vient donc :

$$\begin{aligned} & (0.3052 - 0.2645 - F) (0.48 (222 - 143.69) + 505.34) \\ & = 498.4 \times 0.2732 - 462.71 \times 0.2645 - (0.3052 F) (144.99 - 97.78) \\ & + R_c + 15.63 + 1.85 - 0.5 \end{aligned}$$

$$542.93 (0.0407 - F) = - (0.3052 - F) 47.24 + 30.76 + R_c$$

$$5.75 = R_c + 590.44 F$$

En posant d'abord comme je l'ai fait ci-dessus :

$$R_c = 0 \quad \text{il vient} \quad F = 0^k.009743$$

$$\text{d'où} \quad 100 \times \frac{0.009743}{0.3052} = 3, 2 \%$$

» pour la fuite maxima. Celle-ci est, comme on voit, de plus de moitié
 » inférieure à celle (7, 9 %) que j'ai trouvée avec vapeur ordinaire,
 » et cependant il est évident que, toutes choses égales, un piston
 » doit d'autant plus perdre qu'on travaille à une température plus
 » élevée au-dessus du point de saturation.

» Il résulte donc de notre analogie, que dans la machine dont il
 » s'agit, les fuites étaient, sinon absolument nulles, du moins très-
 » petites et que je puis poser, sans craindre d'erreur sensible $F = 0$.
 » Il résulte de là

» 1° $R_c = 14,2$ sans surchauffe ;

» 2° $R_c = 5,75$ avec surchauffe pour la quantité de chaleur que
 » les parois cèdent à la vapeur pendant qu'elle se rend au con-
 » denseur.

» On voit que R_c varie, mais dans des limites très-resserrées, et

» est plus petit avec surchauffe qu'avec vapeur saturée, ce qui était
» encore à prévoir puisque la quantité d'eau présente dans la vapeur
» à la fin de la détente est beaucoup plus grande quand la machine
» marche sans surchauffe.

» En résumé, on voit qu'ainsi que cela est dit dans le texte, la
» presque totalité de la vapeur, dépensée en sus de celle que repré-
» sente le volume engendré pendant la période d'admission, doit
» être attribuée à la condensation qui a lieu pendant cette admission
» contre les parois du cylindre, et qui sert à rendre à ces parois la
» chaleur qu'elles cèdent pendant la détente et le passage de la
» vapeur au condenseur.

» A ce sujet et avant de terminer cette note, je crois devoir
» revenir sur mes expériences et mes travaux antérieurs relatifs à la
» machine à vapeur.

» Dès mes premières recherches sur ce moteur, j'ai appelé l'at-
» tention des physiciens sur l'action des parois des cylindres,
» comme réservoirs de chaleur, j'ai montré qu'on n'est nullement
» en droit de considérer les organes moteurs à un point de vue
» purement mécanique et géométrique, et qu'on tombe dans les
» erreurs de calcul les plus criantes lorsqu'on fait abstraction de la
» chaleur à chaque instant prise et rendue à la vapeur par le métal
» du cylindre et du piston.

» En ce sens, et pour tout ce qui concerne la vapeur saturée,
» j'aurais peu à modifier aux pages 35 — 52 du bulletin 138 — 139
» de la Société industrielle de Mulhouse pour les rendre tout-à-fait
» correctes; le mémoire auquel je renvoie remonte à 1857. Il n'en
» est pas de même en ce qui touche à la machine à *vapeur sur-*
» *chauffée*. Tout en constatant encore ici que la vapeur éprouve
» nécessairement un abaissement de température pendant son
» admission au cylindre, j'étais cependant loin d'admettre qu'elle
» se désurchauffe complètement, qu'elle tombe au point de satura-

(1) Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse. Exposition de la théorie méca-
nique de la chaleur, etc., etc.

» tion et se condense partiellement. Toutes les équations que j'ai
» établies pour déterminer les conditions essentielles de ces moteurs
» reposent au contraire sur cette supposition première : que la vapeur
» pendant l'admission reste surchauffée fortement dans le cylindre
» même. Cependant des expériences très-précises que j'ai faites
» pendant ces trois dernières années et qui avaient pour but de
» déterminer la densité de la vapeur d'après la dépense réelle à
» chaque coup de piston et d'après le volume engendré pendant la
» période d'admission, ces expériences, dis-je, m'ont peu à peu
» conduit à un dilemme qu'il fallait absolument résoudre avant d'es-
» sayer de faire faire un pas de plus à la théorie de la machine à
» vapeur ; on était forcé d'admettre : ou que les pistons des moteurs
» soumis à l'expérience laissent perdre des quantités souvent
» énormes de vapeur, ou que la vapeur la plus surchauffée est re-
» froidie jusqu'à son point de saturation pendant son admission.

» J'ai d'abord tout naturellement adopté le premier terme du
» dilemme, j'ai admis, comme je le dis au commencement de cette
» note, que les pistons les mieux faits peuvent fuir au moment de
» l'ouverture du tiroir d'admission.

» Une nouvelle expérience faite *ad hoc* est venue prouver d'une
» manière décisive que cette explication devait être rejetée à son
» tour.

» J'ai fait construire avec beaucoup de soin un piston rigide à
» garniture d'étoupes, comme ceux qui servaient autrefois dans les
» machines à basse pression ; ce genre de garniture, on le sait,
» s'use fort vite, mais elle tient cependant parfaitement la vapeur
» pendant trois, quatre jours, et alors, en raison de sa rigidité
» même, elle la tient aussi bien au début de l'admission qu'à tout
» autre moment de la course du piston. Eh ! bien, les résultats
» donnés par ce piston, même pendant les premières heures du
» travail ont été les mêmes que ceux des divers autres pistons de
» plus en plus parfaits que j'avais essayés antérieurement. A un
» point de vue tout-à-fait expérimental et pratique, il ne peut donc

» plus rester de doute sur l'exactitude de tout ce qui est développé
» dans le texte et dans cette note même, quant aux condensations
» qui s'opèrent dans les cylindres des machines à *vapeur saturée*
» et à vapeur surchauffée, et quant à la chaleur qui est cédée par
» les parois à la vapeur pendant la détente. Et je dirai ici avec
» beaucoup plus de raison encore ce que j'avais déjà dit dans mes
» premiers travaux : toute théorie de la machine à vapeur qui
» voudra faire abstraction de l'action des parois des cylindres et
» traiter ceux-ci comme de simples receptacles géométriques doit
» être considérée désormais comme inexacte et insuffisante.

» Plusieurs physiciens ou analystes, soit dans leurs écrits, soit
» dans des entretiens particuliers que j'ai eus avec eux, ont objecté
» à ce que j'avais sur l'action des parois des cylindres, qu'en
» raison du peu de conductibilité calorifique des gaz et des vapeurs,
» il est difficile de concevoir qu'une action aussi énergique puisse
» s'exercer dans un temps aussi court que celui dans lequel s'achève
» un coup de piston (une seconde au cas particulier).

» Il est très-facile et très-opportun à la fois de répondre à cette
» objection :

» 1° Occupons-nous d'abord de la condensation qui a lieu pen-
» dant l'admission.

» Elle s'explique à l'aide d'un des principes les plus frappants de
» physique.

» Lorsqu'une vapeur saturée ou surchauffée, et à une pression
» quelconque, se trouve renfermée dans un réservoir à parois iné-
» galement chauffées, une partie se condense et toute la masse
» de fluide se met, plus ou moins rapidement, à la pression qui
» répond à la température minima, si cette température est infé-
» rieure à celle du point de saturation de la vapeur à la pression
» initiale.

» C'est sur ce principe que repose l'une des plus belles inventions
» de Watt : le condenseur.

» La rapidité avec laquelle s'opère la chute de pression dépend :

» 1° de l'étendue et de la conductibilité de la partie des parois à la
» température minima ; 2° de l'état d'agitation de la masse de vapeur ;
» 3° enfin de la différence qui existe entre la température minima
» des parois et la température de saturation correspondant à la pres-
» sion initiale.

» Lorsque l'étendue, la conductibilité des parois (relativement
» froides) l'agitation de la masse et la différence de température
» spécifiée sont très-grandes, la condensation partielle et par suite
» la chute de pression sont presque instantanées.

» C'est encore sur ces conditions bien remplies que repose le
» condenseur dit à *grande surface*, celui où les parois, que cons-
» titue de fait l'eau d'injection sont remplacées par une surface
» métallique tenue à une température inférieure à celle de la vapeur
» dans la chaudière.

» En y regardant de près nous allons voir de suite que les parois
» des cylindres, etc., doivent jouer précisément le même rôle que
» celles de ce genre de condenseur.

» La condition de conductibilité tout d'abord est parfaitement
» remplie ici ; elle l'est mieux même sous forme permanente que
» dans les condenseurs essayés jusqu'ici : tous ceux-ci, en effet, au
» bout de peu de jours, s'encrassent tellement qu'ils deviennent
» impropres à s'emparer du calorique de la vapeur et qu'ils cessent
» de fonctionner.

» Dans le cylindre de la machine à vapeur, les surfaces sont
» constamment tenues nettes par le mouvement même du piston.

» La condition d'agitation de la masse gazeuse et par suite de
» renouvellement rapide des parties en contact avec le métal est
» rempli aussi.

» Reste à examiner la condition essentielle de la température.

» Or, ici l'expérience parle d'une manière décisive.

» Lorsque la machine analysée dans le texte travaille avec vapeur
» à 5^{atm} surchauffée à 230°, le couvercle du cylindre, c'est-à-dire
» la pièce nécessairement la plus chaude, atteint à peine 143°,

» c'est-à-dire 9° de moins que la température relative à 5^{atm} .
» ($152^{\circ}22$) et les parois cylindriques se tiennent bien au-dessous
» des 143° . Il suit de là que quand notre vapeur à 230° pénètre
» dans le cylindre, les parties en contact avec le métal se liquéfient
» avec rapidité et sont rapidement aussi remplacées par d'autres qui se
» liquéfient à leur tour.

» Pour que cet effet se produise, remarquons le bien, il n'est
» pas du tout nécessaire que toute la masse de vapeur admise dans
» le cylindre tombe d'abord à t minima et il se peut très-bien qu'à
» la fin de l'admission la masse admise M consiste en vapeur encore
» surchauffée et en eau au-dessous de 143° ruisselant le long des
» parois.

» L'indicateur des pressions ne saurait nous faire connaître ici
» ce qui en est réellement; le poids m_v qu'il nous indique d'après
» la pression et le volume engendré peut fort bien consister en un
» poids inconnu de vapeur à $T > 139^{\circ}$ et un autre poids inconnu
» d'eau au-dessous de 139° .

» 2° Occupons-nous maintenant de la chaleur cédée à la vapeur
» pendant la détente. Au premier abord, la rapidité nécessaire de
» cet échange semble encore plus difficile à concevoir que la cession
» de la chaleur aux parois; car ici, pourrait-on croire, la vapeur
» joue bien le rôle d'un gaz qu'il s'agit d'échauffer par rayonnement
» et par contact.

» La difficulté pourtant n'est qu'apparente.

» La vapeur condensée perdant l'admission l'a été, dis-je, par
» contact immédiat avec les parois et non par un refroidissement
» total de sa masse; l'eau produite ruisselle donc le long de ces
» parois. Dès que la détente commence, dès que la pression tombe
» par suite, cette eau se trouve sur une paroi relativement chaude;
» elle se met à bouillir et les parois lui rendent à peu près instantanément
» la chaleur qu'elle perd ainsi. Ici encore, il n'est pas du
» tout nécessaire d'admettre que la vapeur saturée, ainsi produite,
» se mêle instantanément avec la vapeur déjà présente, et il se peut
» très-bien que la température soit fort inégale dans la masse M .

» Ni l'indicateur, ni les équations de la thermodynamique ne
 » peuvent nous dire ce qui en est, car les phénomènes externes
 » sont identiquement les mêmes, qu'on suppose toute la masse à t
 » ou qu'on admette qu'elle consiste en une masse m de vapeur à
 » $T > t$ et en une autre de vapeur et d'eau n à $T < t$.

» En résumé et si j'ai su m'énoncer clairement, on voit que les
 » phénomènes d'échange de chaleur qui ont lieu dans les organes de
 » la machine à vapeur et que le beau travail de M. G. Leloutre,
 » présente sous un jour si frappant, s'explique sans difficulté à
 » l'aide des principes connus de la physique. »

G.-A. HIRN.

Logelbach, 10 octobre 1874.

Je reprends mon essai du 30 septembre 1874, en résumant mes idées pour les appliquer à l'essai analysé dans les pages précédentes, j'écrirai :

$$M C (T - 14 - t_0) + (M - m_{v_0} - F) r_0 = m_{v_n} \rho_n - m_{v_0} \rho$$

$$- (M - F) (q_0 - q_n) + A F_{\text{abs}} + R_c + a - b. =$$

$$0.1987 \times 0.48 (195.7 - 14 - 135.31) + (0.1987 - 0.0994 - F) 511.35$$

$$= 0.1916 \times 506.39 - 0.0994 \times 468.37 - (0.1987 - F) (136.42 - 87.59)$$

$$+ 12.36 + R_c + 1.85 - 0.5.$$

Equation dans laquelle F représente les fuites hypothétiques exprimées en kilogr. de vapeur et R_c le refroidissement par le condenseur; en résolvant l'équation par rapport à ces deux valeurs, les données de l'essai du 30 septembre 1874 conduiront à :

$$R_c + 560.18 F = 0.74.$$

Si on pose $R_c = 0$, il vient :

$$F = \frac{0.74}{560.18} = 0.0013$$

soit sur une dépense totale de vapeur :

$$= 0.4987 \text{ par course } \frac{0.0013}{0.4987} = 0.0065$$

soit 0 % 65 ou 1/154.

Si $F = 0$, $R_c = 0^{\text{cal.}}74$ au lieu de $0^{\text{cal.}}75$ que j'ai trouvé plus haut.

LOI DE TRANSMISSION DE LA CHALEUR PAR LES PAROIS.

L'analyse précédente rend compte des phénomènes importants qui se passent pendant la détente, et les nombreuses vérifications auxquelles j'ai soumis les résultats d'observation mettent hors de doute l'influence des parois.

Au lieu de borner mes recherches aux faits qui se présentent au commencement de la détente et à la fin de la course, je les étendrai aux points intermédiaires et j'en tirerai la loi de transmission de la chaleur de $1/10^{\text{e}}$ en $1/10^{\text{e}}$ de course.

