

Titre : Congrès international de mécanique appliquée tenu à Paris du 16 au 21 septembre 1889.

Procès-verbaux sommaires

Auteur : Exposition universelle. 1889. Paris

Mots-clés : Exposition universelle (1889 ; Paris) ; Mécanique appliquée*Congrès

Description : 1 vol. (49 p.) ; 24 cm

Adresse : Paris : Imprimerie nationale, 1889

Cote de l'exemplaire : CNAM 8 Xae 331-15

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?8XAE331.15>

11° 15.

MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE
ET DES COLONIES.

8° 2a 331-15

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1889.

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'EXPLOITATION.

CONGRÈS INTERNATIONAL
DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE,

TENU À PARIS DU 16 AU 21 SEPTEMBRE 1889.

PROCÈS-VERBAUX SOMMAIRES

PAR M. A. TRESCA,
SECRÉTAIRE DU CONGRÈS.



PARIS.

IMPRIMERIE NATIONALE.

M DCCG LXXXIX.

MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE
ET DES COLONIES.

8° 2ae 33-15

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1889.

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'EXPLOITATION.

CONGRÈS INTERNATIONAL
DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE,

TENU À PARIS DU 16 AU 21 SEPTEMBRE 1889.

PROCÈS-VERBAUX SOMMAIRES

PAR M. A. TRESCA,
SECRÉTAIRE DU CONGRÈS.



PARIS.

IMPRIMERIE NATIONALE.

M DCCC LXXXIX.

Un compte rendu détaillé des travaux du Congrès sera publié ultérieurement : il comprendra la liste des membres, le texte des communications, des discussions, etc. qui n'ont pu figurer dans le présent procès-verbal sommaire.

COMITÉ D'ORGANISATION ⁽¹⁾.

PRÉSIDENT.

M. PHILLIPS, membre de l'Institut, inspecteur général des mines en retraite.

VICE-PRÉSIDENTS.

MM. GOTTSCHALK, membre du Comité consultatif des chemins de fer, ancien président de la Société des ingénieurs civils.

FARGOT (J.), ingénieur-constructeur, ancien président de la Société des ingénieurs civils.

SECRÉTAIRES.

MM. TRESCA (Alfred), professeur à l'École centrale, membre du Conseil de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.

NANSOUTY (Max DE), rédacteur en chef du *Génie civil*.

BOUDENOOT (Louis), ingénieur civil des mines, membre du Comité de la Société des ingénieurs civils.

MEMBRES DU COMITÉ.

MM.

ARMENGAUD (J.), ingénieur-conseil en matière de brevets d'invention.

BADOIS, ingénieur hydraulicien, constructeur de machines.

BAUDRY (Charles), ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction aux chemins de fer P.-L.-M.

BARBA, ingénieur en chef des ateliers de construction du Creusot.

CLÉRAULT, ingénieur en chef des mines, ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'Ouest.

COLLIGNON, ingénieur en chef des ponts et chaussées, inspecteur de l'École des ponts et chaussées.

COMBEROUSSE (DE), professeur à l'École centrale, ancien président de la Société des ingénieurs civils.

CORNUT, ingénieur en chef de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France.

DEBIZE, ingénieur en chef des manufactures de l'État.

DELAUNAY-BELLEVILLE, ingénieur-constructeur, membre de la Commission centrale des machines à vapeur.

HATON DE LA GOUPILLIÈRE, membre de l'Institut, inspecteur général des mines, directeur de l'École nationale des mines.

HIRSCH, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'École des ponts et chaussées.

⁽¹⁾ Le Comité d'organisation a été constitué par arrêtés ministériels en date des 24 décembre 1888 et 1^{er} mars 1889. Il a constitué son bureau dans sa séance du 10 janvier 1889.

MM.

- LÉVY (Michel), ingénieur en chef des mines.
MALLET (Anatole), ingénieur, membre du Comité de la Société des ingénieurs civils.
MIGNON, ingénieur, ancien constructeur de machines.
PÉRISSÉ, ingénieur, vice-président de la Société des ingénieurs civils.
POLONCEAU, ingénieur en chef du matériel et de la traction du chemin de fer d'Orléans, vice-président de la Société des ingénieurs civils.
RICHARD, ingénieur civil des mines, directeur de la Société des constructions mécaniques spéciales.
RICHEMOND, ingénieur, administrateur de la Société de construction de machines de Pantin.
RICOUR, ingénieur en chef des ponts et chaussées.
SIMON (Édouard), ingénieur, membre du Conseil de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.
VIGREUX, ingénieur hydraulicien, professeur à l'École centrale.

COMITÉ DE PATRONAGE.

France.

- MM. LAUSSEDAT (le colonel), directeur du Conservatoire des arts et métiers, membre du Conseil supérieur de l'enseignement technique.
LÉVY (Maurice), membre de l'Institut, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur au Collège de France.
RÉSAL, membre de l'Institut, ingénieur en chef des mines, professeur de mécanique à l'École polytechnique.
HATON DE LA GOUPIILLIÈRE, membre de l'Institut, président de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.
EIFFEL, ingénieur, président de la Société des ingénieurs civils.
MATHIEU, ancien ingénieur en chef des ateliers de construction du Creusot.

Alsace-Lorraine.

- MM. HIRN, membre correspondant de l'Institut de France, à Colmar.
le Président de la Société industrielle de Mulhouse.

Angleterre.

- MM. BRANWELL (Baronnet), ancien président de l'*Institution of civil engineers*.
ANDERSON (William), *civil engineer, Erith, Kent*.
WEBB, ingénieur en chef du matériel et de la traction du *London and North Western Railway*.
JOULE (James Prescott), membre correspondant de l'Institut de France, à Manchester.

- MM. GALTON (le capitaine Douglas), à Londres.
BAKER (Benjamin), ingénieur du pont du Forth.
HUMPHRYS (Robert H.), ingénieur de la firme Humphrys Tennant and Co.
HARTLEY WICKSTEED, ingénieur de la firme Joshua Buckton and Co.
MARSHALL (Henry, D.), ingénieur mécanicien, Britannia Iron Works.
le Président de l'*Institution of civil engineers*.
le Président de l'*Institution of mechanical engineers*.
le Président de l'*Iron and Steel Institute*.

Autriche.

- MM. PFAFF, ingénieur-constructeur, délégué à l'Exposition de 1878.
GRIMBURG (von), conseiller aulique, ancien professeur de mécanique à l'École polytechnique de Vienne.
RADINGER (Johann), professeur de mécanique appliquée à l'École polytechnique de Vienne.
le Président de l'*österreichischen Ingenieur und Architekten-Vereins*.

Hongrie.

- M. le Président de la Société des ingénieurs hongrois à Buda-Pest.

Belgique.

- MM. BELPAIRE, administrateur des chemins de fer de l'État belge, à Bruxelles.
KRAFT, ingénieur en chef de la Société Cockerill, à Seraing.
DWELSHAUVERS-DERY, professeur de mécanique appliquée à l'Université de Liège.
BOULVIN, ingénieur honoraire des ponts et chaussées, professeur du cours de machines à l'Université de Gand.
le Président de l'Association des ingénieurs sortis de l'École de Liège.
le Président de l'Association des ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand.
le Président de l'Union des ingénieurs sortis des écoles spéciales de Louvain.

Espagne.

- M. le Président de l'Association nationale des ingénieurs industriels, à Madrid.

États-Unis d'Amérique.

- MM. GRIMSHAW, ingénieur civil, à Philadelphie.
THURSTON, directeur du *Sibley college of Cornell university*, à Ithaca (New-York).
EGLESTON, professeur doyen de l'École des mines, Columbia College.
le Président de l'*American society of civil engineers*.
le Président de l'*American institute of mechanical engineers*.

Hollande.

- MM. BOSSCHA, directeur de l'École polytechnique de Delft.
le Président de la Société des ingénieurs hollandais.

Italie.

MM. MENABREA (Le général comte), ambassadeur d'Italie, membre correspondant de l'Institut de France.

FERRANTE (Giovanni Batista), président de la Société des ingénieurs et architectes de Turin.

PINI (Giovanni), vice-président de la Société des ingénieurs et architectes de Florence.

Portugal.

M. le Président de la Société des ingénieurs portugais, à Lisbonne.

Russie.

MM. NICOLAS PETROFF, général-lieutenant, professeur de mécanique appliquée à l'Académie des ingénieurs militaires.

NICOLAS BELELUBSKY, conseiller d'État actuel, professeur de mécanique appliquée à l'Institut des ingénieurs des voies de communication.

KERBEDZ (DE), conseiller privé actuel, membre de la Société polytechnique impériale de Russie, membre honoraire de l'Académie des sciences de Saint-Petersbourg.

Suède et Norvège.

MM. ALMGREEN, directeur des chemins de fer de l'État suédois, à Stockholm.

JENSEN, professeur à l'École technique de Trondjen, Norvège.

le Président d'*Ingeniors foreningens forhandligar*, à Stockholm.

Suisse.

MM. COLLADON, membre correspondant de l'Institut de France, ingénieur, à Genève.

le Président de la Société vaudoise des ingénieurs et architectes, à Lausanne.

CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE,

TENU À PARIS DU 16 AU 21 SEPTEMBRE 1889.

Les séances du Congrès ont eu lieu au Conservatoire des arts et métiers : il y a eu sept séances générales et des séances spéciales pour chacune des trois sections, entre lesquelles avaient été répartis les travaux.

Le nombre des membres du Congrès s'est élevé à 335, savoir : 241 Français, 3 Alsaciens, 36 Belges, 10 Russes, 11 Italiens, 8 Autrichiens et Hongrois, 7 Anglais, 6 Hollandais, 5 Espagnols, 3 Suisses et 1 Américain. Douze gouvernements étrangers se sont fait représenter par des délégués, savoir : les États-Unis d'Amérique, la République Argentine, la Belgique, le Brésil, le Chili, la République Dominicaine, l'Espagne, l'Italie, le Japon, le Mexique, le Paraguay, la République de San Salvador.

Des rapports imprimés préparés sur les questions à l'ordre du jour du programme avaient été distribués aux membres du Congrès, avant l'ouverture des séances.

PROCÈS-VERBAUX SOMMAIRES.

I. Séance du 16 septembre (matin).

PRÉSIDENCE DE M. PHILLIPS, PRÉSIDENT DU COMITÉ D'ORGANISATION.

M. LE PRÉSIDENT DU COMITÉ D'ORGANISATION souhaite la bienvenue aux membres du Congrès et fait un résumé des travaux dont ils auront à s'occuper, en indiquant les différents documents préparés par le Comité d'organisation pour faciliter l'étude des différentes questions soumises au Congrès.

Il invite le Congrès à nommer un bureau.

M. MALLET propose de désigner comme membres du bureau du Congrès les membres du bureau du Comité d'organisation.

Le Congrès désigne comme président M. PHILLIPS.

Après un certain nombre d'observations présentées par MM. BADOIS, BOUDENOTT, CORNUT et GOTTSCHALK, la réunion décide que : MM. GOTTSCHALK, FARCOT (Joseph) et POLONCEAU (France), RADINGER (Autriche), KRAFT (Belgique) et ALMGREEN (Suède et Norvège) sont désignés comme vice-présidents du Congrès, et MM. DE COMBEROUSSE, HATON DE LA GOUPILLIÈRE et HIRSCH (France), HIRN (Alsace-Lorraine), BRAMWELL, COCHRANE et DOUGLAS GALTON (Grande-

Bretagne), le général DE MENABREA (Italie), PETROFF et BELELUBSKY (Russie), MICHAËLIS (Pays-Bas) sont nommés vice-présidents honoraires.

En ce qui concerne les secrétaires, le Congrès, sur les indications de M. le Président, désigne comme secrétaires : MM. TRESKA (Alfred), DE NANSOUTY et BOUDENOOT, secrétaires de la Commission d'organisation, ainsi que MM. ANTHONI, COMPÈRE, DUJARDIN-BEAUMETZ, GOUILLY, LATTÈS, MARIÉ, PINGET, DE RIBES et VALLOT. MM. DUJARDIN-BEAUMETZ et DE RIBES s'excusent de ne pouvoir accepter ces fonctions.

M. LE PRÉSIDENT demande à MM. les membres du Congrès de vouloir bien se répartir en trois sections, et les invite à se réunir dans les locaux préparés à cet effet, nommer leurs bureaux, et commencer l'examen des questions qui leur sont soumises.

La séance est levée à 10 heures et demie.

II. Séance du 16 septembre (soir).

PRÉSIDENCE DE M. E. PHILLIPS.

Le Congrès se réunit à 1 heure et demie.

M. LE PRÉSIDENT invite les vice-présidents désignés par le Congrès à prendre place au bureau.

MM. GOTTSCHALK, RADINGER et KRAFT se rendent à cette invitation.

M. LE SECRÉTAIRE indique la composition des bureaux des sections :

PREMIÈRE SECTION. — *Président* : M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE; — *Vice-présidents* : MM. GOTTSCHALK et POLONCEAU; — *Secrétaires* : MM. BOYER, CASALONGA et LATTÈS.

DEUXIÈME SECTION. — *Président* : M. SAUVAGE; — *Vice-présidents* : MM. BELELUBSKY et BOUR; — *Secrétaires* : MM. MARIÉ, PINGET et SWILOKOSSITCH.

TROISIÈME SECTION. — *Président* : M. HIRSCH; — *Vice-présidents* : MM. RICHARD et VAN ZUYLEN; — *Secrétaires* : MM. BRANCHER, DIESEL, DE NANSOUTY et TRESKA.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Alf. Tresca au sujet de son rapport sur l'unification du cheval-vapeur.

M. TRESKA résume les conclusions de son rapport en ce qui concerne l'unité adoptée et le choix qu'il y a lieu de faire entre les deux dénominations, cheval indiqué et cheval mesuré sur l'arbre.

Il indique les raisons qui, suivant lui, militent en faveur de la dénomination de cheval indiqué, dont l'évaluation peut se faire aussi facilement quel que soit le genre ou la puissance du moteur que l'on a à étudier.

M. BOUR demande la parole pour faire remarquer que la puissance d'une machine évaluée en chevaux mesurés sur l'arbre est la seule qui intéresse directement l'industriel. Il est donc nécessaire de dire que, toutes les fois qu'aucune clause contraire ne se trouve indiquée, le cheval doit être compris comme mesuré sur l'arbre.

M. STAFFER rappelle que dans certaines machines, les moteurs à gaz par exemple, on remarque une différence considérable entre la mesure du travail indiqué et celle du travail développé sur l'arbre, et que pour cette raison, et pour cette classe de machines, on a l'habitude d'en faire l'essai au frein.

Il préfère, en général, l'appréciation de la puissance d'une machine en chevaux indiqués, avec mention du rapport de ceux-ci à ceux résultant de la mesure du travail développé sur l'arbre, c'est-à-dire du rendement de la machine.

M. ROLLAND demande la suppression de l'expression « cheval nominal » qui ne représente, dans l'idée des constructeurs, qu'un numéro de machine. En ce qui concerne l'évaluation du travail que peut réellement développer un moteur, l'essai au frein doit être toujours complété par un essai à l'indicateur de pression.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que l'évaluation du travail indiqué peut se faire de la même manière, quelle que soit la nature du moteur à expérimenter. Il n'en est pas de même du travail mesuré sur l'arbre.

M. TRESCA rappelle ce qu'il a dit à ce sujet dans son rapport.

M. PÉRISSÉ appuie les conclusions de M. le rapporteur; les essais à l'indicateur donneront toujours des renseignements d'une grande netteté, en ce qui concerne l'appréciation du travail de la machine dans des conditions d'admission données. Il n'en est pas de même d'un essai au frein.

M. BOULVIN fait observer qu'il est impossible de déterminer la puissance effective des moteurs très importants, et que ce qu'il y a de plus pratique consiste à prescrire la puissance en chevaux indiqués, en ajoutant que la machine tournant à vide n'absorbera qu'un certain nombre de chevaux indiqués; il est à remarquer que la différence des diagrammes en charge et à vide ne donne pas la puissance en chevaux effectifs, bien qu'elle s'en rapproche; dans l'état actuel des moyens de mesure, la détermination de la puissance en chevaux indiqués ne peut être abandonnée.

