

SOMMAIRE DU BULLETIN N° 99.

	PAGES
1^{re} PARTIE. — TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ :	
Assemblées générales mensuelles.....	151
2^e PARTIE. — TRAVAUX DES COMITÉS (procès-verbaux des séances) :	
Comité du Génie civil, des Arts mécaniques et de la Construction..	159
— des Arts chimiques et agronomiques.....	161
— du Commerce, de la Banque et de l'Utilité publique.....	163
3^e PARTIE. — TRAVAUX DES MEMBRES :	
A. — Analyses :	
M. KESTNER. — Monte-acide pour l'acide nitrique.....	152
M. MATIGNON. — Préparation du carbure de sodium.....	155
— L'industrie des Parfums.....	156
M. P. SÉE. — La Question monétaire.....	156
M. LESCEUR. — Le Monopole de l'alcool et l'hygiène.....	157
B. — In extenso :	
M. Th. CAMBIER. — La Locomotion automobile.....	165
M. L. BRUNHES. — De l'emploi des moteurs polyphasés dans les distributions à courants alternatifs monophasés.....	179
4^e PARTIE. — TRAVAUX RÉCOMPENSÉS :	
M. E. MAURICE. — Soupape de sûreté à échappement progressif..	189
5^e PARTIE. — CONFÉRENCES :	
M. MAURICE VERSTRAETE. — La Russie industrielle et l'exposition de Nijni-Novgorod.....	199
M. PAILOT. — Les Bases scientifiques de la musique.....	223
6^e PARTIE. — DOCUMENTS DIVERS :	
Bibliographie.....	263
Bibliothèque.....	264
Nouveaux membres.....	265

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE

du Nord de la France.

Déclarée d'utilité publique par décret du 12 août 1874.

BULLETIN TRIMESTRIEL

N° 99

25^e ANNÉE. — Deuxième Trimestre 1897.

PREMIÈRE PARTIE.

TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ.

Assemblée générale mensuelle du 26 Avril 1897.

Présidence de M. KOLB, Vice-Président.

M. J. Hochstetter, secrétaire-général, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance qui est adopté sans observation.

Correspondance. M. LE PRÉSIDENT donne communication de plusieurs lettres de remerciements de membres nouvellement admis.

M. DEFLINES, inspecteur départemental de l'Enseignement technique a demandé des renseignements sur l'organisation de la Société ; ces renseignements lui ont été adressés.

Sur la demande du Cercle polytechnique de Bruxelles, la Société a organisé quelques visites industrielles pour les élèves-ingénieurs de l'Université libre de Bruxelles.

Sept établissements divers ont été visités pendant les jour-

nées des 12, 13 et 14 avril. Les excursionnistes se sont retirés enchantés de l'accueil qui leur a été fait partout.

Excursions. La Société Industrielle a fait dans le courant du mois deux intéressantes visites. Elle se rendit d'abord le 6 avril à l'Institut Industriel du Nord de la France, où elle fut reçue par M. Gruson, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, Directeur, et M. Stoclet, Sous-Directeur.

Le 15 avril, M. le D^r Calmette, reçut à son tour à l'Institut Pasteur les membres de la Société Industrielle.

Quarante membres environ ont assisté à chacune de ces visites.

Programme de Concours. La révision des questions de concours a été terminée plus tôt cette année par les comités et le programme est en tirage ; il sera distribué dans quelques jours.

Conférence. Le 11 avril a eu lieu la conférence de M. OLYR sur les Mines d'or du Transvaal. M. Olyr a exposé la question de façon magistrale. M. le Président est certain d'être l'interprète des sentiments de l'Assemblée en lui renouvelant les remerciements qui lui ont été adressés le jour de la séance.

Communications :

M. KESTNER. M. KESTNER a déjà parlé à la Société de son système de pulsomètre automatique à air comprimé pour l'élévation des liquides. Il en rappelle brièvement le principe. Lorsqu'il s'est agi d'élever des acides, il a fallu faire les différentes pièces de l'appareil en substances spéciales.

L'élévation de l'acide nitrique en particulier donnait lieu à de grandes difficultés, car cet acide attaque le plomb et l'ébène. Le platine lui-même est attaqué à moins de l'employer à l'état de platine irridié. — C'est de cet alliage que se sert d'ailleurs M. Kestner pour ses soupapes. Comme il était inadmissible de penser à faire des appareils d'élévation en platine irridié,

M. Kestner eut recours au grès. Il montre un appareil monté, fait de cette matière et si parfait de forme qu'on ne pourrait faire mieux avec un métal. Les colonnes montantes sont elles-mêmes en grès et les brides des tuyaux et raccords sont assez bien dressés, pour pouvoir à la rigueur faire joint par simple contact : l'appareil présente de nombreuses dispositions ingénieuses dont il sera facile de se rendre compte en lisant la description qui paraîtra au Bulletin.

M. BRUNHES (1).

—
Emploi
de moteurs
à courants
triphases
dans
les distributions
par courants
monophasés.

On s'occupe beaucoup des courants polyphasés en ce moment, car ils permettent de résoudre avec avantage dans quelques cas certains problèmes industriels intéressants. Les courants alternatifs n'ont guère été employés tant qu'ils sont restés monophasés, car ils donnaient lieu à de graves difficultés lorsqu'on voulait les employer pour l'actionnement des moteurs. Le courant triphasé au contraire permet l'emploi de moteurs simples qui démarrent avec facilité.

Afin de permettre l'emploi des moteurs triphasés sur les anciennes distributions à courants monophasés, on a eu recours à certaines artifices qu'expose en détail M. BRUNHES : addition d'une troisième bobine de moindre importance aux bobines de la dynamo, avec adjonction d'un 3^e fil partant de cette bobine, emploi d'un moteur auxiliaire convertisseur de phase, accouplement de plusieurs moteurs, etc.

Mais si intéressants que puissent être les courants polyphasés, M. Brunhes met en garde les industriels contre un entraînement irréfléchi, qui pourrait les porter à condamner le courant continu. Chaque installation particulière a besoin d'une étude approfondie spéciale, pour déterminer en connaissance de cause à quel mode de production de l'énergie électrique il y a lieu de recourir.

M. le Président remercie MM. Kestner et Brunhes de leur instructive et intéressante communication.

(1) Compte-rendu *in extenso*, page 179.

Assemblée générale mensuelle du 31 Mai 1897.

Présidence de M. Ed. AGACHE, Président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté sans observation.

Correspondance M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Chapuy, vice-président de la Société, venant d'être nommé ingénieur en chef des chemins de fer Portugais, s'est vu forcé de donner sa démission de membre du Conseil d'administration.

Il exprime tous les regrets de la Société de ce départ qui la prive d'un de ses membres les plus distingués.

La Société Industrielle d'Amiens, nous informe que la place de professeur de ses cours de tissage est actuellement vacante. Les candidats qui voudraient se présenter peuvent s'adresser au secrétariat.

M^{me} Georges VILLE dans une lettre nous faisant part de la mort de M. Georges Ville, nous annonce son intention de faire don à la Bibliothèque de notre Société des importants travaux de son mari.

Des remerciements ont été adressés à M^{me} Georges Ville.

Un Congrès international des accidents du travail, doit se tenir cette année à Bruxelles à l'occasion de l'Exposition.

M. LE PRÉSIDENT exprime le désir qu'un délégué de la société assiste à ce congrès. Les comités du génie civil, de la filature et du commerce s'entendront à ce sujet.

Local. M. LE PRÉSIDENT annonce que des mesures spéciales de sécurité ont été prises pour l'évacuation rapide de la grande salle. Il existe maintenant trois sorties, une sur la rue du Nouveau-Siècle et deux sur la rue de l'Hôpital-Militaire. Des affiches très apparentes, indiquent les chemins à suivre et dans les différentes séances qui ont eu lieu depuis, le public a été

invité à se servir des différentes issues afin de les bien connaître.

M. MATIGNON.
Préparation
du carbure
de sodium.

M. MATIGNON a essayé de préparer des homologues de l'acétylène en partant du carbure de calcium, mais sans réussir ; ce corps en effet, n'agit que sur l'eau et son inactivité tient à sa haute température de formation.

M. Matignon, pour tourner la difficulté, pensa à faire réagir directement l'acétylène sur différents corps. C'est ainsi qu'il étudia la préparation du carbure de sodium, par l'action de l'acétylène sur le sodium. En agissant ainsi, le produit est impur et contient des matières charbonneuses provenant de la décomposition d'une partie du carbure par la température même de la réaction, mais en agitant vivement le sodium fondu dans une atmosphère d'acétylène, la température de la réaction est moins sensible et on obtient le produit pur.

Ce corps donne lieu à des actions très curieuses, notamment avec le brome et l'iode, — c'est un explosif très puissant et dangereux à manier en présence d'oxydants. Jusqu'ici, le carbure de sodium n'a pas reçu d'application parce qu'il se décompose sous l'influence de l'humidité de l'air en dégageant peu à peu de l'acétylène.

L'industrie
des parfums.

Jusqu'ici l'industrie de la parfumerie a été essentiellement agricole, mais la chimie tend aujourd'hui, par la fabrication de produits synthétiques, à faire une concurrence désastreuse aux produits naturels. C'est en Allemagne qu'est née cette nouvelle industrie ; ce pays est d'ailleurs particulièrement bien organisé pour provoquer des découvertes, attendu que l'industriel allemand sait faire des sacrifices souvent très lourds pour encourager les études et les travaux des hommes de sciences et des chercheurs.

La synthèse de la matière qui donne le parfum aux violettes et qui est la même que celle d'iris, fut faite par le chimiste

allemand Tiemann. Il résulte de la fabrication de ces produits, que les prix des parfums est tombée à des prix relativement très bas ; la tendance est générale et il est à craindre que la synthèse chimique se substitue de plus en plus à l'industrie agricole.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Matignon et il espère qu'il voudra bien tenir la Société au courant de ses découvertes.

M. Paul SÉE.
La question
monétaire.

La question monétaire est une question des plus graves. Etant donnée l'importance du sujet M. Sée divisera sa communication en deux parties et il commence en donnant l'opinion des bimétallistes.

L'abondance de l'or est insuffisante pour servir de monnaie unique ; il faut lui adjoindre de l'argent. La difficulté de ce double emploi est de maintenir le taux relatif des deux métaux. Le rapport de 15,5 qui a subsisté pendant trois quarts de siècle ne pouvait se maintenir indéfiniment de lui-même ; la fixité ne peut être obtenue que par un accord international. D'ailleurs, que l'étalon soit d'or ou d'argent, la circulation se fera toujours beaucoup en papier gagés. On demande à avoir une monnaie saine, mais il ne faut pas oublier que c'est le crédit d'un pays qui doit être sain avant tout, et à ce point de vue, la France, malgré ses désastres, tient toujours le premier rang.

Actuellement ce qui fait la dépréciation de l'argent, c'est le manque de débouchés ; il faudrait rouvrir les hôtels de frappe et l'argent, cessant d'être une marchandise, retrouverait son prestige.

De toute façon puisque l'or se trouve en quantité insuffisante dans le monde pour servir d'étalon unique à toutes les nations, il ne semble pas qu'il puisse y avoir une autre solution que le bimétallisme : la France a elle seule pendant 75 ans a su maintenir l'équilibre du bi-métallisme et cet équilibre se

maintiendrait à fortiori si plusieurs nations s'entendaient à ce sujet.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Sée de sa très intéressante communication, dont tous entendront avec plaisir la seconde partie à la prochaine réunion.

M. LESCOEUR.
—
Le Monopole
de l'alcool
et l'Hygiène.

M. LESCOEUR entretient la Société des recherches qu'il a faites sur la constitution des huiles amyliques. On appelle ainsi les impuretés qui existent dans les alcools d'industrie et qu'on en peut séparer par la rectification. Il montre que la présence des alcools amylique et isobutylique n'est pas douteuse. Mais il conteste la présence dans les huiles des autres alcools qui y ont été signalés, en particulier de l'alcool propylique.

Il signale le grand intérêt qu'il y aurait à ce que des travaux semblables fussent faits sur les huiles de vin et la conséquence importante que ces recherches pourraient avoir pour l'industrie des alcools.

Il indique ensuite la relation que présente ce sujet avec la question de l'alcoolisme, dont il indique la cause et le résultat.

Il montre enfin que le monopole n'a rien à voir avec la question de l'alcoolisme. C'est une mesure fiscale portant une grave atteinte à la liberté industrielle et une redoutable menace pour une de nos industries nationales encore prospère. C'est sans doute pour dissimuler ce que cette mesure a d'odieux que l'on fait intervenir à tort les intérêts de la santé populaire.

Il espère qu'on ne parviendra pas à détourner ainsi l'attention publique de la nécessité présente, évidente pour tous les esprits clairvoyants, d'en finir avec l'accroissement continu de tous nos impôts et d'appliquer exclusivement la politique économique.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Lescœur.



DEUXIÈME PARTIE.

TRAVAUX DES COMITÉS.

Procès-Verbaux des Séances.

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

Séance du 14 avril 1897.

Présidence de M. ARQUEMBOURG, Président.

A la dernière Assemblée générale, M. le Président a demandé au Comité du Génie Civil d'examiner dans quelles conditions un concours de voitures automobiles pourrait être organisé par la Société.

Le Comité décide que ce concours sera annoncé dès maintenant, mais qu'il ne pourra avoir lieu qu'en 1898.

Dans sa prochaine séance, le Comité nommera une Commission pour élaborer un programme.

M. BRUNHES parle ensuite de l'emploi des moteurs polyphasés dans les distributions par courants monophasés.

Les dispositions particulières décrites par M. Brunhes ont été imaginées par M. STEINMETZ. Cette communication sera reproduite en Assemblée générale (1).

(1) Voir page 153.

Séance du 19 mai 1897.

Présidence de M. ARQUEMBOURG, Président.

Le Comité adopte en principe l'organisation d'un concours d'automobiles pour 1898. Ce projet sera annoncé dans le programme de cette année, en spécifiant que ce concours concerne principalement les constructeurs de la région du Nord.

Cette question sera élucidée par une Commission composée de MM. DELEBECQUE, NEU, WITZ, ARQUEMBOURG, DUBRULE, VILLAIN et MOLLET.

M. DELEBECQUE entretient ensuite le Comité des locomotives Compound de la C^{ie} du Nord. Il explique comment on a été amené à faire détendre la vapeur dans deux cylindres par suite de l'augmentation de pression des chaudières. Il annonce que la C^{ie} du Nord va appliquer également le système Compound aux locomotives à marchandises. Cette communication sera reproduite en Assemblée générale.

Comité des Arts Chimiques.

Séance du 8 avril 1897.

Présidence de M. A. BUISINE, Président.

MM. LESCOEUR et LAISNÉ s'excusent de ne pouvoir assister à la séance.

M. KESTNER entretient le Comité de son monte-acide par l'acide nitrique.

M. Kestner a déjà parlé au Comité des appareils automatiques à air comprimé pour l'élévation des acides en général.

Jusqu'ici l'acide nitrique seul n'avait pas été élevé, parce qu'il attaque toutes les substances ordinairement employées dans la construction des appareils. M. Kestner a eu recours à la poterie et a réussi. Dans ce monte-acide, tout est en cette matière, même la soupape d'arrivée du liquide et le flotteur. Les seules parties métalliques sont les soupapes de distribution d'air et le fil de suspension du flotteur; ces parties sont en platine irridé, alliage particulièrement résistant et qui n'est pas altéré par les acides (1).

M. BUISINE remercie M. Kestner et donne la parole à M. Matignon.

M. MATIGNON parle de la préparation du carbure de sodium $C^2 Na^2$.

Il a pu le premier obtenir ce corps à l'état de pureté, en faisant réagir l'acétylène sur le sodium en remuant continuellement la masse (2).

M. BUISINE remercie M. Matignon et espère qu'il continuera à tenir le Comité au courant de ses recherches.

(1) Voir page 152.

(2) Voir page 155.

Séance du 13 mai 1897.

Présidence de M. BUISINE, Président.

M. LESCOEUR termine sa communication sur « le Monopole de l'alcool et l'Hygiène. »

M. LESCOEUR montre que certaines opinions des hygiénistes sur les différences qui peuvent exister entre l'alcool d'industrie et l'alcool naturel, ne reposent que sur des analyses erronées.

L'alcool est un poison d'autant plus actif qu'il est plus concentré ; il a des effets plus marqués pris à jeun qu'après le repas. L'ouvrier des villes, en général, résiste moins bien à l'alcool que l'ouvrier des campagnes, parce qu'il se nourrit moins bien et est moins vigoureux.

A propos du monopole de l'alcool, le souci de la santé publique n'est qu'un prétexte, et la vérité, c'est qu'on veut créer un impôt nouveau. L'expérience serait grave, car on pourrait n'avoir comme résultat que la ruine d'une industrie sans profit pour personne (1).

M. MATIGNON dit ensuite quelques mots de l'industrie des parfums. L'Allemagne s'est emparée de cette industrie et a fait une industrie chimique, grâce aux découvertes de savants largement encouragés, d'ailleurs, dans leurs recherches par les industriels allemands (2).

C'est ainsi qu'on fait aujourd'hui du musc, des essences de violette, de rose, etc., à des prix qui ne permettront bientôt plus aux industries agricoles des parfums de vivre.

M. Matignon termine par un exposé des méthodes employés pour la préparation chimique des parfums.

M. LE PRÉSIDENT remercie MM. Lescœur et Matignon de leurs communications.

(1) Voir page 157.

(2) Voir page 155.

Comité du Commerce, de la Banque et de l'Utilité
publique.

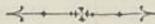
Séance du 16 avril 1897.

Présidence de M. LEDIEU, Président.

M. P. SÉE donne la fin de son Étude sur la question monétaire. Il expose aujourd'hui les arguments des monométallistes (1).

Après un intéressant échange de vue entre MM. P. Sée, G. Vandame et Ch. Rogez, le Comité, à l'unanimité, prie M. Sée de vouloir bien reproduire sa communication en Assemblée générale.

(1) Voir page 156.



Comité de Commerce de la Banque de la Virginie

Après un examen attentif de la proposition de M. P. ...

Le Comité a l'honneur de vous adresser ci-joint le rapport qu'il a l'honneur de vous adresser...

TROISIÈME PARTIE.

TRAVAUX DES MEMBRES

LA LOCOMOTION AUTOMOBILE

Par M. TH. CAMBIER,

INGÉNIEUR.

MESSIEURS,

Le sujet dont je vais vous entretenir aujourd'hui, vaudrait la peine d'être traité d'une façon plus complète que je ne pourrai le faire, car on peut assurer que la locomotion automobile modifiera profondément les moyens de transports employés jusqu'ici et marquera une étape importante dans l'histoire de la mécanique et de ses applications.

L'apparition des voitures automobiles, autres que les grosses routières que nous connaissons depuis longtemps, nous a tous presque étonnés. On ne se figurait guère, en effet, il y a quelques années, que cette question fût aussi avancée et il a fallu la course de Paris-Lyon organisée par M. Pierre Giffard, pour révéler au public que nombre de chercheurs et d'inventeurs s'en occupaient.

La course Paris-Rouen a vu surgir sur sa liste d'inscription les voitures les plus diverses, les moyens moteurs les plus étranges. La vapeur, l'électricité, le pétrole, l'air comprimé, la pesanteur, l'ac-

tion des ressorts, ou divers de ces moyens combinés voulurent se disputer la palme. Seuls la vapeur et le pétrole purent franchir l'étape; la sélection commençait à s'opérer. En 1895, la course de Paris-Bordeaux vit le triomphe du pétrole seul; la vapeur ne fut représentée jusqu'au bout que par un véhicule, celui de M. Bollée, du Mans, et encore il n'arriva au port qu'après des péripéties sans nombre. Enfin en 1896, la course à jamais mémorable de Paris-Marseille, ne vit arriver que le pétrole, décidément vainqueur. La question se simplifiait donc et aujourd'hui, on pourrait dire que la locomotion automobile sur route est exclusivement l'apanage du pétrole.

Cependant la locomotion automobile englobe encore d'autres services que la locomotion sur route; tels sont les tramways, véhicules lourds à grand trafic dans la traction desquels jusqu'ici le pétrole n'a joué aucun rôle que je sache. La vapeur, l'électricité et l'air comprimé, triomphent dans la traction de ce genre de véhicules et lui paraissent définitivement réservés. Les générateurs à vaporisation instantanée, système Serpollet, les tramways à eau chaude du système Francq, que vous connaissez tous, ont permis à la vapeur de s'installer dans l'intérieur des villes. L'électricité avec générateurs fixes et transmissions par trolley, jouit plus encore en ce moment de la faveur générale.

Enfin l'air comprimé, avec le système Mékarski, connu depuis longtemps, tient un rang honorable dans la traction des tramways.

Ce n'est pas toutefois de ce genre de véhicules que je veux vous parler aujourd'hui, Messieurs, mais seulement des automobiles sur routes, véhicules lourds ou légers suivant les besoins, destinés au transport des voyageurs ou des marchandises, au même titre que les voitures attelées, en trois mots, de la voiture sans chevaux.

Aucune innovation, aucune invention peut-être n'a été plus discutée, plus commentée, plus louée, plus vilipendée, que la voiture sans chevaux. Comme toute chose nouvelle, elle a passionné les esprits et elle a formé dans les masses deux camps bien distincts :

les amis de l'automobile, ses ennemis. Enfin, une troisième catégorie est composée de sceptiques qui regardent les premiers avec un dédain mélangé de pitié et les plaignent de s'agiter ainsi pour une utopie ; ceux-là sont des partisans que j'appellerai latents ; ils viendront à l'automobile, comme les ennemis d'ailleurs, comme tous, quand simplement et dépouillés de tout parti pris, ils auront pu apprécier la question à sa juste valeur.

De quoi se compose une voiture automobile ? Vous le savez tous, Messieurs, mais je me permettrai de le rappeler ici, afin de pouvoir faire ressortir les desiderata que doivent remplir les divers organes de la voiture.

Une voiture automobile se compose d'abord d'un véhicule de forme quelconque muni d'un moteur, transmettant aux roues à l'aide de transmissions une impulsion plus ou moins rapide ; enfin d'un système « *ad hoc* » qui permet d'imprimer au véhicule la direction voulue par le conducteur.

Nous trouvons dans une automobile quatre organes principaux :

1. Le moteur, qui presque toujours implique :
2. Le générateur ;
3. Les transmissions ;
4. La direction.

En passant, je rappelle les voitures à vapeur de Dion et Bouton, les voitures Serpollet, mais je ne parlerai que des voitures à pétrole.

Les moteurs à pétrole employés sur les voitures, sont dérivés tout au moins jusqu'ici, de deux types principaux, connus sous le nom de moteurs Daimler et de moteurs Benz. Tous ces moteurs sont à simple effet à un, à deux, ou à un plus grand nombre de cylindres ; ils sont alimentés par de l'air carburé à l'aide d'essence de pétrole, pesant 700 grammes par litre. La marche de ces moteurs est soumise au cycle dit : « de Beau de Rochas », c'est-à-dire que le piston doit se mouvoir pendant quatre courses simples, deux d'aller, deux de retour, pour une seule explosion du mélange gazeux,

ce qui fait que pour un moteur à simple effet et à un seul cylindre, on n'obtient qu'une explosion motrice pour deux tours de l'arbre.

Dans la première course, le piston s'éloigne du fond du cylindre et aspire le mélange gazeux, c'est le premier temps ; dans le second temps, le piston revient sur lui-même et comprime ce mélange ; l'allumage est alors effectué, l'explosion chasse le piston en avant et produit l'effort moteur, c'est le troisième temps ; enfin, dans le quatrième temps, le piston retournant à nouveau sur lui-même, expulse les gaz brûlés.

Nous voyons que par ce procédé, l'effort moteur n'est transmis du piston à la voiture que pendant un quart du temps de marche, et que le volant seul, emmagasinant de la force pour le reste du temps, doit avoir une puissance relativement grande, comme tous ceux employés d'ailleurs sur les moteurs à gaz. Afin d'éviter cet inconvénient, qui n'est pour ainsi dire pas marquant dans les petits véhicules, mais qui peut devenir grave dans les grands, on a multiplié le nombre de pistons moteurs, on en a mis deux, trois, quatre et même un plus grand nombre. Cela permet de mieux répartir la totalité de l'effort moteur pendant le temps de marche, d'avoir par conséquent un entraînement plus régulier et des trépidations moindres.

La multiplication des pistons permet en effet, par un calage déterminé des manivelles à 180 degrés, de faire marcher les pistons et les bielles en sens inverse et d'annuler en grande partie le choc dû au lancement de cette masse dans une direction déterminée. Théoriquement, la multiplication des pistons paraît donc avoir une grande utilité ; j'ajouterai que pratiquement il ne paraît pas que cette multiplication ait une bien grande importance dans les moteurs de petites forces. En outre, elle complique très sensiblement la voiture en multipliant les organes à graisser, ainsi que les allumeurs, et quand la voiture est destinée à un service de ville ou au tourisme, sans vouloir faire de vitesse à outrance, je donne volontiers la préférence au moteur à un seul cylindre.

Les moteurs à pétrole ou plus exactement à essence de pétrole

sont munis de deux organes primordiaux, ce sont l'allumeur et le refroidisseur.

Voyons d'abord l'allumeur. Le rôle de cet organe est d'allumer au moment voulu le mélange gazeux pour le faire détoner ; c'est un organe très important ; il faut que son action soit sûre et régulière, sous peine d'avoir des ratés qui diminueraient beaucoup la force du moteur.

Les allumeurs sont de deux sortes : électriques ou incandescentes. L'allumage se produit généralement à l'aide d'un petit accumulateur dont le courant est transformé dans une bobine de Rumkorff en un courant de haute tension. Ce courant envoyé, à l'aide d'une came appropriée dans la chambre d'explosion, entre deux parties métalliques convenablement isolées entre elles, provoque une étincelle très chaude qui détermine l'explosion.

L'allumage par incandescence est tout différent. Un tube en platine ou en nickel, bouché par un bout et vissé par sa partie ouverte sur la chambre d'explosion, est chauffé extérieurement à l'aide d'un bec Bunsen alimenté par du pétrole. Ce tube qui rougit à l'intérieur est calculé de longueur telle, que lorsque la compression devient suffisante dans le moteur, les gaz explosibles viennent au contact de la partie incandescente du tube ; c'est alors que se produit l'explosion.

