SOMMAIRE DU BULLETIN N° 127.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE
du Nord de la France.

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

BULLETIN TRIMESTRIEL

N° 127.

32e ANNÉE. — Deuxième Trimestre 1904.

PREMIÈRE PARTIE

TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ

Assemblée générale mensuelle du 28 Avril 1904.

Présidence : M. HOCHSTETTER, Vice-Président.

Excusés. MM. Bigo-Danel, Président, Parent et Delebecque, Vice-Présidents ; Debuchy, inscrit à l'ordre du jour, s'excusent de ne pouvoir assister à la séance.

Décès. M. le Président fait part du décès de M. Bourigeaud, notre collègue.

Immeuble. M. le Président fait savoir que la Société des Sciences est en principe d'accord avec la Société Industrielle, pour l'aména-

gement des nouveaux locaux. La commission chargée de cette étude présentera d'ici peu le projet définitif des nouvelles constructions.

Excursion.

M. le Président fait un compte rendu rapide de l'intéressante excursion aux Forges de Denain sous la conduite de M. Parent. En l'absence de M. Pralon, administrateur délégué, M. Werth, directeur, nous a fait visiter en détail les hauts fournaux, les aciéries Jordan, Thomas, Martin. Nous avons vu la fabrication complète des rails Broca et l'ingénieuse manutention électrique, qui transporte les pièces d'un laminoir à l'autre, puis de la cisaille, les coupant à longueur, jusqu'au magasin. Enfin, nous avons assisté au laminage d'une de ces tôles si réputées pour les générateurs.

A la fin de la visite, un lunch réunissait les excursionnistes et les ingénieurs des Forges et, avant de nous quitter, M. Werth nous a donné son adhésion comme membre de notre Société. Nous nous joignons tous à M. Parent, qui dans un chaleureux toast a remercié M. Werth et ses collaborateurs de cette bonne journée. Nous adressons aussi notre vive reconnaissance à la Compagnie des Chemins de fer du Nord et à la Compagnie des Mines d'Anzin, qui ont si aimablement favorisé notre excursion par une parfaite organisation de notre transport à Denain.

Comité de filature et de tissage.

Le Comité de Filature et de Tissage fera sa prochaine réunion mensuelle à l'École Professionnelle d'Armentières, le 17 mai à 2 h. de l'après-midi et verra en particulier les nouveaux métiers Northrop qui y ont été installés. Les membres des autres comités qui désireraient y assister sont priés de se faire inscrire au Secrétariat.

Programmes de concours 1904.

M. le Président fait savoir que les programmes adoptés définitivement sont parus ; à ce sujet des affiches ont été mises à Lille et dans les principales villes du Nord.

M. Swyngedauw. — Conséquences économiques et sociales des transports d'énergie par l'électricité.

M. Swyngedauw rappelle que, dans de récentes communications, il a traité du prix de revient de l'électricité fourni par une station centrale et il a montré que, dans presque tous les cas, les industriels avaient bénéfice à installer chez eux la force motrice électrique. M. Swyngedauw décrit aujourd'hui les avantages de la suppression des générateurs et des magasins à charbon, qui prennent de la place, ne sont pas sans danger et nuisent à l'hygiène des villes. De plus, il considère que la distribution d'énergie par l'électricité permettrait de reconstituer au moins en partie l'atelier familial.

M. le Président remercie M. Swyngedauw de ces considérations. Partout nous voyons les avantages de l'électricité et l'idée sociale émise par M. Swyngedauw est du plus haut intérêt.

M. Meunier. — Sur le danger que présente pour le propriétaire, le fait d'associer son locataire à son assurance personnelle en le relevant de sa responsabilité locative moyennant une surtaxe de prime.

M. Meunier nous montre les précautions que nous devons prendre en matière d'assurances. En associant son locataire à sa police d'assurance, le propriétaire renonce aux avantages des articles 1733 et 1734 du Code Civil ; alors en cas d'assurance incomplète, quand arrive un incendie, s'il reçoit de la compagnie d'assurance une indemnité insuffisante, il ne peut réclamer à son locataire le complément nécessaire pour rendre son indemnité entière. C'est ainsi qu'en a décidé la Cour d'Appel de Paris, dans son arrêt du 25 juin 1903.

Lorsque l'assurance est complète, comme les compagnies ne paient les indemnités que déduction faite de la différence du neuf au vieux, le propriétaire est également sans droit contre son locataire, associé dans sa police d'assurance, pour lui réclamer le montant de la déduction que les compagnies lui font subir pour la différence du neuf au vieux. De plus, il est exposé bénévolement sans recours, à subir les déchéances de tout droit à indemnité qui peuvent lui être opposées par son assureur.

La conclusion est que le propriétaire doit assurer pour lui seul les immeubles qu'il donne en location et se bien garder d'accepter l'insertion dans son contrat d'assurance d'un abandon de recours quelconque contre les occupants.

M. le Président remercie M. Meunier de ces renseignements qui montrent que nous ne devons négliger aucune considération dans l'examen de nos polices d'assurances.

M. Messier. — Du cycle réalisé dans une nouvelle machine à vapeur.

M. Messier étudie le cycle réalisé dans une nouvelle machine à vapeur surchauffée, dont il a été question récemment à la Commission des essais de surchauffe et au Comité du Génie Civil. Dans cette machine une quantité donnée de vapeur sert indéfiniment, le générateur ne faisant que la produire une fois pour toutes et réparer les pertes. L'étude du diagramme en coordonnées entropiques, montre que le rendement maximum peut, dans certaines conditions, égaler celui du cycle réalisé dans les machines utilisant la vapeur à la manière ordinaire, mais que la quantité absolue de calories utilisée par kilogramme de vapeur étant beaucoup plus faible, la nouvelle machine a forcément, pour une puissance et une vitesse données, des dimensions beaucoup plus considérables que celles des moteurs à vapeur actuels.

M. le Président remercie M. Messier de son intéressante remarque, dont la conclusion peut nous être très utile.

Scrutin.

Messieurs François, King, Morel-Goyez, Schubart et Werth sont élus membres ordinaires de la Société à l'unanimité.

Assemblée Générale mensuelle du 26 Mai 1904.

Présidence de M. BIGO-DANEL, Président.

Le procès-verbal de la dernière réunion est adopté sans observation.

Excusés.

S'excusent ne ne pouvoir assister à la réunion : MM. PARENT, DELEBECQUE, GUÉRIN, vice-présidents, BONNIN, secrétaire général, l'abbé COURQUIN, PAILLOT, inscrits à l'ordre du jour, ARQUEMBOURG et HENNETON.

Correspondance.

M. Pralon, administrateur délégué des Forges de Denain et d'Anzin, exprime ses regrets de n'avoir pas participé à la visite de la Société Industrielle à Denain. Il nous donne rendez-vous dans quelques années.

MM. WERTH et KING accusent réception de leur nomination de membres de la Société Industrielle et l'en remercient.

L'Institut Carnegie de Washington publie actuellement un manuel bibliographique et fait appel à notre Société dans le but d'obtenir des informations aussi justes que complètes sur son fonctionnement. Il sera répondu au questionnaire qui nous a été adressé et une notice de notre Société sera envoyée.

Commission pour la propagande antialcoolique.

Le Comité du Commerce, de la Banque et de l'Utilité Publique a proposé au Conseil d'administration de nommer une Commission pour la propagande antialcoolique dans les usines de nos sociétaires. Cette Commission chargée d'étudier les moyens les plus efficaces d'enrayer ce terrible danger sera composée de MM. le Dr GUERMONPREZ, KESTNER, Julien THIRIEZ.

Communications.

M. Decroix.

De la législation de la lettre de change

Après avoir mis en lumière le caractère moderne de la législation du chèque, et celle du mandat par la loi du 8 juin 1894, M. P. Decroix signale les désiderata du monde des affaires en ce qui concerne l'endossement en blanc, la commercialité de tous les effets, les délais de recours et de dénonciation du protêt ; il effleure les questions de l'avis du protêt au tireur et de la création d'un tableau ou d'un journal des protêts, et envisage celles des intérêts de retard en cas de paiement tardif et du protêt des effets échus.

La réglementation du rôle des effets sans frais lui fournit, comme les précédents sujets, l'occasion de comparer le code français avec les législations anglaise, allemande, néerlandaise, et italienne, et de mentionner les études des Chambres de Commerce de France, notamment de celle de Lille. Sans proposer de modification ferme, M. P. Decroix exprime le souhait que le Comité du Commerce, de la Banque et de l'Utilité Publique reprenne cet examen afin d'établir s'il y a lieu une proposition de modification qui serait bien accueillie si elle était essentiellement pratique et présentée aux législateurs après discussion complète avec documents à l'appui.

M. le Président remercie M. Decroix d'appeler notre attention sur les imperfections actuelles de notre législation relative à la lettre de change. Il s'associe au vœu de M. Decroix tendant à les signaler aux législateurs.

M. Vanlaer.

L'impôt anglais sur le revenu.

Les différents pays ont essayé par plusieurs moyens de proportionner l'impôt à la fortune des contribuables ; dans quelques-uns, on se base sur les signes extérieurs de la richesse, dans d'autres, comme en Angleterre, on a tenté d'agir plus sûrement et plus discrètement ; M. Vanlaer expose le fonctionnement de ces moyens. Dans la mesure du possible, on y fait le stoppage des contributions, c'est-à-dire qu'on les prélève avant payement des revenus aux destinataires (comme cela se fait en France pour les coupons financiers).

Pour l'établissement des revenus, on les classe en cinq cédules :

A. L'impôt foncier perçu sur la valeur locative des immeubles.

B. L'impôt agricole, sorte de patente des fermiers.

C. L'impôt sur les valeurs mobilières.

E. L'impôt sur les traitements et pensions des fonctionnaires ou agents de grandes compagnies assimilés.

D. L'impôt sur toutes sortes de revenus ne rentrant pas dans les cédules précédentes.

Le contribuable est autorisé à ne pas faire de déclaration aux agents locaux du fisc, il peut, sous réserve de contrôle, l'adresser directement à l'agent supérieur et éviter ainsi des indiscrétions.

De plus, l'impôt anglais est dégressif sur le revenu global, c'est-à-dire que l'on est partiellement ou totalement dispensé d'impôt quand la fortune totale ne dépasse pas certaines limites.

M. Vanlaer expose la situation des étrangers possesseurs de titres anglais. Une note communiquée par M. Decroix complète ces derniers renseignements.

M. le Président remercie tout particulièrement M. Vanlaer de sa communication dont l'actualité augmente encore l'intérêt présenté par la question en elle-même.

Scrutin.

M. Breguet est élu membre ordinaire de la Société à l'unanimité.

DEUXIÈME PARTIE

TRAVAUX DES COMITÉS

Procès-verbaux des Séances

Comité du Génie Civil, des Arts Mécaniques et de la Construction.

Séance du 18 Avril 1904.

Présidence de M. MESSIER, Président.

M. l'abbé Courquin, inscrit à l'ordre du jour, s'excuse de ne pouvoir assister à la réunion.

M. Swyngedauw rappelle les dernières communications qu'il a faites sur la distribution électrique de l'énergie et envisage aujourd'hui les conséquences économiques et sociales de cette révolution industrielle. Il insiste sur l'avantage de supprimer dans les villes les générateurs, les machines à vapeur, qui occupent des terrains coûteux, qui exigent un personnel assez considérable et qui enfument l'atmosphère. M. Swyngedauw fait remarquer aussi que pour grand nombre d'industries, l'ouvrier pourrait travailler chez lui sans quitter le foyer familial.

Le Comité discute la question, M. le Président remercie M. Swyngedauw de son intéressante communication.

M. Henneton donne lecture d'une suite des questions qu'il

propose d'insérer dans le programme ou de discuter en Comité :

Les grandes usines de production et de distribution d'énergie électrique. Étude de leur rôle industriel, économique et social dans la région du Nord.

a. Rechercher les conditions de situation, d'établissement et de fonctionnement les plus favorables.

b. Indiquer la nature et l'utilisation du matériel préconisé, suivant les cas envisagés.

c. Comparer le prix de revient du KW produit dans l'usine considérée à celui obtenu dans une usine à houille blanche de même capacité.

d. Indiquer le mode de distribution à adopter, les consommateurs à rechercher et examiner les résultats d'exploitation qui en découleraient.

e. Rechercher les conséquences économiques et sociales pouvant résulter de l'édification de ces usines.

Conclure et dire si ces usines présentent ou non un intérêt pour l'industrie de la région et, dans le cas affirmatif, indiquer la voie dans laquelle les efforts de nos constructeurs doivent se diriger pour participer à la réalisation de ce problème.

Le Comité décide de ne mettre qu'une question très générale au programme de concours et discutera ultérieurement la forme à donner à une étude complète.

Le programme du Concours 1904 est adopté définitivement avec l'addition de :

26° **Électricité.** — *Les grandes usines de production et de distribution d'énergie électrique. Rôle industriel, économique et social, qu'elles pourraient jouer dans la région du Nord. Examiner les conditions de situation, d'établissement et de fonctionnement les plus favorables. Rechercher si la création de ces usines présenterait ou non des avantages pour l'industrie régionale.*

Le programme de concours de dessin industriel est adopté. Pour 1904 la Commission sera composée de MM. Smits, Pugh, Charpentier.

Séance du 16 Mai 1904.

Présidence de M. MESSIER, Président.

M. Henneton exprime ses regrets de ne pouvoir assister à la séance.

La parole est donnée à M. l'abbé Courquin sur le groupe électrogène Brown-Parsons. M. l'abbé Courquin fait l'historique de la turbine Parsons, dont il décrit le principe (ailettes étagées) et les transformations successives, distribution de la vapeur de part et d'autre du milieu, puis équilibrage par piston à l'extrémité de l'arbre, séparation absolue de la vapeur et de la graisse, condensation des vapeurs utilisées, graissage par huile sous pression refroidie par un courant d'eau, etc. Il étudie ensuite les dynamos à courant continu ou à courant alternatif que la maison Brown a adaptées à la turbine Parsons, indiquant les particularités de construction qui ont permis la fixité du collecteur et la dilatation des pièces. M. l'abbé Courquin donne ensuite les renseignements sur le rendement et l'utilisation de ces groupes électrogènes tels qu'ils sont actuellement construits.

M. Messager expose succinctement la théorie et le fonctionnement de la turbine Curtis.

M. le Président remercie MM. l'abbé Courquin et Messager de leurs intéressantes explications.

M. Swyngedauw recherche la densité de courant la plus profitable pour le transport de l'énergie à distance. Il établit une formule dans laquelle il fait entrer tous les éléments qui peuvent intervenir et discute cette formule pour montrer que

l'économie réalisée dans l'installation des canalisations est au détriment de l'économie de distribution.

M. le Président remercie M. Swyngedauw de son intéressante communication.

Séance du 27 Juin 1904.

Présidence de M. COUSIN, Vice-Président.

M. Messier, président, s'excuse de ne pouvoir assister à la réunion.

M. Witz entretient le Comité des moteurs à gaz à double effet. Après un long abandon, M. Letombe revint au double effet et construisit un moteur de 200 chevaux avec une dépense de 372 gr. de charbon par cheval-heure effectif. Depuis, les Duplex, Kœrting, Otto, Cockerill, Nüremberg ont appliqué le double effet ; mais on n'était guère arrivé avant ces derniers temps à construire de puissants moteurs avec des dimensions pratiques. Aujourd'hui c'est l'Allemagne qui nous présente les plus puissants et notamment la Compagnie Nüremberg a fait un moteur de 1.800 chevaux à deux cylindres en tandem donnant toute satisfaction aux points de vue mécanique et économique. M. Witz montre les idées nouvelles qui se sont en grand nombre succédées pour perfectionner la marche des moteurs à gaz.

M. le Président remercie M. Witz de son instructive et intéressante communication.

M. Baillet complète la récente communication de M. Lescœur, du Comité de Chimie, sur l'analyseur de gaz Baillet et Dubuisson. Il rappelle en quelques mots la description de l'appareil et insiste seulement sur ses applications industrielles

notamment pour la conduite des foyers. Se basant sur la théorie de la combustion, il montre qu'on peut contrôler la chauffe en connaissant la composition et la température des fumées. Il a créé des diagrammes et des courbes qui permettent par une simple lecture de se rendre compte du travail des chauffeurs.

M. le Président remercie M. Baillet de son étude, qui intéressera vivement tous les industriels.

Comité de la Filature et du Tissage.

Séance du 19 avril 1904.

Présidence de M. LEAK, Président.

S'excuse de ne pouvoir assister à la réunion M. A. Scrive-Loyer.

Comme suite à l'invitation de M Labbé de visiter l'École Professionnelle d'Armentières dont il est directeur, le Comité décide de faire la prochaine réunion à Armentières, le 17 mai. On y examinera particulièrement les nouveaux métiers Nortrhop qui viennent d'y être installés pour articles lourds.

Le programme de concours pour 1904 est approuvé définitivement.

Dans le prochain concours, les commissions, en donnant leurs appréciations sur les travaux qui leur seront soumis, indiqueront ceux qui pourront être partiellement ou totalement insérés dans le bulletin.

Séance du 17 mai 1904.

VISITE A L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE D'ARMENTIÈRES.

Comme il avait été convenu à la dernière réunion, la séance de mai s'est faite à l'École Nationale Professionnelle d'Armentières, dont le directeur M. Labbé avait invité le Comité à venir voir fonctionner les nouveaux métiers à tisser, notamment le Northrop modèle lourd, construit et perfectionné par la Société Alsacienne.

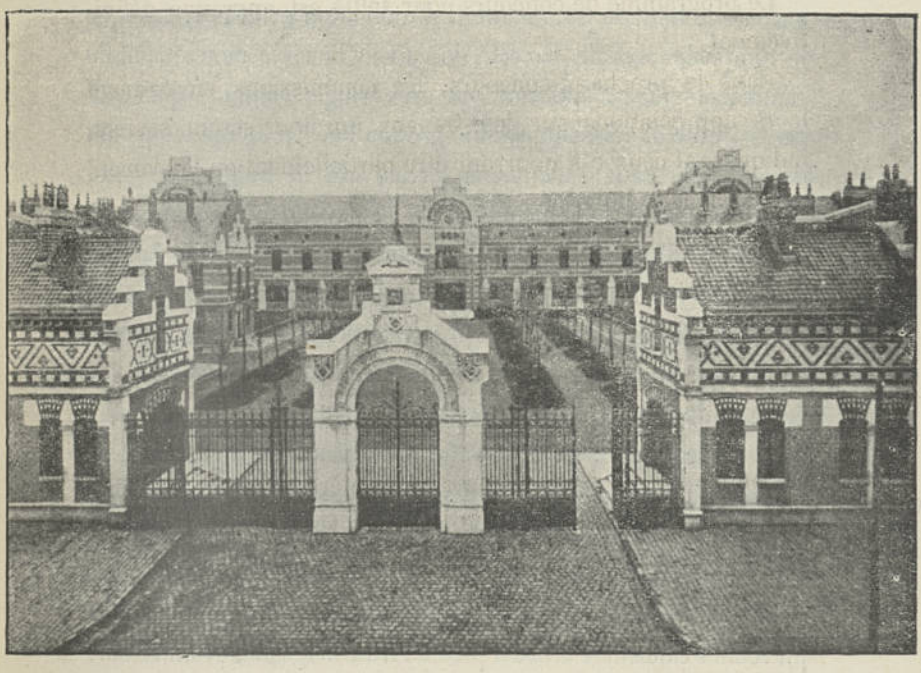
A notre arrivée M. Labbé souhaite la bienvenue aux membres présents et les conduit à l'atelier de tissage où il donne avec

MM. Dantzer et Berthomier d'intéressantes explications sur les métiers Northrop.

Les métiers Northrop. — Ces métiers ont été construits en vue de réduire la main-d'œuvre ; ils permettent en effet à un seul ouvrier de conduire facilement plusieurs métiers travaillant automatiquement par l'introduction d'organes nouveaux :

Un *chargeur automatique de la navette ;*
Un *casse-chaîne ;*
Un *casse-trame,*
ainsi qu'appareils accessoires.

Du fait de ces applications, diverses parties du métier ont dû être modifiées. La navette n'est pas munie d'un fuseau, mais



ENTRÉE DE L'ÉCOLE.

d'une pince en acier destinée à retenir la brochette ou le tube de trame, elle est garnie d'un escargot dans lequel le fil vient se

placer et s'enfiler. La brochette employée pour trames de selfacting et le tube en bois employé pour trames de continu sont munis à leur base d'anneaux métalliques servant à les insérer et à les maintenir dans la pince à ressort de la navette. La navette est ouverte de part en part de sorte que la nouvelle canette introduite par dessus chasse celle qui est épuisée.

A l'extrémité droite de la poitrinière est fixé le *barillet-chargeur*, qui reçoit les canettes de réserve, construit pour 15 ou 25 canettes. Sa commande se fait par le marteau-chargeur ; les pièces qui le composent sont disposées à l'intérieur, et protégées ainsi contre les sauts de navette. Le barillet comprend un magasin rotatif à deux plateaux, dans les encoches desquels l'ouvrier n'a qu'à loger pendant la marche les canettes dont il enroule le bout de trame autour d'un bouton extérieur. Lorsque le remplacement de canette doit avoir lieu, le mouvement de remplacement est actionné par une tringle communiquant au casse-trame et agissant sur une grenouille. En même temps un doigt vérificateur s'avance à l'avant de la boîte à navette, afin d'empêcher le mouvement si la navette n'est pas bien à sa place. Si tout est en ordre, un couteau fixé au battant rencontre la grenouille, dont le bras porteur fait corps avec le marteau, le battant continuant sa marche en avant, le marteau appuie sur la canette qui se trouve au-dessous de lui et celle-ci entre dans la navette en chassant la canette épuisée qui tombe dans une caissette. Si la navette n'est pas bien à sa place, le doigt vérificateur, dont il a déjà été question plus haut, entre en contact avec elle et le mouvement du marteau est empêché. Chaque fois que le marteau fonctionne, il agit sur une chaînette, qui tire sur une douille munie d'un cliquet. Ce cliquet actionne un rochet calé sur l'arbre à plateaux du magasin, et un ressort force celui-ci à tourner pour amener une nouvelle trame sous le marteau.

Comme le bout de fil de la nouvelle trame est attaché à un

bouton fixe, le fil se déroule au-dessus de la navette au parcours de celle-ci de droite à gauche et pénètre dans l'escargot où il reste enfilé. Si pour une raison quelconque, le fil n'est pas bien passé dans l'escargot de la navette, une deuxième canette vient s'y placer et, si celle-ci ne s'enfile encore pas, le métier s'arrête par un mécanisme du casse-trame.

Un appareil spécial appelé *coupe-fils* est fixé sur le templet. Il est mis en action par une tringle, chaque fois que le marteau fonctionne, et des ciseaux coupent le bout du fil de la canette chassée, ainsi que celui de la nouvelle canette.

Le *casse-chaîne* consiste en une ou plusieurs séries de lamelles minces en acier, suspendues sur les fils et maintenues par la tension de ceux-ci au-dessus d'un vibrateur. On emploie des lamelles à coulisses ou des lamelles à trous. Les premières sont disposées directement derrière le harnat et reçoivent dans la coulisse un rapport complet de fils de chaîne formant l'armure (par exemple 2 fils pour l'uni et le croisé, 3 fils pour le sergé de 3 par la trame, 4 fils pour le sergé de 4 par la trame, 5 fils pour la satinette). Le vibrateur agit au moment où la foule est ouverte, lorsqu'une lamelle reste en bas, par suite de la rupture du fil qui devrait la soulever, le mouvement du vibrateur est empêché et le métier s'arrête. Ce système a l'inconvénient de fatiguer surtout les fils fins et délicats à cause du ressaut des lamelles à chaque changement de pas. Pour y remédier, on a placé les lamelles à l'arrière entre les baguettes d'envergure et le porte-fils. Dans les lamelles à trou, récemment brevetées, le fil passe dans le trou à raison d'un fil par lamelle. Celles-ci sont maintenues par des tringles, fixées à deux montants formant cadre. Ce cadre est relié au porte-fils mobile et obéit au mouvement de va-et-vient de ce dernier, de manière à suivre aussi le déplacement des fils de chaîne à chaque ouverture du pas. Les frottements des fils dans les lamelles sont ainsi réduits à un minimum. Les

vibrateurs reçoivent leur mouvement par le levier du casse-trame, ce qui simplifie considérablement les divers organes de débrayage. Lorsque le métier est à porte-fils fixe, un excentrique spécial donne le mouvement d'oscillation.

Les métiers Northrop qui sont installés à l'École Professionnelle d'Armentières sont munis en outre de *tâteurs de trame*, destinés à provoquer le changement de canette avant son complet épuisement, afin d'éviter les fausses duites et de *régulateurs automatiques de chaîne,* provoquant un déroulement entièrement automatique de celle-ci, réglé par la tension même de la chaîne.

Le *casse-trame* est disposé pour marcher avec ou sans tâteur, suivant les besoins et pour les divers fonctionnements suivants :

1° Il provoque le chargement d'une nouvelle canette en cas de rupture ou d'épuisement de la trame, lorsque le métier marche sans doigt-tâteur.

2° Il provoque l'arrêt du métier en cas de rupture ou de manque de trame, lorsque le métier marche avec doigt-tâteur.

3° Il provoque le chargement d'une nouvelle canette en cas de rupture ou de manque de trame, lorsque le métier marche avec doigt-tâteur.

4° Il provoque le chargement d'une nouvelle canette après un second fonctionnement seulement, disposition utilisée pour faire des tissus tels que : croisés, armures, sans le doigt-tâteur.

Le *régulateur automatique de chaîne*, système « Roper » a pour but de régler automatiquement la tension de la chaîne au déroulage, quel que soit le diamètre de l'ensouple. Le débit de la chaîne dépend de la pression de celle-ci sur le porte-fils. Le rouleau porte-fils, monté sur un support mobile à trois crans, est relié au cliquet commandant un rochet, par un levier et une bielle montée sur ressort. Ce cliquet, qui oscille autour du tourillon, reçoit un mouvement de va et-vient par l'intermé-

diaire d'une tringle commandée par l'épée de chasse et terminée par une coulisse. De cette façon, la course du dit cliquet est réglée par le porte-fils. Le mouvement du rochet muni d'un collier-frein, est communiqué à un plateau denté par un mécanisme de ralentissement à engrenages droits. L'ensouple à disque porte à son extrémité un entraîneur relié au plateau denté par deux chevilles fixées au plateau.

L'attention des visiteurs a été particulièrement appelée sur le métier Northrop le plus récemment installé à l'École d'Armentières. Ce métier est dit du type N. C. F., particulièrement construit pour le tissage des étoffes lourdes. Il est semblable à celui créé pour les calicots, mais toutes les pièces en ont été renforcées. Ce type de métier a été créé pour répondre au désir souvent exprimé, depuis que le métier Northrop a paru sur le marché, de posséder un métier à tisser semblable à ceux généralement employés en Europe, mais muni des divers mouvements automatiques du métier américain. Les bâtis sont robustes et solidement entretoisés. Les arbres sont garnis de boîtes en fonte, mises à chaud, donnant un frottement doux de fonte sur fonte. Les douilles-supports de l'arbre à vilebrequin et de l'arbre à excentriques sont munies de godets graisseurs à couvercle. La batterie, du type américain, à fouets dans le battant, permet la marche à grande vitesse. L'articulation à plan courbe du sabot porte-sabre présente l'avantage de faire décrire au taquet une ligne droite parallèle à la surface du battant, sans le secours d'aucun autre guide. Les pièces de cette batterie s'équilibrent entre elles. Chaque excentrique est réglable et peut être fixé à sa position exacte par une vis de rappel. Le battant comporte un peigne fixe et une tringle d'arrêt à deux pattes. Cette tringle agit sur des buttoirs à grenouilles mobiles, en acier trempé. Des ressorts amortisseurs sont fixés sur le devant des bâtis et l'un des buttoirs est relié au frein d'arrière. Les ressorts de tringle d'arrêt sont disposés de façon à être quelque peu détendus au moment du départ de

la navette. Le peigne est maintenu au battant par une partie mobile pouvant être remplacée en cas d'usure. Le chapeau du battant est muni d'une tringle garde-navettes. Le régulateur est extérieur au bâti ; entre 10 et 30 duites les pignons de rechange ont un nombre de dents égal au double du nombre de fils au quart de pouce ou au centimètre ; au-dessus de 30 duites, leur nombre de dents est égal au nombre de fils. Dans ce dernier cas, le balancier du cliquet est commandé par l'arbre à excentriques. On peut donner un recul réglable à l'un des contre-cliquets au moyen d'une vis de rappel. La pression appliquée au rouleau de toile agit par leviers et ressorts. Les leviers sont munis de poignées pour dégager le rouleau lors du déroulage du tissu, ou pour enlever le rouleau garni. Le métier comporte un mouvement de marches intérieures. Le mouvement d'uni s'obtient avec un excentrique triple, à courses progressives, dont on emploie simultanément le premier et le deuxième, ou le deuxième et le troisième, suivant la hauteur de foule que l'on veut obtenir. En outre, trois trous sont ménagés pour l'axe des marches et de leurs supports, ce qui permet, en déplaçant la cheville qui sert de pivot, d'obtenir 6 hauteurs de foule différentes.

On peut appliquer à ces métiers des mouvements comportant jusqu'à 5 marches intérieures, ainsi que des mouvements de marches extérieures ou des râtières.

La fourche de débrayage est guidée parallèlement à l'axe des poulies. Quelle que soit la position des poulies, la poignée de débrayage est toujours placée à gauche, et l'ouvrier se sert toujours de la même main pour débrayer le métier.

Un support extérieur est appliqué à l'arbre à vilebrequin allongé lorsque les poulies sont en porte-à-faux sur cet arbre. Ce support, placé au delà du volant, comporte une douille et une boîte en fonte. La poulie folle tourne sur une boîte en fonte.

Le porte-fils, formé de deux barres de fer, reçoit son mou-

vement d'oscillation d'un excentrique circulaire à position réglable. La hauteur du porte-fils est réglable ainsi que sa distance au harnat.

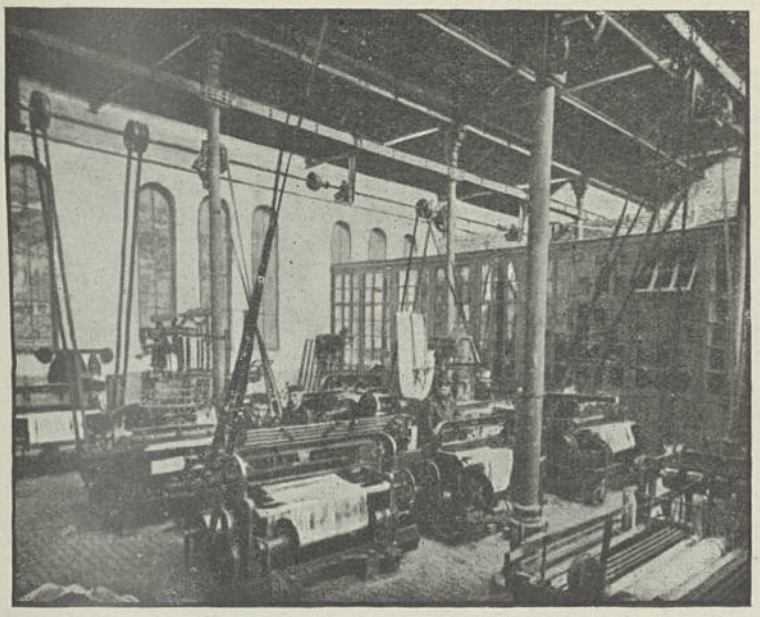
La poitrinière est en fonte avec dessus en bois d'épaisseur variable, pour permettre de régler la hauteur.

La pression d'ensouple agit par leviers et contrepoids, à l'aide de cordes ou de chaînes.

Sur demande spéciale, le métier peut être muni du régulateur de chaîne à déroulement entièrement automatique.

Le poids approximatif du métier N C en 3/4 à 2 marches est, sans poids de pression, de 710 kilos.

A Armentières ce métier est muni d'un tâteur de trame électrique, appareil ingénieux inventé par la Société Alsacienne,



TISSAGE.

qui provoque électriquement le changement de canette à son épuisement ; à cet effet, le tube de bois est muni d'un collier en cuivre, recouvert par le fil. Quand ce dernier vient à manquer,

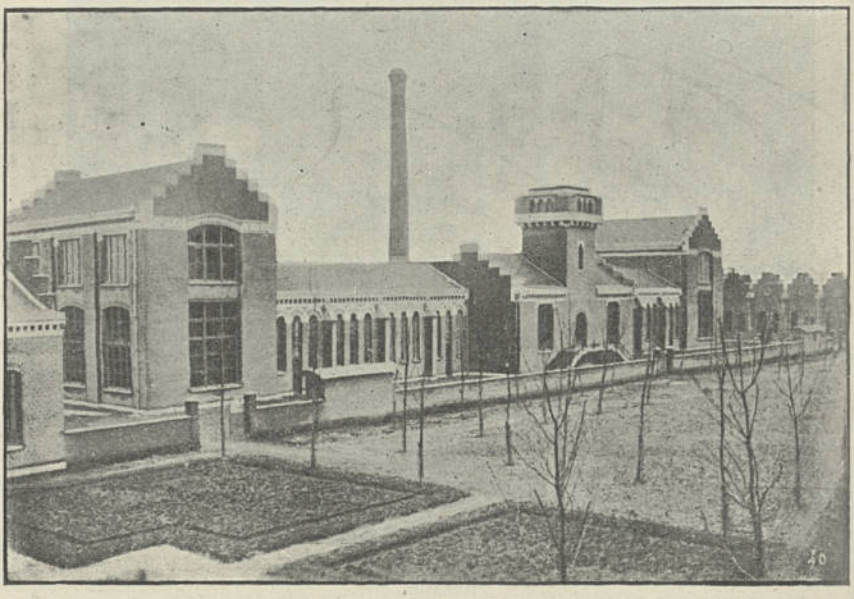
il met à découvert ce collier qui ferme le circuit sur deux contacts placés sur le tâteur.

