Cinquième Année. — N° 48. *Avril 1908.*

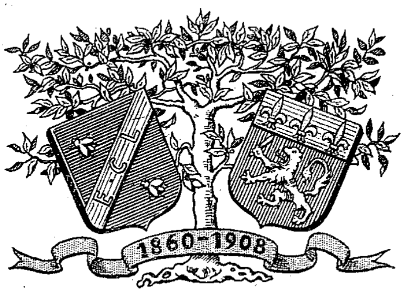
BULLETIN MENSUEL

DE

l'Association des Anciens Elèves

DE

L'ÉCOLE CENTRALE LYONNAISE



SOMMAIRE

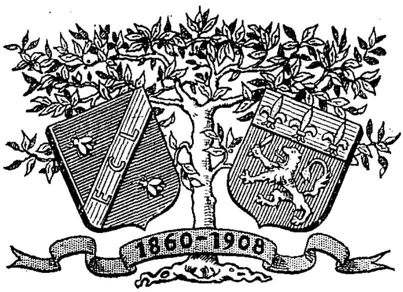
PRIX D'UN NUMÉRO : **0.75** CENT

Secrétariat et lieu des Réunions de l'Association :

Salons Berrier & Milliet, 31, Place Bellecour, Lyon

Cinquième Année. — N° 48. *Avril 1908.*

BULLETIN MENSUEL
DE
l'Association des Anciens Elèves
DE
L'ÉCOLE CENTRALE
LYONNAISE



SOMMAIRE

PRIX D'UN NUMÉRO : **0.75** CENT

Secrétariat et lieu des Réunions de l'Association :
Salons Berrier & Milliet, 31, Place Bellecour, Lyon

INSTRUMENTS & FOURNITURES

à l'usage des

Entrepreneurs de Travaux Publics, Chemins de Fer, Canaux, etc.

GRAND PRIX - DIPLOME D'HONNEUR - 5 MÉDAILLES D'OR
aux Expositions Universelles
DE PARIS 1900 - ARRAS 1904 & LIÈGE 1905

H. Morin

CONSTRUCTEUR

11, Rue Dulong, 11
Anc' 3, Rue Boursault

PARIS XVII^e

FOURNISSEUR DE PLUS DE 1.800 ENTREPRENEURS DE TRAVAUX PUBLICS
DONT PLUS DES 2/3 DES MEMBRES DU SYNDICAT

CATALOGUE GÉNÉRAL ILLUSTRÉ

Envoyé **FRANCO** sur demande

1er Fascicule

INSTRUMENTS DE PRÉCISION
Nivellement, Levé de plans
Mathématiques
Mires, Jalons, Chaînes, etc.

2me Fascicule

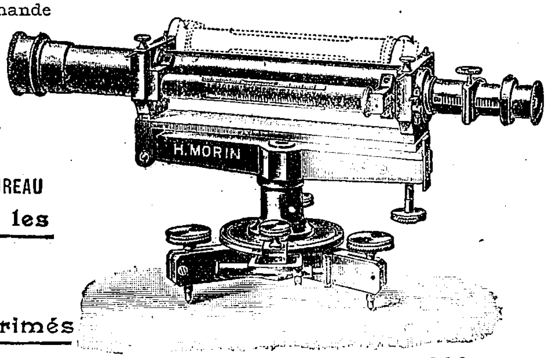
FOURNITURES DE DESSIN & DE BUREAU

Notice Descriptive sur les

CERCLES D'ALIGNEMENTS
THEODOLITES
TACHÉOMÈTRES

Album de Modèles d'Imprimés

pour
ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS:
Feuilles de Paie, Carnets, etc.



Niveau à bulle réversible H. MORIN, avec pied et boîte noyer : **300** »
(Modèle déposé)
Voir description dans le Catalogue Général

EXPOSITION PERMANENTE : *11, Rue Dulong*

RÉPARATIONS D'INSTRUMENTS DE TOUTES PROVENANCES

POUR LA FRANCE : FRANCHISE ABSOLUE de PORT et d'EMBALLAGE pour toute Commande de **25** Francs et au-dessus

Cinquième Année. — N° 48. *Avril 1908.*

DE L'ÉTUDE DES MATHÉMATIQUES (*)

ARCHIMÈDE

Par M. J.-B. Mathey, Professeur de Mathématiques
à l'Ecole Centrale Lyonnaise

Il est rare que dans les écoles on donne, à l'occasion, quelques notions de l'histoire des mathématiques élémentaires. Les élèves ont donc une tendance à croire que la géométrie est une science assez récente et à considérer comme une quantité négligeable ce que les anciens ont bien pu en connaître. Les noms d'Euclide, d'Apollonius, de Ptolémée leur sont généralement inconnus ; celui d'Archimède ne se rattache pour eux qu'à une légende assez douteuse.

Cependant les *Eléments d'Euclide* contiennent la plus grande partie de ce qu'ils savent de la géométrie élémentaire. Apollonius a démontré les propriétés principales de l'ellipse, de l'hyperbole et de la parabole. Ptolémée se servait d'une trigonométrie déjà savante. Les mathématiciens arabes et indiens nous ont transmis sur les triangles, les quadrilatères et le cercle, des formules qui, même aujourd'hui, sont d'une démonstration assez laborieuse. Diophante résolvait des problèmes qui dépendent d'équations du 3e et du 4e degré. En citant, à l'occasion, les noms de ces premiers créateurs des sciences mathématiques, on donnerait aux jeunes étudiants une plus juste idée du développement graduel de nos connaissances. N'y aurait-il pas en outre l'avantage de les amener

(*) Voir Bulletin mensuel N° 32.

à juger plus modestement de leur propre valeur et à se résoudre au travail intensif qu'ils devront fournir pour se mettre au niveau de leur temps.

L'attention des savants ayant été rappelée sur Archimède par la découverte de manuscrits contenant des œuvres inédites du grand géomètre, le comité de publication du Bulletin de l'Association des Anciens Elèves de l'E. C. L. a bien voulu accueillir la petite notice qui suit.

*
* *

Archimède a toujours été considéré comme le plus grand géomètre de l'antiquité.

Né en 287 avant J.-C., sa vie est peu connue. Il était le parent et l'ami de Hiéron, roi de Syracuse. On sait qu'il mourut en 212, lors du siège de cette ville par les Romains. Les historiens Polybe, Tite-Live et Plutarque racontent qu'il fut l'inventeur de diverses machines dont l'emploi retarda la prise de Syracuse ; il aurait même incendié au moyen de miroirs ardents les vaisseaux des assiégeants. Cicéron raconte que pendant sa préture de Sicile, il retrouva le tombeau d'Archimède sur lequel était gravée une figure représentant une sphère inscrite dans un cylindre.

On trouve dans nos traités de géométrie le nom d'Archimède à l'occasion du calcul de π. Les élèves qui étudient l'algèbre ont eu à résoudre le problème de la couronne. Dans les cours de physique on démontre expérimentalement le principe d'Archimède. Dans les classes élémentaires les écoliers ont appris le sens et l'histoire du mot Ευρηκα qu'ils font bientôt passer dans leur langage usuel.

Tels sont à peu près les seuls souvenirs que nous ont laissés les études classiques sur la vie et les découvertes d'Archimède. Il nous reste, cependant, une partie assez considérable de ses ouvrages dont une traduction française a été publiée en 1807 par Peyrard, professeur de mathématiques au lycée Bonaparte. Des éditions grecques et latines avaient paru aux XVII^e^ et XVIII^e^ siècles.

Les œuvres d'Archimède connues se composent de neuf traités dont nous indiquons sommairement le sujet.

1° **De la sphère et du cylindre**. — Surface du cylindre, du cône et du tronc de cône, surface de la sphère. Les démonstrations se retrouvent, quant au fond, dans nos livres de géométrie, seulement simplifiées par l'emploi sous sa forme actuelle de la méthode des limites. Ces théorèmes complétaient les Eléments d'Euclide qui constituent le résumé de la géométrie grecque avant les travaux d'Archimède.

2° **De la mesure du cercle**. — Par la considération des polygones inscrits et circonscrits, l'auteur démontre que la circonférence d'un cercle quelconque est égale au triple du diamètre réuni à une partie du diamètre plus petite que les $\frac{10}{70}$ de ce diamètre et plus grande que les $\frac{10}{71}$ de ce diamètre.

3° **Des conoïdes et sphéroïdes.** — Sous le nom de sphéroïdes, Archimède désigne l'ellipsoïde de révolution ; les conoïdes sont les paraboloïdes et hyperboloïdes de révolution. Les noms d'ellipse, hyperbole, parabole n'y sont jamais employés ; ils sont dus à Apollonius (50 ans après), l'auteur des *Coniques élémentaires.* Ce traité comprend les théorèmes relatifs aux sections et aux volumes de ces solides de révolution. Voici, comme exemples, deux énoncés d'Archimède.

Le segment de paraboloïde (de révolution) déterminé par un plan perpendiculaire à l'axe est égal aux $\frac{2}{3}$ *d'un cône ayant même base et même axe que ce segment.*

Le segment d'hyperboloïde (de révolution) est à un cône de même axe et de même base dans le rapport de $\frac{h + 3a}{h + 2a}$, h *désignant la hauteur du cône et* a *le demi petit axe.*

La démonstration repose sur la comparaison des sections faites par un plan perpendiculaire à l'axe dans le solide considéré et dans le cône inscrit. On est ainsi conduit à la sommation de volumes cylindriques élémentaires que nous appliquons dans les intégrations de la forme $A\int x^2\,dx$.

4° **Des hélices.** — Il s'agit de la courbe que nous appelons aujourd'hui spirale d'Archimède ou de Conon. L'aire comprise entre deux spires consécutives est évaluée au moyen d'une suite de secteurs circulaires inscrits et circonscrits à la courbe. Ces secteurs sont remplacés par d'autres correspondant à des angles deux fois plus petits, etc. On arrive ainsi à établir, par exemple, que l'aire de la première spire est égale au $\frac{1}{3}$ d'un cercle qui a pour rayon la partie de la droite parcourue par le point mobile pendant sa première révolution, résultat que nous obtenons aujourd'hui par la formule $\int_0^{2\pi} r^2 d\theta$. — Le même traité donne aussi quelques propriétés de la tangente à la courbe.

5° **Equilibre des plans**, c'est-à-dire des figures planes. — Après avoir établi le principe du levier, Archimède détermine le centre de gravité du parallélogramme, du triangle, du trapèze et d'un segment de parabole.

6° **De la quadrature de la parabole.** On trouvera plus loin le résumé de la démonstration d'Archimède.

7° **De l'arénaire** ou calcul du sable. — Dans ce traité adressé au roi Gélon, Archimède explique qu'il est possible d'énoncer le nombre des grains de sable contenus dans une sphère ayant pour rayon la distance du centre de la terre aux étoiles fixes. Les Grecs n'avaient étendu leur numération que jusqu'aux milliers de myriades et n'avaient pas de mots pour nommer des nombres plus grands. Les unités de ce système étaient les termes de la progression $10^2 : 10^3 \ldots 10^8$. Archimède concevait une 2e progression $10^8 \ldots 10^{16}$, puis une 3e, etc. En indiquant à laquelle de ces séries appartenait le nombre, on pouvait le désigner au moyen des mots correspondant aux nombres plus petits que mille myriades, les seuls admis dans la langue grecque. On voit l'analogie avec notre système de numération. Il convient de remarquer que chez les Grecs, les lettres tenant lieu de chiffres n'avaient pas la valeur de position qui donne tant de facilité à nos calculs, et se prête à la représentation des nombres les plus grands qu'on voudra imaginer.

8° **Les lemnes.** — Ce traité, très court, se compose de quelques théorèmes sur les cordes et les tangentes d'une circonférence. Nous avons conservé dans nos livres classiques le suivant : *Si, dans une circonférence, deux cordes se coupent perpendiculairement, la somme des carrés des quatre segments est égale au carré du diamètre.*

9° **Des corps portés sur un fluide.** — Archimède pose comme principe que toutes les parties d'un fluide étant continues entre elles, celle qui est moins pressée est chassée par celle qui l'est davantage. Il en conclut que la surface de tout fluide en repos est sphérique et que le centre de cette surface est le centre de la terre. Il détermine ensuite la position que prend un corps abandonné dans un fluide, selon que son poids est égal, inférieur ou supérieur à celui d'un volume égal du liquide. Ainsi se trouve démontré le célèbre principe d'Archimède, avec ses conséquences que nous formulons aujourd'hui presque dans les mêmes termes. Vient ensuite, dans un 2e livre, l'étude des positions d'un segment de paraboloïde plongé dans un liquide, dans divers cas correspondant à des éléments différents du paraboloïde.