Les résultats ainsi trouvés permettent de se rendre compte des modifications successives de la vapeur et de résoudre un certain nombre de questions très-intéressantes.

De la moyenne des ordonnées impaires de mes nombreux diagrammes, j'ai déduit la pression de $1/10^{\text{e}}$ en $1/10^{\text{e}}$ de course, puis j'ai déterminé par les procédés de calcul exposés plus haut, le poids de vapeur présent aux fractions données de la course de piston ainsi que celui de l'eau condensée, sans m'inquiéter des fuites qui, on me l'accordera certainement, n'ont plus rien à faire à l'avenir dans mes calculs.

Les éléments du mélange de vapeur et d'eau établissent pour chaque fraction de course les valeurs de J ; la loi de détente est connue par $\alpha = 0,75$; les autres quantités nécessaires au calcul du travail absolu pendant ces fractions de course du piston sont aussi connues.

MACHINE A VAPEUR SURCHAUFFÉE DE M. HIRN.

Essai du 30 septembre 1871.

Poids de vapeur et d'eau consommée : $M = 0^k.4987$; $\alpha_1 = 0,75$; $f_c = 0,4437$.

NUMÉROS des ordonnées.	PRESSIONS en kilogr.	TEMPÉ- RATURES T_0	CHALEUR du liquide. q	CHALEUR de la vapeur. ρ	DENSITÉ. γ	VOLUME de la vapeur. Espaces nuisibles compris.	POIDS DE VAPEUR ET D'EAU.				PRO- POR- TION d'EAU % m_{v_0}	Δ	Mq	Δ	J	Δ	F_δ	Δ	AF_δ	$J + AF_\delta$	Δ	
							POIDS DE VAPEUR ET D'EAU.															
							Vapeur.	Δ	Eau.	Δ												
y_0	3.234	135.34	136.42	468.37	1.7694	0.65616	0.0994	"	0.0993	50%	46.56	"	27.11	"	73.67	"	0	"	0	73.67	"	
y_5	2.475	122.22	123.07	478.72	1.2204	0.4028	0.1255	0.261	0.0732	3.5	36.8	60.08	13.52	24.45	2.66	84.53	9.14	1483.07	1483.07	2.79	87.32	13.65
y_7	1.525	111.24	111.900	487.410	0.8739	0.1517	0.1326	0.071	0.0661	4.0	33.3	64.63	4.55	22.24	2.21	85.87	2.34	2046.79	863.72	4.83	91.70	4.38
y_9	1.205	104.32	104.882	492.880	0.7002	0.2006	0.1405	0.079	0.0582	3.9	29.3	69.25	4.62	20.84	1.40	90.09	3.22	2721.80	675.01	6.42	96.51	4.81
y_{11}	1.042	99.40	99.897	496.771	0.5942	0.2495	0.1483	0.078	0.0504	4.3	25.4	73.67	4.42	19.85	0.99	93.52	3.43	3280.67	558.87	7.74	104.26	4.75
y_{13}	0.889	95.80	96.247	499.622	0.5256	0.2984	0.1568	0.085	0.0419	4.3	21.1	78.34	4.67	19.12	0.73	97.46	3.94	3759.71	479.04	8.87	106.33	5.07
y_{15}	0.800	92.98	93.397	504.854	0.4764	0.3473	0.1655	0.087	0.0332	4.5	16.8	83.06	4.72	18.55	0.56	104.62	4.16	4487.94	428.23	9.88	111.50	5.17
y_{17}	0.735	90.74	91.125	503.628	0.4398	0.3962	0.1742	0.087	0.0245	4.3	12.3	87.73	4.67	18.11	0.45	105.84	4.22	4572.62	384.68	10.78	116.62	5.12
y_{19}	0.684	88.80	89.172	505.155	0.4108	0.4454	0.1828	0.086	0.0159	4.4	8.0	92.34	4.61	17.72	0.39	110.06	4.22	4921. "	348.38	11.61	121.67	5.05
y_{21}	0.644	87.24	87.592	506.391	0.3879	0.4940	0.1916	0.088	0.0071	"	3.6	97.02	4.68	17.40	0.32	114.42	4.36	5240.4	319.40	12.36	126.78	5.11
<u>53.44</u>																						

$$\Sigma (\Delta) = M c (T' - t_0) + (M - m_{v_0}) (606,5 + 0,305 t_0 - q_0) - a + b - R_c. = 53, \text{cal.} 44$$

Le tableau renferme tous les résultats de ces longs calculs. Dans une colonne qui a pour titre $J + A F_p$, je donne les valeurs des quantités de chaleur qu'il faut justifier, et enfin par les *différences premières* Δ , on peut s'assurer que les parois fournissent, pour des fractions de courses égales, une quantité de chaleur sensiblement constante depuis le commencement de la détente jusqu'à la fin de la course; la somme des différences Δ est égale, ainsi que cela doit être, à :

$$M C (T' - 14 - t_0) + (M - m_{v_0}) (606.5 + 0.305 t_0 - q_0) - a + b - R_0$$

La loi de transmission de la chaleur par les parois est le résultat extrêmement complexe d'un grand nombre de faits qui agissent les uns dans le même sens, les autres en sens opposé.

On retrouvera du reste plus loin pour d'autres essais, toujours cette constance dans la transmission de la chaleur.

En combinant ces accroissements constants de chaleur fournie par les parois avec les proportions du mélange de vapeur et d'eau présent au commencement de la détente et en tenant compte du travail absolu fourni, on pourrait remonter à la loi de détente qui n'est du reste que la résultante finale de toutes ces influences.

De ce que les quantités élémentaires de chaleur transmise par les parois sont constantes, il ne faut pas conclure que α reste invariable pour des conditions différentes de marche de la machine, car α dépend de la proportion d'eau évaporée qui est elle-même une fonction de celle qui se condense pour différentes raisons pendant l'admission.

DÉTERMINATION DU POINT DE SATURATION DE LA VAPEUR.

En examinant dans le tableau les chiffres de la colonne qui renferme les proportions d'eau en suspension dans la vapeur, on voit que ces quantités décroissent très-rapidement.

Ainsi, à la fin de l'admission, il y a 50 % d'eau tandis qu'à la

fin de la course il n'y en a plus que 3 %₆, c'est-à-dire que pendant la détente 46 %₄ ont été évaporés.

Pour peu que la détente eût été prolongée, la vapeur serait arrivée au point de saturation pour se surechauffer même au-delà.

Une machine qui réaliserait ces conditions serait certainement très-économique, car elle ne jetterait pas inutilement au condenseur une certaine quantité de chaleur non utilisée, qui n'a d'autre effet que d'augmenter la contre-pression derrière le piston.

La détermination du point de saturation de la vapeur présente donc un certain intérêt, et je vais en donner la solution.

Le point de saturation de la vapeur aura lieu en un point de la course du piston pour lequel le poids de vapeur calculé est égal à la dépense ou $M = 0,1987$.

On aura donc en appelant v_x le volume inconnu engendré par le piston, v_p les espaces nuisibles et γ_x la densité correspondante.

$$(1) \quad (v_x + v_p) \gamma_x = M = 0,1987$$

Mais il existe entre la densité et la pression une relation d'une exactitude mathématique, elle a été donnée par M. Zeuner.

$$(2) \quad \gamma_x = a p_x^{\frac{1}{n}} = 0,6064 p_x^{\frac{1}{1,0648}}$$

Dans cette formule γ_x représente la densité, p_x la pression exprimée en atmosphères, a une constante ainsi que $\frac{1}{n}$. Quant à la pression p_x on l'a au moyen de la relation :

$$\frac{p_x}{p} = \left(\frac{v + v_p}{v_x + v_p} \right)^{\alpha}, \quad p_x = p \left(\frac{v + v_p}{v_x + v_p} \right)^{\alpha},$$

et pour rentrer dans l'équation :

$$\gamma_x = a p_x^{\frac{1}{n}}$$

dans laquelle p_x est exprimée en atmosphères :

$$p_x^{\text{atm.}} = \frac{p}{1.033} \left(\frac{v + v_p}{v_x + v_p} \right)^{\alpha_1}$$

en substituant dans l'équation (2)

$$\gamma_x = a \left(\frac{p}{1.033} \left(\frac{v + v_p}{v_x + v_p} \right)^{\alpha_1} \right)^{\frac{1}{n}}$$

et en mettant cette valeur dans l'équation (1) on trouvera :

$$(v_x + v_p) a \left(\frac{p}{1.033} \left(\frac{v + v_p}{v_x + v_p} \right)^{\alpha_1} \right)^{\frac{1}{n}} = M$$

Cette équation exponentielle donne :

$$(3) \log.(v_x + v_p) = \frac{\log. M - \log. a - \log. p - \frac{1}{n} \alpha_1 \log. (v + v_p)}{1 - \frac{1}{n} \alpha_1}$$

Si $1 - \frac{1}{n} \alpha_1 = 0$

$(v_x + v_p)$ devient infini, mais alors $\alpha_1 = n = 1.0646$ et cet exposant caractérise la courbe du *poids de vapeur constant* à laquelle je donne le nom de *courbe isobarique*.

Si $\alpha_1 < 1.0646$ la vapeur arrivera toujours au point de saturation en prolongeant suffisamment la détente.

Si $\alpha_1 > 1.0646$, le poids d'eau en suspension dans la vapeur ira en augmentant.

Pour trouver une valeur suffisamment exacte de $v_x + v_p$ il est nécessaire de déterminer α avec beaucoup de soin.

On a vu dans le chapitre I que la courbe déterminée par α , ainsi que je la calcule, donne dans certains cas un résultat presque mathématique, mais que très-souvent aussi les écarts deviennent d'autant plus sensibles que l'on s'éloigne davantage des ordonnées de comparaison.

Pour ne pas m'exposer à un mécompte, j'emploierai un artifice qui a été indiqué dans le bulletin de la Société industrielle du mois d'avril et mai 1867.

Le plus près possible du point de saturation présumé, j'établirai une loi de détente particulière, capable de rendre compte de la suite des pressions de la *courbe moyenne* de cet essai du 30 septembre 1874.

En prenant

$$p_{17} = 0.735 \text{ et } p_{30} = 0.662$$

pour ordonnées de comparaison on aura par la relation

$$\frac{p_{30}}{p_{17}} = \left(\frac{v_{17} + v_p}{v_{30} + v_p} \right)^{\alpha_1}$$

$\alpha_1 = 0,62$ au lieu de 0,75 que j'ai trouvé pour déterminer le travail moyen pendant toute la détente. Je suis sûr ainsi d'avoir la pression p_x et la densité correspondante avec beaucoup d'exactitude dans les environs de la fin de la course. En prenant pour point de départ

$$p_{17} = 0^k.735 \text{ par } Ctm^2$$

ou

$$p_{17}^{atm.} = \frac{0.735}{4.033} = 0.712$$

l'équation (3) plus haut donnera :

$$v_x = 540^{litr.2} - v_p = 540^{litr.2} - 5 = 535^{litr.2}.$$

Comme le volume engendré par le piston dans une course entière n'est que de $0^{m3}489$ litres, il en résulte que si l'on prolongeait la détente de $535^l2-489 = 46^l2$ on arriverait au point de saturation de la vapeur, celui-ci aurait donc lieu à :

$$\frac{46^2}{489} = 0.0945$$

au-delà de la course, si toutefois on avait en réserve dans les parois la quantité de chaleur voulue à fournir par $\frac{1}{10}$ de course de piston. Cette quantité à peu près constante est de 5 calories; elle est la différence première des chiffres de la colonne $J + A F_p$. Or on a vu plus haut que l'excédant de chaleur emmagasinée dans les parois et qui constitue le refroidissement par le condenseur R_c ne s'élève qu'à 0,75, de sorte que dans les conditions de l'essai du 30 septembre 1871 on ne pourrait jamais atteindre le point de saturation.

Dans d'autres conditions de travail, il pourrait être atteint, peut-être même la vapeur se surchaufferait-elle vers la fin de la course, ce qui serait sans doute arrivé si l'on avait entouré soigneusement le tuyau d'arrivée de vapeur, ainsi que nous l'avons fait pendant les essais de 1864 sur la même machine.

Si au lieu de perdre $T_o - T + 14 = 43^\circ + 14^\circ = 57^\circ$ de surchauffe, on avait réduit ce refroidissement à 7° environ, ce qui est facile à réaliser, j'aurais eu un supplément de chaleur absorbé par les parois de

$$M C \times 50^\circ = 0.1987 \times 0.48 \times 50 = 4^{cal.77}$$

et la vapeur serait arrivée à grand'peine au point de saturation. Encore convient-il de dire que le gain de ces $4^{cal.77}$ aurait apporté une modification sensible dans la loi du travail et les phénomènes thermiques.

Quoi qu'il en soit, il ne faut pas s'exagérer l'économie qui en serait résultée; car, admettons que ces $4^{cal.77}$ aient rendu proportionnellement le même effet dynamique que la somme totale de calorique possédée par la vapeur à la sortie de la surchauffe ou

$$M [(606.5 + 0.305 T_o) - A p_o u_o + C (T_o - T_o)] = 129.38$$

qui ont donné un travail absolu total de $6893^{kgm.4}$ par course, ainsi qu'on l'a vu plus haut (page 168) l'économie ne serait que de

$$\frac{4.77}{129.38} = 3 \text{ \% } 7$$

Si la chaleur disponible dans la masse de vapeur est $129^{\text{cal}}.38$ ainsi que je viens de le dire, par contre la quantité de chaleur qu'il a fallu dépenser est :

$$M [(606.5 + 0.305 T_0) + C(T_0' - T_0)] = 0.4987 \times 695.47 = 138.43$$

Mais la vapeur lance dans le condenseur $111^{\text{cal}}.96$ de sorte que la machine n'a réellement utilisé que :

$$\frac{138.43 - 111.96}{138.43} = 18 \% 9$$

qui ont été transformés en travail sauf déduction des pertes externes de calorique.

Il est certainement triste de reconnaître que nos moteurs à vapeur n'utilisent qu'une aussi faible fraction de la chaleur absorbée par la chaudière, et on verra plus loin que pour d'autres machines cette proportion d'effet utile est encore plus faible.

En résumé, la machine de M. Hirn travaillant avec de la vapeur surchauffée et dans les conditions de pression et de détente de l'essai du 30 septembre 1871 rend $6893,4$ kilogrammètres en travail absolu par course, et consomme $0^{\text{kg}}.4987$ de vapeur.