Atelier de tissage. — Outre le dernier métier, dont la description précède, l'atelier de tissage en comprend deux autres types plus anciens mais non moins intéressants.

L'atelier de tissage mécanique renferme de plus :

1 bobinoir.
2 ourdissoirs dont 1 à main.
1 pareuse.
1 cannetière.
9 métiers de divers systèmes pourvus de mécaniques Jacquart ou de ratières.

Dans une salle voisine les élèves peuvent apprendre à composer les tissus et à monter eux-mêmes leurs métiers.



VUE D'ENSEMBLE DFS ATELIERS.

L'atelier d'échantillonnage comprend :

18 petits métiers à main, 1 grand métier à main,

et différents appareils destinés à des expériences sur la qualité des fils et des tissus.

Les excursionnistes sont ensuite invités à visiter l'école, ils parcourent les différents ateliers.

Les ateliers de l'école comprennent :

La salle du générateur et du moteur.

L'atelier de menuiserie et de modèles de fonderie.

L'atelier de moulage.

L'atelier de tissage (précédemment décrit).

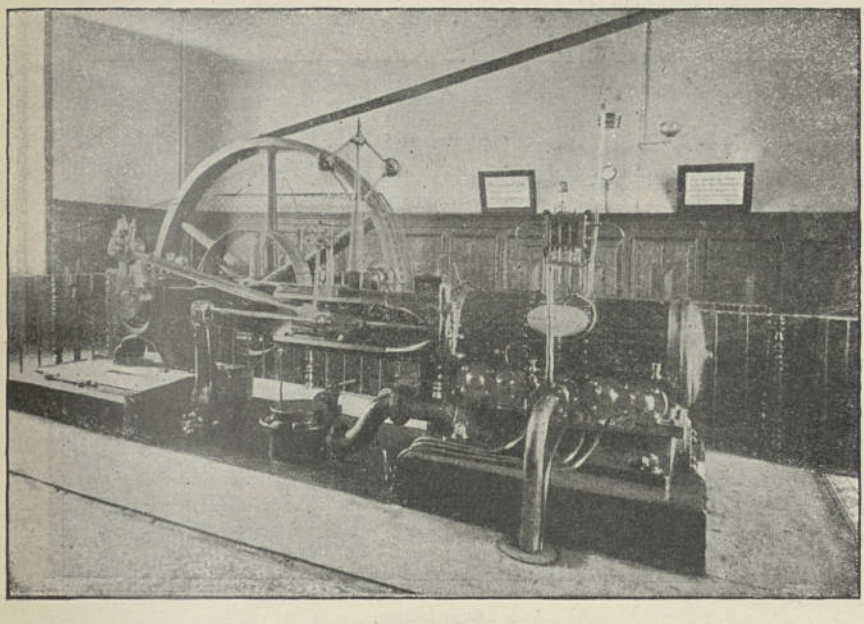
L'atelier d'ajustage.

L'atelier de machines-outils.

L'atelier de forge et de serrurerie d'art.

Le laboratoire d'électricité.

Salle du générateur et du moteur. — La force motrice, nécessaire à actionner les machines-outils des ateliers, est



MACHINE A VAPEUR.

fournie par une machine à vapeur de 30 chevaux, système Wheelock.

Dans cette même salle est placée la dynamo génératrice d'électricité.

Atelier de menuiserie et de modèles de fonderie. — Il est pourvu du matériel et des machines ci-après :

14 établis avec outillage complet.
10 tours à bois dont 1 à torser.
3 scieries mécaniques.
1 raboteuse.
1 dégauchisseuse.
1 mortaiseuse.
1 toupie à profiler les moulures.
1 machine à couper les bois de bout.
1 machine à affûter les scies circulaires.
1 machine à affûter les fers de rabots.
1 défonceuse pour fers de toupie.
1 transport de force électrique de 7 chevaux.

MENUISERIE.

Atelier de moulage. — Il tient lieu de fonderie. Dans cet atelier, les modeleurs, sous la direction d'un contremaître de

fonderie, sont exercés au moulage des pièces qu'ils exécutent aux ateliers.

Atelier d'ajustage. — Son matériel se compose de ;

134 étaux avec leur outillage de limes, burins, bédanes, rivoirs, équerres, compas, etc.

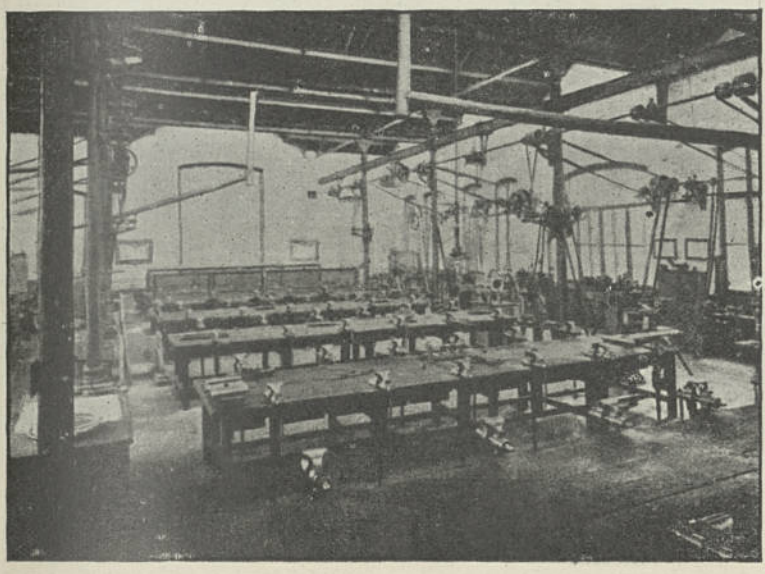
1 petit étau limeur à main.

2 machines à percer.

1 machine à tronçonner.

2 marbres dont un de 2 m. sur 1 m.

4 meules.



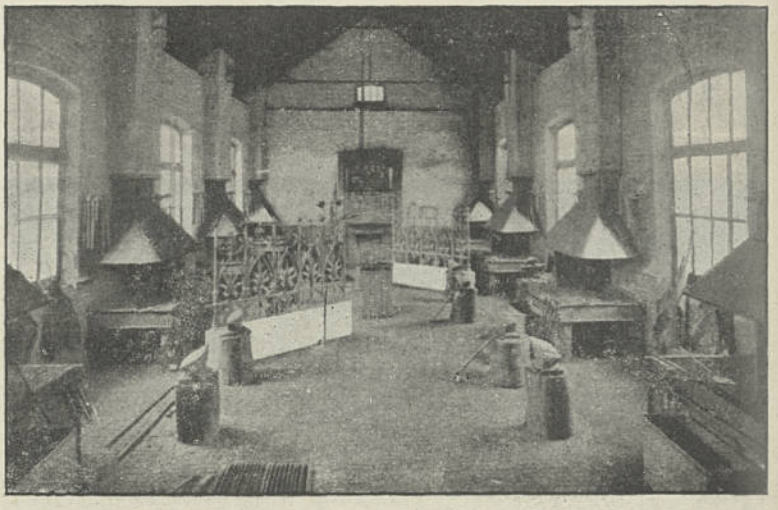
AJUSTAGE.

Atelier de forge et de serrurerie d'art. — C'est une installation modèle faite pour 28 élèves. Le nombre des feux est de 14, activés par deux ventilateurs. Ils ont chacun leur enclume et leur outillage. Cet atelier possède en outre :

2 forges de campagne.

1 marteau-pilon.

1 étau à chaud.
1 machine à étamper, à cisailler et à poinçonner.
1 machine à percer.
1 bombarde.
1 marbre.
1 meule d'émeri.

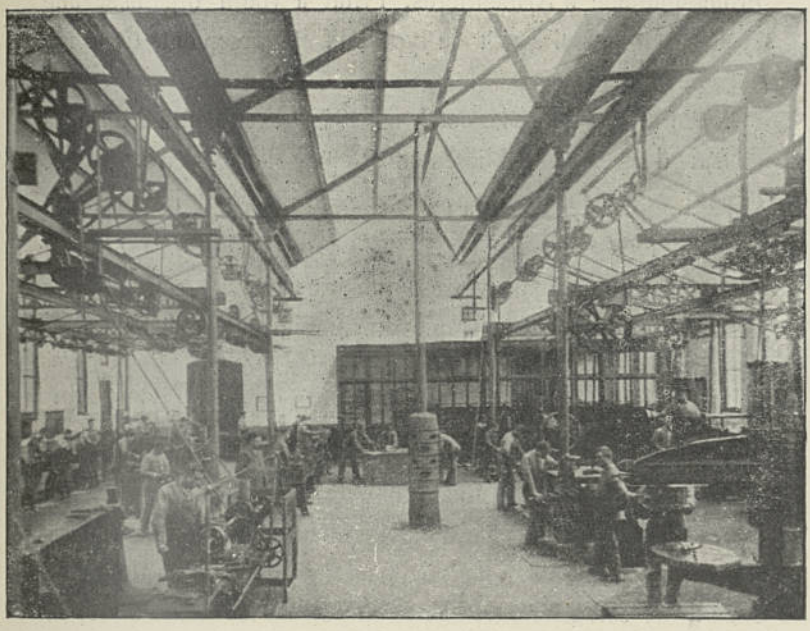


FORGE.

Ateliers de machines-outils. — Il est pourvu des machines suivantes :

24 tours ordinaires ou à décolleter, à charioter et à fileter.
4 machines à percer dont une radiale.
2 raboteuses dont une de $2^{m},10$ de course.
1 étau limeur de 450 de course.
1 machine à mortaiser de 250 de course.
2 machines à fraiser universelle.
1 machine à tailler les fraises de forme.
1 machine à affûter les fraises.
1 machine à centrer.

1 perceuse électrique.
1 machine à mandriner.
1 machine à diviser.
1 forge à gaz.
1 machine à polir.
1 meule d'émeri à eau.
1 marbre de 2 mètres sur 1 mètre.



MACHINES-OUTILS.

Laboratoire d'électricité. — C'est la salle des accumulateurs aménagée pour les travaux pratiques des apprentis monteurs-électriciens. Elle est pourvue du matériel indispensable aux jeunes gens de cette spécialité.

Historique de l'école. — Après la visite des ateliers, M. Labbé a fait parcourir au Comité les différentes parties de l'école ; les membres présents se sont vivement intéressés à l'histoire et à l'installation de cet établissement, sur lequel M. Labbé a donné toutes les explications.

C'est le 11 décembre 1880, que l'État, par une loi sur les écoles manuelles d'apprentissage, posa en France les premières bases de l'enseignement technique primaire, destiné à former un personnel capable de traduire et de réaliser intelligemment les conceptions des ingénieurs formés dans ses écoles d'enseignement technique supérieur.

Le 10 mars 1882, par le décret fondant l'École Nationale Professionnelle d'Armentières, l'État a voulu organiser une école modèle, qui servît de type aux établissements de même nature.

Elle fut ouverte le 10 octobre 1887 et avait coûté 2 millions de frais de premier établissement. Depuis elle a dû être agrandie et peut recevoir maintenant 380 élèves, dont 300 internes.

Elle a pour objet :

1° De donner aux diverses industries des sujets intelligents et instruits appelés à s'employer comme contremaîtres, chefs d'équipe, monteurs, monteurs-électriciens, etc.

2° De préparer aux écoles techniques d'ordre plus élevé, telles que : écoles d'arts et métiers, cours des apprentis-mécaniciens de la flotte, instituts industriels, etc.

Elle convient aux fils d'entrepreneurs de menuiserie, de constructeurs-mécaniciens, de fondeurs-modeleurs, de maréchaux, de serruriers, de chaudronniers en fer et en cuivre, de directeurs ou d'employés de filature et de tissage, à tous ceux enfin qui sont appelés à diriger de petites installations industrielles ou qui veulent se créer une situation aisée dans la grande industrie.

L'école occupe un terrain de 4 hectares, dont 12.000 mètres carrés de partie couverte.

Elle est installée dans de vastes bâtiments entièrement neufs, admirablement conçus en vue de leur destination et non moins remarquables sous le rapport de l'aménagement intérieur que par leur architecture extérieure. Elle se compose d'un ensemble

d'élégants pavillons, séparés par des cours et des jardins, aérés de toutes parts, largement ouverts à la lumière, et répondant à toutes les exigences de l'hygiène et du confort, de l'instruction et de l'éducation. Par les dimensions de ses constructions, l'heureux agencement de ses divers services, cet établissement est hors de pair avec les maisons d'éducation les plus richement aménagées de France.

SORTIE DE CLASSE.

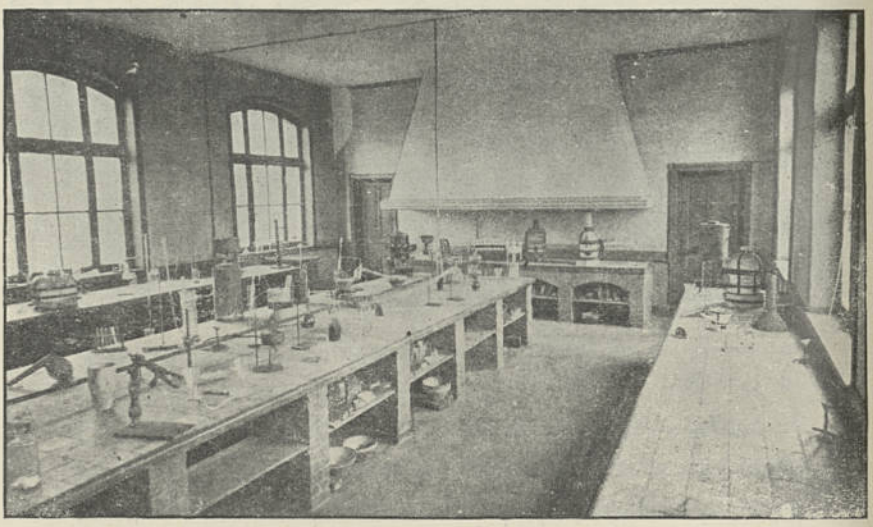
Salles d'études et de classes. — L'École compte 9 salles d'études correspondant aux 9 sections d'élèves qu'elle renferme : 1 en section préparatoire, 3 en première année, 2 en deuxième année, 2 en troisième année et 1 en quatrième année. Chacune d'elles a une superficie de 60 mètres carrés et une hauteur de 4 mètres 20 ; quatre grandes baies laissent passer à profusion l'air et la lumière. Le mobilier est tout à fait moderne ; les tables sont à deux places avec dossier.

Ces salles sont aussi utilisées pour l'enseignement des lettres et des mathématiques ; le séjour un peu prolongé que les élèves

sont ainsi appelés à y faire chaque jour n'offre aucun inconvénient au point de vue de l'hygiène, étant données leurs grandes dimensions. Il faut d'ailleurs considérer que ces jeunes gens passent plusieurs heures par jour dans les ateliers et que la diversité des enseignements les appelle dans d'autres salles telles que celle de physique, de chimie ou de dessin.

La salle de physique est à 94 places. Elle est disposée en gradins afin de permettre à tous les élèves de bien suivre les expériences du professeur. Le cabinet de physique qui y est attenant est pourvu de tout le matériel destiné à ces expériences.

La salle de chimie est un immense amphithéâtre. Utilisée



SALLE DE MANIPULATIONS CHIMIQUES.

comme salle de conférence elle peut recevoir tous les élèves de l'École. Tout à côté, se trouve la salle de manipulations, où les élèves s'exercent chaque semaine à reproduire les expériences auxquelles ils ont assisté et à s'assurer par eux-mêmes des propriétés des corps qu'ils étudient. Les manipulations sont

dirigées vers les besoins des élèves, c'est-à-dire vers l'industrie.

Au dessin sont affectées 3 salles, deux pour le dessin industriel, une pour le dessin d'imitation, renfermant chacune un dépôt de modèles. En ce qui concerne le dessin industriel, chaque collection de modèles comporte un nombre suffisant d'exemplaires pour qu'il en puisse être distribué un par élève, ou au moins un par deux élèves.

Bibliothèques. — Outre la bibliothèque générale à l'usage exclusif du personnel, l'École compte 9 bibliothèques de quartier à raison d'une par salle d'études. Les 2.224 ouvrages qu'elles renfermaient au 1er janvier 1904 sont appropriés à l'âge et aux besoins des élèves. Jusqu'en 2e année, ce sont des récits de voyage, des œuvres de vulgarisation capables de développer et d'entretenir, avec le goût de la lecture, l'amour des grandes vertus que nous ont révélées les plus grands philanthropes de l'humanité. En 3e et 4e années, à côté d'ouvrages littéraires, se trouvent des livres de technologie, de mécanique, d'électricité, de chimie, de physique auxquels les élèves, en raison de l'enseignement qu'ils reçoivent, sont souvent obligés de recourir.

Musée technologique. — Un musée technologique très complet est pourvu des appareils et objets les plus variés destinés à la démonstration des cours scientifiques et techniques professés dans l'établissement. Les professeurs ne manquent point d'y avoir fréquemment recours pour les besoins de leur enseignement. Est-on, au cours d'une classe, amené à parler d'une transformation de mouvement ou d'un organe de machine ? Les appareils se rapportant aux explications du professeur sont immédiatement placés, avec dessins à l'appui, sous les yeux des élèves, et ceux-ci les examinent, les démontent, les remontent, les manipulent tout à leur aise de façon à

se bien rendre compte expérimentalement de leur construction et de leur fonctionnement. La plupart des objets composant le musée sont d'ailleurs convenablement sectionnés pour en laisser voir le mécanisme intérieur et permettre d'en relever facilement et exactement le croquis.

Présentés sous cette forme essentiellement concrète, les divers enseignements, que comporte la partie technique et scientifique des programmes, plaisent infiniment aux élèves et produisent d'autant plus de résultats que leur assimilation exige peu d'efforts, la mémoire gardant longtemps le souvenir des choses vues. Aussi l'esprit se meuble-t-il sans fatigue et conserve-t-il toute sa souplesse pour l'application immédiate ou combinée des connaissances dont il s'est enrichi.

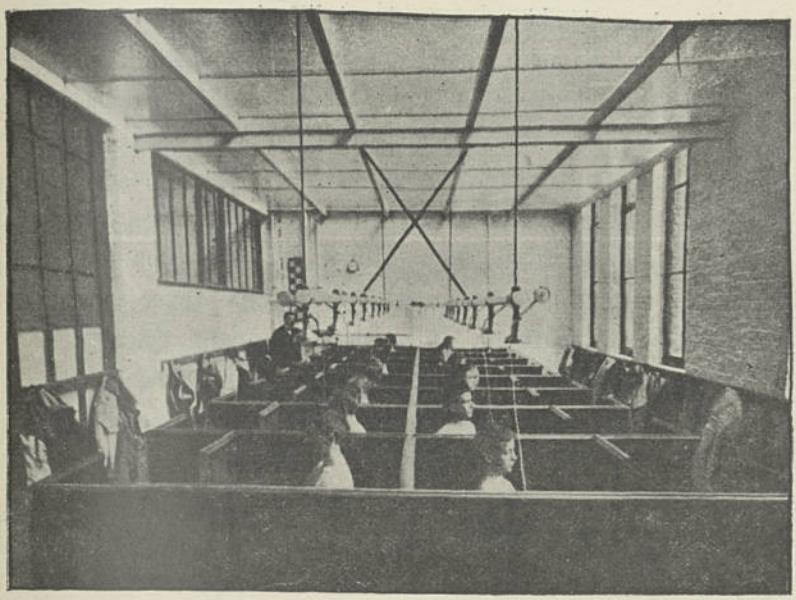
Les grands industriels qui connaissent l'importance de l'Ecole se chargent d'alimenter par des dons portant sur les spécialités de leur fabrication les collections du musée. Ils contribuent ainsi à faire de ce dernier une exposition permanente des plus récents progrès réalisés dans le domaine de l'industrie.

Salle des travaux, — Les travaux exécutés par les élèves aux ateliers sont exposés dans une salle spéciale. La visite de cette dernière renseigne, mieux que toute dissertation, sur la valeur réelle de l'enseignement professionnel de l'Ecole.

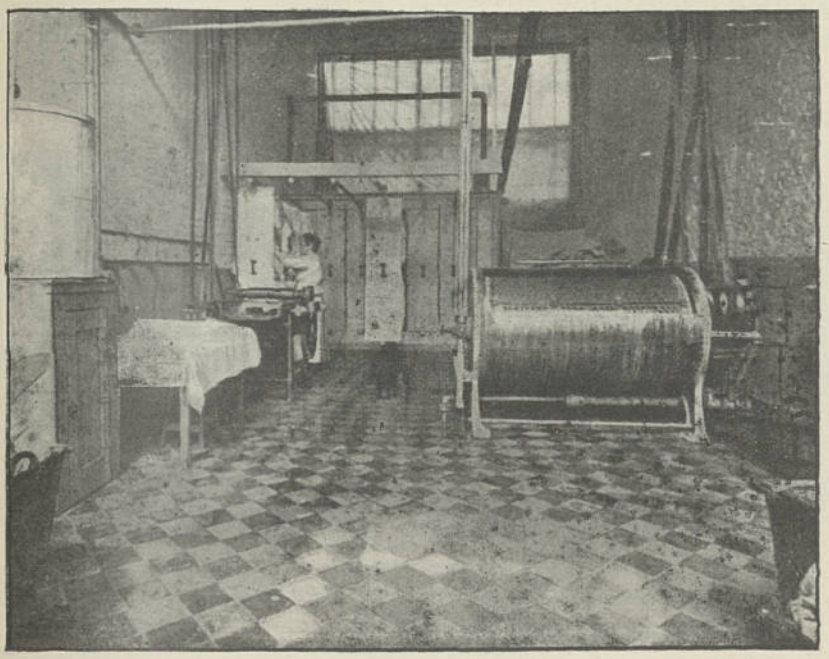
Tout a été prévu dans l'École pour assurer l'hygiène et le meilleur état de santé des élèves.

Après chaque séance d'atelier, les élèves procèdent à des ablutions dans des lavabos-vestiaires spécialement aménagés à cet effet. Mais, indépendamment de ces soins de propreté prescrits par l'hygiène la plus élémentaire, ils prennent, toutes les semaines en été, tous les quinze jours en hiver, *des bains-douches*, d'eau chaude où d'eau froide, suivant la saison, qui contribuent à les entretenir dans le meilleur état de santé.

Le blanchissage et le repassage du linge sont entièrement



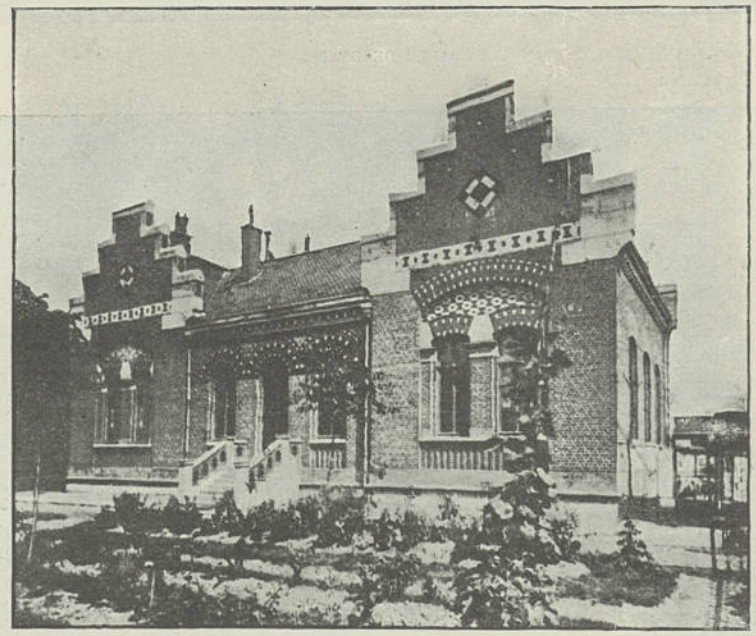
SALLE DE BAINS.



BUANDERIE.

opérés dans l'établissement. Aussi l'Ecole est-elle pourvue d'une buanderie mécanique à vapeur dont l'installation répond aux exigences de l'hygiène la plus scrupuleuse. De cette facon, non seulement le linge est rendu propre par des procédés qui ne hâtent nullement sa détérioration, mais encore il est préservé du contact d'autre linge souillé et de provenances les plus diverses : hôpitaux ou casernes, par exemple. D'ailleurs, toute pièce suspecte est désinfectée avant le blanchissage. On a constaté que depuis l'innovation de la buanderie dans l'Ecole, les petites épidémies de furoncles, boutons ou autres affections de la peau, qui se propagent si facilement dans les internats, ont presque complètement épargné nos élèves.

L'infirmerie occupe un pavillon isolé entouré de cours et de



INFIRMERIE.

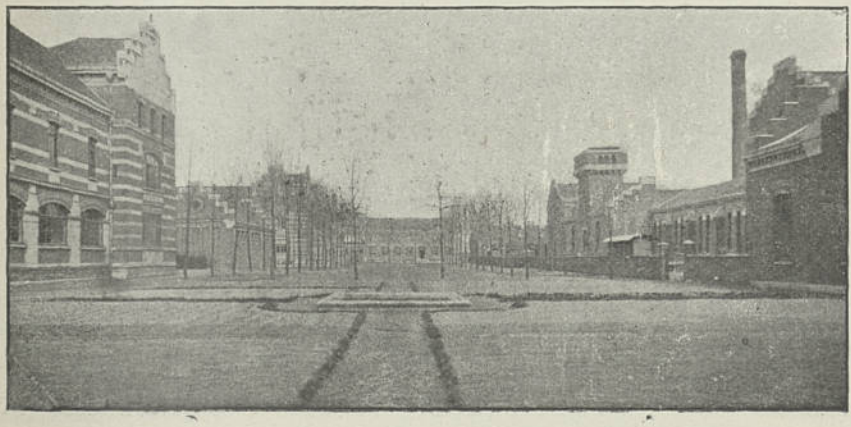
jardins. Elle comprend pharmacie, tisanerie, dortoir, réfectoire

et chambres d'isolement pour le cas de maladies contagieuses. Les élèves y sont accès à toute heure du jour et de la nuit ; une dame infirmière et un maître s'y trouvent en permanence pour leur donner les soins que réclame leur santé. Dès qu'un élève y est interné pour une indisposition de quelque gravité, sa famille en est immédiatement informée.

Un médecin rétribué par l'Etat vient à l'Ecole tous les jours et même plusieurs fois par jour s'il est nécessaire. En cas d'empêchement, il est remplacé par le médecin-adjoint. Bien entendu ses consultations sont entièrement gratuites. Toutefois les visites aux médecins auriste et oculiste ou au dentiste sont à la charge des élèves.

Les soins assidus dont les élèves sont entourés, les conditions hygiéniques de leur installation concourent à assurer dans l'établissement un état sanitaire excellent.

En plus des cours plantées d'arbres et entourées de taillis, dans lesquelles les élèves se livrent à leurs ébats et aux *jeux* de tonneaux, de quilles, etc..., qui sont mis à leur disposition, il existe dans l'établissement un vaste terrain, sur lequel ont lieu



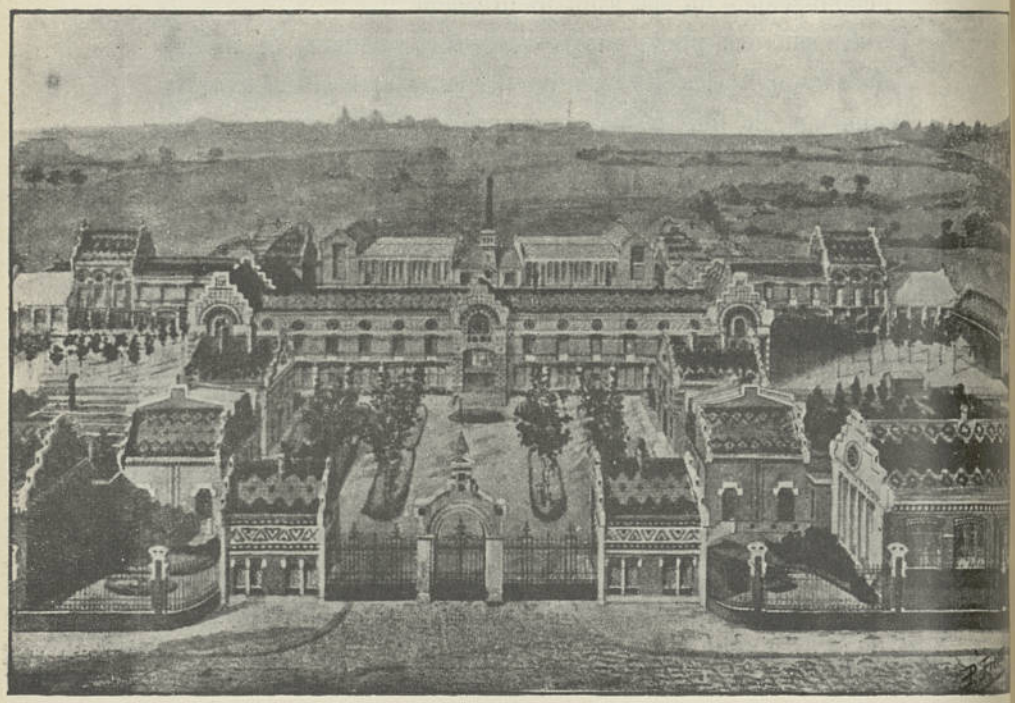
journellement des parties de foot-ball ou de balle au tambourin.

Pendant la bonne saison, les élèves peuvent apporter leur bicyclette à l'Ecole pour prendre part aux excursions du dimanche organisées et dirigées par le Directeur.

A la fin de la visite, M. Labbé avait ménagé une agréable surprise aux membres du Comité. Un lunch était servi dans son bureau.

M. Leak, président du Comité a chaleureusement remercié M. Labbé de nous avoir procuré une aussi agréable réunion de Comité et lui a adressé ses félicitations pour l'admirable façon dont est organisée l'École.

M. Labbé a exprimé sa reconnaissance aux visiteurs d'être venus se rendre compte par eux-mêmes de la disposition et de l'utilité de l'École dont on lui a confié la direction.



Séance du 14 Juin 1904.

Présidence de M. LEAK, Président.

M. le Président rappelle l'intéressante visite du Comité à l'École Nationale Professionnelle d'Armentières et l'aimable accueil qui nous a été fait par le sympathique directeur, notre collègue, M. Labbé.

M. Stiévenart parle au Comité du chanvre de Manille et de ses applications.

L'appellation du chanvre de Manille n'est pas très exacte : la plus grande partie nous vient des Philippines, d'autres régions aussi en fournissent et quelques essais assez heureux ont été faits au Tonkin. Il nous arrive en balles comprimées de 120 à 130 kilos, soit directement, soit des grands marchés de Londres et de New-York.

M. Stievenart entre dans le détail du travail de la matière première, mise en ruban, retordage, confection des câbles, passage au goudron, etc. Il insiste sur la fabrication du câble plat d'extraction et sur ses usages. On fait aussi une grande consommation de chanvre pour les transmissions, mais une surveillance très grande est alors indispensable sous peine de causer les plus graves accidents.

M. G. Crépy indique un dispositif simple, permettant une surveillance automatique des câbles : un fil tendu par deux contrepoids, placé sous le passage du câble, quand celui-ci va se rompre, les brins qui dépassent cassent le fil, et le contrepoids en tombant agit sur une sonnerie électrique.

M. le Président remercie MM. Stievenart et Crépy de leurs intéressants documents.

Comité des Arts Chimiques et Agronomiques

Séance du 20 Avril 1904.

Présidence de M. SCHMITT, Président.

M. Paillot remercie M. Schmitt de ses aimables paroles consignées au procès-verbal de la dernière réunion.

Il a regretté qu'une absence forcée l'ait empêché d'assister à la dernière séance où il aurait exprimé sa reconnaissance à ses collègues pour leur activité durant ses fonctions.

Le programme de concours 1904 est définitivement adopté.

M. Boulez demande à remettre sa communication sur le parfum à une date ultérieure, il compte avoir d'autres renseignements pour la compléter.

M. Schmitt fait une étude de ses nombreuses analyses de glycérine pour y rechercher des matières azotées. Il a opéré notamment sur de grandes quantités de « glycérine alimentaire d'huile de palmes » dans lesquelles il a reconnu après plusieurs réactions une forte odeur d'amines, l'analyse quantitative a donné des proportions d'azote ne correspondant à aucune amine définie. On ne conclut autre chose que la présence de matières azotées dans les glycérines les plus pures, sans pouvoir affirmer sous quelle forme elles y sont contenues.

Le Comité remercie M. Schmitt et compte qu'il voudra bien faire connaître ces résultats en Assemblée générale à la suite de la communication de M. Boulez sur la glycérine.

Séance du 20 Mai 1904.

Présidence de M. SCHMITT, Président.

M. Paillot entretient le Comité de la physico-chimie du fer. Quand on laisse refroidir du fer pratiquement pur, on remarque dans la descente du thermomètre des arrêts à certains degrés, ce qui prouve qu'en certains points il y a une modification dans la matière même, on a désigné par des lettres ces états dans certaines limites de températures ; ainsi on aurait du fer γ entre 1130 et 830°, non magnétique et dissolvant le carbone, du fer β de 830° à 740° non magnétique et ne dissolvant pas le carbone, du fer α de 740° à 690° magnétique et ne dissolvant pas le carbone. On appelerait fer δ l'état au-dessus de 1130° et fer ε, celui au-dessous de 690°. M. Paillot indique les moyens employés pour l'étude micrographique du fer, les noms et propriétés des différents éléments que l'œil exercé sépare aisément au microscope.

M. Paillot rappelle ensuite la théorie des phases et l'applique à l'étude des aciers.

M. le Président remercie M. Paillot de sa savante communication et compte entendre prochainement de nouveaux commentaires sur cette question.

Séance du 21 juin 1904.

Présidence de M. SCHMITT, Président.