M. ROY est aussi de l'avis que les essais à l'indicateur donnent des renseignements précieux au point de vue des conditions de la distribution que ne peut fournir un simple essai au frein.

M. HANARTE dit que ces renseignements ne sont certains que si l'on a soin d'opérer, à la fois, sur les deux chambres des différents cylindres composant le moteur.

M. CASALONGA pense qu'il serait désirable d'adopter pour le cheval-vapeur la valeur de 100 kilogrammètres par seconde, cette unité étant plus conforme au système métrique dont l'usage tend à se généraliser de plus en plus. En ce qui concerne la détermination de la puissance d'une machine, il pense que cette puissance doit être exprimée en chevaux effectifs. Le frein ne peut être, il est vrai, appliqué aux grands appareils, du moins jusqu'à présent, bien que des tentatives se fassent actuellement dans ce sens.

A défaut d'une expérience directe au frein, complétée par le relevé des diagrammes, il propose de déterminer le travail effectif par le diagramme à pleine charge diminué du diagramme de la marche sans charge, le résultat étant lui-même diminué d'un certain déchet provenant de ce que la partie de

chaleur contenue dans la vapeur, partie qui pouvait se transformer en travail, n'a pu se transformer entièrement. Ce déchet est d'autant plus grand que la pression est haute et la détente prolongée dans un même cylindre.

M. HOSPITALIER appuie la proposition de M. Casalonga en ce qui concerne le cheval de 100 kilogrammètres par seconde; mais il voudrait supprimer la dénomination de «cheval-vapeur» pour la remplacer par celle de «cheval métrique». Il fait remarquer que l'unité de travail, le kilogrammètre, n'a pas une valeur immuable et qu'elle est différente pour les différents points du globe.

M. LE PRÉSIDENT met aux voix la suppression de l'expression «cheval nominal».

Cette suppression est votée par le Congrès.

Il met ensuite aux voix une proposition de M. PÉRISSE, amendée par MM. BOUDENOOT et DELAUNAY-BELLEVILLE.

Cette proposition est ainsi conçue :

Attendu qu'il est très souvent difficile ou impossible de déterminer la puissance d'une machine en chevaux effectifs, mesurés au frein; attendu que les essais à l'indicateur permettent de déterminer, avec une approximation suffisante, en pratique, la puissance d'une machine à vapeur à vide et en charge.

Le Congrès émet le vœu que l'on admette de préférence l'expression de la puissance en chevaux indiqués de 75 kilogrammètres par seconde.

Cette proposition est adoptée par le Congrès.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Boudenoot au sujet de son rapport sur la question de la transmission à distance et distribution du travail par les procédés autres que l'électricité (eau, air, câbles, etc.).

M. BOUDENOOT fait remarquer que ces différents agents de transport de travail peuvent servir au transport du travail seul, du travail et de la lumière, ou encore du travail, de la lumière et de la chaleur; tel est le cas du gaz d'éclairage. Il passe en revue les différents modes de transmission de travail, gaz, vapeur, eau surchauffée, eau sous pression, air, câbles téléodynamiques, et entre dans de plus grands détails sur l'installation de l'usine de transmission de travail par l'air raréfié.

En terminant, il invite les membres du Congrès à se rendre, à l'issue de la séance, à l'usine de la rue Beaubourg qui dessert les installations ouvrières environnantes.

M. HANARTE demande quelques explications au sujet des appareils de contrôle employés, compteurs et pneumographes, et voudrait faire une observation au sujet de la formule ordinairement adoptée pour le calcul du débit d'une conduite d'air comprimé ou raréfié.

M. BOUDENOOT répond que l'on corrige cette formule en adoptant un coefficient α variant avec la densité du fluide. Il ajoute que le meilleur procédé de calcul est celui du sectionnement hypothétique de la conduite en tronçons d'assez faible longueur.

Sur une demande de M. le Président, M. Boudenoot ajoute que, dans l'application de la rue Beaubourg, la différence de pression entre deux points extrêmes de la conduite s'élève à 8 à 10 p. 100 de la pression mesurée à l'indicateur du vide situé près de la machine motrice.

M. BUTTICAZ croit devoir faire remarquer que l'eau sous pression peut être, à l'égal des autres modes de transports, considérée à deux points de vue différents : le transport du travail d'une part, la distribution de l'eau de l'autre.

M. BOUDENOOT répond qu'il n'a pas envisagé ce point de vue de la question, son but étant seulement de s'occuper des différents modes de transport de l'énergie.

Avant de lever la séance, M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. ANTHONI, qui invite les membres du Congrès à visiter, rue du Faubourg-Saint-Martin, 31, une de ses installations de moteur à vapeur sur fondations élastiques.

La séance est levée à 4 heures un quart.

III. Séance du 17 septembre 1889.

PRÉSIDENCE DE M. PHILLIPS.

M. LE SECRÉTAIRE donne lecture des procès-verbaux des deux séances du 16 septembre.

A l'occasion du procès-verbal, M. SOLIGNAC demande à présenter quelques observations au sujet du rapport de M. Boudenoot communiqué dans la précédente séance.

Ces observations seront comprises dans la note qu'il doit présenter à la troisième section du Congrès dans l'une de ses prochaines séances.

M. PHILLIPS fait sa communication sur les mesures d'élasticité.

Ce travail est composé de deux parties distinctes.

Dans la première, l'auteur décrit une méthode pour la détermination du coefficient d'élasticité et de la limite des allongements permanents des corps métalliques.

Cette méthode est basée sur la théorie du spiral réglant des chronomètres et des montres.

Elle consiste à former le spiral d'un fil, de section circulaire ou de toute autre forme, de la matière que l'on veut expérimenter, à le relier à un balancier et à faire osciller le système, ou encore considérer le système au repos et le faire sortir de sa position d'équilibre, au moyen d'une action extérieure, facilement mesurable.

M. Phillips indique les formules que l'on doit employer pour obtenir dans les deux modes d'expérimentation soit le coefficient d'élasticité, soit la limite d'élasticité parfaite.

La seconde partie est relative à l'emploi de modèles pour déterminer expérimentalement les conditions de résistance des solides élastiques.

M. Phillips fait remarquer que, dans de nombreuses circonstances, il est impossible de déduire, de la théorie mathématique de l'élasticité, les conditions d'équilibre des solides élastiques de formes compliquées, et qu'il est utile de chercher comment l'expérience peut suppléer à la théorie.

En adoptant des modèles réduits des solides à construire et en les soumet-

tant à l'action de forces connues, on peut en déduire les dimensions que les pièces définitives doivent avoir.

M. PHILLIPS indique les formules que l'on doit employer et en fait l'application à l'étude des conditions de résistance du pont Britannia à l'aide de modèles réduits au 50°.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. Cornut pour qu'il donne communication de son rapport sur les essais de matériaux.

M. CORNUT passe d'abord en revue les méthodes d'essais à la traction en rappelant les expériences faites par MM. Adamson et Considère au point de vue de la différence entre la charge maximum de résistance et la charge de rupture.

Il s'occupe ensuite de l'erreur commise en exprimant la charge maximum de résistance en kilogrammes par millimètre carré de la section primitive.

M. Cornut parle de l'influence de la striction au point de vue de l'allongement de la barre et des différentes méthodes employées pour indiquer par des chiffres cette influence de la striction.

Il examine ensuite l'influence de la forme des éprouvettes, leurs longueurs adoptées dans les différents services ou administrations; il conclut en faisant remarquer qu'il y aurait un intérêt considérable à uniformiser les méthodes d'essais.

M. Cornut propose à l'assemblée le vœu suivant qui est adopté à l'unanimité :

Les membres du Congrès de mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que le Gouvernement français prenne, auprès des Gouvernements étrangers, l'initiative de la réunion d'une Commission internationale ayant pour mission de choisir les unités communes destinées à exprimer les différents résultats des essais de matériaux, et d'introduire une certaine uniformité dans les méthodes d'essais.

Ce vœu sera transmis aussitôt que possible à M. le Président du Conseil, Ministre du commerce et de l'industrie et à M. le Ministre des travaux publics.

M. CORNUT appelle ensuite l'attention du Congrès sur la nécessité qu'il y aurait d'installer des laboratoires d'essais de mécanique appliquée ayant un caractère officiel ou privé.

Il croit que les institutions de cette nature, n'ayant aucune attache officielle rendraient de plus grands services à l'industrie.

M. Cornut fait l'historique des différents établissements de ce genre établis déjà et voudrait que le Congrès émit un vœu en faveur de la création d'établissements analogues.

M. HIRSCH demande à faire une rectification concernant le laboratoire de mécanique du Conservatoire national des arts et métiers étudié et installé par les soins de M. H. Tresca, dès 1854.

Après une discussion à laquelle prennent part MM. BADOIS, BELELUBSKY, CORNUT, HIRSCH, POLONCEAU, SVILOKOSSITCH et A. TRESCA, le vœu suivant, présenté par M. GOTTSCHALK, est adopté par le Congrès :

Le Congrès international de mécanique appliquée émet le vœu qu'il y a lieu d'encourager, par tous les moyens possibles, la création et l'extension de laboratoires

d'essais de matériaux et de machines, aussi bien dans les grandes Écoles du Gouvernement, dans les grandes administrations gouvernementales ou privées, que dans les établissements d'utilité publique, tels, par exemple, que le Conservatoire des arts et métiers.

La séance est levée à midi un quart.

IV. Séance du 18 septembre 1889.

PRÉSIDENCE DE M. KRAFT, VICE-PRÉSIDENT.

M. LE PRÉSIDENT remercie l'assemblée de l'honneur qu'elle lui a fait en lui permettant de présider une de ses séances.

M. LE SECRÉTAIRE donne lecture du procès-verbal de la séance du 17 septembre.

Ce procès-verbal est adopté.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Hirsch.

M. HIRSCH résume les considérations présentées dans son rapport sur les machines thermiques autres que les machines à vapeur d'eau.

Il compare le rendement des machines à vapeur à celui des machines à gaz et montre que ces dernières ont un rendement thermique supérieur à celui des machines à vapeur.

Pour ces dernières, le rendement atteint 7 à 8 p. 100 seulement. La plus grande partie de la chaleur est absorbée au condenseur.

En considérant que la machine à vapeur peut consommer un kilogramme de bonne houille par cheval et par heure, que la machine à gaz consomme un mètre cube de gaz dans les mêmes conditions, la comparaison des 8,500 calories développées par un kilogramme de houille aux 5,300 calories développées par un mètre cube de gaz conduit à cette conclusion que la machine à gaz consomme un tiers de chaleur en moins que la machine à vapeur.

M. Hirsch en indique les causes. La machine à vapeur est un appareil plus compliqué exigeant chaudière, tuyauterie, cylindres, etc., tandis que, dans la machine à gaz, la combustion s'effectue dans le cylindre lui-même.

Il ajoute que la machine à gaz est d'invention beaucoup plus récente, un quart de siècle seulement, et que cet appareil encore imparfait a un rendement thermique considérable.

M. HIRSCH donne quelques notions de thermodynamique pour expliquer ces rendements supérieurs.

L'augmentation de la pression et par suite de la température, dans les machines à vapeur, est forcément limitée.

Au contraire on atteint au moment de l'explosion, dans les machines à gaz, de 1,300 à 1,400 degrés.

M. Hirsch fait encore remarquer que d'autres éléments sont encore à considérer.

Le prix du combustible, le fonctionnement régulier et pratique du moteur,

son volume quelquefois très encombrant, son poids, les conditions de l'alimentation. Il fait encore remarquer, en terminant ces considérations générales, que, dans l'état actuel des choses, ce sont encore des types spéciaux de moteurs à vapeur qui présentent le moindre poids si on le compare à celui d'un moteur à gaz de même puissance qui ne demande pas pourtant de chaudière.

M. le rapporteur passe successivement en revue :

Les machines à vapeur surchauffée par action directe du combustible ou par mélange de vapeurs à températures différentes;

Les machines à vapeur combinées, dont le type est l'ancienne machine du Tremblay;

Les machines à air chaud avec ou sans emploi de régénérateurs, dont il indique les difficultés de construction que la pratique a reconnues.

M. Hirsch groupe les machines à air chaud en plusieurs classes :

- 1° Celles dans lesquelles le chauffage de l'air se produit extérieurement;
- 2° Celles dans lesquelles la combustion se fait directement à l'intérieur de la machine.

Il s'occupe ensuite de l'emploi des combustibles solides ou gazeux et fait remarquer que l'emploi des gazogènes se prête difficilement à des variations de puissance ou d'allure du moteur.

M. le Rapporteur parle ensuite des machines à combustible liquide en indiquant que ces combustibles peuvent produire une très grande quantité de chaleur : le pétrole, par exemple, peut produire 10,000 calories par kilogramme.

Il divise ces machines à pétrole en deux catégories :

- 1° Celles dans lesquelles on se sert d'essence de pétrole ou gazoline, produit dangereux, pour carburer l'air;
- 2° Celles dans lesquelles le pétrole est vaporisé par portions à chaque coup de piston de la machine.

Il s'occupe ensuite des machines à combustibles gazeux, en distinguant entre les machines à combustion continue et celles à explosions, qui sont de beaucoup les plus employées.

L'action des gaz dans ces machines est difficile à analyser et il n'est pas bien certain que l'indicateur de pression puisse donner des résultats exacts à cause des masses en mouvement et de la durée très faible de l'explosion.

M. Hirsch fait remarquer, en terminant, que les pertes par les parois sont considérables, il faut refroidir le cylindre. Pour atténuer, autant que possible, ces pertes par les parois on anime le piston d'une grande vitesse et l'on emploie le mélange détonnant sous une grande pression pour obtenir une détente plus prolongée.

M. le Rapporteur ajoute encore que, dans ces moteurs, les résistances passives sont plus considérables que dans les machines à vapeur, à cause du demi-effet des moteurs à gaz, par rapport aux machines à vapeur à double effet.

M. Annoux désire faire une observation au sujet de ce rapport.

Il fait remarquer que beaucoup d'ingénieurs pensent qu'il y aurait intérêt à réaliser des machines qui s'approchassent autant que possible du cycle de Carnot. Il dit qu'il est facile de démontrer qu'une machine qui réaliserait ce cycle ne transformerait qu'infiniment peu de travail et par conséquent n'aurait

aucune valeur industrielle. En effet, le cycle de Carnot se compose de deux lignes isothermiques et de deux lignes adiabatiques. Si l'on considère une ligne isothermique, il faut que la résistance opposée à la pression du gaz, indépendamment des résistances d'inertie, lui soit presque égale ; on est donc dans des conditions voisines de l'équilibre : il faut en quelque sorte que cette résistance s'accommode, à chaque instant, avec la puissance, de façon à lui être presque égale.

M. Arnoux ajoute qu'une machine qui fonctionnerait dans des conditions voisines de l'équilibre ne transformerait qu'infiniment peu de travail, aurait, en d'autres termes, une puissance de transformation sensiblement nulle ; au point de vue industriel, une pareille machine n'aurait aucune valeur, parce que ce qui fait la valeur industrielle d'une machine, c'est non seulement son rendement, mais encore sa puissance.

M. BOULVIN répond que, dans tout système soumis à des forces, la réaction est égale à l'action, et qu'il est inexact de dire qu'il n'y ait pas de travail produit. Si la résistance utile est inférieure à la pression, l'inertie des masses en mouvement entre en jeu pour rétablir l'équilibre et inversement ; toutes les machines fonctionnant sans chocs sont à cet égard dans les conditions de pression exigées par la réversibilité des cycles.

M. GOUILLY dit que si l'on veut apprécier définitivement une machine, il faut envisager les quatre parties qui la composent essentiellement, savoir : l'appareil où se produit l'énergie, le récepteur, la transmission et les outils. Si l'on veut étudier simplement le rendement thermique, il importe surtout de ne pas séparer les deux premières parties.

Aussi la comparaison des machines à gaz et des machines à vapeur ne peut résulter de ce que, par cheval et par heure, les premières consomment un mètre cube de gaz produisant 5,500 calories et les secondes un kilogramme de charbon produisant 8,300 calories. Dans le second cas, la chaudière absorbe 25 p. 100 de la puissance et de plus une machine à vapeur bien construite et bien conduite peut consommer seulement 800 grammes de charbon ; on peut alors lui attribuer un rendement thermique de 0.13.