La consommation par cheval absolu et par heure est donc de :

$$M_{\text{abs}} = \frac{0.4987 \times 2 T \times 60}{6893.4 \times 2 T} = \frac{0.4987 \times 60 \times 4500}{6893.4} = 7^{\text{kg}}7836.$$

§ II. ESSAI DU 25 AOUT 1870 DE LA MACHINE DE M. HIRN, TRAVAILLANT AVEC DE LA VAPEUR SATURÉE.

L'analyse que je viens de développer sur l'essai du 30 septembre 1871, donne une grande valeur aux conséquences que l'on peut tirer d'un ensemble d'observations contrôlées les unes par les autres.

Plusieurs de mes vérifications roulent sur le refroidissement par le condenseur ou R_c .

Cette quantité est-elle constante pour une machine donnée ? Je ne le crois pas. Elle doit dépendre de la quantité d'eau liquide qui baigne les parois du cylindre à la fin de la course ; je l'ai dit plus haut , la somme de chaleur apportée au condenseur doit être proportionnelle à la masse d'eau , présente dans le cylindre à la fin de la course du piston. C'est surtout cette eau qui enlève de la chaleur aux parois ; le rayonnement de celles-ci dans un espace rempli d'une vapeur peu dense est tout-à-fait négligeable.

C'est précisément pour savoir si R_c est constant que j'ai fait plusieurs essais. Je viens d'analyser celui du 30 septembre 1871 , pendant lequel la machine a travaillé avec de la vapeur surchauffée et un minimum d'admission.

Je vais passer maintenant à un autre essai , celui du 25 août 1870 , pendant lequel la machine de M. Hirn a travaillé avec de la vapeur saturée comme une machine ordinaire , et avec un degré de détente sensiblement le même que celui qui a été maintenu pendant la semaine des essais de 1864 , alors que la machine travaillait avec de la vapeur surchauffée.

Voici sous forme sommaire les résultats principaux des observations qui ont été enregistrées de 1/4 d'heure en 1/4 d'heure.

Le nombre d'heures de marche sous charge = $8^h.06'$ = 486'.

Si pendant cet essai l'établissement de MM. Haussmann, Jordan, Hirn et C^{ie} n'a pas travaillé 12 heures , ainsi que cela a eu lieu pour les autres essais , cela tient à des circonstances malheureuses que rappelle suffisamment la date du 25 août 1870. Les communications entre Mulhouse et Logelbach ont cessé un ou deux jours après cet essai.

La pression moyenne de la vapeur dans le générateur = $4^{kg.}5517$ toutes corrections faites ; la température correspondante $147^{\circ}4$.

Le nombre de tours moyen par minute , 30,1626.

La dépense moyenne de vapeur et d'eau par coup de piston , 0,3576.

La pression moyenne dans le condenseur 0^k1465 , qui est sensiblement plus forte que celle que j'ai trouvée sur la même machine, alors qu'elle travaillait avec de la vapeur surchauffée.

La température moyenne de la vapeur dans le tuyau d'arrivée à environ 2^m50 du cylindre était de $144^{\circ}2$, soit une perte de $147,4 - 144,2 = 3^{\circ}2$ entre la chaudière et l'extrémité du tuyau d'arrivée; la pression correspondante à cette température de $144^{\circ}2$ est de 4^k1393 par cm^2 ; puis il s'est perdu 1^{cal} depuis l'endroit où était placé le thermomètre dans le tuyau d'arrivée jusqu'à l'entrée des orifices. La vapeur est donc entrée dans le cylindre à $144^{\circ}2 - 1 = 143^{\circ}2$.

Le travail de la machine a été déterminé par les diagrammes relevés alternativement au haut et au bas du cylindre; 32 courbes ont été prises ainsi; elles ont servi à construire une courbe moyenne qui a donné les résultats suivants :

La pression moyenne pendant l'admission était de 3^k123 , correction faite de la pression atmosphérique qui était de 0^k740 . La pression finale était 0^k852 ; la détente invariable et la loi qui exprime la suite des pressions est donnée par la relation :

$$\frac{p_n}{p_m} = \left(\frac{v_m + v_p}{v_n + v_p} \right)^{0.99}$$

Le volume de vapeur admis par coup de piston en tenant compte des espaces nuisibles $v_o = 124^l4$ et $v'_o = 124^l4 - 5 = 119^l4$, d'où résultent les degrés de détente :

$$\frac{v_o + v_p}{v_n + v_p} = f_{1c} = 0.2542.$$

et
$$\frac{v'_o}{v_n} = f_c = 0.2436.$$

Le travail exercé sur le piston = $7091^{\text{kg}r.4}$; le travail absolu total = $9106,6$; celui de la contre-pression derrière le piston = $2015,5$; tous ces travaux sont estimés par coup de piston.

L'eau de condensation a été jaugée de la même manière que pendant l'essai du 30 septembre 1871, dont il a été rendu compte plus haut; seulement, ces observations n'ont duré que 40 minutes environ, temps plus que suffisant pour arriver à des résultats très-exacts. Pendant ce temps on a contrôlé le plus possible tous les faits essentiels de la machine et voici les résultats constatés.

La durée des observations à partir de 10^h. 30' est de 576'', de minute en minute on a relevé les observations suivantes :

Nombre de tours moyen 34,00 par minute; eau de condensation recueillie 4343^{kg.}, et par coup de piston $M = 7,2967$; température de l'eau froide d'injection $\theta_0 = 17^{\circ}55$; température finale $\theta_n = 43^{\circ}33$; cette moyenne résulte d'observations relevées toutes les minutes à $\frac{1}{100}$ de degré centigrade près.

Il a été même fait deux essais pendant la journée sur l'eau de condensation; l'un d'eux seul m'a servi dans les discussions suivantes; j'en donnerai la raison tout à l'heure.

J'ai dit plus haut que la dépense moyenne de vapeur saturée et d'eau pour la journée entière de l'essai est de 0,3576 par coup de piston. Cette dépense a eu lieu sous une pression moyenne de 4^h5547 par ctm^2 dans la chaudière et un nombre de tours moyen de la machine de 30,1626 par minute. Ces deux éléments pendant l'essai de 576'' sur l'eau de condensation étaient :

Pression : 4^h.540 par ctm^2

Tours : 34.00 par minute.

Ainsi, ni les moyennes des nombres de tours, ni surtout celles des pressions ne diffèrent entre elles de quantités telles que l'on ne puisse attribuer à la dépense par coup de piston pendant l'essai sur l'eau de condensation, la même valeur 0,3576 que pour la moyenne de la journée.

Mais si le nombre de tours de la machine et la pression dans la chaudière avaient différencié notablement, on se serait trouvé en présence de grandes difficultés pour déterminer avec une exactitude

suffisante la dépense de la machine. C'est précisément parceque la pression moyenne dans la chaudière, pendant le second essai dont j'ai parlé, diffèrait trop de la pression moyenne, pendant la journée, que j'ai dû négliger son analyse.

Si l'on ne pouvait opérer pendant de longues heures ainsi que je l'ai fait le 30 septembre 1871, il suffirait de continuer ces opérations sur l'eau rejetée par le condenseur pendant une demi-heure environ. On choisira dans les observations un intervalle pour lequel la moyenne de la pression dans la chaudière ne diffère pas sensiblement de celle de la journée, et en opérant avec quelques précautions, il est facile de trouver une suite d'observations consécutives de 15 à 20 minutes qui répondent à la condition indispensable d'une dépense identique pendant l'intervalle considéré et la journée de travail entière. Il faudra opérer comme je viens de le dire quand on voudra vérifier la dépense de la chaudière par l'eau de condensation; mais quand il s'agit d'essais comparatifs de machines à vapeur, il est complètement inutile de jauger l'eau d'alimentation pendant un ou plusieurs jours ainsi que je l'ai fait pour les essais publiés dans le bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. Tous les faits prouvés expérimentalement dans ce chapitre démontreront qu'en opérant pendant une ou deux heures et en relevant l'eau de condensation ou non, on pourra arriver non seulement à des résultats exacts sur le travail et la dépense de vapeur et d'eau, mais même à tous les renseignements qu'exige la critique scientifique d'un moteur donné.

Je suivrai dans l'analyse de cet essai la même marche que pour le précédent, sauf les modifications indispensables qui résultent de ce que maintenant la machine travaille avec de la vapeur saturée.

Le volume de vapeur admis par coup de piston

$$= v_o' + v_p = 0^{\text{m}^3} 1244$$

il est déduit des 32 courbes prises au haut et au bas du cylindre et de α , qui donne la loi de détente; rappelons encore que la détente est restée calée pendant la journée entière.

La pression moyenne dans le cylindre pendant l'admission = $3^{\text{kg}} 123$ par cm^2 (moyenne déduite des 32 diagrammes), à cette pression correspond une densité de vapeur saturée $\gamma = 1^{\text{kg}} 7144$; le poids de vapeur présent dans le cylindre au commencement de la détente

$$= (v_o' + v_p) \gamma = 0.1241 \times 1.7144 = 0^{\text{kg}}.2127$$

et comme la dépense déduite des observations directes de la journée = 0.3576 , il y a $0.3576 - 0.2127 = 0.1449$ d'eau, soit 40% 52.

Cette quantité d'eau ne provient pas seulement des condensations de la vapeur contre les parois du cylindre pendant l'admission, mais aussi de l'eau entraînée, et avant d'aller plus loin, je dois déterminer la proportion d'eau vésiculaire que la vapeur apporte dans le cylindre.

Ce sont les observations sur l'eau de condensation qui me permettent de résoudre cette question; j'appliquerai les formules développées par M. Hirn dans le bulletin de la Société industrielle de Mulhouse du mois d'octobre 1869 en y apportant toutes les corrections relatives aux pertes externes de calorique.

La formule par laquelle M. Hirn a déterminé l'eau entraînée est la suivante:

$$(M' - M) (\theta_n - \theta_o) = (M - n) (606.5 \times 0.305 t_o - \theta_n) + n (q - \theta_n) - A F_1$$

Elle est basée sur la théorie des mélanges, correction faite de la chaleur disparue par le travail externe rendu.

Les lettres y ont la signification que je leur ai attribuée précédemment, il suffira d'ajouter que la quantité d'eau entraînée est représentée par n .

Avant d'appliquer la formule ci-dessus il convient d'entrer dans quelques développements au sujet de la définition de l'eau entraînée: on peut considérer l'eau entraînée dans la chaudière même; c'est alors l'eau arrachée mécaniquement de la masse de liquide en ébul-

lition. Du dôme de la chaudière à l'entrée du cylindre, la vapeur se refroidit dans les tuyaux; ce refroidissement donne lieu à une condensation ou à une formation de brouillard; cette eau condensée et ce brouillard s'ajoutent à l'eau entraînée sortant de la chaudière; c'est la somme de ces quantités que l'on désigne habituellement par les mots : eau entraînée à l'entrée du cylindre.

La formule de M. Hirn telle que nous venons de l'écrire ne donne pas l'eau entraînée à la sortie de la chaudière ou à l'entrée du cylindre, car elle ne tient pas compte de la somme algébrique de chaleur perdue ou gagnée par les refroidissements externes du cylindre, des tuyaux et les frottements du piston, pour arriver à des résultats plus précis, je l'écrirai de la manière suivante :

$$(M - m)(\theta_n - \theta_0) = (M - n)(606.5 \times 0.305 t_0 - \theta_n) + n(q - \theta_n) - A F_1 - \Sigma N.$$

Le 1^{er} membre est la chaleur gagnée par l'eau de condensation :

$$(M - n)(606.5 + 0.305 t_0) + n q_0$$

est la chaleur fournie à la vapeur et à l'eau sorties de la chaudière; $A F_1$ la chaleur consommée par le travail externe rendu.

ΣN la somme algébrique de toutes les pertes et gains de chaleur externes ou internes. Cherchons l'eau entraînée, non pas à la sortie du générateur, mais à l'entrée du cylindre lui-même; ce premier résultat obtenu, il nous sera facile plus tard de remonter à l'eau vésiculaire à la sortie du dôme de la chaudière.

Il suffira de quelques explications au sujet du terme ΣN . Dans les conditions où nous nous plaçons nous devons considérer :

1° Le refroidissement externe du cylindre $a = 1^{cal.85}$; 2° le refroidissement par le tuyau en cuivre qui conduit la vapeur au condenseur ou $a_1 = 1^{cal.}$; 3° le gain de chaleur rendu par le frottement du piston moteur et de celui de la pompe à air,

soit $b + b_1 = 0.5 + 0.5 = 1$ calorie

donc $\Sigma N = a + a_1 - (b + b_1)$

Rappelons encore que la température de la vapeur dans les boîtes de distribution est $t_o = 143,2$ (page 205).

En résolvant l'équation par rapport à n et remplaçant T_o température dans la chaudière par t_o , nous aurons :

$$n = \frac{M (606.5 \times 0.305 t_o - \theta_n) - (M' - M) (\theta_n - \theta_o) - A F_i - \Sigma N}{606.5 + 0.305 t_o - q_o}$$

et en remplaçant par les valeurs particulières

$$n = \frac{0.3576 (606.5 + 0.305 \times 143.2 - 43.33) - (7.2967 - 0.3576) (43.33 - 17.55) - 16.72 - 1.85}{606.5 + 0.305 \times 143.2 - 144.55}$$

$$= \frac{19.55}{505.65} = 0.0387$$

soit $\frac{0.0387}{0.3576} = 10 \text{ \% } 82$

et la proportion de vapeur 89 % 18.

Nous avons dit plus haut que le poids d'eau contenu dans la vapeur à la fin de l'admission était 0^k4449, soit 40 % 52 provenant des condensations et de l'eau entraînée ; celle-ci étant connue par le calcul précédent qui donne $n = 0,0387$, nous en concluons qu'il s'est condensé contre les parois du cylindre et du piston :

$$0 \text{ 4449} - 0.0387 = 0.4062 \text{ de vapeur}$$

à $p_o = 3^k \cdot 123$ et à $t_o = 134.16$.