M. Lemoult qui n'avait pu assister aux précédentes séances, remercie le Comité de sa nomination de vice-président.

A la suite d'une mission en Allemagne, il rapporte au Comité le mode d'enseignement de la chimie dans les universités germaniques. En Allemagne, on donne aux étudiants des idées

non seulement théoriques mais aussi susceptibles d'applications industrielles, ce qui leur assure des situations immédiates dans les usines, où ils sont très recherchés. Dans ce pays toute fabrique un peu importante a un laboratoire de recherche ou d'essai et de plus les industriels consultent souvent les professeurs, les chargent de travaux, ce qui est très critiqué par certains de ces derniers, tandis que l'industrie au contraire en retire un grand profit.

M. Lemoult compare cet état de chose à ce qui existe en France et préconise comme en Allemagne la spécialisation des universités ainsi qu'un enseignement pratique.

M. le Président remercie M. Lemoult de son intéressant compte-rendu et pense utile de le faire en Assemblée générale.

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

Séance du 19 avril 1904.

Présidence de M. le Dr GUERMONPREZ.

M. le Président fait savoir que sur l'avis du comité du Commerce, notre Conseil d'administration a souscrit comme membre du comité de Madagascar, section de Lille.

Le programme du concours de 1904 est adopté définitivement.

M. Détrez a envoyé à la Société Industrielle un travail sur la « recherche des distances géographiques et en particulier de Calais à Douvres » pour être présenté au concours de 1904. Le comité remercie M. Détrez de cet envoi qui sera mis à notre bibliothèque et regrette qu'il soit déjà édité et qu'il ne rentre pas dans le cadre du concours.

M. P. Deçroix fait l'historique de la législation de la lettre de change, législation qui a peu changé depuis Colbert. Il en montre tous les inconvénients, les frais considérables, les incertitudes, les complications. Il préconise comme dans certains pays la création d'un journal indiquant périodiquement les protêts et souhaite un remaniement complet de la législation.

M. le Président remercie M. Deçroix de son intéressante communication et le prie de la faire connaître en Assemblée générale.

M. Meunier expose la situation, en cas de sinistre, de l'assureur, du propriétaire et du locataire. Il signale que certains propriétaires associent imprudemment leurs locataires à leurs assurances personnelles en les relevant de leur responsabilité locative moyennant surtaxe de la prime. Dans ce cas, le proprié-

taire n'a aucun avantage et il s'expose à une déchéance grave envers l'assurance ; quant au locataire, il n'a qu'un très faible bénéfice sur la prime, mais se trouve relevé de la responsabilité pour le risque locatif. Il y a donc là un grand danger pour le propriétaire, celui-ci doit faire son assurance sans s'inquiéter du locataire qui a tout avantage à traiter avec la même compagnie.

M. le Président remercie M. Meunier de nous montrer quelle prudence il faut prendre dans ces questions délicates et le prie d'en faire part à l'Assemblée générale.

M. Kestner rappelle que la France et en particulier notre région sont les plus victimes de l'alcoolisme, fléau pour notre race et notre industrie. Il montre l'intérêt qu'il y aurait à faire dans les usines de nos sociétaires la propagande antialcoolique par voie d'affiches et de brochures publiées sous notre patronage.

Le comité propose de demander au Conseil d'administration de nommer à ce sujet une commission pour étudier la question et faire un rapport sur les mesures à prendre dans l'intérêt général.

Séance du 16 Mai 1904.

Présidence de M. F. GUERMONPREZ, Président.

Après la lecture du procès-verbal, M. le Président rappelle que notre Vice-Président, M. Vandame vient d'être nommé adjoint au Maire de Lille ; il regrette son absence aujourd'hui, néanmoins au nom du Comité, il lui adresse toutes nos félicitations, l'assure de notre entier dévouement pour le seconder, s'il y a lieu, dans ces fonctions, et sera heureux d'étudier avec lui les questions d'utilité publique.

Le Comité approuve M. le Président à l'unanimité.

M. Vanlaer entretient le Comité du fonctionnement de l'impôt sur le revenu en Angleterre. Contrairement à ce qui se passe en France, cet impôt n'est pas établi sur les signes extérieurs de la fortune, mais est basé séparément sur toutes les sources de revenus que l'on classe en cinq catégories désignées par les cinq premières lettres de l'alphabet. A, impôt foncier ; B, sorte de patente agricole ; C, impôt sur les valeurs mobilières ; E impôt sur les traitements et pensions des fonctionnaires ou assimilés ; D, impôt sur les revenus ne rentrant pas dans les catégories précédentes.

M. Vanlaer explique la méthode du stoppage qui consiste à prélever l'impôt avant que les revenus n'atteignent les destinataires, la fixation du taux annuel de l'impôt, son principe dégressif, la façon de contrôler les déclarations des contribuables et la situation fiscale des étrangers.

M. Decroix lit à ce sujet une note détaillée donnant les formalités à remplir par ces derniers pour se faire dégrever des impôts.

M. le Président remercie MM. Vanlaer et Decroix des renseignements qu'ils nous ont fait connaître sur cette intéressante question.

Séance du 14 juin 1904.

Présidence de M. le Dr GUERMONPREZ, Président.

MM. De Swarte et Vaillant s'excusent de ne pouvoir assister à la réunion de ce jour.

M. le Dr Guermonprez parle comparativement de l'assurance-accident en France et en Allemagne. Il retrace en quelques mots la situation de cette question dans notre pays et les discussions récentes qu'elle a suscitées au Parlement; puis il compare le

mécanisme de l'assurance-accident en France et en Allemagne, où il est très différent. Ainsi chez nous, les fonds de garantie sont versés à la caisse des dépôts et consignations et exceptionnellement utilisés d'une autre manière ; en Allemagne, ils ne sont jamais versés dans les caisses de l'État ; ils servent surtout aux travaux publics sous la garantie des communes et profitent de cette façon à ceux qui les ont constitués. En France, la liquidation de l'accident dépend du tribunal de 1re instance, en Allemagne, elle est du ressort du Tribunal arbitral, qui est corporatif. C'est toujours la conséquence d'un avis du chirurgien ; celui-ci peut avec les médecins de la victime intervenir dans l'expertise, ce qui est interdit en France. M. le Dr Guermonprez détaille enfin la procédure de l'appel et de la révision des rentes dans les deux pays en matière d'accident du travail.

Le Comité remercie M. le Dr Guermonprez de son intéressant communiqué.

TROISIÈME PARTIE

TRAVAUX DES MEMBRES

DE LA LÉGISLATION DE LA LETTRE DE CHANGE

Par M. P. DECROIX.

Au cours du dernier siècle, l'activité des transactions commerciales eut pour résultat l'extension considérable de la circulation fiduciaire : aussi bien dans les relations intérieures que dans les opérations internationales, les lettres de change, mandats, promesses, chèques, jouent un rôle d'une importance croissante comme instruments de compensation et de crédit : or, les diverses modifications survenues dans leur mode d'emploi n'ont pas eu de répercussion immédiate dans les lois commerciales qui ont suivi, tardivement, cette évolution.

Successivement, les diverses législations ont admis le chèque et pris des précautions pour éviter toute concurrence à la lettre de de change revêtue, elle, d'un timbre proportionnel ; de là, le délai réduit de circulation de ce genre de valeurs ; il est de cinq et huit jours en France suivant que le chèque est tiré et payable sur place, ou d'une ville sur une autre ; en Belgique, il est de trois et six jours ; de huit et quinze jours en Italie ; et en Hollande, d'un mois et trois mois, sauf pour les chèques au porteur sur des banquiers : leur

paiement doit être réclamé dans les trois jours de la remise. En Angleterre, l'article 73 de la loi du 18 août 1872 porte que le chèque « est une lettre de change tirée sur un banquier et payable sur demande » ; sa présentation n'est pas soumise à des délais stricts, sous peine de perte de recours ; elle doit avoir lieu *dans un temps raisonnable*. Dans son aperçu de la loi anglaise au point de vue pratique et commercial, M Adolphus Selim écrit : « Lorsque le chèque » est payable dans l'endroit où réside le bénéficiaire, il doit être » présenté au moins le lendemain du jour de sa réception. — S'il » est payable ailleurs, il suffit qu'il soit envoyé par la poste le lende- » main du jour où il a été reçu et dans ce cas, il doit être présenté le » jour suivant. A défaut de quoi, en cas de déconfiture de la Banque, » c'est au porteur du chèque à supporter la perte causée par sa » négligence ».

Ces diverses dispositions légales sont essentiellement modernes en ce qu'elles activent les paiements et tiennent implicitement compte de la facilité des transports ; à ce point de vue, elles font contraste avec notre vieux Code de Commerce basé sur l'ordonnance de 1673, et dans lequel les jurisconsultes de cette époque avaient donné au contrat de change, relativement à la stipulation de remise d'argent de place à place, une rigidité que la loi du 7 juin 1894 a fait disparaître en supprimant le mandat tel qu'il avait été compris jusqu'alors. Quatre-vingt-dix ans avaient passé sur le Code Napoléon pour arriver à ce résultat.

D'autres modifications désirables ont fait l'objet de propositions et d'études spéciales ; le plus souvent, elles furent rejetées comme impraticables. Cependant il nous paraît nécessaire de les soumettre avec plusieurs autres à la compétence des membres de la Société Industrielle : elles sont utiles pour empêcher certains abus que les exigences du Code seules peuvent permettre, pour sauvegarder parfois les droits des tireurs et des porteurs d'effets de commerce, ou pour établir définitivement des façons d'agir qui entrent dans les usages commerciaux mais qui peuvent toujours être discutées en l'absence d'un texte précis.

Endossement en blanc. — Les articles 137 et 138 du Code de Commerce indiquent les conditions requises pour la validité de l'endossement ; il en résulte que l'endossement en blanc est irrégulier et ne vaut que comme procuration, mais le porteur a le droit de le remplir et de lui donner sa complète valeur légale. Il serait désirable d'admettre comme régulier l'endossement en blanc. La plupart des législations étrangères en décident ainsi : d'ailleurs, la question a déjà été soulevée en France : la Chambre de Commerce de Lille a adopté, le 11 mai 1900 et transmis à M. le Ministre du Commerce le rapport de M. Henri Decroix, qui tend à réclamer la modification de l'article 138 du Code de Commerce et à le remplacer par l'article suivant : « Celui qui a simplement apposé sa signature sur le dos de la lettre de change est présumé en avoir reçu la valeur du preneur. Ce dernier, àmoins de preuve contraire, est considéré à l'égard de tous, comme en étant propriétaire, et il a le droit de remplir l'endos à son profit conformément aux dispositions de l'article précédent art. 137 ». Plus récemment encore, M. Grousset, directeur des entrepôts et magasins généraux, a comparé à ce sujet la législation française à celle d'un grand nombre de contrées, et fait une proposition très documentée dans le même sens : le résultat s'en fait encore attendre.

Commercialité de tous les effets de commerce. — Bien que l'article 632 du Code de Commerce répute acte de commerce entre toutes personnes les lettres de change et par conséquent les mandats ; depuis la loi de 1894, il arrive souvent que des contestations sont soulevées à cause d'acceptations données par des non-commerçants, notamment des cultivateurs. Il faut souvent user de subtilités de procédure pour obtenir la compétence du Tribunal de Commerce. Quant aux engagements par billets à ordre ou par chèque, ils sont purement civils s'il s'agit de non-commerçants et même quand les billets sont souscrits par un commerçant pour des causes indépendantes de son commerce.

Cette non commercialité est préjudiciable au créancier, obligé d'exposer des frais plus importants pour arriver au remboursement. Elle est même dans une certaine mesure préjudiciable au débiteur, les ennuis possibles pouvant se traduire par une charge plus grande qui lui est imposée, par augmentation de frais ou de taux d'intérêt : il y aurait donc avantage à stipuler que tous engagements par lettres de change, billets ou chèques, rendent les obligés justiciables des Tribunaux de Commerce. En Italie, d'ailleurs, l'art. 3 § 12 du Code de Commerce considère comme actes de commerce les lettres de change et les ordres en denrées (billets en marchandises) ; le paragraphe 8 de l'article 251 porte que « la lettre de change portant l'obligation de » payer « peut être nommée aussi « billet à ordre » ou « valeur cambiale ». On peut aussi y assimiler le chèque, l'art. 341 portant que « toutes dispositions relatives aux lettres de change et concernant » l'action contre le tireur et les endosseurs sont applicables au » chèque ». A noter aussi, à l'appui de la thèse en question l'article 54, stipulant que « si un acte est commercial pour une seule des » parties, toutes les parties sont sujettes, à cause d'elle, à la loi » commerciale ». — Une telle proposition, en France, aurait pour effet d'augmenter les attributions et par suite les occupations des juges consulaires : nous nous bornons à la signaler à leur attention, ainsi que la suivante.

Malgré la rapidité des communications, les délais de recours et de dénonciation sont restés inchangés ; il en résulte qu'un tireur peut légalement ignorer pendant un ou deux mois le paiement de son effet. Sans modifier ces délais, on pourrait, en s'inspirant des législations étrangères en vigueur, remplacer la procédure de dénonciation par un avis donné dans de courts délais, la dénonciation du protêt, avec toutes ses conséquences, n'étant alors utilisée que dans des cas particuliers. En France, le délai est de 15 jours, outre les délais de distance ; en Hollande, il n'est que de cinq jours.

L'art. 317 du Code de Commerce italien stipule que le porteur d'une lettre de change protestée doit en aviser son endosseur dans les

deux jours de la date du protêt et que celui qui est ainsi informé doit à son tour aviser son cédant dans les deux jours de la notification reçue, et ainsi de suite jusqu'au tireur ou au premier endosseur d'un billet à ordre. L'avis est réputé donné par la remise à la poste d'une lettre recommandée adressée à la personne à qui il doit être donné. C'est la disposition qui existe en Allemagne, avec les mêmes délais et dans des conditions semblables ; celui qui ne se conforme pas à ces dispositions ne perd pas son recours, mais peut, le cas échéant, être tenu à la réparation du dommage causé par sa négligence ou son retard.

En Angleterre, la notification doit être faite pour conserver le recours : elle peut être effectuée par écrit ou verbalement. Si les deux parties résident dans le même lieu, la notification doit être faite ou expédiée à temps pour être reçue le lendemain du refus de paiement. Si les parties résident dans des lieux différents, la notification doit être expédiée au plus tard le lendemain du jour où a été opposé le refus de paiement, ou, s'il n'y a pas de levée ledit jour, par la poste suivante.

Dans cet ordre d'idées, sans aller jusqu'à la modification des formalités de dénonciation du protêt, il serait désirable que le tireur fût informé du protêt, le jour même où il est dressé. L'huissier pourrait être chargé de cet avis et réclamer des frais à cet égard : sans étendre cette mesure à tous les effets protestés, on pourrait l'appliquer aux seuls effets acceptés. Nous ne croyons pas que la question ait été posée jusqu'ici d'une façon aussi particulière ; la Chambre de Commerce de Lille en avril et juin 1896 ; en 1897 celle de Troyes, en 1898 celle de Nevers, ont envisagé l'avis à donner au tireur par le dernier porteur et par l'huissier et somme toute ont repoussé cette disposition comme impraticable : nous estimons qu'elle pourrait être étudiée à nouveau avec fruit dans les conditions indiquées.

Ici se pose une question connexe.

L'enregistrement n'admet en France la communication d'un acte de protêt que dans certaines circonstances particulières. Il n'en est pas de même partout en Europe.

Le Code de Commerce italien (art. 689) est ainsi conçu : « Dans les » sept premiers jours de chaque mois, les notaires et les huissiers » doivent transmettre au président du Tribunal de Commerce dans » le ressort duquel ils résident, ou du Tribunal civil qui le remplace, » sur un état imprimé approprié, fourni par le Tribunal aux frais » d'office, un tableau des protêts faits pendant le mois écoulé. La » liste doit indiquer la date de chaque protêt, les noms et domiciles » des personnes auxquelles il a été fait et du requérant, l'échéance » de l'obligation protestée, la somme dûe et les motifs du refus de » paiement. — Les listes doivent être remises de mois en mois en » liasse et conservées au greffe, pour que chacun puisse en prendre » connaissance. — Le notaire ou huissier qui ne remplit pas cette » obligation est puni d'une amende de 5 à 50 francs ».

En Belgique, les prescriptions de l'art. 443 ne concernent que les valeurs acceptées et les promesses ; les tableaux doivent être déposés au greffe dans les dix premiers jours de chaque mois. Mais l'art. 14 de la loi du 10 juillet 1877 porte que si l'huissier ou l'agent des postes qui a fait le protêt atteste par écrit, au receveur de l'enregistrement, que l'effet a été payé, le protêt n'estpas porté au tableau.

Cette attestation ne peut être refusée au débiteur qui a payé l'effet.

La proposition d'introduire en France de telles mesures serait assurément très discutée, à divers points de vue : elle ne saurait être formulée, nous semble-t-il, que dans le but de simplification de la notification du protêt.

En revanche, voici un point très intéressant à élucider au point de vue pratique :

Un effet impayé doit être remis à l'huissier le lendemain de l'échéance à midi ; il peut arriver un retard qui oblige le porteur à ne le présenter que le lendemain ou les jours suivants, et précisément pour cette raison le porteur ne se juge pas tenu de le présenter au premier jour. Une stipulation réglant la matière et instituant notam-

ment la remise à l'huissier de l'effet présenté tardivement, le lendemain de la présentation, serait certainement utile.

Les diverses législations renferment des stipulations quant à l'effet de l'endossement après échéance, mais ne précisent rien pour les délais de présentation. Seul le code néerlandais dit (art. 202) que quand une lettre de change envoyée en temps utile ne parvient toutefois qu'après son échéance, par suite de circonstances fortuites, la présentation et le protêt faute de paiement doivent être faits le lendemain de la réception si le tiré réside dans le même endroit que le porteur, ou autrement, dans les huit jours.

A ce chapitre se rapporte la réclamation possible d'intérêts de retard.

Intérêts de retard. — D'après l'article 184 du Code de Commerce, les intérêts ne sont dûs qu'à compter du jour du protêt. Il en résulte qu'un effet payé le lendemain, avant protêt, ne permet aucune réclamation d'intérêt et ce, quelle que soit son importance.

C'est une perte imposée au porteur et qu'il ne devrait évidemment pas supporter. Souvent une réclamation au cédant, faite pour une semblable cause, amènerait des discussions qu'on préfère éviter. semble équitable que l'intérêt puisse être compté à partir du jour de paiement, étant donné que la présentation ait été régulièrement faite.

L'anomalie est d'autant plus singulière, qu'un arrêt de cassation, du 8 janvier 1864, admet que pour les effets *sans frais* l'intérêt coure à partir du jour de paiement.

En Belgique et en Hollande, les intérêts se comptent aussi à partir du jour du protêt, mais en Angleterre, en Allemagne et en Italie, ils sont dûs à partir de l'échéance.

En France, le Code ne fait pas état des effets sans frais. Cette stipulation est cependant d'un usage courant ; on peut dire même qu'elle a, implicitement, été légalement reconnue, les recouvrements par la poste ayant été établis tout d'abord pour des effets non protes-

tables et les stipulations qui les concernent existant toujours, bien que la poste se charge maintenant du recouvrement d'effets protestables. Mais dans les rapports commerciaux, tout ce qui a trait aux effets sans frais s'établit par analogie, sans qu'aucun texte vienne sanctionner ces errements. A l'exemple de la Belgique, il serait bon qu'une disposition légale établisse, pour les effets sans frais, les droits et les devoirs de tous, au même titre que pour les effets protestables.

La clause « sans frais » est à peu près ignorée dans les différents Codes ; en France, un arrêt de cassation du 1er décembre 1841 se borne à stipuler que la clause de *retour sans frais* apposée par le tireur sur la lettre de change dispense le porteur de faire protester pour conserver son recours. C'est à peu près ce qui existe en Allemagne et en Hollande.

En Italie, l'article 309 déclare que la clause « sans frais », d'où qu'elle vienne, doit être réputée non écrite.

En Angleterre pour les lettres de change intérieures (*inland-bills*), le protêt n'est pas nécessaire : la simple notification ou au plus, le noting par un notaire, sont suffisants. En fait, les *inland-bills* sont considérés comme étant *sans frais*. En Belgique, par contre, des dispositions formelles existent. L'art 59 de la loi du 20 mai 1872 s'exprime ainsi : « Les conventions particulières recevront leur exécu-
» tion, nonobstant la mention sans frais. La cause du retour sans
» frais, insérée dans l'effet par le tireur, dispense le porteur de
» l'obligation de faire protester la lettre de change et d'exercer dans
» la quinzaine l'action récursoire avec notification du protêt. Toute-
» fois, le porteur est tenu d'informer du non paiement de la lettre,
» dans la quinzaine qui suit l'échéance, ceux contre qui il veut
» conserver son recours, et ceux-ci ont la même obligation à remplir
» vis-à-vis de leurs garants, dans la quinzaine de la réception de
» l'avis. La clause du retour sans frais émanée d'un endosseur,
» produit ses effets vis-à-vis de cet endosseur et de ceux qui
» le suivent ».

C'est de la Belgique aussi que pourrait nous venir aussi l'exemple de la simplification de l'acte de protêt. Quant aux protêts de perquisition, les Chambres de Commerce de Perpignan, de Bourges, Grenoble, Péronne et Clermont-Ferrand ont demandé, dans le cours de l'an 1901, la simplification de sa procédure et de son texte : une proposition a été déposée dans ce sens à la Chambre des Députés, le 6 juin 1901, et n'a pas abouti encore.

Nous n'insisterons pas sur ce point et négligerons même d'en indiquer d'autres qui présenteraient un caractère de moindre urgence : nous nous sommes bornés à signaler ces diverses questions à votre attention bienveillante dont nous avons quelque peu abusé aujourd'hui ; elles valaient sans doute d'être mises au jour et sont de nature à suggérer d'autres réformes : cet exposé se trouvera donc forcément incomplet et surtout en ce que nous nous abstiendrons de nous résumer et de conclure.

Il appartiendra, Messieurs, au Comité du Commerce, de la Banque et de l'Utilité Publique de reprendre, si bon lui semble, cette étude avec le concours de votre expérience et de vos lumières et de mettre au point une proposition de révision de la législation de la lettre de change et qui comblera ses lacunes. Pour aboutir, il importe de présenter un projet discuté d'avance et essentiellement pratique, pour faciliter sa tâche au législateur. En arrivant au résultat désiré, la Société Industrielle aura bien mérité du monde des affaires et notamment de notre région où les paiements de toute nature, de plus en plus divisés et nombreux sont le témoignage d'une extrême activité industrielle et commerciale.

RELATIONS GÉNÉRALES ENTRE LA CHALEUR de COMBUSTION des COMPOSÉS ORGANIQUES ET LEUR CONSTITUTION

CALCUL DES CHALEURS DE COMBUSTION

Par M. Paul LEMOULT.

I. — INTRODUCTION ET HISTORIQUE.

Les corps en brûlant dégagent de la chaleur en quantité variable suivant leur nature et les circonstances de la combustion ; afin d'éliminer l'influence de ces circonstances, on envisage la combustion qui se produit au sein d'une atmosphère d'oxygène en excès de manière qu'elle soit totale.

La chaleur de combustion est alors le maximum de la quantité de calories que puisse dégager un corps en brûlant ; cette notion présente une importance capitale en science et dans les applications. En science parce qu'elle permet, à l'aide de calculs simples, d'évaluer l'énergie mise en jeu au moment où les divers atomes constituants se sont réunis pour donner naissance au composé envisagé, énergie que l'on chiffre facilement et qui s'appelle la chaleur de formation. Dans les applications, parce qu'il est de toute nécessité de connaître la valeur exacte d'un combustible usuel : échantillon de charbon, de bois, d'huile, de pétrole, d'alcool, d'essence, de gaz, etc.... qui peuvent être utilisés dans l'alimentation directe ou indirecte d'un appareil de chauffage ou d'un moteur. Il va sans dire par exemple qu'avant de se rendre compte du rendement total d'un appareil produisant de l'énergie au moyen de vapeur, il est nécessaire de

connaître la valeur calorifique propre du charbon que l'on emploie pour vaporiser l'eau ; de même le rendement d'un moteur à gaz pauvre ou riche est fonction de la nature de celui-ci et surtout de sa valeur calorifique qu'il importe dès lors de connaître à chaque instant au cours d'une série d'essais de rendement.

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer les chaleurs de combustion ; mais il en est une particulièrement élégante et commode, celle de la bombe calorimétrique inventée par M. Berthelot et qui consiste, en principe, à brûler dans un obus en acier doublé intérieurement de platine le corps étudié mis en présence d'un grand excès d'oxygène comprimé ; l'obus placé dans l'eau lui communique la chaleur produite par la combustion ; de l'élévation de température qui en résulte on déduit par un calcul simple la chaleur de combustion de l'échantillon envisagé. M. Matignon a exposé ici même l'emploi de la bombe calorimétrique de Berthelot et les avantages qu'il y aurait pour les industriels à connaître la valeur réelle de leurs combustibles solides, liquides ou gazeux déterminée par cet appareil. Ajoutons toutefois que le résultat brut de la mesure se rapporte à une combustion en vase clos et par suite à volume constant ; cette combustion diffère de l'opération pratique qui se fait dans un foyer ouvert, c'est-à-dire à volume variable mais à pression presque constante. On passe avec la plus grande facilité de la donnée expérimentale à la donnée pratique et l'usage ayant prévalu d'envisager les chaleurs de combustion à pression constante, il ne sera question, dans tout ce qui va suivre que de ces quantités.

Dans la pratique, on rapporte les résultats à un kilo, à un quintal ou à une tonne de combustible ou a un mètre cube de gaz ; en science, on les rapporte à la molécule, c'est-à-dire à un poids variable avec chaque corps mais qui pour chacun d'eux est fixé par des règles immuables. Il sera donc question ici des chaleurs de combustion moléculaires des divers composés chimiques, à pression constante.

On a fait, surtout depuis la découverte de la bombe calorimétrique

un nombre considérable de déterminations sur les corps les plus divers et il nous a semblé qu'il y aurait intérêt à chercher une méthode qui permettrait de retrouver par le calcul la chaleur de combustion d'un corps donné. La méthode qui se présente le plus naturellement à l'esprit consiste à donner à chaque corps simple un coefficient qui représente son appoint thermique et à faire la somme de ces coefficients pour tous les éléments qui figurent dans la molécule ; mais elle ne donne pas de bons résultats car il n'y a pas que les éléments qui interviennent, mais aussi et dans une large mesure, leur mode de groupement c'est-à-dire pour employer un langage chimique, les diverses fonctions dont est pourvue la molécule.

Jusqu'ici aucune des tentatives faites dans ce sens n'avait donné de résultats satisfaisants. Mentionnons, sans nous y arrêter et seulement pour mémoire la tentative faite par le Dr Quesneville (voir *Moniteur Scientifique* du Dr Quesneville, novembre 1880, page 1155) ; elle ne s'étend qu'à un très petit nombre de déterminations, les seules connues à cette époque.

La première tentative importante qui ait été faite pour établir une méthode de calcul des chaleurs de combustion est due à Thomsen [1]. Basée sur les déterminations que l'auteur avait faites au moyen du « Brûleur universel » de la chaleur de combustion d'un certain nombre de composés choisis dans les diverses fonctions, cette méthode consiste à faire intervenir :

1° La chaleur de combustion $f(\gamma)$ de l'atome de carbone supposé isolé, soit 135.340 cal., qui surpasse de 38.380 cal., la même quantité relative au carbone amorphe (96.960 cal.).

2° La chaleur de combustion $f(H^2)$ d'une molécule d'hydrogène, soit 37.780 cal.

3° Les équivalents thermiques v_1, v_2, et v_3 des diverses quantités

---

(1) *Thermochemische Untersuchungen*, t. 4, p. 237.

d'énergie développées au moment où s'établissent entre 2 atomes de carbone, une liaison simple, double ou triple.

$$v_1 = v_2 = 14.200 \text{ cal.} \qquad v_3 = 0 \ .$$

4° L'équivalent thermique $2r$ de l'énergie développée quand une molécule d'hydrogène se fixe sur un atome de carbone.

$$2r = 30.000 \text{ cal.}$$

L'auteur en déduit des tableaux de valeurs calculées qu'il compare aux valeurs mesurées et diverses formules comme la suivante par exemple relative à la chaleur de combustion à l'état gazeux et sous pression constante d'un carbure $C^a H^{2b}$,

$$\text{chal. comb. } (C^a H^{2b}) = a.\ 135.340 + b.\ 37.780 - n.\ 14.200 + 500$$

n étant le total des liaisons simples et doubles que contient la molécule.

Pour les composés autres que les carbures, Thomsen maintient le plus souvent, mais pas toujours, les valeurs fondamentales citées plus haut, et donne la valeur d'un terme de correction relatif à chaque fonction envisagée ; par exemple 119.960 cal. pour les acides. Ce système a été critiqué par J. W. Brühl [1], par Armstrong [2] et a perdu presque toute sa valeur depuis qu'on a reconnu l'inexactitude des données expérimentales fournies par le brûleur universel [3].

La méthode adoptée par O. Diffenbach [4] est un perfectionnement de celle-ci : l'auteur adopte pour valeurs fondamentales

$$f(\gamma) = 166.573 \text{ cal.} \qquad f(H^e) = 11.039 \text{ cal.}$$

$$v_1 = \frac{2}{3} \quad v_2 = \frac{2}{3} \quad v_3 = \frac{4}{3} \quad w = 30.300 \text{ cal.}$$

---

(1) *Journ. f. prakt. Chem.* (2), t. 35, p. 181.
(2) *Phil. Mag.* (3), t. 23, p. 73.
(3) Stohmann, *J. f. prakt. Chem.* (2), t. 33, p. 260 et 575 ; t. 35, p. 136.
(4) *Zeitschr. f. physik. Chem.* t. 5, p. 566.

$f(H_c)$ étant la chaleur de combustion d'un atome d'hydrogène supposé lié à un C ; w étant la valeur d'une liaison entre 2 atomes de carbone du triméthylène ; comme on le voit, ici v_3 n'est plus nul mais égal à v_2 et différent de v_1.

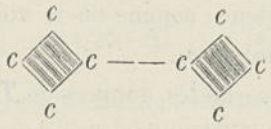
L'auteur fait choix, parmi les données de Thomsen et négligeant celles de MM. Berthelot, Stohmann, etc., de celles au nombre de 15 qui lui paraissent dignes de confiance et arrive à les reproduire avec une grande exactitude par le calcul. Là se borne cette tentative qui manque d'ampleur et qui est entachée d'une erreur originelle puisqu'elle repose sur les données de Thomsen.

II

La méthode que j'ai imaginée diffère des précédentes par l'idée qui lui sert de base, par les données numériques sur lesquelles est établi le calcul et par l'étendue des comparaisons entre valeurs mesurées et valeurs calculées ; ces comparaisons s'étendent, en effet, à tous les composés organiques dont les chaleurs de combustion ont été relevées dans le traité de M. Berthelot : *Thermochimie. Lois et Données numériques* sans lequel mon travail eût été impossible ; j'ai adjoint à ces données toutes celles qui ont paru depuis la publication de cet ouvrage.

L'idée fondamentale consiste, au lieu de supposer isolés d'une part les atomes de C, d'autre part ceux d'Hydrogène d'une molécule, et en troisième lieu leurs liaisons puis d'attribuer à chacune de ces quantités une valeur numérique, à considérer les divers groupes que forment dans une même molécule les associations d'atomes de carbone entre eux ou avec l'hydrogène, *liaisons comprises ;* à cet effet, l'atome de carbone C = 12 gr. est partagé par la pensée en 4 *atomes élémentaires c* inséparables et liés entre eux par une énergie qu'il est inutile de connaître et vain de chercher puisque l'édifice C ou 4 *c*. résiste par définition, à tous les phénomènes chimiques, y compris la combustion. Une molécule contient-

elle 2 atomes de carbone échangeant entre eux une simple liaison, ceci se traduira par



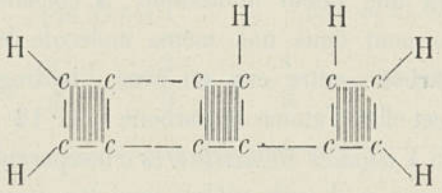
ou plus simplement par l'existence d'un *groupe élémentaire* (c — c) ; si la liaison est double nous aurons le groupe ($c^2 = c^2$) et le groupe ($c^3 \equiv c^3$) si la liaison est triple ; enfin, nous aurons le groupe (c — H) si la molécule contient de l'hydrogène et ce groupe sera répété autant de fois qu'il y aura d'atomes d'hydrogène liés au carbone.

Nous envisagerons de même les atomes élémentaires des divers simples : Oxygène, azote, soufre, etc..., chacun des atomes de ces éléments contenant autant d'*atomes élémentaires* que l'atome ordinaire a de valences ; nous aurons ainsi de nouveaux *groupes élémentaires* tels que :

$$(c - o) \quad (c^2 = O) \quad (c - az) \quad c^2 = az^2) \quad (c^3 \equiv Az), \text{ etc...}$$

il va sans dire que les divers *atomes élémentaires* placés de part et d'autre des traits qui figurent les liaisons n'appartiennent jamais à un même atome et que leur nombre devra toujours être complété jusqu'à 4 pour le C ; 2 pour l'O ; 3 pour l'Az, 2 pour le S et ainsi de suite.

Par exemple le propylène $CH^2 = CH - CH^3$ s'écrira dans ce système représentatif



et contiendra comme *groupes élémentaires*

$$1\,(c^2 = c^2) \qquad 1\,(c - c) \qquad 6\,(c - H)$$

De même par exemple, le sulfocyanate normal de méthyle $Az \equiv C - S - CH^3$ contiendra

$$1\,(c^3 \equiv Az) + 2\,(c - s) + 3\,(c - H)\,;$$

de même aussi la butyramide contiendra

$$3\,(c - c) + 7\,(c - H) + 1\,(c^2 = O) + 1\,(c - az) + 2\,(az - H)$$

et ainsi de suite.