Les anciens donnaient le nom d'*exhaustion* au procédé de démonstration que nous appelons maintenant *méthode des limites*. Archimède en fait l'application à la détermination des volumes du cylindre, du cône, de la sphère, etc., et à la quadrature de la spirale et de la parabole. Le mot *exhaustion* signifie *épuisement*. En inscrivant et circonscrivant à la figure qu'il s'agit d'évaluer des figures qui se rapprochent de plus en plus de celle que l'on considère, on épuise en quelque sorte l'espace compris entre la grandeur cherchée et celles qu'elle enveloppe ou par lesquelles elle est enveloppée.

Les géomètres de l'antiquité apportaient à ces démonstrations une minutie et une rigueur qui les rendaient quelquefois difficiles à suivre. Nous nous sommes affranchis de ces longueurs en nous appuyant implicitement sur le principe d'induction qui étend à des figures de même espèce ce qui est démontré pour l'une d'elles.

Les sommations d'éléments infiniment petits effectuées par Archimède pourraient être considérées, ainsi que nous l'avons dit, comme des intégrations obtenues par des procédés géométriques.

Pour donner une idée des méthodes d'Archimède, nous reproduisons la démonstration de l'aire de la parabole en usant des notations actuelles qui permettent de suivre plus aisément le raisonnement de l'auteur.

⁂

QUADRATURE DE LA PARABOLE

Archimède commence par établir le théorème suivant :

Si, dans un segment compris entre une droite et une parabole, on conduit deux droites parallèles au diamètre, l'une du milieu de la base et l'autre du milieu de la moitié de la base, celle qui est conduite du milieu de la base est égale à quatre fois le tiers de celle qui est conduite du milieu de la moitié de la base (Fig. 1).

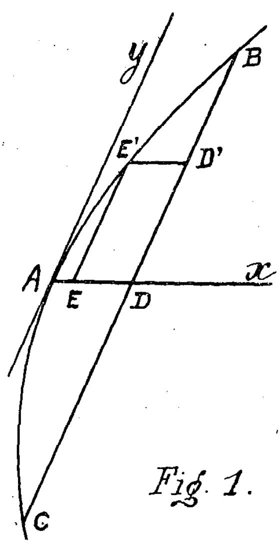


Fig. 1.

La base du segment est la corde BC. Soit D le milieu de cette corde, D' le milieu de DB. Rapportons la courbe aux axes Ax et Ay, Ax étant le diamètre correspondant à la corde BC et Ay la tangente au point A. On sait que l'équation de la parabole est alors : $y^2 = 2p'x$.

Il faut prouver que :

$$AD = \frac{4}{3}\,DE = \frac{4}{3}\,D'E'.$$

En effet, les abscisses des points de la courbe étant proportionnelles aux carrés des ordonnées correspondantes

$$\frac{AD}{AE} = \frac{\overline{BD}^2}{\overline{E'E}^2} = \frac{4}{1}$$

puisque : $BD = 2E'E$,

D' étant le milieu de BD, d'où :

$$AD = 4\ AE$$

et par suite :

$$DE = 3\ AE$$

ou enfin : $$\frac{AD}{DE} = \frac{AD}{D'E'} = \frac{4}{3}$$

2ᵉ Théorème. — *Si, dans un segment de parabole, on construit un triangle ayant même base et même hauteur que le segment et si, dans les segments restants, on inscrit d'autres triangles ayant même base et* *même hauteur que ces segments, le triangle inscrit dans le segment entier et égal à huit fois la somme des triangles inscrits dans les segments restants.*

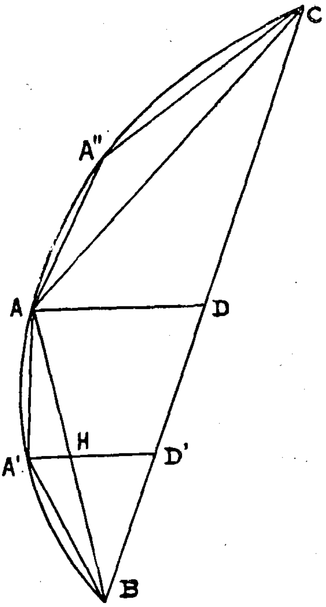


Fig. 2.

Soit le segment de parabole limité par la droite quelconque BC (fig. 2). Par le milieu de la corde BC menons DA parallèle à l'axe de la parabole et construisons le triangle ABC. Ce triangle a même base et même hauteur que le segment (on appelle hauteur du segment la perpendiculaire abaissée de A sur BC, A est le sommet du segment).

Par le milieu D' de BD, menons D'A' parallèle à l'axe ; le point A' est le sommet du segment AA'B. Inscrivons dans ce segment le triangle AA'B qui a même base et même hauteur que ce segment. Soit H le point où le diamètre A'D' rencontre AB ; ce point étant par construction le milieu de AB; les 2 triangles AA'H et BA'H sont équivalents. Nous avons à démontrer que AA'H est le $\frac{1}{8}$ de ABC.

D'après le théorème précédent :

$$A'D' = \frac{3}{4} AD \qquad \text{et } HD' = \frac{AD}{2}$$

d'où:

$$A'D' - HD' = \frac{3}{4} AD - \frac{1}{2} AD = \frac{1}{4} AD$$

ou :

$$A'H = \frac{1}{4} AD$$

Ainsi :

$$A'H = \frac{1}{2} HD'$$

Les deux triangles A'HB et HD'B ont évidemment même hauteur en prenant B comme sommet commun ; ils sont donc dans le rapport de leurs bases qui est égal à $\frac{1}{2}$

De même le triangle $AA'H = \frac{1}{2} AHD'$ de sorte que le triangle AA'B est la $\frac{1}{2}$ de ABD' lequel est évidemment le $\frac{1}{4}$ de ABC.

Donc le triangle AA'B, inscrit dans le petit segment, est bien le $\frac{1}{8}$ du triangle ABC inscrit dans le grand segment.

Le triangle AA"C inscrit dans l'autre petit segment est aussi le $\frac{1}{8}$ du triangle ABC.

Il en résulte que la somme des triangles inscrits dans les deux petits segments $= \frac{1}{4}$ de ABC.

On pourra de même inscrire dans les nouveaux segments ayant pour bases AB et AA', AA" et A"C des triangles dont la somme sera égale au $\frac{1}{4}$ des précédents.

Si l'on fait la somme de tous ces triangles, on aura, pour exprimer la limite qui est l'aire du segment de la parabole :

$$ABC + \frac{1}{4} ABC + \frac{1}{16} ABC + \ldots \text{ à l'infini.}$$

c'est-à-dire : $$ABC\left(1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{16} + \ldots\right)$$

La quantité entre parenthèses est une progression géométrique dont la somme $= \dfrac{1}{1 - \frac{1}{4}} = \dfrac{4}{3}$

Donc l'aire du segment de parabole limité par une corde quelconque est égale aux $\frac{4}{3}$ du triangle qui a même base et même hauteur que le segment.

***

UN NOUVEAU TRAITÉ D'ARCHIMÈDE

M. Th. Reinach, membre de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, vient de donner la traduction d'un nouveau traité d'Archimède, intitulé Εφοδος, c'est-à-dire *Méthode*. Cet ouvrage, inconnu jusqu'ici, fait partie d'un manuscrit palimpseste sur parchemin, trouvé dans la bibliothèque du Patriarcat grec de Jérusalem, en 1899. Il a été étudié par M. Heiberg, professeur à l'Université de Copenhague et par M. Zeuthen (1), professeur danois, qui en a publié une traduction allemande. Le manuscrit contient, en outre du traité de la Méthode, des parties considérables des divers ouvrages d'Archimède déjà connus.

Le traité de la Méthode est adressé à Eratosthène, dont le nom rappelle le procédé indiqué dans nos livres d'arithmétique pour former la table des nombres premiers.

(1) On doit à M. Zeuthen une histoire des mathématiques dans l'antiquité et dans le moyen-âge, dont une traduction française a paru en 1902 (Gauthier Villars).

« En t'envoyant, dit Archimède, les démonstrations de quelques théorèmes, j'ai voulu te communiquer les particularités d'une certaine méthode dont, une fois maître, tu pourras prendre thème pour découvrir par le moyen de la mécanique certaines vérités mathématiques... Souvent, en effet, j'ai découvert par la mécanique des propositions que j'ai ensuite démontrées par la géométrie, la méthode en question ne constituant pas une démonstration véritable... » (Traduction de M. Reinach).

Le livre commence par la détermination de l'aire du segment de parabole. La démonstration, comme celle des théorèmes suivants, repose sur le principe d'équilibre du levier. Voici, comme exemple, celle qui se rapporte au volume de la sphère ; elle donne une idée très nette de la méthode d'Archimède. Nous y avons introduit les termes et les notations en usage aujourd'hui.

Théorème. — *Toute sphère est quadruple du cône qui a une base égale à un grand cercle et une hauteur égale au rayon de la sphère* (fig. 3).

Soit C un grand cercle de la sphère de rayon R ; AB et DE deux diamètres perpendiculaires.

Menons par DE un grand cercle dans un plan perpendiculaire à celui du cercle C. Imaginons le cône ayant pour base le cercle DE et pour sommet le point A. Prolongeons la nappe de ce cône jusqu'à sa rencontre avec le plan FBG parallèle au plan DE ; nous aurons un cône de sommet A et de rayon 2R.

Sur ce dernier cercle, construisons le cylindre FGKI.

Menons par un point quelconque de AB le plan MN parallèle au plan DE. Ce plan coupe le cône, la sphère et le cylindre suivant des cercles de diamètre RS, TV et MN.

Si nous posons $AZ = h$, les rayons de ces cercles sont :

Rayon du cercle RS $= h$ (section du cône)
Rayon du cercle TV $= \sqrt{2Rh - h^2}$ (section de la sphère)
Rayon du cercle MN $= 2R$ (section du cylindre).

Les aires de ces cercles étant proportionnelles aux carrés de leurs rayons, on peut écrire :

$$\frac{\text{section du cylindre}}{\text{section du cône} + \text{section de la sphère}} = \frac{4R^2}{h^2 + 2Rh - h^2} = \frac{2R}{h}$$

Prolongeons BA d'une longueur $AX = 2R$, et considérons le levier BX comme ayant son point fixe en A. Transportons les sections du cône et de la sphère au point X et laissons en place la section du cylindre (en assimilant ces sections à des tranches pesantes de même épaisseur infiniment petite), l'équilibre aura lieu puisque les bras de levier seront h et 2R. On pourra raisonner de même pour les sections faites par des plans quelconques parallèles au premier plan considéré. Donc il y aura équilibre entre le cylindre resté en place d'une part et l'ensemble formé par la réunion du cône et de la sphère transportés en X. Pour le cylindre resté en place, le centre de gravité est au centre C, à la distance R du point fixe A. Donc les bras de levier étant dans le rapport de 1 à 2

$$\frac{\text{cylindre}}{\text{cône} + \text{sphère}} = \frac{2}{1}$$

c'est-à-dire : $\text{cylindre} = 2\,(\text{cône} + \text{sphère})$

et comme le cylindre est équivalent à trois fois le cône, on a :

$$3 \text{ fois le cône AFG} = 2 \text{ fois le cône} + 2 \text{ fois la sphère}$$

ou : $\text{cône AFG} = 2 \text{ fois la sphère.}$

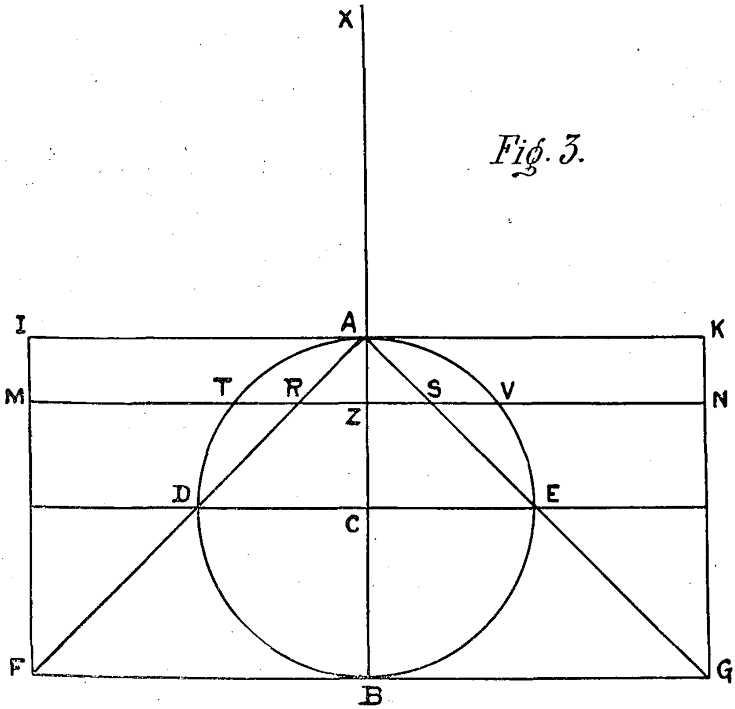


Fig. 3.