Nous avons à justifier les résultats, ainsi que quelques faits que l'étude des diagrammes et les observations sur l'eau de condensation nous ont révélés ; la marche à suivre est la même que pour l'essai précédent. La chaleur interne du mélange de vapeur et d'eau est encore donnée par

$$J_o = m_{v_o} f_o + M q_o$$

$$J_o = 0.2127 \times 469.28 + 0.3576 \times 135.24 = 99.32 + 48.36 = 148.18$$

A la fin de la course du piston , la pression moyenne déduite des 32 diagrammes = 0,852 , à cette pression correspondent les éléments suivants :

$$t_n = 94.65 \quad q_n = 95.08 \quad p_n = 500.53 \quad \gamma_n = 0.5048$$

Le poids de vapeur présent à la fin de la course est :

$$(v_n + v_p) \gamma_n = 0.494 \times 0.5048 = 0^k.2494$$

et s'il n'y a pas eu de fuites le poids d'eau est :

$$0.3576 - 0.2494 = 0.1082 \text{ soit } 30 \% \text{ } 26$$

et nous aurons pour :

$$\begin{aligned} J_n &= m_{\gamma_n} p_n + M q_n = 0.2494 \times 500.53 + 0.3576 \times 95.08 \\ &= 124.83 + 34.00 = 158.83 \end{aligned}$$

La chaleur interne totale à la fin de la course dépasse celle qui existe au commencement de la détente de :

$$\begin{array}{r} 158.83 \\ - 148.18 \\ \hline J_n - J_o = 10^{cal.65} \end{array}$$

Nous devons donc justifier pendant l'acte de la détente :

1° $J_n - J_o = 10,65$;

2° La chaleur consommée par le travail absolu de la détente ,

soit $A F_{d_{abs}} = \frac{5387.4}{424} = 12^{cal.71}$;

3° Le refroidissement du cylindre $a = 1,85$.

Total 25,21 ; moins la chaleur restituée par le frottement du piston moteur ou 0,5.

Reste 24^{cal.71}.

Or, il s'est condensé pendant l'admission $0^{\text{k}}.1062$ de vapeur à $t_0 = 434^{\circ}16$, cette vapeur a cédé aux parois :

$$n (606.5 + 0.305 t_0 - q_0) = 0.1062 \times 512.18 = 54^{\text{cal.}}39$$

soit $54.39 - 24.71 = 29^{\text{cal.}}68$

de plus que le travail et d'autres causes n'en ont absorbé. Cet excédant ne provient pas plus d'une erreur que celui de $0^{\text{cal.}}75$ que nous avons constaté pour l'essai du 30 sépt. 1874 et nous le retrouverons encore au condenseur.

En effet, à la fin de la course nous avons $J_n = 158^{\text{cal.}}83$; le travail d'expulsion exercé par le piston y ajoute :

$$\frac{2015.5}{424} = 4^{\text{cal.}}75.$$

Le frottement de la pompe fait gagner $b_1 = 0^{\text{cal.}}5$, de sorte que nous envoyons au condenseur :

$$158.83 + 4.75 + 0.50 = 164.08$$

moins une calorie perdue dans le tuyau en cuivre qui va au condenseur, soit $163^{\text{cal.}}08$.

De cette chaleur il faut retrancher celle qui reste à la vapeur et à l'eau après condensation,

soit $0.3576 \times 43.33 = 15.49$

L'eau froide qui entre dans le condenseur ne reçoit donc que .

$$J_n + A F_c - a_1 + b_1 - M \theta_n = 163.08 - 15.49 = 147.59$$

En réalité ce poids a gagné :

$$(7.2967 - 0.3576) (43.33 - 17.55) = 178.89$$

soit $178.89 - 147.59 = 31^{\text{cal.}}3$

de plus que la vapeur n'en a apporté, et l'erreur entre les deux résultats ne s'élève qu'à

$$31.3 - 29.68 = 1^{\text{cal.}}62$$

et la valeur moyenne est de $30^{\text{cal.}}49$.

En raisonnant comme à la page 181, on trouve, ainsi que nous l'avons annoncé, que pour produire un refroidissement par le condenseur $R_c = 30^{\text{cal.}}$ environ, il suffit que la masse totale du cylindre du piston et des fonds s'abaisse de $1/4^{\text{e}}$ de degré centigrade environ. Si pour discuter et vérifier le refroidissement extérieur R_c et les fuites par le piston nous procédons comme pour l'essai précédent, nous aurons en écrivant que la chaleur absorbée par les parois par suite de la condensation est égale à l'augmentation de la chaleur totale interne pendant la détente, plus la chaleur consommée par le travail absolu $A F_{\delta}$, plus le refroidissement R_c par le condenseur, plus le refroidissement externe a et moins la chaleur restituée par le frottement du piston b .

$$(M - m_{v_0} - n - F) r_0 = J_n - J_0 + A F_{\delta_{\text{abs}}} + R_c + a - b$$

d'où l'on tire :

$$R_c + F (r_0 + (q_0 - q_n)) = m_{v_0} r_0 - m_{v_n} r_n + M (q_0 - q_n) + A F_{\delta_{\text{abs}}} - a + b + (M - m_{v_0} - n) r_0$$

$$R_c + F (512.18 + (135.24 - 95.08)) = 0.2127 \times 469.28 - 0.2494 \times 500.53 + 0.3576 (135.24 - 95.08) + 12.74 - 1.85 + 0.5 + (0.3576 - 0.2127 - 0.0387) 512.18$$

$$\text{et} \quad R_c + 552.34 F = 29^{\text{cal.}}68$$

C'est à peu près identiquement la valeur trouvée plus haut,

$$\text{si} \quad F = 0, \quad R_c = 29^{\text{cal.}}68$$

$$\text{si} \quad R_c = 0, \quad F = 0^{\text{k.}}0537$$

$$\text{soit} \quad \frac{0.0537}{0.3576} = 15 \%$$

Ainsi, le maximum des fuites hypothétiques ne peut dépasser 15 % et il a été trouvé = 0 %₆ pour l'essai du 30 sept. 1871. Ces fuites sont donc bien réellement nulles.

Les considérations précédentes réduisent donc à néant tout passage de vapeur à travers le piston, en raison même des phénomènes thermiques qui seront encore mis en lumière d'une manière plus évidente par ce qui va suivre.

Nous terminerons cette discussion de l'essai du 30 août 1870 par la dépense de vapeur et d'eau consommée par heure et par cheval de travail absolu exercé sur le piston ; cette dépense est (voir page 203):

$$\frac{M \times 60 \times 4500}{9106.6} = \frac{0.3576 \times 270000}{9106.6} = 10^{\text{kil}}.6024$$

Différence entre cette consommation et celle de l'essai du 30 septembre 1871, alors que la même machine travaillait avec de la vapeur surchauffée :

$$10^{\text{k}}.6024 - 7.7826 = 2.8198$$

soit
$$\frac{2.8198}{7.7826} = 36 \% \text{ 23.}$$

ESSAI DE 1864 SUR LA MACHINE DE M. HIRN, TRAVAILLANT
AVEC DE LA VAPEUR SURCHAUFFÉE. (1)

L'essai du 25 août 1870 avec de la vapeur saturée a été entrepris dans le but de déterminer l'influence de la surchauffe sur la consommation d'eau ou de houille par cheval et par heure.

Le 25 août 1870, je me suis placé aussi bien que possible dans les mêmes conditions de pression et de détente que pour les essais de 1864 ; mais dans l'intervalle qui sépare ces deux essais, le nombre de tours de la machine a été un peu augmenté.

(1) Voir les bulletins de la Société Industrielle de Mulhouse, avril et mai 1867.

Cette augmentation de la vitesse du moteur n'a du reste aucune influence sur les comparaisons que je cherche à établir. Il m'a paru utile de reprendre ces expériences de 1864 et de les soumettre à une analyse décisive pareille à celle que je viens d'exposer. J'en tirerai d'ailleurs quelques conclusions importantes.

Avant tout je chercherai la valeur de R_c correspondante aux conditions moyennes du travail de la semaine des essais ; en effet, l'accord si satisfaisant qui existe entre les quantités de l'équation :

$$(M' - M)(\theta_n - \theta_o) = J_n + A F_c - a_1 + b_1 - M \theta_n + R_c \text{ (pages 179 et 212)}$$

nous permet de trouver très-approximativement la quantité d'eau entraînée à l'entrée du cylindre, ou à la sortie de la chaudière, au moyen des diagrammes, ou bien, l'eau entraînée étant connue on pourra déterminer R_c sans passer par des essais thermométriques et volumétriques sur l'eau de condensation.

Ces essais exigent toujours des dispositions spéciales qu'il n'est souvent pas facile de réaliser, et entraînent à des observations délicates ; nous verrons qu'on peut les éviter pourvu que la machine que l'on expérimente soit titrée préalablement sous le rapport des quantités qui entrent dans le terme ΣN .

En effet reprenons l'équation complète de l'eau entraînée (page 209).

$$M' - M)(\theta_n - \theta_o) = (M - n)(606.5 + 0.305 t_o - \theta_n) + n(q_o - \theta_n) - A F_1 - \Sigma N$$

En combinant cette équation avec la précédente on peut écrire comme suit :

$$J_n + A F_{abs} - a_1 + b_1 + R_c + \Sigma N = M(606.5 + 0.305 t_o) - n(606.5 + 0.305 t_o - q_o)$$

ΣN comprend ici les refroidissements par les tuyaux et le cylindre, ainsi que les gains de chaleur par les frottements des pistons.

Si n est connu ou si $n = 0$, comme c'est le cas avec la vapeur surchauffée, l'équation précédente donnera R_c en la modifiant comme nous le ferons tout à l'heure.

Mes calculs exigent quelques explications préliminaires.

Dans le bulletin de la Société industrielle de Mulhouse des mois d'avril et mai 1867 (page 186), se trouvent les éléments de 4 diagrammes relevés pendant l'essai au frein sur la machine de M. Hirn. Ces diagrammes correspondent à une pression de $4^{\text{atm}}.590$, tandis que la pression moyenne pendant la semaine des essais est $\equiv 4^{\text{atm}}.489$.

Il a été prouvé par l'ensemble des recherches sur la machine de M. Hirn que pour cet essai et avec un degré d'expansion $f = 0,2344$ la loi des pressions pendant la détente est sensiblement celle de Mariotte, et mes observations sur les valeurs de α exposées dans le premier chapitre du présent mémoire, établissent d'un autre côté qu'avec le même degré de détente et la faible différence de pression qui existe entre $4^{\text{atm}}.590$ et $4^{\text{atm}}.489$ l'exposant α ne peut varier que d'une fraction négligeable.

Il ne nous faut pour les discussions qui vont suivre que la pression initiale p_0 dans le cylindre, la pression finale p_n ainsi que le travail absolu total et le travail absolu pendant la détente. Toutefois, pour procéder avec rigueur, nous ne devons pas négliger la pression atmosphérique.

Dans le rapport sur les essais de 1864, on n'a pas tenu compte de cette correction, d'abord, parce qu'elle n'a aucune influence sur les résultats qu'il s'agissait d'établir alors, mais aussi parce que l'auteur de ce rapport n'avait pas eu le temps de pousser aussi loin ses investigations. Dans certaines recherches l'influence de la pression atmosphérique sur le piston de l'appareil de Watt est très-considérable, surtout lorsqu'il s'agit de transporter les diagrammes sur le terrain de la théorie mécanique de la chaleur.

Quant à p_0 , sa valeur est facile à trouver.

Le tableau de la page (192) du bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, avril et mai 1867, fait voir que la perte de pression constante entre le cylindre et la chaudière s'élève à :

$$0^{\text{atm}}.523 \text{ soit } 0.523 \times 1.033 = 0^{\text{k}}.540 \text{ par ctm}^2$$

et le tableau final de l'essai au frein, même bulletin, donne pour hauteur barométrique le dimanche 745^m/m; les pressions dans le cylindre au moyen desquelles on a déterminé la perte de charge de 0^h540 ci-dessus sont à corriger de

$$\frac{760 - 745}{760} \times 1^k \cdot 033 = 0^k \cdot 020$$

Cette perte est donc ramenée à 0,540 + 0,020 = 0^h560 par ctm².

Le même tableau final de l'essai au frein apprend que la pression moyenne dans la chaudière pendant les six jours de la semaine était de

$$4^{\text{atm}} \cdot 489 = 4 \cdot 489 \times 1 \cdot 033 = 4^k \cdot 637$$

en retranchant la perte de pression constante 0^h560, on trouve :

$$4 \cdot 637 - 0 \cdot 560 = 4^k \cdot 077 \text{ par ctm.}^2$$

dans le cylindre.

Passons à la correction de p_n , pression finale dans le cylindre.

Le tableau A (page 186) du bulletin déjà cité donne $p_n = 0,962$ résultant de 4 diagrammes pris à la pression barométrique de 0,745; nous devons effectuer aussi la correction de 0^h020 et l'on trouve ainsi :

$$0 \cdot 962 - 0 \cdot 020 = 0^k \cdot 942$$

Comme la loi de détente est celle de Mariotte, elle le sera encore lorsque la pression initiale sera tombée de :

$$4^{\text{atm}} \cdot 590 \times 1 \cdot 033 - 0 \cdot 560 = 4^k \cdot 181 \text{ à } 4^k \cdot 077$$

nous aurons pour la pression moyenne p_n pendant la semaine :

$$\frac{0 \cdot 942 \times 4 \cdot 077}{4 \cdot 181} = 0^k \cdot 919 \text{ par ctm}^2$$

A ces pressions ainsi corrigées correspondent les valeurs suivantes:

$$\begin{aligned} \text{à } p_o &= 4 \cdot 077 & t_o &= 143 \cdot 49 & q_o &= 144 \cdot 78 & p_o &= 461 \cdot 90 & \gamma_o &= 2 \cdot 2015 \\ \text{à } p_n &= 0 \cdot 919 & t_n &= 96 \cdot 73 & q_n &= 97 \cdot 19 & p_n &= 498 \cdot 89 & \gamma_n &= 0 \cdot 5424 \end{aligned}$$

Le poids de vapeur saturée présent au commencement de la détente est donc :

$$(v_o' + v_p) \gamma_i^{(1)} = (0.003115 + 0.005) 2.2015 = 0.02642.$$

et comme la dépense déduite du jaugeage de l'eau d'alimentation est de 0^k.3052, il s'est condensé pendant l'admission 0,3052 — 0,2642 = 0,0410 de vapeur surchauffée, soit 13 % 43.

A la fin de la course il y a :

$$(v_u + v_p) \gamma_u = 0.494 \times 0.5424 = 0.2679$$

de vapeur présente dans le cylindre et

$$0.3052 - 0.2679 = 0.0373 \text{ soit } 12 \% 22 \text{ d'eau.}$$

Nous déterminons le travail absolu total pendant l'admission et la détente par la puissance moyenne en chevaux pendant la semaine.

L'essai au frein a servi à constater le travail moyen rendu sur le premier arbre moteur, il s'élève à 406^{chx}7 sous un nombre de tours 27,084 ; les frottements de la machine absorbent 44^{chx}07 (page 189, même bulletin).