En attribuant à chacun de ces groupes une valeur numérique invariable qui représente la valeur de son appoint, on doit pouvoir reproduire par le calcul les chaleurs de combustion de tous les composés organiques en les décomposant en *groupes élémentaires* et en faisant la somme de tous ces appoints ; représentant ces derniers par $f(\ldots)$ et admettons :

$$f(c - c) = 51 \text{ Cal.} \quad f(c^2 = c^2) = 130 \text{ Cal.} \quad f(c - H) = 53 \text{ Cal.}$$

la chaleur de combustion calculée du propylène est 499 Cal. ; or la valeur mesurée : 499 Cal. 3.

Nous ne nous occuperons ici que des carbures et de leurs dérivés oxygénés et avant de faire la comparaison des résultats calculés et mesurés, signalons deux résultats importants : 1° la différence entre la chaleur de combustion de 2 homologues consécutifs est représentée par $f(c - c) + 2\,f(c - H) = 157$ Cal. ; *c'est la loi de l'homologie au carbone*, et 2° la chaleur de combustion de deux ou plusieurs isomères de mêmes fonctions est la même ; *c'est la loi de l'isomérie*. Ces deux lois ont été souvent vérifiées avec une approximation de $^1/_{200}$ environ, nous allons montrer que l'accord entre les valeurs calculées et les valeurs expérimentales des chaleurs de combustion à pression constante des composés pris dans leur état actuel atteint presque toujours et dépasse souvent cette limite.

§ 1. — Carbures.

La chaleur de combustion d'un carbure saturé $C^n H^{2n+2}$ est donnée par :

$$C = (n - 1)\ 51 + (2\,n + 2)\ 53 = 157\,n + 55, \quad (a)$$

puisque la molécule contient $n - 1$ groupes $(c - c)$, et $2\,n + 2$ groupes $(c - H)$; on vérifie aisément que cette formule s'accorde très bien avec l'expérience ; nous y reviendrons plus loin ; mais faisons remarquer que l'on peut écrire :

$$C = 157\,n + 55 = 102\,n + \frac{55}{2}(2\,n + 2)$$

or n est le nombre des atomes de carbone, $2\,n + 2$ celui des atomes d'hydrogène ; si donc nous représentons le carbure par $C^x H^y$, sa chaleur de combustion z sera représentée par

$$z = 102\,x + \frac{55}{2}y \qquad (1)$$

puisque $x = n$ et $y = 2\,n + 2$.

Cette formule est très importante car elle est variable non seulement pour les carbures saturés acycliques mais encore pour les carbures cycliques : benzène, naphtalène, etc... et pour leurs dérivés à chaînes latérales saturées. Adoptons pour ces corps les formules Claus à l'exclusion des formules Kekulé, et nous verrons plus loin comment on y est amené, si m représente le numéro d'ordre de l'un d'entre eux, on voit facilement qu'il contient $7\,m + 2$ fois le groupe $(c - c)$ et $2\,m + 4$ fois le groupe $(c - H)$: la chaleur de combustion C' est donc :

$$C' = (7\,m + 2)\,51 + (2\,m + 4)\,53 = 463\,m + 314, \quad (b)$$

mais on peut écrire

$$C' = 102\,(4\,m + 2) + \frac{55}{2}(2\,m + 4) ;$$

or $4\ m + 2$ représente justement le nombre d'atomes de carbone et $2\ m + 4$ le nombre des atomes d'hydrogène du carbure cyclique d'ordre m ; si donc on écrit ce corps sous la forme $C^x H^y$, sa chaleur de combustion devient :

$$z = 102\ x + \frac{55}{2} y \quad ,$$

puisqu'ici :

$$x = 4\ m. + 2 \text{ et } y = 2\ m. + 4\ ;$$

c'est-à-dire qu'elle est représentée par la formule (1) ; celle-ci s'étend aussi aux carbures cycliques à chaînes latérales saturées puisqu'elle est valable pour chacun des 2 tronçons de leur molécule. Nous arrivons donc à ce résultat très important : *On obtient la chaleur de combustion d'un carbure acyclique saturé, ou cyclique ou mixte saturé $C^x H^y$ en multipliant x par* 102, *y par* $\frac{55}{2}$ *et en additionnant les résultats trouvés.* Voici un tableau de valeurs calculées et de valeurs mesurées qui justifie cette règle, l'approximation est représentée par

(1) quand elle est inférieure à $^1/_{100}$
(2) » » comprise entre $^1/_{100}$ et $^1/_{200}$
(3) » » supérieure à $^1/_{200}$.

Carbures saturés.

	Mesure état actuel et press. const.	Calculé	Approxim.
Méthane	213,5	212	(2)
Ethane	372,3	369	(2)
Propane	528,4	526	(3)
Butane	687,2	683	(2)
Triméthylméthane	687,2	683	(2)
Pentane	844,7	840	(2)
Hexane (dipropyle)	991,2	997	(3)
Iso-Hexane (diisopropyle)	998,9	997	(2)
Heptane	1152,3	1154	(3)
Octane normal	1313,3	1311	(3)
Décane	1624,3	1625	(3)
Hexadécane	2558	2567	(3)
Eikosane	3182,5	3195	(3)

Carbures cycliques et dérivés.

	Mesuré état actuel et press. const.	Calculé	Approxim.
Benzène	776,9	777	(3) $^1/_{700}$
Naphtalène	1241,8	1240	(3) $^1/_{1200}$
Anthracène	1707,6	1703	(3)
Phénanthrène	1700,4	1703	(3)
Rétène (méthylisopropyl Phén)	2325,2	2331	(3)
Chrysène	2140,3	2166	(2)
Toluène	933,8	934	(3)
Xylènes : ortho	1084,2		(2)
» méta	1084,3	1091	(2)
» para	1084,3		(2)
Mésitylène	1251,6		(3)
Propylbenzène	1248,6	1248	(3)
Isopropylbensène	1249,9		(3)
Tétraméthylbenzène	1393 9		(2)
Propyltoluènes : 1.2.	1406,1		(3)
» (Cymol) 1.3.	1412,5	1405	(2)
Isopropyltoluène 1.3.	1410,1		(3)
Pentaméthylhenzène	1554,1	1562	(3)
Hexaméthylbenzène	1712,2	1719	(3)
Diphényle	1510,1	1499	(2)
Triphénylbenzène	2938,3	2943	(3)
Diphénylméthane	1655,7	1656	(3)
Triphénylméthane	2387,0 (1)	2378	(3)
Tétraphénylmétane	3104,1 (1)	3100	(3)
Dibenzyle	1830,2	1813	(2)

Carbures hydrocycliques.

Méthylpentaméthylène	945,7 (2)	942	(3)
Hexahydrobenzène	944 (2)	942	(3)
Hexahydrotoluène	1095	1099	(3)
Tétrahydrobenzène	892	887	(2)
Dihydrobenzène	832	832	(3)

Parmi ces résultats, il convient de signaler ceux qui concernent

---

(1) Berthelot et Schmidlin *C., R.* t. 136, p. 1560.

(2) Subow (*loc. cit.*, t. 29, p. 752); l'ancienne valeur était 933,2 Cal.

l'octane et le décane ; le calcul donne pour eux les valeurs 1311 Cal. et 1625 Cal. Leur chaleur de combustion a été déterminée en 1898 par P. Subow [1] qui a donné les valeurs : $1313^{Cal}3$ et $1624^{Cal}3$ c'est-à-dire identiques aux valeurs calculées.

Il faut ajouter également que la formule $z = 102\,x + \frac{55}{2}\,y$ s'applique très bien au méthylpentaméthylène puisqu'elle donne 942 Cal. alors que la valeur mesurée s'élève à 945 Cal. 7 ; mais elle ne s'applique pas au triméthylène ; nous y reviendrons plus loin.

Carbures non saturés.

Les carbures éthyléniques qui contiennent ce qu'on appelle des liaisons multiples comprennent un *groupe élémentaire* particulier $c^2 = c^2$ dont nous fixerons l'appoint à 130^{Cal} ; l'appoint du groupe élémentaire $c^3 \equiv c^3$ correspondant aux carbures acétyléniques sera fixé à 210^{Cal}. La formule qui donne la chaleur de combustion des carbures monoéthyléniques $C^n H^{2n}$ est par conséquent

$$f(C^n H^{2n}) = f(c^2 = c^2) + (n-2)\,f(c-c) + 2\,n\,f(c-H)\ ,$$
$$f(C^n H^{2n}) = 130 + (n\text{-}2)\,51 + 2\,n.53 = 157\,n + 28$$

qu'on peut mettre sous la forme $102\,x + \frac{55}{2}\,y + 28$ en désignant par x le nombre d'atomes de C et par y le nombre d'atomes d'H du carbure $C^x H^y$; on a donc

$$z\ (\text{éthylénique}) = 102\,x + \frac{55}{2}\,y + 28\ ; \qquad (2)$$

relation qui ne diffère de la formule (1) que par un terme correctif constant + 28 Cal. Celui-ci se trouve ainsi être la caractéristique thermique de la fonction monoéthylénique.

---

[1] *Zeitschr. f. physik. Chem.*, t. 29, p. 752.

Pour un carbure monoacétylénique $C^n H^{2n-2}$ ou $C^x H^y$ (acétylénique) on aura :

$$f(C^n H^{2n-2}) = 210 + (n-2)\,51 + (2n-2)\,53 = 157\,n + 2$$
$$= 102\,n + \frac{55}{2}(2\,n-2) + 57 \quad ;$$

ou enfin :

$$z_{\text{(acétylén.)}} = 102\,x + y + 57 \quad , \qquad (3)$$

formule encore analogue aux formules (1) et (2), mais dont elle diffère par le terme correctif + 57 Cal., à son tour caractéristique des carbures envisagés.

Voici le tableau des comparaisons auxquelles donnent lieu ces deux catégories de carbures.

Carbures monoéthyléniques.

	Mesuré.	Calculé.	Approxim.
Ethylène	341,1	342	(3)
Propylène	499.3	499	(3)
Isobutylène	650,2	656	(2)
Amylène	811,3	813	(3)
Hexylène	960,6	970	(2)
Isodibutylène	1252,5	1284	(1)
Diamylène	1596,2	1598	(3)
Styrolène	1045,5	1064	(1)
Stilbène	1773,3	1786	(2)

Carbures monoacétyléniques.

	Mesuré.	Calculé.	Approxim.
Acétylène	315,7	316	(3)
Allylène	473	473	(3)
Tolane	1738,9	1760	(1)

Carbures à plusieurs liaisons multiples.

Il arrive parfois que certains corps contiennent simultanément plusieurs liaisons multiples ; quand pour ces corps, on fait le calcul sur les bases qui viennent d'être indiquées on trouve toujours des résultats

trop élevés, environ de 40 Cal. par liaison multiple autre que la première ; par exemple le diallyle qui contient 2 ($c^2 = c^2$), puis 3 ($c — c$) puis enfin 10 (c — H) devrait avoir pour chaleur de combustion 943 Cal. tandis qu'elle s'élève à 904 cal. 3 seulement ; il faut en conclure qu'une première liaison multiple amène une perturbation dans la valeur des *appoints élémentaires* dus aux autres liaisons multiples ; malgré cela, on obtient des résultats satisfaisants en admettant qu'une seule des liaisons apporte son appoint habituel (130 Cal. ou 210 Cal. suivant sa nature), les autres n'intervenant qu'avec cette même valeur diminuée de 40 Cal. ; pour le cas envisagé plus haut, le calcul conduit ainsi à 903 Cal. ; c'est-à-dire à un résultat très satisfaisant. Voici l'ensemble des résultats relatifs aux composés de ce genre :

	Mesuré.	Calculé	Approxim.
Diallyle	904,3	903	(3)
Diméthyl diacétylène	848,3	851	(3)
Dipropargyle	853,6	850	(3)

on pourrait aisément les représenter par des formules telles que :

$$z = 102\,x + \frac{55}{2}\,y + \mathrm{A} \quad \text{analogues à (1), (2) et (3).}$$

Conséquence relative à la constitution des carbures cycliques. — On admet que ces carbures peuvent être représentés par les formules de Kekulé dans lesquelles interviennent trois doubles liaisons, mais ces formules sont à rejeter, car en les admettant, le calcul donne des chaleurs de combustion très notablement différentes de celles qui ont été mesurées ; par exemple, pour le benzène 781 Cal., pour le naphtalène 1220 Cal., pour l'anthracène 1659, etc., tandis que les valeurs mesurées sont 776 Cal. 9 ; — 1241 Cal., 8 ; 1707 Cal., etc. [1]. Rappelons que les résultats

---

[1] Les valeurs calculées en conservant à chaque liaison multiple sa valeur, c'est-à-dire en n'adoptant pas la convention faite au paragraphe précédent (perte de 40 Cal. par liaison multiple supplémentaire) sont 861 Cal.; — 1388 Cal.; — 1899 Cal., c'est-à-dire encore moins satisfaisantes.

calculés en adoptant les formules Claus (liaisons simples suivant les diagonales) 777 Cal., 1240 Cal., 1703 Cal., etc., sont conformes aux valeurs mesurées et qu'il faut dès lors préférer ces dernières formules. La conclusion qui en résulte est la suivante, très importante : *Les carbures cycliques et leurs dérivés ne contiennent donc pas de doubles liaisons* (formules Kekulé), *mais seulement des liaisons simples entre leurs divers atomes de carbone* (formules Claus)

Thomsen avait énoucé cette conclusion pour le benzène [1]. Diffenbach l'avait étendue au naphtalène [2] ; elle est tout à fait générale.

Voici quelques considérations du même genre :

La formule proposée pour le chrysène $\begin{array}{l} C^6H^4 - CH \\ | \qquad\quad || \\ C^{10}H^7 - CH \end{array}$ est à abandonner, car elle conduit à la valeur de 2300 Cal., au lieu de 2140 Cal., 3 mesuré ; ce corps doit être régardé comme le 4e terme normal de la série des carbures cycliques. Pour l'acénaphène la formule $C^{10}H^7 - CH = CH^2$ (naphtyléthylène) doit être préférée à $C^{10}H^6 \begin{array}{l} \diagup CH^2 \\ \quad | \\ \diagdown CH^2 \end{array}$, car la première aussi vraisemblable que la seconde donne : 1527 Cal. tandis que la seconde donne 1499 Cal. la valeur mesurée étant 1521 cal., 2.

La formule adoptée pour le térébenthène paraît tout à fait satisfaisante puisqu'elle conduit au chiffre 1488 Cal. (130 + 10.51 + 16.53), la valeur mesurée étant 1490 Cal,, 8 ; il n'en est pas de même pour le camphène et le menthène : les formules avec une double liaison donnent les valeurs 1488 Cal. 2 et 1543 Cal., alors que les valeurs mesurées sont : 1468 Cal. 2 (moyenne de 3 camphènes) et 1523 Cal.; peut-être y aurait-il lieu d'adopter les

---

(1) *Loc. cit.*, p. 553.
(2) *Loc. cit.*, p. 574.

formules dans lesquelles cette double liaison est remplacée par deux simples, ce qui donnerait : 1460 Cal. et 1515 Cal [1].

Dans l'ensemble sur 64 cas examinés, il y en a 6, soit 10 % où l'approximation est d'ordre (1), 17 soit 26 % où elle est d'ordre (2) et 41 soit 64 % où elle est d'ordre (3).

Représentation graphique.

L'équation (1) $z = 102\,x + \frac{55}{2}\,y$ représente un plan P ; les carbures peuvent donc être représentés par des points de ce plan et leur cote au-dessus du plan $z = 0$ donne la chaleur de combustion du carbure envisagé. Ces points sont d'ailleurs régulièrement distribués sur P puisqu'ils sont à l'intersection de P avec des plans parallèles à Oz, tels que $y = 2x + 2$ (carb. saturés) ; $2y = x + 6$ (carb. cyclique) etc. et qu'ils correspondent à des valeurs entières successives de x.

Pour les carbures non saturés, il faut faire intervenir de nouveaux plans sécants, comme $y = 2x$ ou $y = 2x - 2$ et prendre pour origine des z un plan placé soit à la cote — 28, soit à la cote — 57.

Exceptions.

Le triméthylène dont la chaleur de combustion mesurée est 507 Cal. échappe à la formule (1) qui donne seulement 471 Cal. soit un écart de 36 Cal. ; on sait que M. Berthelot a été amené à créer pour ce corps la notion et le terme d'*isomérie dynamique*, cette isomérie nous apparaît dès maintenant comme liée à l'existence d'une surcharge normale d'énergie. Comme nous le montrerons plus loin, le tétraméthylène présente la même anomalie ; mais elle ne se produit plus pour le pentaméthylène et ses dérivés, ni pour

---

(1) Cette interprétation est conforme à celle que M. Dodge (*Am. chem. Soc.*, 24 p. 642) adopté à la suite de recherches expérimentales.

l'hexaméthylène (hexahydrobenzène) ; nous reviendrons ultérieurement sur ce point.

§ II. — Dérivés oxygénés des Carbures.

Les *groupes élémentaires* correspondant à ces corps sont en nombre relativement restreint :

$$c—o \quad e^2{=}O \quad o—H \quad c—O—O—c$$

avec lesquels on peut composer les divers *groupes fonctionnels* correspondant aux alcools, cétones, aldéhydes, acides, éthers, etc... ; par exemple le groupe des alcools C—OH est formé de $c—o$ et $o—H$; celui dés acides CO^2H est formé de $c{=}O$, de $c—o$ et de $o—H$; celui des éthers C—O—C est formé de 2 ($c—o$) et ainsi de suite. Nous ne sommes point parvenu à donner à chacun de ces groupes une valeur d'appoint fixe et telle que la somme de ces appoints représente l'apport thermique des divers groupes fonctionnels constitués par leur assemblage. Mais nous avons trouvé qu'à chacun de ces *groupes fonctionnels* $c—OH$; $c^{3}\overset{O}{\overset{\|}{—}}OH$; $c—O—c$, etc., caractéristiques des alcools, acides, éthers-oxydes, etc., pouvait être attribuée une valeur numérique constante qui représente en bloc l'appoint de ce groupe ; les appoints dus aux autres *groupes élémentaires* fournis par le reste de la molécule ajoutés à cette valeur donnent la chaleur de combustion du corps envisagé. Ainsi par exemple l'acide éthylmalonique $CO^2H—C^2H^5(CH)—CO^2H$ aura pour chaleur de combustion :

$$4f(c—c) + 6f(c—H) + 2f(c^{3}\overset{O}{\overset{\|}{—}}OH),$$

or nous verrons que $f(c^{3}\overset{O}{\overset{\|}{—}}OH) = -2$ Cal., ce qui donne 518

Cal., mesuré 517 Cal, 9. Il nous suffira donc de fixer l'appoint de chaque *groupe fonctionnel* pour pouvoir à l'aide de la formule

$$\Sigma f\,(c^3 \equiv c^3) + \Sigma f\,(c^2 = c^2) + \Sigma f\,(c - c) + \Sigma f\,(c - \mathrm{H}) + \Sigma f\,(\text{groupes fonctionnels}) \qquad (c)$$

calculer la chaleur de combustion de tous les corps organiques ne contenant que du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène nous verrons qu'on y parvient aisément.

Mais on peut remplacer la formule (*c*) par une autre plus simple analogue aux relations (1), (2) ou (3), c'est-à-dire de la forme :

$$z = 102\,x + \frac{55}{2}\,y - \Sigma p\,\varphi \qquad (4)$$

pour le composé $\mathrm{C}^x\mathrm{H}^y\mathrm{O}^p$; dans cette formule φ représente un terme correctif d'une valeur déterminée pour chaque fonction et invariable avec elle ; *la connaissance des φ donne le moyen de calculer la chaleur de combustion du composé envisagé lorsqu'on connaît ses diverses fonctions ou inversement de contrôler la formule de constitution par la comparaison des chaleurs de combustion calculée et mesurée.* La relation (4) est une conséquence simple des équations (1) et analogues : on peut en effet admettre que la présence de l'oxygène dans la molécule y a amené un commencement de combustion qui intéresse en partie les atomes de carbone et les atomes d'hydrogène et qui par suite se traduit par une diminution de leur apport calorique normal $102\,x + \frac{55}{2}\,y$; cette diminution doit varier avec la répartition des atomes d'oxygène sur les C et les H, c'est-à-dire avec la fonction.

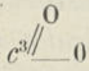
Avant d'entrer dans le détail, il faut encore signaler une particularité curieuse ; on verra que quand la molécule du composé envisagé contient une liaison multiple, l'appoint du groupe fonctionnel doit être modifié, ce qui revient à dire que la présence de cette liaison a

une répercussion thermique sur le groupe fonctionnel. Rappelons qu'elle en a une également dans les cas où cette liaison multiple se trouve accompagnée d'une ou plusieurs autres dans la même molécule. En général, il suffit pour tenir compte de cette particularité de faire le calcul à la façon habituelle (formule c), puis de retrancher au résultat 12 Cal., il n'y a exception que pour les alcools tertiaires où il faut retrancher seulement 6 Cal. et pour les anhydrides d'acides, où il faut retrancher 2.12 Cal. soit 24 Cal. Pour les cas de molécules non saturées, il faut donc substituer à la formule (4), les deux suivantes :

$$z = 102\,x + \frac{55}{2}\,y - \Sigma\,p\,\varphi + 16 \quad \text{composés monoéthyléniques (4 bis)}$$

$$z = 102\,x + \frac{55}{2}\,y - \Sigma\,p\,\varphi + 45 \quad \text{» monoacétyléniques (4 ter)}$$

Ajoutons encore qu'entre les φ et les apports des groupes fonctionnels correspondants, il y a toujours des relations simples qu'on trouve aisément :

Voici par exemple le groupe  $c^3\overset{O}{/\!/}—OH$ correspondant aux acides ; on sait que l'appoint habituel des 3 atomes élémentaires c et de l'atome d'hydrogène qu'il contient est de $\frac{3}{4}\,102 + \frac{55}{2}$ soit : 104 Cal. ; or on a vu que l'appoint du groupe fonctionnel en question est — 2 Cal. il faut donc admettre que la présence des 2 atomes d'oxygène d'un groupe acide enlève 106 Cal., ce qui revient à dire que la valeur de φ propre à ce groupe est donnée par :

$$2\,\varphi = 106$$

Pour le calcul, nous nous servirons de préférence des formules (4) plus commodes et plus expéditives que les formules (c).

1°) Alcools primaires et secondaires.

Groupe fonctionnel c — OH	f (c — OH) = 8 Cal.		φ_1 = 45
Composés saturés :	Mesuré.	Cal.	Approxim.
Alcool méthylique	170,6	167	(1)
» éthylique	325 7	324	(2)
» propylique	482,4 (1)	481	(3)
» butylique	643,8 (1)	638	(2)
» heptylique	1113,9 (1)	1109	(3)
» caprylique	1262,1	1266	(3)
» éthalique	2504,8	2522	(2)
» isopropylique	478,5 (1)	481	(2)
» isobutylique	638,8 (1)	638	(3)
» isoamylique	796 (1)	795	(3)
Diphénylcarbinol	1613,9 (2)	1611	(3)
Alcool benzylique	891,8 (2)	889	(3)
Glycol	283,3	279	(1)
Propylglycol	431	436	(1)
Isopropylglycol	436,2	436	(3)
Glycérine	397,2	391	(1)
Erythrite	502,6	503	(3)
Pentaérythrite	661,4	660	(3)
Arabitol	612	615	(3)
Mannite	728,5	727	(3)
Dulcite	729,4	727	(3)
Glucoheptite	841,2	839	(3)
Quercite	710,4	717	(2)
Rhamnose	718,5	717	(3)
Fucose	712,2	717	(2)
Inosite inactive	666,5		(2)
» dr. ou g.	663,6	672	(1)
» neutre	661,8		(1)
Camphol droit	1467,0		(3)
» inact. (neutre)	1476,1	1470	(3)
» de valériane	1474,8		(3)

(1) Valeurs données par Subow (*loc. cit.*, p. 752) ou leur moyenne avec celles que donne M. Berthelot (p. 794), écart maximum : 4 Cal.

(2) Schmidlin, *C. R.*, t. 136, p. 1560 ; pour l'alcool benzylique, l'ancienne valeur était 895,3 cal.

Composés non saturés :

Alcool allylique	442,7	442	(3)
Ethyl vinylcarbinol	753,2	756	(3)
Allyldiméthylcarbinol	914	915	(3)
Allyldipropylcarbinol	1549,9	1543	(3)
Diallylméthylcarbinol	1201,4	1202	(3)

1obis) Alcools tertiaires et dérivés hydroxylés des carbures cycliques.

Groupe fonctionnel (c — OH) $f(c - OH) = 2$ Cal. $\varphi'_1 = 51$

Composés saturés :

Triméthylcarbinol	633,6 (1)	632	(3)
Diméthyléthylcarbinol	789,6 (1)	789	(3)
Triphénylcarbinol	2341,8	2327	(2)
Phénol	736	726	(1)
Crésols ortho	883,0 (3)	883	(3)
» méta	881,0 (3)		(2)
» para	882,9 (3)		(3)
Xylénols ortho	1035,4	1040	(3)
» méta	1037,5		(3)
» para	1035,6		(3)
Pseudocuménol	1191,5	1197	(3)
Thymol	1353,7 (3)	1354	(3)
Carvacrol	1354,8 (3)	1354	(3)
Naphtols α	1188,5 (2)	1189	(3)
» β	1190		(3)
Pinacone	897,7	895	(3)
Diphénols ortho	685,2	675	(1)
» méta	683,4		(1)
» para	685,5 (2)		(1)
Pyrogallol	633,3	624	(1)

(1) P. Subow (*loc. cit.*, p. 752) ou moyennes de ces chiffres avec ceux que donne M. Berthelot (*loc. cit.*).

(2) A. Vadeur, *Ann. Chim. et Phys.* (7), t. 21, p. 540.

(3) Stohmann, *Journ. f. praktische Chemie* (2). t. 34, p. 321.

Dioxytoluols Orcine	824,7	832	(2)
» para	836,9 (1)		(2)
» (hydrotoluquinone)			(3)
Hydrothymoquinone	1308,5 (1)	1303	(3)
Hydrophénanthrènequinone	1604,3 (1)	1601	(3)
Dioxydinaphtylméthane	2477,4 (2)	2480	(2)
Menthol	1509,2	1519	(2)
Terpine	1456,7	1468	

Dans l'ensemble des 63 dérivés hydroxylés dont la chaleur de combustion a été mesurée, il y en a 11 soit 17,5 % où l'approximation est d'ordre (1); 12 soit 19 % pour l'ordre (2) et 40 soit 63 % pour l'ordre (3).

2°) Ethers oxydes et Acétals (3).

Groupe fonctionnel $c - O - c$ $\quad f(c - O - c) = 18$ Cal. $\quad \varphi_2 = 33$ Cal.

Composés saturés :

Ether diméthylique	344,2	336	(1)
» diéthylique	651,7	650	(3)
» méthylphénylique	905,5	901	(3)
» éthyl	1057,2	1058	(3)
» méthylcrésylique (m)	1057,3	1058	(3)
» éthyl (p)	1213,1	1215	(3)
Ether méthylxylénique (m)	1213,2	1215	(3)
» éthyl (p)	1368,8	1372	(3)
» propylphénylique	1213,4	1215	(3)
» diméthylrésorcylique	1023,0	1025	(3)
» hydroquinon	1015	1025	(2)

Composés non saturés :

Safrol	1244,7	1245	(3)
Isosafrol	1233,6	1245	(2)
Eugénol	1286,9	1282	(3)
Isoeugénol	1278		(3)

(1) A. Valeur, *Ann. Chim. et Phys.* (7), t. 21, p. 540.
(2) M. Delépine, *Ann. Chim. et Phys.* (7), t. 23, p. 278.
(3) M. Delépine, *Ann. Chim. et Phys.* (7), t. 23, p. 378.

Béthelphénol	1286,9	1282	(3)
Méthylchavicol	1335,1	1333	(3)
Anéthol	1324		(3)
Méthyleugénol	1459,4	1457	(3)
» isoeugénol	1448		(2)
Ethylisoeugénol	1602,9	1614	(2)
Apiol	1499,6	1349	(3)
Isoapiol	1489		(3)
Asarone	1576,8	1581	(3)
Formal diméthylique	462,5	460	(2)
» diéthylique	773,75	774	(3)
» dipropylique	1084,85	1088	(3)
» diisobutylique	1393,85	1402	(2)
» diisoamylique	1707,0	1716	(2)
Acétal diméthylique	619,9	817	(3)
» diéthylique	930,3	931	(3)
Glycol : formal	409,6	405	(1)
» acétal	558,8	562	(2)
Erythrite diformal	744,6	755	(1)
» diacétal	1048,8	1069	(1)
Marnite : triformal	1083,5	1105	(1)
» triacétal	1538,1	1576	(1)
Formal du naphtol	2502,4	2516	(3)

Dans ces tableaux figurent un certain nombre de composés présentant simultanément plusieurs fonctions différentes, le résultat calculé a été obtenu d'après la formule

$$z = 102\,x + \frac{55}{2}\,y - \Sigma\,p\,\varphi\ , \qquad (4)$$

en prenant pour φ les valeurs respectives correspondant aux diverses fonctions et faisant ensuite, s'il y a lieu, la correction exigée par la présence d'une liaison multiple, par exemple l'isoeugénol, pour lequel l'expérience donne 1278 cal. 1 alors que le calcul donne

soit : $130 + 11.51 + 11.53 + 18 + 2 - 12 = 1282$ Cal. (formule c).
soit : $102.10 + 55.6 - 33 - 51 + 16 + 1282$ Cal. (formule 4).

Il faut remarquer les divergences relatives aux acétals polyvalents ;

qui sont à la fin du tableau précédent ; les nombres trouvés sont toujours supérieurs aux valeurs mesurées et l'écart s'accentue au fur et à mesure que la même fonction se répète davantage dans la molécule, c'est une remarque générale qu'on a déjà pu faire dans d'autres séries.

3°). Aldéhydes, Cétones, Hydrates de carbone.

Le groupe fonctionnel est le même : $c^2 = O$ pour ces divers corps ; pour tous ces corps les groupes voisins seuls diffèrent d'un cas à l'autre, néanmoins nous sommes amenés à prendre par la valeur d'appoint de ce groupe deux quantités différentes.

$f(c^2 = O) = 12$ Cal. pour les aldéhydes		$f(c^2 = O) = 6$ Cal. pour les cétones,
il en résulte	$\varphi_3 = 39$ (aldéhydes)	$\varphi'_3 = 45$ (cétones)

et par suite : *un aldéhyde et une cétone ayant même nombre d'atomes de Carbone et d'Hydrogène ont des chaleurs de combustion qui diffèrent d'environ 6 Cal. en faveur de l'aldéhyde.*

Le tableau suivant en donne quelques exemples :

a) Aldéhydes simples et aldéhydes à fonction mixte saturés.

Formaldéhyde	137c gaz	118	(1)
Acétaldéhyde	279,15 liq. (1)	275	(1)
Propylaldéhyde	434,3 (1)	332	(3)
Valeraldéhyde	742,3	746	(3)
Œnanthol	1062,6	1060	(3)
Aldol	546,9	544	(2)
Glyoxal	172,4	181	(1)

(1) Berthelot et Delepine, *Ann. chim. et phys.* (7e) t. 21, p. 291.

Aldéh. benzoïque	841,7	840	(3)
» salicylique	796,6	789	(2)
» anisique	957,5	964	(2)
Vanilline	914,7	915	(3)
Pipéronal	870,6	876	(2)

b). Cétones simples ou mixtes saturées.

Diméthylcétone	426,9(1)	425	(3)
Méthyléthylcétone	587,4(2)	583	(2)
Diéthyl	739,9(2)		(3)
Méthylpropyl	740,9(2)	740	(3)
Méthylisopropyl	740,2(2)		(3)
Méthylbutyl	902,8(2)	897	(2)
Dipropyl	1056,6(2)	1054	(3)
Diisopropyl	1045,7	1054	(2)
Méthylhexylcétone	1213,5(2)	1211	(3)
Carvol	1374	1376	(3)
Acétophénone	988,5	991	(3)
Benzophénone	1558,1	1556	(3)
Phtalide	884,7	891	(2)
Camphre	1414,5	1415	(3)
Henzoïne	1672,5	1668	(3)

c). Aldéhydes et cétones non saturés.

On ne connaît qu'un petit nombre de déterminations relatives à ces corps ; on obtient des résultats à peu près satisfaisants en appliquant les règles énoncées plus haut. Voici les comparaisons que l'on peut faire :

Aldéhyde crotonique	542,7	550	(1)
» cinnamique	1112,9	1115	(3)
Oxyde de mésityle	846,1	858	(1)
Benzalacétone	1262,5	1266	(3)
Dibenzalacétone	2089	2090	(3)

(1) Berthelot et Delépine, *Ann. Chim. et Phys.* (7), t. 21, p. 291.

(2) P. Subow (*loc. cit.*, p. 752) ou moyenne de ses valeurs et celles que donne M. Berthelot (*loc. cit.*, p. 808)

La chaleur de combustion de l'acétylétone mesurée s'élève à 616 Cal. 3 ; dans aucun cas le calcul ne conduit à ce résultat que l'on envisage la forme dicétonique ou la forme diénolique ou la forme mixte puisque ces résultats sont :

640 Cal. 644 Cal. 650 Cal.

Parmi les résultats précédents signalons celui qui est relatif au camphre, très important car le nombre 1414,5 a été déterminé avec un soin exceptionnel (calculé 1415) et celui qui est relatif au carvol ; ce dernier fixe la formule de constitution : on doit adopter la formule Goldschmidt et non la formule Collie[1], car la première donne la valeur 1376 Cal. satisfaisante et l'autre la valeur 1360 Cal. qui le serait beaucoup moins (mes. 1374 Cal.).