Ces deux systèmes d'allumage ont leurs avantages et leurs inconvénients. L'allumage électrique a pour lui la possibilité de la mise en marche instantanée et de la suppression complète des chances d'incendie. Les brûleurs présentent plus de dangers sous ce rapport, mais surtout ils nous paraissent moins commode pour la mise en marche. Ils ont cependant l'avantage sur l'électricité, de ne pas faire intervenir dans la marche de la voiture, un agent supplémentaire qui augmente l'entretien de la voiture.

Le refroidisseur a pour but de maintenir le cylindre moteur, les soupapes et le piston, à une température assez basse pour empêcher le grippement.

En effet, Messieurs, la haute température d'explosion des gaz, aurait vite fait de porter les parties frottantes à une température trop élevée pour empêcher leur lubrification. Le refroidisseur se compose d'une chambre d'eau entourant le cylindre, ou quelquefois seulement la chambre d'explosion. Dans certains systèmes de voitures, l'eau d'un réservoir est envoyée dans la double enveloppe par une pompe, refoulée ensuite dans un refroidisseur à surface pour rentrer à nouveau dans la circulation.

D'autres systèmes ont un réservoir en charge sur le cylindre ; l'eau ne circule pas, mais bout autour du cylindre en empêchant ce dernier de s'échauffer trop, car une grande quantité de chaleur est prise au cylindre pour vaporiser l'eau de la double enveloppe. Certains petits moteurs de 4 ou 2 chevaux au plus n'ont pas de refroidisseurs à eau ; le cylindre est muni d'ailettes en nombre suffisant pour provoquer le rayonnement de l'excès de chaleur.

Le carburateur est pour ainsi dire la petite usine qui doit alimenter de gaz le moteur de la voiture ; le carburateur élémentaire se compose d'un réservoir à essence, sur le couvercle duquel se trouvent deux tubulures. L'une, débouchant à air libre, porte un plongeur qui vient affleurer un peu au-dessus du niveau de l'essence ; l'autre va au moteur et débouche sous la soupape d'admission. Quand le piston s'éloigne du fond du cylindre, il se produit dans le carburateur une dépression qui oblige l'air à venir lécher la surface de l'essence, à en évaporer une partie qui, sous forme de gaz, se rend avec l'air dans le cylindre. Pour obtenir le mélange gazeux le plus favorable à l'explosion, un robinet supplémentaire en communication avec l'air se trouve placé entre le carburateur et la chambre des soupapes.

De nombreux carburateurs ont été imaginés, les uns pour maintenir constant le niveau de l'essence dans le récipient ; les autres ayant pour but d'utiliser en même temps les parties lourdes et légères de l'essence, mais tous en somme remplissant le but que je viens d'expliquer.

Il ne suffit pas d'avoir sur une voiture un bon moteur, il faut

encore transmettre la force qu'il produit aux roues de cette voiture. Dans presque toutes les voitures, les roues arrières sont motrices, celles d'avant directrices.

Je ne connais d'exception pour les voitures à pétrole, que dans la voiture Lepape; je ne parlerai donc que du système le plus usité. La force du moteur est transmise aux roues arrières et dans ce but on emploie actuellement divers moyens: les courroies, les engrenages, les plateaux de friction. Ces organes actionnent toujours un arbre intermédiaire que l'on nomme arbre du différentiel, organe dont je vous expliquerai tout à l'heure le but; l'arbre du différentiel porte à chacune de ses extrémités un pignon de chaîne Gall; les roues portent elles-mêmes une roue dentée calée avec elles et engrenent avec les pignons par l'intermédiaire des chaînes; l'arbre du différentiel étant en mouvement, il est facile de comprendre que les roues tourneront et que la voiture avancera.

Le point important de la transmission est la liaison du moteur à l'arbre du différentiel, liaison qui doit donner en même temps différentes vitesses à cet arbre et aussi très souvent une marche arrière. La transmission la plus simple est certainement celle par courroies; une série de poulies de différents diamètres, calées sur l'arbre du moteur, attaquent des poulies fixes et folles correspondantes placées sur l'arbre du différentiel. Des débrayages aboutissant à portée de la main du conducteur, permettent d'utiliser l'une ou l'autre série de poulies donnant la grande ou la petite vitesse, ou encore la marche arrière.

Ce système est simple, souple, peu bruyant et économique.

L'embrayage du véhicule mù par courroie donne une grande douceur au départ et permet, en facilitant les glissements, d'imprimer toutes les vitesses possibles au véhicule.

La transmission par engrenages est moins simple. Une série de pignons et d'engrenages sont calés sur un arbre formant le prolongement de l'arbre moteur. A ces engrenages et pignons correspondent, calés sur l'arbre du différentiel d'autres engrenages et

pignons proportionnés au premier. Ceux-ci, à l'aide d'un levier, peuvent glisser sur l'arbre et engrener successivement avec chaque engrenage correspondant de l'arbre intermédiaire. Quand on veut changer de vitesse, on commence par supprimer la liaison qui existe entre le moteur et l'arbre placé en son prolongement ; ceci s'obtient à l'aide d'un embrayage à friction, puis en manœuvrant le levier, on amène l'engrenage voulu devant celui qui lui correspond et on les engrene ; embrayant de nouveau l'appareil à friction on obtient la marche à la vitesse désirée. Les voitures à transmissions par engrenages sont généralement pourvues de quatre vitesses. Quant à la marche arrière, elle est obtenue à l'aide d'un pignon supplémentaire ou d'engrenages coniques.

Le troisième mode de transmission est celui par friction. C'est un moyen analogue à celui employé dans les centrifuges ; il n'a pas donné jusqu'ici de résultats bien satisfaisants, mais il a tenté bien des inventeurs par sa simplicité ; je ne ferai que le rappeler ici.

Notre voiture avec son moteur et sa transmission est susceptible de se mouvoir, de se déplacer, il faut maintenant pouvoir la diriger.

A l'origine les voitures automobiles étaient généralement des tricycles ; la direction en était facile, mais la stabilité laissait à désirer surtout dans les virages. L'emploi d'un avant-train tournant autour d'une cheville ouvrière ne laissait guère plus de sécurité, car dans les virages, les roues se déplacent pour prendre une position perpendiculaire à l'axe de la voiture ; laquelle peut très bien dans un virage accentué ne plus reposer pour ainsi dire que sur trois points, malgré les quatre roues. C'est le système employé avec les voitures à chevaux, mais dans ces dernières, le cheval augmente la stabilité de l'avant qui repose sur lui. Dans les automobiles, on emploie de préférence la direction par essieu brisé ; cet essieu est en trois pièces ; les deux extrémités mobiles portent les roues, les fusées sont fixées au corps principal de l'essieu à l'aide d'une articulation qui permet à chaque roue d'osciller sur son axe vertical, sans que le corps même de l'essieu se déplace. Cet essieu avant,

quelle que soit l'accentuation du virage, reste donc toujours parallèle à l'essieu arrière ; quant aux roues avant, leur obliquité ne modifie pas ou presque pas, la position de leur axe vertical, par rapport à l'axe vertical des roues arrière. On voit que la voiture peut tourner sans qu'elle cesse d'être portée sur quatre points régulièrement espacés, ce qui lui donne une très grande stabilité. On conçoit facilement une combinaison de leviers, permettant au conducteur de faire osciller les roues sur leur axe et d'imprimer au véhicule telle direction qui lui plaît. On ne saurait croire sans l'avoir essayée, combien est docile la direction que je viens de décrire ; et c'est toujours le plus grand étonnement des personnes montant pour la première fois en automobile, de constater cette facilité de conduite qui ne saurait être comparée à celle d'aucun autre véhicule, même de la bicyclette.

En vous parlant tout à l'heure des organes de transmissions, je vous ai parlé de l'arbre du différentiel. Ce différentiel fait partie aussi des organes de direction ; les deux roues arrière, qui sont actionnées par le même moteur doivent être solidaires l'une de l'autre, or, dans les courbes, il est nécessaire que les roues deviennent indépendantes, puisque l'une peut avoir à pivoter sur place, sans tourner, tandis que l'autre doit tourner, au contraire. Il faut à ce moment précis obtenir automatiquement l'indépendance des roues, c'est le rôle du différentiel.

Cet organe est le train d'engrenages imaginé par Pecqueur, et que vous connaissez tous ; il est fixé sur un arbre en deux parties et il entraîne régulièrement ces deux parties quand elles présentent des résistances égales.

Quand dans un virage une roue absorbe plus de force, un déplacement proportionnel s'opère dans le différentiel, permettant ainsi à une roue de tourner plus rapidement que l'autre. Toutes les voitures sont construites actuellement dans le principe que je viens d'énoncer, et on pourrait presque les diviser en quatre classes comme suit :

Voitures à moteurs verticaux ; à moteurs horizontaux ; voitures

dont la transmission est faite par courroies ; voitures dont la transmission est faite par engrenages. Les moteurs horizontaux sont préférés, parce qu'ils impriment moins de trépidations à la voiture, ou tout au moins leurs trépidations se font moins désagréablement sentir. Quand je parle de trépidations, je parle surtout de celles qu'on ressent à l'arrêt du véhicule quand on ne fait pas stopper le moteur, car en marche, surtout à une allure un peu rapide, les trépidations disparaissent.

Je ne saurais passer sous silence la question des roues des automobiles et de leurs systèmes de garnitures de jantes. Trois systèmes sont employés jusqu'ici : la roue ferrée ordinaire, la roue métallique ou en bois, à caoutchouc plein ; la roue métallique ou en bois à pneumatique.

Je ne puis vous donner ici qu'une impression toute personnelle. Depuis le temps où j'emploie des voitures automobiles, j'ai donné la préférence à la roue de bois ou métallique à caoutchouc plein, mais la roue de bois a surtout mes faveurs. Le pneumatique est encore jusqu'ici trop sujet à des avaries pour que j'ose en user d'une façon régulière ; je reconnais cependant sa supériorité quand à la suspension du véhicule. La roue ferrée me paraît devoir être abandonnée pour tous véhicules devant dépasser une vitesse de 45 kilomètres à l'heure, surtout sur les routes du Nord dont les pavés laissent presque toujours à désirer.

Et maintenant, Messieurs, quelle conclusion tirer de cela, quels sont les avantages de ces voitures sans chevaux ? Il y a d'abord l'économie. L'entretien d'un cheval et d'une voiture, ainsi que leur amortissement coûte au moins 6 francs par jour ; le cheval sera excellent s'il parcourt régulièrement chaque jour 30 kilomètres. Une voiture automobile parcourant le même espace ne dépensera que 4 fr. 50 de combustible, ajoutons-en autant pour entretien et amortissement et nous aurons 3 fr. par jour, soit une économie par an et par cheval de 4,095 fr.

En réalité l'économie est plus grande, car les chevaux consomment

les jours où ils chôment ; les automobiles dans le même cas ne coûtent rien. Enfin, ces voitures ne réclament aucun repos, et peuvent sans inconvénient circuler du matin au soir.

Beaucoup de personnes disent : j'achèterai une automobile quand elles seront encore plus perfectionnées ! Certainement, ces personnes ne connaissent pas à quel point de perfection en sont les voitures automobiles à pétrole. Je vous rappellerai l'endurance dont firent preuve un certain nombre de voitures dans la course de Paris-Marseille-Paris. La voiture N^o 6, fit ce parcours de près de 1,800 kilomètres en 68 heures environ ; le N^o 8 fit le même trajet en 4 heure de plus, le 41 mit 75 heures 1/2. J'ai chez moi le N^o 29, voiture qui ne fut nullement construite en vue d'une course, qui accomplit le trajet en 102 heures. Cette voiture, qui fait un service journalier très pénible sur les pavés du Nord, n'a subi encore aucune réparation, malgré un parcours total de plus de 6,000 kilomètres.

Ce résultat ne peut être obtenu qu'avec des voitures bien construites, cela est certain, et les voitures destinées à rouler dans ce pays doivent être plus robustes, en tant que roues et essieux, que celles destinées aux belles routes du centre de la France. Il faut aussi des soins, du graissage surtout ; en un mot, il ne faut pas croire que la suppression du cheval permet en même temps la suppression de toute espèce d'entretien ; il ne faut demander aux automobiles que ce qu'elles peuvent donner et non l'impossible. Un de mes amis me disait dernièrement : il est fâcheux que ces voitures-là ne se dirigent pas seules, qu'il faille les graisser, y mettre de l'eau. A-t-on jamais reproché au cheval de boire et de manger ? On leur reproche encore de sentir mauvais. Les moteurs bien réglés, employant de bonne essence sentent peu ; j'ajouterai que l'odeur ne parvient pas à ceux qui sont sur la voiture, ce n'est donc qu'un médiocre inconvénient. Le cheval lui-même ne sent pas toujours bien bon. Enfin, il y a la question d'œil, de forme, d'esthétique qui sert encore à dénigrer les voitures automobiles ; cette bonne

esthétique a servi de foudres aux détracteurs de l'automobile. Je puis dire que 80 % de personnes que j'ai fait monter en automobile m'ont tenu à peu près ce langage : c'est drôle tout de même une voiture sans chevaux ; ne pourrait-on pas lui donner une autre forme, ça aurait l'air moins bête, celle d'un traineau, par exemple, ou encore celle d'un bateau ! D'autres allaient jusqu'à conseiller de mettre devant un cheval en carton !

En réalité, je ne pense pas que les voitures automobiles changeront beaucoup de forme, l'œil s'habituera à la suppression du cheval, et il est probable que dans quelques dix ans, c'est le cheval devant la voiture qui sera trouvé drôle et incommode.

Je ne terminerai pas, sans vous dire quelques mots des véhicules lourds, soit pour le transport des marchandises, soit pour celui d'un grand nombre de voyageurs à la fois.

Les véhicules lourds sur routes, sont jusqu'ici en très petit nombre ; la vapeur seule s'est révélée dans cette voie, et encore je ne pense pas qu'un seul service régulier ait été organisé, soit pour le transport des voyageurs, soit pour celui des marchandises avec des voitures à vapeur (sauf toutefois avec les locomotives routières). Je rappellerai le tracteur de Dion et Bouton, qui n'est pas un véhicule proprement dit, c'est une sorte de locomotive routière qui s'attèle au véhicule à transporter et qui de ce fait n'entre pas parfaitement dans la catégorie des voitures automobiles. Vous avez pu voir au dernier salon du Cycle, un de ces tracteurs attelé à une grande berline et destiné au Grand-Duc d'Oldenbourg.

Je citerai ensuite comme le plus gros véhicule à vapeur qui ait été construit, l'omnibus de M. Weidnecht, constructeur à Paris. Cet omnibus est absolument semblable à celui de la Compagnie Générale ; sur une plate-forme disposée à l'avant se trouve la chaudière, le moteur et le mécanisme de transmission ; les roues d'avant sont motrices, celles d'arrière sont directrices. Les essais auxquels nous avons assisté nous ont permis de constater que la marche était très satisfaisante, tant comme vitesse, que comme facilité de mouvement et de direction.

L'Automobile Club de France organise en ce moment un concours de gros véhicules qui aura lieu au mois de Juillet, et je ne doute pas que le pétrole ne s'y révèle avec autant d'avantages qu'il ne l'a fait pour les voitures moyennes. L'Automobile industrielle a au moins autant d'intérêt que la voiture de promenade, sinon plus. Le concours de Juillet nous fera entrevoir ce que nous réserve l'avenir à ce sujet.

L'Association Club de France anglaise en ce moment au contraire
de gros succès, qui ont été au mois de juillet, et je ne doute pas
que le succès ne se répète avec autant d'avantage pour les années
pour les années suivantes. L'Association anglaise a pu faire
autour d'elle que le volume de l'association, et ainsi que les
connaissances de juillet nous les avons toutes réunies l'année
de suite.

Les succès de l'Association anglaise ont été au mois de
juillet, et je ne doute pas que le succès ne se répète avec
autant d'avantage pour les années suivantes. L'Association
anglaise a pu faire autour d'elle que le volume de l'association,
et ainsi que les connaissances de juillet nous les avons toutes
réunies l'année de suite.

Les succès de l'Association anglaise ont été au mois de
juillet, et je ne doute pas que le succès ne se répète avec
autant d'avantage pour les années suivantes. L'Association
anglaise a pu faire autour d'elle que le volume de l'association,
et ainsi que les connaissances de juillet nous les avons toutes
réunies l'année de suite.

Les succès de l'Association anglaise ont été au mois de
juillet, et je ne doute pas que le succès ne se répète avec
autant d'avantage pour les années suivantes. L'Association
anglaise a pu faire autour d'elle que le volume de l'association,
et ainsi que les connaissances de juillet nous les avons toutes
réunies l'année de suite.

DE
L'EMPLOI DES MOTEURS POLYPHASÉS

DANS LES

DISTRIBUTIONS A COURANTS ALTERNATIFS MONOPHASÉS

Par L. BRUNHES,

INGÉNIEUR,

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

Depuis longtemps la rivalité entre les courants continus et les courants alternatifs a rempli les séances des Congrès et les colonnes des revues d'électricité.

On connaît les avantages de l'un et de l'autre système. D'une part : simplicité du procédé de distribution, facilité d'utilisation pour l'éclairage et surtout pour le transport de l'énergie ; d'autre part : possibilité de transformer les éléments du courant, intensité et force électro-motrice, par des appareils ne présentant aucune pièce mobile ; il en est résulté l'économie des canalisations qui a rendu pratiques les installations d'éclairage dans les agglomérations étendues et les grands transports d'énergie ; un autre avantage des distributions à transformateurs est que l'isolement du circuit primaire est indépendant de celui des circuits secondaires ; les défauts se localisent ainsi.

Mais longtemps les alterno-moteurs n'ont pas été pratiques. Les moteurs monophasés synchrones ne peuvent démarrer d'eux-mêmes ni sous charge ni même à vide ; il faut les mettre par un procédé

artificiel à leur vitesse de régime et si, une surcharge brusque se produit, elle peut ralentir le moteur, le faire tomber hors de phase et amener l'arrêt rapide.

Le courant continu gardait donc la prépondérance toutes les fois qu'on n'avait pas une distribution de lumière à l'exclusion de toute autre application.

La découverte des moteurs polyphasés a permis aux courants alternatifs de lutter sur tous les terrains avec le courant continu. L'emploi de champs inducteurs décalés joue le même rôle que la manivelle multiple dans le moteur à vapeur ; les points morts sont supprimés et le démarrage automatique est possible. Les moteurs à champs tournants peuvent d'ailleurs être synchrones ou asynchrones.

L'application de ces nouveaux moteurs s'est très rapidement développée ; aujourd'hui dans les distributions nouvelles, où les distances sont de quelque importance, on semble employer de préférence le système triphasé ou diphasé. Quand on a à desservir un réseau mixte comprenant des appareils à lumière et des moteurs, il faut avec le système triphasé avoir soin de répartir à peu près également les charges sur les trois circuits, sans que cette répartition doive être faite très exactement.

Mais aux considérations théoriques viennent parfois s'opposer des raisons pratiques qui les priment. Quand de nouveaux systèmes sont découverts, alors même que les avantages en sont indiscutables, ils ne peuvent se généraliser très rapidement : ils se trouvent, en effet, en présence d'anciennes installations qu'on ne se décide pas facilement à remplacer intégralement. Et en particulier, pour le sujet qui nous occupe, quoique la distribution polyphasée ait apporté une solution complète par elle-même, il y avait un grand intérêt à chercher à utiliser pour la transmission de l'énergie les distributions existantes à courants monophasés.

Une première solution a été trouvée presque simultanément par M. Brown d'une part, MM. Hutin et Leblanc d'autre part. Il s'agit

d'un moteur monophasé asynchrone. Le démarrage n'est point absolument automatique. Il faut imprimer artificiellement une vitesse initiale au moteur, mais cette vitesse peut être très faible. En pratique on fait démarrer le moteur en dérivant un courant avancé à l'aide d'une capacité et un autre retardé par une inductance ; le moteur démarre comme polyphasé. Il fonctionne ensuite comme monophasé. Le secteur des Champs-Élysées à Paris en a installé un certain nombre.

Cependant la stabilité de la marche des moteurs monophasés synchrones est loin d'être irréprochable et l'emploi des condensateurs à liquide pour le démarrage présente des ennuis.

M. Steinmetz, ingénieur de la Compagnie Westinghouse, a présenté certaines considérations permettant d'utiliser les moteurs polyphasés dans les distributions monophasées, ce qui permet de profiter des avantages des nouveaux moteurs dans les anciennes installations. Ces procédés présentent même l'avantage, ainsi que nous le verrons, de permettre d'alimenter simultanément des appareils à lumière ou des moteurs sans s'imposer de conditions quant à la répartition des lampes sur divers circuits.

Nous prendrons une distribution monophasée ordinaire alimentant un nombre quelconque de lampes, disposées d'une manière quelconque et nous passerons en revue les divers moyens proposés pour pouvoir faire fonctionner des moteurs polyphasés, synchrones ou asynchrones.

I. — On peut d'abord procéder par une adjonction à la source génératrice.

Les alternateurs sont généralement formés de circuits induits comprenant un nombre pair de bobines. Deux bobines consécutives A et A_2 (Fig. 4) traversent simultanément des champs contraires et elles sont connectées de façon à ce que les forces électro-motrices s'ajoutent. Ajoutons sur l'alternateur des bobines supplémentaires A' donnant une force électromotrice décalée d'un quart de phase

par rapport à la force électromotrice principale. Les fils de la distribution monophasée a et b sont reliés aux extrémités de A et A_2 .

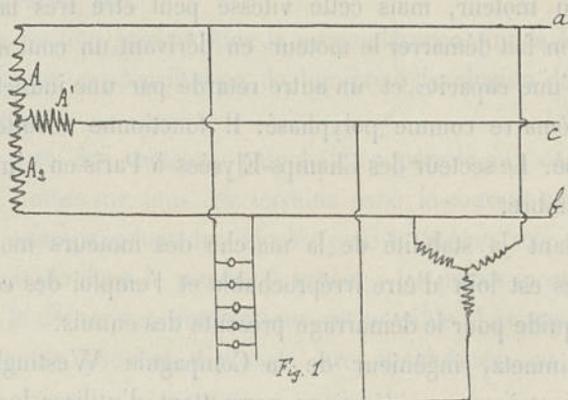
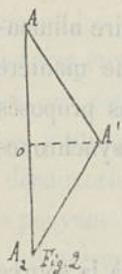


Fig. 1

Si nous relions un troisième fil à la bobine A' reliée d'autre part au milieu du circuit AA_2 , nous pouvons faire fonctionner des moteurs triphasés ou diphasés, suivant l'importance de A' , sur la distribution a, b, c .

En effet, si nous représentons (Fig. 2) les forces électromotrices des bobines A, A_2, A' nous avons les vecteurs OA, OA_2 et OA' . AA_2 représente la différence de potentiel entre a et b (abstraction faite de la perte en ligne); AA' est la différence de potentiel entre a et c et A_2A' entre b et c .



Si $OA' = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \overline{AA_2}$ le triangle est équilatéral

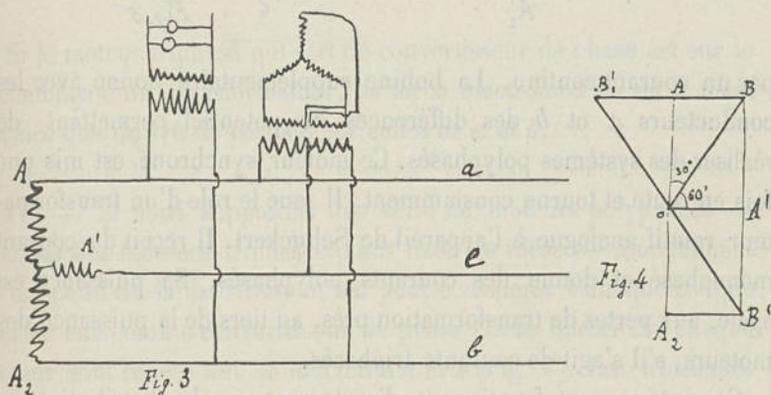
et on a une distribution triphasée. Si $OA' = \frac{1}{2} \overline{AA_2}$

on a des courants diphasés. Si un dispositif permet de mettre en circuit un plus ou moins grand nombre de spires de A' , on peut obtenir divers genres de courants avec la même machine. La bobine supplémentaire A' n'est pas traversée par les courants d'éclairage, de sorte qu'elle n'a pas les mêmes dimensions que les autres bobines. C'est ce qui permet de placer ces bobines supplémentaires sur des machines déjà existantes. Ce n'est du reste pas toujours possible.

Naturellement, au lieu de faire l'alimentation des moteurs ou des lampes directement sur les conducteurs a , b , c , on peut employer des transformateurs. Ce procédé permet même de réduire la bobine supplémentaire. Il suffit, en effet, d'avoir des forces électromotrices AA' et $A'A_2$ décalées d'un sixième de période pour avoir sur le circuit secondaire trois différences de potentiel décalées entre elles d'un tiers de période, en ayant soin d'intervertir les connexions dans une des bobines secondaires du transformateur (Fig. 3). Alors

$$OA' = AA_2 \times \frac{\sqrt{3}}{6}. \text{ c'est-à-dire le tiers de ce que nous avons}$$

trouvé dans le cas de distribution sans transformateur.

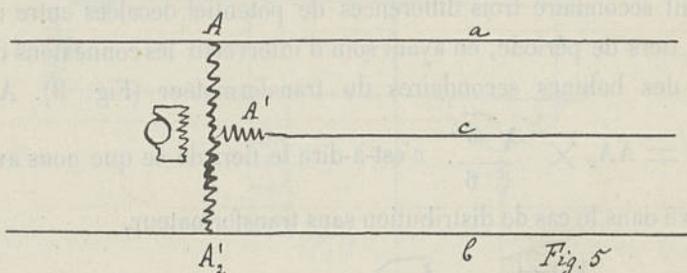


Les forces électromotrices primaires correspondent aux vecteurs OB , OB' et BB' (Fig. 4). Si en passant aux secondaires, on renverse le sens de celle qui correspond OB' par exemple, on aura OB , OB' et BB' , qui constituent bien un système triphasé.

On voit que dans ce dernier cas l'importance de la bobine supplémentaire est très réduite.