Le travail exercé sur le piston s'élève donc à :

$$406.7 + 44.07 = 447.77$$

soit
$$\frac{447.77 \times 75 \times 60}{2 \text{ T}} = 9783 \text{kgmètre } 7 \text{ par course.}$$

En ajoutant à ce travail celui de la contre-pression derrière le piston, on obtiendra le travail absolu total F_{abs} . Cette contre-pression moyenne est donnée par les 4 diagrammes de ces recherches, elle s'élève à 0^k.315 par cm^2 ; mais la correction barométrique la réduit à 0,315 — 0,020 = 0,295 et

$$V_u p_c = 0.489 \times 2950 = 1442 \text{kgm.} 6 = F_c ; \text{ A } F_c = \frac{1442.6}{424} = 3.4 \text{ cal.}$$

(1) Voir même bulletin de la Société industrielle, page 185.

Le travail absolu total

$$F_{\text{abs}} = 9783.7 + 1442.6 = 11226.3 \quad \text{par course}$$

et

$$A F_{\text{abs}} = \frac{11226.3}{424} = 26^{\text{cal}}.48.$$

Passons maintenant à la détermination de R_c ; l'équation donnée page 215.

$$J_n + A F_{\text{abs}} - a_1 + b_1 + R_c + \Sigma N = M(606.5 + 0.305 t_0) - n(606.5 + 0.305 t_0 - q_0)$$

se rapporte ainsi que nous l'avons vu à la vapeur saturée; pour passer à la vapeur surchauffée il faut poser $n = 0$ et tenir compte dans le second membre de la chaleur supplémentaire gagnée dans la surchauffe et du refroidissement externe par le tuyau d'arrivée de vapeur; si donc nous représentons la température de la vapeur près des boîtes de distribution par T' , nous aurons, d'après le tableau C, page 202 du rapport déjà cité, $T' = 222^\circ 75$.

Puis, nous avons dit plus haut qu'il y a une perte de 44° depuis l'endroit où T' a été observé jusque dans les boîtes de distribution, l'équation précédente devient ainsi :

$$J_n + A F_{\text{abs}} - a_1 + b_1 + R_c + \Sigma N = M(606.5 + 0.305 t_0) + MC(T' - 44 - T_0)$$

T_0 est la température moyenne dans la chaudière; à

$$P = 4^{\text{atm}}.489 = 4^{\text{kg}}.637 \text{ par ctm}^2$$

ou

$$T_0 = 148.18 \text{ correspond } q_0 = 149.60$$

ΣN ne comprend ici que le refroidissement externe du cylindre $a = 1^{\text{cal}}.85$, celui du tuyau en cuivre qui conduit la vapeur au condenseur $a_1 = 1$, et les gains de chaleur du piston moteur et de celui de la pompe à air

$$- b - b_1 = 0.5 - 0.5 = - 1$$

donc

$$\Sigma N = a + a_1 - b - b_1$$

Ce sont les valeurs admises dans les analyses précédentes ; quant au refroidissement par le tuyau d'arrivée de la vapeur surchauffée, il est compris dans le terme :

$$M C (T' - 14 - T_0)$$

Notre équation devient donc :

$$J_n + A F_{abs} + a - b + R_c = M(606.5 + 0.305 T_0) + MC(T' - 14 - T_0)$$

$$\begin{aligned} \text{et } R_c &= M(606.5 + 0.305 T_0) + MC(T' - 14 - T_0) - J_n - A F_{abs} - a + b \\ &= 198.90 + 8.88 - 163.31 - 26.48 - 1.85 + 0.5 = 16^{\text{cal.}}64 \end{aligned}$$

Afin d'être rassuré sur cette valeur de R_c , examinons à titre de vérification, comment elle concorde avec les phénomènes qui se passent pendant la détente, en d'autres mots elle doit justifier l'équation :

$$J_n - J_0 + A F_{\text{abs}} + a - b + R_c = MC(T' - 14 - t_0) + (M - m_{v_0})(606.5 + 0.305 t_0 - q_0)$$

qui traduit algébriquement les opérations vérifiées. (page 177 et page 195).

Nous devons faire remarquer que $A F_{\text{abs}}$ repose uniquement cette fois sur les diagrammes et que $A F_{abs}$, qui a servi à trouver R_c précédemment, est déduit de l'essai au frein.

Or, pour $p_0 = 4.077$

$$J_0 = m_{v_0} \rho_0 + M q_0 = 0.2642 \times 461.90 + 0.3052 \times 144.78 = 166^{\text{cal.}}22$$

$$\begin{aligned} F_{\text{abs}} &= p_0 v_0 \times 2.303 \log. \frac{1}{f} = 4.077 \times 0.3415 \times 2.303 \log. \frac{489}{115} \\ &= 6787.4 \text{ et } A F_{\text{abs}} = \frac{6787.4}{424} = 16^{\text{cal.}}01 \end{aligned}$$

et pour les autres termes nous aurons :

$$(M - m_{v_0})(606.5 + 0.305 t_0 - q_0) = 0.044(606.5 + 0.305 \times 143.49 - 144.78) = 20^{\text{cal.}}72$$

$$M c (T' - 14 - t_0) = 0.3052 \times 0.48(222.75 - 14 - 143.49) = 9^{\text{cal.}}56$$

$$\begin{aligned} R_c &= MC(T' - 14 - t_0) + (M - m_{v_0})(606.5 + 0.305 t_0 - q_0) - J_n + J_0 - A F_{\text{abs}} - a + \\ &= 9.56 + 20.72 - 163.31 + 166.22 - 16.01 - 1.85 + 05 = 15.83 \end{aligned}$$

au lieu de $16^{\text{cal.}}$, $6\frac{1}{2}$ trouvées plus haut ; la différence ne s'élève qu'à $0,81^{\text{cal.}}$ et la moyenne est :

$$R_c = \frac{16.64 + 15.83}{2} = 16.24$$

Ainsi que nous l'avons prévu R_c est une variable qui, dans la machine de M. Hirn, croît depuis $0^{\text{cal.}}$ 64 , essai du 31 septembre 1874 (à vapeur surchauffée) jusqu'à $30^{\text{cal.}}$ 49 , qui est la moyenne de l'essai du 25 août 1870 (à vapeur saturée) en passant par une valeur intermédiaire de $16^{\text{cal.}}$ $2\frac{1}{2}$ pour les expériences de 1864 (à vapeur surchauffée). La valeur de $R_c = 0^{\text{cal.}}$ 64 est trop petite pour permettre quelques conclusions sûres, car la plus petite erreur d'observation la fausse proportionnellement beaucoup trop ; les deux autres valeurs moyennes qui sont plus grandes se prêtent mieux à une discussion.

R_c constitue une véritable perte de calorique par le condenseur ; elle ne provient pas d'un rayonnement dans un espace froid renfermant une vapeur très-peu dense, mais nous l'attribuons à une *évaporation de l'eau* qui ruisselle le long des parois du cylindre pendant la durée de l'échappement lorsque la température s'abaisse considérablement derrière le piston ; cette eau prend la chaleur aux parois et s'évapore en partie.

Les parois ainsi refroidies reprendront pendant l'admission suivante, à la vapeur qui alors se condense, la chaleur nécessaire pour se maintenir dans un état d'équilibre thermique correspondant aux conditions de marche moyenne de la machine.

Plus la vapeur renferme d'eau liquide à la fin de la course et plus R_c doit être considérable, et même on peut fixer immédiatement une limite supérieure à R_c ; elle ne pourra jamais dépasser la chaleur de vaporisation qu'exigerait la quantité d'eau présente à la fin de la course ; l'eau vésiculaire et le brouillard sont rapidement entraînés au condenseur, sans enlever au cylindre une quantité de chaleur appréciable.

L'eau qui s'évapore pendant l'échappement détermine non-seulement une perte de calorique, mais elle donne lieu encore à une augmentation de la contre-pression derrière le piston.

Examinons quel rapport existe entre R_c et la chaleur de vaporisation de l'eau présente à la fin de la course du piston.

Nous nous appuyons à cet effet sur les valeurs moyennes de R_c des essais du 25 août 1870 et sur celles de 1864.

Pendant le premier de ces essais la machine de M. Hirn a travaillé avec de la vapeur saturée et en 1864 avec de la vapeur surchauffée.

Rappelons encore que la machine n'a pas de chemise de vapeur ; elle est protégée contre les refroidissements externes par une couche de poils de veau et des douves en bois.

ESSAI DU 25 AOUT 1870.

Nous avons vu (page 211) que la quantité d'eau présente dans le cylindre au moment où le piston arrive à la fin de sa course = 0^k4082 ; une partie de cette eau s'évapore pendant l'échappement, sans cela R_c n'aurait pas de raison d'être.

La pression moyenne pendant l'échappement

$$p_c = 0^k408 \text{ par ctm}^2$$

à cette pression correspond une température

$$t_c = 75.94 \text{ et } q_c = 76.158$$

et les 0^k4082 exigent dans ces conditions, pour être évaporés :

$$0^k4082 (606.5 + 0.305 t_c - q_c) = 0.4082 (606.5 + 0.305 \times 75.94 - 76.158) = 59^{\text{cal}}.89.$$

Or la valeur moyenne de $R_c = 30,49$, c'est-à-dire qu'il n'y a qu'une fraction d'eau s'élevant aux :

$$\frac{30.49}{59.89} = 51 \%$$

qui s'est évaporée pendant l'échappement.

ESSAI DE 1864.

La contre-pression moyenne derrière le piston = 0^k295 , valeur à laquelle correspondent

$$t_c = 68.13 \text{ et } q_c = 68.322$$

les $0.^{kg}0373$ d'eau présente à la fin de la course exigent pour être évaporés :

$$0.0373 (606.5 + 0.305 t_c - q_c) = 0.0373 (606.5 + 0.305 \times 68.13 - 68.322) = 20^{cal}85$$

et la valeur moyenne de $R_c = 16.24$; il n'a pu s'évaporer dans ces conditions que les

$$\frac{16.24}{20.85} = 78 \%$$

de l'eau présente à la fin de la course.

Il faudrait un plus grand nombre d'expériences pour établir ce rapport ; cependant comme R_c n'est pas une quantité très-considérable sur l'ensemble de la chaleur interne totale, nous croyons ne pas commettre une erreur sensible en admettant pour R_c la moyenne des deux rapports ci-dessus, soit

$$\frac{51 + 78}{2} = 64.5 \%$$

ou environ les $\frac{2}{3}$ de l'eau présente à la fin de la course.

La consommation d'eau par cheval absolu et par heure est pour les essais de 1864

$$M_{\text{abs}} = \frac{M \times 2 T \times 60}{F_{\text{abs}} \times 2 T} = \frac{M \times 270000}{F_{\text{abs}}} = \frac{0.3052 \times 270000}{11226.3} = 7.3403$$

avec une détente $f_c = 0.2344$ et $f_{1c} = \frac{120}{494} = 0.2429$.

L'essai du 30 septembre 1871 avec $f_c = 0.4137$ a donné $M_{\text{abs}} = 7.7826$.

La différence, malgré la variation très-sensible dans la détente, ne s'élève qu'à :

$$7.7826 - 7.3403 = 0.4423 \text{ soit } \frac{0.4423}{7.7826} = 5\%.$$

DÉTERMINATION DE LA CONSOMMATION DU MÉLANGE D'EAU
ET DE VAPEUR AU MOYEN DES DIAGRAMMES.

ÉTUDE SUR L'INFLUENCE DES DÉTENTES VARIABLES, CAS DE LA VAPEUR SURCHAUFFÉE.

Les résultats que nous venons de développer sur les trois essais de la machine de M. Hirn nous permettent de calculer exactement la dépense d'un moteur au moyen des diagrammes seuls, mais il est nécessaire de connaître le degré de la surchauffe ou la proportion d'eau entraînée dans le cas où la machine travaille avec de la vapeur saturée.

Toutes les vérifications exposées dans les pages précédentes autorisent même à dire qu'il est possible d'analyser coup de piston par coup de piston tous les faits que présente le travail de la vapeur.

Le 22 septembre 1874, j'ai relevé un certain nombre de diagrammes sur la machine de M. Hirn, en l'alimentant avec de la vapeur surchauffée et en faisant varier la détente pour chaque courbe. Je ne me suis pas préoccupé de la dépense d'eau ou de houille, mais seulement des éléments essentiels à mes recherches.

Pour déterminer la dépense de vapeur par coup de piston au moyen d'un diagramme délicatement tracé, je m'appuie sur l'équation de la page 220 :

$$J_n + A F_{abs} + a - b + R_c = M(606.5 + 0.305 T_0) + M C (T' - 14 - T_0)$$

dans laquelle M représente la dépense inconnue de vapeur surchauffée; les autres valeurs du second membre sont données par l'observation au moment même où le diagramme est tracé.

A F_{abs} est connu par le diagramme + a et $-b$ sont des quantités d'observation déterminées par nos recherches antérieures; il ne reste qu'à trouver J_n et R_c .

Quant à J_n nous avons $J_n = m_{v_n} \rho_n + M q_n$, $m_{v_n} \rho_n$ et q_n sont déduits de la pression finale et l'équation ci-dessus devient en substituant :

$$m_{v_n} \rho_n + M q_n + A F_{abs} + a - b + R_c = M(606.5 + 0.305 T_0) + M_c (T' - 14 - T_0)$$

qui ne renferme d'autres inconnues que M et R_c .

Quant à R_c nous avons vu, page 223, que sa valeur moyenne, qui n'a pas en somme une grande influence, est approximativement égale dans les conditions de l'essai de 4864 aux 0,78 de la chaleur de vaporisation de l'eau présente à la fin de la course du piston $R_c = 0.7, 8 (M - m_{v_n}) (\lambda_c - q_c)$ ou si nous désignons $(\lambda_c - q_c)$ par r_c selon la notation admise dans les ouvrages de thermodynamique, il vient :

$$R_c = 0.78 (M - m_{v_n}) r_c$$

et l'équation précédente devient :

$$m_{v_n} \rho_n + M q_n + A F_{abs} + a - b + 0.78 (M - m_{v_n}) r_c = M(606.5 + 0.305 T_0) + M C (T' - 14 - T_0)$$

$$\text{soit } M = \frac{m_{v_n}(\rho_n - 0.78 r_c) + A F_{\text{abs}} + a - b}{606.5 + 0.305 T_o + C(T - 14 - T_o) - q_n - 0.78 r_c}$$

Laissons cependant R_c sous forme indéterminée et résolvons l'équation par rapport à M .

$$M = \frac{m_{v_n} \rho_n + A F_{\text{abs}} + a - b + R_c}{606.5 + 0.305 T_o + C(T - 14 - T_o) - q_n}$$

On voit ainsi mieux l'influence de la chaleur apportée de la surchauffe, en supposant que R_c reste constant, et les discussions précédentes établissent que, quoique R_c soit variable, cette valeur ne se meut cependant qu'entre des limites assez resserrées relativement au numérateur, au moins dans le cas de la surchauffe; d'un autre côté, si le numérateur augmente par $m_{v_n} \rho_n$ le dénominateur diminue par suite de q_n , d'où il résulte que, quelque soit le degré de détente sous lequel la machine travaille, le rapport $\frac{M}{A F_{\text{abs}}}$, et par suite la dépense de vapeur par cheval absolu et par heure doit peu varier; en d'autres mots, l'influence d'une détente plus ou moins prolongée sur la consommation, n'est pas considérable; c'est pour m'assurer de ce résultat qui est diamétralement opposé aux idées reçues que j'ai relevé des diagrammes le 22 septembre 1874.