Or la cône AFG ayant un rayon et une hauteur doubles du rayon et de la hauteur du cône ADE et, par suite, un volume 8 fois plus grand :

$$8 \text{ cônes ADE} = 2 \text{ sphères}$$

ou : $\text{cône ADE} = \frac{1}{4}\,\text{sphère}$

Le volume de la sphère est donc bien quadruple du volume du cône dont la base est un grand cercle et la hauteur égale au rayon de la sphère. C'est bien la formule :

$$V = 4\left(\frac{\pi R^3}{3}\right)$$

Archimède ajoute : « De là m'est venue l'idée que la surface de la sphère vaut quatre grands cercles. C'est, en effet, une hypothèse vraisemblable que, de même que tout cercle équivaut à un triangle ayant pour base la circonférence et pour hauteur le rayon, ainsi toute sphère équivaut à un cône ayant pour base la surface de la sphère et pour hauteur le rayon ».

La suite du traité donne le volume de l'ellipsoïde de révolution et le volume du segment d'un paraboloïde de révolution déterminé par un plan perpendiculaire à l'axe. La démonstration de ces deux théorèmes reproduit presque mot à mot celle du volume de la sphère.

Il est facile de comprendre que la même méthode pourra servir à déterminer le centre de gravité d'un solide dont on connaît le volume. Archimède démontre, par exemple, que le centre de gravité d'un hémisphère est situé sur son axe, en un point tel que les distances de ce point au sommet et à la base sont dans le rapport de 5 à 3. — Il a déterminé aussi le centre de gravité d'un segment de paraboloïde de révolution, et celui d'un segment sphérique.

Viennent ensuite, en partie restitués, des théorèmes relatifs au volume d'un segment de sphère, et à son centre de gravité. Le traité se termine par l'évaluation du volume du sabot ou onglet cylindrique (volume détaché d'un cylindre par un plan oblique à la base) et du volume commun à deux cylindres tangents aux faces d'un cube et dont les bases sont les cercles inscrits dans les faces du cube. Ce volume est égal aux deux tiers du volume du cube.

Il semble que la méthode employée par Archimède peut se résumer ainsi : 1º Décomposer le solide dont on cherche le volume en tranches infiniment minces par des plans parallèles et comparer ces éléments à ceux obtenus de la même manière dans d'autres solides de volumes connus. 2º Transporter ces éléments aux extrémités d'un levier sur lequel ils seront en équilibre, c'est-à-dire écrire en quelque sorte l'équation d'équilibre. 3º Déduire de cette relation, soit le volume, si les centres de gravité sont connus ; soit le centre de gravité, si les volumes sont donnés. — La plupart des théorèmes contenus dans le livre de la Méthode sont démontrés par des considérations purement géométriques dans les traités d'Archimède antérieurement connus.

L'analyse qui précède montre la place considérable qui revient à Archimède dans l'histoire de la géométrie. Les anciens lui ont attribué aussi un grand nombre d'inventions mécaniques.

La vis d'Archimède a été employée quelquefois à l'épuisement des eaux. — Enfin, d'après Cicéron et Lactance, Archimède aurait construit une sphère reproduisant avec une admirable précision les divers mouvements des astres.

J.-B. Mathey.

NOTES

SUR

L'AUTOMOBILE (*)

(*Suite*)

Par M. BLETON, chef des Etudes de la Maison de Construction d'Automobiles Cottin et Desgouttes.

DES CHANGEMENTS DE VITESSE

Il ne saurait être ici question de changement de vitesse pour véhicule à vapeur, le principe du moteur à vapeur le dispensant d'un tel organe, et toutes les gammes de vitesse ou de puissance étant simplement obtenues par la variation de deux éléments : la pression d'admission et la durée d'admission.

A cette souplesse que le moteur à explosion n'a pas — n'a pas encore — comment pourrons-nous remédier ?

Le moteur à explosion fournit son maximum de puissance à une vitesse angulaire bien déterminée, 1000 tours par exemple. Au-delà ou en-deçà — à 700 comme à 1300 tours — sa puissance diminue. Aussi, lorsqu'une voiture aborde une cô e et que, par suite, sa vitesse diminue, le moteur ralentit, et c'est précisément au moment où nous avons besoin de la plus grande puissance, que le nombre de chevaux diminue. On conçoit que, pour conserver au moteur sa vitesse de 1000 tours, il faudra démulti-

(*) Voir Bulletins mensuels Nos 40 et 42.

plier davantage la transmission, d'où la nécessité du *changement de vitesse*

Les combinaisons les plus diverses ont été proposées, beaucoup ont été éliminées par l'expérience. Les solutions actuellement employées peuvent se ramener aux suivantes :

1° Changement de vitesse par galet de friction.
2° — — — courroie.
3° — — — engrenages.
4° Systèmes divers.

Aucune d'elles n'est parfaite, mais, en l'état actuel de la science automobile, nous sommes obligés de passer par leur intermédiaire.

I. — Changements de vitesse par galet de friction

Nous croyions ce mode de transmission — fréquemment appliqué aux machines-outils — complètement abandonné dans son application aux véhicules automobiles ; mais les Salons de 1907 et de 1908 nous en présentaient encore deux ou trois exemplaires.

Disons donc quelques mots du principe :

Un galet, pressé contre un plateau, roule sur celui-ci, et comme ce galet, commandé par exemple par le moteur, tourne sur lui-même, le plateau qui commande les roues motrices, sera entraîné par le fait de l'adhérence des deux surfaces.

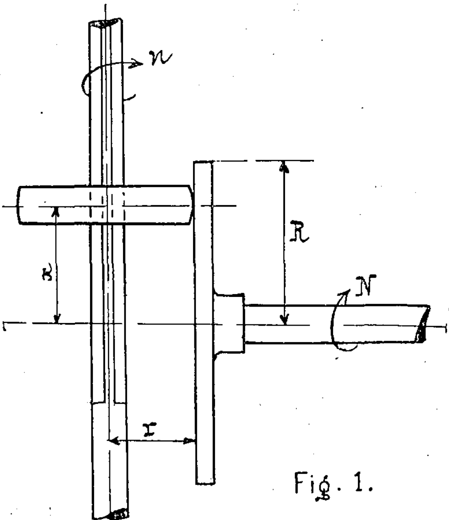


Fig. 1.

Soient (fig. 1) :

P la pression à exercer entre le plateau et le galet pour produire le travail demandé

F l'effort résistant à vaincre, à l'extrémité d'un bras de levier R.

r le rayon du galet,

f le coefficient de frottement ou d'adhérence.

Pour qu'il y ait équilibre, il faut que l'on ait, pour une position déterminée du galet :

$$Prf = FR$$

c'est-à-dire : $P = \frac{FR}{rf}$ (1)

Pour un point situé à une distance x de l'axe, le rapport des vitesses entre les arbres est :

$$\frac{n}{N} = \frac{x}{r}$$

Pour : $x = 0$, $\dfrac{n}{N} = 0$, c'est-à-dire que l'entraînement n'a pas lieu.

$x = r$, $\dfrac{n}{N} = 1$, les arbres tournent à la même vitesse.

$x = R$, $\dfrac{n}{N} = \dfrac{R}{r}$

Il suffit donc de déplacer le galet pour obtenir *progressivement* les variations de vitesse désirées.

Il y a intérêt à employer un galet d'assez grand diamètre, afin de diminuer sa vitesse périphérique et la pression P. Cela résulte d'ailleurs de l'équation (1), car, pour que P soit minimum, il faut que le dénominateur se rapproche du numérateur, c'est-à-dire que r augmente et f aussi par le choix des surfaces en contact.

On conçoit que ce système, basé sur un travail de frottement, doive causer des glissements, de l'usure, et parfois nécessiter une grande dimension du plateau. Il ne peut être vraiment pratique que pour de faibles efforts à transmettre à cause des faibles surfaces en contact, et de la faible adhérence de ces surfaces.

Nous ne décrirons pas les dispositifs imaginés pour réaliser mécaniquement ce principe. Nous dirons seulement que la jante du galet est généralement formée de disques en cuir comprimé.

Le plateau, le plus souvent en fonte, sert de volant au moteur et est recouvert d'une matière augmentant l'adhérence, comme le papier comprimé.

II. — Changements de vitesse par courroie.

Les voitures qui ont utilisé au début de l'automobilisme la courroie comme moyen de changer de vitesse, sont extrêmement nombreuses. Leur description ne présente qu'un intérêt historique. Les premières Rochet-Schneider, pour ne parler que de notre région, possédaient ce mode de changement de vitesse (1897). Les désagréments causés par la courroie ont peu à peu amené sa disparition, aujourd'hui à peu près complète, sauf sur quelques voiturettes bon marché.

Mais est-ce bien réellement avec raison que cet abandon des courroies a été consommé ? Et les défauts qu'on leur reprochait ne tenaient-ils pas surtout au mode défectueux de leur emploi ? Les travaux du général Morin, en cette matière comme en beaucoup d'autres, sont les seuls que l'on ait trop longtemps suivis, et l'on commence à peine à prendre en considération des travaux plus récents. Cependant, les expériences de Morin ne portaient que sur de *faibles* vitesses. Peut-on en conclure que les mêmes lois sont justes aux vitesses élevées ?

Les lois de Morin étaient les suivantes :

Le coefficient d'adhérence dépend : de la pression primitive et de l'angle d'enveloppement ; il est indépendant des surfaces en contact *et de la vitesse.*

Bien au contraire, on peut poser en principe que le coefficient d'adhérence, et par suite *la force transmise*, ainsi que la capacité de la courroie, augmentent proportionnellement à la vitesse. Les vitesses de 25 mètres par seconde sont préconisées par la plupart des savants qui ont étudié la question et Hollmann, dès 1855, avait établi que le coefficient d'adhérence variait entre 0,105 au départ et 0,584 aux vitesses élevées. (Morin donnait comme coefficient 0,155).

On se sert généralement pour calculer une courroie de la formule :

$$b = a\frac{N}{v}$$

dans laquelle : $N =$ nombre de chevaux à transmettre.
$v =$ vitesse circonférentielle.
$a =$ la surface de courroie qui se déroule par cheval et par unité de temps.

D'ordinaire, on prend $a = 1500$ à 1200 centimètres carrés par cheval et par seconde et, pour de grandes courroies, 1000 centim. carrés-seconde.

A mesure qu'augmente la vitesse, l'expérience montre qu'on peut se contenter de largeurs de courroie beaucoup plus petites que celles indiquées par le calcul.

Un petit tableau, ci-dessous reproduit, dû à l'ingénieur O. Gehrckens de Hambourg, et relatif aux courroies de transmission, donne des résultats d'expériences dont la pratique a justifié la valeur.

TABLEAU DES VALEURS DE p EN *kg.* PAR *cm.* DE LARGEUR DE COURROIE

$p =$ force admissible par centimètre de largeur de courroie, pour des vitesses et des diamètres variables.

DIAMÈTRE DES POULIES	VITESSES CIRCONFÉRENTIELLES EN MÈTRES					
	3	5	10	15	20	25
	COURROIES SIMPLES					
100 m/m..	2	2.5	3	3	3.5	3.5
200 » ..	3	4	5	5.5	6	6.5
500 » ..	5	7	8	9	10	11
1000 » ..	6	8.5	10	11	12	13
2000 » ..	7	10	12	13	14	15
3000 » ..	12	15	20	22	25	25
	COURROIES DOUBLES					
500 m/m..	8	9	10	11	12	13
1000 » ..	10	12	14	16	17	18

p étant ainsi déterminé, on en déduit la largeur de la courroie,

$$b = \frac{75\ N}{pv}$$

Ce tableau parle de lui-même. La différence de vitesse d'emploi de la courroie montre la variation du coefficient d'utilisation. L'échec de la courroie dans les premières voitures automobiles dont les moteurs étaient à marche lente s'explique par là-même. L'application de la courroie à l'automobile imposera comme condition primordiale l'emploi de moteurs à grande vitesse.

Enfin, citons les expériences effectuées récemment au Conservatoire des Arts et Métiers par M. Louis Mahout, d'où il résulte que la capacité de transmission des courroies varie suivant leur fabrication.

Coefficient d'adhérence : d'une courroie en cuir, à plat........... 0,18
— — de champ, chromée. 0,26
— — — tannée.. 0,40

⁂

Poulies extensibles. — Le problème de l'application de la courroie à l'automobile devait amener un grand nombre d'inventeurs sur la voie de la recherche d'un changement de vitesse progressif obtenu au moyen de la variation, à la volonté du conducteur ou automatiquement, du diamètre des deux poulies de transmission, soit par courroie plate ou triangulaire. L'apparence du problème est plus simple que sa solution, car toute solution obtenue à l'aide de moyens compliqués est mécaniquement défectueuse et entachée de caducité. Cette difficulté considérable dans le cas de courroies plates s'aplanit pour les courroies triangulaires. Les poulies sont alors constituées simplement par des cônes se pénétrant par le sommet suivant leurs génératrices. Nous ne connaissons guère qu'un dispositif dont la pratique a consacré la valeur : les poulies extensibles Fouillaron. Elles sont constituées par deux cônes lamellés en acier, s'entrecroisant, dont l'un est fixe et l'autre mobile. Les deux poulies sont reliées entre elles par une *chaîne courroie*, constituée par une série de triangles en cuir enfilés sur un boyau souple et inextensible, qui complète le système Fouillaron. Une des poulies se ferme quand l'autre s'ouvre en égales proportions, ce qui a pour effet de laisser à la courroie toujours la même tension.