II. — Nous avons dit que, dans certains cas, la bobine supplémentaire ne peut pas être placée sur les alternateurs en fonction. D'autre part ce procédé oblige à installer à partir de l'usine génératrice un troisième conducteur c . Notons en passant que la section de ce conducteur est beaucoup plus petite que celle de a et de b .

Souvent les moteurs se trouvent groupés dans une certaine région de la distribution. Voici alors quelle solution on emploie. On installe dans cette région un moteur monophasé synchrone que l'on munit de la bobine supplémentaire A' et à partir duquel on place le conducteur supplémentaire c (Fig. 5). Ce moteur doit être excité



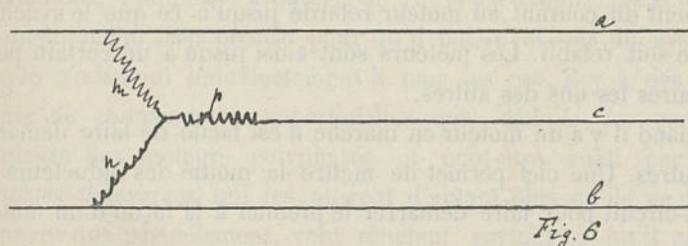
par un courant continu. La bobine supplémentaire donne avec les conducteurs a et b des différences de potentiel permettant de réaliser des systèmes polyphasés. Ce moteur synchrone est mis une fois en route et tourne constamment. Il joue le rôle d'un transformateur rotatif analogue à l'appareil de Schuckert. Il reçoit du courant monophasé et donne des courants polyphasés. Sa puissance est égale, aux pertes de transformation près, au tiers de la puissance des moteurs, s'il s'agit de courants triphasés.

Ce moteur peut fonctionner directement sur la distribution ou bien sur les secondaires d'un transformateur dont un des circuits est renversé. Dans ce dernier cas la bobine supplémentaire n'a besoin que de donner des forces électromotrices décalées de $1/6$ de phase, ainsi que nous l'avons vu plus haut.

Ce moteur-transformateur a reçu le nom de *convertisseur de phase*.

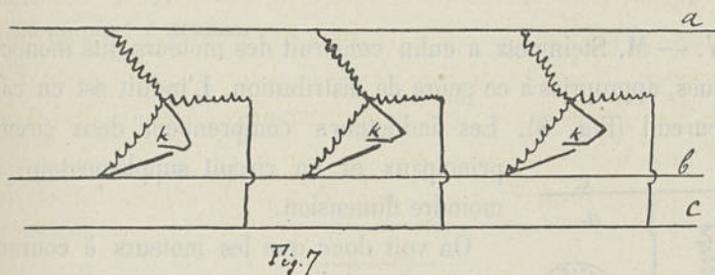
III. — Au lieu d'un moteur monophasé synchrone exigeant du courant continu pour l'excitation, on peut prendre pour convertisseur de phase un moteur polyphasé, par exemple, un moteur triphasé enroulé en étoile (Fig. 6). Deux bobines sont reliées à

a et b et le fil supplémentaire c part de la troisième. A l'aide des enroulements m et n le moteur démarre et fonctionne comme un monophasé asynchrone ; l'enroulement p joue le rôle de générateur et développe sur c une force électromotrice décalée d'un tiers de période par rapport à a et b .



Si le moteur triphasé qui sert de convertisseur de phase est sur le secondaire d'un transformateur, la force électromotrice en c n'est décalée que de $1/6$ de période sur celles de a et b .

IV. — Si nous supposons une série de moteurs polyphasés — prenons des moteurs triphasés pour fixer les idées — fonctionnant en un point de la distribution, on peut considérer l'un quelconque d'entre eux comme convertisseur de phase. Deux bornes de chaque moteur sont reliées aux conducteurs a et b (Fig. 7). Les troisièmes



bornes sont réunies entre elles par un conducteur c . Supposons que les moteurs soient en marche et fonctionnent à la même vitesse ; le courant nécessaire est pris sur le pont ab . Les trois enroulements donnent des forces contre électromotrices égales et c n'est parcouru

par aucun courant. Les moteurs fonctionnent comme monophasés utilisant directement le courant de la source.

Si un moteur se ralentit, la force contre électromotrice engendrée dans le troisième enroulement diminue ; les enroulements correspondants des autres moteurs fonctionnent comme générateurs et envoient du courant au moteur retardé jusqu'à ce que le synchronisme soit rétabli. Les moteurs sont ainsi jusqu'à un certain point solidaires les uns des autres.

Quand il y a un moteur en marche il est facile de faire démarrer les autres. Une clef permet de mettre la moitié des inducteurs en court-circuit pour faire démarrer le premier à la façon d'un moteur asynchrone monophasé.

Si les moteurs ne fonctionnent pas directement sur le circuit, mais exigent l'emploi de transformateurs, le conducteur c peut être dérivé sur les primaires des transformateurs.

Le conducteur c n'est traversé que par des courants de peu de durée et de peu d'intensité. Il peut être assez faible.

On peut ramener c jusqu'à la source génératrice, munie comme nous l'avons vu d'une bobine supplémentaire. Cette bobine reste inactive la plus grande partie du temps. Ce système de distribution s'appelle système *monocyclique*.

V. — M. Steinmetz a enfin construit des moteurs dits monocycliques, appropriés à ce genre de distribution. L'induit est en cage d'écureuil (Fig. 8). Les inducteurs comprennent deux circuits principaux et un circuit supplémentaire de moindre dimension.

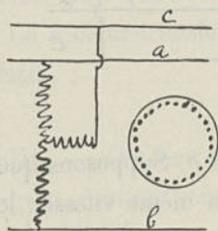


Fig. 8

On voit donc que les moteurs à courants alternatifs se prêtent à toutes les exigences de la pratique. Il reste pour eux leur construction robuste et simple qui deviendra économique lorsque les droits de brevets seront tombés et que les tâtonnements du début seront passés.

Est-ce à dire qu'il n'y aura plus dans l'avenir que des machines à courants alternatifs. Evidemment non ; à supposer même que les machines à courants continus ne soient l'objet d'aucun perfectionnement considérable, elles conservent, surtout pour les petites installations, l'immense avantage de l'auto-excitation. L'électricité est une branche trop précise pour qu'il puisse exister un système unique s'adaptant indistinctement à tous les cas. Il y a des gens munis de connaissances superficielles qui, séduits par certains avantages des moteurs polyphasés et peut-être aussi par des principes théoriques qui les attirent d'autant plus qu'ils ne comprennent que partiellement, vont répétant partout « qu'il n'y a aujourd'hui que le triphasé, » de même que certains spécialistes prônent des remèdes qui guérissent à la fois toutes les maladies, depuis les cors aux pieds jusqu'aux fluxions de poitrine. En général cela veut dire qu'ils ne guérissent rien, car une force unique ne peut s'opposer avec la même efficacité à des forces quelconques et de direction indéterminée. Le triphasé n'est pas la solution unique qu'offre l'industrie électrique à tous les problèmes posés, parce que chaque problème doit être étudié de près et recevoir une solution rigoureuse. On ne peut méconnaître néanmoins le rôle que prennent les appareils polyphasés et les services énormes qu'ils rendent quand on les emploie à propos.

QUATRIÈME PARTIE

TRAVAUX RÉCOMPENSÉS

SOUPAPE DE SÛRETÉ A ÉCHAPPEMENT PROGRESSIF

Système E. MAURICE⁽¹⁾.

L'augmentation toujours croissante des dimensions (2) et surtout l'élévation de la pression dans les générateurs, pression qui atteint à ce jour 15 kilos et plus par centimètre carré, ont donné à la question d'étude des « Soupapes de sûreté » une telle importance que, depuis quelque temps, des ingénieurs des plus distingués s'en sont vivement préoccupés, tant en France qu'à l'étranger.

En France, avant le décret du 30 avril 1880, donnant les mesures de sûreté en vigueur à ce jour, relatives aux chaudières à vapeur, le diamètre des soupapes de sûreté était déterminé par la formule administrative suivante :

$$D = 2,6\sqrt{\frac{S}{N - 0,412}}$$

dans laquelle :

D = Diamètre de la soupape en centimètres.

S = Surface de chauffe en mètres carrés.

N = Tension maximum de la vapeur en atmosphères.

(1) Médaille d'or au concours de 1896.

(2) On fait des générateurs représentant une surface de chauffe individuelle de plus de 300 mètres carrés.

Cette formule, en vigueur par ordonnance du 22 mai 1843 fut, dans le décret du 30 avril 1880, remplacée par l'article 6 ainsi libellé :

« Chaque chaudière est munie de deux soupapes de sûreté, chargées de manière à laisser la vapeur s'écouler dès que sa pression effective atteint la limite maximum indiquée par le timbre réglementaire.

» L'orifice de chacune des soupapes doit suffire à maintenir, celle-ci étant au besoin convenablement déchargée ou soulevée et quelle que soit l'activité du feu, la vapeur dans la chaudière à un degré de pression qui n'excède, pour aucun cas, la limite ci-dessus. »

Comme on le voit, l'Administration supérieure a supprimé toute formule donnant le diamètre des soupapes à installer sur les générateurs. Mais elle a eu le soin, en laissant la détermination de ce diamètre aux constructeurs, de leur imposer le desiderata que doit remplir la soupape de sûreté, c'est-à-dire : « que l'orifice d'écoulement devra être suffisant pour empêcher, dans tous les cas et quelle que soit l'activité du feu, la vapeur de monter à une pression supérieure à celle effective indiquée par le timbre du générateur. »

D'après les expériences faites à ce jour, cette condition n'est pas réalisable avec le système de soupapes ordinaires.

En effet, des études faites sur cette question au double point de vue théorique et pratique par des Ingénieurs les plus autorisés, il résulte :

1^o Que la soupape ordinaire ne se soulève en général que de $\frac{1}{2}$ à 1 millimètre et, dans des cas tout-à-fait exceptionnels, de 2 à 3 millimètres sans *jamaïs* dépasser cette limite ;

2^o Que, pour un même excès de pression, la levée d'une soupape diminue quand la pression normale augmente. Ainsi, les expériences ont montré que, tandis que la soupape chargée à 2 kilos se soulève de $1^m/m$ 4 à la pression de 2^k , 2, elle ne se soulève que de $0^m/m$, 47 sous une pression de 8^k , 3 lorsqu'elle est chargée de 8 kilos.

Les formules qui servent à déterminer les dimensions des soupapes de sûreté admettent que ces soupapes se soulèvent d'une hauteur égale au *quart* de leur diamètre ; la section circulaire résultante de cette levée étant, dans ces conditions, précisément égale à la surface correspondante au diamètre de la soupape.

Supposons que, d'après les dimensions d'un générateur et la pression normale de la vapeur qu'il doit produire, nous arrivons à un orifice de 60 millimètres de diamètre, pour permettre d'évacuer toute la vapeur produite : dans ce cas il faudra, pour empêcher tout excès de pression dans le générateur, que la soupape se soulève d'une hauteur égale au *quart* de son diamètre, soit 15 millimètres.

Nous avons vu plus haut que les résultats d'expériences donnent 3 millimètres comme maximum de levée et encore dans des cas exceptionnels. En comptant même sur cette levée pour le cas actuel, on voit que la surface annulaire d'échappement ne sera encore que le cinquième de la surface nécessaire ; dans ces conditions, la vapeur ne trouvant pas d'issue et la production étant cinq fois plus forte que l'échappement obtenu par le maximum de levée de la soupape, la pression montera d'autant plus rapidement que le timbre du générateur sera plus élevé.

Voyons quel serait le diamètre réel à donner à une soupape ordinaire pour arriver à évacuer la vapeur de ce générateur et empêcher ainsi l'augmentation de pression.

Nous avons vu que le diamètre nécessaire pour une soupape débitant de toute sa section était de 60 millimètres, cette section nous donne une surface de :

$$\frac{N \times 60^2}{4} = 2.827 \text{ millimètres carrés.}$$

Si pour le cas présent, nous admettons la levée exceptionnelle et maxima de 3 millimètres, le développement de la section annulaire nécessaire à l'écoulement sera de :

$$\frac{2.827}{3} = 942^m/m,2$$

développement correspondant à un diamètre de :

$$\frac{942,2}{3,14} = 300^m/m$$

Pour être efficace, le diamètre d'une soupape ordinaire devra donc être, au lieu de 60 millimètres, de 300 millimètres au minimum, dimension que la pratique ne peut pas admettre, car l'on arriverait, pour équilibrer les surfaces correspondantes à pareilles dimensions, à des contrepoids et proportions de pièces inadmissibles en construction.

Le clapet automatique d'arrêt de vapeur imposé par décret du 29 juin 1866, donne à l'article 6 du règlement du 30 avril 1880, relatif au bon fonctionnement des soupapes de sûreté, un caractère de grande utilité. — Si par suite d'un accident ou même d'une fermeture intempestive d'un clapet d'arrêt monté sur un générateur, l'écoulement se trouve interrompu brusquement, la vapeur ne trouvant plus d'issue, la pression montera d'autant plus rapidement que la cause de fermeture sera due à un accident ; il y aura désarroi, affolement dans le personnel ; il pourra arriver dans ce cas que ce fonctionnement du clapet, tout en conjurant un danger, occasionne par sa brusque fermeture et le non fonctionnement des soupapes, un accident beaucoup plus terrible « explosion de la chaudière par excès de pression. »

Il est donc plus que jamais indispensable que les soupapes de sûreté soient d'une efficacité incontestable, en donnant en temps opportun un dégagement de vapeur suffisant pour empêcher toute augmentation de pression dans les générateurs.

Le principal défaut qui fait qu'on ne considère la soupape de sûreté ordinaire que comme appareil avertisseur, consiste dans la faible levée du clapet lors du fonctionnement, levée insuffisante pour permettre l'évacuation de l'excès de vapeur produit ; des expériences ont été faites pour en déterminer les causes et l'on est arrivé à conclure que si le clapet d'une soupape de sûreté ordinaire ne peut se soulever suffisamment, cela tient à ce que *l'action de la vapeur à*

l'état dynamique est différente de son action à l'état statique ; les conditions d'équilibre des divers organes d'une soupape donnée, n'existent plus dès qu'il y a eu un commencement de levée du clapet.

Pour obvier à l'inconvénient inhérent aux soupapes ordinaires, des dispositions ingénieuses ont été créées depuis quelques années.

Leur principe repose, pour la plupart, sur une augmentation de surface du clapet au moment de la levée, disposition qui n'a pas l'avantage d'être progressive, mais bien instantanée; il a aussi l'inconvénient de ne laisser retomber le clapet sur son siège qu'après une chute de pression dans le générateur, chute de pression qui atteint 4 kilo et plus; c'est-à-dire que si, sur un générateur dont la soupape est équilibrée pour une pression de 5 kilos, un surcroît de pression provoque la levée du clapet, celui-ci ne retombe sur son siège que lorsque la pression de la vapeur dans le générateur n'est plus que de 4 kilos et moins.

Cette chute de pression constitue, comme on le voit, une perte de vapeur qui a son importance, puisque des établissements industriels que nous connaissons ont abandonné ce type de soupape pour cette seule raison.

Connaissant les raisons du non fonctionnement des soupapes ordinaires et les inconvénients de la plupart des soupapes dites à échappement progressif, créées depuis quelques années, nous avons, dans l'étude de notre soupape, cherché à obtenir d'une part la levée normale et progressive du clapet et, d'autre part, la fermeture de la soupape à la pression même du timbre du générateur.

Comme nous le disons plus haut, la cause qui empêche la levée normale des soupapes ordinaires étant due à ce que l'action de la vapeur à l'état dynamique est différente de son action à l'état statique, *nous avons anéanti les effets de l'action dynamique sur notre soupape, tout en la laissant soumise, quelle que soit la levée, à l'action de la vapeur à l'état statique du générateur sur lequel elle est montée.*

En se reportant aux planches annexées, qui représentent notre soupape en coupe longitudinale, l'on voit qu'elle se compose de :

A, corps de l'appareil. — B, boîte d'évacuation. — C, clapet de la soupape. — C', siège avec couronne de sortie de vapeur. — D, pointe de pression. — E, levier du contrepoids. — P, contrepoids. — M, guide du levier. — T, chape d'articulation du levier. — S, sifflet avertisseur de manque d'eau. — P, plongeur. — F, socle recevant deux soupapes.

Pour bien faire comprendre le fonctionnement de l'appareil, supposons la soupape fermée et le contrepoids réglé pour la pression correspondante au timbre du générateur sur lequel elle est montée.

Dès que la pression est dépassée par la vapeur du générateur, la soupape commence à souffler, c'est-à-dire que le clapet a quitté son siège et que l'échappement commence, le clapet continue son mouvement ascensionnel lentement et progressivement jusqu'à ce que la levée normale de la soupape soit atteinte ; cette levée est limitée par le couvercle de l'appareil.

La raison pour laquelle ce résultat est obtenu est bien simple ; en effet, dès que le soulèvement du clapet commence, l'échappement de vapeur en résultant se fait par la couronne annulaire C' et passe du générateur dans la boîte d'évacuation ou dans l'atmosphère en soumettant les deux faces X et X' du clapet à l'action dynamique de la vapeur à sa sortie, mais ces deux faces étant opposées, et, par suite, se faisant équilibre, cette action dynamique est donc nulle ; seule, la face X'' du clapet étant, malgré la levée, toujours soumise à l'action statique de la vapeur dans le générateur, *le clapet obéira à cette dernière et se soulèvera complètement pour livrer passage à la vapeur en excès produite par le générateur.*

Comme on le voit le principe de notre nouvelle soupape, n'étant pas basé sur une augmentation de surface du clapet pour obtenir la levée normale, notre soupape, tout en se levant normalement et progressivement, retombera sur son siège pour la même raison, juste au

moment précis où la pression sera redevenue normale dans le générateur, c'est-à-dire, sans chute de pression.

Ce type de soupape destiné à pouvoir le cas échéant, dégager à un moment donné, toute la vapeur produite par le générateur sur lequel elle est montée, doit, dans la plupart des cas, pour éviter des accidents, être disposé avec évacuation latérale, de manière à rejeter la vapeur en excès dans l'atmosphère en dehors de la chambre de chauffe.

Cette disposition pour l'évacuation nécessite des précautions dans l'étude de cet appareil; en effet, il peut se produire dans la boîte d'évacuation, au moment de l'échappement, une compression qui peut retarder, limiter et même empêcher la levée du clapet.

Pour parer à cet inconvénient, nous avons prolongé notre clapet par un appendice ou fourreau du même diamètre comme l'indique notre plan; ce clapet ainsi prolongé, tout en nous assurant un guidage parfait de notre soupape, permet de conserver, dans tous les cas, le dessus du clapet en contact direct avec l'atmosphère et, par suite, de le soustraire entièrement à l'action de la contre-pression qui pourrait exister dans la boîte d'évacuation au moment de l'échappement.

Pour nous résumer, nous dirons que, dans l'étude de notre soupape, nous avons simplement soustrait le clapet à l'action dynamique de la vapeur tout en le laissant soumis à l'action statique, dans le but d'obtenir une levée lente, progressive et complète sans augmentation de surface du clapet et que, pour éviter l'effet de la contre-pression qui pourrait exister dans l'emploi de la boîte d'évacuation, nous avons soustrait le dessus du clapet de l'intérieur de cette boîte, en le laissant purement et simplement en contact direct avec l'atmosphère.

Il nous reste à dire, pour terminer ce court exposé, que les expériences sont venues confirmer notre principe, tous les essais faits ont été des plus concluants : levée lente, progressive et complète du clapet et fermeture de la soupape juste à la pression normale de la vapeur dans le générateur.

Nous donnons ci-après la copie du rapport des essais faits sur notre soupape par M. Vinçotte, Ingénieur-Directeur de l'Association belge pour la surveillance des chaudières à vapeur, essais faits dans les usines de MM. Jules et Joseph Dewandre, à Liège.

ASSOCIATION

POUR LA SURVEILLANCE DES CHAUDIÈRES A VAPEUR.

ESSAI DES SOUPAPES "MAURICE"

Rapport de M. VINÇOTTE, Directeur.

Bruxelles, le 25 juillet 1895.

MESSIEURS JULES ET JOSEPH DEWANDRE,

Liège.

J'ai l'honneur de vous adresser mon rapport sur l'essai de la soupape Maurice que j'ai fait dans vos ateliers le 28 juin dernier.

La soupape essayée a $42^m/m$ de diamètre extérieur ; elle repose au recouvrement de $1^m/m$ sur un orifice de $40^m/m$. La section d'écoulement ne correspond réellement qu'à un diamètre utile de $35^m/m$ à cause de l'axe qui prend une partie de la section.

L'écoulement de la vapeur se fait par un tuyau latéral qui la conduit au-dessus du toit. La soupape est chargée pour $5^k,56$, mais conformément au règlement, cette charge est calculée sur le diamètre intérieur de $40^m/m$.

En calculant sur le diamètre extérieur de $42^m/m$, on trouverait que cette même charge correspond à $5^k,04$.

La soupape est montée sur une chaudière à foyer intérieur de 19^{m^2} de surface de chauffe et notre essai a consisté à faire produire à cette chaudière le plus de vapeur possible (1) en y brûlant du tout venant à 60 % de gros du charbonnage de la Batterie, et à observer la marche de la soupape au moyen d'un levier multiplicateur des levées.

La soupape commence à souffler à 5 kilos et se lève de $1/20$ de millimètre quand la pression est de $5^{\text{k}},4$.

La pression continuant à monter, la soupape se lève de plus en plus fort et atteint $1/2^{\text{m}}/_{\text{m}}$ quand la pression est un peu au-dessous de $5^{\text{k}},300$. Lorsque la pression monte un peu plus et en général avant qu'elle atteigne $5^{\text{k}},3$, la soupape se lève vivement jusqu'à $6^{\text{m}}/_{\text{m}},35$ et dégage alors beaucoup plus de vapeur que la chaudière ne peut en produire, de sorte que la pression descend rapidement. Quand elle n'est plus qu'un peu au-dessus de 5^{k} la soupape commence à redescendre et elle a mis environ 7 secondes en moyenne à parcourir la moitié de son chemin; après quoi, *elle retombe sur son siège quand la pression est encore entre $4^{\text{k}},95$ et $4^{\text{k}},98$.*

La quantité de vapeur dégagée pendant que la soupape est levée de $6^{\text{m}}/_{\text{m}},35$ est tellement plus considérable que ce qui se dégage avant, que j'ai compté à part la durée de la grande levée comme représentant à peu près toute la durée du dégagement.

Voici les chiffres obtenus :

Durée totale de l'essai.....	2 ^h ,20
Durée totale des levées.....	36',54''
Nombre total des levées.....	48
Durée moyenne d'une levée.....	46'',1
Quantité totale de vapeur dégagée.....	1.253 k.
Quantité de vapeur dégagée par heure.....	536 k.
Quantité de vapeur dégagée par heure de levée....	2.037 k.

Il résulte de là que la soupape a dégagé toute la vapeur produite

(1) La production a été de $28^{\text{k}},300$ par mètre carré de surface de chauffe.

moyennant une surpression de 6 % au-dessus de ce qui correspond à la première levée, c'est-à-dire à 5 kilos.

Remarquons ici que cette pression ferait équilibre à la charge de la soupape si le diamètre était de $41^m/m,5$. Sur une chaudière plus puissante, la soupape aurait pu dégager plus de vapeur dans les mêmes conditions de surpression.

Si l'on admet 30 kil. par mètre carré comme maximum de production d'une chaudière, *on voit que cette soupape de $35^m/m$ pourrait suffire pour une chaudière de 60 mètres carrés*, mais il sera prudent de ne pas compter sur le maximum d'effet.

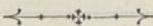
La soupape s'est donc très bien comportée pendant les essais, etc. . . .

Signé : VINÇOTTE.

NOTA. — L'examen de ce rapport montre que le type de cette soupape répond aux exigences des décrets, tout en assurant aux industriels qui en font l'application une fermeture sans chute de pression appréciable ; on voit, en effet, que la fermeture s'est faite, dans les 48 levées, entre $4^k,95$ et $4^k,98$ pour une pression normale de 5 kilos, soit une chute de pression de $0^k,050$, *c'est-à-dire 1/2 dixième de kilo, au maximum.*

Nous terminerons cet exposé en disant que plus de 4.600 soupapes de ce système (fonctionnent) sur :

- 1° Générateurs de vapeur pour pressions de 1 à 16^k par centimètre carré ;
- 2° Récipients de vapeur d'échappement fonctionnant de $0^k,2$ à $0^k,600$ par centimètre carré ;
- 3° Réservoirs d'eau sous pression ;
- 4° Réservoirs d'air sous pression.