Pour arriver à des résultats comparables, je me suis efforcé de maintenir la température de la vapeur surchauffée constante, pendant que je faisais varier la détente entre des limites très-éloignées.

Si T variait beaucoup il ne serait plus permis de se prononcer avec autorité sur les comparaisons que je vais établir. C'est sur ce sujet tout nouveau, de l'influence peu sensible d'une détente prolongée sur la consommation de vapeur des machines sans enveloppe, que je m'étendrai dans la suite de ce chapitre.

(*A suivre au prochain bulletin.*)



QUATRIÈME PARTIE.

SUPPLÉMENT.

LETTRE DE M. KUHLMANN, PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ,
A M. LE MAIRE DE LILLE,
Au sujet de
L'ÉTABLISSEMENT PROJETÉ D'UNE TAXE SUR LES PRISES D'EAUX INDUSTRIELLES
DANS LES CANAUX.

MONSIEUR LE MAIRE,

La Société industrielle, profondément émue à la suite de la délibération du Conseil municipal du 2 décembre dernier, concernant la prise d'eau dans les canaux, croit de son devoir de vous exposer les motifs qui lui font penser que la mesure projetée, allant à l'encontre des intentions du Conseil municipal, serait plus nuisible qu'utile aux intérêts de la ville.

Dans ce qui va suivre, la Société entend se placer complètement en dehors de la question de droit soulevée par l'arrêté municipal et dont la solution est du ressort des tribunaux, elle ne veut envisager la mesure projetée qu'au point de vue purement industriel.

Lille, à toutes les époques de son histoire, a toujours été une ville essentiellement industrielle, sa prospérité, dans le passé et dans le présent, est liée à son industrie, aussi ne saurait-on assimiler les

conditions qui la régissent à celles qui sont imposées aux villes de plaisance. Ses canaux, par exemple, qui, dans des villes telles que Boulogne, Vichy et autres, seraient envisagés comme des cloaques repoussants qu'on ne saurait trop tôt combler, sont considérés par tous, avec beaucoup de raison, comme des sources de prospérité générale qui doivent être accessibles à tout le monde. Restreindre l'emploi de l'eau des canaux, ce serait porter atteinte au développement de l'industrie, à l'accroissement de la population qui en est la conséquence, et par suite à la prospérité générale de la ville.

La plupart des canaux exploités actuellement sont situés dans l'ancien Lille ; les industriels qui en profitent ont payé leurs terrains fort chers, lorsqu'ils se sont établis, précisément en raison des avantages qu'ils trouvaient dans l'usage de l'eau des canaux. Serait-il juste de venir leur enlever les avantages industriels de leurs terrains, alors qu'aujourd'hui ces anciens quartiers sont si gravement atteints par le déplacement du centre de la ville ?

Tout le monde sait que l'eau est aussi nécessaire que le charbon à l'industrie, et que l'abondance de l'eau est une économie de charbon. Chacun sait aussi qu'en été la température des eaux des canaux s'élève d'une façon notable et que par suite il faut beaucoup plus d'eau qu'en hiver pour produire les mêmes effets de condensation dans les machines. Restreindre l'emploi de l'eau ce serait donc accroître la consommation du charbon ; la mesure projetée par le Conseil municipal serait donc désastreuse, surtout à une époque où la cherté du combustible rend déjà la crise industrielle si difficile à traverser.

Objecterait-on que les industriels peuvent en établissant des réfrigérants réutiliser les eaux s'ils le veulent, pour la condensation et l'usage des machines ? Cet argument ne paraît point fondé à la Société, car vous n'ignorez pas, Monsieur le Maire, que dans les anciens quartiers il y a impossibilité absolue, en raison de l'exiguïté et de la nature des terrains, d'établir des réfrigérants pour réutiliser les eaux, tandis qu'au contraire ces installations sont faciles dans les

nouveaux quartiers tels que Moulins-Lille, attendu que les industriels de ces quartiers ont pu se procurer à bas prix de grands emplacements sur lesquels ils ont pu ou peuvent établir de vastes réfrigérants. L'arrêté municipal aurait donc pour effet de favoriser une catégorie d'industriels à l'exclusion des autres, ce qui serait contraire aux principes démocratiques qui régissent le pays.

D'ailleurs, la mesure projetée atteindrait-elle le but financier que le conseil municipal s'est proposé? La Société pense que non, et voici pourquoi: Déjà dans les conditions actuelles, l'industrie tend à émigrer de la ville; il y a peu d'établissements fondés depuis trois ans, il est vrai, mais il est digne de remarque qu'aucun d'eux ne se soit installé dans Lille, tous sont en banlieue, et sont allés chercher dans des terrains libres un affranchissement des lourdes charges qui pèsent sur les établissements de la ville. N'est-il pas évident que si la mesure proposée par nos édiles est acceptée, cette tendance à l'émigration ne fera que s'accroître? Le Conseil municipal a-t-il calculé les pertes qui en résulteraient pour les octrois? Vous savez, Monsieur le Maire, que pour une fabrique de 250 ouvriers qui émigre, c'est 1,000 consommateurs que la ville perd.

Le Conseil municipal espère-t-il trouver une compensation à ces pertes par le gain que lui procurera la taxe des eaux? Mais qui ne sait qu'en pareil cas, il sera toujours facile aux industriels de se soustraire à une taxe qu'ils considèrent comme injuste, quand bien même ils devraient s'imposer des sacrifices dans le but de s'en affranchir? Qui les empêchera d'avoir recours à des forages multipliés et d'épuiser comme ils le faisaient, il y a quelques années, avant l'introduction des eaux d'Emmerin les sources naturelles du sol? Qu'arriverait-il alors? Ces établissements devenant une source d'ennuis et de tracasseries pour les petits propriétaires, ces derniers finiront aussi par émigrer en banlieue pour échapper aux inconvénients, à la gêne occasionnée par le manque d'eau. Où sera alors le profit pour la ville?

En résumé, la Société industrielle considère la mesure projetée

par le Conseil municipal comme intempestive , parce qu'elle arrive à un moment où l'industrie est aux abois par les charges de toutes sortes qui pèsent sur elle , comme contraire à l'égalité , parce qu'elle frapperait une classe de citoyens , comme improductive à cause de l'émigration qui en serait la conséquence , et son opinion est que cette mesure doit être abandonnée.

La Société industrielle , Monsieur le Maire , a le plus ferme espoir que dans les circonstances actuelles , vous vous inspirerez des exemples des magistrats vos devanciers , qui aux époques les plus troublées et les plus critiques de notre histoire , n'ont pas hésité , malgré la pénurie des finances , à attirer par des primes et des immunités des industries dont s'enorgueillissaient nos voisins , et qui constituaient pour eux des monopoles précieux. Ce ne sont pas des primes que les industriels d'aujourd'hui demandent comme celles qui ont été octroyées en 1551 , 1613 et 1708 aux industriels Lillois , mais seulement l'usage d'une eau qui ne coûte rien à la ville , et dont la suppression d'usage ne lui occasionnerait aucune économie.

Veillez agréer , Monsieur le Maire , l'expression respectueuse de ma parfaite considération.

F. KUHLMANN.

RAPPORT ANNUEL DU TRÉSORIER.

A. — COMPTE DE 1873.

RECETTES.

Versement de M. VERKINDER, membre bienfaiteurFr.	1,000 »
Cotisations des Membres fondateurs	56,000 »
Cotisations des Membres ordinaires	10,050 »
Encaissement de deux trimestres d'une rente de 3,000 fr. .	4,500 »
Intérêts bonifiés par MM. VERLEY-DECROIX.	738 80
	<hr/>
	Fr. 69,288 80

DÉPENSES.

Allocation à M. MASQUELEZ pour l'Institut industriel. . . .Fr.	5,000 »
Achat d'une rente de 3,000 fr.	52,331 70
Frais de premier établissement et achat d'objets mobiliers. .	3,736 84
Appointements du Secrétaire-Adjoint.	2,750 10
Gages de l'Appariteur et allocation au Concierge de la Chambre de Commerce	250 »
Frais de bureau et impression du Bulletin	2,012 88
Loyer des locaux	1,000 20
Éclairage et chauffage	273 30
Achat de médailles.Fr. 1,878 12	} 2,087 37
Frais de la séance annuelle 209 25	
Dépenses diverses	60 95
	<hr/>
	Fr. 69,503 34

Les DÉPENSES se sont élevées àFr. 69,503 34

Les RECETTES ont été de 69,288 80

D'où il résulte un déficit de . . .Fr. 214 54

Ce déficit n'est qu'apparent puisque, au lieu de consacrer à un achat de rente 51,000 fr. provenant de la cotisation des membres fondateurs, comme l'avait prévu le budget de 1873, il a été employé 52,331 fr. 70 c., soit un excédant de 1,331 fr. 70 c., dans lequel se trouve comprise la souscription de 1,000 fr. de M. VERKINDER, pour la fondation d'un prix reporté à 1874.

La différence de 214 fr. 64 c. sera, d'ailleurs, largement compensée par les cotisations proportionnelles à recouvrer de plusieurs membres nouveaux sur l'exercice 1873.

B. — PROJET DE BUDGET POUR 1874.

RECETTES.

Intérêt de 5 % sur l'État (ayant coûté 52,334 fr. 70) . . .Fr.	3,000	»
Contributions de 243 membres ordinaires, à 50 fr.	40,650	»
	<hr/>	
Fr.	43,650	»

DÉPENSES.

LoyerFr.	2,000	»
Chauffage et éclairage	1,000	»
Traitement du Secrétaire-Adjoint	3,000	»
Émoluments de l'Appariteur	600	»
Achats de livres et instruments. — Abonnements	2,500	»
Fournitures de bureau, registres et impression du Bulletin.	2,050	»
Prix à décerner et jetons de lecture.	2,500	»
	<hr/>	
Fr.	13,650	»

Les RECETTES sont deFr. 13,650 »

Les DÉPENSES de 13,650 »

BALANCEFr. » »

En dehors des prévisions du budget qui précède, la Société possède :

- 1° Une rente de 3,000 fr. 5 % sur l'État;
- 2° Un mobilier ayant une valeur d'environ Fr. 2,000 », et dont la dépense n'est pas susceptible de se renouveler,
- 3° Trois médailles en argent et cinq en bronze, réservées pour la distribution des prix en 1874.

BIBLIOTHÈQUE ET SALON DE LECTURE. RÈGLEMENT.

I. — AVIS PRÉLIMINAIRE.

Les ouvrages que la Société possède et qui seront mis à la disposition de ses membres, doivent être divisés en quatre catégories distinctes :

- 1° Les livres de recherches ;
- 2° Les livres à consulter ;
- 3° Les livres d'actualité ;
- 4° Les livres de distraction.

1° La 1^{re} catégorie comprend les livres anciens, pouvant servir à des recherches monographiques ou traitant des questions anciennes, mais auxquelles les circonstances peuvent rendre accidentellement un certain intérêt d'actualité. Telles sont les collections de publications périodiques, les brochures ou traités relatifs à certaines questions d'économie politique, industrielles ou commerciales, qui peuvent surgir à nouveau.

2° La 2^e catégorie comprend les livres qui, indépendamment de l'époque de leur publication présentent, par leur sujet ou par leur plan, un intérêt d'actualité permanente. Tels sont les ouvrages de didactique et principalement les *Dictionnaires* qui doivent former le fonds le plus sérieux d'une bibliothèque d'étude.

3° La 3^e catégorie se composera des plus récents numéros parus des publications périodiques, ainsi que des livres ou brochures publiés sur des questions d'un intérêt actuel.

4° Enfin, la 4^e catégorie renfermera les livres qu'on parcourt, qu'on ne consulte jamais, parce qu'ils n'offrent qu'un intérêt de curiosité plus ou moins sérieuse; ici se rangent les *Albums*, les *livres à illustrations* et les traités généraux écrits plutôt pour l'instruction sommaire que pour l'étude.

Les livres des deux premières catégories seront toujours d'un prix élevé; les lacunes seront toujours difficiles et souvent impossibles à combler, et par conséquent leur conservation doit être entourée de garanties spéciales. Ils ne seront consultés d'ailleurs que dans un but déterminé, et les Sociétaires qui en auront alors un besoin sérieux pourront se soumettre plus facilement à une réglementation plus rigoureuse.

Dans la 3^e catégorie les ouvrages se présenteront en général sous forme de brochures ou de fascicules; cette forme et surtout leur nouveauté les rend nécessairement d'un remplacement moins coûteux et plus facile. Quant aux livres de la 4^e catégorie, comme ils ne forment pas de séries et qu'ils n'offrent jamais qu'un intérêt de pure curiosité, leur destruction n'entraînerait jamais des conséquences aussi graves que celle des ouvrages de fonds proprement dits.

Il en résulte que le règlement peut être beaucoup plus large pour les livres de la 3^e et de la 4^e catégories, qui garniront le *Salon de lecture*, tandis que ceux de la 1^{re} et de la 2^e rempliront les rayons *fermés* de la *Bibliothèque*.

RÈGLEMENT.

I. — BIBLIOTHÈQUE.

ARTICLE PREMIER. — La bibliothèque sera formée par la réunion des livres de fonds ou d'étude spécifiés dans l'avis préliminaire ci-dessus comme livres de la 1^{re} et de la 2^e catégorie.

ART. 2. — Elle s'enrichira :

- 1^o Des dons faits à la Société ;
- 2^o De ses acquisitions ;
- 3^o Des collections des publications périodiques retirées des salons de lecture au fur et à mesure que leur date de publication le justifiera.