M. Gouilly ajoute que le théorème de Carnot est purement géométrique, mais qu'il sert à l'étude de cycles réalisables et donne le rendement idéal qui serait le même pour tous les corps entre des températures extrêmes données.

M. Gouilly fait encore observer qu'il ne faut pas perdre de vue cette dernière partie de la proposition, et qu'il y a lieu de penser que l'écart entre l'idéal et ce que l'on peut réaliser actuellement laisse une large voie aux perfectionnements de la machine à vapeur.

Il ajoute que les difficultés pour augmenter la différence des températures extrêmes sont, dans leur ensemble, les mêmes pour toutes les machines thermiques.

M. CASALONGA, au sujet de l'observation présentée par M. Arnoux, dit que le cycle de Carnot est, ainsi que l'a fort bien dit M. Hirsch, impraticable. Il est de plus très dangereux au point qu'il a pu tromper son auteur lui-même, et d'autres savants après lui.

Dans ce cycle toute la chaleur incorporée est transformée, et c'est ce qui a

fait dire à Carnot que le travail effectué correspondait à la totalité de la chaleur mise en œuvre. Mais cette transformation intégrale ne peut s'effectuer sans le concours d'un travail extérieur ou sans une diminution correspondante des résistances extérieures.

C'est, d'autre part, en se fondant sur ce cycle que certains auteurs ont exprimé l'avis qu'il n'y avait aucune économie à réaliser avec les récupérateurs ou tamiseurs de chaleur. Cependant M. Hirsch, avec beaucoup de raison, indique l'efficacité de ces appareils, efficacité d'ailleurs indiscutable dans tous les cas.

Quant à l'opinion émise par M. Gouilly qu'il est indifférent de considérer tel corps plutôt que tel autre, au point de vue du rendement, lequel est donné par la relation $\frac{t_1 - t_2}{2,73 + t_1}$, opinion qu'il faudrait faire partager par tous les inventeurs, M. Casalonga fait remarquer qu'il serait fâcheux de propager un tel principe ainsi posé.

Carnot a fait preuve de génie en émettant ce principe, mais il le rapportait à sa conception de l'effectuation du travail par la chaleur mise en œuvre sans perte de cette chaleur.

M. Casalonga fait remarquer que dans les évolutions dont les corps sont susceptibles il ne faut pas perdre de vue qu'une partie seule de la chaleur est transformée en travail extérieur, et l'autre est affectée au travail intérieur. La somme de ces deux travaux est la même pour tous les corps, mais la valeur de l'une des parties par rapport à l'autre varie d'un corps à l'autre en suivant les évolutions de ce corps, ainsi que le montre l'expérience de Joule.

M. Casalonga ajoute qu'il est évident, contrairement à l'opinion de M. Gouilly, que le rendement obtenu en travail *externe*, selon la juste définition qu'en donne M. Hirsch, sera avec de l'or et de l'argent, bien différent de celui obtenu, par exemple, avec de l'air.

M. GUILLY demande à faire remarquer que la périodicité est la condition essentielle des machines, de sorte que, quel que soit le cycle, il est parcouru complètement; il n'y a pas de travail intérieur à considérer.

Il ajoute que ce qu'il a dit à propos du cycle de Carnot forme bien le fond de sa pensée et que les constructeurs de machines à vapeur n'ont pas à se décourager.

M. BOULVIN objecte que les cycles qui donneraient une pression trop faible, eu égard aux résistances passives, sont plus désavantageux que les autres, ce qui motive le choix judicieux du fluide et donne une grande importance à la comparaison que l'on fait entre les différentes machines thermiques.

M. CASALONGA, revenant sur de nouvelles considérations émises par M. Gouilly qui, d'après certaines recherches qu'il a faites, penserait augmenter le rendement des machines à vapeur de 10 p. 100, fait remarquer qu'un tel résultat est impossible, à moins que M. Gouilly ne veuille parler de 10 p. 100 des $7 \frac{1}{2}$ indiqués par M. Hirsch, et que M. Casalonga trouve plutôt forts que faibles, si les causes de perte, hormis celle qui résulte du *coefficient économique*, sont exactes. C'est donc une augmentation de 0,7 p. 100 que M. Gouilly penserait réaliser, augmentation que la nature des expériences ne permettrait peut-être pas de préciser.

M. CASALONGA ajoute que, pour lui, la machine à vapeur a été la gloire de Watt, la fortune de la fin du siècle dernier et de celui-ci; mais on peut dire d'elle qu'elle a vécu, et que dans vingt ans on ne la construira plus.

M. HIRSCH demande à faire de courtes observations.

Il tient à constater le chiffre de 800 grammes de consommation par cheval et par heure avancé par M. Gouilly.

Il n'a voulu adopter, dans sa note, que des chiffres courants dans les comparaisons qu'il a voulu présenter.

M. HIRSCH ajoute que M. CASALONGA a dit que, dans la pensée de Carnot, toute la chaleur devait être transformée en travail. Il ne pouvait, à cette époque, songer à cette question d'équivalence du travail et de la chaleur et ce n'est qu'à la fin de sa vie qu'il a pensé à cette transformation.

Il fait encore remarquer que dans les observations qui précèdent il n'a pas été tenu un compte suffisant du rôle du volant dont l'action est prépondérante.

M. BADOIS croit qu'il y a confusion entre le rendement théorique et le rendement industriel et que, notamment dans les machines à gaz, les chocs et les frottements diminuent considérablement le rendement théorique.

Il fait encore remarquer que la machine à vapeur a l'avantage de permettre facilement une modification de puissance par un changement assez rapide de la pression, et que, dans les moteurs à gaz, les modifications ne peuvent porter que sur les résistances, ce qui constitue une infériorité notable du moteur à gaz par rapport aux moteurs à vapeur.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Richard pour sa communication sur la production mécanique et l'utilisation du froid artificiel.

M. RICHARD passe en revue les différents moyens de produire mécaniquement le froid.

Il s'occupe d'abord des machines à air comprimé, le froid étant produit par la détente de cet air.

La détente la plus convenable est de 2.5 et, dans ces conditions, l'énergie calorifique est de 25 calories par mètre cube d'air passé dans la machine.

M. le rapporteur décrit les différentes dispositions de refroidisseurs sécheurs que l'on est obligé d'employer, ainsi que les boîtes à neige que l'on ajoute à ces appareils.

Il fait remarquer qu'on se sert d'un liquide incongelable comme intermédiaire entre l'air détendu et les corps qu'il s'agit de refroidir.

M. le rapporteur passe ensuite aux machines à gaz liquéfié par compression, et entre dans quelques détails sur les conditions de fonctionnement de ces machines. Il parle du régime de saturation ou de surchauffe, en faisant remarquer que le premier est préférable.

Quelques détails de construction sont ensuite indiqués, en ce qui concerne les stuffing-box, et M. Richard décrit la disposition Tellier à deux garnitures et chambre intermédiaire communiquant avec l'aspiration du compresseur, et la disposition Fixary à huile congelée ou maintenue à l'état pâteux par une canalisation d'acide carbonique liquide qui, en se vaporisant, produit un froid suffisant pour amener cette congélation.

M. Richard indique les différents corps employés : l'éther sulfurique, qui

est abandonné maintenant, l'éther méthylique; le chlorure de méthyle; l'acide sulfureux; le gaz ammoniac; l'acide carbonique.

Il entre dans quelques détails sur les machines à acide carbonique, en faisant remarquer, tout d'abord, que ce corps se condense, sous la pression atmosphérique, à -32° , et que le liquide obtenu se vaporise à l'air libre, en produisant un froid de -75° , une partie de la matière se solidifiant sous forme de neige.

M. Richard passe ensuite à l'emploi des liquides binaires et fait remarquer que ce sont MM. Tessié du Motay et Rossi qui ont commencé à employer ces mélanges et que c'est M. Pictet qui a repris la question en se servant de mélanges d'acide carbonique et d'acide sulfureux dans des proportions variables permettant d'obtenir des points d'ébullition variant de -70° à -7° .

M. le rapporteur cite encore les machines à absorption ou à affinité dont la machine Carré est le type.

Il passe ensuite aux applications principales du froid artificiel en mentionnant les industries chimiques, le réglage de la fermentation dans la fabrication de la bière, par exemple, le fonçage des puits et le percement des tunnels, comme à Stockholm, la fabrication de la glace, la production de l'air froid, et, enfin, la conservation des viandes.

Il entre dans quelques détails sur la fabrication de la glace transparente, à l'aide de la vapeur ayant servi à produire la force motrice nécessaire. Enfin M. Richard termine son exposé par la description des moyens à employer pour le refroidissement de l'air et par quelques données sur les températures en usage dans l'industrie de la conservation des viandes.

La séance est levée à midi et demi.

V. Séance du 19 septembre 1889.

PRÉSIDENCE DE M. PHILLIPS.

M. LE SECRÉTAIRE donne lecture du procès-verbal de la séance du 18 septembre.

A propos du procès-verbal, M. ARNOUX demande la permission de développer les idées qu'il a émises dans la séance précédente, à propos du cycle de Carnot. Le cycle de Carnot étant, comme on sait, celui ou plus exactement l'un de ceux qui permettent de réaliser le *rendement maximum*, c'est une opinion généralement répandue qu'il faut s'en rapprocher, autant qu'il est possible, dans les moteurs thermiques industriels.

M. Arnoux fait observer que si la réalisation du *rendement maximum* présente un grand intérêt industriel, il y a une question qui n'est pas moins importante, c'est celle de la *puissance de transformation* dont le moteur considéré est susceptible, et qu'il est bien évident qu'une machine qui réaliserait le rendement maximum, mais qui mettrait un temps infini pour transformer une quantité finie d'énergie, n'aurait aucune valeur industrielle.

Il ajoute que la pratique et l'expérience journalières indiquent que, dans

tout transformateur d'énergie, moteur thermique, hydraulique, électrique, etc., une grande puissance de transformation est incompatible avec le rendement maximum dont l'appareil est susceptible.

M. Arnoux ajoute que Carnot a fait observer que l'on peut comparer, avec assez de justesse, la puissance de la chaleur à celle d'une chute d'eau : toutes deux ont un maximum que l'on ne peut dépasser, quelle que soit, d'une part, la machine employée à recevoir l'action de l'eau, et quelle que soit, de l'autre, la substance employée à recevoir l'action de la chaleur.

Si l'on prend l'exemple analogue et plus simple d'un poids tombant d'une certaine hauteur et attelé à une poulie par un cordon de masse négligeable devant celle du poids, il est facile de voir que si la somme des résistances que M. Arnoux désigne sous le nom de *résistances vives* pour ne pas les confondre avec les *résistances d'inertie*, est *inférieure* à la force motrice, celle-ci sera toujours égale évidemment à la somme des résistances vives et d'inertie d'après le principe de d'Alembert, mais le poids atteindra le sol avec une vitesse et par conséquent une quantité d'énergie qui ne sera pas nulle. Le travail développé par la chute du poids ne pourra être intégralement capté; il y aura un déchet, et ce déchet sera d'autant plus considérable que les *résistances vives* seront comparativement plus petites.

M. Arnoux dit qu'il résulte de là que si l'on veut que l'énergie disponible soit intégralement captée, il faut que la somme des résistances vives soit égale, à un infiniment petit près, au poids moteur. Dans ce cas, le mouvement est infiniment lent, les forces d'inertie n'interviennent plus, et le *rendement* est maximum, mais la *puissance* moyenne transmise est nulle et le système perd toute valeur industrielle.

M. Arnoux fait remarquer que ces considérations s'appliquent identiquement aux molécules d'une masse gazeuse agissant avec une vitesse finie sur un piston; il répète, en terminant, que si un grand rendement est une qualité, une grande puissance de transformation en est une autre qui ne le cède en rien, comme importance, à la première, et que c'est surtout le produit de la puissance spécifique par le rendement qui détermine la valeur véritablement industrielle d'une machine.

Le procès-verbal de la séance du 18 septembre est adopté.

Il est donné lecture d'une lettre de M. HIRSCH, président de la troisième section, demandant à M. le Président de présenter au Congrès un vœu formulé par les membres de cette section.

Ce vœu est ainsi conçu :

Comme suite au vœu exprimé par le Congrès relativement à l'organisation de laboratoires de mécanique, la troisième section recommande, en particulier, l'institution de recherches expérimentales précises sur les propriétés physiques des fluides usités dans les appareils à produire le froid.

MM. HIRSCH et DIESEL demandent au Congrès de vouloir bien émettre un avis favorable.

M. LE PRÉSIDENT soumet ce vœu au vote du Congrès. Il est adopté à l'unanimité.

M. HOSPITALIER propose la nomination d'une commission chargée d'étudier la terminologie de la mécanique.

Le Congrès désigne, pour faire partie de cette commission, MM. BOULVIN, CASALONGA, DE COMBEROUSSE, GOUILLY, HATON DE LA GOUPILLIÈRE, HOSPITALIER et LENCAUCHEZ.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Bour pour sa conférence sur les progrès réalisés par les associations de propriétaires d'appareils à vapeur. Ces associations ont pour but de prévenir les accidents et les explosions des générateurs de vapeur, et de faire réaliser à leurs membres des économies dans la production et l'emploi de la vapeur.

M. Bour fait remarquer que c'est à M. W. Fairbairn que revient l'honneur de la fondation de la première association de ce genre. Elle a été établie en 1855, à Manchester, sous le nom de « *The Manchester steam users Association* ».

Ce n'est qu'en 1867 que l'association alsacienne fut fondée sur le continent, à Mulhouse.

Cet exemple fut suivi, en 1868, par l'association badoise, puis par des nouvelles associations en Allemagne, en Autriche et en Belgique.

L'association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France date de 1873.

Celle de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise, l'association normande et l'association parisienne datent de 1874; l'association lyonnaise, de 1876; l'association de l'Ouest, de 1878; celle du Sud-Ouest, de 1879; l'association du Nord-Est, de 1882; enfin celle du Sud-Est a été créée en 1885.

M. Bour indique que six associations établies en 1878 avaient à surveiller 2,710 chaudières et que ce nombre a augmenté en dix ans de 7,283 chaudières, soit au total 9,993.

M. Bour entre dans quelques détails sur le service des inspecteurs comprenant la visite tant intérieure qu'extérieure de la chaudière, une fois par an, et une autre visite extérieure dans le même laps de temps, cette inspection comprenant encore l'examen de l'état d'entretien de la machine à vapeur.

M. Bour a préparé une série de tableaux qui montrent le nombre et la nature des visites faites pendant l'année par chacune des associations. Il passe ensuite en revue les différentes causes d'explosions et indique, sous forme de tableau, le relevé des explosions qui se sont produites en France, de 1883 à 1887.

Comme exemple de l'utilité incontestable de ces associations, il cite l'association lyonnaise, pour laquelle on n'a eu à constater que deux explosions pour un total de 8,457 chaudières réparti dans les treize premiers exercices, soit un accident par 4,228 chaudières. Il indique les causes de ces accidents, manque d'eau pour l'un et vices de construction pour l'autre.

M. Bour fait encore remarquer que les indications que les agents des associations donnent aux propriétaires d'appareils à vapeur, soit pour les réparations, soit au moment de l'installation des appareils neufs, font réaliser aux industriels des économies importantes.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. Mallet pour la lecture de son rapport sur les machines à vapeur à détente en cylindres successifs.

M. MALLET fait remarquer que l'on distingue dans ces machines, celles à transvasement immédiat connues sous le nom de *machines de Woolf*, et les

machines à réservoir, désignées communément sous le nom de *machines compound*.

Il fait rapidement l'historique de la question, montre par quelles considérations on a été conduit à préférer, à un cylindre unique à détente très prolongée, des cylindres successifs.

M. Mallet fait remarquer que, dans la machine de Woolf, la pression totale étant divisée entre deux capacités, chaque piston a bien moins de charge maximum à supporter que dans la machine ordinaire à un cylindre, dans laquelle le piston, de même section que le grand piston de la machine de Woolf, doit supporter la différence totale entre la pression à la chaudière et la pression à l'échappement.

La variation totale des efforts est moins considérable que dans la machine ordinaire, et les organes, pour une même pression moyenne effective, ont à subir une pression maximum moins élevée.