III. Changements de vitesse par engrenages

Ce sont les plus employés, car ils présentent sur les deux systèmse précédents, le principal avantage d'un faible encombrement pour de grands efforts à transmettre. Par contre, les engrenages manquent d'élasticité et un choc dans un démarrage ou un embrayage brusque peut être fatal aux dentures.

On peut distinguer les changements de vitesse à engrenages toujours en prise, et les changements de vitesse à un, deux ou trois balladeurs. Il suffit d'ouvrir une revue spéciale pour y découvrir le dessin d'ensemble d'un de ces types de changement de vitesse, nous n'en entreprendrons pas la description.

Pour l'établissement sur le papier d'un changement de vitesse, des dimensions en diamètre à adopter pour les divers engrenages — connaissant les rapports de vitesses — qui doivent obéir à la condition que la distance des centres est constante pour tous les groupes donnant le rapport désiré, nous recommandons vivement l'emploi de la règle à calcul qui mène aux solutions convenables très rapidement et avec sûreté.

La rapidité du calcul est encore augmentée du fait de l'emploi général dans l'automobile des *modules* ou *pas diamétraux* pour caractériser les dimensions des dents des engrenages.

La notion du pas diamétral est extrêmement simple :

Le pas diamétral m est le quotient du diamètre primitif par le nombre de dents. Le pas circonférentiel p étant le quotient de la circonférence primitive par le nombre de dents, on voit qu'on a entre les deux notations, la relation :

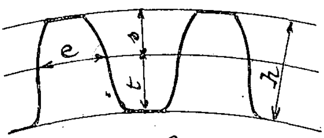


Fig. 2.

$m = \frac{p}{\pi}$ ou $p = m\pi$

la saillie s = le module m

le creux $t = m + \frac{e}{10}$

e étant l'épaisseur de la dent (fig. 2).

Cette épaisseur est mesurée sur la circonférence primitive et est égale au vide compris entre deux dents, c'est-à-dire que :

$$e = \frac{m\pi}{2}$$

Les flancs des dents sont généralement établis suivant la développante de cercle — dont on sait les nombreux avantages — avec un angle de pression qui varie avec le fabricant entre 15° et 20°.

On choisit généralement pour m un nombre simple tel que 2,5 — 4 — 7 — 10 car des fraises de taillage sont établies pour chacun de ces modules.

On voit quelle simplification est la conséquence de cette notation. Les caractéristiques d'un engrenage sont presque sans aucun calcul, instantanément connues :

Un engrenage droit de 20 dents au pas de 4 a un diam. de $20 \times 4 = 80$
— 32 — 6 — $32 \times 6 = 192$
— de diam. 195 ayant 60 dents a un module $m = \frac{195}{60} = 3{,}25$

etc., etc.

Il est bon de ne pas descendre au-dessous de 14 dents, car les dents présentent alors un étranglement à la base qui compromet leur résistance.

Suivant le travail à transmettre, quelles dimensions donner aux dentures et aux arbres du changement de vitesses ?

Une méthode approximative, mais suffisamment exacte, consiste à considérer — par sécurité — une seule dent en prise, l'effort tangentiel P étant considéré appliqué à l'extrémité de la dent (fig. 3).

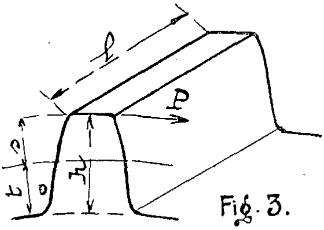


Fig. 3.

Dans ces conditions, le moment de flexion :

$$\mu_f = Ph = R\,\frac{I}{v}$$

et quoique t soit légèrement supérieur au module m on peut prendre :

$$\mu_f = P \times 2\,m$$

sans craindre d'obtenir une valeur trop faible pour la section, car le fort congé du fond de la dent la renforce considérablement dans le travail de flexion.

En ne descendant pas — ainsi qu'on l'a indiqué — au-dessous de 14 dents l'épaisseur de la dent à la base sera toujours :

$$e \geq \sqrt{3} \times m$$

d'où :

$$\frac{I}{v} = \frac{le^2}{6} = \frac{3lm^2}{6} = \frac{lm^2}{2} \text{ environ}$$

et :

$$R = \frac{2Pm}{\frac{lm^2}{2}} = \frac{4P}{lm}$$

On se donne R, on connaît P. On a donc :

$$lm = \frac{4P}{R}$$

Comme généralement $l = 5\,m$ à $8\,m$, le module à adopter, pour un effort tangentiel donné, sera compris entre les deux valeurs extrêmes :

$$\sqrt{\frac{4}{5}\,\frac{P}{R}} > m > \sqrt{\frac{4}{8}\,\frac{P}{R}} \quad \text{ou} \quad 0{,}9\sqrt{\frac{P}{R}} > m > 0{,}7\sqrt{\frac{P}{R}}$$

la longueur l de la denture sera proportionnellement plus grande pour les vitesses d'ordre supérieur que l'on emploie plus fréquemment et qui, par conséquent, s'usent plus vite que les vitesses inférieures.

On peut admettre pour les *aciers nickel* généralement employés :

$R = 26$ kgs par mmq. pour la denture de 1re vitesse.
$R = 22$ » » 2e —
$R = 18$ » » 3e et 4e vitesses.

Exemple : Soit à déterminer les dimensions des dentures d'une boîte de vitesse d'une voiture dont le moteur fait 40 chevaux à 1.200 tours.

Nous examinerons le cas de la 1re vitesse pour lequel l'effort tangentiel est le plus élevé, et adopterons par exemple le module trouvé pour toutes les autres vitesses, pour raison d'unité et de simplification, nous contentant de faire simplement varier l. Nous supposons évidemment que les rapports de vitesses ont été préalablement établis, et soit $d = 68$ le diamètre de l'engrenage, sa vitesse périphérique à 1.200 tours est :

$$v = \frac{\pi d u}{60} = 4^{m}25$$

et l'effort tangentiel : $P = \dfrac{40 \times 75}{4{,}25} = 700$ kgs.

Nous adoptons: $R = 26$ kgs, et $l = 7\ m$

par suite : $m = \sqrt{\dfrac{4P}{7R}} = \sqrt{\dfrac{2800}{182}} = \sqrt{15{,}4}$

$m = 4$ sensiblement

d'où : $l = 7\ m = 28$

Connaissant m, pour calculer des dentures des autres engrenages, remarquons que la formule trouvée plus haut :

$$lm = \frac{4P}{R}$$

peut s'écrire : $l = \dfrac{4P}{mR} = \dfrac{4P}{4R} = \dfrac{P}{R}$

Denture de 2e vitesse : $d = 92$, $v = 5^{m}75$, $P = 520$ kg.

et comme: $R = 22$ kg.

on a : $l = \dfrac{520}{22} = 23$ m/m environ.

Denture de 3e vitesse : $d = 116$, $v = 7^{m}25$, $P = 415$ kg.

et comme: $R = 18$ kg.

on a : $l = \dfrac{415}{18} = 23$ m/m environ.

De même pour la quatrième vitesse.

Evidemment, dans l'établissement d'une boîte de vitesse intervient un coefficient d'interprétation qui fera conserver à un constructeur les dimensions telles qu'elles ont été trouvées ci-dessus, alors que tel autre, adoptant des coefficients de travail plus réduits, emploierait pour un même module des largeurs de denture 1/3 plus fortes par exemple. Mais, établie dans les conditions sus-indiquées, une boîte d'engrenages en *acier nickel* bien construite doit néanmoins fournir un travail de plusieurs milliers de km. sans usure appréciable.

Calcul d'un arbre. — Nous considérons l'arbre des balladeurs,et adoptons pour sa section la section carrée. Nous remarquerons que cet arbre travaille à la fois en torsion par l'effet du couple moteur et en flexion, sous l'influence de l'effort tangentiel P. On pourrait être tenté de prendre pour l'effort faisant travailler l'arbre à la flexion, la composante de l'effort tangentiel dirigée suivant les axes des engrenages.

Considérons,en effet, les cercles primitifs des 2 engrenages et l'effort tangentiel P (fig. 4).

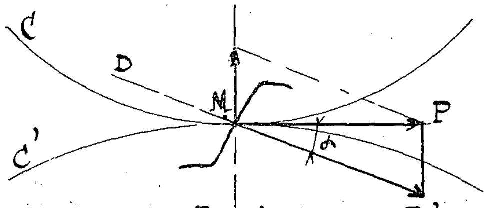


Fig. 4.

Celui-ci se décompose en un effort MP' normal au flanc de la dent et un effort MN perpendiculaire à l'effort tangentiel et qui tend à éloigner les centres des 2 roues.

On voit que : $MN = P \operatorname{tg} \alpha$.

Or la direction MP' est celle de la droite D qui engendre la développante, quand cette droite roule sans glissement sur les circonférences développées, concentriques aux circonférences primitives et dont le rayon est la perpendiculaire abaissée du centre sur la droite D. Généralement D est incliné de 75 à 70° sur la ligne des centres, autrement dit $\alpha = 15$ à $20°$

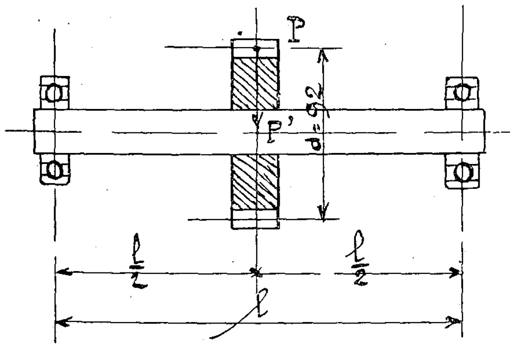


Fig. 5.

Mais si nous remarquons que l'engrenage peut être considéré comme encastré sur l'arbre, nous sommes en présence d'un effort P (fig. 5 bis),placé à l'extrémité d'un levier encastré en O, c'est-à-dire que l'effort tranchant en O est précisément égal à l'effort tangentiel P, c'est-à-dire que l'arbre travaille bien en flexion sous l'effet de cet effort tangentiel P.

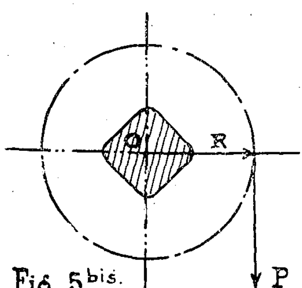


Fig. 5 bis.

Si donc nous supposons que, dans l'exemple choisi, le cas le plus défavorable pour le travail de flexion est celui de la 2e vitesse où l'engrenage se trouve au milieu de la longueur de l'arbre ; l'arbre considéré travaillera à la fois en torsion avec un moment de torsion :

$$\mu_t = 520 \times 46 = 23.920$$

et en flexion avec un moment de flexion donné par :

$$\mu_f = \frac{Pl}{4} = \frac{520 \times 250}{4} = 32.500$$

Nous n'avons donc qu'à appliquer la formule connue :

$$M_c = \frac{3}{8}\mu + \frac{5}{8}\sqrt{\mu_f^2 + \mu_t^2}$$

qui donnerait : $M_c = 37421$

L'arbre travaille donc *en flexion* sous l'influence de ce moment idéal, qui nous permettra de calculer la section carrée pour une certaine valeur de R.

$$M_c = R\frac{I}{V} = R\frac{a^3}{6}$$

Il y a lieu cependant d'introduire, avant de poursuivre le calcul, certaines considérations qui nous permettront de donner à l'arbre une section plus en rapport avec le genre de travail qu'il doit supporter.

Le travail de flexion considéré plus haut donne naissance à une *flèche* que l'on doit tenir inférieure à un dixième de millimètre afin d'empêcher toute vibration, c'est-à-dire tout bruit, soit dans les démarrages, soit dans les reprises brusques où l'effort peut être doublé momentanément et rester dans de bonnes conditions de marche. Si donc nous adoptons $l = 0{,}10$, on résoudra la formule :

$$f = \frac{Pl^3}{48EI}$$

dans laquelle : $P = 520, l = 250, E = 22\,000,\ I = \frac{a^4}{12}$ et $f = 0{,}10$

Cette formule peut s'écrire :

$$I = \frac{Pl^3}{48Ef} = \frac{a^4}{12}$$

en résolvant, ou trouve : $a = 31$ environ.

L'arbre aura donc une section de 31 m/m sur plats et sera pris dans une barre ronde de 40 m/m.

En résolvant : $M_c = R\frac{a^3}{6}$, on aura un coefficient de travail : $R = 7^k,5$ environ, chiffre faible pour les aciers nickel généralement employés.