Un résultat analogue se présente pour le Furfurol ($C^4 H^3 O — COH$) ; on peut se demander s'il n'y aurait pas lieu d'adopter au lieu de la formule habituelle à deux doubles liaisons une formule où il n'y aurait que des liaisons simples dont deux suivant les diagonales du quadrilatère formé par les 4 C ; la première formule doit être acceptée, car elle donne 564 Cal., tandis que la 2e qui donne 548 Cal. doit être rejetée, la valeur trouvée étant 559 Cal. 8. Ajoutons que la valeur 564 Cal. a été obtenue en faisant porter la perturbation due à la présence de l'une des doubles liaisons sur l'appoint de l'autre et non sur l'appoint du groupe fonctionnel [$564 = 130 + (130 — 40) + 4.53 + 2.51 + 18 + 12$]. Nous retrouverons à propos de l'acide pyromucique des considérations du même genre.

d). *Hydrates de carbone.*

La multiplicité des fonctions diverses que contiennent ces composés diminue l'exactitude de la méthode de calcul, et tend à donner des résultats calculés supérieurs aux valeurs mesurées ; néanmoins

---

(1) Voir Beilstein, *Dictionnaire*.

on arrive à une concordance presque satisfaisante en faisant intervenir tous les groupes c — OH avec la valeur $\varphi_1 = 45$ Cal. qui cependant ne convient pas d'habitude pour les alcools tertiaires et en comptant de même tous les groupes $c^2 = O$ quels qu'ils soient, avec la valeur $\varphi'_3 = 45$ Cal. quoique d'ordinaire elle ne convienne qu'aux groupes cétoniques à l'exclusion des groupes aldéhydiques.

Voici les résultats obtenus :

	Mesuré.	Calculé.	Approximation.
Arabinose	557.7	560	(3)
Xylose	561,3		(3)
Rhamnose	718,5	717	(3)
Isodulcite	711,8		(2)
Fucose	712,2		(2)
Glucose	675,5	672	(2)
Lévulose	675,9		(2)
Galactose	669,9		(3)
Sorbinose	668,6		(3)
Glucoheptose	783,9	784	(3)
Sucre de canne	1353,8	1346	(2)
Sucre de lait	1351,4		(3)
Maltose	1350,7		(3)
Tréhalose anh.	1349,9		(3)
Mélétriose, Raffinose	2026,3	2020	(3)
Gossipose			
Mélézitose anhydre	2043,0		(1)

La coïncidence fortuite qui nous amène à retrancher 45 Cal. ($\varphi_1 = \varphi'_3 = 45$ Cal.) par atome d'oxygène alcoolique ou cétonique nous conduit ici à une formule très simple. Un hydrate de carbone $C^x (H^2 O)^x$ a en effet pour chaleur de combustion :

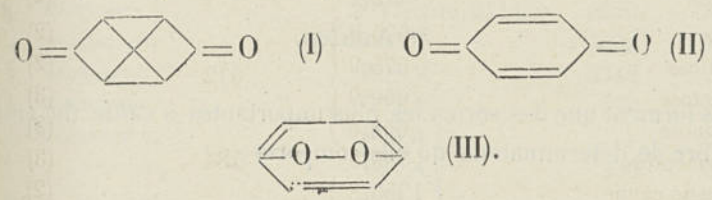
$$z = 102\,x + \frac{55}{2}\,2\,x - 45\,x = 112\,x = 102\,x + 10\,x$$

formule très simple d'après laquelle on peut conclure que cet hydrate regardé comme formé de l'accolement de x C et de x H O a pour chaleur de formation à partir de ces constituants-là : 10 x Calories, soit 10 Cal. par mol. d'eau fixée.

L'approximation se répartit dans cette série toujours à peu près de la même manière ; sur 50 cas examinés, il y en a 12 % d'ordre 1 ; 24 % d'ordre 2 et 64 % d'ordre 3.

4° Quinones [1].

Ces composés contiennent le groupe fonctionnel $c^2 = O$, mais il est, comme on sait, très différent du groupe fonctionnel des aldéhydes et cétones ; aussi la convention $\varphi'_3 = 45$ Cal. ne s'applique-t-elle pas ici. Du reste, il y a indécision sur la formule constitutionnelle des quinones et l'on peut hésiter entre les 3 schémas suivants p. ex. pour la Benzoquinone.



Si on conserve aux groupes $c - c$ et $c^2 = c^2$ leur valeur fondamentale, il faut adopter avec (I) la valeur $f(c^2 = O) = 13$ Cal. (soit 26 Cal. pour les 2 groupes $c^2 = O$) ; avec (II) il faudrait admettre $f(c^2 = O) = 6$ Cal. et avec (III) la valeur $f(c - O - O - c = 27$ Cal. ; voici les résultats obtenus :

	Mesuré	I	II III donnent les mêmes nombres	IV Calculé	Approximation
Benzoquinone	468,4	646	648	646	(1)
Toluquinone	805,4	803	805	803	(3)
Thymoquinone	1274,6	1274	1276	1274	(3)
αNaphtoquinone	1103,7	1109	1087	1109	(3)
βNaphtoquinone	1111,3	1109	1087	1109	(3)
Anthraquinone	1548	1572	1526	1546	(3)
Phénanthrénéquinone	1548	1572	1526	1546	(3)
Rétènequinone	2158	2190	2154	2164	(3)

[1] A. Valeur, *Ann. Chim. et Phys.* (7), t. 21, p. 470.

Leur comparaison nous amène à adopter les schémas (I) avec la convention $f(c^2 = O) = 13$ Cal. ou $\varphi_4 = 38$ Cal. qui en résulte ; mais les quinones dérivés des carbures à poids moléculaire élevé, anthracène, etc.... présentent des particularités signalées par M. A. Valeur. Il nous est facile d'en tenir compte en admettant que l'appoint de leurs groupes $c^2 = O$ est nul, ce qui revient à prendre avec les schémas (I) la valeur $\varphi_4 = 51$ Cal. ; la colonne IV contient l'ensemble très satisfaisant des résultats calculés d'après ces conventions, savoir la formule quinonique (I) dérivée de la formule Claus précédemment adoptée et les valeurs $\varphi_4 = 38$ Cal. $\varphi'_4 = 51$ Cal. pour les oxygènes quinoniques.

5° Acides.

Ils forment une des séries les plus importantes à cause du grand nombre de déterminations qu'elle comporte :

Groupe fonctionnel $c^3\overset{O}{\overset{//}{\text{—}}}OH$; $\varphi_5 = \frac{106}{2}$; $f(c^3\overset{O}{\overset{//}{\text{—}}}OH) = -2$ cal.,

p. ex. l'acide campholique $C^{10}H^{18}O^2$ donne par le calcul soit $10 \times 102 + 9 \times 55 - 106 = 1409$, soit $10 \times 51 + 17 \times 53 - 2 = 1409$ Cal. ; la valeur mesurée est 1409 cal., 2.

De même l'acide phénylpropiolique (mes. 1023 Cal., 7) donne par le calcul ($C^9H^6O^2$), soit $9 \times 102 + 3 \times 55 - 106 + 45 = 1022$ Cal. soit $210 + 11 \times 51 + 5 \times 53 - 2 - 12 = 1022$ et ainsi pour tous les autres acides dont voici le tableau :

a). *Acides saturés monobasiques :*

	Mesuré.	Calculé.	Approxim.
Acide formique	61,7 liq.	51	(1)
» acétique	209,4 liq.	208	(2)
» propionique	367,4	365	(2)
» butyrique n.	524,4	522	(3)

	Mesuré.	Calculé.	Approxim.
Acide isobutyrique	518	522	(3)
» valérique n.	681	679	(3)
» valérique iso.	674		(2)
» caproïque	830,2	836	(2)
» isobutylacétique	837,5		(3)
» propylacétique.	994,7	993	(3)
» dipropylacétique	1138,7 ou 1151,5	1150	(3)
» heptylacétique	1309,5	1307	(3)
» nonylique	1287,4	1307	(1)
» caprique	1458,3	1464	(3)
» undécylique	1615,9	1621	(3)
» laurique	1771,8 ou 1759,7	1778	(3)
» myristique	2085,9 ou 2061,7	2092	(3)
» palmitique	2371,8 ou 2398,4	2406	(3)
» stéarique	2677,8 ou 2711,8	2720	(3)
» arachique	3025,8	3034	(3)
» béhénique	3328,3	3348	(2)
» benzoïque	772,9	773	(3)
» toluiques o.	929,4		(3)
» » m.	927,4	930	(3)
» » p.	929,1		(3)
» phénylacétique	933,1	930	(3)
» diméthylbenzoïque	1085,2	1087	(3)
» isopropylbenzoïque (cuminique)	1239 9	1244	(3)
» phénylpropionique (hydrocinnamique)	1085,5	1087	(3)
» hexahydrocuminique	1409,2 (1)	1409	(3)
» naphtoïques *a*	1232,6	1236	(3)
» » β	1228,4		(2)
» diphénylacétique	1652,5	1658	(3)
» campholique	1409,2	1409	(3)

b). *Acides polybasiques saturés.*

Acide oxalique	60,2	47	(1)
» malonique	207,2	204	(2)
» méthylmalonique	362,5	361	(3)
» succinique	354,4		(1)

(1) P. Subow, *Zeitschr. f. physik. Chem.*, t. 23, p. 559 (année 1897).

	Mesuré	Calculé	Approxim.
Acide glutarique	516,1	518	(3)
» diméthylmalonique	515,3		(3)
» éthylmalonique	517,9		(3
» pyrotartrique (méthylsuccin.)	519,4		(3)
» adipique	668,9	675	(2)
» méthyléthylmalonique	676		(3)
» propylmalonique	676,4		(3)
» isopropylmalonique	676,4		(3)
» diméthylsucc. sym.	674,5		(3)
» » dissym. α	671,7		(3)
» » dissym. β	671		(3)
» éthylsuccinique	672,2		(3)
» méthylglutarique	670.8		(2)
» pimélique	828,9	832	(3)
» diéthylmalonique	832,9		(3)
» subérique	989,5	989	(3)
» éthylpropylmalonique	989,9		(3)
» diméthyladipique	986,6		(3)
» azélaïque	1141,3	1146	(3)
» dipropylmalonique	1114,6		(1)
» sébacique	1293,4	1303	(2)
» heptylmalonique	1302,7		(3)
» octylmalonique	1458,5	1460	(3)
» cétylmalonique	2707,7	2716	(3)
» diphénylsuccin. α	1811,2	1805	(3)
» » β	1807,7		(3)
	ou 1823,7		
» benzylmalonique	1085,9	1083	(3)
» phtalique o.	771,6	769	(3)
» » m.	768.8		(3)
» » p.	770,9		(3)
» naphtalique	1245,2	1232	(1)

c) *Acides non saturés : monobasiques.*

Acide crotonique	478,5	473	(1)
» angélique	635,1	630	(2)
» tiglique	626,6	630	(2)
» undécylénique	1580,0	1582	(3)
» élaïdique	2644,3	2681	(1)
» oléïque	2682	2681	(3)

	Mesuré.	Calculé.	Approxim.
Acide brassidique	3290,1	3309	(2)
» érucique	3297		(3)
» cinnamique	1042,8	1048	(3)
» allocinnam	1047.6		(3)
» isophénylcrotonique	1196	1205	(2)
» sorbique	728,9	730	(3)
» undécolique	1538,1	1531	(3)
» stéarolique	262,89	2624	(3)
» bénoléique	3255,9	3252	(3)
» tétrolique	452,7	457	(2)
» phénylpropiolique	1023,7	1022	(3)
» camphique	1365,9	1370	(3)
» isocambique	1363,3		(3)

d) *Acides non saturés : bibasiques.*

Acides fumarique	318,6	322	(1)
» maléique	326,7		(1)
» itaconique	477,5	479	(3)
» mésaconique	478,8		(3)
» citraconique	483,2		(2)
» allylmanoliq.	638	636	(3)
» hydromucon. $\alpha\beta$	629,1		(1)
» » $\beta\gamma$	629,4		(1)
» téraconique	796,4	793	(3)
» benzalmalon	1056,8	1044	(1)
» phénylparacon.	1196,2	1201	(3)
» aconitique	478	475	(2)
» acétylénodicarb	306,2	298	(1)
Acide camphorique dr.	1241,8	1248	(3)
» » g.	1245,8		(3)
» » neutre	1253,5		(3)
» » inact.	1250,9		(3)
Acides hexahydrotéréphtaliques cis.	928,6	934	(3)
» » trans.	929,5		(3)
» tétrahydrophtaliques Δ_1	882,8	879	(3)
» » Δ_2	881,6		(3)
» dihydrophtaliques ortho	843,1	824	(1)
Acide tricarballylique	515	514	(3)
» trimésique (1. 3. 6)	767,6	765	(3)
» mellique	788,2	753	(1)
» hexahydromellique	923,9	918	(2)
» pyromellique	774,4	761	(1)

Dans un certain nombre des cas qui précèdent, on trouve dans la colonne des valeurs mesurées, deux chiffres différents ; ils se rapportent à des déterminations non concordantes entre lesquelles M. Berthelot n'a pas fait choix sans doute parce qu'elles paraissent également dignes de confiance [1] ; les valeurs les plus élevées déterminées par Stohmann [2] doivent être préférées car elles se rapprochent davantage des valeurs calculées, tout en leur restant toutefois, dans beaucoup de cas, légèrement inférieures.

Acide pyromucique. La formule admise pour le furfurol avec doubles liaisons nous conduit pour l'acide pyromucique qui lui correspond à la valeur calculée : 497 Cal. tandis que la valeur mesurée s'élève à 493 Cal., 8 ; d'autre part la valeur calculée en admettant que le noyau n'a que des liaisons simples atteint seulement 481 Cal.; quant à la valeur 497 on l'obtient par l'un ou l'autre des deux calculs suivants :

$$130 + 90 + 2 \times 51 + 3 \times 53 + 18 - 2 =$$
$$5 \times 102 + 2 \times 55 - (106 + 33) + 16 = 497.$$

e) *Acides à fonctions complexes.*

Nous arrivons au résultat en calculant d'abord $102\,x + \frac{55}{2}\,y$, puis en retranchant au résultat $\Sigma p\varphi$, chaque fonction intervenant avec sa valeur propre φ et enfin en ajoutant le terme correctif 16 Cal. ou 45 Cal. dans le cas de liaison multiple et suivant sa nature. Voici les résultats obtenus :

α) *Acides hydroxylés.*

Acide glycolique	166,3	163	(1)
» lactique	329,5	320	(1)
» α oxybutyr.	472	477	(2)
» tartronique	165,8	159	(1)

---

(1) Louguinine, *Ann. Chim. et Phys.* (6), t. 11, p. 22 (ann. 1888), ou Stohmann, *Journ. f. prakt. Chem.*, t. 31. p. 219 (ann. 1885).

(2) *Loc. cit.*, t. 42, pp. 374 et 437.

	Mesuré.	Calculé.	Approxim.
Acide tartrique d. ou g.	281,0	271	(1)
» » racem.	278,7		(1)
» trioxyglutariq.	388,7	383	(1)
» mucique	483,9	495	(1)
» allomucique	494,5		(3)
» mésoxalique	128,3	102	(1)
» citrique	474,9	463	(1)
» dioxybéhénique	3225,5	3258	(2)
» oxybenzoïques o.	735	732	(3)
» » m.	725,9		(2)
» » p.	729		(3)
» oxytoluique o.	883,4	879	(3)
» » m.	879,3		(3)
» p. toluilique	878,4		(3)
» β résorcylique	676,9	681	(2)
» trioxybenzoïque	631,1	630	(3)
	633,7		(3)
» phénylglycoliq.	890,8	885	(2)
» p. créosotique	880,1	879	(3)
» diméthyldioxyadipique	897,9	899	(3)

β) *Acides éthers-oxydes.*

Acide anisique	895,2	897	(3)
» phénoxyacétiq.	993	897	(2)
» diphénoxyacétiq.	1016	1603	(2)
Anh. o. oxyméthylbenz.	884,7	891	(2)

γ) *Acides aldéhydes ou eétoniques, saturés ou non.*

Acide glyoxylique	125,5	108	(1)
» éthylacétacétique	753,6	736	(1)
» lévulique	577,1	579	(3)
» benzallévulique α	1414,1	1419	(3)
» » β	1410,8		(2)

Les résultats relatifs aux acides complexes acycliques ne sont pas très satisfaisants ; mais il faut remarquer qu'il y a parmi eux un grand nombre de premiers termes de séries ; or on a déjà pu voir que le calcul donne toujours pour les premiers termes de séries des

résultats trop faibles et discordants ; c'est une remarque générale sur laquelle nous reviendrons plus loin. Pour les composés cycliques presque tous du même type, l'accord est beaucoup plus satisfaisant.

Même en faisant intervenir ces résultats défavorables, l'ensemble de la série des acides (149 cas) donne dans 18 % des cas l'approximation (1) ; dans 28 % l'ordre (2) et dans 62 % l'ordre (3).

La formule $z = 102\,x + \frac{55}{2}\,y - \Sigma\,p\,\varphi$, qui se trouve justifiée par ces résultats avec $\varphi_5 = \frac{106}{2}$ pour les acides $C^x H^y O^p$, montre que la présence de 2 atomes d'oxygène enlève à la chaleur de combustion quelques unités de plus que n'enlèverait le départ sous forme de CO^2 d'un atome de C (106 au lieu de 102) ; ce qu'on peut dire encore : *un acide* $C^xH^yO^2$ *peut être considéré comme formé par la fixation sur le carbure* $C^{x-1}H^y$ *d'une molécule* CO^2 et *ce phénomène diminue la chaleur de combustion de* 4 *unités par fonction acide.*

f). *Acides dérivés des Cyclanes.*

Ces corps donnent lieu à quelques remarques importantes ; les acides dicarboxylés qui dérivent du triméthylène ont pour chaleur de combustion : la variété $\alpha\alpha$: 483 Cal., 2 ; la variété $\alpha\beta$: 484 Cal. soit en moyenne 483 Cal., 6 alors que le calcul donne 463 Cal., c'est-à-dire un déficit de 20 Cal., 6 ; pour l'acide tétracarbonique $\alpha\alpha\beta\beta$, la valeur mesurée étant 483 Cal. alors que le calcul donne 455 Cal. le déficit atteint 28 Cal. ; ces corps, comme le tryméthylène lui-même possèdent donc une surcharge d'énergie par rapport à leur chaleur de combustion normale (isomérie dynamique).

L'acide dicarbonique dérivé du tétraméthylène a pour chaleur de combustion 642 Cal. 4 alors que le calcul donne 620 Cal., c'est-à-dire encore un déficit de 22 Cal., il appartient donc à la même catégorie que les acides précédents.

Nous avons déjà vu, à propos du méthylpentaméthylène que la

surcharge d'énergie disparaît dans les carbures cyclaniques quand le noyau renferme 5 atomes de carbone ; nous retrouvons cette conclusion avec l'acide pentaméthylène dicarbonique puisque la valeur mesurée est 776 Cal. alors que la valeur calculée est 777 Cal. (soit $7.51 + 8.53 - 4 = 7.102 + 5.55 - 2.106$) ; nous savons que cette conclusion a été établie directement pour le cyclane à 6 atomes de carbone, l'hexahydrobenzène.

6° Anhydrides d'acides.

Groupe fonctionnel $c^3\overset{O}{\overset{\|}{—}}O\overset{O}{\overset{\|}{—}}c^3$

avec $f(c^3\overset{O}{\overset{\|}{—}}O\overset{O}{\overset{\|}{—}}c^3) = 12$ Cal. ou $\varphi_6 = \frac{141}{3}$.

La formule de calcul est donc

$$z = 102\,x + \frac{55}{2}\,y - \Sigma\,p\,\varphi_6 + A$$

avec les valeurs : $A = O$; si la molécule est saturée $A = 4$ Cal. (au lieu de 16 Cal.) si la molécule est éthylénique et $A = 33$ Cal. (au lieu de 45 Cal.) si la molécule est acétylénique ; mais on n'a pas d'exemple de ce dernier cas ; d'ailleurs on ne connaît au total, que 10 déterminations ; les voici :

	Mesuré.	Calculé.	Approxm.
Anhydride acétique	431,9	432	(3)
» propionique	747,1	746	(3)
» succinique	364,1	377	(1)
glutarique	528	534	(1)
» phtalique	783	785	(3)
» naphtalique	1257	1248	(2)
» camphorique	1262,1	1264	(3)
» maléique	336	326	(1)
» itaconique	481,8	483	(3)
» diphénylmaléique	1770,1	1770	(3)

7° Ethers sels et Anhydrides internes d'acides-alcools.

Groupe fonctionnel $c^3\overset{O}{\overset{//}{—}}O - c$

$$f(c^3\overset{O}{\overset{//}{—}}O - c) = 12 \text{ Cal.} \qquad \varphi_7 = \frac{90}{2}.$$

On connaît un grand nombre de déterminations relatives à ces corps : les valeurs théoriques sont données par

$$z = 102\,x + \frac{55}{2}\,y - \Sigma\,p\,\varphi + A$$

A étant le terme correctif correspondant aux liaisons multiples, avec ses valeurs habituelles : 0 ou 16 ou 45 Cal.

a) *Composés saturés*

	Mesuré.	Calculé.	Approxim.
Formiate de méthyle	233,2(1) liq.	224	(1)
» d'éthyle	391,7(1) liq.	381	(1)
Acétate d'éthyle	537	538	(3)
Butyrate de méthyle	693,4	695	(3)
» d'éthyle	851,3	852	(3)
Acétate de céthyle	2720	2736	(3)
Benzoates de méthyle	934	946	(1)
» éthyle	1099,5	1103	(3)
» propyle	1255	1260	(3)
Benazotes de isobutyle	1412	1417	(3)
» amyle	1570	1574	(3)
» phényle	1511,3	1511	(3)
Oxalates méthyle	398,2	393	(1)
» éthyle	703,6	707	(3)
Manolate d'éthyle	860,6	864	(3)
Succinates : méthyle	703,6	707	(3)
» éthyle	1007,7	1021	(2)

(1) Berthelot et Delépine, *Ann. Chim. et Phys.* (7), t. 21, p. 294 (ann. 1900).

	Mesuré.	Calculé.	Approxim.
Diméthylsuccinate d'éthyle	1329,4	1335	(3)
Dimalonate tétraméthyl	1045,7	1043	(3)
Méthylène dimalonate tétraméthylique	1202 2	1202	(3)
Hexahydrophtalate de méthyle	1273,9	1280	(3)
Benzoates de p. crésyle	1161	1160	(3)
» o. xylényle	1815	1825	(2)
» ps. cuménylе	1968,8	1982	(2)
» thymyl	2128,5	2139	(3)
O. Oxybenzoates : méthyle	898,3	895	(3)
» éthyle	1051,7	1052	(3)
p. Oxybenzoates : méthyle	896	895	(3)
» éthyle	1043,3	1052	(2)
Oxybenzoates : propyle	1206	1209	(2)
» butyle	1366,6	1366	(3)
» amyle	1201,1	1209	(2)
Benzoates : résorcyle	2238	2245	(3)
» glycéryle	2720,5	2728	(3)
» mannyle	5361,9	5394	(2)
Tetrahydrophtalate de CH^3	1226,8	1225	(3)
Phtalates de méthyle o.	1113,9	1115	(3)
» » m.	1111,7		(3)
» » p.	1112,5		(3)
Dihydrophalate de CH^3	1181,3	1170	(2)
Trilaurine	5707,4	5743	(2)
Trimyristine	6601,9 ou 6650,5	6685	(3)
Acétylénotétracarbonate tétraméthylique	1661,9	1673	(2)

b) *Composés mixtes et composés non saturés :*

Lactate d'éthyle	656	650	(2)
Tartrate diméthyl. d.r	619,2	617	(3)
» » racém.	618,2		(3)
Citrate triméthylique	983,5	982	(3)
» triéthylique	1459	1453	(3)
Acétylacétate : méthyle	584	595	(3)
» éthyle	753,6	752	(3)
Diacétylacétate éthyl.	972,4	966	(2)
Acétylmalonate diméthyl.	753,2	764	(1)

	Mesuré.	Calculé.	Approxim.
Fumarate de méthyle	662,6	668	(2)
Maléate de méthyle	669,6	662	(1)
Diphénylmaléate de méth.	2113,2	2112	(3)
Cinnamate de méthyle	1213,6	1215	(3)
Dicarbinotétracarbonate tétra-méthylique	1628,8	1629	(3)
Acétate d'eugényle	1498,5	1499	(3)
Benzoates : eugényle	2065,3		(3)
» isoeugényle	2056,1	2067	(3)
» bételphénol	2065,4		(3)
Ether méthylanisique	1069,3	1070	(3)
» méthylgallique	801,3	793	(1)
Trimésate de méthyle	1292,5	1284	(2)
Mellate de méthyle	1825,6	1791	(1)
Acétate d'allyle	655,8	656	(3)
Brassidine di	6933	7001	(2)
» tri	10230,6	10351	(2)
Erucine di	6979,5	7001	(3)
» tri	10265	10351	(2)

c) *Anhydrides internes :*

Anhydride glycolique	167,4	169	(2)
» mannonique g.	618,7	617	(3)
» » g.	616,6		(3)
» gulonique	615	617	(3)
» glucoheptonique	726,6	729	(3)
» glucooctonique	837,2	841	(3)
» diphénoxyacétique	1625,5	1613	(2)

Dans l'ensemble cette série montre entre les résultats calculés et les résultats mesurés une concordance très satisfaisante, puisque sur 87 cas il y en a 12 % où l'approximation est d'ordre (1) ; 23 % d'ordre (2) et 65 % d'ordre (3).

Ethers des acides cyclaniques.

Nous retrouvons avec eux les conclusions déjà énoncées pour les carbures et les acides cyclaniques : surcharge d'énergie jusqu'aux

dérivés tétraméthyléniques inclus. Ainsi l'éther tétraméthylique de l'acide triméthylène tétracarbonique $\alpha\alpha\beta\beta$ a donné 1170 Cal., 4, alors que le calcul donne seulement 1147 Cal., déficit : 23 Cal., 4. L'éther diéthylique de l'acide tétraméthylène dicarbonique donne expérimentalement 1302 Cal. 2 et le calcul 1280 Cal. seulement ; déficit : 22 Cal. 2. Celui-ci disparaît pour les éthers des acides cyclaniques en C^6.

Remarques : La formule $z = 102x + \frac{55}{5}y - \Sigma p\varphi_7$ montre 1° que z est indépendant de l'acide et de l'alcool générateurs, mais dépend seulement de la totalité de leurs atomes de C et d'hydrogène ; 2° que z est toujours supérieur de 6 Cal. à la somme des z de l'acide et de l'alcool générateurs supposés séparés (le phénomène thermique correspondant au départ de H^2O est faible) ; on pourrait multiplier les remarques de ce genre.

Avant de tirer de ces considérations les conclusions générales qu'elles comportent, nous pouvons dire que *à l'aide d'un très petit nombre de conventions toutes très simples, nous arrivons à reproduire par le calcul les chaleurs de combustion de tous les composés organiques ne contenant que C, H et O quand leur constitution est connue ; inversement la connaissance de la chaleur de combustion mesurée Q donne par la valeur qu'il attribuer aux φ et à A pour avoir $Q = z$ des renseignements précieux sur les formules constitutionnelles.*

Sur 460 cas examinés, il y en a :

68	soit 15 %	ou l'approximation est d'ordre		(1)
98	» 21 %	»	»	(2)
294	» 64 %	»	»	(3) ;

à la première catégorie appartiennent : 1° les premiers termes de séries pour lesquels Q surpasse toujours z d'une quantité variable entre 5 et 10 Cal. et 2° les composés où se reproduit un grand

nombre de fois une même fonction ou des fonctions diverses : dans ces cas z surpasse Q et l'écart augmente en général quand le nombre des fonctions s'accroît.

III

La formule générale $z = 102\,x + \frac{55}{2}\,y - \Sigma p\varphi + A$, pour représenter la chaleur de combustion sous pression constante d'un composé quelconque $C^xH^yO^p$ pris dans son état actuel, comporte un certain nombre de conclusions générales, dont voici les plus importantes :

1° *Lois de l'homologie et de l'isomerie.*

La persistance des facteurs numériques 102 et $\frac{55}{2}$ contient la loi de l'homologie et celle de l'isomérie, pourvu toutefois dans ce dernier cas que $\Sigma p\varphi$ ne varie pas.

2° *Représentation graphique.*

Un composé organique oxygéné quelconque $C^xH^yO^p$ peut être représenté par le même point du plan P, dont l'équation est $z = 102\,x + \frac{55}{2}\,y$ que le carbure générateur C^xH^y, mais la chaleur de combustion z de ce composé au lieu d'être la cote du point envisagé à partir du plan $z = o$, sera la cote de ce même point à partir d'un plan parallèle de cote $z_1 = \Sigma p\varphi - A$, variable d'une série à une autre, mais invariable pour chacune d'elles.

3° *Valeurs des liaisons v_1, v_2, v_3 et r.*

z ne dépend que du nombre x d'atomes de carbone, du nombre y d'atomes d'hydrogène et reste indépendant du nombre de liaisons simples v_1 que les atomes de carbone échangent entre eux et du

nombre de liaisons r qui s'établissent entre les C et les H ; or v_1 et r, qui ne figurent pas dans la formule, varient d'un composé à l'autre, par exemple quand on passe de l'hexane normal à l'hexahydrobenzène puis au benzène ou bien quand on passe de l'oxyde de méthyle à l'alcool éthylique ; il faut donc en conclure que l'appoint thermique de ces sortes de liaisons est nul : $v_1 = o$; $r = o$; en d'autres termes qu'aucune énergie n'est mise en jeu quand il s'établit une liaison simple entre 2 atomes de carbone différents ou une liaison entre C et H. Les atomes de C et d'H nous apparaissent donc comme thermiquement isolés les uns des autres, chacun d'eux apportant à la chaleur de combustion du composé qu'il contribue à former un appoint invariable :

102 Cal. par atome de carbone (C = 12)

$\frac{55}{2}$ Cal. » d'hydrogène (H = 1) ;

ces deux quantités représentent ce que Thomsen avait appelé la chaleur de combustion $f(\gamma)$ de l'atome de carbone supposé isolé, et la chaleur de combustion $\omega = \frac{1}{2} f(H^2)$ de l'atome d'hydrogène supposé isolé ; il avait admis :

$$f(\gamma) = 153 \text{ Cal.}, 34 \qquad \omega = 18 \text{ Cal.}, 89 \qquad v_1 = 14 \text{ Cal.}, 200$$
$$r = 15 \text{ Cal.}$$

On voit combien ces valeurs diffèrent de celles que nous sommes amené à adopter.

$$f(\gamma) = 102 \text{ Cal.} \qquad \omega = \frac{55}{2} \qquad v_1 = o \qquad r = o$$

Si nous remontons à nos conventions initiales $f(c—c) = 51$ Cal. $f(c—H) = 53$ Cal., on voit que l'appoint du groupe $c — c$ que l'on pouvait considérer comme formé : 1° de la quantité de chaleur que donne la combustion de la matière contenue dans $2c$ (c'est-à-dire dans 6 gr. de carbone supposé isolé) et 2°) de l'équivalent

thermique de l'énergie développée au moment de la liaison se réduit à sa première partie, soit 51 Cal., puisque la seconde est nulle ; de même pour le groupe c—H dont l'appoint se réduit à $\frac{102}{4} + \frac{55}{2}$, soit 53 Cal.

Nous avons admis

$$f(c^2 = c^2) = 130 \text{ Cal.} \qquad f(c^3 \equiv c^3) = 210 \text{ Cal.}$$

et justifié ces conventions ; on peut les écrire

$$f(\gamma) - v_2 = 130 \text{ Cal.} \quad \text{et} \quad 1{,}5\, f(\gamma) - v_3 = 210 \text{ Cal.}$$

d'où on tire

$$v_2 = -28 \text{ Cal.} \qquad v_3 = -57 \text{ Cal.}$$

donc l'énergie mise en jeu, quand il s'établit entre 2 atomes de carbone différents une double ou une triple liaison, n'est pas nulle ; il se produit alors une mise en réserve d'énergie qui se traduit dans le composé formé par l'existence d'une surcharge susceptible de se libérer p. ex. au moment de la combustion totale ou partielle. Nous avons vu que ce fait se traduit par A = 0 pour les composés saturés, A = 16 pour les corps monoéthyléniques, A = 45 pour les corps monoacétyléniques.

4° *Chaleur de vaporisation du carbone, chaleur de formation des molécules de carbone et d'hydrogène à partir de leurs atomes respectifs.*

Les 3 valeurs $v_1 = 0$ $v_2 = -28$ Cal. $v_3 = -57$ Cal. donnent facilement par extrapolation $v_4 = -328$ Cal. environ ce qui revient à dire que quand 2 atomes de carbone isolés échangent entre eux leurs quatre valences, pour donner par

conséquent le complexe $c^4 \equiv c^4$ ou C^2 c'est-à-dire la molécule de carbone, il y a emmagasinement de 84 Cal. environ ; la chaleur de combustion de ce complexe est donc : $2\ f(\gamma) + 84 = 288$ Cal. On arrive naturellement au même résultat par l'extrapolation des formules :

$$f(c - c) = 51 \text{ Cal.} \qquad f(c^2 = c^2) = 130 \text{ Cal.}$$

$$f(c^3 = c^3) \equiv 210 \text{ Cal.}$$

qui donnent $f(c^4 \equiv c^4) = f(C \equiv C) = 288$ Cal. c'est-à-dire que la chaleur de combustion du Carbone-molécule est de 288 Cal. pour 24 gr. La chaleur de combustion du carbone-diamant étant 2.94 Cal. 3 pour 24 gr., *la chaleur de vaporisation* (qu'on appelle parfois de dépolymérisation) *du Carbone-diamant est de Cal. environ pour* 24 *gr.* (pour le graphite, elle est voisine de cette valeur). M. Berthelot a donné la valeur 2.44 Cal. comme minimum de cette quantité ; les deux déterminations sont suffisamment concordantes [1].