M. Mallet ajoute que, dans les machines à réservoir, les choses se passent un peu différemment. La machine compound se compose, en réalité, de deux machines successives et étagées, dont la première reçoit la vapeur de la chaudière et la décharge dans un réservoir intermédiaire qui alimente la seconde.

Il indique que la suppression absolue de la chute de pression entre les deux cylindres conduirait à une répartition très inégale du travail entre les deux cylindres, et qu'on est généralement conduit à accepter une certaine chute de pression qui amène une perte de travail, bien moins considérable d'ailleurs qu'on ne le croit.

M. Mallet traite ensuite la question des enveloppes de cylindres, et termine en s'occupant des machines à triple et même à quadruple expansion.

M. LENCAUCHEZ demande à présenter quelques observations.

L'emploi du système compound, dans la marine, est venu remédier aux défauts des anciennes machines consommant, il y a vingt-cinq ans, jusqu'à 40 kilogrammes de vapeur.

Les essais de machines à deux vapeurs, l'emploi du condenseur à surface ont modifié beaucoup les idées, à cette époque, et la machine compound a été acceptée avec enthousiasme et adoptée tout aussi bien comme machine fixe que comme machine marine.

M. Lencauchez fait remarquer qu'il résulte d'expériences faites par M. Walther Meunier sur la comparaison de machines Sulzer, à un seul cylindre, et de machines compound, que l'augmentation d'utilisation a été trouvée égale à 8 p. 100 s'il s'agit de la mesure du travail en travail indiqué, et à 5 p. 100 s'il s'agit du travail mesuré au frein.

Il ajoute que même cette augmentation d'utilisation s'est abaissée à 3 p. 100 en comparant la machine à un seul cylindre la plus parfaite à la machine compound.

L'emploi de ces machines serait ainsi peu avantageux si l'on envisage la question du capital plus grand engagé, ainsi que les obligations de graissage qui sont plus considérables.

M. Lencauchez ajoute qu'avec les machines monocylindriques le moteur présente plus d'élasticité, et que l'on reproche seulement, à ce genre de machines, les chutes de pression par suite de la condensation dans les cylindres.

Dans les machines à plusieurs cylindres on remarque une chute de pression d'un cylindre à l'autre. Cette chute de pression, qui est faible dans le cas du travail normal, pour lequel la machine est construite, devient plus grande lorsqu'on fait varier la puissance du moteur.

M. Lencauchez dit que l'on peut éviter, dans une grande mesure, la condensation dans un cylindre unique, en obligeant la vapeur de la chaudière, ou une vapeur plus chaude à circuler autour du cylindre.

C'est en modifiant la disposition de la pompe alimentaire, qu'il est arrivé à ce résultat ayant conduit aux suppléments d'utilisation suivants :

Locomotives 3 p. 100, avec économie d'eau de 5 p. 100.

Locomobiles 5 p. 100.

Machines fixes 8 p. 100. Expérience faite sur les machines de Quillacq, du service municipal du bassin de la Villette.

M. Lencauchez fait encore remarquer qu'en 1854, la maison Farcot promettait la même consommation de charbon, par cheval et par heure, avec ses machines monocylindriques et ses machines de Woolf.

Pour les locomotives, il critique la disposition ordinaire de la coulisse, plus nuisible cependant en ce qui concerne l'échappement qu'en ce qui concerne l'introduction.

Il croit que le système actuel suffit sans employer la machine compound, la machine locomotive devant être très élastique, le travail développé devant varier rapidement de 150 à 600 chevaux-vapeur, par exemple.

M. Lencaucher conclut en disant qu'il ne croit pas à l'économie réalisée par l'emploi des machines compound, aussi bien dans les locomotives que dans les machines fixes.

M. ARNOUX, fait observer qu'il n'est pas rationnel de comparer une machine compound à double expansion à une machine monocylindrique. S'il y a une comparaison à faire pour décider des avantages ou des inconvénients, du principe compound à double expansion, cette comparaison doit être faite entre une machine compound et une machine bicylindrique, qui seule se trouve dans les mêmes conditions de travail sur l'arbre, de régularité de marche et de prix de revient.

M. STAPFER voudrait dire quelques mots des machines marines. Il fait remarquer que chaque réservoir intermédiaire constitue, en réalité, une nouvelle chaudière par rapport aux cylindres suivants. Il repousse l'emploi de tiroirs spéciaux de détente, dont les plaquettes se lèvent pendant la période de compression, ou par les coups d'eau. Les constructeurs anglais emploient les tiroirs cylindriques.

M. Stapfer fait remarquer que si l'on veut détendre entre le $1/12$ et le $1/15$, il faut, dans les machines à deux cylindres, introduire au quart dans le petit cylindre, tandis que dans les machines à triple expansion, on peut introduire à moitié, tout en arrivant à la même détente finale.

La régularité est certainement plus grande dans ces dernières machines, mais il y a à se préoccuper des conditions de l'alimentation.

M. Stapfer dit qu'il y a toujours des pertes de vapeur et que des expériences récentes ont montré qu'il fallait introduire dans la chaudière de l'eau nouvelle à raison de 6 tonnes par jour pour 1,000 chevaux et qu'il est même prudent de doubler ce chiffre.

Il ajoute que cette addition peut se faire en eau distillée ou en eau de mer, et que dans le premier cas, les frais de distillation compensent à peu près l'économie que l'on peut obtenir avec le troisième cylindre.

L'eau de mer présente des inconvénients, par suite surtout de la présence d'une certaine quantité de chlorure de magnésium qui se décompose par la chaleur; l'acide chlorhydrique produit, attaque rapidement les parois de la chaudière.

M. Stapfer passe en revue les moyens que l'on peut employer pour éviter ces corrosions. L'emploi du carbonate de soude ou d'un mélange de sulfate et de carbonate de soude, conduit à un bon résultat.

En réponse à une demande de M. le Président, M. Stapfer ajoute que le carbonate de soude, a été employé sur les bâtiments de la compagnie Fraissinet, et que son introduction dans les chaudières a empêché les accidents observés, de se reproduire.

M. D'ALLEST est d'accord avec M. Stapfer sur les causes qui produisent ces corrosions, mais il dit que ce n'est pas l'introduction du carbonate de soude qui peut les éviter. Le carbonate de soude a pour effet de saponifier les acides gras, contenus dans l'eau condensée, lorsqu'on se sert d'huiles végétales pour le graissage des cylindres. Lorsque l'on a été conduit à remplacer les huiles végétales par les huiles minérales, on a remarqué que cette huile, contenue dans l'eau d'alimentation, se déposait en couche mince sur les parois internes de la chaudière et sur le ciel du foyer. Il se produit alors des détériorations graves, résultant de ce que les tôles du foyer rougissent rapidement, le ciel se déforme et vient s'abaisser jusqu'au point de rencontrer la grille.

La compagnie Fraissinet, a employé alors le carbonate de soude à haute dose.

Le résultat de cette addition a été la production d'une sorte d'émulsion à la surface de l'eau; il suffit de faire une extraction de surface, pour enlever la plus grande partie de l'huile entraînée.

M. Roy fait remarquer que le mot *compound* n'a aucune signification au point de vue de la détente plus ou moins prolongée et voudrait remplacer cette expression par celles de : machines à simple expansion; machines à double expansion; machines à triple expansion.

Il voudrait dire quelques mots sur l'emploi des machines à double expansion dans les locomotives.

M. Roy cite les expériences de M. Borodine, qui a fait ses essais sur une machine locomotive ordinaire, dans laquelle la vapeur passait d'un cylindre dans l'autre pour achever de se détendre.

Ces expériences ont porté aussi sur l'influence de la chemise de vapeur, et il a reconnu qu'elle n'était réellement nécessaire que pour les machines fixes.

M. Borodine a obtenu une économie de 10 à 11 p. 100, en employant la disposition à détentes successives dans les deux cylindres.

Cette faible économie s'explique par le degré de détente assez faible, 5, obtenu, comparé à la détente ordinaire de 3 à 3,5 dans les locomotives.

M. Borodine a remarqué qu'il était difficile de répartir également le travail dans les deux cylindres.

M. Roy cite encore les expériences du chemin de fer du Nord sur une machine locomotive compound à quatre cylindres.

Dans ces essais, l'économie constatée n'a été que de 0 fr. 75 par 100 kilo-

mètres, de laquelle il faut déduire 0 fr. 45 pour le supplément de graissage; il ne reste en réalité que 0 fr. 30 par 100 kilomètres de parcours. M. Roy ajoute que la pression, au lieu d'être de 2 kilogrammes à l'échappement, n'était, en réalité que de 1 kilogramme et que, par suite, les pertes de pression étaient de même ordre pour cette machine que pour les machines à simple expansion.

M. PHILLIPS trouve qu'une machine à quatre cylindres présente une bien grande complication.

M. CASALONGA ne pense pas, vu l'heure avancée, qu'il soit possible de continuer la discussion.

Il se bornera à faire remarquer que dans les comparaisons que l'on fait entre les machines à simple expansion et celles à expansions multiples, il faut supposer que l'on est dans des conditions égales et distinguer ensuite le rendement physique du rendement organique.

Il fera abstraction de ce dernier rendement qui dépend, même dans les machines similaires, des dispositions et de la perfection du mécanisme; et, considérant seulement le rendement physique, il pense que, dans une machine à double expansion (et davantage dans le cas de multiples expansions), ce rendement est supérieur à celui que peut donner une machine monocylindre, toutes choses égales.

Dans les machines à deux expansions ou plus, il y a, d'après les principes mêmes de la thermodynamique, une plus grande quantité de chaleur transformée en travail; ce qu'il a appelé le déchet du diagramme, dans une précédente séance, se rapporte à ce fait.

Le diagramme ne peut pas être considéré comme un moyen de comparaison exact entre deux machines si l'on ne tient pas compte des conditions suivant lesquelles il s'accomplit.

Il lui suffira de rappeler l'évolution qui s'accomplit dans l'appareil de Joule pour montrer que la détente, sous cette forme et dans ces conditions, donne un diagramme parfait, conforme à la loi de Mariotte, et cependant le travail est nul.

M. JOUVET croit que la question des machines compound est tranchée depuis longtemps.

Il cite des essais faits à l'exposition de Rouen, en 1859, sur une machine à un seul cylindre, de Cail, et une machine de Woolf, de Scott, et les résultats ont été en faveur de cette dernière.

Il admet le chiffre faible trouvé par M. Walther Meunier pour des machines d'expériences, mais il est persuadé que les résultats, après quelque temps de services, seraient tous différents et à l'avantage des machines à plusieurs cylindres.

En ce qui concerne les difficultés d'alimentation dont a parlé M. Stapfer, M. Jovet décrit une disposition imaginée, en 1861, par Benjamin Normand, dans laquelle la vapeur sortant d'un premier cylindre était envoyée dans une nouvelle chaudière, à moyenne pression, avant d'être dirigée vers un second cylindre.

M. MALLER croit que l'on doit tenir un grand compte des résultats de la pratique.

Tous les grands constructeurs paraissent avoir abandonné les machines à cylindre unique et ne construisent presque plus que des machines compound.

Il n'avait pas voulu engager la discussion sur les machines compound des locomotives; mais il est obligé de rappeler, en terminant, que dans le Congrès récent des chemins de fer il s'est trouvé deux camps bien tranchés. Dans l'un se sont rencontrés des théoriciens qui n'ont pas admis les avantages de cette application des machines compound, et dans l'autre tous ceux qui ont eu l'occasion de les employer. M. Borodine, qui était parmi ces derniers, a déclaré, à cette occasion, que, d'après l'expérience qu'il en avait faite, il n'en emploierait plus d'autres types.

La séance est levée à midi et demi.

VI. Séance du 20 septembre 1889.

PRÉSIDENCE DE M. PHILLIPS.

Le procès-verbal de la séance du 19 septembre est lu et adopté.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Polonceau pour sa conférence sur les progrès réalisés dans les machines à vapeur, depuis 1878.

M. POLONCEAU fait remarquer, tout d'abord, que la machine à vapeur se caractérisait à l'Exposition universelle de 1878 par un nombre assez considérable de machines à quatre distributeurs, et qu'il n'y avait que peu de machines compound.

La vitesse de marche de ces machines tendait à devenir plus grande que dans les installations précédentes, mais n'atteignait pas encore des nombres aussi considérables que ceux représentant les vitesses des machines de l'Exposition de 1889.

Il décrit quelques types des machines de l'Exposition de 1878 pour pouvoir les comparer plus sûrement aux types plus récents.

M. Polonceau indique que l'on a cherché à réaliser dans les machines exposées maintenant :

1° Une rotation plus rapide pour répondre aux besoins des usines productrices d'électricité;

2° Une production du cheval-vapeur au plus bas prix possible;

3° Un volume restreint en même temps qu'un plus faible poids.

En ce qui concerne le premier point, M. Polonceau cite certaines machines puissantes tournant à raison de 150, 200, 300 tours par minute et des machines de 30 à 40 chevaux atteignant 400 et 500 tours.

Ces grandes vitesses conduisent à l'emploi de modérateurs spéciaux, et M. Polonceau décrit les dispositions de M. Armington et de MM. Lecouteux et Garnier concernant des modérateurs à force centrifuge disposés dans le volant même de la machine.

En ce qui concerne la vitesse donnée aux pistons, la vitesse classique de 1 m. 50 à 2 mètres est largement dépassée. On atteint maintenant 3 et même

4 mètres par seconde. Les machines des torpilleurs ont des pistons se déplaçant à raison de 5 à 6 mètres.

Les neuf dixièmes des machines exposées sont du système compound.

M. Polonceau décrit rapidement chacun de ces types, en donnant les principales dimensions de chacun d'eux et les résultats que l'on peut atteindre au point de vue de la consommation.

M. Polonceau termine cette première partie de sa conférence en décrivant le turbo-vapeur Parsons construit par la Société centrale de construction de machines.

Il passe ensuite à l'étude des machines marines.

Dans ces dernières on remarque l'emploi de la triple expansion et M. Polonceau passe en revue les principaux types de ces machines.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Polonceau d'avoir bien voulu communiquer au Congrès ce travail très complet sur les différents types de machines à vapeur. Il regrette de ne pas y trouver, sous la même forme, une description des nouveaux types de locomotives.

Sur la demande de M. de Quillacq, M. le Président ajoute que ce travail sera imprimé.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Olry pour sa conférence sur les progrès réalisés dans les appareils à produire la vapeur et, en particulier, sur les chaudières à petits éléments.

M. OLRY fait remarquer que l'expérience et la théorie ont démontré qu'il était avantageux, au point de vue de la consommation de combustible, d'employer de la vapeur à haute pression.

Cet emploi de vapeur à 10, 12, 15 kilogrammes par centimètre carré, et quelquefois plus, a nécessité la création de nouveaux types de chaudières dites à petits éléments pour remplacer les chaudières à bouilleurs ou à réchauffeurs, ainsi que les volumineuses chaudières à foyer intérieur dites de Cornouailles.

L'emploi de ces anciens types de chaudières aurait nécessité des épaisseurs de tôle très considérables, la transmission de la chaleur s'y serait faite difficilement et les avaries occasionnées par l'inégalité des températures auraient été nombreuses.

L'adoption des chaudières à petits éléments, composés de tubes de 7 à 12 centimètres de diamètre, réduit de beaucoup le volume d'eau contenu dans la chaudière. Les explosions y sont moins à craindre et ne produiraient plus ces effets instantanés que l'on observe dans les autres chaudières à grand volume d'eau.

Des règlements spéciaux ont été appliqués à ce genre d'appareils, en Allemagne et en Alsace-Lorraine; ils facilitent leur installation. En France, aucune disposition générale n'a été prévue en leur faveur; mais il est dans les habitudes administratives de dispenser des conditions d'emplacements réglementaires, par mesures individuelles, ceux dans lesquels le faible volume et la grande division de l'eau donnent toute garantie pour la sécurité du voisinage.

M. OLRY fait remarquer qu'à côté de ces avantages il est nécessaire de signaler un inconvénient résultant de la diminution du volume d'eau. Le maintien de la pression et du niveau d'eau est plus difficile et il faut avoir recours, comme dans les chaudières Belleville, à des appareils automatiques réglant

l'alimentation à l'aide d'un flotteur et la pression au moyen d'un appareil à ressort agissant sur le registre de la cheminée.