SOUPAPE DE SURETÉ

à échappement progressif

ET DÉGAGEMENT LIBRE

(Système MAURICE)

Breveté en France et à l'Étranger



Figure N° 1

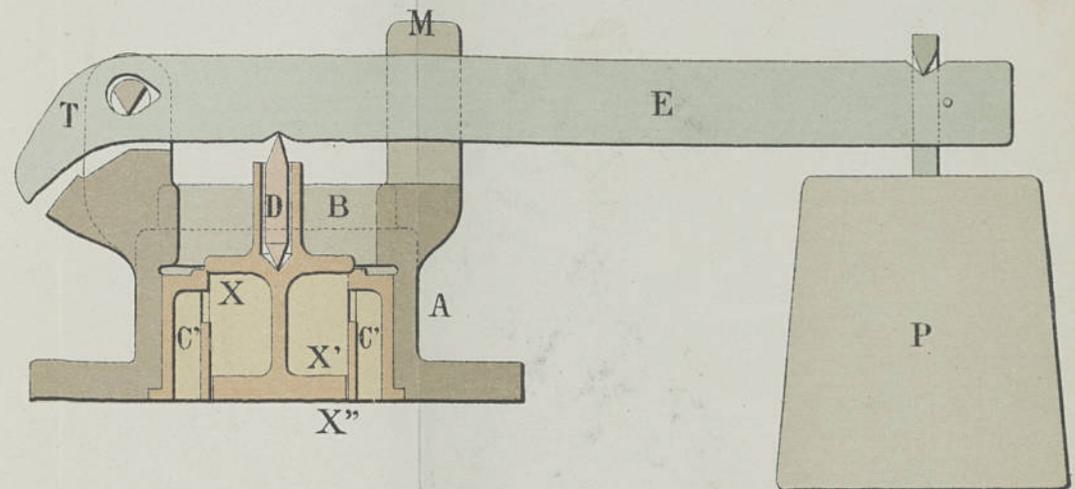
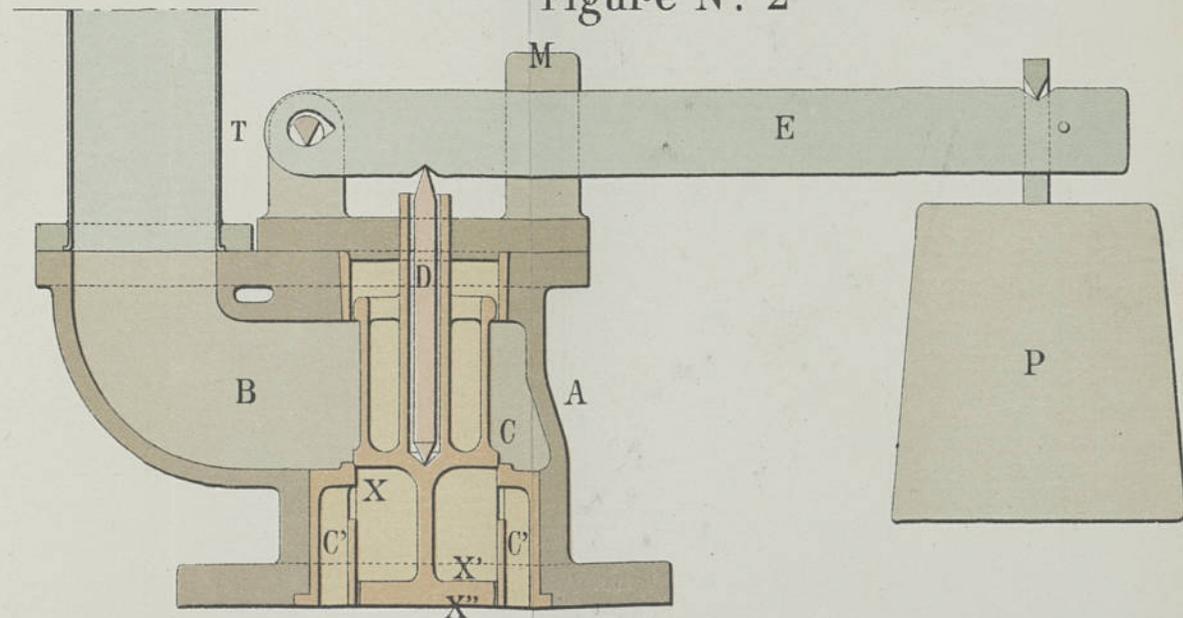


Figure N° 2



SOUPAPE DE SURETÉ

à échappement progressif

ET DÉGAGEMENT LATÉRAL

(Système MAURICE)

Breveté en France et à l'Étranger

Figure N° 3

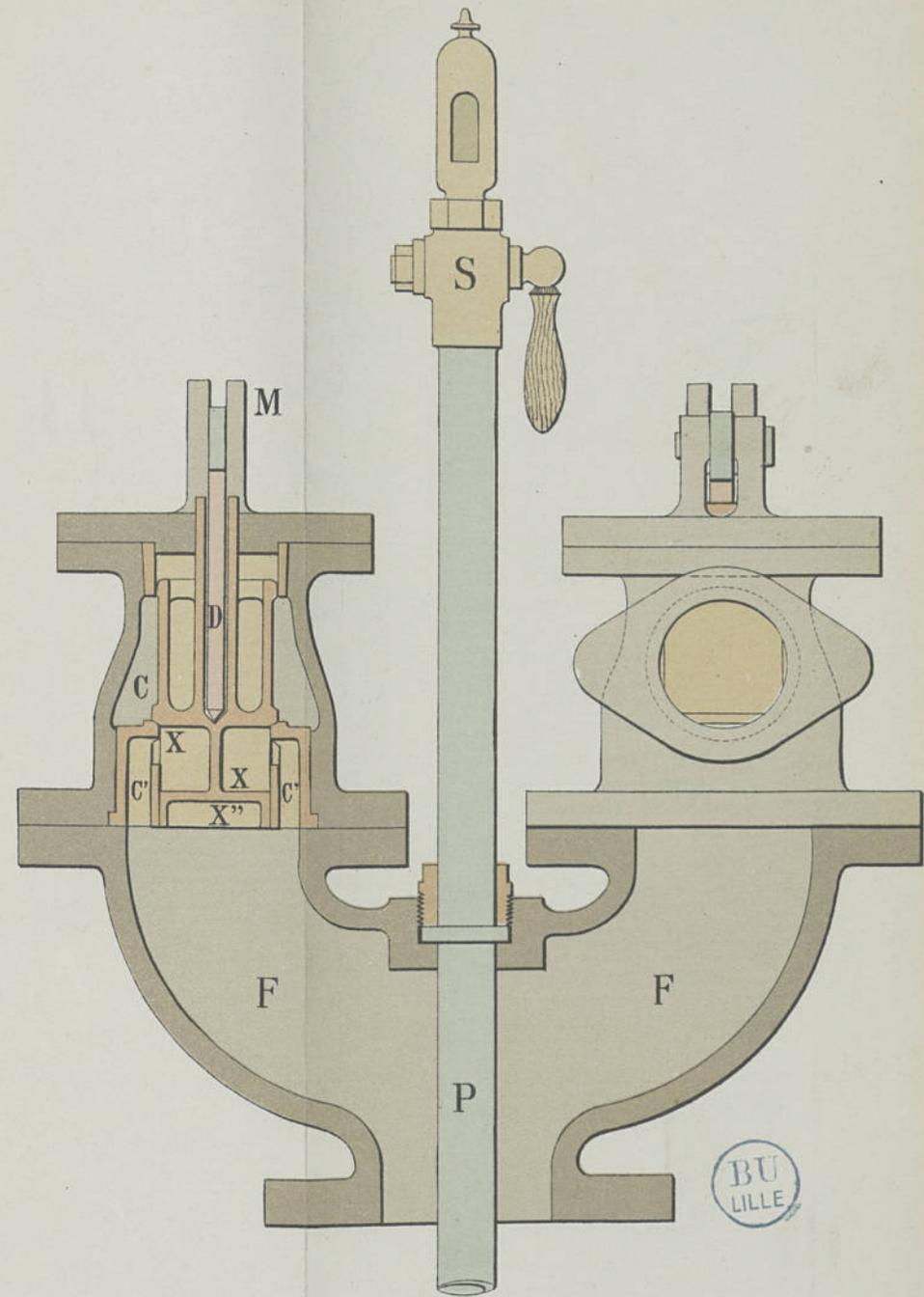
SOUPAPE DOUBLE

MONTÉE SUR SOCLE

avec sifflet avertisseur de manque d'eau

Système MAURICE

Breveté en France et à l'Étranger



BOURNAPE DOUBBLE

MONTEK SCSOUE

avec siffet avaris-que de nungus d'au

deux siffet

deux siffet

CINQUIÈME PARTIE

CONFÉRENCE DU 8 MAI 1895

LA RUSSIE INDUSTRIELLE

ET

L'EXPOSITION DE NIJNI-NOVGOROD

Par M. MAURICE VERSTRAETE

Consul de France.

MESDAMES, MESSIEURS.

Je dois d'abord vous présenter mes remerciements, et, malgré les compliments dont M. le Président vient de m'honorer, réclamer votre indulgence. Je vous suis très reconnaissant d'être venus, mais j'éprouve en même temps quelque crainte que vous ne le regrettiez. C'est en effet une tâche ingrate que d'avoir à parler d'usines et de manufactures et à montrer les forces dont dispose un pays luttant non plus pour l'existence mais pour la richesse ; il serait plus attrayant de décrire les originalités sociales ou topographiques d'une région pittoresque dont quelque rare fortune a fait de vous le Christophe Colomb. Je n'ai pas découvert la Russie ; vous savez comme moi où elle se trouve ; je suis même certain que beaucoup d'entre vous en connaissent mieux que moi les curiosités. Je l'ai vue en Consul, c'est-à-dire très mal au point de vue touriste, si mal

même que je ne saurais vous en étaler ici la moindre photographie, ni reposer votre attention par des projections lumineuses, mais j'en ai de mon mieux mesuré les forces productives, étudié les ressources et recherché l'avenir. Ce sont les notes, les observations, les impressions recueillies pendant un séjour de plusieurs années en Russie et mises au point au cours d'une mission officielle à l'Exposition récente de Nijni-Novgorod que je voudrais vous communiquer aujourd'hui dans la mesure d'ailleurs très restreinte où me le permettent le temps et votre bienveillante patience. Je voudrais vous donner comme la sensation du travail profond qui agite cet immense pays et qui fait surgir de son sol, dans une floraison bizarre et soudaine, les puits aux clochers pointus de ses charbonnages, la masse sombre de ses hauts-fourneaux, et les rouges cités de briques qui renferment des milliers de métiers et des armées ouvrières.

Il est bon d'ailleurs qu'en France nous suivions de très près les progrès d'une nation à laquelle nous sommes attachés par des liens si nombreux, et qu'en prenant non seulement un intérêt d'amateur ou d'ami mais même une part énergique au développement de la Russie nous consolidions la réciprocité des sympathies qui nous unissent par une réciprocité d'avantages et de bénéfices. Dès à présent, je dois dire que nous avons été précédés de loin dans cette voie par nos concurrents étrangers et je me propose, après vous avoir indiqué les progrès et la situation présente des industries russes, de vous signaler ce que nos rivaux ont déjà fait sur le grand marché de la Russie.

I

Bien des causes ont provoqué l'évolution économique de la Russie ; trois surtout méritent de retenir l'attention. Ce sont : l'émancipation, les tarifs protecteurs et l'extension du réseau ferré. L'émancipation a procuré des ouvriers. Sans doute la classe

ouvrière n'existe pas encore à proprement parler en Russie ; le plus souvent l'ouvrier russe n'est qu'un paysan qui se gage pour l'hiver et retourne aux champs l'été. Un tel état de choses provoque des conséquences nombreuses ; il oblige entre autres le patron à loger et à nourrir à l'usine cet homme que hante la nostalgie de la campagne, et à créer des sortes de phalanstères où se groupent, dans une promiscuité qui nous étonne, des agglomérations de milliers d'ouvriers. Il perpétue d'autre part à l'usine le respect des habitudes rurales, les longs chômages, les fêtes fréquentes du calendrier orthodoxe, qui diminuent le rendement annuel du travail et font que les salaires en apparence si modestes sont plus élevés qu'on ne le pense. Mais autrefois, les paysans attachés à la glèbe ne pouvaient même pas louer leurs services, ils n'étaient qu'un bétail qui cultivait la terre et que la terre à son tour nourrissait.

La politique protectionniste n'a pris en Russie un développement considérable que sous le règne d'Alexandre III. Pendant longtemps les marchandises étrangères étaient entrées assez facilement dans l'Empire. Le Tsar Alexandre III voulut que la Russie se suffit davantage à elle-même ; souverain très russe, très dégagé de l'influence de l'Europe occidentale, il se dévoua, si l'on peut ainsi parler, à la russification de la Russie dans toutes les branches de l'activité nationale. Des droits de douane frappèrent successivement tous les produits étrangers, même ceux qui comme la houille, le coton et les produits chimiques pouvaient paraître le plus essentiels au développement industriel. Tous ces droits, toutes ces taxes vinrent prendre place dans le tarif de 1891 qui marque le point culminant du protectionnisme russe. Les traités de commerce conclus ensuite, l'un avec la France en 1893, un autre avec l'Allemagne, en 1894, diminuèrent sur certains points certaines exagérations et maintinrent les relations commerciales de la Russie avec les autres pays. Le traité de 1894 termina même une guerre douanière des plus vives qui mit pendant plus d'un an aux prises l'industrie allemande et l'agriculture russe ; mais l'œuvre de 1891 est restée

en somme debout, le monument protectionniste élevé par Alexandre III subsiste dans ses lignes principales et la politique économique du grand Empereur continue d'inspirer Celui qui l'a remplacé sur le trône des Romanof.

Je n'ai nullement l'intention de porter un jugement quelconque sur le protectionnisme russe. Il est des questions dont la sagesse commande de s'abstenir et je ne veux pas examiner si par d'autres moyens, au prix de sacrifices moindres et avec une sollicitude plus grande des intérêts de la masse, il n'eût pas été possible de provoquer également le développement de la Russie Industrielle. Il ne rentre pas non plus dans mes intentions d'apprécier si les grandes fortune édifiées en quelques années, par quelques-uns, à l'ombre du rempart douanier qui a protégé ce petit nombre d'élus, est un bien ou est un mal. Les théories se discutent, les faits se constatent. Ce qui est certain, visible et pour ainsi dire palpable, c'est que simultanément avec l'introduction du régime protectionniste en Russie s'est produit l'établissement d'usines, de manufactures et d'ateliers nouveaux, la mise en valeur de ressources auparavant inexploitées et l'afflux des capitaux étrangers.

J'arrive à la troisième cause, à l'extension du réseau ferré. Au 1^{er} janvier 1882, on comptait dans l'Empire 22.586 verstes de voies ferrées ; au 1^{er} janvier 1896, il y en avait 36.692 et plus de 9.000 étaient en construction. Pendant que Moscou célébrait en 1882 les fêtes du couronnement du Tsar Alexandre III, le chemin de fer transcaucasien se terminait et joignait la Caspienne à la Mer Noire ; douze ans plus tard, quand Moscou en deuil recevait dans sa vieille cathédrale des Archanges, au Kremlin, pour une halte d'un jour, la dépouille mortelle de Celui que la reconnaissance de son peuple a nommé déjà le « Tsar Pacificateur », le Transcaspien, activé à son tour, ouvrait, jusque dans les lointaines provinces de l'ancien royaume de Tamerlan, une grande voie de pénétration, et le Transsibérien était commencé ; deux tronçons partant l'un de l'Oural, l'autre de Hadivostok et s'allongeant chaque année à la

rencontre l'un de l'autre, abrégèrent déjà les longueurs du voyage à travers le continent asiatique et l'on prévoyait la date où les trains, emportant avec eux la civilisation, les idées et surtout les moyens de production de l'Europe, complèteraient là-bas l'œuvre commencée il y a 400 ans par Ermack Timoféitch, cet ataman cosaque qui, brigand en deçà, de l'Oural, fut un héros au delà et conquit pour Ivan le Terrible le royaume tartare de Sibir. En Russie d'Europe comme en Russie d'Asie, des provinces qui vivaient auparavant dans un isolement complet, les grandes steppes par exemple du Bassin du Donetz où les pluies d'automne faisaient une boue épaisse et lourde qui engluait les roues des chariots et arrêtait tout transport, ou bien la région du Volga, que l'hiver séparait du reste du monde, ou encore la Lithuanie couverte à présent de champs de betteraves et de sucreries, ont vu soudain les chemins de fer leur ouvrir des débouchés, les mettre en communication avec les autres régions voisines et permettre des échanges qui les ont enrichies. S'il est un pays dont l'évolution économique appelait, exigeait d'abord des voies de communication, c'est bien cette Russie aux plaines sans fin, aux espaces immenses qui se parcouraient autrefois dans la lenteur monotone des voitures de poste, au bruit grêle des clochettes qui devaient conjurer les esprits malins de la steppe.

II.

Ainsi la Russie Industrielle s'est formée auprès de la Russie Agricole. Elle grandit chaque jour et l'Exposition récente de Nijni-Novgorod a clairement montré quel développement elle a pris sous l'action des causes que je viens de m'efforcer de mettre en lumière. L'industrie minière et métallurgique en a surtout subi les puissants effets. En moins de quinze ans, de 1880 à 1894, la production de la houille a passé de 201.000.000 pouds (1)

(1) Le poud = 16 K. 3.

à 528.000.000 pouds et celle de la fonte s'est élevée de 28.000.000 pouds à 81.000.000 pouds. Les grands centres houillers sont actuellement la Pologne et le Bassin du Donetz. Ni le centre moscovite ni l'Oural ne peuvent lutter contre ces deux régions : leurs charbons n'ont pas une qualité suffisante. Pendant longtemps ce fut la Pologne qui eut la production la plus élevée ; voisine de l'Europe occidentale, pourvue d'une industrie métallurgique, disposant déjà de voies nombreuses de communication, elle se trouvait dans des conditions meilleures que le Bassin du Donetz où paysans et propriétaires, n'ayant que des manèges à chevaux et privés de tout débouché, exploitaient à ciel ouvert et n'extrayaient guère le charbon que pour leurs besoins domestiques. Mais le temps a marché, la Russie méridionale s'est transformée et maintenant le Bassin du Donetz possède des mines très bien outillées, compte près de 250 exploitations munies de machines d'extraction et de ventilation, envoie enfin ses houilles dans tous les ports de la Mer Noire ainsi que dans les usines nombreuses qui se sont immédiatement établies dans la région. La houille attire en effet les industries ; elles sont au combustible comme à la source de toute vie.

En ce qui concerne la fonte, l'Oural garda longtemps une hégémonie incontestable. Dans ces plis de terrain qui séparent l'Europe de l'Asie, on trouve des collines entières de minerais de fer. Celles qu'on nomme la « Montagne Magnétique » ou la « Montagne de la Grâce Divine » et qui ont des minerais tenant jusqu'à 70 % sont les plus célèbres. Mais l'Oural a conservé sa physionomie quasi seigneuriale et féodale ; il a tout un outillage antique de hauts-fourneaux à air froid, de feux d'affinerie, de fourneaux à loupes, etc.... et bien que cet outillage soit en voie de renouvellement, et livre d'ailleurs des produits d'excellente qualité, il ne saurait lutter avec avantage contre les installations perfectionnées dont disposent le Bassin du Donetz et toute la vaste région de la Russie médionale. Là, il y a quelque vingt ans, un Russe, nommé Paul, s'imagina

d'exploiter des minerais de fer situés sur les terres d'un petit village de la steppe qu'on appelle Krivoï Rog, c'est-à-dire la « Corne tordue » et qui se trouve à 200 verstes environ vers l'ouest, de la ville d'Iékaternioslow. Naturellement il n'y fit pas fortune ; les inventeurs, et tous ceux qui entrent les premiers dans des voies nouvelles, ont généralement un sort malheureux comme si la nature voulait châtier leur audace. Mais d'autres vinrent après lui, et ces minerais s'associant avec les houilles du Donetz créèrent ainsi dans les régions de la Russie méridionale une des industries métallurgiques les plus prospères du monde. Actuellement le Bassin du Donetz produit chaque année près de 30 millions de pouds de fonte c'est-à-dire autant que l'Oural alors qu'il y a vingt ans on y considérait comme chimérique l'établissement de hauts-fourneaux. Des agglomérations ouvrières s'y sont formées, surgissant dans la plaine aux horizons lointains comme des îles dans l'Océan. Lorsqu'on y voyage, on est surpris de rencontrer soudain au détour d'une route, dans le fond d'une vallée, une ville de 25.000 habitants pressée autour de puits de mines, de hauts-fourneaux, de fours à coke et d'ateliers qui projettent leurs lignes massives au travers de la poussière et de la fumée dont ils sont enveloppés. La nuit tout cela s'illumine de clartés rouges, de longues flammes qui vont lécher l'obscurité ambiante, et surprennent, inquiètent l'imagination du voyageur qui roule au loin sur les chemins de terre. Cette ville, c'est Iouzovka ; ces usines sont l'œuvre de l'Anglais John Hughes qui vint de Londres vers 1871 pour entreprendre dans ces steppes la fabrication de la fonte au coke. Ses débuts furent pénibles, plusieurs fois, la ruine apparut menaçante, et la faillite frappa à sa porte. On raconte même qu'un jour John Hughes et ses fils firent leurs paquets pour retourner dans leur pays où les auraient sans nul doute suivis les reproches et les railleries plus pénibles encore que la défaite. Mais ce même jour, ils reçurent du Gouvernement Impérial une grosse commande de rails à des prix très avantageux qui déguisaient une

subvention ; ils se remirent alors à l'ouvrage confiants dans l'appui tout puissant de l'Administration. La période critique était effectivement franchie, l'ère de prospérité s'ouvrait. A l'heure présente, Iouzovka est une des plus grosses affaires métallurgiques de l'Europe ; des travaux considérables y sont chaque année effectués grâce aux bénéfices élevés que l'usine réalise, et auront bientôt rajeuni, modernisé la physionomie des anciens ateliers créés par John Hughes.

La Pologne a également accru considérablement sa production de fonte, mais ses charbonnages ne lui donnant pas de coke métallurgique ; elle doit le faire venir de Silésie et payer sur son combustible des droits d'entrée ; d'autre part les minerais qu'elle trouve dans son sol sont beaucoup moins riches que ceux de Krivoï Rog ou ceux des montagnes « Magnétique » et « de la Grâce Divine ». Ils ne tiennent guère, grillés, que 50 %. La nature n'a pas été aussi généreuse pour la Pologne que pour la Russie méridionale ou pour l'Oural, mais si les choses font défaut, les hommes ont su par eux-mêmes compenser l'infériorité où ils se trouvaient ainsi placés ; la main-d'œuvre y est habile, les ingénieurs sont des gens experts et la Pologne s'est attachée à la fabrication des produits qui doivent à l'adresse de l'ouvrier une grande, sinon la plus grande partie de leur valeur. Au contraire la métallurgie de la Russie méridionale ne fabrique guère encore que des rails. Quant à l'Oural, il persévère dans les anciennes traditions ; ses fers se vendent chaque année en feuilles, en barres, en tiges, sur la foire de Nijni-Novgorod ; à peine commence-t-il à faire des aciers et des rails.

Parmi les autres industries minières, je passerai sur celles du cuivre, du plomb, du manganèse, de l'argent ou du mercure. Il me suffira de dire que la Russie contient dans ces métaux des richesses certaines, connues, mais exploitées trop souvent d'une manière incomplète. J'ai hâte d'arriver à la grande industrie de l'avenir, je veux parler de l'industrie du naphte.

A l'Exposition nationale de Nijni-Novgorod, le naphte occupait une place d'honneur. On admirait le pavillon que la Société Nobel y avait construit et dont les hautes murailles, le minaret à tête arrondie reproduisant la tour du vieux Bazar persan de Bakou égayaient tout un coin de l'Exposition par la note claire et exotique qu'ils y mettaient. A l'intérieur, on y trouvait un panorama qui montrait avec un réalisme saisissant le pays du pétrole. Au loin on voyait la nappe immense de la Caspienne ; autour de soi, la cité des usines de distillation, coupée par les conduites de naphte, souillée par les flaques boueuses, et parcourue par les longues caravanes de chameaux qui portent le précieux combustible aux tentes des nomades du désert ; sur le côté enfin, adossée à une colline de sable, la ville de Bakou, sans ombre, sans verdure, découpant sa silhouette orientale sur le ciel bleu et toute blanche sous le brûlant soleil de l'Asie. On voyait également dans un diorama voisin deux tableaux, l'un représentant les mines et les puits de forage dont les armatures élevées font songer à quelque futaie de hauts arbres taillés en ifs, ou à quelque cimetière planté de grands cyprès ; l'autre montrant le temple du feu, une sorte de chapelle flanquée de quatre hautes cheminées d'où sortent des flammes et entourée de murs dont les petites tourelles laissent également échapper des lueurs. C'est là qu'en pèlerinage des prêtres hindous, des serviteurs du Bouddha, se rendaient, il y a quelques années encore, pour adorer ce feu qui brûlait jour et nuit et dont l'origine leur semblait céleste et mystérieuse. Plusieurs d'entre eux n'ont pas fait le voyage du retour : surpris par la mort, ils dorment leur dernier sommeil dans la petite cour où s'écroulent maintenant les pierres de la chapelle. S'ils se réveillaient jamais, leur foi naïve serait cruellement éprouvée. Une usine voisine a accaparé pour le chauffage de ses chaudières les gaz qui produisaient le feu sacré, et quelques pâles flammes, s'échappant timidement des fissures du vieux temple, sont tout ce qui subsiste des lueurs glorieuses d'autrefois. A Bakou comme ailleurs, les dieux s'en vont, la science chasse les fantômes qui charmaient ou passionnaient les âmes simples et crédules.

La production du naphte à Bakou a dépassé en 1895 la production des sources des Etats-Unis. C'est la première fois que ce phénomène se produit. Le chiffre atteint a été de près de 400.000.000 pouds.

Outre la péninsule de l'Apchéron, où se trouve Bakou, diverses autres régions du Caucase possèdent des sources de pétrole. Des exploitations importantes s'établissent en ce moment même auprès de la petite ville de Grosny, sur le versant nord du Caucase et dans le territoire du Terek.

Ce qui distingue surtout le naphte russe et menace d'en faire l'agent d'une transformation économique, c'est qu'il laisse à la distillation des résidus, appelés « mazout » qui sont propres au chauffage industriel. Combustible d'une manutention facile, d'un pouvoir calorique plus élevé que la houille, le « mazout » a conquis déjà la région moscovite et les usines des bords du Volga ; L'amirauté songe même à l'employer sur ses flottes. On peut prévoir, après que les mines de Grosny auront atteint leur plein développement, l'extension de l'emploi du mazout et son utilisation là même où la houille paraissait assurée d'une domination incontestée.

Les mines et la métallurgie nous conduisent aux industries mécaniques. Ici encore nous constatons que des progrès ont été réalisés. Pour la première fois à l'Exposition de Nijni-Novgorod, l'industrie russe des constructions mécaniques s'installait grandement, plaçait les produit les plus divers dans une vaste nef toute en fer, débordait même dans un bâtiment annexe et dans les pavillons de Sociétés particulières. Les progrès qu'elle a accomplis dans les quinze dernières années sont importants. Elle a augmenté le nombre de ses ateliers et de ses ouvriers, accru la valeur de sa production. Les statistiques indiquent à l'heure actuelle qu'elle dispose de 500 usines et de 50.000 ouvriers et qu'elle livre pour plus de 150.000.000 francs par an.