ART. 3. — Il sera dressé un catalogue raisonné de la Bibliothèque, par ordre de matières. Ce catalogue sera fait en triple exemplaire dont l'un restera à la bibliothèque, le second sera déposé au secrétariat, et le troisième sur la table du Salon de lecture.

ART. 4. — La bibliothèque sera ouverte aux Sociétaires tous les jours de trois à six heures ; excepté les dimanches, les jours fériés, et pendant la durée des vacances de la Société (du 1^{er} août au 30 septembre).

ART. 5. — Les ouvrages seront délivrés par le Secrétaire-Adjoint aux Sociétaires, aux jours et heures sus-indiqués, sur leur demande par bulletin écrit. Le bulletin sera rendu à la remise du livre.

ART. 6. — Les ouvrages remis aux Sociétaires pourront être emportés par eux au salon de lecture ou dans toute autre salle dépendant des locaux affectés à la Société, mais ne pourront, en aucun cas, sortir de ces locaux.

ART. 7. — Toutefois, en dérogation à l'article 6, les Commissions désignées par les Comités pour s'occuper d'une étude spéciale, pourront prendre charge, sur l'autorisation et sous la responsabilité du Président du Comité, des ouvrages appartenant à la première catégorie, c'est-à-dire aux livres ou collections anciennes dits *livres de recherches*. Cette

autorisation ne pourra dans aucun cas être donnée pour les livres de la 2^e catégorie (livres à consulter), comprenant les traités didactiques et les dictionnaires, non plus que pour les livres de la 2^e et de la 3^e catégorie, qui sont réservés pour le salon de lecture. — Ces livres, des trois dernières catégories ne pouvant être consultés que sur place.

ART. 8. — Les Sociétaires ou les Délégués de Comités, désireux de travailler aux heures auxquelles la bibliothèque n'est pas ouverte, devront adresser au secrétariat une demande à laquelle sera annexé un bulletin contenant la spécification des ouvrages qu'ils ont à consulter. — Ces ouvrages seront sortis de la bibliothèque et déposés au salon de lecture, sous la responsabilité des demandeurs. — Leur bulletin leur sera rendu par l'appariteur entre les mains de qui ils auront à faire la restitution des livres.

ART. 9. — La bibliothèque sera toujours ouverte pendant toute la durée des séances des Comités, et mise à leur disposition.

II. — SALON DE LECTURE.

ART. 10. — Le salon de lecture contiendra, sur sa table ou sur des rayons ouverts, les livres énoncés dans la 3^e et la 4^e catégories de l'avis préliminaire, c'est-à-dire :

1^o Les numéros récents des publications périodiques, comprenant :

- a* Pour les publications annuelles, le dernier volume paru.
- b* — semestr. ou trimestr., l'année en cours (1 ou 4 N^{os}).
- c* — mensuelles, le trimestre en cours (3 N^{os}).
- d* — bi-mensuelles, d.^o (5 N^{os}).
- e* — hebdomadaires, le mois en cours (4 N^{os}).
- f* — quotidiennes, la semaine en cours (7 N^{os}).

2^o Les brochures ou livres d'actualité.

3^o Les albums et livres de distraction.

ART. 11. — Les numéros des publications périodiques antérieurs aux périodes énoncées à l'article 10, seront retirés du salon de lecture pour rentrer dans la bibliothèque et ne seront ensuite remis aux Sociétaires que dans les termes du règlement spécial (art. de 1 à 9).

ART. 12. — Il en sera de même pour les livres et brochures traitant de questions qui n'auront plus le caractère d'actualité nécessaire.

ART. 13. — Les ouvrages déposés au salon de lecture étant inscrits dès leur entrée au catalogue général, et se trouvant à la libre disposition des Sociétaires, il n'en sera pas dressé de catalogue spécial.

ART. 14. — Le salon de lecture sera ouvert aux Sociétaires :

1° Tous les jours ouvriers, de 8 h. à 11 h. du matin, et de 2 h. à 9 h. du soir.

2° Les dimanches, de 8 h. à 11 h. du matin seulement.

3° Les jours de réunion des Comités ou des Commissions, une heure avant la réunion et pendant toute la durée de celle-ci.

ART. 15. — Pendant les vacances de la Société (du 1^{er} août au 30 septembre), le salon de lecture sera ouvert de 8 h. à 11 h. les lundi, mercredi et vendredi. — Il n'y sera laissé absolument que le dernier numéro paru de chaque publication périodique; les numéros antérieurs, ainsi que les brochures et les albums, seront retirés pendant cette période; le service sera fait par l'appariteur.

ART. 16. — Les ouvrages déposés au salon de lecture ne pourront en sortir à quelque titre que ce soit.

CONCOURS DE 1874.

PRIX ET MÉDAILLES.

Dans sa séance publique de décembre 1874, la Société Industrielle du Nord de la France décernera des récompenses aux auteurs qui, sur le rapport de ses Commissions, auront répondu d'une manière satisfaisante au programme des diverses questions énoncées ci-après.

Ces récompenses consisteront en médailles d'or, d'argent ou de bronze.

La Société se réserve d'ajouter des sommes d'argent pour les travaux couronnés qui lui auront paru dignes de cette faveur. Elle est heureuse que son budget, jusqu'ici fort restreint pour des rémunérations de cette dernière nature, se trouve accru cette année par la libéralité de la Chambre de Commerce de Lille.

La Société se réserve également de récompenser tout progrès industriel réalisé dans la région du Nord et non compris dans son programme.

Les mémoires présentés au concours devront être remis au Secrétariat Général de la Société, avant le 15 novembre 1874. Les mémoires couronnés pourront être publiés par la Société.

Les mémoires présentés restent acquis à la Société et ne peuvent être retirés sans l'autorisation du Conseil d'Administration.

Tous les membres de la Société sont libres de prendre part au concours, à l'exception seulement de ceux qui font partie, cette année, du Conseil d'Administration.

Les mémoires ne devront pas être signés ; ils seront revêtus d'une épigraphe reproduite sur un pli cacheté, annexé à chaque mémoire, et dans lequel se trouveront, avec une 3^e reproduction de l'épigraphe, le nom, la qualité et l'adresse de l'auteur.

I. — MÉCANIQUE ET CONSTRUCTION.

1^o Donner un travail comparatif sur les cheminées actuellement construites dans le Nord de la France (soit en briques, soit en tôle),

au double point de vue du fonctionnement et de la construction , en indiquant , s'il y a lieu , les modifications que l'on pourrait y apporter.

La Société Industrielle verrait avec plaisir l'étude étendue à plusieurs régions.

2° La Société récompensera l'auteur du meilleur travail comparatif sur les divers procédés mécaniques de fabrication des briques. — Le mémoire devra également traiter le malaxage mécanique de la terre à briques.

3° Rechercher les moyens de tirer de la houille le meilleur rendement calorifique ; la question étant limitée à ce qui concerne le foyer, c'est-à-dire indépendante du système de chaudière.

Par exemple les gazogènes soufflés , les gazogènes non soufflés, les appareils automatiques pour le réglage du registre , pour le chargement et le nettoyage de la grille , etc., ou toute autre modification (avantageuse) au système ordinaire de combustion , peuvent être utilement présentés au concours , en ayant soin de relater dans le mémoire les résultats pratiques obtenus.

4° Détermination expérimentale du degré de détente le plus avantageux dans une machine à vapeur.

Les concurrents choisiront , pour faire ce travail , le type de machine qui leur paraîtra le plus convenable.

5° Trouver les meilleurs moyens pratiques et à la portée de tous , de contrôler l'exactitude des compteurs à gaz d'éclairage. — Le mémoire devra aussi indiquer les causes diverses qui peuvent modifier l'exactitude des compteurs généralement employés dans ce pays.

6° La Société récompensera : 1° L'auteur de la meilleure conception d'un compteur d'eau , exécuté ou à exécuter , présentant toutes les garanties d'exactitude et de bon fonctionnement ; — 2° la meilleure étude sur les différents systèmes de compteurs d'eau les plus employés.

II. — ARTS CHIMIQUES ET AGRONOMIQUES.

1° Indiquer un moyen suffisamment exact et rapide qui permette de constater la quantité de matières organiques contenues dans un jus, pendant la fabrication du sucre, principalement au moment de la défécation.

2° Mémoire sur l'application des nouveaux procédés de fabrication de la bière, notamment du procédé Pasteur.

3° Dosage, dans les engrais et particulièrement dans les sels d'osmose, des nitrates lorsqu'ils sont mélangés à des matières organiques azotées ou non.

4° Expériences sur la culture du lin par l'emploi exclusif d'engrais chimiques comparés aux engrais ordinaires. Influence sur plusieurs récoltes successives.

5° Influence que peuvent exercer, sur la cristallisation du sucre dans les sirops, les matières tant minérales qu'organiques qui se trouvent contenues habituellement dans les jus de betteraves.

6° Dosage, par un procédé volumétrique, des sulfates en présence d'autres sels, tels que chlorures, sulfites, hyposulfites, etc.

7° Étude chimique sur une ou plusieurs matières colorantes, utilisées ou utilisables dans les teintureries du Nord de la France.

8° Comparer les procédés de blanchiment, d'azurage et d'apprêt des fils et tissus de lin en France et en Angleterre; faire la critique raisonnée des différents modes de travail.

9° Trouver un moyen sûr et pratique de déterminer le point de fusion et de solidification des corps gras.

III. — FILATURE ET TISSAGE.

1° Indiquer les imperfections du système actuel de peignage du lin et l'ordre d'idées dans lequel devraient se diriger les recherches des inventeurs.

2° Même question pour le travail des étoupes (cardage et peignage). Donner de plus, pour les cardes actuellement employées, les meilleures méthodes à suivre pour obtenir, soit un plus grand rendement, soit un produit plus parfait.

3° Etudier, dans tous ses détails, l'installation complète d'une carderie d'étoupes. Les principales conditions à réaliser seraient : une ventilation parfaite, la suppression des causes de propagation d'incendie, la simplification du service de pesage, d'entrée et de sortie aux cardes, ainsi que de celui de l'enlèvement des duvets.

Des plans, coupes et élévations, accompagnés de devis sérieux, devront être joints à l'exposé du projet.

4° Exposer les perfectionnements à réaliser dans le filage, le retordage et l'apprêt des fils de lin, à l'effet d'arriver à la régularité parfaite des fils de coton retors employés pour le travail de la machine à coudre.

5° Trouver une disposition qui permette de changer la navette sur le métier à tisser, sans arrêt ni défaut dans le tissu, et sans embarras pour l'ouvrier.

6° Inventer un métier sur lequel on puisse tisser ensemble deux ou plusieurs chaînes séparées, en laissant à chaque pièce deux bonnes lisières.

Le but de cette invention devra être de faciliter le tissage économique des toiles étroites, des mouchoirs et même des rubans.

7° Trouver un procédé rapide et exact pour déterminer directement, après tissage, le travail d'un ouvrier, soit par un appareil donnant le métrage de la pièce, soit par un compteur de duites, et même par ces deux moyens à la fois.

8° Mémoire sur les divers systèmes de canetières employés pour le tramage du lin. On devra fournir des indications précises sur la quantité de fil que peuvent contenir les canettes, sur la rapidité d'exécution, sur les avantages matériels ou les inconvénients que

présente chacun des métiers , ainsi que sur la force mécanique qu'ils absorbent.

9° Trouver un moyen pratique pour le transport économique des lins en paille qui , par suite de circonstances diverses , ne peuvent être rouis convenablement sur les lieux de production.

L'auteur devra se placer surtout au point de vue des lins d'Algérie que l'impossibilité d'un bon rouissage sur place oblige à ne cultiver que pour la graine. Il pourra étudier si , par quelque moyen mécanique , on peut débarasser les tiges d'une partie suffisante de leur paille sans altérer la fibre , de manière à réduire le volume et le poids de la matière à transporter.

10° Rechercher et indiquer les causes auxquelles il faut attribuer , pour la France , le défaut d'exportation des toiles de lin , tandis que les fils de lin , matière première de ces toiles , s'exportent au contraire en certaines quantités.

L'auteur devra se livrer à l'examen comparatif des méthodes de tissage , du prix de revient et de la main-d'œuvre , de la législation intérieure et internationale , enfin des usages locaux qui , en France et dans les différents pays étrangers , peuvent contribuer à ce résultat.

11° Trouver le moyen de donner aux cotons filés un apprêt solide , persistant après teinture , semblable ou supérieur à celui qui se trouve sur les filés anglais.

IV. — COMMERCE ET BANQUE.

1° La Société décernera une récompense aux deux jeunes gens , qui , suivant les cours publics d'Anglais ou d'Allemand institués par la municipalité de Lille , se seront le plus distingués et auront fait le plus de progrès dans l'étude de ces deux langues.

Ne pourront concourir les jeunes gens de père ou mère Anglais ou Allemand , ou originaires de pays où l'on parle l'Anglais ou l'Allemand.

CONDITIONS DU CONCOURS.

1° Une commission de six membres, dont trois pour l'anglais et trois pour allemand, sera choisie dans la Société parmi le Comité du Commerce.

2° Du 23 au 28 novembre prochain, les élèves des cours *supérieurs* feront deux compositions, l'une en version, l'autre en thème, dont les textes seront choisis par la Commission.

3° Les six élèves qui, dans chacun des cours d'anglais et d'allemand, présenteront à la Commission les meilleures compositions, concourront à nouveau entre eux du 7 au 12 décembre.

4° Les matières de ce concours seront :

A Une traduction sur manuscrit.

B Une dictée.

C Un examen oral.

N. B. — *Pour la dictée en allemand, la Commission tiendra compte de l'écriture.*

La Commission s'attachera tout particulièrement à poser des questions sur les termes de la pratique commerciale.

2° Examiner les moyens pratiques de répartir l'impôt d'une manière aussi équitable que possible entre les différentes sources de revenus. Etudier les charges comparatives que l'impôt fait peser sur l'industrie et le commerce dans les différents pays.

3° Il sera attribué une récompense aux agents consulaires français qui, par des renseignements fournis à la Société industrielle, auraient contribué ou contribueraient à établir des relations commerciales nouvelles entre le commerce et l'industrie du Nord de la France et les pays où ils sont accrédités.

V. — UTILITÉ PUBLIQUE.

1° Une récompense sera accordée à l'auteur du meilleur moyen pratique de sauvetage en cas d'incendie.