Pour éviter l'inconvénient résultant du petit volume de l'eau, certains types de chaudières à petits éléments possèdent un réservoir surmontant les tubes alors complètement remplis d'eau, le niveau de cette eau étant maintenu dans ce réservoir.

L'Administration s'est toujours montrée beaucoup plus réservée, en matière de tolérance d'emplacements, à l'égard de cette dernière classe de chaudières à petits éléments.

M. Olry passe ensuite à la description de différents types de ces chaudières :

Les chaudières à serpentin dans lesquelles on ne rencontre, parmi les types en usage en France, que la chaudière Belleville. Dans ces chaudières, une bulle de vapeur produite à l'intérieur de l'un des tubes est obligée de parcourir tous ceux qui se trouvent au-dessus pour se dégager.

Les autres appareils dans lesquels chaque tube forme une véritable chaudière et que l'on peut diviser en deux grandes classes :

1° Ceux dans lesquels l'arrivée de l'eau d'alimentation et le dégagement de la vapeur se font aux deux extrémités des tubes ;

2° Ceux dans lesquels cette arrivée et ce dégagement n'ont lieu que d'un seul côté.

M. Olry distingue encore dans la première catégorie :

Les chaudières divisées, par des plans verticaux, en éléments dont les tubes sont reliés, de proche en proche, par des communications,

Telles sont les chaudières Root, de Nayer, Lagosse et Bouché, Morelle ;

Les chaudières formées d'éléments de tubes assemblés des deux côtés avec des collecteurs verticaux ou inclinés, les chaudières Babcock et Wilcox, Roser, Maniguet, Montupet appartiennent à ce groupe ;

Les chaudières composées d'un faisceau de tubes débouchant à chaque extrémité dans un collecteur unique constitué par une caisse en tôle entretoisée formant lame d'eau. Telles sont les chaudières Oriolle, Mathot, Hanrez, Lagrafel, d'Allest.

Enfin dans la deuxième catégorie on peut distinguer les générateurs qui reposent sur l'emploi du tube Field à circulation d'eau, couché dans une position à peu près horizontale. Les chaudières Collet, Bouzon, Dubuc et Bourgois appartiennent à cette division ainsi que la chaudière Terme et Deharbe, et celle de MM. Bourgois et Lencauchez. Et les chaudières avec tubes à retour de flamme.

M. Olry indique ensuite les conditions que doit remplir un bon système de chaudières à petits éléments.

Il examine successivement les points suivants :

Sécurité, économie de combustible, économie de poids, économie d'emplacements, facilité de montage, facilité de conduite, facilité des nettoyages, économie dans l'entretien et facilité des réparations, production de vapeur sèche, régularité de marche, rapidité de mise en pression et économie dans le prix de premier établissement.

Il examine successivement par quels moyens et dans quelle mesure ces divers résultats sont obtenus dans la pratique, et résume ainsi sa communication.

Les générateurs à tubes d'eau, quand ils sont bien conçus et bien construits, possèdent une supériorité incontestable, au point de vue de la sécurité, de l'économie de combustible, de l'économie de poids et d'emplacement, de la facilité de montage et de la rapidité de la mise en pression.

Ils se prêtent parfaitement à l'emploi des hautes pressions et peuvent être disposés de manière à produire de la vapeur bien sèche; leur prix de premier établissement n'est pas excessif; il est en général assez facile de les entretenir et de les réparer.

Dans la marine, spécialement dans la marine militaire, les qualités de ces appareils sont particulièrement précieuses.

M. Olry termine en donnant une statistique des accidents survenus dans l'emploi des chaudières à petits éléments:

De 1870 à 1875, aucun accident ne s'est produit.

De 1876 à 1887, leur nombre a été de treize, dont deux en 1886 et cinq en 1887.

Le nombre des accidents croît naturellement avec celui des appareils en activité et c'est pour cette raison que le nombre des accidents a été plus grand en 1887.

Des renseignements plus récents et non encore publiés permettent de compter qu'il se produit annuellement trois ou quatre accidents de générateurs multitubulaires. On est amené à conclure que ces chaudières sont plus sujettes que d'autres à des accidents; chacun d'eux étant d'importance moindre qu'en ce qui concerne les autres chaudières; mais leur fréquence est plus grande.

M. Olry demande à dire encore quelques mots d'un nouveau générateur, la chaudière Serpollet, qu'il considère comme le générateur inexplosif par excellence.

Il en donne une description sommaire et ajoute que sa consommation en combustible est assez considérable; l'inventeur évalue cette consommation à 3 ou 4 kilogrammes par cheval et par heure.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Olry de sa très intéressante communication. Il prévient MM. les Présidents et Secrétaires des sections qu'ils doivent, dans la séance de clôture du Congrès, c'est-à-dire dans la séance de demain samedi, présenter le résumé des travaux des sections.

M. LE SECRÉTAIRE prévient que le Bureau a reçu de nombreux exemplaires d'un rapport sur les progrès des associations des propriétaires d'appareils à vapeur préparé par M. le Directeur de la Société pour la surveillance et assurance des chaudières de Vienne.

Les exemplaires sont à la disposition des membres du Congrès.

La séance est levée à midi et demi.

VII. Séance du 21 septembre 1889.

PRÉSIDENCE DE M. PHILLIPS.

M. LE SECRÉTAIRE donne lecture du procès-verbal de la séance du 20 septembre. A l'occasion du procès-verbal, M. RICHARD croit devoir revenir sur les faits constatés par M. d'Allest relativement aux détériorations des chaudières à vapeur causées par l'introduction d'une certaine quantité d'huile mélangée à l'eau d'alimentation.

M. RICHARD cite les expériences de M. Hirsch qui montrent, d'une manière très précise, l'influence de quantités même infinitésimales d'huile végétale répandue sur la paroi interne d'une chaudière. Il suffit, en effet, de couvrir la fond d'une casserole d'une couche très mince de cette huile, appliquée à l'aide d'un pinceau ou simplement d'un chiffon gras, de la remplir d'eau et de la soumettre à l'action d'une flamme assez intense pour que, sous l'eau, le fond de ce récipient arrive rapidement à la température du rouge blanc. Une autre expérience, faite avec un vase identique, rempli d'eau, soumis à l'action du même foyer, mais sans addition d'huile adhérente au fond, conduit à des résultats tout différents. Le fond de la casserole ne présente en aucuns points de trace d'élévation anormale de la température, quelle que soit l'intensité de la flamme.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il connaissait l'expérience que vient de signaler M. Richard et qui est relatée dans l'important travail de M. Hirsch sur les causes des accidents de chaudières, publié dans les *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*.

Le procès-verbal de la séance du 20 septembre est adopté.

M. LE PRÉSIDENT invite M. Haton de la Goupillière, président de la première section, à donner connaissance du résumé des travaux de cette section.

M. HATON passe en revue les différentes communications faites à la première section, qui a consacré cinq séances à l'examen de ces différents travaux, et aux discussions auxquelles ils ont donné lieu ⁽¹⁾.

M. HATON fait remarquer que la première section a examiné toutes les questions portées à son ordre du jour, à l'exception de celles de MM. Meyer et Fouché, qui n'ont pu y faire leurs communications. Il tient à remercier, en terminant, les trois secrétaires de la première section, MM. Boyer, Casalonga et Latès, du soin avec lequel ils ont rédigé les procès-verbaux des différentes séances.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Sauvage, président de la deuxième section, pour le compte rendu des travaux de cette section ⁽²⁾.

M. SAUVAGE expose que cinq séances ont été consacrées à l'étude des différentes questions qui ont été toutes examinées, à l'exception du mémoire de M. Huet sur les rendements des chaudières à vapeur et les épreuves de chau-

⁽¹⁾ Voir ci-après, page 37, le compte rendu des travaux de la 1^{re} section.

⁽²⁾ Voir ci-après, page 42, le compte rendu des travaux de la 2^e section.

dières, M. Huet n'ayant pu venir, et de la communication de M. Webb sur les chaudières et boîtes à feu de locomotives, M. Webb n'ayant pu retrouver les dessins qu'il avait envoyés à l'appui de son mémoire.

A l'occasion de ce compte rendu, M. BELELUBSKY voudrait faire observer, qu'en ce qui concerne l'unification des méthodes d'essais des matériaux, la question relative à la similitude des éprouvettes et à l'unification de leurs dimensions est une des plus importantes.

Il ajoute que, si le vœu du Congrès se réalise, et si la commission internationale se réunit, il lui remettra les travaux faits en Russie, ayant pour but la généralisation des lois de M. Barba.

M. MARIÉ croit devoir faire remarquer que ces lois avaient été énoncées, quelques années auparavant, par M. Marché.

M. LE PRÉSIDENT dit que dans cette question de la similitude des éprouvettes, la plus petite de deux éprouvettes données peut être considérée comme le modèle de la plus grande, et rappelle ce qu'il a dit dans sa communication du 17 septembre.

M. LE PRÉSIDENT demande à M. Hirsch de rendre compte des travaux de la troisième section dont il est le président ⁽¹⁾.

M. HIRSCH résume les travaux examinés dans les deux premières séances seulement, n'ayant pu assister à sa dernière séance, par suite de la visite des appareils mécaniques de l'Exposition, pour laquelle M. le Président l'avait chargé de servir de guide aux membres du Congrès.

M. RICHARD, vice-président de la troisième section, résume les travaux de la dernière séance.

M. HIRSCH remercie MM. les secrétaires de la troisième section du soin et du dévouement avec lesquels ils ont rempli leurs fonctions et ajoute qu'il espère que les travaux de la troisième section pourront trouver place dans les publications du Congrès.

M. HATON, au nom de la commission désignée, dans la séance du 19 septembre, pour étudier les modifications que l'on peut apporter à quelques définitions de la mécanique, présente les résolutions suivantes :

Les membres du Congrès international de mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que, par un accord unanime, le langage de la mécanique arrive à se préciser de la manière suivante :

1. *Le mot FORCE ne sera plus employé désormais que comme synonyme d'effort, sur la signification duquel tout le monde est d'accord. On proscriit spécialement l'expression TRANSMISSION DE FORCE, qui se rapporte en réalité à la transmission d'un travail, et celle de FORCE D'UNE MACHINE, qui n'est que l'activité de la production du travail par ce moteur, ou, en d'autres termes, le quotient d'un travail par un temps.*

2. *Le mot TRAVAIL désigne le produit d'une force par le chemin que décrit son point d'application suivant sa propre direction.*

3. *Le mot PUISSANCE sera exclusivement employé pour désigner le quotient d'un travail par le temps employé à le produire.*

⁽¹⁾ Voir ci-après, page 45, le compte rendu des travaux de la 3^e section.

4. En ce qui concerne l'expression numérique de ces diverses grandeurs, pour tous ceux qui acceptent le système métrique, les unités sont les suivantes :

La FORCE a pour unité le KILOGRAMME défini par le Comité international des poids et mesures ;

Le TRAVAIL a pour unité le KILOGRAMMÈTRE.

La PUISSANCE a pour unité le CHEVAL de 75 kilogrammètres par seconde.

5. L'expression ÉNERGIE subsiste dans le langage comme une généralisation fort utile comprenant, indépendamment de leur forme actuelle, les quantités équivalentes : travail, force vive, chaleur, etc. Il n'existe pas une unité spéciale pour l'énergie envisagée avec cette généralité :

On l'évalue numériquement suivant les circonstances, au moyen du kilogrammètre, de la calorie, etc.

6. On se rend bien compte, dans ce qui précède, que ce système présente des différences avec celui qui est adopté maintenant pour l'étude de l'électricité. Les trois grandeurs essentielles de toute homogénéité, au lieu d'être, comme pour les électriciens, la longueur, le temps et la masse, sont ici la longueur, le temps et la force. Il a semblé que, pour les mécaniciens tout au moins, sans vouloir engager une discussion au point de vue de la philosophie des sciences, l'effort était une notion primordiale plus immédiate et plus claire que celle de la masse.

M. HOSPITALIER voudrait qu'à côté de l'expression *cheval*, dont la valeur est de 75 kilogrammètres par seconde, on puisse accepter une unité de puissance de 100 kilogrammètres, à laquelle on donnerait le nom d'un grand savant de la mécanique ou de cheval métrique.

M. STAFFER fait remarquer que 100 kilogrammètres n'est pas plus métrique que 75 ; il repousse, pour cette raison, l'expression de cheval métrique.

M. HATON, sur une observation de M. le Président, dit que le Congrès peut très bien revenir sur une décision qu'il a déjà prise et que rien ne s'opposerait, suivant lui, à ce que l'on acceptât le cheval de 100 kilogrammètres, mais il ne croit pas possible de conserver parallèlement les deux expressions : le cheval de 75 kilogrammètres et le cheval métrique ou de 100 kilogrammètres.

M. Haton ajoute qu'il a déjà fait remarquer à M. Hospitalier les difficultés que l'on rencontrerait si l'on adoptait sa proposition, et qu'il y aurait peut-être lieu de donner à cette nouvelle unité de 100 kilogrammètres le nom d'un grand savant. Il lui vient à l'idée le nom de Poncelet et ajoute qu'on pourrait dire : un cheval de 75 kilogrammètres et un poncelet de 100 kilogrammètres.

Il croit qu'avec le temps l'expression *cheval* disparaîtrait et serait alors remplacée par le poncelet ainsi défini.

M. HOSPITALIER retire sa proposition et se rallie à celle de M. Haton.

M. CASTILLO voudrait que l'on acceptât le kilogrammètre comme unité, avec ses multiples et ses sous-multiples. On dirait décakilogrammètre, hectokilogrammètre, etc. Il adopterait volontiers l'expression *cheval métrique* comme se rapportant au système métrique décimal.

M. ROY fait remarquer que l'adoption du cheval métrique de 100 kilogrammètres aurait pour avantage de rapprocher les deux expressions, *cheval* indiqué et *cheval mesuré au frein*. Le rendement moyen d'une machine à vapeur étant égal à 0,75, le cheval métrique de 100 kilogrammètres par se-

conde, mesuré sur le piston, correspondrait au cheval de 75 kilogrammètres par seconde mesuré sur l'arbre.

M. HATON combat cette proposition et donne lecture d'une nouvelle rédaction de la fin du paragraphe 4 des décisions de la commission :

La puissance a deux unités distinctes, au gré de chacun : le cheval de 75 kilogrammètres par seconde et le poncelet de 100 kilogrammètres par seconde.

M. SVILOKOSITCH voudrait que la nouvelle unité de puissance fût désignée par un nom grec, au lieu d'un nom d'un grand savant qui peut avoir, dans une langue étrangère, une signification ridicule.

M. LE PRÉSIDENT, après avoir fait remarquer qu'en électricité on a fait usage de noms propres, le Watt, l'Ampère, par exemple, met aux voix les propositions de la commission avec l'addition proposée par MM. Haton et Hospitalier.

Ces propositions sont adoptées par le Congrès.

M. HATON, au nom de la même commission, donne lecture d'un projet de vœu complémentaire:

Considérant qu'il y a grand intérêt à ce que les mécaniciens puissent profiter des résultats d'expériences entreprises dans tous les pays, les Congrès de mécanique appliquée émet le vœu que les résultats en soient présentés sous la même forme; il y a lieu, notamment, de convenir d'une règle fixe pour évaluer le rendement des chaudières, en acceptant des températures déterminées pour l'eau d'alimentation et la vapeur produite, et de déduire, du poids de combustible brûlé, les cendres qu'il contient en proportion variable.

Pour les machines, il y a lieu de comprendre dans la consommation toute eau consommée dans les enveloppes, sauf à tenir compte de la chaleur qu'elle permet de récupérer lorsqu'elle retourne à la chaudière et que sa température est supérieure à celles de l'alimentation.

Après une discussion à laquelle ont pris part MM. D'ALLEST, BOULVIN, HATON, HIRSCH, POLONCEAU, PHILLIPS, ROLLAND et STAFFER, le Congrès émet l'avis qu'il n'a pas, en ce moment, assez de données pour trancher une question de cette importance, mais qu'il désire que dans un nouveau Congrès cette question soit reprise pour y être étudiée et discutée d'une manière complète.