On procéderait de même pour l'arbre intermédiaire.

⁂

Dentures coniques. — Les transmissions des voitures automobiles comptent toutes au moins un couple d'engrenages côniques. Dans le cas d'une transmission par Cardan, par exemple — et cet exemple nous donnera une des raisons pour lesquelles les voitures à pont arrière sont peu recommandables pour des puissances dépassant 30 chevaux — la transmission du couple moteur aux roues se fait par des engrenages d'angles enfermés dans le carter du pont arrière.

Considérons un moteur de 25 chevaux effectifs tournant à 1200 tours et des roues motrices de 810 m/m.

Une vitesse maxima de 75 km.heure, correspond à:

$$\frac{75000}{2^m50 \times 60} = 500 \text{ tours.}$$

aux roues motrices (en tenant compte de l'aplatissement des pneus).

Cela implique, en prise directe, un rapport d'engrenages :

$$\frac{1200}{500} = \frac{240^{m/m}}{100^{m/m}} \text{ par exemple.}$$

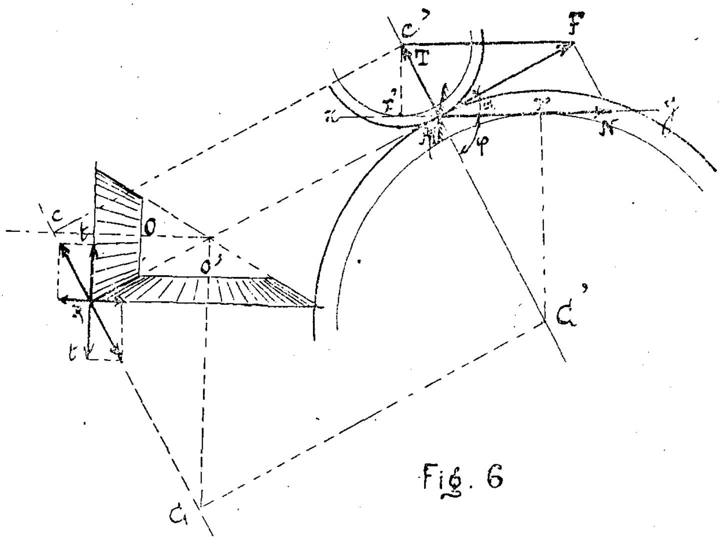


Fig. 6

Si nous avons une première vitesse de 18 km., cela correspondra à un effort sur la couronne :

$$\frac{25 \times 75 \text{ kgm. s.}}{\left(\frac{18000}{2,50 \times 3600}\right) \times \pi \times 0^m240} = 1250 \text{ kgs.}$$

le terme entre parenthèses étant le nombre de tours seconde à la roue.

On sait qu'on peut ramener l'étude de 2 engrenages côniques O et O', à celle de 2 engrenages cylindriques tangents en R et de rayon Rc et RC (fig. 6). Cc étant perpendiculaire à la génératrice de contact. Considérons donc ces deux cylindres rabattus à droite. L'effort tangentiel MF se décompose en deux, de la manière indiquée plus haut.

Si on fait : $\alpha = 15°$, on a : $MT = MF \operatorname{tg} \alpha = 1\,250 \times 0{,}268 = 335$ k.

Cet effort, supposé rabattu, se décompose lui-même en deux autres, dont le principal :

$$Rt = 335 \cos \alpha = 335 \times 0{,}966 = 323 \text{ kgs.}$$

Cet effort dirigé suivant l'axe O'C n'est donc pas négligeable et l'on voit la nécessité d'une butée résistante capable d'annuler cet effort, et d'une couronne munie d'une toile suffisamment épaisse pour ne pas fléchir. Pour éviter cette flexion on pourrait faire rouler le bord extérieur de la denture sur un galet solidement fixé au carter.

On voit que ces dentures de voitures à Cardan travaillent à un taux très élevé. Il en est de même du différentiel qui sert de liaison aux deux arbres de commande des roues. On comprendra donc pourquoi, dans les voitures puissantes, il y a intérêt à employer la transmission par chaînes qui permet, en outre, un poids non suspendu beaucoup plus réduit, une fatigue moins grande des organes, et qui, donnant des engrenages d'angles peu différents en diamètre, permet encore d'avoir deux dents en contact.

***

Les automobiles possèdent généralement un changement de vitesse composé de 4 vitesses pour les voitures moyennes et de 3 vitesses pour les voiturettes. La disposition contraire serait infiniment plus logique, car le moteur d'une voiturette, parcourant une gamme de puissance moindre, devrait avoir un nombre de vitesses le plus grand possible pour utiliser au mieux sa puissance dans toutes les variations du profil de la route.

Une question primordiale se pose : dans l'étude d'un changement de vitesse, quel rapport adopter entre les vitesses ?

La vitesse maxima en palier est évidemment imposée par des résultats d'expériences ou par un point déterminé par des courbes analogues à celles que nous avons dernièrement établies, correspondant à la puissance capable de maintenir la voiture chargée à la vitesse cherchée. Le constructeur se donne de même la vitesse minima correspondant à une côte de tel pourcentage, 15, 18, 20 °/₀ et même davantage. Mais pour l'autre ou les deux autres vitesses intermédiaires, quelles valeurs adopter?

Telle maison réputée construira des boîtes à 3 vitesses avec les valeurs de 46, 26, et 14,8 km. heure, et telle autre avec 46, 21 et 14,8 km. heure.

Les rapports des vitesses sont :

pour la 1re $\begin{cases} \dfrac{46}{26} = 1{,}77 \text{ environ.} \\ \dfrac{26}{14{,}8} = 1{,}77 \quad » \end{cases}$ pour la 2e $\begin{cases} \dfrac{46}{21} = 2{,}2 \text{ environ} \\ \dfrac{21}{14{,}8} = 1{,}42 \quad » \end{cases}$

Avec deux boites à 4 vitesses, ayant même vitesse maxima et minima on aura par exemple:

$$\text{avec l'une} \begin{cases} 15 \text{ km. heure} \\ 30 \quad » \\ 45 \quad » \\ 62 \quad » \end{cases} \qquad \text{et avec l'autre} \begin{cases} 15 \text{ km. heure} \\ 23{,}5 \quad » \\ 37{,}5 \quad » \\ 62 \quad » \end{cases}$$

et les rapports de vitesses seront :

$$\text{Pour la 1}^{\text{e}} \begin{cases} \frac{62}{45} = 1{,}5 \\ \frac{45}{30} = 1{,}5 \\ \frac{30}{15} = 2 \end{cases} \qquad \text{Pour la 2}^{\text{e}} \begin{cases} \frac{62}{37{,}5} = 1{,}65 \text{ (prise directe)} \\ \frac{7.5}{} = 1{,}6 \\ \frac{23{,}5}{5} = 1{,}5 \text{ env.} \end{cases}$$

Pour ce dernier cas, on remarquera que les vitesses de la 1re boîte sont en progression arithmétique, et celles de la 2e sensiblement en progression géométrique, la légère variation des rapports tenant compte, pour la 4e vitesse, de la prise directe, et, pour la 1re vitesse, de la perte dans les deux paires d'engrenages démultiplicateurs.

Quelles combinaisons adopter comme étant les meilleures ?

Les anciennes voitures à 3 vitesses, dont la 3e en prise directe, ont toutes le défaut d'avoir la 2e presque inutilisable, car, lorsque la 3e devient trop forte, la 2e le devient presque aussitôt, et l'on doit passer en 1re. Le rendement mécanique étant meilleur en prise directe, au lieu d'espacer également les vitesses, il y a intérêt à rapprocher la 2e de la 1re. C'est ce que conseille la logique. D'ailleurs, les voitures récentes comportent presque toutes cette amélioration.

Cet inconvénient, moins sensible sur les voitures à 4 vitesses, se fait néanmoins sentir quand les vitesses ont, entre elles, un rapport constant, c'est-à-dire sont établies en progression arithmétique, au lieu d'être établies en progression géométrique.

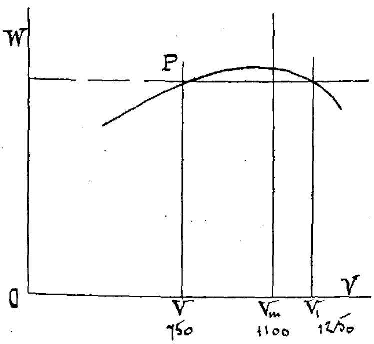


Fig. 7.

Considérons, en effet, la courbe générale de puissance d'un moteur en fonction de sa vitesse (fig. 7). Cette puissance passe par un maximum pour une vitesse bien déterminée, 1100 tours par exemple. En-deçà ou au-delà, la puissance décroît, mais entre de certaines limites, cette puissance demeure très voisine de la puissance normale, et entre ces limites, peut être considérée comme constante et égale à P.

Si les vitesses de la voiture, établies en progression géométrique, conservent au moteur — pour chaque vitesse de la voiture — une vitesse de rotation comprise entre les limites V et V_1 plus réduite que dans le cas de vitesses établies en progression arithmétique, la 2e solution sera pratiquement meilleure.

Considérons donc les progressions :

$$\text{I}\left\{\begin{array}{l}62\\45\\30\\15\end{array}\right. \qquad \text{II}\left\{\begin{array}{l}62\\37,5\\23,5\\15\end{array}\right.$$

I. De 62 km. à 45,	la vitesse du moteur passe de			1.250 à 910	tours.
— 45 km. à 30,	—	—	—	1.250 à 830	»
— 30 km. à 15,	—	—	—	1.250 à 650	»
II. De 62 km. à 37,5	—	—	—	1.250 à 750	»
— 37,5 km. à 23,5	—	—	—	1.250 à 780	»
— 23,5 km. à 15	—	—	—	1.250 à 800	»

Pour chaque intervalle de vitesses, il est bien évident que le second cas utilise toute la puissance dont le moteur est capable dans cet intervalle, intervalle qui est précisément exprimé par le rapport :

$$\frac{1250}{750} = 1,7$$

qu'il convient, par conséquent, de conserver entre 2 vitesses successives.

C'est ce que réalise sensiblement le cas n° 2.

Pour être rigoureux, il faudrait prendre 62-37,5-22,5-13,5, mais les écarts ci-dessus tiennent un peu compte du rendement des divers engrenages en prise et sont même souvent dictés par le nombre limité de combinaisons entre les paires d'engrenages.

A titre de renseignement, examinons à quelles côtes les vitesses ci-dessus correspondent.

Soit une voiture pesant 1.700 kgs.

A 62 km. à l'heure correspond un effort de traction :

$$F = 15 \text{ k.} \times 1,7 + 0,0875 \times 1^{m2}\,35 \times 17^{m2} = 64 \text{ kgs}$$

d'après la formule précédemment établie :

$$F = 15^k \times P + \theta SV^2 \pm Pi$$

D'où:
$$N^{chx} = \frac{64 \times 17^{ms}}{75} = 14^{chx},6$$

avec prise directe : $\frac{14,6}{0,8} = 18$ ch. effectifs au moteur.

En 3e vitesse, c'est-à-dire pour 37 km. 500 à l'heure $V = 10^m4$.

Un rendement de 0,75 — par suite d'une paire d'engrenages démultiplicateurs supplémentaires — donne à la jante :

$$18 \times 0,75 = 13^{chx},5 \text{ disponibles.}$$

correspondant à : $13,5 \times 75 = 1.000$ kgm.

et à :
$$F = \frac{1000}{10,4} = 97 \text{ kgs.}$$

De la formule : $F = 15 . P + 0,0875 . S V^2 + Pi.$
On tire : $i = 3,5$ %.

Un calcul analogue donne { en 2e vitesse : $i = 7,5$ %.
{ en 1re — : $i = 11,2$ %.

En réalité, la résistance au roulement diminue légèrement avec la vitesse, de même la résistance due aux trépidations, aux chocs des pièces du mécanisme, par suite on pourra gravir environ jusqu'à 3,5 % en 4e, de 3,5 à 7,5 % en 3e, de 7,5 à 12 % en 2e, et à partir de 12 % en 1re vitesse.

Le calcul de la denture d'angle se fera comme il a été indiqué pour les dentures droites, en considérant l'effort tangentiel moyen, c'est-à-dire l'effort tangentiel au milieu de la longueur de la dent. D'où le module au point considéré et, par suite, par construction à l'extrémité extérieure de la dent, car le module d'une denture se mesure toujours sur la plus grande hauteur de la dent d'angle, c'est-à-dire sur l'extrémité extérieure.

Un cas particulier de l'établissement de la multiplication d'un véhicule automobile est celui qui concerne la voiture de course devant effectuer un parcours bien déterminé. Il s'agit de déterminer les rapports de vitesses et la multiplication qui conviennent le mieux à une voiture munie d'un moteur donné, suivant la route à parcourir, afin d'obtenir la meilleure utilisation de la puissance du moteur au point de vue vitesse.