Nous avons dit que l'atome de carbone thermiquement isolé dans les composés organiques donne un appoint de 102 Cal., soit 204 C. pour 24 gr. ; or 24 gr. de carbone-molécule dégagent en brûlant 288 Cal. ; c'est donc qu'au moment où les 2 atomes se sont réunis pour former cette molécule, il y a eu emmagasinement de 84 Cal. ; *donc la chaleur de formation d'une molécule-vapeur de Carbone à partir de deux de ses atomes pris dans l'état où ils sont dans les composés organiques est de* — 84 *Cal.*

Le même raisonnement appliqué à l'hydrogène montre que *la chaleur de formation de la molécule d'hydrogène à partir de ses deux atomes constituants supposés isolés est de* — 14 *Cal.* pour 2 gr. (— 69 Cal. + 55 Cal.).

---

(1) *Ann. Chim. et Phys.*, (4), t. 9, p. 475.

5° *Sur la structure des corps organiques et sur l'isomérie dynamique.*

La grande majorité des carbures a une chaleur de combustion que nous appellerons *normale* et qui est représentée par $102\,x + \frac{55}{5}\,y$; ces corps sont composés d'atomes de carbone et d'atomes d'hydrogène apportant respectivement 102 Cal. ou $\frac{55}{2}$ Cal. et sans liaison thermique entre eux $v_1 = o$ $r = o$. Cette distribution normale des atomes constituants se retrouve dans la grande majorité des composés oxygénés, avec cette rectriction que l'introduction de ce nouvel élément a consommé une partie de l'énergie calorifique disponible, partie qui caractérise la fonction qui en résulte.

Mais il y a quelques exceptions, quelques cas de *distribution anormale* ou de *singularités ;* c'est tout d'abord le cas du triméthylène, du tétraméthylène et de leurs dérivés (isomérie dynamique) ; la singularité, qu'il paraît bien difficile de préciser autrement, nous apparaît sous forme d'une surcharge d'énergie, d'un excédent de 15 à 30 Cal. par rapport à la valeur normale.

Il y a en outre le cas des carbures éthyléniques qui eux aussi ont une surcharge puisqu'ils correspondent à $z = 102\,x + \frac{55}{5}\,y + 28$; et enfin les carbures acétyléniques pour lesquels l'excédent atteint 57 Cal. En réalité ces 4 cas différents forment une série ininterrompue, car on passe du triméthylène à l'éthylène comme on passe du tétraméthylène au triméthylène c'est-à-dire en augmentant toujours l'exiguité du noyau ; on passe de même à l'acétylène ; et la vapeur de carbone est le terme final régulier de cette série de simplifications successives.

$$\begin{array}{c} CH^2—CH^2 \\ | \quad\; | \\ CH^2—CH^2 \end{array} \qquad \begin{array}{c} CH^2—CH^2 \\ \vee \\ CH^2 \end{array}$$

$$CH^2 = CH^2 \qquad CH \equiv CH \qquad C \equiv C\,.$$

La singularité qui nous occupe paraît donc liée à l'exiguité du noyau puisqu'elle disparaît quand celui-ci est formé d'au moins 5 atomes de carbone. Dans le cas de la double et de la triple liaison entre 2 atomes de carbone, sa présence exerce une répercussion thermique sensible, soit sur les autres singularités analogues, soit sur la modification qui est apparue dans le carbure au moment où celui-ci, fixant un certain nombre d'atomes d'oxygène par un commencement de combustion, acquiert une ou plusieurs fonctions (on a vu en effet qu'il faut modifier le calcul et en général retrancher 12 Cal.).

Enfin, dans toutes les séries fonctionnelles, les premiers termes et surtout le premier ont une chaleur de combustion effective supérieure à la valeur normale, c'est-à-dire calculée. Eux aussi nous apparaissent donc comme munis d'une surcharge d'énergie et ce caractère est commun à toutes les séries examinées. Or tous les corps surchargés d'énergie doivent avoir tendance à la perdre. Cette conception se vérifie : on sait en effet que le triméthylène par exemple et surtout les composés non saturés (éthyléniques et acétyléniques qu'ils soient carbures ou dérivés oxygène sont très réactifs et retournent volontiers au type normal par transposition ou par fixation d'éléments ; on sait en outre que les premiers termes de séries sont plus réactifs que leurs homologues. Ceci confirme la conception générale que nous venons de signaler, à savoir l'*existence régulière de composés normaux* et l'*existence exceptionnelle de composés* présentant l'*isomérie dynamique sous la forme d'une surcharge thermique facilement libérable et par conséquent d'une plus grande activité chimique.*

6° *Sur le calcul des chaleurs de formation.*

Les chaleurs de formation se déduisent des chaleurs de combustion des éléments : C diamant (94 Cal., 3) et hydrogène (69 Cal.) ; elles seraient donc données par :

$$F(C^x H^y O^p) = 94{,}3\,.x + \frac{69}{2}y - (102\,x + \frac{55}{2}y - \Sigma\, p\,\varphi + A), \qquad (\alpha)$$

Cette formule conduit à des conclusions générales exactes. Pour les carbures p. ex, la formule α se réduit à :

$$F\,(C^x\,H^y\,O^p) = -\,7{,}7\,x + 7\,.y - A$$

S'il s'agit des carbures acycliques saturés, $A = o$ et $y = 2\,x + 2$ donc est F positif et s'accroit d'environ 6 Cal., 3 d'un terme à son homologue (Trouvé : 6 Cal.) ; — pour les carbures éthyléniques $y = 2\,x$; $A = 28$ et par suite F, négatif pour les premiers termes s'accroit d'un carbure au suivant de 6 Cal , 3 et devient positif pour $x > 4$; c'est ce qu'on peut vérifier aisément ; pour les carbures acétyléniques F d'abord négatif deviendrait positif que si $x > 11$.

Pour les carbures cycliques $F = -\,4{,}2\,x + 21$, il est toujours négatif puisque $x > 6$ et augmente en valeur absolue de 16 Cal., 8 d'un terme à l'autre (Trouvé expérimentalement : 17 Cal., 3).

Si au contraire on calcule le détail des chaleurs de formation, les résultats mesurés diffèrent notablement de ceux que l'on calcule ; ceci n'a rien d'étonnant, on sait en effet que l'erreur absolue faite sur la chaleur de combustion et qui est relativement petite pour ces quantités, se reporte intégralement sur la chaleur de formation ; or ces dernières sont généralement faibles et par suite l'erreur relative devient très importante ; cela explique les écarts observés.

Dans la tentative que Thomsen avait faite, il donnait une formule pour calculer les chaleurs de formation, mais il avait eu bien soin de les reporter non pas au carbone-diamant ou au carbone-graphite, mais au carbone supposé isolé, ce qui revenait à augmenter artificiellement de 38 Cal., 38 par atome de carbone contenu la chaleur de formation des composés organiques ; l'erreur absolue constante perdait ainsi en valeur relative et l'accord pouvait paraître satisfaisant.

On pourrait de même ici rapporter les chaleurs de formation non pas au carbone-diamant, mais à la molécule de carbone-vapeur avec

la valeur 288 Cal., ce qui reviendrait à ajouter à toutes les chaleurs de formation 49 Cal., 85 par atome de carbone contenu ; mais ce artifice ne servirait pas à grand'chose et nous nous en tiendrons au calcul des chaleurs de combustion puisque c'est par la mesure de ces quantités qu'on absorbe en général, l'évaluation de la chaleur de formation des composés organiques.

LES SATINS A CARRÉS

PAR

M. le Colonel ARNOULD

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES INDUSTRIELLES
VICE-PRÉSIDENT DU COMITÉ DE FILATURE ET DE TISSAGE

La question qui nous occupe n'est plus qu'une curiosité, on n'oserait dire *une récréation mathématique*, bien que cette expression soit adoptée par plus d'un auteur de toiles d'araignées semblables.

La solution en a été donnée intuitivement par M. le Professeur Gand, l'éminent praticien qui a fondé, inspiré et dirigé pendant si longtemps l'Ecole industrielle d'Amiens ; mais sa démonstration restait à faire, ainsi qu'il arrive encore à tel théorème de Fermat. Elle a tenté plus d'un chercheur, notamment M. Edouard Lucas, professeur de mathématiques spéciales au lycée St-Louis, dont les beaux travaux sur la théorie des nombres allaient être récompensés par l'attribution d'une chaire spéciale au Collège de France, lorsqu'un singulier et bien fatal accident, la blessure causée par un éclat d'assiette cassée, vint mettre fin brusquement à ses jours.

L'auteur de ces lignes s'étant réservé les cours techniques lors de la création de l'École patronale, dont la direction lui était confiée, et désirant ajouter toujours la certitude des démonstrations aux principes acceptés par l'enseignement pratique, s'adressait, dès 1886, au vénérable M. Gand lui-même, qui lui répondit une lettre bienveillante mais chagrine, s'excusant d'être devenu trop vieux pour rien ajouter à ses précédents travaux et s'en rapportant à M. Edouard Lucas pour démontrer la loi des satins à carrés qu'il avait énoncée dans son beau Traité de tissage.

Par l'entremise d'un savant ami, M. le professeur Gilbert, de Louvain, mort lui-même si prématurément, nous sommes entré en relation avec M. Edouard Lucas, lui rappelant qu'il avait laissé la question inachevée et insistant pour qu'il prît la peine de la compléter. M. Lucas nous répondit qu'il y songeait, nous renvoyant d'ailleurs au général russe Frolow (mort aussi, il y a quelques jours seulement) qui venait de publier une étude sur les carrés magiques d'Euler (Gauthier Villars, 1886).

Ils sont donc tous morts, ceux que le curieux problème intéressait! Le dit auteur de ces lignes semble lui-même n'avoir rien de mieux à faire, car il profite sur 70 ans, comme l'on dit en notre pays : ce sera son excuse pour ceux qui trouveraient la chose futile ou trop aride ; il faut savoir pardonner aux vieillards comme aux enfants !

M. Edouard Lucas avait publié en 1867 une brochure intitulée *Applications de l'arithmétique à la construction de l'armure des satins réguliers* ; mais il n'avait plus aucun exemplaire de cet ouvrage et son éditeur n'existait plus. Il publia aussi à Turin, en 1880, fascicules 7 et 8 du journal *l'Ingegneria Civile et le Arti industriali*, un article de 32 pages avec un tableau des armures fondamentales (chez Bertolera, via Ospedale, 18) ; dans le même volume se trouvait un article de Fedele Cerruti, professeur de technologie à l'École professionnelle de Biella, sur la classification des tissus.

Epuisé tout cela ! nous fit savoir l'éditeur italien et, pour calmer notre impatience, M. Lucas nous écrivait encore quelques jours avant sa mort, en 1890, qu'il allait reprendre ces études dans un journal, « bien que cela fût assez difficile, à cause des figures ».

En définitive, la question n'est pas entière, mais elle n'est pas encore complètement démontrée parce que les savants auteurs qui s'en sont occupés ne l'ont résolue que pour des cas particuliers, principalement pour le cas des *modules premiers*. Ces intéressantes études se retrouvent dans plus d'un traité, notamment dans l'excellent livre de MM. Lelarge et Ledent (*Cours méthodique de tissage Decq à Bruxelles*, 1887). Enfin elles ont été tout récemment

reprises avec ardeur et méthode par le très sympathique et distingué Directeur de la *Revue de l'Industrie textile*, M. Alfred Renouard, ancien Vice-Président de notre Société Industrielle du Nord, qui voudra bien me permettre, en cette circonstance, de me présenter comme son collaborateur.

Il est possible d'ailleurs que toute cette pénible discussion, bien qu'elle ait occupé plus d'un savant de grand mérite, ne tombe lamentablement devant une solution toute simple qui pourrait surgir d'un point quelconque de l'horizon. Après la naïveté d'Ampère qui faisait deux trous dans ses portes, l'un grand, l'autre petit, pour le passage de ses deux chats, après la distraction légendaire de Babinet, qui oubliait le nom de sa rue, après l'imprudence de l'illustre Chasles, qui se laissait vendre des lettres de la Sainte Vierge, les maîtres eux-mêmes doivent se tenir en garde contre les surprises ou méprises : à plus forte raison les modestes disciples.

Quel est au juste le sujet ? Il dérive d'une question de tissage bien connue, mais il s'en éloigne pour se généraliser ; et l'on nous a demandé de l'exposer assez complètement pour que les lecteurs du *Bulletin*, qui n'appartiennent pas tous à l'industrie textile, puissent s'y intéresser.

Les vêtements les plus répandus, comprenant le linge, la draperie, etc., appartiennent à la catégorie des tissus *rectilignes*, formés par l'entrecroisement de deux espèces de fils perpendiculaires, les uns, *fils de chaine*, s'étendant parallèlement entre eux tout le long de la pièce ; les autres, *fils de trame*, s'insérant entre les premiers. Tous les tissus ne se fabriquent d'ailleurs pas de la sorte, puisque les articles tricot, bonneterie, etc., se font d'un seul fil.

On conçoit que les tissus rectilignes comportent une très grande variété de contextures, puisqu'on peut lever ou baisser suivant des lois très différentes les fils de la chaîne, pour produire les *foules* successives dans lesquelles s'insèrent les *duites* (trame). Le genre de contexture employé pour une étoffe déterminée se définit par un

rectangle quadrillé qu'on appelle *bref* ou *armure*, représentant un certain nombre de fils et de duites dans lequel les *liages* sont répartis suivant le mode adopté, cette combinaison se reproduisant ensuite autant de fois qu'il est nécessaire dans la largeur et la longueur de l'étoffe. C'est donc l'armure qui détermine le mode de contexture du tissu.

Aux extrémités de l'échelle on rencontre l'armure dans laquelle les liages sont aussi serrés que possible et celle dans laquelle ils sont le plus rares qu'il soit réalisable.

Il est clair que le premier est celui dans lequel tous les fils de chaîne sont alternativement levés ou baissés pour le passage d'une duite, tandis que pour la duite suivante ce serait l'inverse, tous les fils pairs étant levés et tous les impairs baissés, et ainsi de suite.

Pour produire la seconde étoffe, comportant *le moins de liages possible*, il faut nécessairement que dans l'armure il n'y ait qu'un liage par fil et par duite.

La première est *l'armure toile* qui se retrouve en laine dans le *drap*, en soie dans le *taffetas ;* la seconde est l'*armure satin*.

Quelle particularité et quel intérêt spécial présentent ces variétés de tissus?

Le premier a le caractère de solidité ; il y perd en éclat. A cause des contorsions qu'on fait subir aux fils, la lumière ne s'y reflète qu'en une diffusion banale et terne. Dans le second, les fils conservent leur parallélisme interrompu seulement par des points de suture très espacés et presque imperceptibles ; le jeu de la lumière y est brillant et régulier. Tout le monde sait comme le satin est chatoyant, présente des reflets variables suivant son exposition à la lumière ; tandis que le taffetas conserve sa nuance vague et sans éclat quelle que soit son inclinaison aux rayons lumineux.

Ainsi d'un parquet, dont les lames sont faites d'un même bois constitué de fibres parallèles ; comme ces lames sont disposées en deux directions différentes, généralement perpendiculaires entre

elles, la lumière s'y joue d'une façon très différente, les unes paraissant beaucoup plus éclairées que les autres.

De même, prenez votre chapeau à haute forme et brossez-en le fond circulairement de manière à ranger les poils du tissu suivant des cercles concentriques ; la lumière y dessinera des secteurs sensiblement distincts parce que tous ces poils rangés en cercles formeront des tores parallèles, sur lesquels la lumière se répartit en différentes teintes suivant des secteurs bien déterminés. Cet effet se retrouve sur les plateaux métalliques, notamment sur les obturateurs de lunettes dont le rabotage s'est fait par passes circulaires et concentriques qui produisent également une suite de tores presque imperceptibles mais sur lesquels la lumière conserve ses droits, effet bien connu des dessinateurs industriels qui nous représentent ces objets en une succession ainsi justifiée de secteurs clairs ou sombres.

Le satin, pour conserver l'avantage de l'effet, sacrifie la solidité ; ses fils flottants s'éraillent facilement, si bien qu'on ne pourrait lui appliquer une armure quelque peu étendue ; sa limite est de douze ou quinze fils, de telle sorte qu'on aurait vite fait de dresser un tableau indiquant le mode convenable de répartition des liages dans ces étoffes de satin qui ne peuvent évoluer que dans un cadre aussi restreint.

Mais voici où la question présente un intérêt spécial qui donne lieu à une généralisation : c'est qu'il y a des modes logiques et plus favorables que tous autres de répartition des points de liage dans un satin, et les lois qui déterminent cette répartition peuvent s'appliquer à la distribution la plus harmonique de sujets ou d'ornements quelconques sur des surfaces à décorer, papiers peints, tentures ou étoffes elles-mêmes sur lesquelles on veut répandre des fleurs ou autres sujets suivant une disposition qui produise le plus heureux effet.

Revenons d'abord à l'armure satin. Nous avons dit qu'elle comportait le moins de liages possibles, conséquemment un par fil de chaîne et par fil de trame de l'armure ; car il ne saurait y en avoir

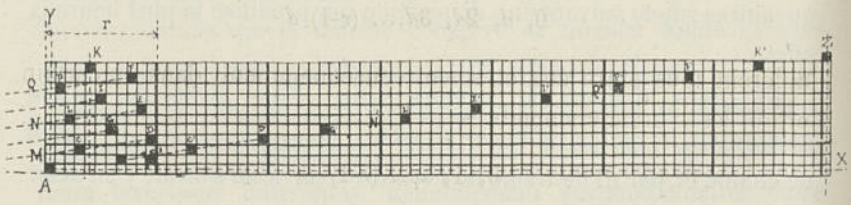
moins puisque si un seul de ces fils flottait sans aucun liage il ne tiendrait évidemment pas dans l'étoffe.

Supposons donc que l'armure se compose de r fils de chaîne et r fils de trame (la condition que chaque fil de chaîne ou de trame ne puisse avoir qu'un seul liage implique nécessairement que le *rapport trame* soit le même que le *rapport chaîne :* c'est d'ailleurs un caractère de toutes les armures fondamentales). On pourrait lier le premier fil avec la 5e duite par exemple, le second avec la 9e ou toute autre duite restante et ainsi de suite ; on conçoit, en un mot, qu'il y ait plusieurs combinaisons ayant pour résultat de ne produire qu'un liage par fil et par duite dans une armure déterminée. Mais toutes ces combinaisons n'ont pas le même effet esthétique : le désordre ne saurait convenir à cette constitution ; on a donc été conduit à définir la *marche des satins réguliers,* dont les lois ont tout d'abord intéressé les savants que nous avons cités.

Cette marche consiste à *décocher* de duite en duite *d'un même nombre de fils :* ainsi, partant d'un liage initial unissant le fil dit premier à la duite dite première, le liage de la deuxième duite étant par exemple accepté sur le 5e fil, celui de la troisième duite sera sur le 10e fil, celui de la quatrième duite sur le 15e fil, etc. et il faut qu'avec cette marche on obtienne bien un liage et un seul par fil et par duite de l'armure, dans laquelle on rentre d'ailleurs par soustraction autant de fois qu'il est nécessaire du nombre de fils constituant le rapport de la dite armure. Il convient d'abord de rappeler la loi mathématique de cette génération du satin.

Soit r le rapport d'armure et d le décochement (fig. 1) ; dans cette figure, le rapport est 11 et le décochement 7). Cherchons l'équation

Fig. 1.



qui lie les coordonnées d'un point de liage quelconque de l'armure type obtenu par le mode de génération ainsi déterminée : pour cela, établissons en nombres de fils et de duites les distances de ce point à deux axes rectangulaires passant par le milieu du premier liage et parallèles l'un (axe des x) aux duites, l'autre (axe des y) aux fils de chaîne. Il est évident que cette relation est :

$$y\,d = x + \mathrm{K}r$$

ou :

$$y = \frac{1}{d}\,(x + \mathrm{K}r) \qquad (1)$$

équation dans laquelle les coordonnées x et y sont des *nombres entiers* de fils et de duites, r et d ont la signification indiquée ci-dessus, et K, nombre entier lui-même, est un facteur soumis à la double condition suivante :

1° faire que y soit entier et plus petit que r pour un x donné lui-même entier et plus petit que r ; et réciproquement faire que x soit entier et plus petit que r pour un y donné lui-même entier et plus petit que r ;

2° être lui-même plus petit que d ; car l'alignement AZ comprenant au total r décochements égaux à d embrasse une étendue de rd fils qui comprend $\frac{r\,d}{r}$ ou d armures, ce qui prouve que K, nombre d'armures embrassées par les divers segments de AZ, ne peut avoir que d valeurs allant de 0 à $(d - 1)$.

En outre, il faut que le décochement d et le rapport d'armure r soient *premiers entre eux* pour que tous les x, c'est-à-dire tous les restes de la division par r des produits :

$$0,\ d,\ 2d,\ 3d, \ldots\ (r\text{-}1)\ d$$

diffèrent tous entre eux et soient conséquemment, dans un certain ordre, les r premiers nombres :

$$0,\ 1,\ 2 \ldots\ (r\text{-}1)$$

La démonstration de ce théorème est assez simple pour que nous la reproduisions ici.

1° La condition est suffisante ; c'est-à-dire que, si d et r sont des nombres premiers entre eux, les restes de la division par r de tous les termes de la progression :

$$0,\ d,\ 2d,\ 3d \ldots (r\text{-}1)\ d$$

diffèrent nécessairement tous entre eux. En effet, supposons que deux termes quelconques le p^e et le q^e donnent le même reste, et remarquons que p et q sont des nombres entiers soumis à la seule condition d'être $< r$; on a alors, appelant ρ le reste commun.

$$p\ d = \text{un multiple de } r + \rho$$
$$q\ d = \text{un multiple de } r + \rho$$

donc, faisant la différence, on a :

$$(p - q)\ d = \text{un multiple de } r$$

ce qui est impossible, car r étant, par hypothèse, premier avec d devrait diviser $(p - q)$; or $(p - q)$, nécessairement plus petit que r puisque p et q le sont eux-mêmes, ne peut être divisible par r.

2° La condition est nécessaire. En effet, supposons que d et r aient un diviseur commun c, et appelons k et k' leurs quotients respectifs par c ; la dernière relation ci-dessus, qui peut s'écrire :

$$\frac{(p - q)\,k}{k'} = \text{un nombre entier.}$$

serait satisfaite en prenant $(p - q) = k'$, ou $p = k' + q$; or, c étant au moins égal à 2, k' est au plus égal à $\frac{r}{2}$; donc en prenant q plus petit lui-même que $\frac{r}{2}$, il sera toujours possible de trouver une valeur $p = k' + q$ qui soit plus petite que r et corresponde

comme q à un terme de la progression, c'est-à-dire qu'il y aura toujours deux termes, le p^e et le q^e, et même une série de termes pris deux à deux, qui donneront le même reste, puisque la différence de ces termes $(p-q)\,d$ ou $pd-qd)$ est divisible par r. Donc, si d et r ne sont pas premiers entre eux, il n'est pas possible que tous les termes de la série donnent des restes différents.

Ainsi, la loi des *satins réguliers* est que le décochement d soit un *nombre premier* avec *le rapport d'armure* r, ce décochement ne pouvant d'ailleurs être 1 ni $r-1$, sans quoi les liages se succèderaient d'un à un suivant la diagonale de l'armure : on aurait alors en tissage un *sergé* au lieu d'un *satin*. et en ornementation le pire des fastidieux alignements.

Mais cette loi comporte encore une grande élasticité, surtout si r est un nombre considérable, puisque d peut avoir plusieurs valeurs entre les limites qui lui sont assignées. Or, les liages obtenus forment des alignements inévitables d'une part, mais d'autre part ils sont les sommets de figures géométriques dont l'effet peut être très différent suivant la valeur du décochement employé.

Voilà où réside précisément l'intérêt que l'on trouve à la question.

Faute d'une répartition aussi judicieuse que possible, on risque de produire des effets de rues tirant l'œil avec une régularité despotique, mettant nos impressions en boîte, en fourreau pour ne pas dire en fourrière. Excès en tout est un défaut, en correction comme en vertu. Tel l'accord parfait, gloire trop éclatante des fanfares, la mesure impitoyable des pianos mécaniques, la discipline militaire et même la vertu rectiligne, celle des hommes qui vont droit leur chemin, au risque de renverser les gens qui s'y trouvent et de se heurter à de périlleux obstacles qu'ils pourraient contourner.

Donc le rigorisme des formes répugne à l'harmonie, et des sujets qui se distribueraient sur une toile en rangs d'ognons, en files indiennes ou en allées de peupliers ne seraient point un régal pour les yeux.

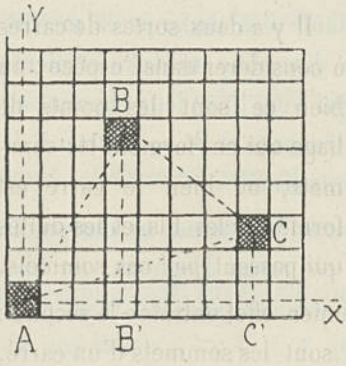
Or, il se trouve que la répartition qui atténue le plus ces effets tyranniques d'alignements est celle dans laquelle *les suiets forment les sommets de carrés*. Il y a donc à déterminer les conditions que doivent remplir les nombres en question, le rapport d'armure et le décochement, pour que les sujets à répartir (points de liage dans le satin) forment ainsi des *carrés sans liages intérieurs*.

La condition nécessaire et suffisante pour produire ce résultat, condition entraînant par conséquent toutes les autres, est que *le rapport d'armure soit la somme de deux carrés premiers entre eux*, condition énoncée par M. Gand mais non prouvée et dont la démonstration fait le sujet de cette étude.

Il est évident que les liages déterminés par la marche des satins réguliers établie ci-dessus forment toujours entre eux des alignements et que quatre liages les plus voisins sont toujours les sommets de parallélogrammes. Il s'agit de faire que ces parallélogrammes soient des carrés parce que la dispersion qui en résulte est la plus harmonieuse en même temps qu'elle détourne l'attention des alignements inévitables.

Constatons d'abord avec MM. Lelarge et Ledent (*Cours méthodiques de tissage*), que, dans une armure quelconque trois points de liage ne peuvent être les sommets d'un triangle équilatéral.

Fig. 2.



C'est là une première curiosité.

En effet, soient trois points de liage A, B, C (*fig.* 2) ; rapportons, comme nous l'avons dit, les alignements AB, AC à des axes coordonnés, respectivement parallèles aux fils et aux duites, et prenons l'un des points de liage A pour origine. L'angle $\widehat{BAC}$ du triangle A B C

étant la somme ou la différence des angles $\widehat{BAX}$ et $\widehat{CAX}$, a pour tangente :

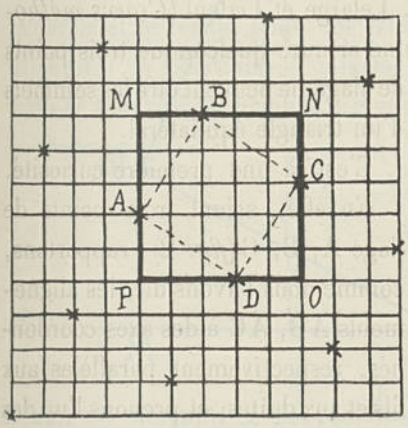
$$\text{tg. } \widehat{BAC} = \frac{\text{tg. } \widehat{BAX} \pm \text{tg. } \widehat{CAX}}{1 \mp \text{tg. } \widehat{BAX} \text{ tg. } \widehat{CAX}}$$

or les grandeurs tg. $\widehat{BAX}$ et tg. $\widehat{CAX}$ sont nécessairement commensurables, car elles ont pour expression le rapport de deux nombres entiers $\frac{BB'}{AB'}$ $\frac{CC'}{AC'}$ rapports dans lesquels B B', A B', C C', A C' sont des nombres de cases de l'armure et sont nécessairement, par conséquent, des nombres entiers. Donc tg. $\widehat{BAC}$ est toujours une quantité commensurable, ce qui serait incompatible avec un triangle A B C équilatéral, car dans un tel triangle l'angle B A C est de 60° dont la tangente, égale à $\sqrt{3}$, est incommensurable.

Cherchons maintenant à quelles conditions quatre points de liage peuvent être les sommets d'un carré.

Considérons à cet effet quatre liages A, B, C, D, formant un tel carré (fig. 3, dans laquelle les horizontales et les verticales représentent respectivement les *axes* des fils et des duites).

Fig. 3.



Il y a deux sortes de carrés à considérer dans l'espèce : ou bien ce sont les points de liage qui en forment les sommets, ou bien le carré est formé par les fils et les duites qui passent par ces sommets.

Mais il est facile de voir que le premier effet entraîne le second ; car, si les quatre points A, B, C, D, sont les sommets d'un carré,

les quatre triangles rectangles ABM, BNC, COD, DPA sont égaux comme ayant l'hypothénuse égale et les angles égaux : d'où

$$AM = BN = OC = PD$$
$$AP = BM = NC = OD$$

donc :

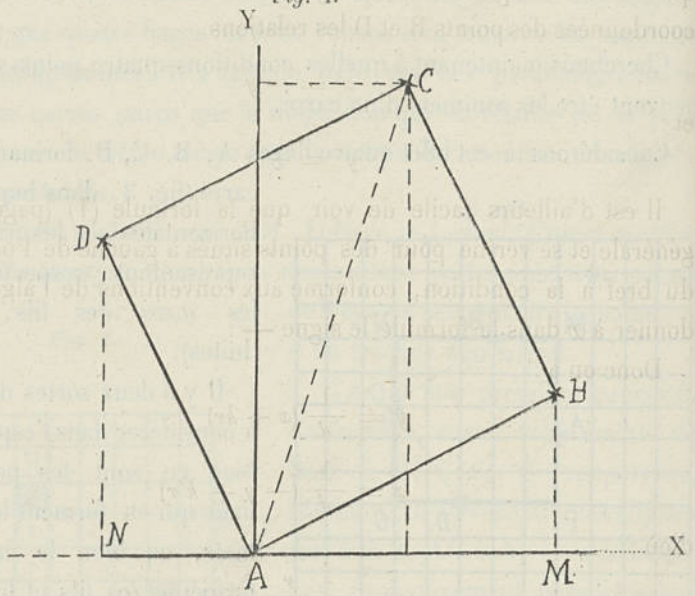
$$AM + AP = BM + BN = OC + NC = PD + OD$$

et la figure MNOP, qui a déjà ses angles droits, est un carré.

La réciproque n'est pas vraie, c'est-à-dire que les deux duites et les deux fils extrêmes peuvent former un carré sans que les points points de liage qui s'y trouvent soient les sommets d'un carré (Le traité de M. Gand contient une erreur à ce sujet).

Nous allons donc d'abord déterminer les conditions *pour que quatre* points de liage soient les sommets d'un carré, et il en

Fig. 4.



résultera que les fils et les duites sur lesquels se trouvent ces quatre points formeront aussi un carré de l'espèce MNOP.

Prenons l'un d'eux A pour origine des coordonnées (fig. 4). Nous

venons de voir qu'entre les coordonnées de tout point de liage il y a une relation telle que :

$$y = \frac{1}{d}(x + kr)$$

donc, pour les coordonnées du point B on aura :

$$y = \frac{1}{d}(x + kr)$$

k ayant une certaine valeur bien définie ci-dessus ; et pour les coordonnées du point D :

$$y' = \frac{1}{d}(x' + k'r)$$

k' ayant une valeur autre que k mais également définie.

Il est évident sur la figure que, à cause de la forme carrée, ce qui entraîne l'égalité des triangles ABM et ADN, on a entre les coordonnées des points B et D les relations

$$x' = -y$$

et :

$$y' = +x$$

Il est d'ailleurs facile de voir qne la formule (1) (page 7) est générale et se vérifie pour des points situés à gauche de l'origine A du bref à la condition, conforme aux conventions de l'algèbre, de donner à x dans la formule le signe — :

Donc on a :

$$y = \frac{1}{d}(x + kr)$$

$$x = \frac{1}{d}(-y + k'r)$$

d'où :

$$y = \frac{r}{1 + d^2}(kd + k')$$

et :

$$x = \frac{r(k'd - k)}{1 + d^2}$$

Remarquons d'abord que, si l'un des binômes $kd + k'$ $k'd - k$ est divisible par un des facteurs de $(1 + d^2)$, l'autre l'est aussi. En effet, soit C un diviseur commun à $k'd - k$ par exemple et à $(1 + d^2)$ on a

$$k'd - k = C.q$$

d'où :

$$k = k'd - C.q$$

donc ;

$$kd + k' = d(k'd - C.q) + k'$$
$$= k'(1 + d^2) - C.q.d.$$

quantité qui est bien divisible par C puisque $(1 + d^2)$ l'est. par hypothèse.

Ainsi il suffira de prouver que l'un des binômes $kd + k'$, $k'd - k$, est divisible par un diviseur de $1 + d^2$ pour que l'autre le soit aussi ; en particulier, si l'un de ces deux binômes est divisible par $(1 + d^2)$, l'autre l'est également.

Or. la plus grande valeur de k et de k' est $(d - 1)$, tandis que la plus petite valeur de k est zéro et la plus petite de k' est évidemment 1 (et non pas zéro puisque, ainsi que le supposent notre figure et ses conséquences, l'alignement D C est au-dessus de l'alignement A B et les points D et C proviennent conséquemment toujours au moins de la deuxième armure, pour laquelle $k = 1$). Donc le binôme $kd + k'$ devant être minimum ou maximum en même temps que k et k', aura pour minimum 1 et pour maximum $d^2 - 1$; et le binôme $k'd - k$ aura pour minimum 1 (k' minimum et k maximum) et pour maximum $d^2 - d$ (k' maximum et k minimum). Or ces deux maximums $d^2 - 1$ et $d^2 - d$ sont évidemment plus petits que $d^2 + 1$: donc les binômes $k'd - k$ et $kd + k'$ étant plus petits que $1 + d^2$ ne sont pas divisibles par ce dernier binôme.