L'ordre du jour étant épuisé, M. LE PRÉSIDENT prononce l'allocution suivante :

MESSIEURS,

« Je dois vous renouveler les remerciements que j'ai eu l'honneur de vous présenter, lors de notre première séance, pour le concours que vous nous avez apporté; concours qui a été, comme vous l'avez vu, des plus utiles. J'ose espérer que le Congrès n'aura pas perdu son temps.

« Tous les membres du Congrès ont travaillé à son succès, et d'abord les rapporteurs, qui vous ont présenté des rapports très étudiés, très complets et que vous avez pu apprécier; ces rapports sont imprimés et chacun de nous pourra en faire son profit; ils ont amené des discussions importantes et produit des résultats. En nous reportant d'abord à l'unification du cheval-vapeur, vous en êtes arrivés à préciser certains points, à proscrire le cheval nominal, admettre comme unité le cheval de 75 kilogrammètres et, je me

hâte d'ajouter maintenant, le *poncelet*, on saura ce que cela veut dire; vous avez témoigné une préférence justifiée pour le cheval indiqué tout en ne proscrivant pas le cheval effectif, quand on peut le mesurer.

« Si nous passons à la communication si importante de M. Cornut sur les essais des substances métalliques, vous avez, à ce sujet, formulé différents vœux; vous avez d'abord exprimé celui que le Gouvernement veuille bien provoquer auprès des gouvernements étrangers la formation d'une commission internationale qui serait chargée de tâcher d'établir des unités communes pour la mesure des résultats des essais de résistance des corps métalliques employés dans les machines, et autant que possible l'uniformité des méthodes d'essais. Vous avez aussi formulé, auprès du Gouvernement, cet autre vœu de la création et de l'extension des laboratoires d'essais, non seulement au point de vue de la résistance des matériaux, mais encore sous le rapport expérimental des machines, pour tous les résultats qui peuvent intéresser l'industrie.

« Messieurs, nous ne laisserons pas tomber ces vœux dans l'oubli, nous les avons déjà transmis, dès jeudi, aux Ministres que la question concerne; nous n'avons donc pas perdu de temps à réaliser, dans la mesure du possible, les vœux émis par le Congrès.

« Si nous passons ensuite à la question traitée par M. Richard, dans son rapport, vous avez émis à ce sujet un vœu fort important sur la récapitulation des propriétés physiques ou chimiques des différentes substances employées pour la production artificielle du froid. Ce vœu évidemment ne peut être transmis à aucun Ministre, mais il sera publié dans le compte rendu des séances du Congrès et quand on créera ces différents laboratoires d'essais, on s'arrangera de manière à donner satisfaction à ce vœu, utile au point de vue industriel et au point de vue scientifique.

« Il y avait à l'ordre du jour la question fort importante du fonctionnement de la vapeur par détente dans divers cylindres successifs. Il n'y a pas eu de vœu formulé par le Congrès sur cette question; et, à vrai dire, on ne pouvait guère s'attendre à ce qu'il y en eût; on sait ce que l'expérience a donné pour de très nombreux essais; on sait qu'il y a encore des doutes sous certains rapports; on ne pouvait donc pas formuler un vœu qui fût sanctionné par une prescription quelconque. La discussion a porté sur beaucoup de points, elle a fait voir les nombreux avantages du système compound, comme dans certains cas, ses inconvénients; c'est là une question d'expérience; les ingénieurs se font à eux-mêmes une opinion à la longue par la comparaison des résultats qu'ils ont obtenus avec ce qui se fait ailleurs. C'est ainsi que les choses peuvent arriver à des résultats pratiques et durables; c'est le temps et l'expérience qui triompheront. Mais les discussions n'auront pas été perdues; toutes les communications qui ont été amenées à l'occasion de cette discussion, par exemple sur les effets de certains sels contenus dans l'eau de mer, serviront à asseoir une opinion définitive.

« Maintenant, Messieurs, à côté des rapports relatifs aux questions du programme, vous avez eu les conférences très importantes de trois de nos collègues. Vous avez vu d'abord, par le rapport de M. Bour, l'énorme importance de ces associations de propriétaires d'appareils à vapeur; vous avez pu constater par les chiffres qu'il a donnés le rôle important qu'elles jouent, tant au point de vue des questions de sécurité que des questions économiques,

de sorte qu'on a pu dire, comme l'a fait M. Bour, que les ingénieurs de ces associations étaient de véritables ingénieurs conseils.

« Ensuite vous avez eu la conférence de M. Polonceau sur les machines à vapeur; on peut dire que c'est un traité de la machine à vapeur actuelle. J'ai seulement témoigné le regret qu'il n'y fût pas question des locomotives, sur lesquelles, plus que tout autre, M. Polonceau aurait pu donner des détails intéressants, ce que vous avez pu constater en visitant la galerie de l'exposition des chemins de fer; mais le rapport de M. Polonceau est déjà d'une longueur qui n'est égale que par son importance.

« Enfin, hier, vous avez entendu le rapport de M. Olry sur les chaudières multitubulaires. C'est un véritable traité sur ces chaudières dont les principaux points ont été examinés avec une compétence absolue et l'on sera très heureux de trouver tous ces documents dans les comptes rendus des séances du Congrès, ce sera une publication qui, j'ose le croire, sera très appréciée. Il n'y a pas que les rapporteurs et les conférenciers qui aient travaillé, mais vous tous, Messieurs, vous avez fait partie des sections dont vous avez entendu les comptes rendus, comptes rendus qui prouvent combien ces sections ont utilement employé leur temps.

« Par conséquent, je crois pouvoir dire que le Congrès a payé tout entier de sa personne.

« Les résultats de ces études seront, je crois, très appréciés, non seulement par le Congrès lui-même, mais aussi en dehors.

« Maintenant, Messieurs, je voudrais vous prier de voter des remerciements à deux secrétaires qui ont joué un rôle très utile avec beaucoup de zèle, d'abnégation et de dévouement depuis l'origine : d'abord M. Boudenoot qui, dès la création, a été pour ainsi dire, la cheville ouvrière du Congrès; il s'en est occupé avec un zèle et un dévouement de tous les instants, et s'il nous manque au dernier moment, c'est pour un motif particulier et devant lequel, naturellement, nous devons nous incliner. Mais nous avons été bien heureux d'avoir au moment même le concours de M. Tresca, concours des plus dévoués, des plus actifs. Vous avez pu voir, Messieurs, combien ces procès-verbaux sont bien rédigés; il y a lieu d'admirer la précision avec laquelle M. Tresca mentionnait les faits énoncés dans les rapports, les explications techniques et scientifiques; il représentait avec une exactitude parfaite tous les raisonnements, toutes les parties techniques des rapports. Ajoutez à cela un zèle de tous les instants, et je crois, Messieurs, que vous serez d'accord avec moi pour voter à l'unanimité des remerciements à nos deux excellents secrétaires, MM. Boudenoot et Tresca. »

M. KRAFT tient à remercier ses collègues français de la cordialité, de la bienveillance et la courtoisie toute française avec lesquelles les membres étrangers ont été reçus.

M. LE PRÉSIDENT demande au Congrès les autorisations nécessaires pour que le bureau puisse adopter le procès-verbal de la séance de ce jour et s'occuper de toutes les questions relatives aux publications des travaux du Congrès.

M. CASALONGA, au nom des membres du Congrès, remercie M. le Président et MM. les Présidents de section.

La séance est levée à 11 heures et demie.

VOEUX FORMULÉS PAR LE CONGRÈS.

I. Les membres du Congrès de mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que le Gouvernement français prenne, auprès des Gouvernements étrangers, l'initiative de la réunion d'une Commission internationale ayant pour mission de choisir les unités communes destinées à exprimer les différents résultats des essais de matériaux et d'introduire une certaine uniformité dans les méthodes d'essais.

II. Le Congrès international de mécanique appliquée émet le vœu qu'il y a lieu d'encourager, par tous les moyens possibles, la création et l'extension de laboratoires d'essais de matériaux et de machines, aussi bien dans les grandes écoles du Gouvernement, dans les grandes administrations gouvernementales ou privées, que dans les établissements d'utilité publique tels, par exemple, que le Conservatoire des arts et métiers.

III. Comme suite au vœu exprimé par le Congrès international de mécanique appliquée, relativement à l'organisation de laboratoires de mécanique, le Congrès recommande en particulier l'institution de recherches expérimentales précises sur les propriétés physiques des fluides usités dans les appareils à produire le froid.

IV. Le Congrès international de mécanique appliquée est d'avis qu'il y a lieu de supprimer l'expression « cheval nominal ».

V. Attendu qu'il est très souvent difficile ou impossible de déterminer le travail en chevaux effectifs mesurés au frein; attendu que les essais à l'indicateur permettent de déterminer avec une approximation suffisante, en pratique, la puissance d'une machine à vide et en charge, le Congrès émet le vœu que l'on admette de préférence l'expression de la puissance en chevaux indiqués de 75 kilogrammètres par seconde.

VI. Les membres du Congrès international de mécanique appliquée, après en avoir délibéré, émettent le vœu que, par un accord unanime, le langage de la mécanique arrive à se préciser de la manière suivante :

1. Le mot *force* ne sera plus employé désormais que comme synonyme d'effort, sur la signification duquel tout le monde est d'accord. On proscribit spécialement l'expression *transmission de force* qui se rapporte en réalité à la transmission d'un travail, et celle de *force d'une machine* qui n'est que l'activité de la production du travail par ce moteur, ou, en d'autres termes, le quotient d'un travail par un temps.

2. Le mot *travail* désigne le produit d'une force par le chemin que décrit son point d'application suivant sa propre direction.

3. Le mot *puissance* sera exclusivement employé pour désigner le quotient d'un travail par le temps employé à le produire.

3.

4. En ce qui concerne l'expression numérique de ces diverses grandeurs, pour tous ceux qui acceptent le système métrique, les unités sont les suivantes :

La *force* a pour unité la *kilogramme* défini par le Comité international des poids et mesures.

Le *travail* a pour unité le *kilogrammètre*.

La *puissance* a deux unités distinctes, au gré de chacun : le *cheval* de 75 kilogrammètres par seconde, et le *poncelet* de 100 kilogrammètres par seconde.

5. L'expression *énergie* subsiste dans le langage comme une généralisation fort utile, comprenant, indépendamment de leur forme actuelle, les quantités équivalentes : travail, force vive, chaleur, etc. Il n'existe pas une unité spéciale pour l'énergie envisagée avec cette généralité : on l'évalue numériquement suivant les circonstances, au moyen du kilogrammètre, de la calorie, etc.

6. On se rend bien compte dans ce qui précède que ce système présente des différences avec celui qui est adopté maintenant pour l'étude de l'électricité. Les trois grandeurs essentielles de toute homogénéité, au lieu d'être, comme pour les électriciens, la longueur, le temps et la masse, sont ici la longueur, le temps et la force. Il a semblé que, pour les mécaniciens tout au moins, sans vouloir engager une discussion au point de vue de la philosophie des sciences, l'effort était une notion primordiale plus immédiate et plus claire que celle de la masse.

COMPTE RENDU

DES TRAVAUX DE LA PREMIÈRE SECTION,

PRÉSENTÉ PAR M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, PRÉSIDENT.

Dans notre première séance, M. Gottschalk a pris la peine de nous présenter le résumé d'un travail très important de M. Dwelshauvers-Dery sur les moyens d'économiser la vapeur dans les machines à un seul cylindre. Le savant professeur de Liège était absent, en effet, et m'avait écrit une lettre par laquelle il me charge d'exprimer au Congrès tous ses regrets de ne pouvoir prendre part à ses délibérations. La grande fatigue qu'il a éprouvée à la suite des opérations du jury des récompenses l'oblige à prendre quelque repos en Belgique.

M. Dwelshauvers-Dery s'attache à poser ce principe que le maximum d'économie est obtenu lorsque la vapeur, à la fin de la détente, est sèche et saturée ou légèrement surchauffée. Dans ce cas, l'action malfaisante des parois pendant l'échappement se trouve réduite à un minimum.

L'auteur s'appuie sur les expériences de M. Hirn relatives à la vapeur surchauffée, celles de M. Donkin sur le chauffage des enveloppes avec des flammes de gaz, et celles de M. Willans sur les grandes vitesses de marche, pour rechercher : quelle est la température à entretenir dans l'enveloppe, en vue d'atteindre le point précis qui vient d'être défini, et quel est, en outre, le moyen pratique qui procurera le plus convenablement cette température. Il arrive à montrer que, quel que soit le procédé employé pour diminuer l'influence nuisible des parois, la chaleur transmise par l'enveloppe ne se transforme pas intégralement en travail. Les quatre cinquièmes sont perdus avec la vapeur d'échappement; ce chiffre ne doit cependant pas décourager lorsqu'on réfléchit que dans l'ensemble de l'opération, ce n'est pas même le dixième de la chaleur théorique que l'on peut recueillir.

M. Dwelshauvers rappelle que trois facteurs principaux concourent à la meilleure utilisation, savoir : l'enveloppe dont il vient d'être question, la surchauffe, la vitesse. Cette dernière présente une grande importance quand on peut la réaliser; mais c'est affaire de construction pour des machines dans lesquelles on a spécialement en vue cette caractéristique. Un moteur établi pour des vitesses plus ordinaires ne saurait être surmené.

C'est en définitive la surchauffe que l'auteur considère comme la plus généralement applicable dans cet ordre d'idées. Il invoque, à l'appui de son dire, l'exemple de la machine du *Logelbach* qui fonctionne à vapeur surchauffée depuis plus de trente ans avec une consommation par cheval-heure absolu de 6 kilogr. 618 de vapeur.

En raison du grand intérêt que présente le travail de M. Dwelshauvers-Dery, la section a émis à l'unanimité le vœu que ce mémoire soit imprimé, à moins que la question des finances du Congrès n'y mette un obstacle absolu.

Une discussion très développée s'est engagée à son sujet entre MM. Bonjour,

Boulvin, Haton, Jouvet, Mallet, Polonceau, Rolland et Stapfer; le premier appuie énergiquement sur l'importance de réchauffer les parois de manière à réaliser avec une admission plus faible un effort égal à égalité de pression finale.

En ce qui concerne la surchauffe, on a rappelé que le type du *Logelbach* ne s'était pas répandu; que la marine, après des essais prolongés (parmi lesquels on a cité ceux de Benjamin Normand sur l'*Alcide*, et ceux du *Furet* qui avaient procuré une économie de 17 p. 100), a dû cependant, en général, renoncer à la surchauffe, en raison des grippements auxquels expose cette influence, lorsqu'on sort des basses pressions. Son emploi se poursuit cependant sur les locomotives, où l'on possède au besoin la ressource d'humecter les surfaces grippantes à l'aide du tube d'inversion. On peut espérer que les progrès généraux de la construction, et particulièrement ceux qui ont été réalisés à un haut degré pour le graissage pourront améliorer les conditions d'application dans cette voie qui est loin d'avoir été parcourue jusqu'au bout.

Au cours de cette discussion, l'attention de la section a été appelée sur ce point que la réalisation de la surchauffe comporte deux modes distincts.

Le plus direct est l'introduction d'un réchauffeur spécial. Mais il existe également la méthode indirecte de l'emploi d'un détendeur sans travail extérieur. Il y a même lieu de distinguer dans ce mode les deux cas d'un détendeur spécial placé en un point quelconque de la conduite, ou bien de l'étranglement aux lumières. L'utilité de ce dernier procédé est cependant contestée par un membre. Quant au premier, on rappelle qu'il n'y a pas lieu de conserver l'ancien effroi qu'inspirait autrefois l'étranglement, pourvu que cette influence n'excède pas des limites modérées, car on ne saurait à cet égard poser un principe absolu. Sur les locomotives de la Compagnie d'Orléans on met en pratique un moyen de conciliation entre la haute pression de la chaudière et les ménagements dus au fonctionnement dans le cylindre, en produisant de la vapeur à 15 kilogrammes par centimètre carré et disposant un détendeur qui la ramène à 11 ou 12 kilogrammes à l'entrée dans le cylindre.