2° Une récompense sera accordée à l'auteur de la meilleure étude sur l'organisation et le fonctionnement des fourneaux économiques en France et à l'étranger , à l'effet d'en faciliter la création et l'installation à Lille. — Cette étude devra comporter un plan architectural , et traiter les diverses questions relatives à leur mode d'administration. — Les fourneaux économiques , à Lille , doivent être une exploitation privée qui , dans aucun cas , ne pourra compter ni sur le concours , ni sur une subvention de l'autorité municipale. — Indiquer combien de fourneaux on devrait établir à Lille pour suffire aux besoins de la classe ouvrière , et quel capital exigerait leur fonctionnement , en admettant qu'on en établisse au moins un dans les quatre principaux quartiers de la ville.

Trois prix spéciaux fondés par M. Verkinder,

1° UN PRIX DE 300 FRANCS , auquel la Société industrielle joindra une médaille , sera décerné au mémoire le plus remarquable sur des études intéressant le commerce et l'industrie , faites en Angleterre ou en Allemagne par des hommes appartenant à la région du Nord de la France , et possédant la connaissance de la langue de celle de ces deux contrées qui fera l'objet de leur travail.

2° UN PRIX DE 200 FRANCS , auquel la Société industrielle joindra une médaille , sera décerné au meilleur mémoire présenté sur l'utilité des voyages par les jeunes gens au point de vue de la connaissance des langues , du développement de l'intelligence et du complément de leur instruction.

3° UN PRIX DE 500 FRANCS , auquel la Société industrielle joindra une médaille , sera décerné au lauréat de nos écoles qui aura été jugé digne , par ses succès scolaires , ses aptitudes et sa connaissance première des langues , d'être envoyé en pays étranger pour y traiter des sujets d'études intéressant le commerce et l'industrie , sujets déterminés ou non , et sur lesquels un rapport devra être adressé par lui à la Société industrielle.

Un prix spécial offert par M. H. Laurand.

UN PRIX DE 500 FRANCS, auquel la Société industrielle joindra une médaille, sera décerné à l'auteur de la meilleure étude économique suivante : Statistique des conditions économiques de la France, de l'Angleterre, de la Hollande, de la Russie, de l'Espagne et des Etats-Unis.

Établir cette statistique depuis 25 ans, de cinq ans en cinq ans. Elle comprendra la dette publique, le chiffre des importations et des exportations, les taxes d'entrée et de sortie, celles de navigation et de pêche nationale, de pêche étrangère. Elle donnera les budgets des États avec la nature des dépenses et celle des recettes pour payer ces dépenses. Enfin, elle indiquera, pour les Colonies, le régime qui les a gouvernées et qui les gouverne, leur budget, les impôts d'entrée et de sortie, les bénéfices ou les dépenses qu'elles ont procurés ou qu'elles procurent à leur métropole.

Cette statistique résumera autant que possible et se bornera pour les produits cités, à ceux seulement de premier ordre.

Un prix spécial offert par M. Crespel-Tilloy.

UN PRIX DE 500 FRANCS, auquel la Société industrielle joindra une médaille, sera décerné à l'inventeur d'un système pratique de *piennage mécanique*.

La bague ou pienne doit être formée par un double nœud en arrière et un nœud en avant, de manière à le rendre fixe, et l'opération devra avoir lieu simultanément sur autant d'écheveaux qu'en comportera le dévidoir auquel sera faite l'application du procédé.

OUVRAGES REÇUS PAR LA BIBLIOTHÈQUE.

A. — LIVRES DE FONDS

- N^{OS}
D'ENTRÉE.
92. FAREZ. Rapport sur les engrais chimiques. *Don de l'auteur.*
93. SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS. — Année 1872. *Don de la Société.*
94. KUHLMANN. Les conquêtes de la Science aux prises avec l'impôt. *Don de l'auteur.*
95. SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE LILLE. — Séance solennelle du 28 décembre 1873. *Don de la Société.*
96. Ed. GAND et SÉE. Traité de la coupe des velours de coton. *Don de l'auteur.*
97. WURTZ. Dictionnaire de chimie pure et appliquée. *Acquisition.*
98. STAMMER. Fabrication du sucre. *Id.*
99. Dictionnaire des Arts et Manufactures, 4^e édition. *Id.*
100. Dictionnaire d'Histoire et de Géographie. — BOUILLET. *Id.*
- 101 à 174. Ouvrages appartenant à la Chambre de Commerce et déposés à la bibliothèque à la disposition des Sociétaires (voir la liste B).
201. CLAUDEL. Science de l'Ingénieur, partie théorique. *Acquisition*
202. D^o D^o partie pratique. *Id.*
203. Dictionnaire des Mathématiques appliquées, par SONNET. *Id.*
204. LITTRÉ. Dictionnaire de la langue française. *Id.*
205. VIOLETTE et ARCHAMBAULT. Dictionnaire des Analyses chimiques. *Id.*
206. Dictionnaire du Commerce et de la Navigation. *Id.*
207. H. SIX. Projet d'amortissement de la dette consolidée. *Don de l'auteur*
208. CORENWINDER. Expériences sur la culture des betteraves avec les engrais chimiques. *Id.*
209. D^o De la soude dans les végétaux. *Id.*
210. Aug. LAURENT. La Bière de l'avenir. *Id.*
211. Ém. POLLET. La Comptabilité discrète. *Id.*
212. TRIPIER-DURIEUX. Rendement du Blé dit d'Australie. *Id.*
213. H. BERNARD. Lettre au Ministre, à propos de l'impôt à la consommation (Question des sucres). *Id.*
- 214, 215. CORENWINDER. Bulletin des analyses pour l'Agriculture, N^{OS} 40 à 100. *Id.*
216. RUMPF, MOTHE et UNVERSAGT. Dictionnaire technologique en trois langues. *Acquisition.*
217. A. RENOARD. Étude sur le travail des lins. *Don de l'auteur.*
218. Tarif général des Chemins de fer, grande et petite vitesse, avril 1874. *Acquisition.*

B. — OUVRAGES DÉPOSÉS PAR LA CHAMBRE DE COMMERCE.

101. Code des Douanes de France
102. Dictionnaire de la Législation des Douanes.
103. Archives de la Chambre de Commerce de Lille.
104. Enquête sur la situation des principales industries de la circonscription de la Chambre de Commerce de Lille.
105. Considérations sur la situation industrielle et commerciale (1867).
106. Catalogue de la bibliothèque de la Chambre de Commerce de Boulogne.
107. Vœux des Conseils généraux des départements.
108. DELAMARRE. Transports par canaux.
109. Historique des traités de 1860.
110. Enquêtes sur le traité avec l'Angleterre, rapports officiels.
111. Enquête sur les fers (1829).
112. DAMASCHINO. Traité des magasins généraux.
113. LEBAUDY. Magasinage public en France et en Angleterre.
114. Commission des livrets d'ouvriers.
115. DEVINCK. Pratique commerciale.
116. Enquête sur l'Enseignement professionnel.
117. Rapport de la Commission de l'enseignement technique.
118. Programme officiel de l'Enseignement secondaire spécial.
119. Enquête sur les Chemins de fer.
120. MINARD. Du libre échange avec l'Angleterre.
121. LAVOLLÉE. Les Chemins de fer en France.
122. Enquête du Parlement d'Angleterre pour constater les progrès de l'Industrie en France (1825).
123. J.-B. SAY. Cours complet d'économie politique.
124. D^o OEuvres diverses.
125. D^o Traité d'économie politique.
126. RICCARDO. OEuvres complètes.
127. LIST. Économie politique.
128. MALTHUS. Principes d'économie politique.
129. TURGOT. OEuvres.
130. A. SMITH. Richesse des nations.
131. FRÉGIA. Classes dangereuses de la population.
132. AUDIGANE. Les populations ouvrières de la France.

133. MALTHUS. Principe de population.
 134. AUDIGANE. L'Industrie contemporaine.
 135. MESNIL-MARIGNY. Le rôle de l'Industrie française.
 136. GOURAUD. Histoire de la politique commerciale de la France.
 137. RICHELLOT. Histoire de la réforme commerciale en Angleterre.
 138. LEQUIEN. Du Libre Échange.
 139. DUPUIT. La Liberté commerciale.
 140. INGLAR. Les Crises commerciales.
 141. LEGOYT. Ressources de l'Autriche et de la France.
 142. Bulletins de la Société d'Encouragement.
 - 143 à 151. Rapports des Jurys sur les Expositions universelles de 1851, 1855, 1862, 1867 et 1871.
 152. Projet de loi sur les dessins de fabrique.
 153. Catalogue des Brevets d'invention.
 - 154, 155. Description des machines et procédés spécifiés dans les brevets d'invention.
 156. GAND. Cours de Tissage.
 157. VÉRARD DE S^{te}-ANNE. Chemin de fer entre l'Angleterre et la France.
 158. Bains et lavoirs publics, rapport officiel.
 159. Locomotives de halage, procès-verbaux d'expériences.
 160. Album des Châteaux.
 161. E. DE FREYCINET. Principes de l'assainissement des villes.
 162. D^o Traité d'assainissement industriel.
 163. RONDOT. Notice sur le vert de Chine.
 164. MICHEL. Rapport sur le vert de Chine.
 165. GIRARDIN. Titrage des potasses brutes.
 166. LEMAIRE. Du Coaltar saponiné.
 167. CKIANDI. Réservoirs pour l'emmagasinage du pétrole.
 168. PALAISEAU. Métrologie universelle.
 169. PONCTON. Métrologie.
 170. Atlas officiel des poids et mesures.
 171. LESTIENNE. Le Cambiste.
 172. TREMBLOIS. Comptes-courants portant intérêts.
 173. D^o Intérêts des capitaux.
 174. MEUGY. Géologie de la Flandre française.
-

C. — PUBLICATIONS PÉRIODIQUES.

De *A* à *G'* Voyez le Bulletin N° 4.

H' Documents statistiques publiés par l'Administration des Douanes.

I' J' K' Voyez les ouvrages déposés par la Chambre de commerce, N^{os} 142,
153, 154 et 155.

L' Société Industrielle de Mulhouse.

M' Société des Sciences de Lille.

N' Société Industrielle d'Amiens.

O' Société Industrielle de Mulhouse. (Procès-verbaux détachés

P' Société Industrielle d'Amiens D^o.

Q' Société d'Agriculture, Sciences et Arts de Douai.

SUPPLÉMENT A LA LISTE GÉNÉRALE DES SOCIÉTAIRES.

Sociétaires nouveaux

Inscrits du 1^{er} janvier au 31 mars 1874.

ALGLAVE.....	Professeur de droit adminis- tratif	Douai.....	C
BOUDIER	Constructeur-mécanicien . .	Rouen	G
LEMAÎTRE (Ch.).....	Fabricant de toiles.....	Lille.....	F
LEFEBVRE-DESURMONT (P.)	Fabricant de céruse.....	Lille.....	A
LELOIR (H.)	Filateur.....	Lille.....	F
MOURMANT-WACKERNIE...	Filateur.....	Lille.....	F
MILLE (A.)	Inspecteur général des Ponts- et-Chaussées	Paris	G
TERQUEM.....	Professeur de Physique à la Faculté des Sciences.....	Lille.....	A
TULPIN (Fr.)	Constructeur-mécanicien	Rouen	G
WIART.....	Chimiste de la M ^{on} Wallerand, Wiart et C ^{ie}	Cambrai.	A

TABLE GÉNÉRALE

PAR ORDRE DE MATIÈRES.

	pages
1 ^{re} PARTIE. — TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ.	4
Assemblée générale du 27 janvier 1874	4
— du 24 février	9
— du 24 mars	12
Séance extraordinaire du 14 mars. — Procès-verbal	12
2 ^e PARTIE. — TRAVAUX DES COMITÉS.	17
Comité du Génie civil, des Arts mécaniques et de la Construction.	17
Séance du 12 janvier	17
— du 9 février	18
— du 9 mars.	19
Comité de la filature et du tissage	22
Séance du 11 février.	22
— du 11 mars	22
Comité des Arts chimiques et agronomiques.	24
Séance du 13 janvier.	24
— du 10 février.	24
— du 19 mars	25
Comité du Commerce et de la Banque.	26
Séance du 19 janvier.	26
— du 16 février.	26
— du 16 mars	27
Comité d'utilité publique	28
Séance du 22 janvier.	28
— du 27 mars	28
3 ^e PARTIE. — TRAVAUX ET MÉMOIRES PRÉSENTÉS A LA SOCIÉTÉ.	30

	pages
Expériences sur la culture des betteraves à l'aide des engrais chimiques, <i>par</i> M. CORENWINDER	(1) 4
Cités ouvrières. — Mémoire couronné au concours de 1873, <i>par</i> M. DEBUISSON	30
Maisons d'ouvriers. — Mémoire couronné au concours de 1873, <i>par</i> M. DELANOYE	37
Étude sur le peignage mécanique du lin. — Mémoire couronné au concours de 1873, <i>par</i> M. Alfred RENOARD	44
Appareil de sauvetage en cas d'incendie. — <i>Rapport présenté par</i> M. VANDENBERGH	87
Étalon monétaire. — Rapport de la Commission du Comité du Commerce, <i>par</i> M. NEUT	93
Dunkerque, son état présent, son avenir. — <i>Rapport présenté par</i> M. BONTE	98
Étude sur le gisement de la houille dans le Nord de la France, <i>par</i> M. GOSSELET	102
Planimètre polaire d'Amsler. — Théorie démonstrative, <i>par</i> M. A. THOMAS	125
Recherches expérimentales et analytiques sur les machines à vapeur, <i>par</i> M. G. LELOUTRE (suite)	157
4^e PARTIE. — SUPPLÉMENT	227
Lettre de M. Kuhlmann, président de la Société, à M. le Maire de Lille, au sujet de l'établissement projeté d'une taxe sur les prises d'eaux industrielles dans les canaux	227
Rapport annuel du Trésorier :	
A. Compte de 1873	234
B. Projet de budget pour 1874	232
Bibliothèque et salon de lecture. — Règlement	233
Concours de 1874. — Programme des prix	238
Ouvrages reçus par la bibliothèque	246
A. Livres de fonds	246
B. Ouvrages déposés par la Chambre de Commerce	247
C. Publications périodiques	249
Supplément à la liste générale des Sociétaires. — Sociétaires nouveaux	250
Table générale par ordre de matières	25

(1) Ce travail, bien qu'appartenant à la 3^e partie, ayant été reproduit *in extenso* dans le procès-verbal de la séance du 27 janvier, le lecteur le trouvera dans ce procès-verbal, page 4.