Reprenons maintenant les expressions :

$$x = \frac{r(k'd - k)}{1 + d^2}$$

$$y = \frac{r(kd + k')}{1 + d^2}$$

Si r et $(1 + d^2)$ étaient des nombres premiers entre eux, comme il faut d'ailleurs que x et y soient des nombres entiers, $(1 + d^2)$ divisant un produit de deux facteurs et étant premier avec l'un d'eux, r, devrait diviser l'autre, ce que nous venons de voir impossible. Donc, il faut que r et $(1 + d^2)$ aient au moins un diviseur commun. Et la condition que r et $(1 + d^2)$ aient un facteur commun est suffisante pour que x et y puissent être des nombres entiers convenant à la question. En effet, le plus petit facteur commun possible entre r et $(1 + d^2)$ étant 2, l'autre facteur correspondant de $(1 + d^2)$ sera égal à $\frac{1 + d^2}{2}$ ou plus petit ; si 2 est le seul diviseur commun entre r et $(1+d^2)$, $\frac{1 + d^2}{2}$ devra diviser $k' d - k$, et conséquemment $k d + k'$ pour que x et y soient entiers. Or $k d + k'$ peut prendre toutes les valeurs possibles entre 1 et $d^2 - 1$; cette dernière, qui est la plus grande, étant comprise entre $\frac{d^2 + 1}{2}$ et $d^2 + 1$, (1), il n'y a évidemment qu'une seule valeur de $k d + k'$ qui puisse être divisible par $\frac{d^2 + 1}{2}$, mais il y en a une, et cette valeur est $\frac{d^2 + 1}{2}$, auquel cas les valeurs ci-dessus de x et y deviennent

$$y = x = \frac{r}{2}$$

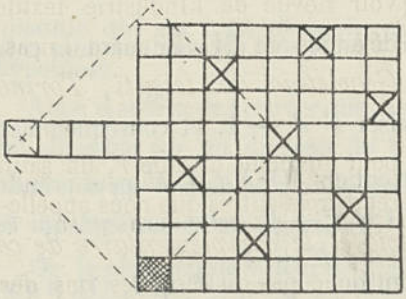
---

(1) Pour que $d^2 - 1$, maximum de $k d + k'$, soit supérieur à $\frac{d^2 + 1}{2}$, il faut que l'on ait $d^2 > 3$, ce qui est toujours vrai, puisque d est toujours au moins égal à 2 ; et, si nous considérons le binôme $k' d - k$, dont le maximum est $d^2 - d$, pour que cette dernière quantité puisse être plus grande que $\frac{d^2 + 1}{2}$, il faut que $d^2 - d > \frac{d^2 + 1}{2}$ ou $d^2 > 2 d + 1$; on trouve encore que cette inégalité est toujours vérifiée, excepté dans le cas où $d = 2$, mais alors $d^2 + 1 = 5$, qui n'est pas divisible par 2, le facteur commun à r et à $(d^2 + 1)$ est donc dans ce cas supérieur à 2 et il faut appliquer ce qui est dit plus loin. On peut donc dire, en définitive, que si 2 est le plus grand commun diviseur entre r et $(d^2 + 1)$, c'est que $d > 2$ et conséquemment l'inégalité ci-dessus est satisfaite.

Le point (x, y) ainsi déterminé est au centre de l'armure ; il n'y a donc dans ce cas qu'une seule solution, un carré unique dont un sommet est au centre de l'armure, si le premier sommet est pris pour origine ; ce cas est donc celui *de toute armure dont le rapport, nécessairement pair, n'a que* 2 *pour diviseur commun avec* $(1 + d^2)$.

Exemple : Satin de 8 avec décochement 3 (fig. 5) ;

Fig. 5.



Le rappor $r = 8$ n'a que 2 pour diviseur commun avec $(1 + d^2)$ qui est 10 ; il n'y a donc qu'un carré figuré dans l'armure ; encore en sort-il, car sa diagonale est égale à r.

En second lieu, si le plus grand commun diviseur de r et de $(1 + d^2)$ est > 2, l'autre facteur de $(1 + d^2)$, qui doit diviser les binômes des numérateurs, est $< \frac{1+d^2}{2}$, au plus égal à $\frac{1+d^2}{3}$, et il y aura plus d'une valeur de chacun des binômes $k'd - k$ et $kd + k'$ qui sera divisible par ce facteur ; on obtiendra donc au moins deux valeurs entières de x, et par suite au moins deux valeurs entières de y, qui satisferont à la question, conséquemment l'armure présentera plus d'un carré. De là, en définitive, cette règle :

Pour qu'une armure satin d'un rapport r donné présente un ou plusieurs carrés avec un décochement d donné, il faut et il suffit que le rapport ait un diviseur commun avec le binôme $1 + d^2$.

Ce principe et sa démonstration sont textuellement extraits du livre de MM. Lelarge et Ledent. On en conclut que si le rapport r est un nombre premier, il doit diviser $1 + d^2$ pour fournir un satin à carré et qu'il faut en outre que d soit un nombre pair, car si d

conséquemment d^2 étaient des nombres impairs, $(1 + d^2)$ serait un nombre pair, conséquemment r, nombre premier (par hypothèse) qui doit diviser $(1 + d^2)$, ne pourrait être que 2 ce qui ne se rapporte qu'à la toile.

D'autres considérations vont compléter ces résultats. Nous les développerons en reproduisant des travaux fort intéressants publiés récemment sur ce sujet par divers auteurs, notamment M. Alfred Renouard, faisant suite à M. Lucas, et par le général Frolow, pour les compléter par quelques démonstrations qui nous sont propres et nous ont paru faire défaut. (Voir Revue de l'Industrie textile 1891 et 1899 et l'opuscule déjà cité de M. Édouard Lucas, *Principi fondamettali della Geometria dei tessuti, Torino Bertolero*, 1880).

Il y a d'abord à constater que, pour un même module r, un satin de décochement donné d en comprend trois autres que nous appellerons le *complémentaire, l'associé et le complémentaire de ce dernier*. Ces quatres satins ne sont donc pas distincts les uns des autres.

Considérons en effet un satin que nous nommerons satin direct (satin (M), figure 6). Vu à l'envers, c'est-à-dire retourné de 180° autour d'une verticale, il présente le pointé (N) dans lequel le décochement d' est égal à $r - d$: ce satin est évidemment le symétrique du satin direct (M) par rapport à la verticale E F.

Si nous regardons le satin (M) suivant C A c'est-à-dire en le faisant tourner de 90° dans son plan, nous voyons le satin (P) dans lequel le décochement d'' est égal à $r - v$, v étant le décochement vertical de l'armure directe (M) c'est-à-dire l'ordonnée du liage qui existe sur le deuxième fil. Entre v et d il y a cette relation que leur produit divisé par r donne pour reste 1, ce qui s'exprime par la formule

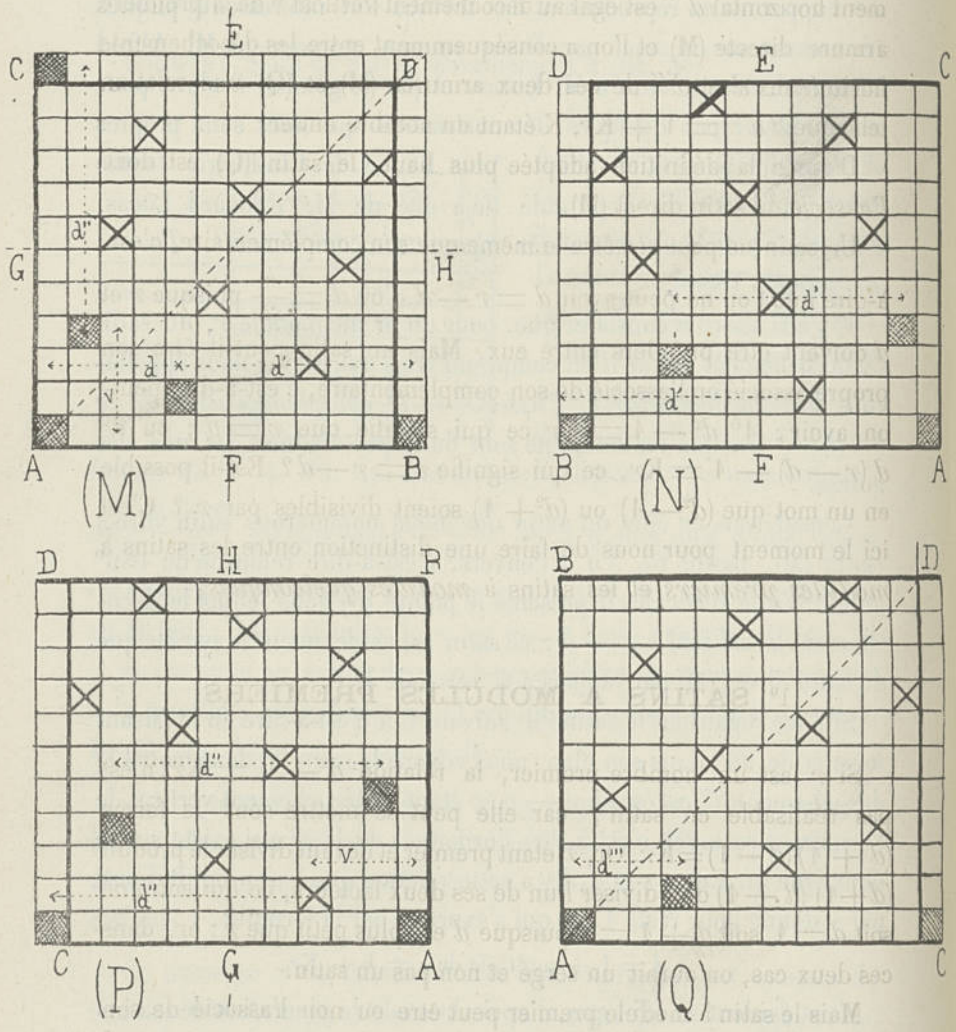
$$v\,d = 1 + \text{multiple de } r = 1 + \mathrm{K}r$$

Il est évident en effet que, d'après le mode de génération des satins dont nous sommes partis, décochement successif d de duite en duite, v est le nombre par lequel il faut multiplier d pour que le

produit divisé par r donne pour reste 1, et il n'y en a qu'un de possible puisque r et d sont premiers entre eux.

Quand deux nombres seront dans ce cas, c'est-à-dire quand leur produit diminué d'une unité sera divisible par un nombre r, nous

Fig. 6.



dirons avec les auteurs précités que ces deux nombres *sont associés dans le module r*.

Enfin, si nous regardons l'armure (P) à l'envers, c'est-à-dire en la faisant tourner de 180° autour d'une verticale, elle nous montre le pointé complémentaire (Q), lequel, ainsi qu'on le voit par l'inversion des sommets B et C n'est autre que le symétrique du bref (M) par rapport à la diagonale A D. Dans cette armure (Q) le décochement horizontal d''' est égal au décochement vertical v de la première armure directe (M) et l'on a conséquemment entre les décochements horizontaux d et d''' de ces deux armures (M) et (Q) une relation telle que $d\,d''' = 1 + Kr$, K étant un nombre entier.

D'après la définition adoptée plus haut, le satin (Q) est donc *l'associé* du satin direct (M).

Un satin ne peut pas être le même que son complémentaire, c'est à-dire que l'on ne peut avoir $d = r - d$ d'où $d = \frac{r}{2}$ puisque r et d doivent être premiers entre eux. Mais un satin peut-il être son propre associé ou l'associé de son complémentaire, c'est-à-dire peut-on avoir : 1° $d^2 - 1 = Kr$ ce qui signifie que $v = d$; ou 2° $d(r - d) - 1 = Kr$, ce qui signifie $v = r - d$? Est-il possible en un mot que $(d^2 - 1)$ ou $(d^2 + 1)$ soient divisibles par r ? C'est ici le moment pour nous de faire une distinction entre les satins à *modules premiers* et les satins à *modules quelconques*.

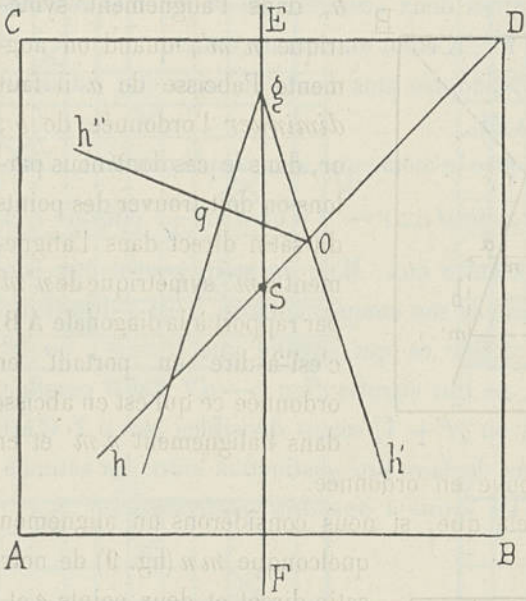
1° SATINS A MODULES PREMIERS

Si r est un nombre premier, la relation $d^2 - 1 = Kr$ n'est pas réalisable en satin ; car elle peut se mettre sous la forme $(d + 1)(d - 1) = Kr$. Or, r étant premier et devant diviser le produit $(d+1)(d-1)$ doit diviser l'un de ses deux facteurs, ce qui entraîne soit $d = 1$ soit $d + 1 = r$ puisque d est plus petit que r ; or, dans ces deux cas, on aurait un sergé et non pas un satin.

Mais le satin à module premier peut être ou non l'associé de son complémentaire, c'est-à-dire qu'à priori, rien ne rend impossible la relation $d\,(r - d) = 1 +$ multiple de r, ce qui revient à $(d^2 + 1)$

égale un multiple de r. Nous verrons tout à l'heure à quelle condition le nombre $d^2 + 1$ pourra être divisible par le module r ; mais auparavant constatons que nous retrouvons ainsi la condition établie plus haut comme *nécessaire et suffisante* pour que quatre points de liage d'un satin soient les sommets d'un carré dans un module premier, à savoir *que r doit diviser* $(1 + d^2)$.

Fig. 7.



Nous devons donc pouvoir démontrer directement que, quand un satin est l'associé de son complémentaire, on y trouve ces carrés. En effet, d'abord, tout alignement gh de l'armure directe (figure 7) a son symétrique $g\,h'$ par rapport à la verticale E F dans le complémentaire ; et, dire que l'associé d'un satin direct est le complémentaire de ce satin direct ou que le complémentaire du direct est l'associé de ce dernier, c'est dire, d'après tout ce que nous venons de voir, qu'en prenant le symétrique oh'' de oh' par rapport à la diagonale AD, la droite oh'' doit se trouver en alignement dans le satin direct (voir fig. 6. M.Q.).

Or on voit d'abord que cet alignement oh'' sera *perpendiculaire* à l'alignement gh car, si nous considérons l'angle $h'o$ S extérieur au triangle Sog d'une part, puis l'angle $h'oh'' = 2\,h'o$S extérieur au triangle qog d'autre part, en raison des égalités $Soh' = Soh''$ et $oSg = 45^0$, on a évidemment les relations suivantes :

$$\widetilde{h'oS} = 45^0 + \frac{1}{2}\,\widetilde{qgo}, \text{ d'où } 2\widetilde{h'oS} = 90^0 + \widetilde{qgo}$$

or :

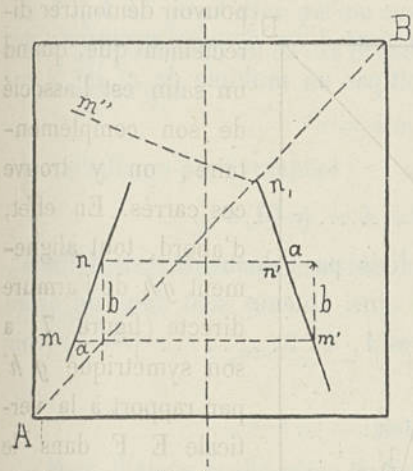
$$h'o\,h'' = 2\,h'o\,S = \widehat{gq^o} + \widehat{qg^o}$$

Conséquemment ,

$$\widehat{gq^o} = 90^o$$

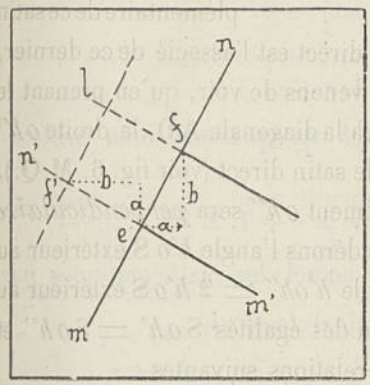
D'autre part, considérons dans un alignement $m\,n$ (fig. 8) deux points m et n : Si, pour passer du point m au point n, on *augmente* l'abcisse de a et l'ordonnée de b, dans l'alignement symétrique $n'\,m'$, quand on augmente l'abcisse de a il faut *diminuer* l'ordonnée de b ; or, dans le cas dont nous parlons on doit trouver des points du satin direct dans l'alignement $n\,m''$ symétrique de $n'\,m'$ par rapport à la diagonale AB, c'est-à-dire en portant en ordonnée ce qui est en abcisse dans l'alignement $n'm'$ et en abcisse ce qui s'y trouve en ordonnée.

Fig. 8.



Il résulte de tout cela que, si nous considérons un alignement quelconque $m\,n$ (fig. 9) de notre satin direct et deux points e et f de cet alignement, en e et en f se trouvent des alignements perpendiculaires au précédent et. si sur l'alignement $m\,n$ nous passons d'un point e au suivant en augmentant l'abcisse de a et l'ordonnée de b, nous passerons du point e au suivant dans l'alignement perpendiculaire en en *augmentant l'ordonnée* de a et *diminuant l'abcisse* de b. Il est

Fig. 9.



manifeste que les deux longueurs ef et ef' sont égales et, comme en menant l'alignement $f'l$ parallèle à ef nous obtenons sûrement en l un point de satin. la figure $eflf'$ est sûrement un carré.

Voyons maintenant à quelles conditions $d^2 + 1$ pourra être divisible par r.

Nous nous appuierons pour cela sur le théorème de Fermat que voici :

Si r est un nombre premier et d un nombre premier avec lui (il suffit pour cela que d ne soit pas un multiple de r), $d^{r-1}-1$ *est divisible par r.*

En effet, considérons la suite :

$$d \quad 2d \quad 3d \ldots\ldots\ldots (r-1)\,d$$

chacun des termes de cette suite divisé par r donne un reste différent, c'est-à-dire que tous les restes ainsi obtenus sont dans un ordre quelconque la suite des nombres 1, 2, 3..... $(r-1)$ (voir page 8).

On a donc les relations suivantes :

$$\begin{aligned} d &= \text{multiple de } r + \rho_1 \\ 2\,d &= \text{multiple de } r + \rho_2 \\ 3\,d &= \text{multiple de } r + \rho_3 \\ &\vdots \\ (r-1)\,d &= \text{multiple de } r + \rho_{(r-1)}\,; \end{aligned}$$

multipliant membre à membre toutes ces équations, on a évidemment :

$$1.\,2.\,3\ldots\ldots(r-1)\,d^{r-1} = \text{multiple de } r + 1.\,2.\,3\ldots\ldots(r-1)$$

Ce qu'on exprime dans le langage actuel des mathématiques par

$$(r-1)!\,d^{r-1} = Mr + (r-1)\,!$$

d'où :

$$d^{(r-1)} = \frac{Mr}{(r-1)!}\,(r-1)! + 1$$

ou :

$$d^{(r-1)} - 1 = \frac{Mr}{(r-1)!}$$

or, le factoriel $(r-1)!$ ne pouvant diviser r qui est un nombre premier doit diviser le facteur M ; donc :

$$d^{(r-1)} 1 = \text{multiple } r$$

Cela posé, nous pouvons démontrer que, dans les conditions en cause, r premier et d premier avec r, *tout diviseur impair de* d^2+1 *ne peut être qu'un multiple de* 4 *augmenté de* 1. En effet, supposons qu'un de ces diviseurs r soit un multiple de $4+3$, c'est-à-dire que :

$$r = 4\,m + 3;$$

on a d'ailleurs par hypothèse :

$$d^2 = -1 + \text{multiple de } r$$

Élevons les deux membres de cette égalité à la puissance $\frac{r-1}{2}$ il vient :

$$d^{r-1} = -1^{(2m+1)} + \text{multiple de } r$$

ou ;

$$d^{(r-1)} = -1 + \text{multiple de } r$$

Mais, d'après le théorème de Fermat précité, on a :

$$d^{(r-1)} = +1 + \text{multiple de } r$$

On aurait donc, en retranchant ces deux relations l'une de l'autre :

$$2 = \text{multiple de } r$$

ce qui est impossible, parce que r étant le module d'un satin doit être supérieur à 2.

Mais, si $r = 4\,m + 1$, d'où $(r-1) = 4\,m$, en élevant à la puissance $\frac{r-1}{2}$, nous trouvons $d^{r-1} = -1^{2m} +$ multiple de r ou $d^{r-1} = +1 +$ multiple de r, et nous rentrons dans le théorème de Fermat.

(Il n'y a pas d'ailleurs à examiner le cas de $r = 4\,m + 2$ ou $= 4\,m + 4$ puisque par hypothèse le module r est un nombre premier).

Ainsi, pour que $d^2 + 1$ soit un multiple de r, *il faut et il suffit que r soit un multiple de 4 augmenté de 1*. De plus il ne peut y avoir qu'une seule valeur de d plus petite que $\frac{r}{2}$ qui rende $d^2 + 1$ divisible par r ; car, si l'on avait :

$$d^2 + 1 = \text{multiple de } r$$
$$d_1^2 + 1 = \text{multiple de } r$$

on aurait :

$$d^2 - d_1^2 = \text{multiple de } r$$

d'où :

$$(d \pm d_1) = \text{multiple de } r$$

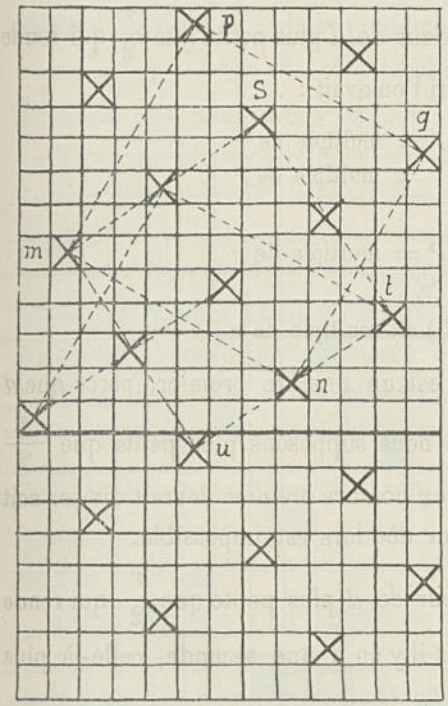
Ce qui est impossible si r est un nombre premier, parce que d et d_1 sont des nombres que nous supposons plus petits que $\frac{r}{2}$ (*satin direct*) et que r étant un nombre premier devrait diviser soit $(d - d_1)$ soit $(d + d_1)$, ce qui dès lors est impossible.

Il n'y a donc qu'une valeur de d plus petite que $\frac{r}{2}$ qui rende $d^2 + 1$ divisible par r ; mais il y en a une seconde, celle-là plus grande que $\frac{r}{2}$, car le nombre $(r - d)$ est dans le même cas, c'est-à-dire que si $(d^2 + 1)$ est divisible par r, $(r - d)^2 + 1$ l'est aussi ; en effet, cela revient à dire que $r^2 - 2rd + d^2 + 1$ est divisible par r, ce qui est évident, $d^2 + 1$ étant déjà divisible par r. D'où l'on conclut qu'il y a toujours deux valeurs de d, mais deux seules, qui rendent $d^2 + 1$ divisible par r et c'est à la condition que r soit un multiple de 4 augmenté de 1 : l'une de ces valeurs de d est au plus égale à $\frac{r-1}{2}$, l'autre est sa complémentaire $r - d$. *Un module premier ne peut donc donner lieu qu'à un seul satin à carré.*

Mais jusqu'ici rien ne nous a établi que les carrés ainsi formés par des points de liage dans un satin étaient *sans liages intérieurs*.

La figure 10 relative au satin de 13 avec décochement 8, nous montre en effet des carrés tels que *m n p q*, *m s t u* qui contiennent plusieurs autres points à l'intérieur. Ces carrés ne présentent en réalité aucun intérêt.

Fig. 10.



Examinons (figure 11) comment les choses se présentent lorsque ces carrés ne contiennent aucun liage intérieur.

Alors la figure formée par quatre points de liage successifs B, C, D, E se reproduit dans l'armure autant de fois qu'il y a de ces points. ou, pour mieux dire, la surface totale de l'armure est égale exactement à la surface B C D E multipliée par le nombre des liages c'est-à-dire par r. En effet, après avoir sommé les figures complètes telles que B C D E il reste encore sur les bords de l'armure des figures incomplètes telles que F G I K H; mais chacune d'elles trouve sur le bord symétrique sa partie complémentaire telle que L M N : cela résulte évidemment de ce que les armures se reproduisent sur la laize intégralement dans tous les sens. Si ces figures sont des carrés, le côté $\overline{AB}$ de chacun de ces carrés est égal à $\sqrt{a^2 + b^2}$, a et b étant les coordonnées relatives ou la différence des coordonnées de A et de B, et l'on a conséquemment :

$$r^2 = r \times \overline{AB}^2 = r\,(a^2 + b^2)$$

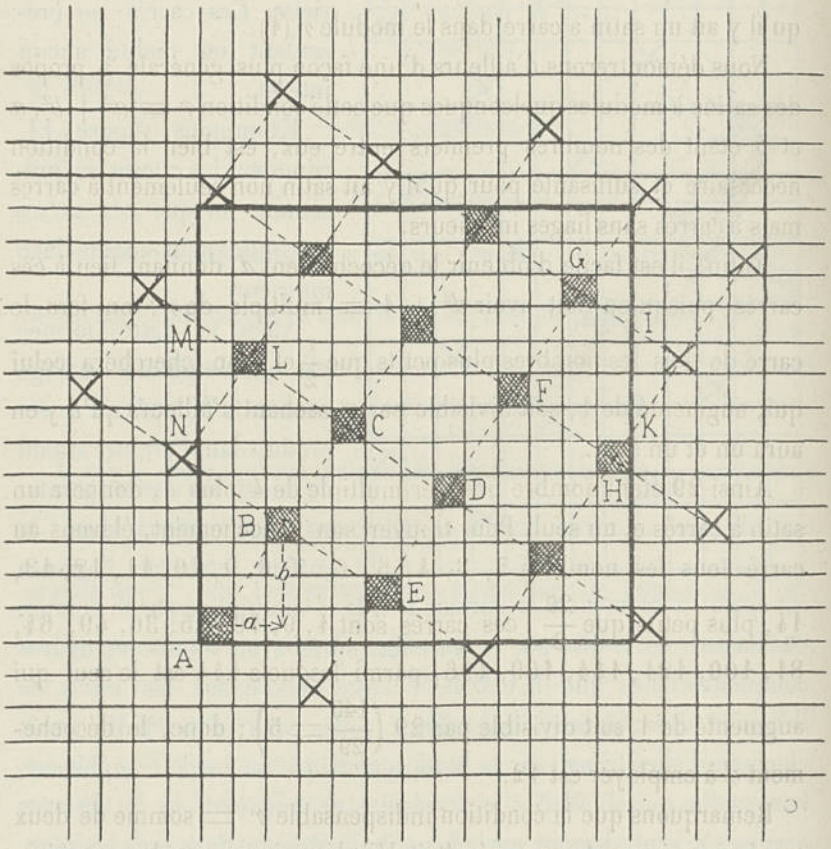
d'où :

$$r = (a^2 + b^2)$$

et a et b sont nécessairement premiers entre eux, car s'ils avaient un

diviseur commun, il diviserait r que nous supposons un nombre premier. Réciproquement, si l'on a $r = a^2 + b^2$, a et b étant premiers entre eux et r étant un nombre premier, ce satin est à carrés.

Fig. 11.



Car non seulement a et b sont premiers entre eux, mais il faut que l'un soit pair et l'autre impair sans quoi $a^2 + b^2$ serait pair et r ne serait pas premier, ce qui est contre l'hypothèse ; mais alors on a :

$$a = \text{multiple de } 2 = 2\,q$$
$$b = \text{multiple de } 2 + 1 = 2\,p + 1$$

Conséquemment :

$$a^2 + b^2 = (2q)^2 + (2p+1)^2 = 4q^2 + 4p^2 + 4p + 1$$

donc :

$$r = a^2 + b^2 = \text{multiple de } 4 + 1$$

condition que nous avons reconnue nécessaire et suffisante pour qu'il y ait un satin à carré dans le module r (1).

Nous démontrerons d'ailleurs d'une façon plus générale à propos des satins à modules quelconques que cette condition $r = a^2 + b^2$, a et b étant des nombres premiers entre eux, est bien la condition nécessaire et suffisante pour qu'il y ait satin non seulement à carrés mais à carrés sans liages intérieurs.

Enfin, il est facile d'obtenir le décochement d, donnant lieu à ces carrés, puisqu'on doit avoir $d^2 + 1 =$ multiple de r; on fera le carré de tous les nombres plus petits que $\frac{r}{2}$ et l'on cherchera celui qui, augmenté de 1, soit divisible par r, sachant d'ailleurs qu'il y en aura un et un seul.

Ainsi 29 étant nombre premier multiple de 4 plus 1, donnera un satin à carrés et un seul. Pour trouver son décochement, élevons au carré tous les nombres 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, plus petits que $\frac{29}{2}$; ces carrés sont 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100, 121, 144, 169, 196, parmi lesquels 144 est le seul qui augmenté de 1 soit divisible par 29 $\left(\frac{145}{29} = 5\right)$; donc, le décochement d à employer est 12.

Remarquons que la condition indispensable $r =$ somme de deux carrés premiers entre eux, résultait déjà de ce que r, nombre premier, devait diviser $1 + d^2$ somme de deux carrés premiers entre eux ; car on démontre dans la théorie des nombres (A. Serret, algèbre supérieure, 5e édition, tome 1, page 31), « *que tout diviseur de la*

(1) Voir sur ce sujet la *Théorie des carrés diaboliques* de M. Edouard Lucas, note mise à la suite de la *Nouvelle étude* du général Frolow sur les carrés magiques. Gauthiers Villars, 1886.

» *somme de deux carrés premiers entre eux est lui-même la* » *somme de deux carrés premiers entre eux* ».

Nombre des satins distincts dans un module donné.

Les conclusions auxquelles nous sommes arrivés permettent de déterminer le nombre de satins distincts que l'on pourra faire dans un module donné. Remarquons d'abord qu'il n'y a que $r - 1$ décochements possibles, qui sont les nombres entiers compris de 1 à $(r - 1)$; encore faut-il en retrancher les décochements 1 et $r - 1$ qui donneraient lieu à des sergés et non à des satins : il ne reste donc que $r - 3$ décochements possibles.

Si donc on a $r = 4q + 3$, il n'y a que $4q$ satins possibles et comme ils se groupent par quatre rentrant les uns dans les autres ainsi que nous l'avons vu, cela fait q satins directs.

Si l'on a $r = 4q + 1$, il y aura $4q - 2$ satins possibles dont $4q - 4$ se grouperont quatre par quatre ; cela fera $q - 1$ satins distincts plus deux autres, qui ne se grouperont que par deux c'est-à-dire qu'ils seront à la fois complémentaires et associés, conséquemment carrés ; il y aura donc encore, en définitive, q satins distincts et l'un d'eux sera à carré.

Pour trouver les différents satins possibles, il conviendra donc d'écrire la suite des $r - 3$ nombres inférieurs à r pouvant servir de décochement en satin. Soit par exemple $r = 29$, on écrira les $r - 3$ nombres suivants.

2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.....

Remarquons qu'au delà de 14, les nombres en question seront les complémentaires des précédents, savoir 15 ou $(r - 14)$, 16 ou $(r - 13)$, etc. . . . . ; ils ne donneront donc pas lieu à des satins distincts des précédents.

Il faudra ensuite grouper ceux de ces nombres dont le produit sera égal à un multiple de r augmenté de 1 afin de grouper les satins *associés ;* ces nombres peuvent se trouver parmi ceux plus

petits que $\frac{r}{2}$, entre 2 et 14 dans l'exemple précédent, ou bien ils se trouvent l'un dans la première moitié de $\frac{r}{2}$ l'autre dans la seconde moitié ; or, tout nombre de la seconde moitié est le complémentaire d'un des nombres de la première : on trouvera donc un produit tel que $m(r - n)$, m et n étant tous deux des nombres de la première moitié, dont la division par r donnera pour reste 1 et, dans ce cas, ayant donc $m(r - n) =$ multiple de $r + 1$ on aura $mn = -1 +$ multiple de r. D'où, en définitive, la règle suivante :

Prendre tous les nombres inférieurs à la moitié du module, les grouper deux à deux de manière que leur produit soit un multiple de r *augmenté ou diminué de* 1 *et ne conserver comme décochement de satin direct que le plus petit des deux nombres de chacun de ces groupes.*

Quand $r = 4q + 3$, on a ainsi tous les satins distincts ; quand $r = 4q + 1$ il en reste un qui, étant l'associé de son complémentaire, est à carré, le carré de ce nombre étant d'ailleurs égal à un multiple de r diminué de 1.

Exemples : module $31 = (7 \times 4) + 3$; les satins distincts sont au nombre de 7 : on les trouve par les opérations suivantes :

multiples de 31 : 31, 62, 93, 124, 155, 186....

nombres $< \frac{r}{2}$: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15,

groupements : $\binom{2}{15}$ $\binom{3}{10}$ $\binom{4}{8}$ $\binom{5}{6}$ $\binom{7}{9}$ $\binom{11}{14}$ $\binom{12}{13}$

Les seuls décochements de satins sont donc :

2, 3, 4, 5, 7, 11, 12.

Autre exemple : module $37 = (9 \times 4) + 1$;

9 satins distincts, dont un à carrés ;

multiples de 37 : 37, 74, 111, 148, 185, 222.....

nombres $< \frac{r}{2}$: 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18

groupements : $\binom{2}{18}\binom{3}{12}\binom{4}{9}\binom{5}{15}$ 6 $\binom{7}{16}\binom{8}{14}$ $\binom{10}{11}$ $\binom{13}{17}$

Le satin de décochement 6 est à carrés.