Je rappellerai encore, à l'occasion de cette discussion, que M. Rolland a signalé à l'attention de la section l'importance qui s'attache de plus en plus à ce que les expérimentateurs n'oublient dans leurs mesures aucune sorte de consommation, et surtout qu'ils aient le soin de décrire minutieusement les bases de la comptabilité qu'ils en tiennent. L'honorable membre rappelle notamment qu'il est à sa connaissance que dans certains essais on a omis, par exemple, de faire entrer en ligne de compte la consommation de la chemise de vapeur lorsque l'eau en est refoulée au générateur, au lieu d'être rejetée au dehors.

Nous avons eu en second lieu, une très intéressante communication de M. Dubost sur sa méthode de construction d'une épure rigoureusement exacte pour la distribution par tiroir unique, lorsque l'on tient compte de l'obliquité de la bielle.

Après avoir fait une simple mention des méthodes graphiques ordinairement enseignées en ce qui concerne les bielles infinies, telles que les diagrammes de Zeuner, de Deprez, de Reuleaux, M. Dubost a commencé par rappeler la méthode de M. Claeys qui tient compte au contraire de l'obliquité de cet organe, mais qui n'est pas réversible, en ce que, si elle donne

l'extrémité de la bielle d'après la position de la manivelle, l'inverse ne saurait être obtenu.

Par une analyse mathématique très élégante, l'auteur arrive à établir le théorème suivant : Pour une bielle de longueur L , commandée par une manivelle de rayon R , les positions réciproques de l'extrémité de la bielle et de la projection du tourillon sur la direction du mouvement sont données, à la longueur près de la bielle, par la perspective, sur un diamètre, d'une demi-corde parallèle égale à $\frac{R^2}{L}$, le point de vue se déplaçant sur la circonférence.

Il applique cette propriété à l'épure construite en coordonnées rectangulaires, qu'il considère comme préférables aux coordonnées polaires de Zeuner, en raison de l'incertitude qu'apporterait l'intersection des lignes menées sous de très petits angles; attendu que le recouvrement intérieur reste toujours renfermé dans des limites très étroites.

A l'occasion de cette communication, M. Bonjour a rappelé le tracé de MM. Coste et Maniquet, qui tient également compte de l'obliquité des bielles, et qui est, suivant lui, d'une grande rapidité d'application.

En rendant hommage à la grande valeur de l'ouvrage de MM. Coste et Maniquet, M. Dubost a tenu à faire des réserves sur ce procédé qui nécessite l'emploi de gabarits en papier présentant un profil circulaire de rayon égal à celui de la bielle.

M. de Quillacq a fait connaître la nouvelle disposition de la machine Wheelock, type 1885, qu'il construit à Anzin. Les anciens obturateurs, pour lesquels on avait de la peine à obtenir de l'étanchéité sans s'exposer à des frottements d'une certaine dureté, ont été remplacés par des tiroirs à grille. La multiplicité des lumières fournit un grand débouché dès le plus petit mouvement des distributeurs. On arrive ainsi à allier une grande douceur à une vitesse notable. Le système obéit bien au régulateur. L'espace nuisible est réduit à 1.5 p. 100. Ce moteur peut atteindre une allure de 100 à 120 tours par minute. M. de Quillacq attache beaucoup d'importance à la facilité avec laquelle on peut, en peu d'instant, enlever les tiroirs et les glaces de leur logement, et les remplacer par un système égal tenu en réserve, pour réparer le premier s'il y a lieu.

Il saisit en même temps cette occasion pour rappeler que, dès 1885, il avait construit et fait breveter une machine à dé clic dont il dépose les photographies sur le bureau, et qui ne présente que deux distributeurs au lieu de quatre.

M. Raffard expose les divers résultats de ses études sur les organes fondamentaux de la machine à vapeur : bielle, manivelle, arbre, volant.

Il signale les inconvénients que présente la disposition de l'arbre en porte à faux, et fait connaître une disposition susceptible de les supprimer, tout en permettant de réduire le diamètre d'un sixième sans compromettre la solidité de l'arbre. Il décrit également le système de manivelle qu'il appelle *retournée* et qui a pour but d'écarter de même les inconvénients de la manivelle en porte à faux. Il discute enfin les dispositions qu'il y a lieu, suivant lui, d'adopter pour les volants, en vue de conserver leur puissance tout en atténuant les résistances passives.

M. de Landsée a décrit un nouveau type de machines à vapeur accouplées qu'il appelle : *compound français*.

Il constate l'économie due à l'emploi du principe compound, en faisant remarquer que, par compensation, ce résultat porte atteinte aux conditions essentielles de la puissance maxima. Les locomotives, par exemple, ont un démarrage lent et difficile.

L'auteur ne regarde pas comme justifiée la différence de diamètres à établir entre le grand et le petit cylindre. Il explique, à l'aide d'une série d'épures, qu'un moteur accouplé à deux cylindres d'égal diamètre conserve l'avantage précédent, tout en esquivant l'inconvénient.

Indépendamment de la construction de nouvelles machines suivant le type du compound français, celui-ci peut être employé dans les anciens moteurs moyennant une transformation simple et facile, quand on dispose de deux cylindres de diamètres égaux, avec manivelles calées à angle droit et distribution unique pour tous les deux.

M. de Landsée dépose en même temps sur le bureau un mémoire dans lequel il fournit des renseignements nombreux et intéressants sur son appareil, ainsi que sur les résultats qu'il a obtenus dans la pratique.

M. Bonjour a captivé l'attention de la section par un remarquable travail sur un nouveau procédé de commande des tiroirs de distribution au moyen de l'orientation facultative du collier d'excentrique.

Avec le système ordinaire, dans lequel existe une liaison rigide entre le collier et la barre d'excentrique, les points décrivent pendant le mouvement des courbes plus ou moins déformées par l'obliquité de cette bielle. Il est alors possible de greffer sur le collier la commande d'un second tiroir avec des angles de calage différents du premier. Mais il est indispensable que la direction du mouvement du tiroir soit perpendiculaire à l'axe de rotation de l'arbre moteur, et de plus il faut avoir recours à des renvois de mouvement pour ramener ce tiroir parallèlement au premier. Même avec cette addition, le mouvement du deuxième tiroir ne peut être rendu variable que par l'addition d'un second mécanisme.

Si au contraire on articule la barre au collier de manière à permettre à celui-ci de recevoir des déplacements angulaires, en guidant un de ses points, tous les autres points du pourtour décrivent des courbes absolument différentes. Si l'on déplace, d'un angle très faible, la direction de la coulisse d'orientation, on peut obtenir sur un même point du collier des courbes extrêmement diverses, capables d'influencer le tiroir de la manière la plus variable. On peut ainsi, en choisissant des points convenables sur ce collier, établir des distributions analogues à celles de Meyer, dont on fait varier l'admission dans des limites aussi étendues que possible, par la seule action du régulateur. M. Bonjour nous a montré à cet égard des épures fort curieuses qui réalisent des courbes ovales, ou presque triangulaires, ou en forme de 8, allant ainsi jusqu'à renverser le mouvement du tiroir. Il a également fait fonctionner sous nos yeux un modèle en bois d'une machine de 25 chevaux qui figure à l'Exposition, et qui a été établie par la Compagnie de L'Horme. Ses deux tiroirs superposés sont conduits par un seul excentrique.

M. Boulvin ayant rappelé à cette occasion les distributeurs de Haywort, Marschal, Gluck, Finck, etc., qui obtiennent, à l'aide d'une coulisse d'orientation, la détente et le changement de marche, M. Bonjour fait ressortir la différence profonde qui résulte de la petite distance à laquelle il agit, tandis

que les précédents auteurs attaquent à l'aide de leur coulisse un levier, c'est-à-dire un point éloigné du collier. Il en résulte à son profit une bien plus grande richesse de déformation des trajectoires, qui lui permet de réaliser les mouvements les plus compliqués. L'auteur met à cet égard sous les yeux des membres de la section des diagrammes très remarquables qui indiquent une variation de l'admission entre 0 et 70, sans faire varier sensiblement la compression et l'avance à l'échappement. Ces courbes n'ont pas encore été publiées, et M. Bonjour a tenu à en offrir la primeur au Congrès de mécanique.

Dans la dernière séance de la première section, M. Ad. Meyer s'excuse par lettre de ne pas pouvoir venir faire sa communication sur la détente Meyer dans les locomotives.

M. Richard s'occupe de l'utilité et des services rendus par les enregistreurs dans l'industrie, et pose ensuite le principe de son appareil destiné à donner soit un produit, soit un quotient.

Le résultat se lit d'après les déplacements d'une molette qui roule sur un plateau animé d'un mouvement A. Cette molette commande une vis crémaillère, qui attaque une roue tangentielle animée d'un mouvement B. La molette, sous l'action des deux mouvements, prend une position d'équilibre donnant

$$\alpha = \frac{B}{A}.$$

M. Richard a appliqué ce système :

1° A un indicateur de vitesse absolue, ou cinémomètre, dans lequel la prise de vitesse, qui a besoin d'être constante, a été faite, d'après les conseils de M. Napoli, par un petit pendule de Foucault;

2° A un indicateur de travail qui est dérivé du dynamomètre de White.

Dans cet appareil les poids sont remplacés par un sommier à air muni d'un manomètre. La roue longitudinale se déplace proportionnellement au nombre de tours du manomètre, le plateau tourne proportionnellement au nombre de tours de la machine, et en adjoignant à l'appareil une horloge, on obtient un tracé dont les abscisses représentent les temps et les ordonnées les kilogrammètres-secondes.

Dans ce même ordre d'idées, M. Richard signale un appareil permettant de mesurer la quantité de gaz riche contenu dans un mélange donné; un appareil pour mesurer, à distance, la vitesse de rotation d'une roue ou d'un volant, et un planimètre.

Enfin M. Arnoux, après avoir fait l'historique des pendules isochrones, établit une théorie du régulateur. Il conclut en disant que :

1° Les boules doivent être animées de la plus grande vitesse possible;

2° La course du manchon doit être réduite au minimum.

M. Arnoux s'occupe ensuite de la balance dynamométrique inventée par M. Carpentier, modifiée par M. Raffard, et fait remarquer que ce dernier appareil est appelé à rendre de grands services. Il a été employé par M. Marcel Deprez dans ses expériences de Creil. Il ajoute que cet appareil est d'un maniement plus facile et présente beaucoup moins de chances d'erreur que le frein de Prony.

En terminant ce compte rendu, je tiens à rendre hommage au zèle et au talent qui ont été mis au service de la section par nos trois secrétaires, MM. Casalonga, Latès et Boyer. Grâce aux excellents procès-verbaux que ces

ingénieurs ont tenus de nos délibérations, la mission que je viens de remplir devant vous n'était plus qu'un jeu. Je pense donc, Messieurs, que vous me permettrez, en terminant, de leur exprimer tous nos remerciements pour la part qu'ils ont prise ainsi à l'œuvre commune.

COMPTE RENDU

DES TRAVAUX DE LA DEUXIÈME SECTION,

PRÉSENTÉ PAR M. SAUVAGE, PRÉSIDENT.

La deuxième section a tenu cinq séances; elle a examiné les diverses questions qui étaient portées à l'ordre du jour, à l'exception de la note de M. Huet, sur le rendement des chaudières à vapeur et les épreuves de chaudières, et de celle de M. Webb sur les chaudières et boîtes à feu des locomotives, M. Huet n'ayant pas pu venir, et M. Webb ayant été empêché de faire sa communication, par suite de l'absence de dessins qui n'ont pu être retrouvés en temps convenable.

La première étude a porté sur le travail de M. Marié relativement aux machines d'essai des matériaux, au frottement des cuirs emboutis et à la mesure des hautes pressions.

M. Marié a d'abord reconnu, par une série d'expériences, que le frottement des cuirs emboutis était beaucoup plus faible qu'on ne l'admet généralement.

Le principe de la méthode de M. Marié est très simple. M. Marié a pris un bloc d'acier traversé de part en part par un piston d'assez grand diamètre. Ce bloc contenait une cavité pleine d'eau sous pression, et des cuirs emboutis formaient garniture autour du piston de chaque côté de cette cavité. Le frottement était mesuré par l'effort qu'il fallait exercer pour déplacer l'ensemble de ces deux pistons. Deux cuirs emboutis étant employés dans l'appareil, on n'a qu'à diviser le résultat par deux pour obtenir le frottement d'un cuir.

On a objecté que le second de ces cuirs était frotté en sens contraire du premier, et que le coefficient de frottement pouvait être un peu différent; il n'était donc pas prouvé qu'en divisant par deux on obtint le frottement d'un seul cuir embouti.

M. Marié a montré qu'il n'y avait presque pas d'intérêt à savoir si un seul cuir donnait la moitié ou une fraction un peu différente de l'effort, vu la faible valeur de la résistance totale.

Ce point établi pour une machine d'essai consistant en une simple presse hydraulique, où par conséquent le frottement des cuirs emboutis est négligeable, il reste à mesurer la pression de l'eau.

M. Marié a indiqué comment on pouvait arriver à avoir des manomètres métalliques donnant cette pression; il a indiqué le principe de l'appareil.

La conclusion de M. Marié est qu'il est possible, avec une simple presse

hydraulique et un manomètre, d'obtenir à peu de frais une machine d'essai puissante et exacte.

La section est d'avis que les renseignements sur les coefficients de frottement présentent un grand intérêt, non seulement pour les machines d'essai de matériaux, mais encore pour toute l'industrie en général. Elle émet le vœu que les expériences de M. Marié sur les cuirs et les garnitures de toutes sortes soient continuées dans les laboratoires de mécanique appliquée.

La seconde question à l'ordre du jour était le travail très important de M. Svilokossitch sur l'unification des méthodes d'essai des matériaux de construction. Ce mémoire a été lu et discuté avec détails par la section, qui a émis le vœu suivant : il est nécessaire de donner le plus de détails possibles en rapportant les essais de traction et autres, la simple mention des chiffres de résistance et d'allongement étant évidemment insuffisante. Il faut tâcher de rapporter toutes les circonstances de l'expérience afin que plus tard on puisse comparer cet essai à d'autres.

M. Marié a signalé une loi intéressante, la loi de similitude des éprouvettes, de laquelle il résulte qu'il ne serait pas absolument nécessaire d'avoir toujours des éprouvettes ayant les mêmes dimensions, mais des éprouvettes ayant des dimensions géométriquement semblables; par exemple, il suffirait que le rapport du diamètre à la longueur fût toujours le même.

À ce sujet, la première section émet ce second vœu que la loi de similitude des éprouvettes soit étudiée, à nouveau, dans toutes ses circonstances.

En troisième lieu, la section recommande l'emploi de machines qui donnent le tracé graphique de toutes les circonstances de l'essai.

En quatrième lieu, elle prend acte de tous les travaux qui ont été faits à l'étranger sur l'unification des essais de métaux.

La section a ensuite entendu et discuté le mémoire de M. Godillot sur l'utilisation de mauvais combustibles par l'emploi de foyers à combustion méthodique. Le système de M. Godillot consiste essentiellement en une grille à gradins en forme de demi-cônes à base circulaire. Le combustible est fourni automatiquement au sommet du cône et se répand sur tous les gradins. M. Godillot est arrivé ainsi à brûler des combustibles extrêmement mauvais, non seulement des copeaux, mais de la tannée; il est arrivé à des résultats très remarquables; bien entendu, pour chaque espèce de combustibles, il a fallu faire une étude spéciale; ce qui convient pour l'un ne convient pas toujours pour l'autre. M. Godillot a donné des tableaux très intéressants du pouvoir calorifique de ces différents combustibles comparé à celui de la houille, et il a indiqué la manière de faire varier la consommation des grilles suivant les besoins.

La section est d'avis qu'il est important d'avoir un grand nombre d'essais sur ces questions, et notamment sur la combustion du charbon menu.

Viennent ensuite plusieurs mémoires sur divers types de chaudières à circulation d'eau dans les tubes, par MM. d'Allest, Trépardoux, Rocour et Lesourd, M. Lesourd parlant du générateur Serpollet.

À l'occasion du mémoire sur le générateur Serpollet, la section pense qu'il serait utile d'éclaircir quelques points; qu'il serait nécessaire, en particulier, d'avoir des données précises sur l'appareil, de faire des expériences pour déterminer la section réelle du tube du générateur Serpollet à chaud et en

pression, pour connaître la quantité d'eau vaporisée avec un tube donné, l'utilisation du combustible dans ce générateur et les phénomènes qui accompagnent la vaporisation de l'eau dans une enceinte aussi restreinte. Il y a là des questions théoriques qui malheureusement n'ont pas pu être étudiées jusqu'à ce jour. La section émet le vœu que cette étude soit faite.