Il s'en fallait toutefois que la Galerie des Machines de l'Exposition

de Nijni-Novgorod ne méritât que des éloges ; les compliments qu'on lui adressait, que je lui adresse moi-même en ce moment, étaient d'une nature un peu rétrospective : l'impression eût été peut-être moins favorable sans le contraste flatteur d'un passé peu prospère. Puis les Russes ne paraissaient pas avoir pris une part très large au développement de l'industrie dont il s'agit ; leurs noms ne figuraient qu'exceptionnellement sur les larges enseignes ; presque partout on lisait des noms à désinence anglaise ou germanique qui donnait à la Galerie des Machines je ne sais quelle physionomie internationale. On constatait également que l'esprit d'invention était rare, absent même, tandis que les imitations étaient nombreuses. C'est ainsi que parmi les machines à vapeur, on voyait une machine à distribution Corlis-Farcot copiée sur les machines du constructeur français de St-Ouen ; dans la section des machines pour filature et tissage on remarquait des moulins qui n'étaient qu'un surmoulage de moulins américains ; il arrivait même parfois d'observer que des constructeurs russes s'étaient copiés les uns les autres. La main-d'œuvre en Russie laisse encore à désirer ; ses défauts apparaissent surtout lorsqu'il s'agit non plus d'exploiter des matières premières mais de traduire avec des matériaux qui résistent et qu'il faut forcer, les œuvres de la pensée et du calcul humains. L'ouvrier russe n'est pas toujours le collaborateur intelligent dont l'ingénieur a besoin. Mis face à face avec la matière première qu'il doit transformer, cet homme qui n'a pas reçu une instruction suffisante hésite, tâtonne, manque d'initiative et exécute d'une manière défectueuse des plans bien faits. L'Exposition de Nijni-Novgorod a souligné la nécessité urgente de développer l'enseignement technique. Quoiqu'il en soit, l'industrie des constructions mécaniques implantée définitivement en Russie, forte déjà d'un nombre respectable d'ateliers et d'ouvriers, a droit d'être confiante dans l'avenir.

Les industries textiles sont toujours celles qui sous la pression des besoins les plus immédiats de l'homme, se créent les premières.

Elles ont atteint en Russie un très grand développement, et s'y sont réparties dans trois régions principales qui sont : le Centre moscovite, les Provinces Baltiques et la Pologne. Les capitales manufacturières de ces trois régions s'appellent : Moscou, Saint-Pétersbourg et Lodz. La région des Provinces Baltiques ne se distingue par aucun caractère nettement tranché, elle a subi l'influence étrangère, elle possède un bon outillage importé d'Angleterre ou d'Allemagne, et bénéficie de la présence des administrations publiques et des bureaux à Saint-Pétersbourg ; c'est chez elle qu'on trouve la plus importante fabrique de draps militaires de l'Empire. A ces traits généraux se borne tout ce qu'on peut en dire. Il n'en est pas de même du Centre moscovite ni de la Pologne qui présentent chacun une physionomie originale et d'ailleurs en complète opposition.

Le Centre moscovite est le sanctuaire de l'industrie nationale. Il n'y a pas eu chez lui invasion étrangère mais seulement infiltration. A part quelques articles comme les indiennes qui sont faits par des Alsaciens français et où s'affirme le génie d'une autre race, l'ensemble de sa production industrielle reproduit de préférence les anciens modèles, les dessins naïfs et les couleurs vives que le peuple russe affectionne. C'est aussi de ses ateliers que sortent certaines étoffes qui sont de patientes et de superbes œuvres d'art et qui perpétuent le talent des anciens artistes de Moscou ; je veux parler des brocarts d'or et des ornements d'église de Sapojnikof que le monde entier connaît et admire. Mais ces étoffes de luxe, faites surtout pour la cour et le haut clergé, constituent une exception dans la masse des articles que produit le Centre moscovite. Travaillant pour le peuple et ayant à satisfaire à la grande consommation, c'est la marchandise courante qu'il fabrique, et du goût du peuple qu'il s'inspire. Avec la tradition, il suit les errements du passé, incarne l'ancien esprit et se personnifie assez exactement dans ses industriels dont la plupart sont des Russes de la vieille roche, attachés aux vieux rites et demeurés vieux croyants. Beau-

coup encore portent les bottes, le cafetan et la casquette, se signent avec deux doigts, ont des hôtels luxueux à Moscou ou à Nijni-Novgorod quand la fortune leur a souri, mais y transportent leurs habitudes et leur manière de vivre et y font quatre carêmes par an. Ils sont restés en un mot les « koupsi » ou marchands, que le Molière russe, Ostrovski, a mis en scène avec une si admirable puissance de réalisme.

Tout autre est la région polonaise. Elle apparaissait à l'Exposition de Nijni-Novgorod avec une importance moindre au point de vue de l'outillage et des capitaux, mais avec une richesse bien plus grande d'inspiration, une supériorité réelle de fabrication et pour ainsi dire une modernité qui indiquait chez ses manufacturiers la faculté de modifier leur production, de la renouveler et de se plier aux goûts d'une clientèle aisée. La Pologne paraît devoir cette souplesse et cette fécondité aux étrangers qui s'y sont établis en grand nombre, attirés dans ses provinces par les faveurs impériales, les concessions et les exemptions d'impôts. On peut fixer une date à son expansion industrielle. C'est en effet l'oukase du 18 septembre 1820 qui accorda les privilèges dont il s'agit aux étrangers qui s'installeraient dans certaines localités telles que Lodz, Zgiez, Pabianitz, etc. On sait la prospérité inouïe de la première de ces localités. Ce n'était alors qu'un petit village que des bûcherons avaient construit au milieu des bois, sur le cours de la rivière Lodka. C'est actuellement une des villes manufacturières les plus importantes non seulement de l'Empire des Tsars, mais de l'Europe, le « Roubaix » et le « Manchester » de la Russie. On y compte environ 400 usines et fabriques et 40.000 ouvriers. La valeur des matières premières qui y sont mises en œuvre monte par an à plus 100.000.000 francs ; celle des produits fabriqués s'élève à 200.000.000 environ.

Un Belge, Charles Cheibler fut l'un des principaux artisans de la fortune de Lodz. Etabli d'abord en Autriche, puis chassé de ce pays à la suite des événements de 1848, il se réfugia à Lodz à un moment où les destinées de la petite ville polonaise, très prospère

d'abord, s'enveloppaient, par suite de circonstances diverses, d'une incertitude assez grande. Ce fut lui qui par son expérience et son énergie imprima à sa cité d'adoption la forte poussée qui décida de son sort. Actuellement la Société des Manufactures de coton de Ch. Cheibler occupe dans les trois fabriques qui lui appartiennent plus de 6.000 ouvriers et dispose de 216.000 broches et de 4.000 métiers.

Il serait injuste d'ailleurs de n'attribuer qu'au-savoir faire, à l'énergie et au talent des étrangers tout le développement des industries textiles de la Pologne; il convient de ne pas oublier le tempérament mobile, le sens artistique de son peuple. Ces qualités diverses font que l'industrie polonaise est en train d'élever contre l'importation étrangère une barrière plus inquiétante encore que les droits de douane. Elle est parvenue à faire en lainages l'article nouveauté; si elle copie encore des dessins étrangers, il lui arrive d'en créer. Non seulement dans les textiles, mais dans d'autres branches, elle va ainsi de l'avant. Elle commence à faire le cuir verni et à fabriquer l'article de Vienne ou l'article de Paris. Au point de vue manufacturier, elle représente en somme l'esprit nouveau. Aussi la région moscovite est-elle animée contre la région polonaise d'une certaine jalousie que l'antithèse explique et qui ne paraît pas devoir disparaître de sitôt.

Envisagées au point de vue de leurs moyens de production, les industries textiles de la Russie occupent un rang des plus honorables. Bien entendu, la première place revient au coton. Le peuple entier s'habille de cotonnades. La laine est trop chère, une bonne étoffe grattée genre drap constitue un vêtement économique et qui tient chaud, surtout lorsqu'il s'emboîte en haut dans une touloupe fourrée, en bas dans des bottes de feutre. Puis sur les cotonnades il est plus facile d'imprimer les dessins chers au peuple russe, dans les tons vifs et parfois criards, qui plaisent à ses goûts restés orientaux par certains côtés. L'industrie du coton dispose maintenant, d'après les statistiques officielles, de 4.500.000

broches et de plus de 100.000 métiers. Le nombre de ses ouvriers s'élève à 230.000. Elle est une des plus puissantes en Europe et elle a pour elle l'avantage considérable de trouver dans l'Empire même une grande part de la matière première dont elle a besoin. Le développement de la culture du coton au Turkestan, a été l'un des bienfaits de la conquête russe et les plantations de l'Asie centrale fournissent déjà le tiers de la consommation de l'Empire.

L'industrie de la laine dispose de près de 600.000 broches et de 35.000 métiers. Dans cette Russie, l'hiver si froide et si glacée, et qui compte d'immenses bergeries, l'industrie dont il s'agit n'a peut-être pas pris toute l'extension à laquelle il eût été légitime de s'attendre. La filature de laine peignée, développée principalement en Pologne, a surtout progressé, mais le tissage ayant suivi une marche moins rapide, il en est résulté pour la filature une situation un peu gênée.

L'industrie de la soie compte environ 25.000 métiers à la main et 1.500 métiers mécaniques, occupe 50.000 ouvriers et produit par an pour 30.000.000 roubles soit près de 80.000.000 francs de marchandises. J'ai mentionné déjà le nom des Sapojnikof qui sont, au point de vue artistique à la tête de cette industrie. Avec un soin jaloux, avec un mélange véritablement très élevé de patriotisme et de sens esthétique, ces industriels moscovites ont conservé la fabrication des draps d'or et d'argent, des brochés, des brocats et des belles armures brodées. Certains de leur métiers ne font guère qu'une pièce par an. De chez eux sortait l'Etendard Impérial qui figura aux fêtes du Sacre de Nicolas II ; l'aigle à double tête et à double couronne, tenant dans ses griffes le sceptre et le globe s'y détachait avec un relief admirable sur l'or jaune de l'étoffe. De chez eux également provenaient ces draps d'or dont furent faits les vêtements des hérauts d'armes qui, pendant trois jours, au son clair des trompettes, annoncèrent dans la ville sainte le Couronnement du Tsar et distribuèrent au peuple les proclamations impériales. Ce ne

sont pas pourtant les frères Sapojnikof qui possèdent l'outillage le plus complet, la production la plus importante. Ici, la première place revient à un de nos compatriotes, M. Giraud, qui en moins de 30 ans a établi à Moscou la manufacture de soieries la plus vaste peut-être du monde, et donné ainsi un bel exemple qu'on souhaiterait rencontrer souvent à l'étranger.

L'industrie du lin possède 240.000 broches et 11.000 métiers ; elle emploie 45.000 ouvriers dont 20.000 à la filature et 25.000 au tissage, et produit par an pour 25.000.000 roubles. Vous savez sans doute quels furent en Russie les débuts de l'industrie linière. Elle eut pour berceau la Pologne, pour père un Français dont le nom, tombé en France dans l'oubli, est illustre là-bas. Nul, dit-on, n'est prophète dans son pays. Philippe de Girard, l'homme de génie qui découvrit la filature mécanique du lin, avait cruellement éprouvé la dure vérité de ce proverbe, lorsque, ruiné, il vint fonder en 1833 près de Varsovie et dans un petit village qui s'appelle encore Girardof, la première manufacture de lin de la Russie. Vous connaissez également les difficultés au prix desquelles nous dûmes reprendre à l'Angleterre, qui se l'était appropriée, la belle invention de notre compatriote.

Parmi les industries diverses, il convient de signaler tout particulièrement l'industrie des produits chimiques dont le développement pour certains produits marche à si grands pas que déjà l'on caresse le rêve de l'exportation. De telles pensées, hantent par exemple la Société « Loubinof, Solvay et C^{ie} » qui a le monopole de fait de la fabrication de la soude ; sans doute elles sont empreintes d'un optimisme exagéré, mais elles témoignent en même temps d'une confiance qui s'appuie sur le succès et qui devient elle-même, car tout s'enchaîne, la cause de succès futurs. L'industrie dont il s'agit demeure d'ailleurs assez arriérée pour d'autres produits ; c'est ainsi qu'elle n'a abordé encore ni la fabrication de superphosphates pour laquelle elle dispose de très riches gisements de phosphorites, ni celles des substances tinctoriales dérivées du goudron de houille. De

ces produits, les uns aideraient sans nul doute l'agriculture nationale à supporter la crise actuelle ; les autres épargneraient aux fabriques d'impression sur étoffes du rayon moscovite la nécessité de payer chaque année à l'Allemagne un très lourd tribut.

Mais cela m'entraînerait trop loin de passer en revue toutes les industries diverses. Je me permettrai donc de prier ceux qui prennent un intérêt particulier à la Russie Industrielle, de vouloir bien se référer à l'ouvrage que je viens de faire paraître à la librairie Hachette sous le titre : « La Russie Industrielle. Etude sur l'Exposition de Nijni-Novgorod ». Ils y verront combien, non seulement dans les industries qui précèdent, mais dans d'autres encore, le pays se développe ; c'est ainsi qu'ils constateront que l'industrie sucrière de la Russie précède à présent la nôtre.

III.

Cette prospérité présente de la Russie Industrielle a coïncidé avec l'envoi dans ce pays de nombreux capitaux qui ont été engagés dans des entreprises diverses, et plus spécialement dans les affaires minières et métallurgiques. La Russie n'apparaît plus maintenant aux étrangers comme ce pays de roman, sombre, triste, dont l'éloignement augmentait l'effroi et dans lequel les policiers pourvoyeurs des prisons et de la Sibérie se tenaient partout aux aguets. Cette ridicule légende s'est évanouie pour faire place à la conception vraie de la Russie telle qu'elle est, c'est-à-dire d'un Empire où l'on peut voyager, s'établir, vivre et jouir dans sa personne et dans ses biens d'une sécurité qu'il serait peut-être même impossible de trouver ailleurs plus grande et plus complète. Les Belges sont, de tous les capitalistes étrangers, ceux qui le savent le mieux et qui en profitent le plus.

Je ne sais plus qui a dit que la Russie allait devenir au point de vue industriel une petite Belgique. Le paradoxe contient une part

dé vérité. Les Belges établissent chaque jour, dans la Russie méridionale principalement, des entreprises nouvelles. C'est à eux qu'appartient la grande usine métallurgique de la Dniéprovienne située à Kamenskoï, sur le Dnieper, à 30 kilomètres environ d'Iékaternioslar, considérablement outillée, parfaitement conduite, cette usine fondée en 1887, a distribué aussitôt des dividendes de 50 et 60 %, qui n'ont pas peu contribué au goût des Belges pour les affaires russes. Ils sont maintenant dans la plupart des charbonnages du Bassin du Donetz ; ils s'étendent sur les rives de la Mer Noire ; ils s'établissent à Rostof sur le Don, à Lougansk, à Odessa, à Woluitzeo, à Gorlooka, à Tagaurog, à Nicolaïef et à Iékaternioslaw. Ils font de la fonte, du fer, de l'acier, des rails, des fers marchands, des tôles, des tuyaux, des constructions navales, des produits réfractaires, des ciments, des bouteilles, des glaces, de la fonte émaillée, que sais-je encore..., etc. Ils connaissent les besoins nouveaux de la Russie, ils voient par exemple que la consommation de la fonte augmente beaucoup plus vite que la production ; que les tuyaux font défaut, que les fers marchands sont rares et chers ; que les machines manquent ; que le fer-blanc ne se fait pas encore, qu'il y a place en un mot pour des fabriques nouvelles et que si la marche est rapide, le but est éloigné encore. Loin d'agir comme ces gens à courte vue qui attribuent le succès des autres à la chance et se plaignent sans cesse d'être arrivés trop tard, ils ont canalisé à direction de Bruxelles une part très grande des profits et des bénéfices de l'exploitation des richesses minières de la Russie. J'estime à près de trois cents millions de francs les sommes qu'ils ont placées ainsi dans l'Empire. Que la spéculation les ait parfois égarés, ce n'est pas douteux et je connais des entreprises dont l'avenir me semble compromis sous le poids du capital action et du capital obligation qui les handicapent, mais d'une manière générale les résultats sont favorables et la balance bonne pour la Belgique. Il ne faudrait pas d'ailleurs connaître le cœur humain, qui ne change guère avec les latitudes ou les longitudes, pour croire que ces profits de l'activité

de nos voisins n'éveillent en Russie aucune jalousie. Certaines personnes, certains journaux témoignent parfois d'une certaine hostilité. Je me souviens entre autres d'articles de la Gazette de Moscou dans lesquels les Belges étaient violemment pris à partie. L'ancienne feuille de Katkof, avec un patriotisme qui malgré son caractère honorable ressemblait à un anachronisme, prétendait que tous ces étrangers venus dans l'Empire s'enrichissaient au moyen de formules cachées et de procédés secrets et demandait que le Gouvernement les obligeât à divulguer cette science occulte; puis on les expulserait. Elle oubliait que la Russie bénéficie autant au moins que la Belgique ou que les autres nations étrangères des capitaux qui lui sont envoyés et qui y laissent d'abord des salaires, y développent ensuite l'esprit d'entreprise, y forment enfin la classe ouvrière qui jusqu'à présent manque au pays. Un homme d'Etat d'une intelligence rare et d'une prodigieuse puissance de travail sait mieux que personne, à St-Petersbourg à quoi s'en tenir à ce sujet, je veux parler de M. Witte, Ministre Impérial des Finances. Les doléances de la Gazette de Moscou ne montent pas jusqu'à lui; de la haute situation qu'il occupe, il voit l'ensemble des faits, il peut même deviner l'avenir, l'époque lointaine encore mais chaque jour plus prochaine où l'élève égalera le maître.

Il y a une vingtaine d'années, les Français avaient devancé les Belges dans la mise en valeur des richesses dont il s'agit; les Sociétés de Ibuta Bankova en Pologne, de Ihrivoi Rog, des Sels Gemmes ou de Routchenko dans la Russie méridionale, de la Ibauca dans l'Oural, et d'autres encore en témoignent, mais parmi nos entreprises françaises, quelques-unes mal étudiées, ont échoué; d'autres ont eu des débuts difficiles, par suite de graves fautes initiales dont les conséquences se font sentir encore, les Belges ont pris alors une forte avance qu'ils ont conservée. Mais nos compatriotes vont à leur tour de l'avant: éclairés par l'expérience, ils font preuve d'une activité nouvelle qui les conduira sans doute à des résultats heureux. C'est avec des capitaux de notre pays que

se sont établies ou que vont s'établir les affaires métallurgiques de Drouchkovka, de Tsaritzine et de Ihojan ou les ateliers de constructions mécaniques de Nicolaïef. Ces quatre entreprises représentent un capital de plus de soixante millions de francs. Elles ne sont pas les seules. On rencontre la participation française dans quelques-unes des Sociétés houillères récemment constituées; on trouve également notre argent dans les industries textiles, surtout dans les lainages et les soieries.

Les Allemands se sont joints au mouvement; ils ont récemment établi dans le Bassin du Donetz, à Iouevka, deux hauts-fourneaux et des laminoirs qui feront des fers marchands. Il n'est pas jusqu'aux Américains qui ne participent à l'expansion industrielle de la Russie; ils s'associent avec l'usine de Sormovo, près Nijni-Novgorod, sur le Volga, pour construire des locomotives; ils contribuent à fonder l'affaire métallurgique de Nicopol-Marioupol sur la mer d'Azov.

Je sais qu'il est une théorie d'après laquelle nous ne devons pas exporter nos capitaux, mais seulement nos produits. Nos capitaux doivent rester en France, contribuer au développement de nos forces productrices et ne pas partir pour une émigration dans laquelle ils emportent, ils drainent avec eux une partie de notre patrimoine au profit des étrangers. Appuyée par les personnes les plus compétentes et les plus autorisées, cette théorie serait à mon avis absolument vraie et absolument bonne, si nous avions en France des ressources suffisantes pour employer tous nos capitaux. Mais ce n'est nullement un mystère que la France ne possède pas les ressources houillères de l'Angleterre ou de l'Allemagne, ni les vastes étendues des Etats-Unis. Ce qui abonde surtout chez nous c'est l'argent amassé par notre épargne, c'est l'intelligence développée par toute une hérédité remarquable. Nous ne changerons pas les faits; le jour où la France voudra employer chez elle tous ses capitaux, nous serons, je le crains du moins, menacés d'une surproduction d'autant plus dangereuse que la tendance actuelle des pays est de s'isoler de plus en plus

derrière de hautes murailles douanières. D'ailleurs ne voyons-nous pas déjà nos capitaux partir à l'étranger, et ne serait-il pas parfois préférable de placer nos fonds en entreprises industrielles qui donneraient plus que des fonds d'Etat étrangers rapportant 3 1/2 ou 4 %? J'avoue en pareil cas ma préférence pour les entreprises industrielles sous la condition bien entendu qu'elles aient été soigneusement étudiées et que la spéculation, l'avidité de promoteurs peu scrupuleux, l'espoir d'un gain facile qui serait illégal partout ailleurs qu'à la Bourse, n'aient pas d'avance condamné à mort l'entreprise à peine née. Il me semble que de telles entreprises contribuent à entretenir chez nous l'énergie de notre race, facilitent notre expansion, nous donnent le goût des voyages et la connaissance de l'étranger, et créent en pays plus ou moins lointains des centres d'appui pour notre influence et de consommation pour nos produits. L'ingénieur français à l'étranger est une façon de missionnaire laïque qui propage nos goûts et notre action civilisatrice.

Est-ce à dire que nos produits ne puissent pas aussi bien que notre argent trouver un débouché en Russie, et faut-il conclure de ce qui précède que l'Empire est un champ d'exploitation immense, mais non pas un marché de consommation? Nullement. Je crois au contraire qu'un pays qui se développe comme la Russie et qui s'enrichit, doit consommer de plus en plus de marchandises françaises, car la France est la seule nation au monde dont les produits puissent satisfaire pleinement aux exigences d'une civilisation qui se raffine et d'un goût qui s'épure. Je crois même qu'en raison de la nature de nos articles dont la valeur est augmentée par l'habileté et la conscience de la main-d'œuvre et par le soigné et le fini de l'exécution, les droits de douane, tout en nous nuisant incontestablement et en nous portant un très grave préjudice, ne nous opposent pas une barrière insurmontable.

Les statistiques douanières montrent que l'Empire russe importe de plus en plus de marchandises étrangères : 560 millions de roubles en 1894, 535 millions en 1895. Or, en 1894, la valeur de

l'importation ne s'élevait guère qu'à 380 millions. Six ans auparavant, en 1885, elle était de 434 millions. La progression réalisée pendant ces dernières années est, comme on le voit, des plus sensibles. Malheureusement la France ne prend qu'une bien faible part à ces transactions. En 1894, elle a vendu à la Russie, d'après les statistiques russes, pour 28 millions de roubles. L'Allemagne et l'Angleterre nous précèdent de très loin. Ces deux pays sont les fournisseurs principaux de l'Empire des Tsars. L'Allemagne qui a le plus gros chiffre y écoule chaque année pour plus de quatre cent cinquante millions de francs de ses articles (142 millions de roubles en 1894, 175 millions en 1895). Sans doute l'Allemagne a sur la France l'avantage d'une situation géographique plus favorable et la supériorité que lui assurent ses charbonnages et ses minerais, mais ces conditions dont notre commerce extérieur n'a pas l'équivalent n'expliquent pas tout. C'est ailleurs qu'il faut chercher le secret du succès des Allemands. Ils ont triomphé parce qu'ils ont su s'organiser commercialement et témoigner d'une complaisance infinie aux usages étrangers. En Russie, l'exportateur allemand a respecté les habitudes de la nation et tandis que le Français estimait qu'en dehors d'un crédit de 90 jours il n'y a pas de salut, il a, lui, accordé les longs termes d'usage et accepté le paiement à 6 mois, 9 mois, et même 12 mois de date. Il n'a pas non plus prétendu se couvrir par des lettres de change dont l'emploi est profondément contraire aux coutumes du commerce russe, mais il a accepté le règlement par chèques à échéances convenues et avec un escompte déterminé en cas de règlement anticipé. Avec son sens pratique, il a compris qu'on ne remonte pas un courant de traditions séculaires. Il s'est seulement ingénié à ne pas souffrir de sa soumission aux usages commerciaux de la Russie et il a créé partout des banques, des agences et des comptoirs qui lui facilitent ses transactions, surveillent ses intérêts, le renseignent et diminuent ses risques. Maintenant, l'Allemand voyage en Russie comme s'il n'avait pas quitté le « Vaterland » ; il y trouve partout des compatriotes, il y est chez lui. Toute cette

force vive qui ne se chiffre pas et qui provient des relations personnelles, de l'expérience et du sens intime d'un pays, il la possède ; le Français, lui, ne l'a pas et malgré une fabrication plus soignée, un génie industriel plus fin et la supériorité d'un goût plus sûr, il est vaincu presque sans lutte par son concurrent germanique.

Voyez entre autres ce qui se passe pour les machines. Alors que l'Allemagne en vend actuellement à la Russie pour plus de 55 millions de francs par an, la France lui en expédie pour 2.000.000 fr. à peine. Il semble que nous attendions pour créer là-bas des dépôts et ouvrir ainsi un débouché à nos ateliers de construction, que la Russie ait terminé l'achat de l'immense outillage industriel qu'elle se procure en ce moment et pour lequel elle dépense plus de 150.000.000 fr. par an. Nos machines coûtent plus cher, soit, mais qui expliquera qu'en revanche, elles sont meilleures et en définitive préférables si nous n'avons pas des agents et des ingénieurs pour nous faire une réclame si utile et si vraie ? A Moscou on compte environ 800 agents de maisons étrangères. Sur ce nombre, 550 sont Allemands, 6 seulement sont Français. Ce dernier chiffre n'est-il pas aussi éloquent qu'attristant ?

Je n'ai pas l'intention de refaire ici les ouvrages qui dernièrement en Angleterre et en France ont montré dans tous ses détails l'organisation savante du commerce allemand. Vous savez tous l'émotion que le livre de M. Williams « Made in Germany » a provoquée de l'autre côté du détroit, et beaucoup d'entre vous peut-être ont entendu le cri d'alarme que chez nous, M. Maurice Schwob a poussé dans son étude vibrante intitulée : « Le Péril Allemand ». Je souhaite seulement, et par ce souhait je terminerai cette trop longue conférence, que ces inquiétudes se propagent, que ces avertissements portent leurs fruits et qu'une certaine insouciance qui trop longtemps nous a distingués se dissipe en présence de la réalité. Je suis d'ailleurs convaincu que dans la lutte économique qui s'annonce plus âpre que jamais, les industriels du Nord, fidèles à leur place habituelle, seront au premier rang de ceux qui soutiendront le plus vaillamment l'honneur de notre drapeau.