Il s'agit donc, en se reportant à ce que nous avons dit plus haut, d'obtenir la vitesse maxima de la voiture, avec une multiplication telle que le moteur tourne à la vitesse correspondant à sa puissance maxima. La méthode indiquée ci-dessus, applicable aux voitures de tourisme, ne donnerait plus, dans ce cas spécial, des résultats suffisamment précis. Si le rendement du mécanisme était constant pour chaque démultiplication, la courbe des puissances du moteur seule suffirait à déterminer la multiplication à adopter dans chaque cas. Mais ce rendement variant avec les organes en prise, c'est la *courbe des puissances aux roues motrices*, pour chaque vitesse en prise, qu'il faudra déterminer.

On se servira d'une voiture ordinaire avec une transmission établie à la façon ordinaire, et l'on procédera à des essais sur routes pour déterminer le travail résistant à différentes vitesses.

Pour cela, on conduira la voiture sur des pentes uniformes et on la laissera descendre par son propre poids, moteur et changements de vitesse débrayés. Quand la vitesse sera uniforme, le travail nécessaire pour vaincre le frottement de roulement, la résistance de l'air, etc..., à cette vitesse sera évidemment égal au travail de la pesanteur, c'est-à-dire que, pour obtenir en palier la même vitesse, il faudrait disposer aux roues d'un travail effectif égal au travail de la pesanteur.

Si : P = poids de la voiture, V = vitesse en mètres-secondes, h = la pente en mètres par mètre, on a :

$$T = PVh \text{ kgm.}$$

ou :

$$T = \frac{PVh}{75} \text{ chx.}$$

On pourra ainsi tracer une série de courbes correspondant aux résistances de la voiture en palier aux différentes vitesses et sur des côtes de 2,4,6 %... à ces mêmes vitesses, en remarquant que le travail résistant à une vitesse donnée sur une rampe est la somme du travail nécessaire pour entraîner la voiture à la même vitesse en palier, et du travail d'élévation de l'ensemble.

On en déduira les courbes de puissance utiles du moteur pour chacune des vitesses en prise, en palier et en côte.

Toutes les courbes étant ainsi déterminées, on peut alors examiner si les vitesses et la multiplication adoptées sont bien choisies, et voir quelles sont les vitesses que l'on peut obtenir sur chaque route. On tracera pour cela, sur une même figure, les courbes des travaux résistants et celles des puissances disponibles pour chaque vitesse en prise (fig. 8).

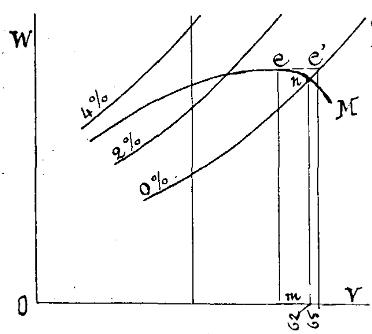


Fig. 8.

Ces courbes se couperont en des points qui correspondront au maximum de vitesse en palier et en côte pour chacune des vitesses en prise. Mais, pour obtenir la moyenne maxima sur chaque pente, il faudra déplacer ces courbes M de puissance disponible, de telle sorte que leur sommet soit à l'intersection des courbes de résistance (par exemple reporter e en e', ce qui donnera 65 km. en palier au lieu de 62).

Connaissant le parcours de la voiture, on pourra déterminer par tâtonnements en déplaçant les courbes, la multiplication qui donnera la moyenne maxima.

On admettra que les rapports des puissances au volant et aux roues motrices restent les mêmes pour des voitures de force différente, mais possédant des transmissions semblables, et on sera en mesure d'établir une voiture de course dont la multiplication et les vitesses convenablement établies utiliseront parfaitement la puissance disponible, et feront gagner sur le temps du parcours quelques précieuses minutes.

IV. Systèmes divers de changements de vitesse

On rencontre, principalement en Amérique, des changements de vitesse par plateaux à tétons, tel celui de la voiture Frager-Miller, par exemple, et en France le dispositif Cornil. Les organes sont évidemment simples, mais quel est leur degré d'usure et la limite de l'effort à leur faire transmettre ? A première vue ils ne semblent convenir qu'aux faibles puissances, car ils n'ont qu'un seul point de contact, et l'usure, comme dans toute denture à point, ne se fait sentir que sur une petite partie de la surface du téton et de la dent.

Il existe aussi des changements de vitesse à vis sans fin, mais plus fréquemment des démultiplicateurs de vitesse à vis sans fin, applicables principalement aux camions. Si le système séduit par la grande facilité avec laquelle une réduction considérable de vitesse peut être ainsi réalisée, l'absorption de travail, par contre, doit y être assez sensible.

Nons dirons, pour terminer, quelques mots des *transformateurs de vitesses progressifs.*

Le défaut d'élasticité des changements de vitesse à engrenages devait conduire les inventeurs à rechercher un système progressif, c'est-à dire permettant toutes les vitesses, depuis un minimum, ou même depuis zéro, jusqu'à un maximum — comme le réalise le système Fouillaron — mais avec des organes mécaniques ne permettant aucun glissement. Le système qui, schématiquement, se présente sous la forme la plus simple, est constitué par un levier de longueur variable qui commande, par l'intermédiaire d'une bielle B (fig. 9) et d'une crémaillère, un pignon monté à roue libre, calé sur la roue motrice.

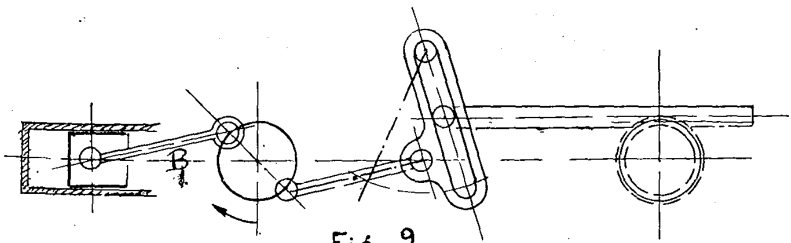


Fig. 9.

L'amplitude du mouvement de la bielle fait varier la vitesse de rotation du pignon.

On peut reprocher à ce système l'intermittence de son action, son nombre d'axes exagéré avec la possibilité de jeux rapides.

Basé sur le principe précédent, le transformateur de vitesses Newman (fig. 10) se compose de 4 bielles, de 4 satellites et d'un engrenage calé sur l'arbre de commande des roues. Le schéma ci-contre explique le fonctionnement. On remarquera que l'excentrique, ou plutôt le plateau-manivelle, dont le manneton varie sa course à la volonté du conducteur, est calé sur l'arbre moteur, tandis que le pignon central est calé sur l'arbre de transmission du mouvement aux roues.

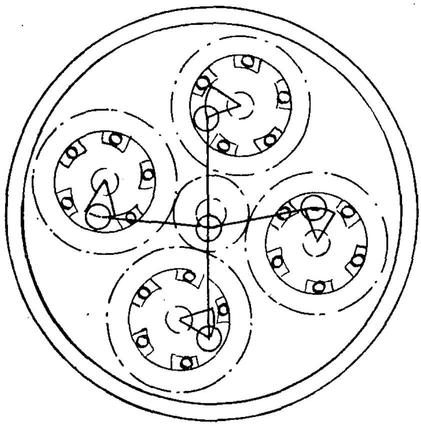


Fig. 10.

Renault a fait breveter, il y a 2 ans, un appareil transformateur de vitesses progressif à air comprimé. Les journaux n'en ont donné qu'un schéma et nous ignorons s'il a été expérimenté. On peut lui reprocher un rendement défectueux aux vitesses intermédiaires, la vitesse maxima seule réalisant une véritable prise directe avec rendement intégral. Notre camarade Colliex pourrait peut-être nous renseigner à cet égard.

(Du même, breveté en 1907, une transmission à liquide avec vitesses multiples dont on peut voir le schéma dans le n° 115 d'*Omnia*).

Le changement de vitesse est une des pièces les plus importantes de la voiture automobile, aussi nous pardonnera-t-on cet exposé forcément long. Malgré ses nombreux défauts nous sommes obligés de le subir encore, et le courage dont font preuve les chercheurs pour réaliser un bon transformateur de vitesses progressif montre le souci de créer un organe assez souple pour que la voiture à moteur à explosion n'ait plus rien à envier à la voiture à vapeur.

Mais n'y aurait-il pas une autre solution du problème, et au lieu de s'attaquer à la réalisation d'un transformateur de vitesses progressif, la véritable solution ne serait-elle pas plutôt dans la réalisation d'un *moteur à explosion souple*?

Si paradoxale que paraisse cette proposition, nous examinerons, dans un prochain article, ce qui a été tenté dans cette voie, ce qui a été obtenu ce que l'on peut espérer réaliser encore.

P. Bleton (1901).

Soirées-Conférences.

Réunion du 18 mars. — Par suite d'empêchements, M. le Docteur Courmont n'a pu donner le texte de la conférence qu'il fit à notre Association le 18 mars dernier, sous la présidence de M. Herriot, maire de Lyon. Nous remettrons donc à un prochain bulletin l'insertion de cette très intéressante causerie.

Réunion du 15 mai. — Notre camarade A. Berthier (1895), membre de l'Institut des Actuaires français, suivant en cela l'exemple donné l'année dernière par notre collègue Bellet, fera le *vendredi 15 mai* une conférence exclusivement réservée aux Anciens Elèves de l'E.C.L.

Sujet traité : *l'Education ouvrière*; *rôle de l'ingénieur*.

Sortie d'été.

Comme nos camarades ont pu s'en rendre compte par la circulaire encartée dans le *Bulletin* du mois de mars, notre sortie annuelle s'effectuera les 7 et 8 juin prochain et aura pour but la visite de l'*Exposition d'Electricité de Marseille* qui s'est ouverte officiellement le 23 avril.

Le nombre d'adhérents inscrits à ce jour s'élève au total de 32.

Ce sont : MM. Buffaud, Backès, A. Rey, Charousset, Magnin, Pallordet, Mital, Bourlin, Gander, Voisin, Parise, Bret, Font y Mas, Duparchy, Chevassu, Allaigre, Chamouton, Paget, Bodoy, J. Michel, Lachat, Dubeuf, R. Morin, Werkoff, Bicot, Boissonnet, Sar, P. Rony, Brosse, Bory, Pillette E. Berger.

Tout porte donc à croire que cette sortie est assurée d'une complète réussite. Nous faisons de nouveau appel à ceux de nos camarades qui ne se sont pas encore fait inscrire et qui voudraient se joindre à ce groupe initial. Nous les prions de nous envoyer au plus tôt leur adhésion et leur rappelons que le prix du voyage (hôtel, repas, entrée à l'Exposition) est fixé à :

47 francs pour le voyage en 3me classe.
55 francs pour le voyage en 2me classe.

Promotion de 1876. { Claudinon, Montandon, Sonthomax, Falcouz, Merlin, Thevenet, Cancalon,
Drouhin, Vial, R. Pissavy, Dévigne, Longueville, Morestin? E. Pissavy. } Mr Fortier, Directeur.

Mariage.

Nous apprenons avec plaisir le mariage de notre camarade Tainturier Etienne (1903) avec Mlle Paulette Maraud. — Toutes nos félicitations aux jeunes époux.

Galerie Rétrospective

Promotion de 1876. — Pour la première fois, il nous est permis de donner un groupe complet des élèves d'une promotion, aussi, remercions-nous avec empressement les camarades qui ont bien voulu nous communiquer cet intéressant document, et principalement MM. Cancalon et Thévenet.

Nous rappelons que nous ne possédons aucune épreuve photographique des promotions 1880-81-83-84-86-88-89-90-93-96-97-98-99-1903. Ceux de nos camarades qui pourraient nous les faire parvenir, sont priés de les adresser à M. le secrétaire de l'Association. Elles leur seront rendues intactes. Nous les en remercions d'avance.

Appel aux Camarades

M. Rigollot, directeur de notre Ecole, nous informe qu'en raison du nombre considérable d'élèves qui fréquentent actuellement l'E. C. L., le matériel d'enseignement du dessin devient insuffisant. Il nous prie de faire un appel pressant auprès de nos camarades qui, par leur situation, pourraient faire don à l'Ecole de pièces réduites concernant leurs spécialités industrielles : paliers graisseurs, poulies diverses, têtes et tiges de bielles, robinets-vannes, pièces de machines diverses, moteurs, petites dynamos, pièces d'électricité....

Tous ces objets devront être adressés directement à l'Ecole. Nous ne doutons pas de la générosité de nos camarades et, d'ores et déjà, nous les remercions au nom de notre sympathique Directeur.

Demande d'adresses de Sociétaires.

Les communications que nous avons adressées aux camarades dont les noms suivent nous ayant été retournées par la poste, nous prions MM. les Anciens Elèves qui connaîtraient leurs adresses exactes de bien vouloir les transmettre à M. le Secrétaire de l'Association, 31, place Bellecour.