M. d'Allest a décrit un générateur à tubes, employé par la Compagnie Fraissinet, qui se substitue à la chaudière marine ordinaire.

La chaudière marine ordinaire, avec son très grand diamètre, a une épaisseur de tôles très considérable, quand on veut aborder les hautes pressions nécessaires aujourd'hui pour les machines à triple expansion; de plus, on lui reproche une circulation d'eau assez difficile, ou du moins, on est parfois conduit à adopter des appareils accessoires pour bien assurer cette circulation.

Le générateur que M. d'Allest a décrit, et qui est formé de tubes, est disposé de manière à tenir la même place qu'une chaudière marine ordinaire; de plus, il se distingue par la présence d'une chambre de combustion assez grande, c'est-à-dire que les tubes ne sont pas très rapprochés de la grille, et ensuite par quelques précautions ingénieuses pour bien faire circuler les gaz chauds à travers le faisceau tubulaire; les sections des carneaux ont été calculées en tenant compte du refroidissement des gaz qui en diminue le volume.

M. d'Allest a signalé, à propos de la nécessité d'une chambre de combustion, certaines expériences qui, d'après l'avis de la section, ne peuvent pas être admises exactement telles qu'elles ont été rapportées; d'après ces expériences, l'acide carbonique, une fois formé, se décompose, au contact des tubes froids, en oxyde de carbone et en oxygène, en perdant ainsi une certaine quantité de la chaleur. On a parlé à ce propos, et notamment M. Lencauchez, de la nécessité des prises de gaz dans le foyer.

D'ailleurs, la section a été entièrement de l'avis de M. d'Allest sur l'utilité d'avoir une chambre de combustion suffisante au-dessus de la grille.

Le mémoire de M. Trépardoux donne des détails intéressants sur un type spécial de chaudière à circulation d'eau dans les tubes, qui consiste en une enveloppe cylindrique au milieu de laquelle est le foyer et un bouilleur cylindrique central. Le bouilleur et l'enveloppe sont reliés par des tubes légèrement inclinés; cette chaudière présente des chicanes intérieures pour la circulation de l'eau et de la vapeur.

Le point particulièrement discuté à l'occasion de cette chaudière, dont on a tour à tour signalé les avantages, la légèreté, l'économie sur la dépense de combustible, l'économie sur le temps de mise en pression, etc., a été de savoir s'il était avantageux et prudent d'avoir des tubes où ne circule que de la vapeur. Dans cette dernière disposition de chaudières, ces tubes risquent d'être trop chauffés parce qu'ils ne sont jamais refroidis par l'eau; dans la chaudière présentée, cependant, on a pensé que les tubes étant constamment humides ne présentaient guère cet inconvénient.

M. Rocour a décrit une chaudière dérivée de la chaudière Field.

C'est une chaudière Field dans laquelle la grande cheminée centrale a été supprimée et remplacée par une série de tubes à travers lesquels passent les gaz chauds; au-dessous de chacun de ces tubes pend une série de tubes Field ordinaires; les tubes traversés par les gaz chauds sont en partie dans l'eau, en

partie dans la vapeur, mais on a pensé qu'ils étaient suffisamment refroidis pour que cette disposition ne présentât pas d'inconvénient.

Le second point de la chaudière de M. Rocour est la manière de faire l'enveloppe qui entoure le foyer. Cette enveloppe, dans les chaudières Field ordinaires, consiste en deux cylindres entre lesquels se trouve de l'eau. M. Rocour, au contraire, a fait cette enveloppe de tubes Field jointifs; il fallait un certain artifice pour faire toucher ces tubes, parce que les trous de la plaque tubulaire se seraient également touchés si ces tubes avaient la forme ordinaire; on a simplement résolu la question, en faisant usage de tubes fortement rétrécis, à leur partie supérieure, qui ont la forme d'un goulot de bouteille. La partie supérieure de petit diamètre est encastrée dans la plaque tubulaire. M. Rocour a insisté sur la simplicité de construction de sa chaudière, qui n'exige que les ressources que présentent tous les ateliers de chaudronnerie, et sur la légèreté et l'économie de ce type de chaudière qui, en tous cas, paraît très intéressant.

En terminant ses séances, la seconde section a remercié les différents auteurs de ces communications des travaux qu'ils ont bien voulu faire. Elle a émis le vœu que, dans la limite du possible, les procès-verbaux des séances et les mémoires présentés fussent imprimés.

COMPTE RENDU

DES TRAVAUX DE LA TROISIÈME SECTION,

PRÉSENTÉ PAR M. HIRSCH, PRÉSIDENT.

La section a procédé à l'audition et à la discussion de tous les mémoires annoncés à l'ordre du jour, à l'exception de celui de M. Hillairet; l'auteur, se trouvant en ce moment absent de Paris, s'est fait excuser.

M. W. Donaldson avait envoyé un mémoire sur la transmission de la puissance à l'aide de fluides sous pression, avec description d'une application de l'eau comprimée au pompage des eaux d'égout. M. Richard a eu l'obligeance de traduire cette note, et, en l'absence de l'auteur, il a bien voulu la présenter à la section. Après avoir comparé les divers modes de transmission du travail et indiqué les motifs de la préférence qu'il accorde à l'eau sous pression, M. Donaldson décrit le projet d'assainissement d'une ville au moyen d'égouts à petite section, constamment épuisés à l'aide de pompes. Ces pompes, installées en divers points de la surface à assainir, sont commandées par une usine motrice unique, à l'aide d'une canalisation d'eau comprimée. Le mécanisme de la pompe et la disposition de la colonne d'eau qui la commande sont d'une conception fort ingénieuse.

M. Hanarte donne la description et la théorie de ses compresseurs d'air et des pompes nouvelles qu'il a imaginées. Il indique les imperfections des compresseurs ordinaires à matelas d'eau, et les moyens qu'il a mis en œuvre pour atténuer les pertes de travail, résultant des mouvements alternatifs de masses

d'eau considérables, et pour imprimer à ses compresseurs des vitesses non encore atteintes. Des principes analogues, dont M. Hanarte démontre la théorie, lui ont permis d'établir des pompes à grande vitesse de piston, ne donnant lieu ni à des chocs, ni à des pertes de charge importantes.

Après cette intéressante communication, qui a captivé l'attention de la section, la parole a été donnée à M. Brancher, pour la lecture d'un mémoire de M. Léon Dufresne sur l'historique de la transmission par l'air comprimé; cette notice, fort étudiée, est une collection de renseignements, puisés aux sources les plus certaines sur les origines de l'application de l'air comprimé à la transmission du travail mécanique.

Vous avez encore dans l'esprit, Messieurs, le magnifique mémoire qui vous a été présenté par M. Richard sur les machines employées pour la fabrication du froid. M. Diesel a demandé à présenter quelques observations faisant suite à ce mémoire : en quelques pages très serrées, très précises, dans lesquelles se manifestent à la fois les connaissances théoriques du savant et la compétence du praticien, M. Diesel expose ses idées sur la matière : comme fluide intermédiaire, il rejette successivement l'air, l'éther, l'acide sulfureux et l'acide carbonique; ses préférences se portent sur l'ammoniac; il montre les défauts des machines verticales, des machines à réaction, telles que celles de Carré, et émet l'opinion que le système qui a, jusqu'à ce jour, la prééminence est celui de M. Linde, tel qu'il est construit aujourd'hui par la maison Sulzer. Cette communication, appuyée sur des faits nombreux et des arguments solides, est écoutée avec une grande attention, et sert de point de départ à une discussion approfondie, à laquelle ont pris part plusieurs des membres de la section.

On s'est d'abord demandé s'il était toujours nécessairement vrai que la compression d'un gaz liquéfiable donnât lieu, dans le cylindre compresseur, à une surchauffe du gaz. La discussion fut fort animée : d'une part M. Diesel apportait des faits d'observation favorables à cette théorie; d'autre part, on faisait observer qu'il ne fallait pas confondre l'échauffement avec la surchauffe. Cet examen contradictoire, conduit d'ailleurs avec autant de loyauté que de courtoisie, amena un résultat qui est bien rare dans les discussions de cette nature : les deux parties tombèrent d'accord; elles reconnurent que ni l'une ni l'autre des deux opinions ne présentait une certitude absolue; et le motif de ces doutes est bien simple : on manque jusqu'à ce jour des données numériques indispensables pour calculer les phénomènes qui se passent pendant la compression.

M. Richard, en constatant cet accord, résume la discussion, et fait remarquer combien il est regrettable que, faute de données, les points les plus intéressants de la théorie des machines à froid demeurent nécessairement dans le doute et l'obscurité. En conséquence, il propose à la section d'émettre un vœu, tendant à ce que des expériences soient entreprises pour déterminer les constantes physiques des fluides employés dans les machines à faire le froid.

Cette proposition a été adoptée à l'unanimité par la section et vous vous souvenez, Messieurs, qu'appuyée par M. Diesel, elle a été également adoptée par le Congrès.

M. Richard, reprenant la discussion, a présenté quelques observations fort

sensées sur les idées exposées par M. Diesel; il pense qu'en matière d'industrie, il importe de ne pas se prononcer d'une manière trop absolue, que tel système, qui donne aujourd'hui de bons résultats, peut être demain dépassé par d'autres; il n'accueille qu'avec réserve les expériences de Munich, citées par M. Diesel, les résultats de ces expériences se trouvant contredits par d'autres plus récentes, notamment en ce qui concerne les machines à réaction.

Sur cette même question des machines à produire le froid, M. Lebrun nous a décrit un système de machine à ammoniac, dans lequel il a pu supprimer les presse-étoupes des tiges des compresseurs. Les compresseurs sont à simple effet et sont séparés par un réservoir en forme de cloche qui renferme la transmission de mouvement. Un cadre rectangulaire, fixé aux tiges des pistons, est commandé par un arbre coudé, passant à travers les parois du réservoir; cet arbre n'ayant d'autre mouvement que celui de rotation qui lui est donné par une transmission extérieure.

M. Anthoni nous a ensuite fait un exposé des procédés qu'il met en usage pour empêcher les vibrations des machines de se communiquer au sol. Cette question devient chaque jour de plus en plus pressante et a revêtu, dans ces derniers temps, une véritable acuité : les machines s'installent dans le centre des lieux habités, notamment les usines électriques, et les voisins se trouvent souvent fort gênés par les trépidations qu'elles produisent; de là des réclamations et des procès. Pour faire taire ces vibrations, M. Anthoni asseoit la machine sur des supports en caoutchouc; mais ce n'est pas assez d'un appui vertical; tout contact métallique d'une pièce de machine avec une pièce fixée au sol suffit pour transmettre les vibrations; il faut recourir à un isolement complet, électrique pour ainsi dire. M. Anthoni a étudié le problème avec une sagacité remarquable, et il donne à la section la description des procédés auxquels il a été amené par cette étude. Ces procédés ont réussi à tel point que les vibrations les plus violentes, telles que celles qui sont produites par des marteaux-pilons, se trouvent complètement amorties.

A propos de cette communication, M. Solignac fait connaître à la section les moyens employés dans le même but par la Compagnie parisienne de l'air comprimé; on fait usage d'un tapis en fibres de coco interposé sous la fondation; cette matière est élastique, incorruptible et a donné les meilleurs résultats.

M. Butticaz donne ensuite la description de l'installation faite à Genève pour la distribution de l'eau et du travail. La force motrice est obtenue au moyen de la chute d'un barrage établi sur le Rhône à sa sortie du lac de Genève; elle est recueillie dans une vaste usine, au moyen de turbines actionnant des pompes; l'eau comprimée est ensuite distribuée, et on l'utilise pour la force motrice au moyen de turbines de très petit volume et tournant à grande vitesse. M. Butticaz fait passer sous les yeux des membres de la section les dessins très complets de cette belle installation, en les accompagnant d'explications du plus grand intérêt, que malheureusement l'heure avancée l'oblige à trop écourter. La section émet le vœu que M. Butticaz envoie un mémoire qui puisse être inséré *in extenso*.

Vous savez, Messieurs, que M. le Président m'avait confié la tâche de guider les membres du Congrès dans une visite à faire aux appareils mécaniques de l'Exposition. Cette circonstance ne m'a pas permis d'assister à la dernière

séance de la section ; cette séance a été présidée par M. Richard, qui voudra bien en rendre compte. Mais, avant de lui passer la parole, je désire, au nom de la section, adresser les plus vifs remerciements à MM. les secrétaires, qui ont rempli leurs fonctions, parfois difficiles, avec un soin et un dévouement qu'on ne saurait trop louer.

Laissez-nous aussi espérer que les communications qui nous ont été faites, et dont vous avez pu, par le résumé court et incomplet que je viens de faire, apprécier l'intérêt pratique et la haute valeur scientifique, pourront intégralement trouver place dans les publications du Congrès.

COMPTE RENDU
DES TRAVAUX DE LA TROISIÈME SECTION
PENDANT SA DERNIÈRE SÉANCE,
PRÉSENTÉ PAR M. GUSTAVE RICHARD, VICE-PRÉSIDENT.

M. Raffard nous a entretenus d'une ingénieuse modification apportée au totalisateur de Poncelet. On sait que les indications de ce totalisateur cessent d'être exactes quand la roulette arrive aux environs du centre du plateau ; pour parer à cet inconvénient, M. Raffard emploie, au lieu d'une seule roulette, deux roulettes folles aux extrémités d'un diamètre du plateau. L'écartement de ces roulettes est invariable sur leur axe, qui se déplace avec elles, parallèlement au plateau, de quantités proportionnelles aux efforts : il en est de même de la somme algébrique de leur rotation, et c'est la différence de ces rotations qui totalise le travail, exactement en tout point, parce que les roulettes ne se rapprochent jamais trop du centre du plateau. La constance de la somme des rotations fournit d'ailleurs un élément de contrôle. Le perfectionnement très simple de M. Raffard peut s'adapter très facilement aux nombreuses applications du totalisateur de Poncelet.

M. Trouvé nous a apporté et a fait fonctionner devant nous un grand nombre de modèles très ingénieux de dynamomètres donnant, sur des échelles très étendues et depuis les plus petites forces, des indications très précises. Dans ces appareils, l'effort est mesuré par la torsion d'une lame logée dans la tige du dynamomètre, et la vitesse par la dépression que détermine, sur un manomètre, la rotation, dans l'air ou dans l'eau, d'un tourniquet ou tube à réaction tournant avec l'appareil. Ces dynamomètres, remarquables par une foule de détails dont l'ingéniosité n'étonne plus de la part de M. Trouvé, peuvent, en principe du moins, s'appliquer aussi aux très grandes forces.

Le frein que nous a présenté M. Sneyers est une application très ingénieuse de la résistance considérable que développe le frottement d'une brosse pressée sur une autre brosse ou sur une surface dentelée. M. Sneyers a réalisé, d'après ce principe, au moyen de brosses en acier, des freins d'ascenseurs et des embrayages très sûrs et très énergiques, sous un faible volume, et qui n'exigent que peu d'entretien.

Dans son mémoire sur la transmission et la distribution de la force par l'air comprimé, M. Solignac, ingénieur de la Compagnie parisienne de l'air comprimé, nous a donné, outre la description sommaire des installations de cette compagnie, les éléments d'un projet de distribution d'air comprimé plus considérable encore (10,000 chevaux), établie dans des conditions analogues. Tout en rendant hommage à la compétence toute spéciale de l'auteur, quelques-unes de ses conclusions ont paru à la plupart des auditeurs peut-être un peu trop exclusives en faveur de l'air comprimé. Il est résulté de la discussion du mémoire de M. Solignac que les différents modes de transmission de la force, l'électricité notamment, étaient encore loin d'avoir dit leur dernier mot, et qu'il se présenterait toujours, dans la pratique, des circonstances particulières telles qu'il serait prématuré de donner, dès aujourd'hui, la préférence exclusive à tel ou tel de ces moyens.

Les travaux de la troisième section se sont terminés par une intéressante communication de son dévoué secrétaire, M. Brancher, sur quelques points particuliers de la théorie des courroies, et sur un nouveau mode de construction de poulies en fer à la fois légères et très solides.