CONFÉRENCE DU 20 MARS 1897

LES BASES SCIENTIFIQUES DE LA MUSIQUE

PAR M. R. PAILLOT, O. A.

Agrégé des Sciences physiques,
Président de l'Union française de la Jeunesse.

MESDAMES, MESSIEURS,

Lorsque la Société Industrielle me fit le très grand honneur de me demander une conférence, j'hésitai longtemps avant de donner une réponse affirmative. Mon hésitation provenait autant de mon inexpérience à aborder un auditoire d'élite comme celui qui m'écoute aujourd'hui, que de l'embarras où j'étais de trouver un sujet qui ne fut, ni trop simple, ni trop scientifique et dont tous puissent retirer quelque profit.

J'ai fixé mon choix sur les *Bases Scientifiques de la Musique*. J'ai pensé que dans une ville comme Lille, qui compte tant d'amateurs éclairés, dans cette ville où la musique est honorée de si brillante façon, il ne serait pas inutile de rappeler, sinon d'apprendre, quelques principes scientifiques qui jettent souvent un jour tout nouveau sur les procédés de cet art. Je n'ai eu d'ailleurs qu'à m'inspirer des excellentes leçons de mes Maîtres, le regretté M. Terquem et M. le Professeur Damien. Je suis heureux de remercier publiquement ce dernier de l'amabilité avec laquelle il a mis à ma disposition quelques-uns des appareils de la magnifique collection de l'Institut de Physique.

But de la Musique. — La musique a pour but, comme vous le savez, d'exciter en nous des sensations d'une nature particulière et, en général, agréables.

Elle se sert pour cela, de *sous* qui, produits par différents instruments, viennent affecter notre oreille.

Cause de la production du son. — La première question que nous ayons à examiner, c'est la cause de la production du son. — Le son est produit par les *vibrations* des corps élastiques. On dit qu'un corps est *élastique* quand, après avoir été déformé, il se développe, entre ses molécules, des forces qui ramènent celles-ci vers leur position primitive. Telles sont ces balles de caoutchouc avec lesquelles jouent les enfants et qui rebondissent après avoir frappé le sol à cause de leur *élasticité* et de la déformation qu'elles subissent pendant le choc. Telles sont aussi ces pincettes, instrument que l'on n'est généralement pas habitué à regarder comme un instrument de musique et qui va cependant nous servir pour faciliter nos explications. Si je rapproche les deux branches, et si je les abandonne ensuite à elles-mêmes, ces branches, sollicitées par les forces élastiques qui se développent à l'intérieur, reviennent à leur position d'équilibre, la dépassent en vertu de la vitesse acquise, reviennent sur leurs pas et exécutent ainsi, de part et d'autre de cette position d'équilibre, des mouvements de va-et-vient, d'aller et de retour qui ont reçu, en physique, le nom d'*oscillations*. Quand ces oscillations sont très rapides on les appelle des *vibrations*.

Dans le cas de ces pincettes, vous voyez parfaitement les vibrations, mais vous n'*entendez* aucun son. C'est qu'en effet, pour qu'il y ait production d'un son, il faut que les vibrations soient suffisamment rapides.

Voici un instrument dont la forme rappelle celle des pincettes que je viens d'employer et que l'on nomme un *diapason*. Si je l'ébranle avec l'archet, vous entendez un son très grave correspondant au son ut_1 ou à 64 vibrations doubles par seconde. Mais si vous *entendez* le son de loin, vous ne pouvez *voir* les oscillations des branches. On

peut cependant les montrer par différents moyens parmi lesquels je choisirai celui-ci. J'approche de ce diapason qui rend un son, une bille d'ivoire suspendue à un fil. Aussitôt que la bille touche l'une des branches elle reçoit un choc qui la lance à une certaine distance et ce choc se répète chaque fois que la bille touche le diapason (fig. 1). (1). Si je pose la main sur le diapason de façon à arrêter les vibrations, le son cesse et la bille reste immobile. C'est d'ailleurs ce qui se passe lorsque, par inadvertance, vous heurtez un verre de cristal placé sur une table. Vous produisez un son que vous vous hâtez d'étouffer en plaçant le doigt sur le verre de manière à éteindre les vibrations.

Il est également possible de montrer que, dans tous les cas, lorsqu'il y a production d'un son, il y a vibration d'un corps élastique, quelle que soit d'ailleurs la nature de ce corps, qu'il soit solide, liquide ou gazeux.

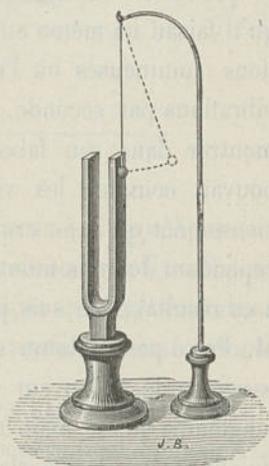


Fig. 1.

Limite des sons perceptibles. — Mais les vibrations des molécules des corps élastiques ne produisent des sons qu'autant qu'elles sont suffisamment rapides. Les sons employés en musique vont depuis 40,25 vibrations doubles par seconde, — c'est le son le plus grave, mi_{-1} (2) de la contrebasse — jusqu'à 4752 vibrations doubles par seconde — c'est le $ré_6$ de la petite flûte. L'oreille peut d'ailleurs percevoir des sons en dehors de ces limites. On admet généralement

(1) Les figures qui illustrent cette conférence, m'ont été gracieusement prêtées par MM. Masson et Cie éditeurs à Paris. Je leur adresse mes bien sincères remerciements.

(2) Pour distinguer les différentes octaves, on emploie des indices positifs ou négatifs. Le la du diapason est la_3 .

46 et 38000 vibrations doubles par seconde pour les limites inférieure et supérieure des sons perceptibles.

Manière de compter les vibrations. — Il peut paraître étrange que l'on puisse compter *exactement* un nombre aussi considérable de vibrations effectuées dans un temps aussi court. C'est précisément ce que faisait observer M. Poiré dans la remarquable conférence qu'il faisait ici même au mois de janvier dernier, à propos des vibrations lumineuses où l'on rencontre couramment 500 trillions de vibrations par seconde. M. Poiré racontait qu'il avait essayé de montrer dans son laboratoire, à l'un de ses amis, comment on pouvait compter les vibrations d'un diapason et il ajoutait malicieusement qu'il ne croyait pas l'avoir convaincu. Je vais essayer cependant de vous montrer comment on peut arriver très simplement à ce résultat et je suis persuadé que c'est le moyen qu'a employé M. Poiré pour éclairer son ami. Prenons un morceau de craie et essayons de tracer sur un tableau noir une ligne verticale. Aussi longtemps que la main ne déviera, ni à droite, ni à gauche, la ligne qu'elle tracera sera parfaitement droite. Mais si, pendant que la main se meut de haut en bas, on la fait mouvoir à droite et à gauche, elle tracera sur le tableau une ligne sinueuse. Les dentelures ou *sinuosités* mettent en évidence les *oscillations* de la main et si, pendant le mouvement, un signal quelconque, un signal électrique, par exemple, actionné par un pendule qui bat la seconde, vient tracer un point ou un petit trait à côté des sinuosités de la courbe, on pourra compter, avec la plus grande facilité, le nombre d'oscillations effectuées en une seconde. Eh bien ? remplaçons la main par un diapason. Fixons à l'une de ses extrémités une légère tige métallique taillée en pointe. Cette tige suivra le diapason dans toutes ses vibrations. Excitons le diapason et amenons la pointe de la tige à toucher doucement la surface d'une lame de verre recouverte d'une couche de noir de fumée. Si nous entraînons en ligne droite le diapason sur la plaque de verre ou, ce qui revient au même, la plaque de verre sous le diapason, nous produirons une ligne sinueuse (fig. 2) et il sera aisé

de compter les vibrations comme on peut le voir sur la lame de verre que l'on projette en ce moment. La courbe ainsi tracée par le diapason a été appelée, par les mathématiciens, une *sinusoïde*. Le diapason,

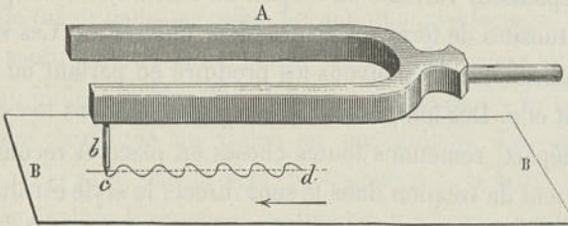


Fig. 2.

qui, en vibrant, décrit une telle courbe, donne un son appelé *pendulaire* à cause de l'analogie de la vibration produite avec l'oscillation d'un pendule. Les sons employés en musique sont généralement plus compliqués ; nous aurons l'occasion de revenir sur leur nature.

Phonographe. — Considérons maintenant une membrane élastique *m* (fig. 3) sur laquelle vient s'appuyer, perpendiculairement à sa surface, un petit style fixé à un ressort *a*. Supposons que le style touche exactement la surface d'un cylindre *C* recouvert d'une substance plastique molle, recouvert de cire par exemple. Supposons, en outre, que l'une des extrémités *A'* de l'axe *AA'* (Fig. 4) autour duquel

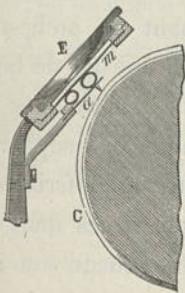


Fig. 3.

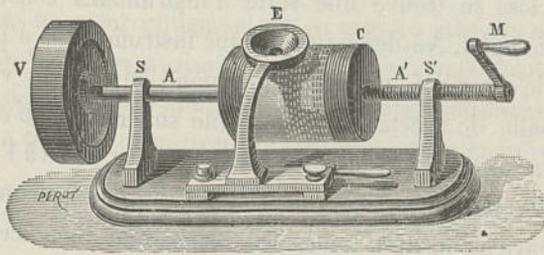


Fig. 4.

tourne le cylindre est filetée et passe dans un écrou fixe *S'* de telle sorte que le cylindre, en tournant, avance en même temps. Le style

décirra, sur le cylindre, une hélice. Mais si la membrane vibre, elle obligera le style à pénétrer plus ou moins profondément dans la cire suivant l'amplitude de la vibration et ce style découpera une bande de cire d'épaisseur variable en traçant un sillon hélicoïdal présentant des anfractuosités de forme et de grandeur différentes. Ces vibrations de la membrane, nous pouvons les produire en parlant ou en chantant devant elle. Dès lors, écartons le style, ramenons le cylindre au point de départ, remettons toutes choses en place et recommençons le mouvement de rotation dans le sens direct ; le style est alternativement soulevé et abaissé par les gaufrages qui se succèdent au-dessous de lui, et la membrane reprend la série des mouvements qu'elle avait reçus de la voix, le son renaît le même — à supposer que la vitesse de rotation ait été exactement reproduite — bien qu'affaibli et nasillard. C'est ce que vous pouvez constater avec le phonographe que je fais fonctionner devant vous, phonographe qui m'a été obligeamment prêté par les constructeurs lillois bien connus, MM. Vanackère et Brunner.

Transmission du son. — Le son produit par un instrument quelconque se propage à travers les corps, à travers les métaux, le bois, les liquides, l'air etc. On doit au physicien Wheatstone une expérience curieuse qui fut répétée avec succès par le prestidigitateur Robert Houdin. Cette expérience est la suivante : Dans une cave bien close se trouve une série d'instruments constituant un orchestre complet. Au-dessus de chaque instrument on a placé une tige de bois de sapin qui, traversant le plafond de la cave, vient aboutir dans la salle de spectacle. L'extrémité supérieure de chaque tige supporte un instrument identique à celui qui est placé à l'extrémité inférieure. Des musiciens actionnent d'ailleurs les instruments situés dans la cave et, lorsque toutes les issues sont bien fermées, aucun son ne parvient dans la salle de spectacle, Mais si, à un instant quelconque, on abaisse légèrement les tiges de bois de manière qu'elles touchent les instruments placés au-dessous, le son se transmet par l'intermédiaire des tiges jusqu'aux instruments placés au-dessus et le specta-

teur entend un concert mystérieux et fantastique qui semble produit par des instruments fonctionnant tout seuls. L'effet était, paraît-il prodigieux. Je répète ici cette expérience sous une forme plus simple. Nous avons installé dans la cour de cet immeuble une boîte à musique située elle-même dans une caisse hermétiquement fermée. Une tige de bois de sapin part de cette boîte, traverse la caisse et le mur et aboutit au milieu de la scène. Contre l'extrémité de la tige que j'ai devant moi j'applique un violon ou une guitare. Le son n'est pas entendu de la salle car la tige ne touche pas la boîte à musique. Mais si je déplace légèrement la tige de manière qu'elle arrive au contact de la boîte, on entend parfaitement le son qui s'est transmis avec son timbre particulier, jusqu'à l'instrument que je tiens à la main. La caisse de résonance ou caisse d'harmonie (1) de cet instrument renforce le son produit, ce qui permet de l'entendre d'assez loin. Si je retire un peu la tige, le son disparaît.

Hauteur des sons. — La qualité capitale des sons, celle qui forme l'essence même de la musique, c'est leur degré plus ou moins grand d'acuité ou de gravité, c'est ce qui constitue leur *hauteur*. Cette qualité dépend uniquement du nombre de vibrations exécutées pendant l'unité de temps, c'est-à-dire pendant une seconde. Je ne puis mieux vous démontrer ce point essentiel qu'en me servant de la *sirène* imaginée vers 1830 par Cagniard de La Tour.

Le nom de sirène ne vient nullement de ce que les sons rendus par cet instrument ont quelque analogie avec les chants harmonieux de ces dangereuses déesses qui attiraient le nautonier sur les écueils, mais simplement de ce que, primitivement, son inventeur le faisait

(1) La théorie des caisses d'harmonie est fort compliquée et n'est pas facile à développer. Pour obtenir de bons résultats, la caisse doit présenter une forme spéciale indiquée surtout par la pratique. M. Hel, l'habile luthier lillois qui m'a confié les instruments de musique nécessaires aux expériences, est arrivé, par une étude systématique, à renforcer un nombre considérable de sons.

marcher à l'aide d'un courant d'eau. La sirène (Fig. 5) se compose essentiellement d'une petite boîte cylindrique HH dans laquelle on insuffle de l'air au moyen d'une soufflerie. Cet air peut sortir par une série d'ouvertures *a* percées dans la base supérieure AA et rangées

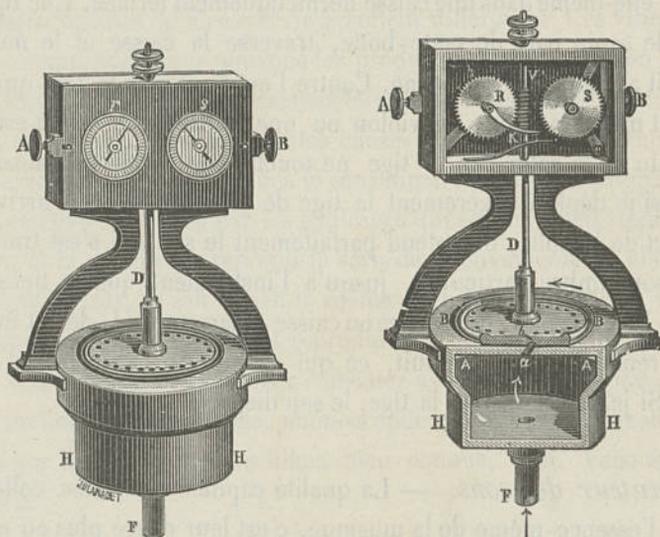


Fig. 5.

le long d'une circonférence. Au-dessus et très près de cette base se trouve un disque mobile BB portant un même nombre d'ouvertures disposées de la même manière.

Si le disque tourne, tantôt les ouvertures de la boîte et du disque se correspondront et l'air pourra sortir, tantôt au contraire les ouvertures de la boîte correspondront aux parties pleines du disque et la sortie de l'air sera interrompue. L'air ambiant recevra donc des chocs successifs comme il en reçoit de la part des branches d'un diapason. Il en résulte une production de vibrations et, par suite, un son.

Dans la sirène de M. Pellat (Fig. 6), le mouvement du disque est produit par un petit moteur électrique. Dans la sirène ordinaire, c'est le courant d'air lui-même qui produit ce mouvement de rotation, grâce à l'obliquité des trous de la boîte et du disque.

Plus la rotation du disque est rapide, plus il y a de vibrations pendant l'unité de temps.

Si je fais fonctionner la sirène, vous entendez un son qui est, en effet, de plus en plus aigu à mesure que la vitesse de rotation augmente. La hauteur du son dépend donc bien du nombre de vibrations exécutées en une seconde.

Vous pouvez remarquer, en outre, que la hauteur du son s'élève par degrés inappréciables. Entre notre point de départ et le point extrême que nous avons atteint, il y a eu bien des sons, mais

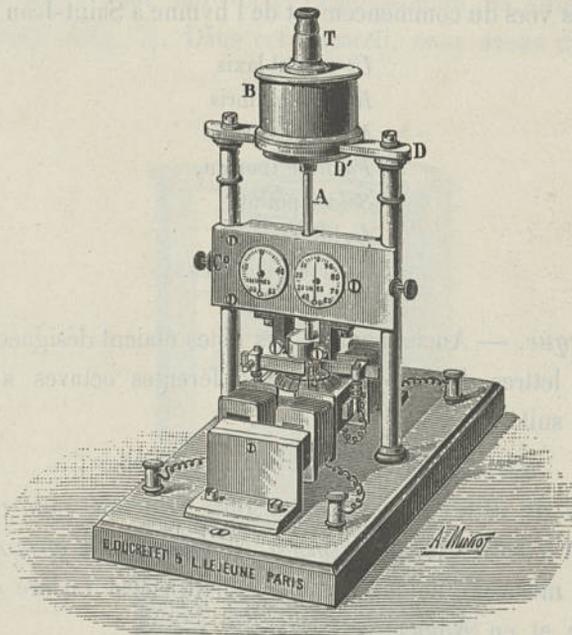


Fig. 6.

que l'oreille n'a pu nettement distinguer les uns des autres tant la gradation a été insensible, de même que l'œil ne peut distinguer dans le spectre solaire le point précis où une couleur commence à différer d'une autre.

On a établi, pour la commodité de la perception, une ligne de démarcation tranchée entre les sons ; on a négligé ceux qui servent

de transition et l'on s'en est tenu à ceux qui, réunissant les qualités les plus saillantes, donnent par conséquent l'impression la plus distincte et la plus agréable.

L'échelle *arbitraire*, formée de cette façon, porte le nom de *gamme*. Elle est formée de sept sons qui ont reçu les noms suivants :

Ut ou do, ré, mi, fa, sol, la, si.

Ces noms ont été introduits, au onzième siècle, par le bénédictin Gui d'Arezzo, qui prit pour chaque note la première syllabe de chacun des vers du commencement de l'hymne à Saint-Jean :

Ut queant laxis
Re sonare fibris
Mi ra gestorum
Fa muli tuorum,
Sol ve polluti
La bii reatum,
Sancte Johannes.

Remarque. — Anciennement, les notes étaient désignées par les premières lettres de l'alphabet, les différentes octaves s'écrivant comme il suit :

A B C D E F G a b c d e f g aa bb cc

En tête de cette série on ajouta plus tard une note que l'on désigna par l' (lettre grecque *gamma*), d'où le nom de *gamme* donné à l'échelle musicale. La désignation par lettres est encore usitée en Allemagne et en Angleterre :

Notation française... ut ré mi fa sol la si
— allemande... c d e f g a h
— anglaise... c d e f g a b

Intervalles des sons. — Mais, en musique, on a souvent à considérer la production simultanée de deux ou plusieurs sons. Nous avons maintenant à examiner de quoi dépend la sensation due à cette production simultanée de plusieurs sons, c'est-à-dire la sensation

due aux *accords*, ainsi que la *mélodie* produite par la *succession* de plusieurs sons. Cette sensation dépend de ce que l'on nomme l'*intervalle des sons*.

Tout intervalle musical, et je ne parlerai ici que de l'intervalle de deux sons, contrairement à ce que l'on serait tenté de croire d'après les définitions habituellement données en musique, est caractérisé, non par la *différence* des nombres de vibrations des deux sons, mais par le rapport ou le *quotient* de l'un des nombres par l'autre, quel que soit d'ailleurs le nombre absolu de vibrations de l'un des sons. Je prendrai, pour faire cette démonstration, la sirène double de Helmholtz (Fig. 7). Dans cet appareil, nous avons deux boîtes et

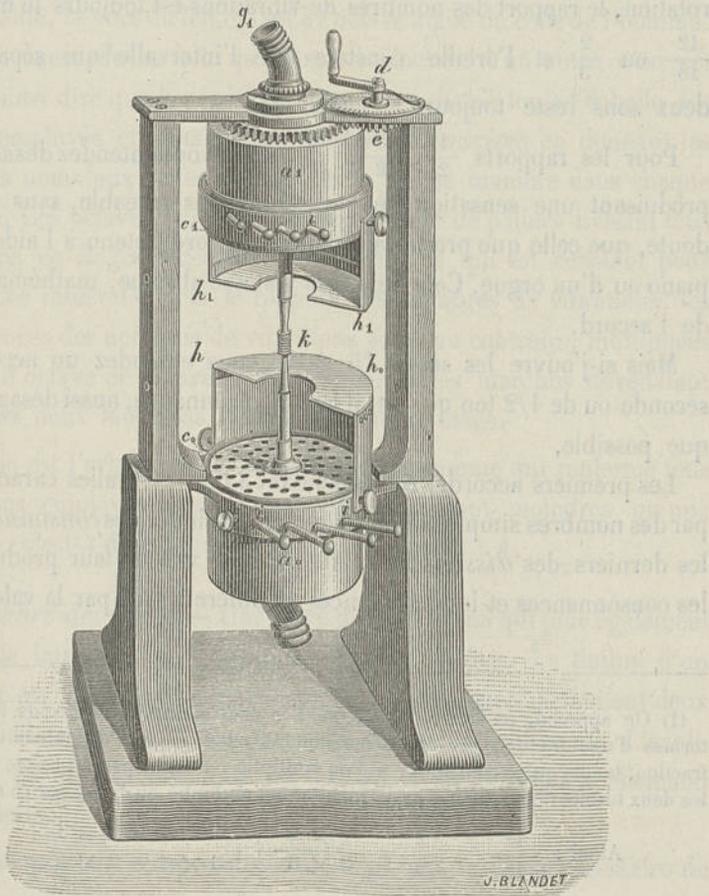


Fig. 7.

deux plateaux solidaires l'un de l'autre, tournant par suite toujours avec la même vitesse.

Chaque boîte et chaque plateau portent quatre rangées d'ouvertures disposées suivant des circonférences concentriques et en nombres différents ; on a ainsi 8, 9, 10, 12, 15, 16 et 18 ouvertures sur diverses circonférences. On peut, par un mécanisme très simple, laisser sortir l'air par une ou plusieurs séries à la fois. Si l'on ouvre, par exemple, les séries de 12 et 18 trous, on entend deux sons séparés par un intervalle de quinte. La hauteur des deux sons augmente à mesure que les disques tournent plus rapidement. Mais, et c'est là le point essentiel, quelle que soit la vitesse de rotation, le rapport des nombres de vibrations est toujours le même : $\frac{12}{18}$ ou $\frac{2}{3}$ et l'oreille constate que l'intervalle qui sépare les deux sons reste toujours le même (1).

Pour les rapports $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$, etc., vous entendez des accords produisant une sensation très agréable, plus agréable, sans aucun doute, que celle que produirait le même accord obtenu à l'aide d'un piano ou d'un orgue. Cela tient à la justesse absolue, mathématique, de l'accord.

Mais si j'ouvre les séries 15 et 16 vous entendez un accord de seconde ou de $1/2$ ton qui est, il faut le reconnaître, aussi désagréable que possible,

Les premiers accords, correspondant à des intervalles caractérisés par des nombres simples se nomment, en musique, des *consonances*, les derniers des *dissonances*. Au point de vue de leur production, les consonances et les dissonances ne diffèrent que par la valeur du

(1) On apprend, en arithmétique, que l'on peut multiplier ou diviser les deux termes d'une fraction par un même nombre sans changer la valeur de cette fraction, tandis qu'au contraire, si l'on multiplie ou divise par un même nombre les deux termes d'une différence, le résultat est multiplié ou divisé par ce nombre.

$$\text{Ainsi : } \frac{12}{18} = \frac{2}{3} = \frac{2 \times 6}{3 \times 6} ; \quad \frac{3 - 2}{3 \times 6 - 2 \times 6} = 1$$

rapport des nombres de vibrations des deux sons qui les constituent. Je reviendrai tout à l'heure sur l'explication qu'on a donnée de la différence des impressions produites par les consonnances et les dissonances.

Parmi les divers intervalles, il en est un qui doit fixer particulièrement notre attention, c'est l'intervalle d'*octave* caractérisé par le rapport 2 : 1. Cet intervalle se distingue à peine de l'unisson et souvent l'oreille, même la mieux exercée, considère comme étant à l'unisson deux sons qui sont en réalité à l'octave. C'est ce qui se produit, par exemple, quand une voix de femme et une voix d'homme chantent la même note écrite et sont, soi-disant, à l'unisson. En réalité, la voix de femme est à l'octave aiguë de celle de l'homme. C'est à cause de ce fait, qu'un son à l'octave d'un autre n'en est pour ainsi dire que la répétition, que l'on a divisé toute l'échelle des sons employés en musique en *octaves successives* en donnant les mêmes noms aux notes placées de la même manière dans chaque octave. Ces octaves forment donc des espèces de paliers divisant tous les sons en étages successifs. Seulement, ce qui est constant pour le même intervalle c'est le rapport des nombres de vibrations, les différences des nombres de vibrations sont, au contraire, multipliées par 2 d'octave en octave. C'est comme si les marches devenaient toujours deux fois plus hautes à chaque étage.

Telle est l'origine de la formation de la gamme qui renferme tous les sons employés et dont les intervalles sont moindres qu'une octave, c'est-à-dire moindres que le rapport 2 : 1.