Moussy Marius.....1885	Chaix Léon.....1900
Thibon Henri......1889	Vauchez Alfred...1902
Bolley Emile......1897	Vollot Antoine..1904

Changements d'adresses et de positions

Promotion de 1875. — Cordier Albert, ingénieur, 57, rue Blatin, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

Promotion de 1876. — Vial Francisque, administrateur de la Banque privée Lyon-Marseille, administrateur des plaques et papiers photographiques Lumière, 20, rue Mulet, Lyon.

Promotion de 1885. — Marchand Oscar, ingénieur-conseil, ex-ingénieur et directeur de compagnies de tramways, 56, avenue Félix-Faure, Lyon.

Promotion de 1892. — Despierre Eugène, ingénieur à la société anonyme d'électricité de Poitiers, 24, boulevard du Grand-Cerf, Poitiers, (Vienne).

Promotion de 1896. — Petinot Léon, ingénieur, The Oak Hôtel, Niagara-Falls (Etats-Unis-d'Amérique).

— — Piollet Pierre, ingénieur, Encargado de las Obras de la Cantera del F. C. C. A. Alta Gracia, Province de Cordoba (République Argentine).

Promotion de 1900. — Rey Camille, dessinateur à la Cie P-L-M. service de la voie, Ateliers d'Oullins (Rhône).

Promotion de 1901. — Eenberg Knut, manufacture de clous norvégiens à cheval et à bœufs, 4, place des Forges, à Terrenoire (Loire).

Promotion de 1904. — Nickly Philippe, 11, boulevard de la Croix-Rousse, Lyon.

Promotion de 1905. — Guyetand Léon, 9, rue Passet, Lyon.

— — Maillard Georges, aux Etaings-Châteauneuf par Rive-de-Gier (Loire).

— — Seguin Martial, 38, boulev. des Brotteaux, Lyon.

Promotion de 1906. — Flachard Antoine, dessinateur, maison Gindre-Duchavany et Cie, 18, quai de Retz, Lyon. Domicile : 6, rue de la Camille, Oullins (Rhône).

— — Prandières (de) Marc, 2, avenue Duquesne, Lyon.

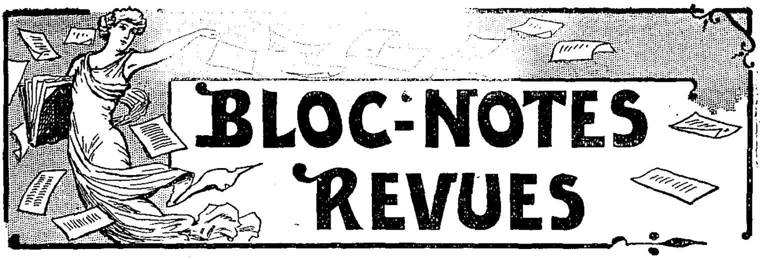
Promotion de 1907. — Amalric Lucien, Société du Gaz et d'Electricité de Marseille, 42, rue Breteuil, Marseille (Bouches-du-Rhône).

— — Lhuillier Claude, dessinateur, maison Lhuillier-Pallez et Cie à Vienne (Isère).

— — Paget Paul, à Loulle, par Champagnolle (Jura).

— — Perrochet Edouard, dessinateur à la Compagnie des Forges et Aciéries de St-Etienne, Domicile : 1, rue Traversière, St-Etienne, (Loire).

— — Raynaud Henri, chez M. Gagnade, 9, rue des Hospices à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)



Du *Municipal Engineering*, de New-York.

Qualités et méthode d'emploi du ciment. — L'auteur rappelle qu'il y a en réalité 3 qualités différentes de ciment : le ciment de *Pouzzolane*, le ciment *Portland* et le ciment *naturel.* Les ciments fabriqués par les Romains n'étaient rien d'autre qu'un mélange de scories volcaniques et de chaux éteinte ; ces scories portaient le nom de *pozzuolana* d'où le nom de pouzzolane donné aux divers ciments de scories qui, à l'heure actuelle, sont fabriqués par les usines métallurgiques en quantités assez fortes.

En 1756, Smeaton remarqua que certaines chaux durcissaient mieux que d'autres sous l'action des eaux, et à l'analyse par dissolution dans les acides il trouva que ces chaux laissaient un résidu d'argile insoluble. Ce fut la première découverte de ce principe que la combinaison d'argile et de chaux possède des propriétés hydrauliques, et c'est sur ce principe qu'est fabriqué le Portland, nom que Smeaton avait donné à son mélange.

La fabrication du ciment *Romain* commença un peu plus tard avec des terres calcaires contenant une grande proportion d'argile. On trouva que si une roche contenait environ 25 o/o d'argile et était cuite à une chaleur modérée, les morceaux cuits ne s'éteignaient pas dans l'eau et que, réduits en poudre, il en résultait un ciment nature à prise rapide dont l'emploi s'est propagé très rapidement. — Ayant ainsi établi sommairement la différence des qualités, l'auteur ne se plaçant qu'au point de vue de la fabrication de blocs de construction, se borne à recommander l'emploi du Portland, le seul, d'après lui, capable de donner des résultats pratiques de premier ordre.

Du *Mines and Minerals*, de Seranton :

Surélèvement d'une cheminée. — A la fonderie de cuivre de la Reine, à Douglas (Ariz.), on a augmenté de 20 mètres la hauteur d'une cheminée de 60 mètres sans arrêter le travail.

Il s'agissait d'une cheminée en tôle de 8 m. de diamètre.

Le poids de tôle à ajouter à sa partie supérieure était de 40 tonnes. Le cylindre de tôle à ajouter en haut de la cheminée fut élevé sur un échafaudage placé le long de la cheminée existante, puis on le fit glisser sur la cheminée. Cette dernière manœuvre fut exécutée en une heure quarante-cinq sans que les fours et les convertisseurs de l'usine aient été arrêtés un seul instant.

Du *Politecnico*, de Milan :

Installation hydro-électrique du Cellina. -- Le barrage situé à 8 kilomètres de Monreale a $32^{m}68$ de longueur. Son épaisseur est de 4 m. au sommet et de 16 m. à la base. La hauteur est de 14 m.

Ce barrage comporte 4 ouvertures de $3{,}17 \times 3{,}50$ fermées, par des vannes métalliques équilibrées et à mouvement électrique. La prise d'eau est formée de deux vannes de 2×3 qui font tête au canal de 4.328 m. de longueur. Ce canal a 4 m. de largeur, $2^{m}10$ de hauteur d'eau et 0,0006 de pente. Il peut débiter 12 m^3 par seconde, et au besoin peut donner passage à 20 m^3.

Le bassin de mise en charge est formé par six chambres indépendantes ; à chacune correspond une canalisation ; actuellement il y a quatre conduites de $1^{m}50$ de diamètre, et deux de $0^{m}70$ pour les excitatrices. La hauteur de la chute résulte de $58^{m}64$ ce qui correspond avec le débit de 12m^3 à 7.000 HP ; et avec $22^{m3}\,5$ à 13.000 HP.

Les turbines sont de 2.600 HP chacune, vitesse 315 tours. Les turbines d'excitation sont de 200 HP à 500 tours. A la décharge l'eau est utilisée pour une nouvelle chute de 55 m. avec trois turbines de 4.300 HP. Une troisième chute permettant d'obtenir encore 7.700 HP est posssible et une demande en concession a été faite par la Société du Cellina.

Du *Bulletin technologique de la Société des anciens élèves des Ecoles des Arts et Métiers.*

Rénovation de l'ancienne chaudière cylindrique horizontale. — La qualité d'un générateur dépend surtout de la quantité de vapeur *sèche* obtenue par unité de combustible, plutôt que de sa production en vapeur par mètre carré de surface de chauffe. — La réalisation de la dernière condition n'offre, par rapport à la première, qu'une qualité secondaire, elle est pourtant l'indication d'une économie, mais seulement au point de vue des frais de premier établissement; tandis que la haute vaporisation par kg. de combustible représente l'économie de tous les jours.

Dans la constatation de la vaporisation il y a une grosse influence dont il faut tenir compte : *c'est celle du degré d'humidité de la vapeur* ; la condition indispensable pour obtenir une comparaison précise est de ne faire entrer en ligne de compte que la valeur d'une vapeur *absolument sèche.*

Certains générateurs, pour ne pas dire tous, fournissent une vapeur très chargée en humidité. On a pu en effet constater en bien des circonstances qu'un kilogramme de vapeur entraîne jusqu'au quart de son poids d'eau non vaporisée. M. A. Witz, dans son ouvrage « La Machine à vapeur » indique que l'expérience a montré que la proportion d'eau entraînée peut s'élever à 40 o/o du poids de la vapeur et qu'en tous cas cette proportion ne tombe jamais en dessous de 3 o/o. On a en partie obvié à l'inconvénient de la vapeur humide et de l'eau entraînée, par l'emploi des surchauffeurs dont le rôle principal est surtout, il faut bien le dire, de terminer une vaporisation défectueuse.

Mais alors il est bon de tirer cette conclusion pratique que : Avec les générateurs actuellement en usage pour obtenir une utilisation rationnelle de la chaleur du combustible il faut : 1°) le générateur ; 2°) le surchauffeur ; 3°) enfin l'économiseur.

C'est-à-dire que le résultat suffisamment économique qui s'obtient dans ces conditions nécessite une dépense considérable de premier établissement. Obtenir avec le plus petit développement de la surface de chauffe un maximum d'effet utile de la chaleur dégagée au foyer, telle est l'économie du problème qui s'impose pour l'organisation des surfaces vaporisatrices. — L'auteur, M. L. Grenthe, décrit ensuite un type de chaudière rationnelle.

Des *Annales de chimie analytique*.

Analyse de la vaseline. — La vaseline de bonne qualité est neutre et incolore. Si elle est jaune on la fond et on l'agite avec son volume de solution de permanganate de potasse à 1/1000. Cette solution ne doit pas se décolorer en moins de dix minutes.

Son point de congélation doit être entre 37 et 50°.

Si la viscosité est inférieur à 3 à 60°, la vaseline contient de la paraffine.

L'indice d'iode des vaselines américaines est compris entre 7 et 12. Pour les produits allemands qui contiennent moins d'hydrocarbures non saturés, l'indice d'iode est inférieur à 5.

Du *American Machinist*.

Nouvelle soudure pour l'aluminium. — Un brevet récent revendique la propriété d'une soudure forte et durable, possédant un point de fusion peu élevé et s'unissant à l'aluminium avec facilité ; en voici les proportions :

Etain	30
Zinc	7
Aluminium	3/4
Manganèse	1/10

Le manganèse perfectionne la texture du composé et accroît la durabilité de la soudure. — Le tout est fondu au creuset fermé.

De *Electrical World*, de New-York.

Les nouvelles lampes à vapeur de mercure et les lampes à arc. — M. Bussmann a pu établir dans un rapport que le minimum de consommation spécifique des lampes à mercure ordinaire, correspondait à 0,6 watt par bougie, et que si la force est augmentée, le pouvoir éclairant augmente dans une proportion moindre que les watts fournis, c'est-à-dire que les watts par bougie croissent assez sensiblement pour que si on poussait l'expérience jusqu'au point où le tube de verre commencerait à se ramollir, la lampe consommerait environ 1 watt par bougie.

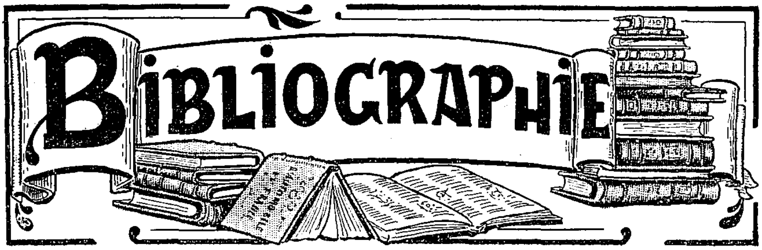
On sait, d'autre part, que le quartz fondu a la propriété d'avoir pratiquement un coefficient d'expansion de zéro de température, de sorte qu'il peut être brusquement chauffé ou refroidi sans inconvénient ; il est possible, par exemple, d'introduire de l'eau froide dans un tube de quartz porté au rouge sans qu'il subisse aucun craquement.

Les données connues de M. le Dr. Kueck l'incitèrent à penser que l'augmentation de la consommation par bougie devait avoir un maximum quelconque, après quoi la consommation devait retomber à une valeur extrêmement basse, et c'est ainsi qu'il a pu établir une courbe qui montre que la consommation qui atteint près de 1 watt par bougie avec une puissance de 100 watts, descend à 0,4 watt par bougie à 400 watts et à 0,16 pour 1200 watts.

Sur ces principes a été établie la nouvelle lampe de quartz dans laquelle le tube est vide lorsqu'il est froid. Quand le circuit est fermé l'arc emplit le tube comme dans la lampe ordinaire, mais après quelque temps, il se contracte et forme une ligne mince et non seulement il n'augmente pas en puissance éclairante, mais il modifie la teinte gris-bleue de la lumière en une teinte blanc-jaunâtre.