Timbre des sons. — Une autre qualité du son qui joue également un rôle important en musique, c'est le *timbre*. Le timbre d'un son, c'est cette qualité par laquelle on distingue nettement deux notes identiques produites par deux instruments différents. L'explication du timbre des sons est due au savant physicien allemand Helmholtz.

Pour pouvoir comprendre cette explication, il est nécessaire de

lier d'abord connaissance avec ce que l'on appelle les *sons harmoniques*.

Sons harmoniques. — Prenons un tuyau et faisons le parler en y lançant l'air d'une soufflerie. Si nous réglons l'arrivée de l'air dans le tuyau par le moyen d'un robinet que nous ouvrons graduellement, nous entendons d'abord un son grave et faible puis des sons dont la hauteur va en augmentant. Le premier son produit est ce que l'on appelle le *son fondamental* du tuyau ; les autres se nomment les *harmoniques* du son fondamental. En déterminant expérimentalement les nombres de vibrations rendues par le son fondamental et les différents harmoniques nous constaterons que ces nombres de vibrations varient comme la suite des nombres entiers 1, 2, 3, 4 Cela veut dire que le deuxième harmonique (le son fondamental étant considéré comme étant à lui-même son premier harmonique) est à l'octave du son fondamental, que le troisième harmonique est à la quinte du deuxième et ainsi de suite. Les musiciens qui m'écoutent l'ont constaté immédiatement.

Prenons de même une corde métallique tendue sur une caisse sonore, instrument qui porte le nom de *sonomètre* (Fig. 8). En conservant à la corde une tension constante, nous pouvons lui faire rendre d'abord un son fondamental, puis, en plaçant le doigt à la

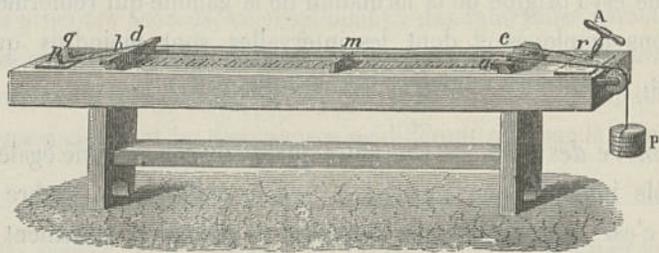


Fig. 8.

moitié, au tiers, au quart, etc., de la corde, différents sons qui représentent les divers harmoniques du son fondamental. Ici encore,

les sons harmoniques sont entre eux comme la suite des nombres entiers 1, 2, 3... Si le son fondamental est ut_1 , le deuxième harmonique est ut_2 l'octave, le troisième harmonique est sol_2 à la quinte du deuxième harmonique, et ainsi de suite.

Ces sons harmoniques sont très purs, comme vous l'entendez, quoiqu'un peu monotones.

Quand nous produisons un son dans un tuyau sonore, il y a, à l'intérieur du tuyau, des points où l'air est en mouvement et d'autres où il reste immobile et, suivant l'harmonique que l'on produit, les points où l'air reste immobile occupent des positions différentes à l'intérieur du tuyau. Rien de plus facile que de le constater en introduisant dans un tel tuyau une petite membrane sur laquelle on a placé un peu de sable (Fig. 9). La membrane reste immobile aux points où l'air est lui-même immobile. Elle est fortement agitée et le sable est projeté hors de la membrane aux endroits où l'air est en mouvement.

De même pour une corde qui rend les différents sons harmoniques. Elle se trouve divisée en segments de différentes longueurs, suivant la hauteur de l'harmonique. Il y a des points où la corde reste immobile et d'autres où la corde est en mouvement. Je puis vous faire voir le mode de division des cordes quand elles produisent ainsi les divers harmoniques de leur son fondamental au moyen d'un dispositif dû à Melde. Je fixe à un diapason vertical D (Fig. 40) un cordonnet de soie et d'argent. Ce cordonnet passe sur une poulie P et se trouve tendu par des poids placés dans un plateau T. Je commence par donner à la corde une tension telle qu'elle vibre à l'unisson du diapason. Grâce à l'écran noir placé derrière la corde, fortement éclairée par un faisceau de lumière électrique, vous voyez

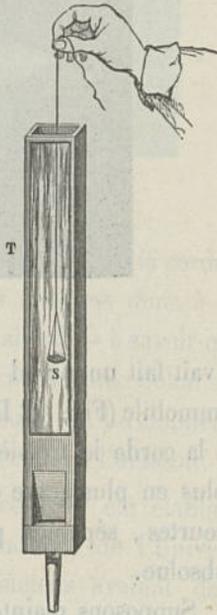


Fig. 9.

la forme qu'elle prend quand elle rend le son le plus grave qu'elle puisse rendre, c'est-à-dire le son fondamental. C'est un fuseau blanc,

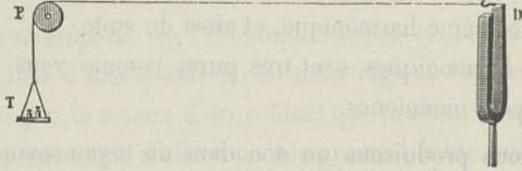


Fig. 10.

d'une fixité parfaite (Fig. 11). En diminuant la tension, je lui fais rendre le deuxième harmonique ; la corde se divise en deux parties, en deux segments vibrant séparément, absolument comme si l'on

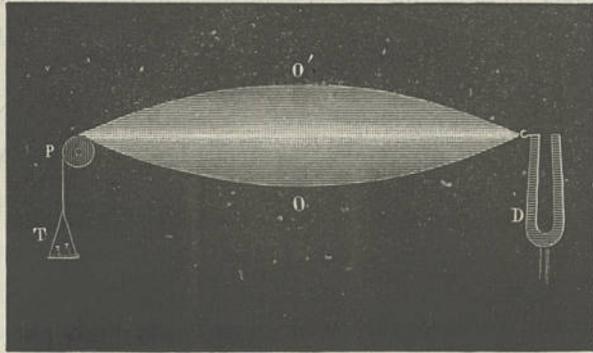


Fig. 11.

avait fait un nœud au milieu de la corde qui reste complètement immobile (Fig. 12 II). En diminuant encore la tension, je fais rendre à la corde le troisième, le quatrième. . . harmonique d'un son de plus en plus grave et la corde se divise en parties de plus en plus courtes, séparées par des points qui conservent une immobilité absolue.

Supposons maintenant que nous plaçons, en un point de la corde qui vibre, un morceau de papier plié en deux. Ce cavalier de papier sera évidemment projeté hors de la corde lorsque celle-ci vibrera.

C'est là un moyen très ingénieux de montrer, par exemple, que

deux sons sont à l'unisson. Voici un diapason que je fais vibrer sur la caisse sonore du sonomètre. Je place un cavalier de papier au milieu de la corde et je projette ce cavalier sur le tableau. Tant que la corde n'est pas à l'unisson du diapason, elle ne bouge pas et le cavalier reste immobile. Mais si je tends la corde d'une façon continue, il arrivera un moment où le son qu'elle peut rendre est à l'unisson du son rendu par le diapason. A ce moment, le cavalier de papier est animé de mouvements fébriles, il s'agite et, finalement, lorsque l'unisson absolu est atteint, il est projeté hors de la corde. Nous

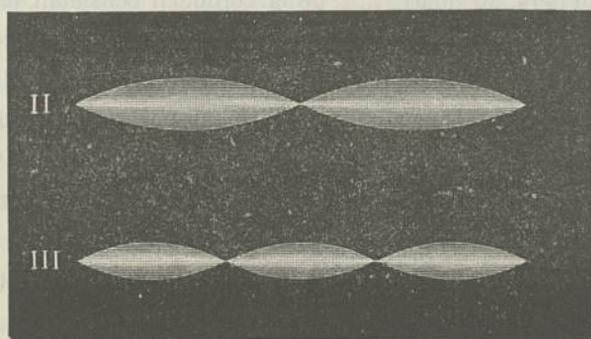


Fig. 12.

constatons d'ailleurs directement que le son rendu par la corde est bien à l'unisson du son du diapason. Nous arrivons donc à cette conclusion qui semble paradoxale au premier abord — à savoir qu'un individu, atteint de surdité absolue, peut accorder un violon aussi bien que le musicien le plus expérimenté. Il suffit de lui donner des diapasons avec lesquels il devra mettre les cordes à l'unisson.

L'existence des sons harmoniques d'une corde a été établie en 1673, d'une manière analogue, par deux étudiants de l'Université d'Oxford, MM. Noble et Pigott. Les musiciens avaient depuis longtemps observé que si une corde est attaquée sur un instrument quelconque, une corde voisine, accordée à l'unisson, entre elle-même en vibration. Qu'arrivera-t-il si la deuxième corde est à l'octave grave, à la double octave grave de la corde directe-

ment attaquée? Noble et Pigott prouvèrent que, dans tous les cas, cette deuxième corde se met à vibrer à l'unisson de la première : elle se partage en deux, trois, quatre... segments séparés par des nœuds immobiles. Ils montraient d'ailleurs ces nœuds en y posant de petits cavaliers de papier qui restaient immobiles, tandis que partout ailleurs ils étaient désarçonnés.

De son côté, Sauveur, en France, faisait, en 1704, la même expérience sous une forme un peu différente. Il excitait la corde du sonomètre avec l'archet et touchait avec une barbe de plume à la moitié, au tiers, au quart... de la corde. Il constatait les subdivisions de la corde au moyen de cavaliers qui restaient en place aux nœuds et se trouvaient projetés aux autres endroits (Fig. 13).

Revenons maintenant aux sons harmoniques. Ces sons jouent un rôle important en musique, et le compositeur Rameau, qui vivait au siècle dernier, avait basé sur la considération de ces harmoniques toute la théorie de l'harmonie ou de la composition musicale. Rameau était un compositeur très fécond : il n'a pas fait moins de vingt-deux

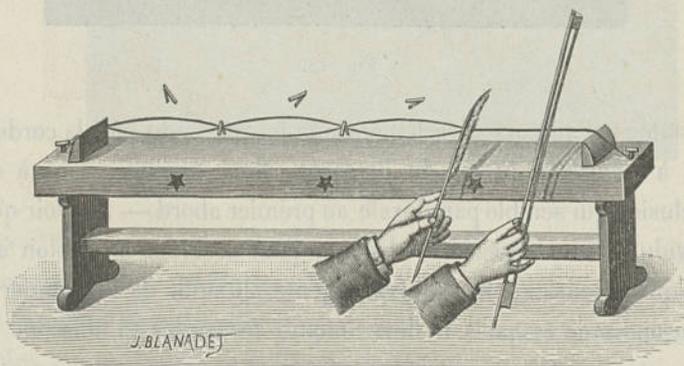


Fig. 13.

opéras, mais il n'était pas de ceux dont on pouvait dire que la modestie égale le talent, car il disait de lui-même : « Qu'on me donne une gazette hollandaise et je me charge de la mettre en musique. » Mettre en musique un roman de Zola, eut été un jeu pour Rameau.

Quoiqu'il en soit, sa théorie fut adoptée par presque tous les musiciens du siècle dernier et ce fut J.-J. Rousseau qui, le premier, commença à la battre en brèche.

Mais c'est surtout dans la formation du timbre que le rôle des harmoniques devient prépondérant. Le mathématicien Ohm, plus connu je dois le reconnaître par ses recherches sur l'électricité, a fait voir qu'un mouvement périodique d'une nature quelconque comme celui qui produit un son, quelque irrégulier que soit le mouvement, peut toujours être obtenu en prenant un son simple, un son *pendulaire*, de même hauteur et en y superposant les divers harmoniques de ce son avec des intensités convenables. Il n'a fait d'ailleurs qu'appliquer à la production des sons une formule donnée précédemment par le géomètre français Fourier.

Helmholtz alla plus loin et chercha à démontrer expérimentalement l'existence de ces harmoniques. Il y arriva de deux manières. Il fit d'abord l'analyse des sons complexes avec l'oreille munie de cavités plus ou moins volumineuses appelées *résonnateurs* (fig. 44) avec lesquels se trouvent renforcés successivement les divers sons harmoniques. L'emploi du résonnateur fait dominer telle vibration sur toutes les autres, à peu près comme un verre de couleur à travers lequel passe un faisceau de lumière diminue l'intensité de certaines radiations en laissant subsister les autres. Helmholtz fit ensuite la synthèse d'un son quelconque.

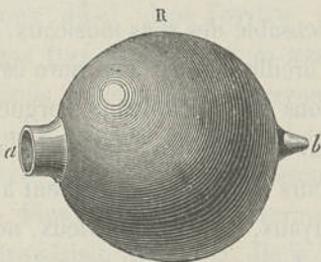


Fig 44.

En produisant simultanément un son fondamental et ses différents harmoniques avec une intensité convenable, il est parvenu à reproduire les différents timbres, même les diverses voyelles de même que l'on arrive à reproduire toutes les couleurs en mélangeant les diverses couleurs simples du spectre solaire Aussi le terme employé par les physiiciens allemands pour désigner le timbre des sons : *Klangfarbe*, littéralement *couleur des sons*, est-il des plus expressif et des mieux approprié.

Je vais tenter de vous faire entendre que si l'on produit un son quelconque avec la corde d'un sonomètre, ce son est accompagné d'harmoniques. C'est une expérience délicate pour laquelle je demande la plus vive attention pour qu'elle soit perçue par tout le monde. J'ébranle donc fortement la corde de ce sonomètre, puis je place le doigt au milieu ou au tiers. Vous entendez le 2^e ou le 3^e harmonique. Si vous les entendez ainsi, sans que je les aie produits, c'est qu'ils existaient bien certainement dans le son complexe produit à l'origine.

Je ferai remarquer à ce propos que le 7^e harmonique d'une corde forme une dissonance avec les autres. Si le son fondamental est ut_1 , par exemple, le 7^e harmonique correspond sensiblement à $si_{\frac{2}{3}}$. C'est pour cette raison que dans les pianos on fait frapper le marteau au $\frac{1}{7}$ de la corde. On empêche ainsi la formation de ce septième harmonique et le son, débarrassé de cette dissonance, est beaucoup plus pur. Les premiers facteurs de pianos avaient trouvé expérimentalement cette règle bien avant qu'on en ait donné l'explication.

Les sons harmoniques constituent d'ailleurs un caractère indispensable des sons musicaux. Les sons absolument purs seraient pour l'oreille ce que l'eau pure est au palais, plate et insipide. Ainsi les sons des longs tuyaux d'orgue fermés sont presque parfaitement purs, car la tendance à la subdivision est si faible dans ces tuyaux que leurs harmoniques peuvent à peine se montrer. Or, les sons de ces tuyaux, quoique moelleux, nous fatigueraient bientôt ; ils manquent de force et de caractère, ils ne satisfont pas aux exigences de notre oreille, qui veut de l'éclat et de l'énergie. En réalité, un bon son musical exige la présence de plusieurs des premiers harmoniques. La nécessité de ces derniers sons est tellement sentie, qu'on a soin généralement d'associer aux grands tuyaux d'orgues des tuyaux plus courts, des *jeux de fourniture* comme on les appelle, qui rendent les sons harmoniques des grands tuyaux. Là où le corps vibrant est incapable de fournir les harmoniques, ils sont suppléés par une source étrangère.

Battements. — Il nous reste maintenant à indiquer d'où proviennent les sensations si diverses produites par les consonnances et les dissonances. On s'est demandé depuis longtemps pourquoi les rapports les plus simples expriment toujours la consonnance la plus parfaite. Les tentatives faites pour répondre à cette question ont été de deux ordres, métaphysiques et physiques. Les Pythagoriciens trouvèrent très commode de répondre que *tout est nombre et harmonie*. Ils crurent aussi que les rapports numériques des sept notes de l'échelle musicale exprimaient en même temps les distances des planètes à ce qu'ils appelaient le *feu central* ; de là une prétendue danse en chœur des mondes, la *musique des sphères célestes*, que Pythagore avait seul, parmi les mortels, le privilège d'entendre, s'il faut en croire le témoignage de ses disciples.

Un essai plus sérieux d'explication, dans l'ordre métaphysique, de la relation intime entre la consonnance et les rapports les plus simples, fut tenté par le célèbre mathématicien Euler, et son explication, si tant est qu'on puisse lui donner ce nom, fit taire longtemps les chercheurs, sans toutefois les satisfaire pleinement. Euler analyse la cause du plaisir. « Nous nous délectons, dit-il, dans l'ordre ; il nous est agréable d'observer les *moyens qui concourent à une fin*. Mais il faut que les efforts que nous faisons pour discerner l'ordre ne soient pas assez grands pour nous fatiguer. Si les relations qu'il s'agit de démêler sont trop complexes, elles ne nous réjouissent pas, quoique nous y retrouvions l'ordre. Plus sont simples les termes par lesquels l'ordre s'exprime, plus notre plaisir est grand. De là la supériorité, en musique, des rapports simples sur les rapports composés ». La consonnance, suivant Euler, est le plaisir spirituel résultant de la perception de l'ordre sans fatigue de l'esprit.

Mais on ne remarquait pas, dans cette théorie, que Pythagore lui-même, qui a fait les premières expériences sur les intervalles musicaux, ne savait absolument rien des vitesses ou des périodes de vibrations. On oubliait que la grande majorité des personnes qui aiment la musique, et dont les oreilles sont les plus habiles à

découvrir les plus légères dissonances, sont toutes dans la condition de Pythagore, ne sachant rien des périodes ou des rapports de vibrations. On pourrait même ajouter que les hommes les plus savants dans ces matières ne sont nullement influencés dans le plaisir que leur fait une consonnance par leur savoir en acoustique. L'explication d'Euler ne satisfait donc pas l'esprit. Il était réservé à Helmholtz d'assigner à la consonnance et à la dissonance une cause physique tellement simple et tellement satisfaisante, que quand elle a été clairement établie, on est tout surpris qu'on ait été si longtemps à la découvrir.

Voici deux diapasons qui exécutent tous deux 428 vibrations doubles par seconde. Lorsqu'on les fait résonner ensemble, on a la sensation d'un flot parfait d'unisson. Surchargeons l'un d'eux d'un petit morceau de cire et faisons-le vibrer ainsi un peu moins vite que son voisin. Nous obtenons ce que les musiciens appellent des *battements*. Ces battements sont un résultat d'interférences. Ajoutons un nouveau morceau de cire, nous aurons un plus grand nombre de battements. On démontre d'ailleurs, en acoustique, que *le nombre des battements par seconde est toujours égal à la différence entre les nombres de vibrations des sons rendus*.

Ces battements peuvent être produits par tous les corps sonores. Voici deux tuyaux à l'unisson. En plaçant le doigt près de l'embouchure de l'un d'eux, vous entendez des battements qui se succèdent d'abord assez lentement et que l'on peut compter. En bouchant de plus en plus l'ouverture, ces battements deviennent de plus en plus nombreux et, finalement, la succession des battements est assez rapide pour produire cette sensation particulière et désagréable que tout musicien qui l'entend appelle une *dissonance*.

Cette expérience prouve invinciblement *qu'on peut* produire la dissonance par une succession rapide de battements et j'imagine que cette cause de dissonance aurait été découverte beaucoup plus tôt, si les esprits n'avaient pas été jetés hors de la voie véritable par la théorie des *sons résultants* énoncée par Thomas Young. Young

imagina que, lorsqu'ils étaient assez rapides, les battements se fondaient ensemble pour former un son résultant. Il voulait que la fusion des battements les uns avec les autres fût l'analogue nécessaire de la fusion des pulsations en un son musical ; et il était confirmé dans cette opinion par le fait que le premier ton de différence, c'est-à-dire le plus grave des sons résultants, correspond, comme les battements, à une période de vibration égale à la différence entre les périodes des deux sons primitifs. Mais, en réalité, l'effet des battements sur l'oreille est tout à fait différent de l'effet des pulsations successives d'un son musical ordinaire. Les pulsations des ondes sonores ordinaires se fondent graduellement et doucement ; dans les battements, au contraire, les passages du son au silence, du silence au son, sont brusques et durs et font par conséquent subir à l'oreille cette série d'intermittences saccadées qui se traduit elle-même par la sensation de dissonance.

Tels sont, Mesdames et Messieurs, les principes scientifiques sur lesquels je désirais appeler votre attention. Je vais, maintenant, passer en revue quelques particularités de la musique qui peuvent, pour la plupart, s'expliquer scientifiquement.

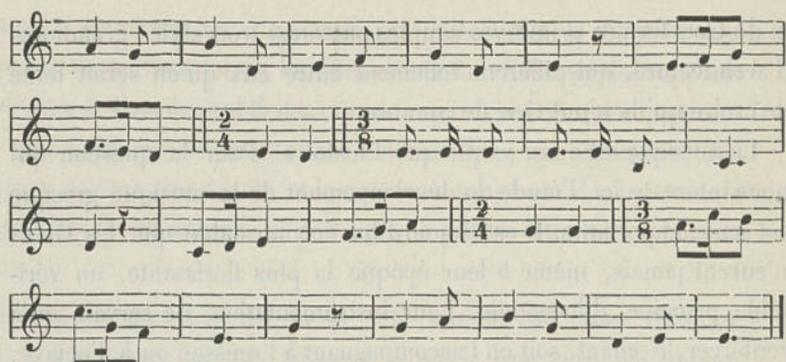
Si l'on examine avec attention l'histoire de la musique, si l'on recueille toutes les notions possibles, même sur la musique des peuples barbares, on trouve ce phénomène constant que la musique procède par sons nettement séparés les uns des autres. Une musique, où l'on voudrait passer d'un son à un autre à travers tous les sons intermédiaires, deviendrait bientôt intolérable. Il est vrai que nos chanteurs et nos violonistes le font quelquefois, et avec succès. Mais il faut en user avec modération et peut-être vaudrait-il mieux encore s'en abstenir.

La musique procède donc par *intervalles* musicaux, précisément comme l'homme chemine à pas détachés, fermes et décidés. Plus que tous les autres arts, la musique ressemble à l'architecture dans laquelle il existe des rapports numériques. En effet, la hauteur et la

largeur d'un édifice ou d'une salle, la grosseur et la hauteur des colonnes, en un mot toutes les dimensions sont liées par des rapports numériques. Mais ce sont là des rapports approximatifs qui supportent un certain degré de *tolérance* ; en musique, au contraire, les rapports doivent être exacts, et la nature se venge par des battements chaque fois qu'on déroge, si peu que ce soit, à cette loi fondamentale.

Il peut paraître étrange qu'un petit nombre de notes, réunies ensemble dans une gamme, puissent acquérir une véritable importance pour l'étude de la musique. Sans doute, si cette association de sons avait été faite au hasard, la chose n'aurait aucun intérêt ; mais la gamme est toujours le produit de l'activité musicale de plusieurs siècles. Elle ne s'établit pas avant la musique, mais elle se développe simultanément avec elle. Une musique très perfectionnée doit avoir une gamme également très perfectionnée ; au contraire, une musique imparfaite et primitive aura une gamme de peu de valeur.

Même à ce point de vue, la comparaison avec l'architecture est frappante. Dans l'architecture grecque, les distances entre les colonnes, entre les murs, étaient petites, les toits étaient plans. Tout se réduisait donc à des lignes verticales et horizontales, et c'est cette grande simplicité qui constitue l'un des plus beaux caractères de cette architecture. Les anciens Etrusques imaginèrent l'arcade, qui permit des dimensions plus grandes sans compromettre la stabilité : de là on passa à la voûte, et, comme forme dérivée plus grandiose, à la coupole. L'architecture romaine est fondée sur cette nouvelle découverte. Mais, sur de grandes dimensions, l'arcade en plein cintre devient peu solide ; on trouva que l'ogive répond beaucoup mieux au but poursuivi. Elle permet et réclame une plus grande hauteur des édifices ; elle est accompagnée d'un développement admirable dans les détails, développement qui s'y adapte parfaitement bien ; c'est ainsi qu'est né le style gothique avec ses innombrables variétés. Comme on le voit, une simple considération de stabilité et de résistance a fait trouver à différents peuples des solutions diverses,



Cette musique était très goûtée des Grecs et quand on considère que ce peuple a été le plus artiste de tous ceux qui ont existé, il faut chercher avec soin ce que leur musique pouvait contenir et ce qu'elle contient en réalité.

La gamme grecque s'est développée par quintes successives (1). Ce principe fut rigoureusement maintenu par les Grecs ; je dis rigoureusement, parce que la quarte, dont ils ont fait usage depuis le commencement, peut facilement être considérée comme une quinte grave.

Si nous prenons l'*ut* pour point de départ, pour son fondamental, sa quinte est *sol*, sa quinte basse est *fa*. Portons cette dernière note à l'octave pour la rapprocher des autres sons ; ajoutons à ceux-ci l'octave de l'*ut* et nous avons les sons suivants :

ut, fa, sol, ut

dont les rapports musicaux sont :

$$1, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, 2$$

Ces quatre sons constituaient, d'après une antique tradition, la fameuse lyre d'Orphée. Musicalement parlant, elle est très pauvre, mais il est intéressant de constater qu'elle contient les intervalles les plus importants de la déclamation. En effet, quand on interroge, la

(1) Faire monter une note d'une quinte, c'est multiplier le nombre de ses vibrations par $\frac{3}{2}$.

voix monte d'une quarte. Pour accentuer un mot, on monte encore d'un ton et on arrive à la quinte. Quand on termine un récit, on descend d'une quinte ; etc. On comprend donc que la lyre d'Orphée, malgré sa pauvreté, se soit prêtée à une sorte de déclamation musicale.

La progression par quintes peut encore se continuer ; la quinte du *sol* est *ré* et si nous l'abaïssons d'une octave, son rapport musical sera $\frac{9}{8}$. La quinte basse du *fa* est *si*, dont le rapport musical élevé d'une octave est $\frac{16}{9}$. Nous avons ainsi la gamme suivante :

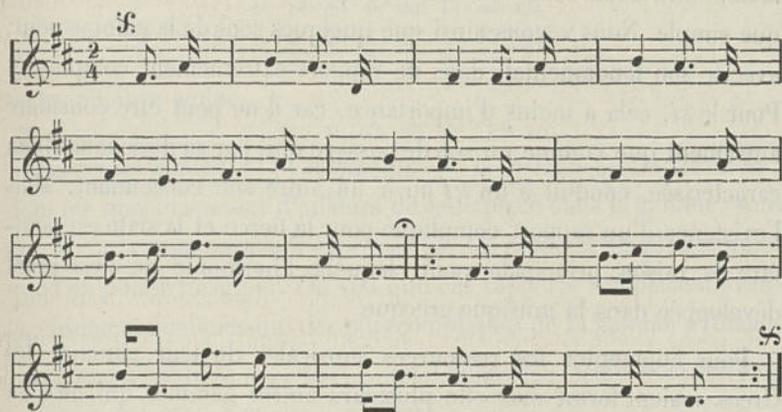
ut, ré, fa, sol, si, ut

dont les intervalles sont :

$$1, \frac{9}{8}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{16}{9}, 2$$

C'est l'ancienne gamme chinoise et écossaise, dans laquelle existent un très grand nombre d'airs populaires d'un coloris tout spécial comme on peut en juger par l'exemple suivant :

THE BRAES OF BALQUHIDDER



Mais la gamme peut encore s'accroître par quintes successives. Supprimons, comme faisaient les Grecs, la quinte basse *si* et ajoutons, à la place, trois quintes successives en haut, nous aurons

comme quinte du *ré*, le *la*, comme quinte du *la*, le *mi*, comme quinte du *mi*, le *si*. Les rapports de ces sons supposés placés dans la même octave sont $\frac{27}{16}$, $\frac{81}{64}$, $\frac{243}{128}$, d'où la gamme suivante :

ut, ré, mi, fa, sol, la, si, ut.

avec les rapports :

$$1, \frac{9}{8}, \frac{81}{64}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{27}{16}, \frac{243}{128}, 2$$

La première et la seconde de ces trois dernières quintes, c'est-à-dire le *la* et le *mi*, furent introduites par Terpandre ; la dernière, le *si*, par Pythagore, à laquelle la gamme grecque a emprunté le nom de *gamme pythagoricienne*.

Cette gamme s'est formée, comme nous venons de le voir, sur la considération des rapports simples, mais il faut convenir que la réalisation de cette conception n'a pas été heureuse. La loi de formation est simple, mais les sons isolés ont parfois une parenté bien éloignée avec le son fondamental. Ce mode de formation de la gamme était très commode pour accorder les cordes de la lyre, et cela paraît avoir été une des principales raisons de cette formation ; mais, entre deux sons consécutifs, l'intervalle ne reste rien moins que simple. Nous voyons ainsi que quelques sons de la gamme sont, avec le son fondamental, dans un rapport extrêmement compliqué. Pour le *si*, cela a moins d'importance, car il ne peut être considéré autrement que comme un son de passage qui, par sa dissonance bien caractérisée, conduit à un *ut* ou à un autre son consonnant. Mais l'existence d'un rapport compliqué pour la tierce et la sixte est peut-être la raison principale pour laquelle l'harmonie ne s'est point développée dans la musique grecque.

Pour augmenter les ressources musicales de leur gamme, les Grecs avaient formé avec elle plusieurs autres gammes qui ne s'en distinguaient que par la différence du point de départ. La loi de formation était très simple. Supposons en effet la gamme écrite de la manière suivante :

ut, ré, mi, fa, sol, la, si, ut

Nous pouvons prendre un son quelconque comme point de départ et écrire, par exemple :

mi, fa, sol, la, si, ut, ré, mi.

ou encore :

la, si, ut, ré, mi, fa, sol, la, etc..

Il est évident que nous pourrons former ainsi en tout sept gammes. Un morceau, qui se fonde sur l'une ou l'autre d'entre elles, doit avoir un caractère différent et c'est sous ce rapport que la mélodie grecque doit être considérée comme beaucoup plus riche que la nôtre.

La gamme pythagoricienne est passée de Grèce en Italie, où elle a régné souverainement jusqu'au seizième siècle, époque où se produisit sa transformation lente et successive, sous l'influence des besoins de la polyphonie et de l'harmonie, en nos deux gammes musicales actuelles.

Les gammes que nous employons aujourd'hui sont au nombre de deux : la *gamme majeure* et la *gamme mineure*.

La *gamme majeure* se compose de sept notes (sans compter l'octave) qui sont définies par les nombres suivants, exprimant leurs rapports respectifs à la *tonique* :

$$\begin{array}{cccccccc} \text{ut} & \text{ré} & \text{mi} & \text{fa} & \text{sol} & \text{la} & \text{si} & \text{ut}_2 \\ 1 & \frac{9}{8} & \frac{5}{4} & \frac{4}{3} & \frac{3}{2} & \frac{5}{3} & \frac{15}{8} & 2 \end{array}$$

ou en nombre entier,

$$24 \quad 27 \quad 30 \quad 32 \quad 35 \quad 40 \quad 45 \quad 48$$

La *tierce majeure* $\frac{5}{4}$, la *quarte* $\frac{4}{3}$, la *quinte* $\frac{3}{2}$, la *sixte* $\frac{5}{3}$, dont les noms viennent d'ailleurs de leur place dans la gamme, sont des accords *consonnants* exprimés par les rapports les plus simples que l'on puisse imaginer. On voit que ces rapports remplacent avantageusement quelques-uns des plus compliqués de la gamme pythagoricienne. La *seconde majeure* $\frac{9}{8}$ est d'ailleurs la même et la *septième majeure* $\frac{15}{8}$ est notablement simplifiée.

Les rapports des notes deux à deux, ou leurs intervalles successifs, sont :

$$\begin{array}{cccccccc} \text{ut} & \text{ré} & \text{mi} & \text{fa} & \text{sol} & \text{la} & \text{si} & \text{ut} \\ \frac{9}{8} & \frac{10}{9} & \frac{16}{15} & \frac{9}{8} & \frac{10}{9} & \frac{9}{8} & \frac{16}{15} & \end{array}$$

Ils forment, comme on le voit, trois catégories : Les *tons entiers majeurs* $\frac{9}{8}$; les *tons entiers mineurs* $\frac{10}{9}$; et les *demi-tons majeurs* $\frac{16}{15}$.

On désigne ces derniers sous le nom de majeurs, pour les distinguer d'un autre intervalle, le *demi-ton mineur* $\frac{25}{24}$ que nous apprendrons bientôt à connaître.

Le rapport d'un ton entier majeur à un ton entier mineur est $\frac{81}{80}$. Cet intervalle s'appelle un *comma*. Si on le néglige, on peut dire que la gamme majeure est constituée par la succession de deux tons entiers, un demi-ton, trois tons entiers et un demi-ton.

Notre seconde gamme est la *gamme mineure*, où la tierce majeure est remplacée par la tierce mineure et où la sixte et la septième sont modifiées. Elle est composée des rapports suivants :

$$1, \frac{9}{8}, \frac{6}{5}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{8}{5}, \frac{9}{5}, 2$$

dont les intervalles successifs

$$\frac{9}{8}, \frac{16}{15}, \frac{10}{9}, \frac{9}{8}, \frac{16}{15}, \frac{9}{8}, \frac{10}{9}$$

sont les mêmes que dans la gamme majeure, mais autrement distribués.

La différence caractéristique entre les deux gammes réside dans la tierce. Or, l'intervalle compris entre la tierce majeure $\frac{5}{4}$ et la tierce mineure $\frac{6}{5}$ se trouve en les divisant l'une par l'autre. Cet intervalle est de $\frac{25}{24}$, c'est-à-dire plus petit que le demi-ton majeur $\frac{16}{15}$. Nous l'appelons pour cela le demi-ton mineur. Nous pouvons donc conclure que toute la différence qui existe entre la gamme majeure et la gamme mineure se réduit à un demi-ton mineur appliqué à la tierce.

Mais si, mathématiquement parlant, cette différence est petite, elle est très grande au point de vue esthétique. La gamme majeure, et tous les morceaux qui s'y rattachent, ont un caractère franc, gai, brillant ; les morceaux qui ont pour base la gamme mineure sont sombres, mélancoliques et surtout indécis.

Nous voyons ainsi que des variantes, même faibles, dans les gammes modifient notablement le caractère d'un morceau de musique.

Transposition. — Mais nous devons considérer la gamme à un autre point de vue et nous allons voir qu'elle est infiniment plus riche en ressources qu'on ne pourrait se l'imaginer tout d'abord. Je veux parler de la *transposition*. Considérons un instrument à sons fixes comme le piano. Supposons que la gamme commence par *ut*, et qu'une mélodie quelconque soit écrite dans cette gamme. La tonique est le *ut*. Or, il peut arriver qu'un chanteur qui doit exécuter cet air, la trouve trop basse ou trop haute pour sa voix, ou qu'il aime mieux la disposer de façon que la tonique soit par exemple *sol*.

Cela doit être possible, parce qu'en thèse générale, tout son, quel que soit le nombre de ses vibrations, peut servir de point de départ pourvu que les sons successifs se maintiennent avec le premier dans des rapports déterminés.

Or, si nous examinons la gamme majeure, nous voyons que, *ut* étant la tonique, nous avons un demi-ton entre *mi* et *fa* c'est-à-dire entre la tierce et la quarte et un autre demi-ton entre *si* et *ut* c'est-à-dire entre la septième et l'octave. Donc, si nous transposons le morceau de *ut* en *sol*, pour ne pas altérer la distribution des demi-tons, nous devons recourir à une gamme qui, commençant par le *sol*, ait, entre la tierce et la quarte de même qu'entre la septième et l'octave, l'intervalle d'un demi-ton. Si nous écrivons une telle gamme, comme le faisaient les Grecs

sol, la, si, ut, ré, mi, fa, sol

nous voyons qu'entre la tierce et la quarte, c'est-à-dire entre le *si* et le *ut*, il y a le demi-ton demandé ; mais il n'en est pas de même entre la septième et l'octave, c'est-à-dire entre le *fa* et le *sol*. Nous trouvons le demi-ton entre la sixte et le septième, c'est-à-dire entre le *mi* et le *fa*. La gamme ne s'est donc pas conservée dans ses rapports

primitifs. Mais on peut les rétablir en haussant le *fa* d'un demi-ton, parce qu'alors l'intervalle compris entre la sixte et la septième devient d'un ton, et l'intervalle compris entre la septième et l'octave devient d'un demi-ton.

Hausser une note d'une demi-ton, c'est *diéser* la note ; l'abaisser d'autant c'est la *bémoliser*. En théorie, diéser une note signifie multiplier la note par le rapport $\frac{25}{24}$, lequel est l'intervalle du demi-ton mineur. Inversement, bémoliser une note c'est la multiplier par le rapport inverse $\frac{24}{25}$.

Toute transposition d'une tonique à une autre entraîne la nécessité de diéser ou de bémoliser quelques-uns des sons existants. Nous acquérons ainsi un certain nombre de sons nouveaux et si nous reprenons l'exemple du piano nous voyons surgir la nécessité d'ajouter aux sept touches blanches d'une octave, sept touches noires pour les notes diésées et sept touches noires pour les notes bémolisées. Sur le piano, on admet généralement que le dièse d'un son équivaut au bémol du son suivant ; que, par exemple, *ut dièse* équivaut à *ré bémol*. Cela est faux. En effet, *ut* étant représenté par 4 *ut dièse* est exprimé par $\frac{25}{24}$. Or *ré* étant $\frac{9}{8}$, *ré bémol* sera $\frac{9}{8} \times \frac{24}{25} = \frac{27}{25}$, c'est-à-dire plus haut que l'*ut* dièse. L'*ut* dièse est donc un peu plus grave que le *ré bémol* et des considérations semblables peuvent être invoquées pour tous les autres sons.

Il s'ensuit que le piano, pour tenir un compte exact de toutes ces exigences, devrait avoir, pour chaque octave, 24 touches.

Gamme tempérée. — Une telle complication n'était guère pratique ; aussi a-t-on abandonné les rapports strictement mathématiques pour se contenter de sons approximativement justes, à la condition toutefois que l'erreur ne soit pas trop sensible à l'oreille et qu'on puisse considérer comme identiques des sons peu différents les uns des autres. Le résultat de ces modifications que l'on vit surgir vers la fin du XVII^e siècle et vers le commencement du XVIII^e, est la

gamme tempérée qui fut complètement développée vers le milieu du siècle dernier, spécialement pour l'œuvre de Sébastien Bach, qui lui consacra quarante-huit de ses préludes et de ses fugues les mieux inspirés. Elle part de ces principes : ne pas distinguer le ton majeur du ton mineur, confondre le demi-ton majeur avec le demi-ton mineur, et considérer comme identiques le dièse d'une note et le bémol de la note suivante. De cette façon, tous les sons de l'octave se réduisent à douze, que l'on considère comme équidistants entre eux. C'est sur ces principes que sont construits les pianos, les orgues, etc., où avec sept touches blanches et 5 touches noires on pourvoit à tous les sons compris dans une octave.

La gamme tempérée a été généralement acceptée ; elle est même tellement entrée dans les usages journaliers que nos artistes modernes ne savent plus que c'est une gamme inexacte, née d'une transaction destinée à obvier aux difficultés pratiques de l'exécution musicale. C'est à elle qu'on doit l'importance toujours croissante du piano dans la vie sociale. Le piano est le véritable instrument de la gamme tempérée. Mais je crois, pour ma part, qu'il serait très désirable qu'on revînt à la gamme exacte (ou naturelle). Il est incontestable que la gamme tempérée a effacé de nombreuses finesses, et qu'elle a donné à la musique, fondée sur des lois simples et exactes, un caractère d'approximation grossière.

Tous les instruments à archet, qui sont l'âme de l'orchestre, la voix humaine, qui restera toujours le son musical le plus agréable, ont des sons parfaitement libres et peuvent se mouvoir au gré de l'artiste. Il ne me paraît donc pas impossible, ni même vraiment bien difficile, que les grands orchestres et les chœurs puissent exécuter un morceau dans la gamme exacte. Ce serait une grande réforme qui ne s'improvise pas en peu de temps, mais l'art musical ne pourrait qu'y gagner.

Je terminerai par un aperçu rapide sur la manière dont la musique s'est développée à travers les âges.

La musique fut d'abord *homophone*, c'est-à-dire à une seule voix.

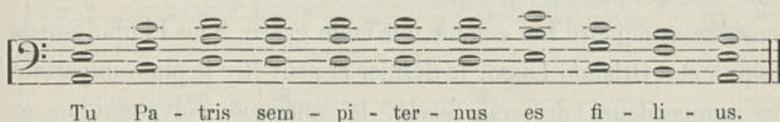
On peut citer comme exemples tous les chants populaires, depuis les temps les plus reculés.

Ce n'est qu'au neuvième siècle que l'on voit apparaître pour la première fois la musique *polyphonique*, c'est-à-dire à plusieurs parties. C'est ainsi qu'on rencontre dans la musique d'Église des diaphonies de quintes à deux voix ;



Tu Pa - tris sem - pi - ter - nus es fi - li - us.

des diaphonies de quintes à trois voix :



Tu Pa - tris sem - pi - ter - nus es fi - li - us.

et même des diaphonies de quintes à quatre voix qui ne sont d'ailleurs que le redoublement à l'octave des diaphonies à deux voix :

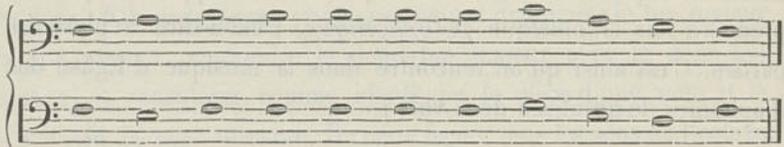


Tu Pa - tris sem - pi - ter - nus es fi - li - us.

On faisait également des diaphonies de quarts à deux, trois et quatre voix d'après le même procédé, c'est-à-dire en faisant entendre simultanément le même chant dans des modes différents.

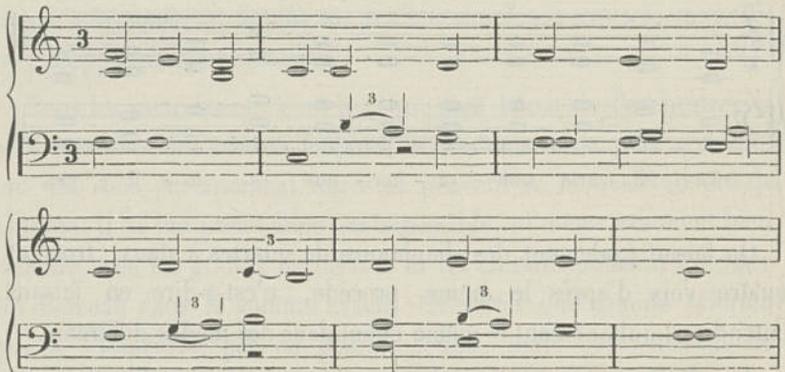
Aux dixième et onzième siècles commença, surtout en Flandre, une tentative de musique polyphonique qui consistait à combiner deux airs différents, de manière que l'ensemble ne fût point faux. Au lieu de suivre servilement le chant principal, les voix accom-

pagnatrices firent avec lui des intervalles quelconques et se murent, avec lui, par mouvements contrariés :



Tu Pa - tris sem - pi - ter - nus es fi - li - us.

Ce système se propagea rapidement aussi en Italie. Au temps de Gui d'Arezzo, le célèbre inventeur de l'écriture musicale, on composait de ces morceaux dans lesquels la progression par quintes était très fréquente, quoique désagréable à l'oreille; nous la considérons aujourd'hui comme une faute grave. Sous l'impulsion de Josquin et d'Orlando Lasso, le dernier et peut-être le plus important des compositeurs de cette école, la musique polyphonique se développa d'une façon surprenante. On associait ensemble trois, quatre airs différents et plus, d'une façon très compliquée, où l'art de combiner avait une part beaucoup plus considérable que l'inspiration artistique.



Ce genre de musique, ou *déchant*, était cultivé surtout par les chanteurs d'église.

La réforme de Luther vint mettre fin à ce genre factice et

artificiel de musique. Le protestantisme, à sa naissance, présenta comme une condition nécessaire que le chant dans les églises devait être exécuté par les fidèles et non par une caste de musiciens spéciaux. La musique doit se simplifier notablement pour se mettre à la portée de tous. C'est ainsi qu'à la musique polyphonique fut substituée une autre musique où les diverses parties se soutenaient mutuellement. De cette dernière naquit l'*harmonie* proprement dite, avec les accords simples et soutenus, et les mouvements faciles des différentes parties.

Voici un chant italien daté de 1375 et d'un auteur inconnu où l'on voit apparaître nettement la véritable harmonie avec des consonnances et des dissonances :

The image displays a musical score for a 14th-century Italian chant. It consists of four systems, each with a treble clef staff on top and a bass clef staff on the bottom. The time signature is 3/4. The notation is in a medieval style, with square notes and a mix of straight and bent stems. The music shows early harmonic structures, including some dissonances, particularly in the lower register of the bass staff.

L'harmonie se purifie peu à peu des successions encore barbares

qu'elle devait à la longue habitude de l'*organum* et du *déchant* comme on le constate déjà dans Goudimel, prédécesseur de Palestrina (1580). Voici par exemple le commencement d'un psaume de Goudimel.

The image shows the beginning of a psalm by Goudimel, consisting of two systems of two staves each. The first system features a treble staff with a melodic line and a bass staff with a supporting line. The second system continues the piece with similar melodic and harmonic development. The music is in a simple, homophonic style characteristic of the French Renaissance.

Avec Palestrina, la transformation fut complète. Ses compositions sont et resteront toujours un modèle du genre.

Voici un morceau de Palestrina (Lamentation de Jérémie) d'une inspiration profondément artistique.

The image displays a piece by Palestrina, identified as a lamentation of Jeremiah. It is presented in three systems of two staves each. The first system shows a complex texture with multiple voices or instruments, featuring a treble staff with a melodic line and a bass staff with a supporting line. The second system continues the piece with similar melodic and harmonic development. The third system concludes the piece with a final cadence. The music is in a more complex, polyphonic style characteristic of the Italian Renaissance.

Déjà au XIV^e siècle, comme nous l'avons dit plus haut, nous voyons apparaître des dissonances. C'est qu'en effet, la musique serait très pauvre si elle voulait se contenter des accords consonnants. On peut dire plus. Une musique formée des accords consonnants seuls serait extrêmement monotone et sans aucune énergie. Esthétiquement parlant, on éprouve une satisfaction beaucoup plus grande lorsque, d'un accord dissonant, on passe à l'accord consonnant, que si l'on était toujours resté dans les accords consonnants. C'est la force des contrastes qui produit en nous cette sensation, de même qu'après l'orage nous apprécions doublement le calme.

Les deux exemples suivants, composés par M. Ratez, feront parfaitement sentir ces différences.

Morceau ne contenant que des consonnances :

The musical score consists of two systems of two staves each. The first system shows a treble staff with a melody of quarter notes and a bass staff with a simple accompaniment of chords. The second system continues the melody and accompaniment, ending with a double bar line. The music is composed entirely of consonant intervals and chords.

Morceau contenant des consonnances et des dissonances :

The musical score consists of two systems of two staves each. The first system shows a treble staff with a melody and a bass staff with chords, including some dissonant intervals. The second system continues the piece, featuring more complex harmonic structures with dissonances, ending with a double bar line.

Remarquons d'ailleurs qu'au point de vue de l'introduction des dissonances dans les morceaux de musique, il faut tenir compte de l'éducation de l'oreille et qu'il est impossible de fixer rien d'absolu. Des dissonances, aujourd'hui parfaitement licites, auraient paru une monstruosité du temps de Palestrina. Réciproquement, certains sons, comme par exemple les quarts de ton employés par les Grecs dans une époque de décadence, sont définitivement repoussés par nous.

C'est donc une erreur de croire que la musique, et spécialement la musique moderne, a un caractère et une valeur absolus et de rejeter tout système musical qui n'est pas conforme à celui que nous connaissons. Il n'y a d'absolu que les lois des sons et de leurs combinaisons. L'application de ces lois contient toujours beaucoup de choses vagues et il y reste un champ très étendu qui a été et sera toujours parcouru d'une manière bien différente par les différents peuples aux différentes époques de l'histoire.

Je fais exécuter devant vous, quelques passages des œuvres de Mozart, Schumann et Wagner (1). Les impressions produites sur vous dépendent exclusivement de votre tempérament et il nous serait impossible d'expliquer la cause de ces impressions diverses qui sont ici du domaine de l'art. Dans l'art, il y a une chose qui défie tout calcul, que la science peut bien expliquer jusqu'à un certain point quand elle a pris une forme palpable, mais qu'elle ne peut ni prédire, ni modifier. J'ai tenu à vous faire entendre ces résultats de l'imagination, de l'inspiration de certains musiciens de génie pour bien montrer qu'il y a une limite très nette que la science ne peut franchir et dans le but de vous la faire sentir je l'ai volontairement un peu dépassée. Pouvons-nous dire, à ce sujet, qu'il y a faillite de la science ? Je ne le crois pas, et j'espère que c'est aussi votre opinion maintenant que vous avez suivi pendant quelques instants ce sentier mitoyen qui sépare la science proprement dite de l'art musical.

(1) M. Dominique, lauréat du Conservatoire de Lille, qui a bien voulu se charger de tenir le piano a joué avec une virtuosité remarquable : le duo de la flûte enchantée de Mozart, la pièce du carnaval de Schumann et la marche nuptiale de Lohengrin.

SIXIÈME PARTIE

DOCUMENTS DIVERS

BIBLIOGRAPHIE

Le Vignole des Mécaniciens. — Étude sur la construction des machines. — Types et proportions des organes qui composent les moteurs, les transmissions de mouvement et autres mécanismes par ARMENGAUD Aîné, Ingénieur. — 1^{re} Fascicule, 3^{me} Édition, entièrement refondue. — Paris, E. Bernard et Cie, Imprimeurs-Éditeurs, 53 ter. quai des Grands-Augustins.

Ce premier fascicule du Vignole des mécaniciens traite de la résistance des matériaux, appliquée à l'étude de la construction des machines de la proportion des vis, des boulons et des rivets, des proportions et de la construction des arbres, des pivots, crapaudines et arbres verticaux, des assemblages fixes et mobiles appliqués aux arbres de transmission.

Pour chacune des parties exposées dans ce volume on trouve une description détaillée des différents organes employés, un exposé théorique des méthodes de calcul des pièces et des exemples d'application.

Ce livre est d'une lecture facile ; les explications et démonstrations y sont données d'une façon claire et précise. — Les exposés théoriques aboutissent à des formules pratiques dont les applications sont aisées. De nombreuses figures intercalées dans le texte facilitent encore la compréhension de cet ouvrage qui doit se trouver dans la Bibliothèque de tous les ingénieurs et des constructeurs,

BIBLIOTHÈQUE

OUVRAGES REÇUS PENDANT LE 2^e TRIMESTRE 1897 :

Ouvrages reçus par la Bibliothèque depuis la dernière séance :

Cinquantenaire de la fondation de l'usine Blanzky, Poure et Cie. (Don des associés).

Sur la traction électrique dans Paris, par Léon Francq. (Don de l'auteur).

25^e session du Congrès pour l'avancement des sciences. 2 vol. reliés. (Don de M. Faucheur).

Description des Brevets d'invention. — Tome 87 (1^{re}, 2^e et 3^e parties). (Nouvelle série).

Remarques à propos d'une note relative à l'oxydation du sulfure de sodium par l'électrolyse, par M. Sheurer-Kestner. (Don de l'auteur).

Statistique des grèves et des recours à la conciliation et à l'arbitrage survenus pendant l'année 1896. (Publication de l'Office du Travail).

SUPPLÉMENT A LA LISTE GÉNÉRALE DES SOCIÉTAIRES.

SOCIÉTAIRES NOUVEAUX

Admis du 1^{er} Avril au 31 Juillet 1897.

N ^{os} d'ins- cription.	MEMBRES ORDINAIRES.		
	Noms.	Professions.	Résidences.
	MM.		
881	PENNETIER.	Ingénieur.....	Lille.
882	LECLERQ-MULLIEZ .	Manufacturier.....	Roubaix.
883	VERMERSCH.....	Négociant.....	Lille.
884	G. LAMBLOI.....	Ingénieur-constructeur ..	Lille.
885	PELLÉ.....	Ing ^r des Ponts et Chaussées	Lille.

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions, ni responsable des notes ou mémoires publiés dans le Bulletin.