Dans la lampe ordinaire la pression de la vapeur augmente jusqu'à 2 m/m environ, tandis que la nouvelle lampe fonctionne le plus avantageusement à une pression voisine de 1 atmosphère ; d'où son nom de « lampe à mercure à haute pression ». Le type commercial est établi à cette pression et consomme de 0,20 à 0,25 watt par bougie heffner. De plus l'arc de la nouvelle lampe est beaucoup plus court, ce qui a permis de réduire sensiblement la grosseur du tube qui, pour un courant de 110 volts, est de 1 à 1 1/2 centimètre de diamètre, au lieu de 3 à 4 c/m dans la lampe à tube de verre.

H. de Montravel
(1895).



Bibliographie

Toute la Chimie Minérale par l'électricité, par Jules Séverin. — Un beau volume in-8° de 800 pages, avec 66 fig. ; broché, 25 fr. ; cartonné, 26 fr. 50. — H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, 49, quai des Grands-Augustins, Paris, VI^e.

Ce livre arrive à son heure. De tous côtés, on réclame, pour l'utilisation des forces naturelles, de nouvelles fabrications. L'auteur, avec une patience inépuisable, a cherché à obtenir toutes celles de la chimie minérale, par une étude complète de l'électrolyse directe et de toutes les actions secondaires, à chaud comme à froid, sur les produits simples ou mélangés, avec analyse et contrôle d'analyse du résultat obtenu ; il a réussi ainsi à tout réaliser, à donner une méthode, quand elle n'était pas connue, et à la mettre au point, quand elle l'était insuffisamment. Il la cite et l'expose, quand elle l'est déjà.

Il s'est entouré des livres les plus autorisés, mais son œuvre est surtout une œuvre personnelle. Des produits de la nature, il extrait par l'électricité le produit définitif et pur.

L'examen de toutes les piles et de tous les accumulateurs, ainsi que de tous les perfectionnements qu'on y peut introduire, est l'objet d'une revue générale et approfondie, et il donne également l'indication des produits qu'on peut obtenir au four électrique.

Des expériences de tous genres lui ont permis de tracer les règles pour parvenir au nickelage solide et adhérent, et de donner les meilleures formules de dorure, d'argenture, de platinage, etc., par des essais comparatifs de tous leurs bains galvaniques.

Cet ouvrage se termine par une étude pratique de toutes les forces naturelles dont dispose la France : les chutes d'eau des glaciers et des rivières, le flux et le reflux, qui atteignent dans la Manche une hauteur double de toutes les côtes du monde, et des baies tranquilles qui permettent d'y établir des installations hydrauliques ; elle est suivie de recherches sur les meilleures turbines.

Enfin un procédé d'analyse électrolytique est donné de tous les produits naturels, avec un seul liquide comme dissolvant ; les métaux s'y déposent à leur rang et, dans les derniers, une balance interrompt le courant, après le dépôt de chaque métal.

Ces études si complètes, où l'auteur donne le dernier mot de tant de questions, il n'en réclame rien de spécial dans son intérêt personnel, mais il les met généreusement à la disposition de son pays. C'est le résultat de quinze ans de recherches. L'exposé en est simple au point de vue scientifique, d'une littérature agréable à lire, et c'est la collection la plus complète des produits de la chimie minérale qu'on puisse obtenir par l'électricité.

Cet ouvrage a été présenté et recommandé à l'Académie des Sciences, par M. H. Le Châtelier, le 9 mars 1908.

La Machine Moderne. — *N° de février 1908.* — Machines à affuter les fraises. — Machines à raboter et étau-limeur combinés. — Moteurs à refroidissement par l'air. — Machine à ébaucher les pignons côniques et à tailler les roues droites. — Mandrin automatique et porte-tarauds. — Recettes, procédés et appareils divers. — Variétés, recettes et procédés américains. — Extraits et comptes rendus. — Informations. — Bibliographie.

N° de mars 1908. — Moteur Cazes vertical à gaz pauvre. — Nouveau palier A. Piat à rouleaux pour arbres de transmission. — Comment doit-on placer l'outil de tour ? — Machine à percer à broches multiples réglables. — Tour revolver à avancement automatique. — Recettes, procédés et appareils divers. — Extraits et comptes-rendus. — Informations. — Bibliographie.

N° d'Avril 1908. — Les segments de piston et leur fabrication. — Tour automatique à façonner. — Machines à scier les métaux à froid. — Recettes, procédés et appareils divers. — Extraits et comptes-rendus. — Informations. — Bibliographie.

L'Aéro-Revue. — *N° de décembre 1907.* — L'aéronat « Ville-de-Paris ». — Etudes anémométriques et dynamométriques des hélices aériennes. — L'aéronat militaire « Patrie ». — L'aéroplane Gastambide et Mangin. — Francisque Bertholon. — Janssen et l'aéronautique. — Chronique de l'A.C.R. — Bibliographie.

N° de janvier 1908. — Sur les aérocaves Bertelli. — Henri Farman gagne le grand prix d'aviation Deutsch-Archdeacon. — La « Ville-de-Paris » à Verdun. — L'aéroplane Roesch-Seux, de Lyon. — Henri Farman et Gabriel Voisin, à Lyon. — Echos et nouvelles. — Chronique de l'A.C.R. — Le prix d'aviation Armengaud jeune. — Liste des derniers brevets délivrés concernant l'aérostation et l'aviation. — Bibliographie.

N° de février 1908. — Etudes aérodynamiques des aérostiers militaires italiens. — Aux aérostiers militaires. — Capitaine Pezet. — L'ornithoptère Juge et Rolland de Lyon. — Echos et nouvelles. — Chronique de l'A.C.R. — La fin de l'aviateur Collomb. — Liste des derniers brevets délivrés concernant l'aérostation et l'aviation. — Bibliographie.

ASSOCIATION
DES
ANCIENS ÉLÈVES
DE
l'Ecole Centrale Lyonnaise

SECRÉTARIAT
31, Place Bellecour, 31
LYON

Service des offres et demandes
de situations.

TÉLÉPHONE : 36-48

Bulletin N° 48. — Avril 1908.

OFFRES
DE
SITUATIONS

Monsieur et cher Camarade,

Nous avons le plaisir de vous informer qu'il nous est parvenu, depuis peu, les offres de situations suivantes. Nous espérons que, parmi elles, vous en trouverez qui vous intéresseront et nous nous mettons à votre disposition pour vous procurer tous les renseignements que vous voudrez bien nous demander.

---

4 février. — Un propriétaire possédant une chute d'eau de 50 chevaux environ cherche commanditaire ou associé avec 20 à 25.000 fr. pour installation électrique et scierie mécanique. L'électricité est destinée à donner la force motrice à la scierie et à l'éclairage de deux communes. Le bois, sapin et mélèze, se trouve abondamment dans le pays à un prix modéré. S'adresser à M. A. Dufour, à Saint-André (Savoie).

16 février. — On cherche un jeune homme comme associé pour faire de la représentation industrielle. Conditions à débattre. S'adresser au camarade E. Guillot, 7, cours Gambetta, Lyon.

6 mars. — Pour les offres suivantes d'association, s'adresser à M. J.-B. Guillermon, 55, cours Vitton, Lyon :

1° *Affaire de Bauxite de Barjols* (*Var*). — Il s'agit d'y prendre livraison, sur le carreau de la mine, d'un stock de 3.000 tonnes, laissant un bénéfice de 4 francs par tonne. Cette opération toute commerciale pure et simple d'achat et vente peut être répétée souvent dans une année avec le même capital, 25.000 fr. environ. 12.000 fr. de bénéfices répétés par opération.

L'associé qui entrerait] dans cette combinaison serait chargé de la direction de toutes opérations pour le transport et l'expédition du minerai; appointement mensuel à déterminer; part dans les bénéfices 50 o/o.

2° *Affaire de Bauxite de St-Maximin (Var).* — On demande 30.000 fr. Une combinaison très avantageuse offerte et acceptée par le concessionnaire nous rendrait maître de la mine en peu de mois.

Toutes explications et développements seraient fournis par l'ingénieur des mines qui deviendrait associé.

L'apporteur du capital devrait diriger et surveiller les travaux sur les instructions techniques de l'ingénieur; appointements mensuels; frais de déplacements et autres d'usage et 50 o/o sur les bénéfices.

3° *Affaire de Bauxite (près Toulon).* — On demande un associé avec 50.000 francs.

La concession couvre 1.200 hectares; le filon traverse le domaine sur deux kilomètres environ. Ce filon est connu et exploité sur son prolongement à un ou deux kilomètres Les travaux de prospection estimés de 15 à 20.000 francs au maximum dureraient 4 mois environ. Deux mois après, la vente de la concession est assurée à un prix très élevé. Association avec l'ingénieur des mines qui créerait les travaux et dont la direction et la surveillance seraient le lot de l'apporteur. Appointements mensuels et 50 o/o sur les bénéfices.

19 mars. — On demande un associé technicien pour exploiter construction de bicyclettes suspendues et caoutchouc plein.

23 mars. — Une maison importante de construction métallique demande un bon chef de bureau des études ayant de la pratique.

1er avril. — On demande pour résider à Munich, un ingénieur français connaissant un peu l'allemand et la Terminologie technique, pour collaborer à la partie française des dictionnaires Deinhardt-Schlomann. Adresser propositions et fixer honoraires et date d'entrée à M. Deinhardt, 10, Gluckstrasse, Munich.

2 avril. — Une maison de chaudronnerie recherche un associé qui prendrait la suite après 4 ou 5 ans. Apport 10.000 fr. Conviendrait à jeune homme déjà au courant de la construction.

5 avril. — Une maison de construction de bâtiments cherche un associé avec apport de 20.000 fr. S'adresser au camarade BOUTEILLE, 77, rue de la République, Lyon.

12 avril. — Une maison lyonnaise de constructions électriques demande un dessinateur.

Pour tous renseignements ou toutes communications concernant le service des offres et demandes de situations, écrire ou s'adresser à :
***M. P. CHAROUSSET**, ingénieur, 30, rue Vaubecour, Lyon. Téléph. 36-48.*

ASSOCIATION
DES
ANCIENS ÉLÈVES
DE
l'École Centrale Lyonnaise

SECRÉTARIAT
31, Place Bellecour, 31
LYON

Service des offres et demandes
de situations.

TÉLÉPHONE : 36-48

Bulletin N° 48. — Avril 1908.

DEMANDES DE SITUATIONS

Monsieur,

Nous avons l'honneur de vous informer que nous avons reçu, depuis peu, un certain nombre de demandes de situations émanant de nos Camarades actuellement à la recherche d'une position. Nous espérons que vous voudrez bien vous adresser à nous, dans le cas où vous auriez, dans vos bureaux, un emploi à leur offrir.

Nous nous mettrons immédiatement à votre disposition pour vous procurer les renseignements dont vous auriez besoin.

Nous vous serons également très reconnaissants de vouloir nous faire connaître les places que vous pourriez offrir à nos Camarades.

N° 93. — 33 ans, très au courant de l'installation de chutes d'eau, hauts voltages, transports de force, exploitation d'usines électriques, désire la direction d'une usine analogue.

N° 136. — 24 ans, libéré du service militaire, désire une place, de préférence dans la construction mécanique.

N° 139. — 26 ans, libéré du service militaire, a fait un stage à la Cie du Gaz de Lyon, puis directeur d'une petite usine de construction mécanique, puis ingénieur chargé de la construction industrielle, désire une situation dans l'entreprise générale, ciment armé, etc.

N° 146. — 26 ans, libéré du service militaire, désire trouver une place de début dans la construction.

N° 150. — Jeune homme au courant de la mécanique générale désire se spécialiser dans les moteurs hydrauliques, à vapeur ou à pétrole. Au besoin s'intéresserait dans une affaire.

N° 153. — 20 ans 1/2, part au service militaire en octobre 1908, désire en attendant une place de dessinateur.

N° 154. — 25 ans, libéré du service militaire, ayant fait un stage dans l'exploitation électrique, désire, de préférence, une situation analogue.

N° 157. — 20 ans, part au service militaire au mois d'octobre prochain, désire, en attendant, une place comme dessinateur.

N° 160. — 24 ans, libéré du service militaire, a été ingénieur pendant 3 mois dans une fonderie et ateliers de construction mécanique, demande de préférence une situation analogue.

N° 161. — 25 ans, libéré du service militaire, demande une place de dessinateur.

N° 162. — 27 ans, exempté du service militaire, désire trouver situation dans les travaux publics. Irait à l'étranger.

Pour tous renseignements ou toutes communications concernant le service des offres et demandes de situations, écrire ou s'adresser à :
***M. P. CHAROUSSET**, ingénieur, 30, rue Vaubecour, Lyon. Télép. 36-48*

Le Gérant : LEGENDRE. Imp. P. LEGENDRE & Cie, rue Bellecordière, Lyon.