En résumé, avec un module premier, que l'on peut représenter par la formule $r = 4q + (1 \text{ ou } 3)$,

1° Le nombre des satins distincts est q;

2° Il y aura un satin à carré et un seul, dans le cas nécessaire et suffisant où r est un multiple de 4 augmenté de l'unité.

3° Il est nécessaire et suffisant que le rapport d'armure r soit la somme de deux carrés premiers entre eux : cette relation est aussi une conséquence de la condition précédente.

2° SATINS A MODULE QUELCONQUE.

Avec les satins à module quelconques, les conditions suivantes, précédemment établies sans distinction entre les modules premiers et les modules quelconques, restent applicables :

1° Le décochement d doit être premier avec le rapport d'armure r ;

2° Pour qu'il y ait satin à carrés il faut et il suffit que r ait un diviseur commun avec $(1 + d^2)$ et ce diviseur doit être la somme de deux carrés premiers entre eux puisqu'il divise $1 + d^2$, somme de deux carrés premiers entre eux ;

3° Quand le satin est l'associé de son complémentaire il faut encore que r divise $d^2 + 1$; cette condition donne satisfaction à la précédente et dénote conséquemment un satin à carrés ;

4° Pour qu'il y ait satin à carrés sans liages intérieurs il faut encore que r soit la somme de deux carrés $r = a^2 + b^2$. Disons à l'avance que ces carrés doivent être aussi premiers entre eux, conséquemment premiers avec r et que la condition est suffisante.

Satins symétriques et à Losanges.

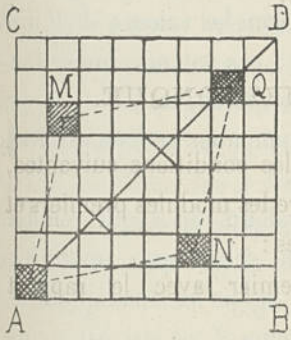
Mais, dans le cas où le module r n'est pas un nombre premier, un satin peut être son propre associé et cela donne lieu à une intéressante répartition des liages.

On peut en effet avoir $(d^2 - 1) =$ multiple de r, ce qui est la condition du satin associé à lui-même, car rien n'empêche alors que r ait des diviseurs communs l'un avec $(d + 1)$ l'autre avec $(d - 1)$, puisque r n'est pas un nombre premier.

Or, nous avons vu que, dans le cas où un satin est son propre associé, il est nécessairement symétrique par rapport à la diagonale AD.

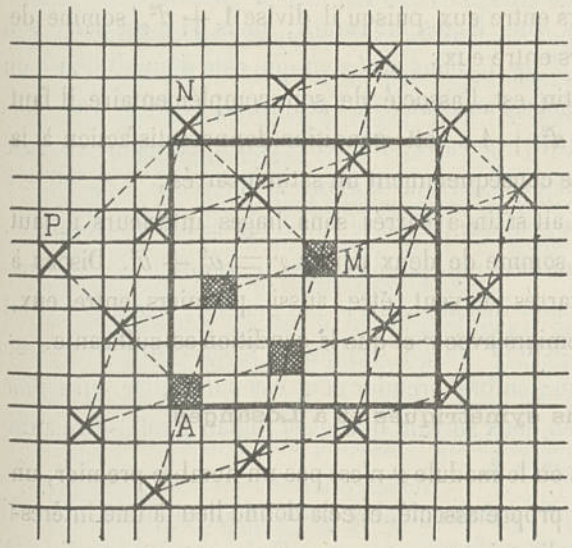
Et cette symétrie implique la forme en losanges, (figures 12 et 13) : car aux alignements AM, AN, symétriques par rapport à la diagonale AD, correspondent les alignements NQ, MQ qui leur sont respectivement parallèles et égaux et qui se rencontrent évidemment sur l'axe de symétrie AD.

Fig. 12.



Dans l'exemple de la figure 12, qui est un satin de 8 avec module 5, et où l'on a $d^2 - 1 =$ multiple de r ($5^2 - 1 =$ multiple de 8), ces losanges contiennent des liages intérieurs ; dans la figure 13, satin de 8 à décochement 3 où $d_2 - 1 = r$ ($3^2 - 1 = 8$), ces losanges sont sans liages intérieurs. Et, en effet, ces losanges ont, dans les deux cas, une surface égale à $d^2 - 1$, comme il est facile de le voir ; or, nous montrerions (fig. 13) comme nous l'avons fait pour les carrés (fig. 11), que, lorsque ces figures, comme toutes les autres,

Fig. 13.



sont sans liages intérieurs, la surface totale de l'armure est égale à r fois leur surface, c'est-à-dire que $r^2 = r(d^2 - 1)$ d'où $r = d^2 - 1$. Ajoutons que ces satins à losanges ne se présentent qu'avec la symétrie par rapport aux diagonales de l'armure, c'est-à-dire que les diagonales de ces losanges doivent toujours être inclinées de 45° sur les côtes de l'armure.

Mais nous ne voulons nous occuper ici que des satins carrés et il nous faut rester dans notre sujet.

Nous avons donc à rechercher quelles sont les valeurs de d qui rendent $d^2 - 1$ et $d^2 + 1$ divisibles par r ; ces valeurs nous donneront, les premières les satins à symétrie et losanges, les secondes les satins à carrés sans liages intérieurs comme nous le démontrerons plus loin (page 42).

Nous remarquerons d'abord que les valeurs de d qui rendent $d^2 - 1$ divisible par r sont distinctes de celles qui rendraient $d^2 + 1$ divisible par r ; car, si r divisait à la fois les deux quantités $d^2 - 1$ et $d^2 + 1$, il diviserait leur différence 2, ce qui est manifestement impossible, puisque pour avoir du satin et non de la toile, nous supposons $r > 2$. Il est donc impossible qu'un satin à losanges présente des carrés sans liages intérieurs ; mais si r est pair, son diviseur 2 divisant $d^2 + 1$, nous avons vu que cela donnait lieu à un carré dont un sommet est au centre de l'armure (ce carré se voit dans la figure 13 en AMNP) ; ce carré, d'ailleurs peu intéressant, coexiste avec le losange puisque le diviseur 2 divise la différence 2 de $d^2 + 1$ et $d^2 - 1$ et il est le seul qui puisse se voir dans les satins à losanges.

Le rapport r, nombre non premier, est le produit de facteurs premiers, lesquels sont inégaux dans le cas général. Examinons tout d'abord le cas particulier où ils sont égaux c'est-à-dire le cas où $r = p^m$, p étant un nombre premier et ce cas particulier lui-même nous le diviserons en deux suivant que p est impair c'est-à-dire autre que 2 ou qu'il est égal à 2.

1er *Cas* : $r = p^m$, p étant nombre premier autre que 2. Alors il ne peut y avoir de satin à losanges, car p^m devant diviser $d^2 - 1$

c'est-à-dire $(d+1)(d-1)$ ne peut d'abord pas diviser l'un de ces deux facteurs, comme nous l'avons vu, car cela exigerait que $d-1=0$ ou $d+1=r$ conditions d'un sergé et non d'un satin : il faudrait donc que $(d+1)$ et $(d-1)$ aient chacun un diviseur commun avec p^m ; ce diviseur ne pourrait lui-même qu'être p ou une puissance de p ; donc p serait lui-même diviseur commun à $(d+1)$ et $(d-1)$ et divisant ces deux nombres il devrait diviser leur différence qui est 2 ; il faudrait donc en définitive que $p=2$ ce qui est contraire à notre hypothèse.

D'autre part, pour qu'il y ait satin carré sans liages intérieurs, il faut que d^2+1 soit divisible par $r=p^m$ conséquemment soit divisible par p, nombre premier, ce qui entraîne, ainsi que nous l'avons vu, la condition que *p soit un multiple de 4 augmenté de 1*. Et, si cette condition est remplie, il n'y aura qu'un satin carré et son complémentaire : car si l'on avait

$$d^2+1=\text{multiple de } p^m$$
$$d_1^2+1=\text{multiple de } p^m$$

on aurait $d^2-d_1^2=$ multiple de p^m, d'où p devrait, comme nous l'avons vu ci-dessus, diviser les deux facteurs $(d-d_1)$, $(d+d_1)$, conséquemment leur somme $2d$, ce qui est impossible (puisque r ou p^m, nombre d'ailleurs impair par hypothèse, est premier avec d) hors les deux cas où $d=d_1$ et $d+d_1=r$, ce dernier cas étant celui de d et d_1 complémentaires.

2e *cas* : $r=2^m$. Il faut supposer que m est au moins égal à 3, c'est-à-dire que $r=8$ au moins, car $r=2$ ne donne que de la toile et $r=2^2=4$ ne donne pas de satin.

Dans ce cas, il n'y a pas de satin carré, car d nombre alors nécessairement impair, étant de la forme $4n\pm1$, son carré $(16n^2\pm8n+1)$ est un multiple de 8 augmenté de 1 ; donc d^2+1 ne saurait être un multiple de 8 ni d'une puissance quelconque de 2 supérieure à 8, sans quoi l'on aurait simultanément ;

$$\left.\begin{array}{l} d^2-1=\text{multiple de } 8 \\ d^2+1=\text{multiple de } 8 \end{array}\right\} \text{ d'où } 2=\text{multiple de } 8.$$

D'autre part, il y aura deux satins symétriques et il n'y en aura que deux correspondant aux valeurs complémentaires $2^{(m-1)} - 1$ et $2^{(m-1)} + 1$. En effet, 2^m devant diviser dans ce cas $(d^2 - 1)$, conséquemment le produit $(d+1)(d-1)$, et $r = 2^m$ ne pouvant diviser l'un de ces deux facteurs à moins qu'il n'y ait sergé et non satin, il faut que ces deux facteurs soient divisibles par une puissance commune de 2 et ce diviseur commun devant diviser leur différence, qui est 2, ne pourrait être que 2 lui-même ; dans ce cas donc, l'un des facteurs $(d+1)$ ou $(d-1)$ serait divisible par 2 et l'autre conséquemment par 2^{m-1}, pour que leur produit soit divisible par 2^m : et puisque d est plus petit que $r = 2^m$, plus petit même que $2^m - 1$ sous peine de sergé, et au plus égal, conséquemment à $2^m - 2$ ou 2^{m-1}, il faut bien évidemment, pour que $d \pm 1$ soit divisible par 2^{m-1}, que l'on ait ou $d + 1 = 2^{m-1}$ ou $d - 1 = 2$.

3e *cas* : r est quelconque, égal conséquemment au produit de facteurs premiers $a, b, c, d \ldots\ldots$

Alors, pour qu'il y ait satin symétrique losangé ou satin à carrés. il faut que l'un des binômes $d^2 - 1$ ou $d^2 + 1$ soit divisible par r, conséquemment qu'il soit divisible par $a, b, c, d \ldots\ldots$

Nous devons donc rechercher à quelles conditions l'une de ces deux quantités $d^2 - 1$ ou $d^2 + 1$ peut être à la fois multiple des nombres premiers $a, b, c \ldots\ldots$, facteurs premiers de r.

A cette occasion, nous pouvons répondre à la question plus générale suivante ; Etant donné un nombre r décomposé en facteurs premiers $a, b, c, d \ldots\ldots$ $(r = abcd\ldots)$, comment trouver un nombre x qui soit à la fois un multiple de a augmenté d'une quantité donnée a_0, un multiple de b augmenté de b_0 etc. . . . . , c'est-à-dire tel que l'on ait :

$$\begin{array}{llll}
x = \text{multiple de } a + a_0 & \text{ce qui revient à} & (x - a_0) = \text{multiple de } a. & \\
\quad = \text{multiple de } b + b_0 & \text{id.} & (x - b_0) = \text{multiple de } b & (1). \\
\quad = \text{multiple de } c + c_0 & \text{id.} & (x - c_0) = \text{multiple de } c. & \\
\quad \vdots & & \vdots &
\end{array}$$

En nous reportant à la propriété précédemment démontrée de la progression arithmétique $d, 2d, 3d \ldots\ldots (r-1)d$, dans laquelle d et r sont supposés premiers entre eux, nous pouvons toujours trouver des nombres $m, n, p \ldots$, tels que l'on ait :

$$m.\ \frac{r}{a} = 1 + \text{multiple de } a$$

$$n.\ \frac{r}{b} = 1 + \text{multiple de } b$$

$$p.\ \frac{r}{c} = 1 + \text{multiple de } c$$

Car $\frac{r}{a} = b.\ c.\ d \ldots\ldots$ est premier avec a, $\frac{r}{b} = a.\ c.\ d \ldots\ldots$ est premier avec b etc.

Si nous multiplions ces équations respectivement par $a_0\ b_0 \ldots$ on aura donc :

$$m.\ \frac{r}{a}\ a_0 = \text{multiple de } a + a_0$$

$$n.\ \frac{r}{b}\ b_0 = \text{multiple de } b + b_0 \qquad (1)$$

$$p.\ \frac{r}{c}\ c_0 = \text{multiple de } c + c_0$$

Et l'on obtiendra un nombre répondant aux conditions cherchées en faisant la somme de ces quantités, c'est-à-dire qu'on aura :

$$x = m.\ \frac{r}{a}\ a_0 + n.\ \frac{r}{b}\ b_0 + p.\ \frac{r}{c}\ c_0 + \ldots\ldots$$

en effet,

$$m.\ \frac{r}{a}\ a_0 \text{ est un multiple de } a + a_0\ ;$$

d'autre part :

$$n.\ \frac{r}{b}\ b_0 = n\ b_0\ a\ c\ d \ldots \text{ est un multiple de } a\ ;$$

de même :

$$p.\ \frac{r}{c}\ c_0 = p\ c_0\ a\ b\ d \ldots\ldots \text{ est un multiple de } a, \text{ etc.}$$

donc x, somme de tous ces termes est bien un multiple de $a + a_0$; on démontrerait de même que c'est un multiple de $b + b_0$ un multiple de $c + c_0$ etc. ; et tout nombre qui serait égal à celui-là augmenté ou diminué d'un multiple de r répondrait à la question. La forme générale du nombre demandé est donc :

$$x = m \frac{r}{a} a_0 + n \frac{r}{b} b_0 + p. \frac{r}{c} c_0 + \ldots\ldots\ldots + \text{multiple de } r.$$

Il n'existe en outre qu'une seule de ces valeurs de x qui soit plus petite que r, car d'après la constitution même du nombre x la différence de deux de ses valeurs ne peut être qu'un multiple de r ; on a en effet :

$$x_1 = a_0 + M_1 a$$
$$x_2 = a_0 + M_2 a$$

donc :

$$x_1 - x_2 = \text{multiplie de } a$$

on verrait de même que :

$$x_1 - x_2 = \text{multiplie de } b$$
$$= \text{multiplie de } c$$
$$\vdots$$

donc :

$$x_1 - x_2 = \text{multiple de } r.$$

Cette valeur de x dépend d'ailleurs, évidemment du système a_0, b_0, c_0....

Le problème sera donc toujours soluble ; mais rappelons-nous qu'en satin on ne doit retenir des nombres d que ceux qui *seront plus petits que* r ; la méthode ne tient pas compte de cette condition, qui ne la rend pas applicable en l'espèce.

Cela dit, revenons à notre satin de module quelconque $r = a. b. c.....$

Pour qu'un satin de décochement d soit losangé ou carré, il faut que $(d^2 - 1)$ ou $(d^2 + 1)$ soit divisible par r, donc par $a. b. c....$

Occupons-nous d'abord des *satins losangés*. Pour que l'on ait $d^2 - 1) =$ multiplie de a ou $(d - 1)(d + 1) =$ multiple de a, il faut

et il suffit que l'un des facteurs $(d - 1)$ ou $(d + 1)$ soit divisible par a, puisque a est un nombre premier ; de même pour la division par b, par c, etc... ; on a donc deux systèmes de solutions l'une $d - 1 =$ multiple de a d'où $a_0 = 1$ dans les équations (1) et l'autre $(d + 1) =$ multiple de a, ou $d =$ multiple de $a - 1 =$ multiple $a + (a - 1)$ d'où $a_0 = (a - 1)$; de même pour b_0, c_0, etc.

Si donc r est impair et contient μ facteurs premiers, chacun de ces facteurs pouvant donner lieu à deux moyens de solution, il y aura en tout 2^μ solutions d'après la formule des *arrangements avec répétitions*. Mais ces solutions comprennent les valeurs de $d = 1$ et $d = (r - 1)$ qui appartiennent au sergé : reste donc $2^\mu - 2$ solutions de satin qui, étant complémentaires deux à deux, donnent en définitive $2^{\mu-1} - 1$ solutions distinctes.

Ainsi le satin du module $r = 105 = 3.5.7$ donnera trois solutions distinctes de satins symétriques ($\mu = 3$) ; ces solutions sont en effet $d = 29$, $d = 34$, $d = 41$, dont les complémentaires sont respectivement $d = 76$, $d = 71$, $d = 64$, Aucun de ces satins losangés n'est sans liages intérieurs parce qu'on n'a pour aucune de ces solutions $d^2 - 1 = 105$.

Si $r = 2, a.b.c....$ c'est-à-dire si r est le double d'un nombre impair, d est naturellement impair, devant être premier avec r et le nombre des solutions est le même que précédemment, $2^{(\mu-1)} - 1$, μ étant le nombre des facteurs premiers impairs de r. En effet, dans ce cas les conditions $(d - 1)$ et $(d + 1) =$ multiples du facteur 2 se confondent en une seule, car l'une ne va pas sans l'autre et, μ ayant la signification ci-dessus, le nombre total des solutions est $2^\mu \times 1$ au lieu de $2^\mu \times 2$, soit 2^μ ; d'où, en retranchant comme il a été dit les deux solutions $d = 1$ et $d = (r - 1)$ et divisant le reste par 2 pour n'avoir que les solutions distinctes, le nombre de ces dernières est bien $2^{\mu-1} - 1$.

Si r est un multiple de 4, $r = 4.a.b.c...$ il y a $2^\mu - 1$ solutions. Ainsi, le satin $4.3.5.7 = 420$ où $\mu = 3$, a $2^3 - 1 = 7$ solutions qui donnent pour d les valeurs 29, 41, 71, 139, 169, 181,

209 (remarquer que les trois premières sont complémentaires des trois suivantes par rapport à $210 = \frac{r}{2}$)

Si, enfin, le module est divisible par 8, il y aura quatre valeurs de a_o correspondant à $a = 8$ et par suite $2^{\mu+1} - 1$ satins symétriques.

Passons maintenant aux *satins à carrés*. D'après ce que nous avons démontré précédemment, le module r devant diviser $(d^2 + 1)$, il faut qu'aucun des facteurs impairs de r ne soit un multiple de 4 augmenté de 3 ; le module ne saurait non plus, s'il est pair, être un multiple de 4 : car d étant impair, dans ce cas, puisqu'il doit être premier avec r, on peut poser $d = 2m + 1$ d'où $d^2 = 4m^2 + 4m + 1 = 1 +$ multiple de 4 ; conséquemment $(d^2 + 1) = 2 +$ multiple de 4 et si le facteur 4 pouvait diviser $d^2 + 1$, divisant la partie multiple de 4, il diviserait l'autre 2, ce qui est impossible. Ainsi tout facteur premier impair de r ne peut être qu'un multiple de 4 augmenté de 1 et le facteur 2 ne peut entrer dans r qu'à la première puissance.

Supposons donc que ces conditions soient remplies et soit μ le nombre des facteurs premiers impairs de r, tous multiples de 4 + 1 ; si r ne contient que ces facteups là, c'est-à-dire est impair, le nombre respectif des valeurs de $a_o, b_o, c_o, \ldots\ldots$ est 2, ce qui nous donne 2^μ valeurs de d complémentaires deux à deux, conséquemment $2^{\mu-1}$ satins carrés distincts, Ainsi, pour le satin $5^\alpha 13^\beta 17^\gamma$, ou $\mu = 3$, quels que soient les exposants $\alpha\beta\gamma$, il y a $2^2 = 4$ satins carrés. Il n'y en aurait pas un seul dans le satin $3^\alpha 5^\beta 13^\gamma$ où l'un des facteurs premiers 3, divisé par 4 donne pour reste 3.

Si le module est $2p$, p étant composé de facteurs premiers impairs au nombre de μ, comme il n'y a qu'une valeur $a_0 = 1$ correspondant au module $a = 2$, il y a encore $2^{\mu-1}$ satins carrés distincts.

Si le module est $4p$, il n'y a pas de satins à carrés.

Enfin, nous démontrerons tout à l'heure que la condition

nécessaire et suffisante pour qu'il y ait satin à carrés dans tous les cas est que le module r soit la somme de deux carrés premiers entre eux.

La *Règle générale* pour trouver tous les satins distincts dans un module quelconque est d'ailleurs la même que pour un module premier. On prend tous les nombres inférieurs à la moitié du module : on les groupe deux à deux, de telle sorte que leur produit divisé par le module donne pour reste 1 ou — 1 : on conserve le plus petit nombre de chaque groupe comme base d'un satin du module donné, et les nombres qui n'ont pu être groupés ainsi donnent nécessairement des satins symétriques ou des satins à carrés.

DÉMONSTRATION GÉNÉRALE DE LA FORMULE DES SATINS A CARRÉS SANS LIAGES INTÉRIEURS.

Rappelons que M. le professeur Gand a formulé cette règle qui n'a pas encore été complètement démontrée : « La condition nécese » saire et suffisante ponr qu'un module r donne lieu à un satin carré »est que ce module soit la somme des carrés de deux nombres » premiers entre eux. » Ces 2 nombres sont en outre, les coordonnées relatives, c'est-à-dire les différences des coordonnées de deux sommets successifs du carré.

Deux points sont acquis par nos démonstrations précédentes :

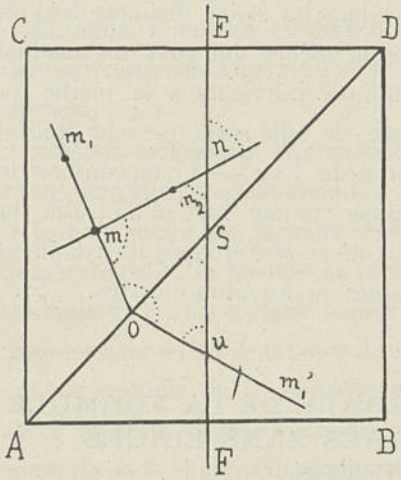
1° Pour qu'il y ait satin à carrés sans liages intérieurs, il faut que le module soit la somme de deux carrés, $r = m^2 + n^2$.

2° Lorsqu'un satin est l'associé de son complémentaire c'est-à-dire lorsqu'on a $d^2 + 1 =$ multiple de r, ce satin est à carrés.

Nous allons d'abord démontrer que la première de ces conditions entraîne la seconde, c'est-à-dire que, *lorsque le satin est à carrés sans liages intérieurs, ce satin est l'associé de son complémentaire*. En effet le satin à carrés présente des alignements respectivement

perpendiculaires entre eux ; soit $m\,n$ et mm_1 (fig. 14) deux de ces alignements ; tous les points du satin peuvent être considérés comme fournis par les alignements $m\,n$ ou par les alignements $m\,m_1$; prenons les symétriques de ces derniers par rapport à la diagonale AD, nous aurons ainsi l'associé du satin donné.

Fig. 14.



Soit $o\,m^1_1$ le symétrique ainsi obtenu de l'alignement $o\,m_1$; il est facile de voir que $o\,m^1_1$ est symétrique de $m\,m_2$ par rapport à la verticale EF, car, appelant respectivement m, n, S, o, u les angles marqués sur la figure et sachant que $S = 45^0$ et $m = 90^0$, on a :

$$\hat{u} = 180^0 - (\acute{o} + 45^0) = 135^0 - \acute{o}$$
$$\hat{n} = 360^0 - [\acute{o} + 90^0 + (180^0 - 45^0)] = 135^0 - \acute{o}$$

donc $\hat{u} = \hat{n}$.

Il y a donc symétrie d'angles entre les alignements $m\,n$ et les alignements $o\,m^1_1$ par rapport à la direction EF ; mais, en outre, soit a la quantité dont il faut *diminuer* (dans notre figure) *l'abscisse* du point m pour obtenir celui du point m_1 qui le suit sur l'alignement $o\,m_1$ et b la quantité dont il faut *augmenter l'ordonnée ;* comme les points de l'alignement $o\,m^1_1$ ont pour abscisses les ordonnées des points correspondants de l'alignement $o\,m_1$ et pour ordonnées leurs abscisses, on passe d'un point au suivant sur l'alignement $o\,m^1_1$ en *diminuant l'ordonnée* de a lorsqu'on *augmente* l'abscisse de b. D'autre part a et b ayant la signification que nous avons dit pour le point m_1, on obtient le point m_2, sur l'alignement $m\,n$ en *augmentant* de a l'ordonnée du point m et augmentant son abscisse de b.

Conséquemment il y a symétrie complète par rapport à la direction EF entre le satin donné considéré comme formé par les alignements mn et le satin formé par les alignements om_1', c'est-à-dire par son associé, puisque déjà il y a symétrie d'angles et que, en outre, on passe d'un point au suivant dans le premier en *augmentant* l'ordonnée de a lorsqu'on *augmente l'abscisse de b,* tandis que dans le second il faut *diminuer* l'ordonnée de la même quantité a lorsqu'on *augmente* son abscisse de la quantité b.

Remarquons que la symétrie d'angles entre les alignements mn et om_1' existerait si le satin était à rectangles c'est-à-dire s'il présentait des alignements perpendiculaires mn mm_1, mais la symétrie complète n'existe que si le satin est à carrés c'est-à-dire si $mm_1 = mm_2$. Exemple : le satin de 125 avec décochement 32 qui est à carrés mais non sans liages entre les sommets et dans lequel les points les plus voisins sur deux alignements perpendiculaires forment un rectangle allongé.

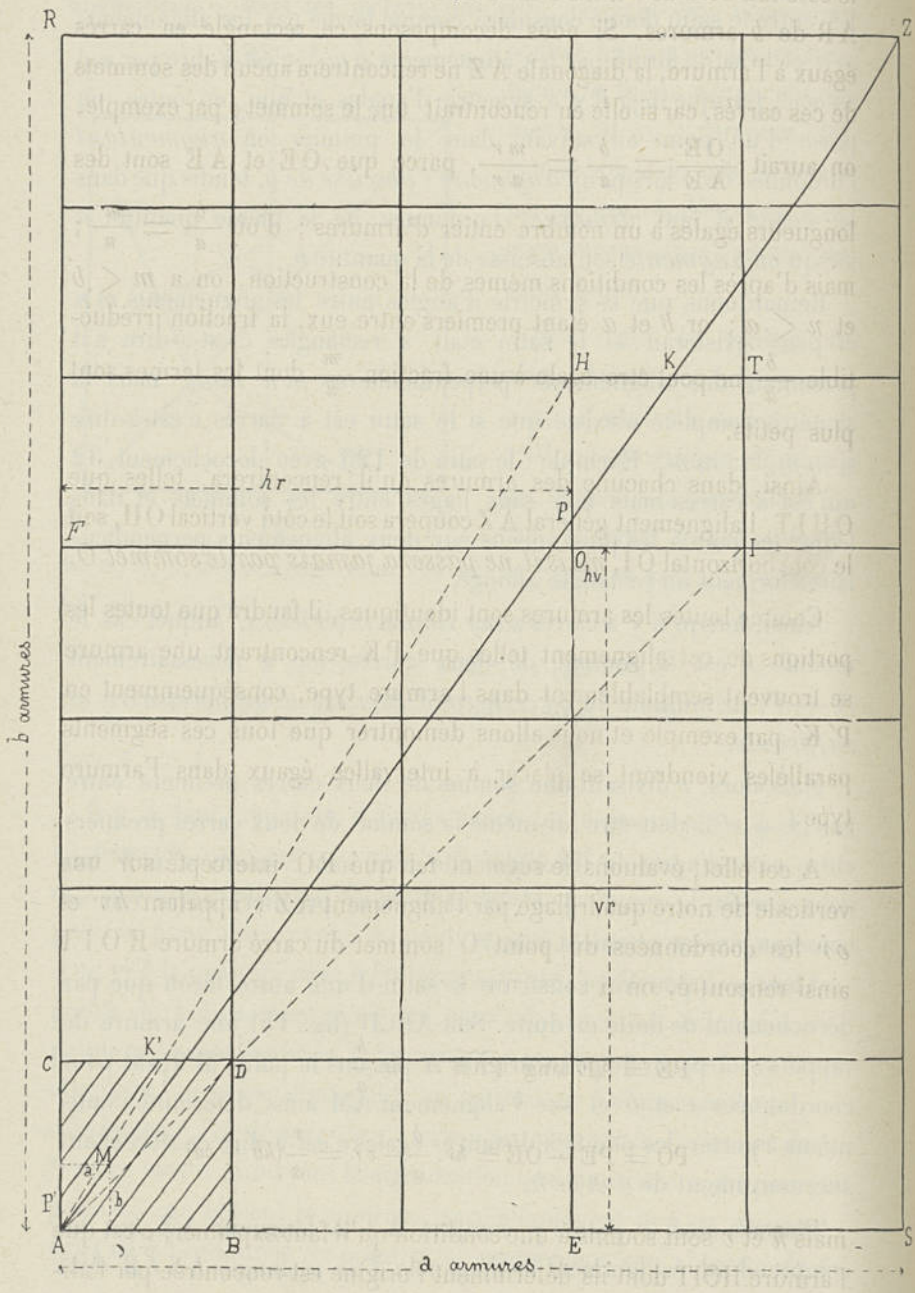
Ainsi, lorsqu'il y a carrés *sans liages intérieurs,* auquel cas le module r est la somme de deux carrés, on a nécessairement $(1 + d^2) =$ multiple de r : *cette condition est donc nécessaire et suffisante.*

Mais alors, r divisant une somme de deux carrés premiers entre eux $(1 + d^2)$, doit être lui-même la somme de deux carrés premiers entre eux, d'après le théorème cité plus haut : soient a^2 et b^2 ces deux carrés, $r = a^2 + b^2$, a et b étant premiers entre eux et conséquemment premiers avec r.

Alors nous pouvons construire le satin d'une autre façon que par décochement de duite en duite. Soit ABCD (fig. 15) une armure de rapport r. A partir du point origine A plaçons le point M ayant pour coordonnées a et b et sur l'alignement AM ainsi déterminé continuons à porter des points à distances égales c'est-à-dire en décochant successivement de a et de b.

Plaçons ainsi r points y compris A ; la longueur AZ qui les comprend est évidemment la diagonale d'un rectangle ASZR dont

Fig. 15.



le côté A S sera de ra fils c'est-à-dire de a armures et le côté vertical A R de b armures. Si nous décomposons ce rectangle en carrés égaux à l'armure, la diagonale A Z ne rencontrera aucun des sommets de ces carrés, car si elle en rencontrait un, le sommet o par exemple, on aurait $\frac{OE}{AE} = \frac{b}{a} = \frac{mr}{nr}$, parce que O E et A E sont des longueurs égales à un nombre entier d'armures ; d'où $\frac{b}{a} = \frac{m}{n}$; mais d'après les conditions mêmes de la construction, on a $m < b$ et $n < a$; or b et a étant premiers entre eux, la fraction irréductible $\frac{b}{a}$ ne peut être égale à une fraction $\frac{m}{n}$ dont les termes sont plus petits.

Ainsi, dans chacune des armures qu'il rencontrera, telles que O H I T, l'alignement général A Z coupera soit le côté vertical O H, soit le côté horizontal O I, *mais il ne passera jamais par le sommet O.*

Comme toutes les armures sont identiques, il faudra que toutes les portions de cet alignement telles que P K rencontrant une armure se trouvent semblablement dans l'armure type, conséquemment en P′ K′ par exemple et nous allons démontrer que tous ces segments parallèles viendront se placer à intervalles égaux dans l'armure type.

A cet effet, évaluons le segment tel que P O intercepté sur une verticale de notre quadrillage par l'alignement A Z ; appelant hr et vr les coordonnées du point O sommet du carré armure H O I T ainsi rencontré, on a :

$$PE = AE \text{ tang. } \widehat{PAE} = hr.\frac{b}{a}$$

$$PO = PE - OE = hr.\frac{b}{a} - vr = \frac{r}{a}(hb - va)$$

mais h et v sont soumis à une condition qu'il faut exprimer, c'est que l'armure HOIT dont ils déterminent l'origine est rencontrée par l'ali-

gnement AZ, ce que nous traduirons en disant que l'angle ZAS est $<$ HAS et $>$ IAS ; d'où :

$$\frac{(v+1)\,r}{hr} > \frac{b}{a} > \frac{vr}{(h+1)\,r} \text{ ou } \frac{(v+1)}{h} > \frac{b}{a} > \frac{v}{h+1}$$

ou enfin :

$$hb - va < a \text{ et } va - hb > b$$

D'autre part h peut prendre toutes les valeurs entières de 0 à a ; et puisque l'on doit avoir $hb - va < a$, c'est que ce binôme *est le reste de la division de hb par a*, v étant d'ailleurs un nombre entier compris entre 0 et b : en outre a et b sont premiers entre eux par hypothèse : donc enfin d'après le théorème d'arithmétique plusieurs fois invoqué dans cette discussion, le binôme $hb - ba$ peut prendre toutes les valeurs entières comprises entre 0 et a c'est-à-dire les valeurs :

$$1.\ 2.\ 3 \ldots\ldots\ (a-1)$$

Conséquemment tous les segments tels que PO se retrouveront dans le bref origine ABCD, sur le côté vertical AC au nombre de $(a-1)$ (4 dans notre exemple) et séparés sur ce côté vertical par des intervalles égaux d'une longueur égale à $\frac{r}{a}$. On ferait une remarque semblable pour les segments tels que KS qui se retrouvent en K' S' dans le bref origine, dont ils coupent le côté horizontal inférieur (fig. 16).

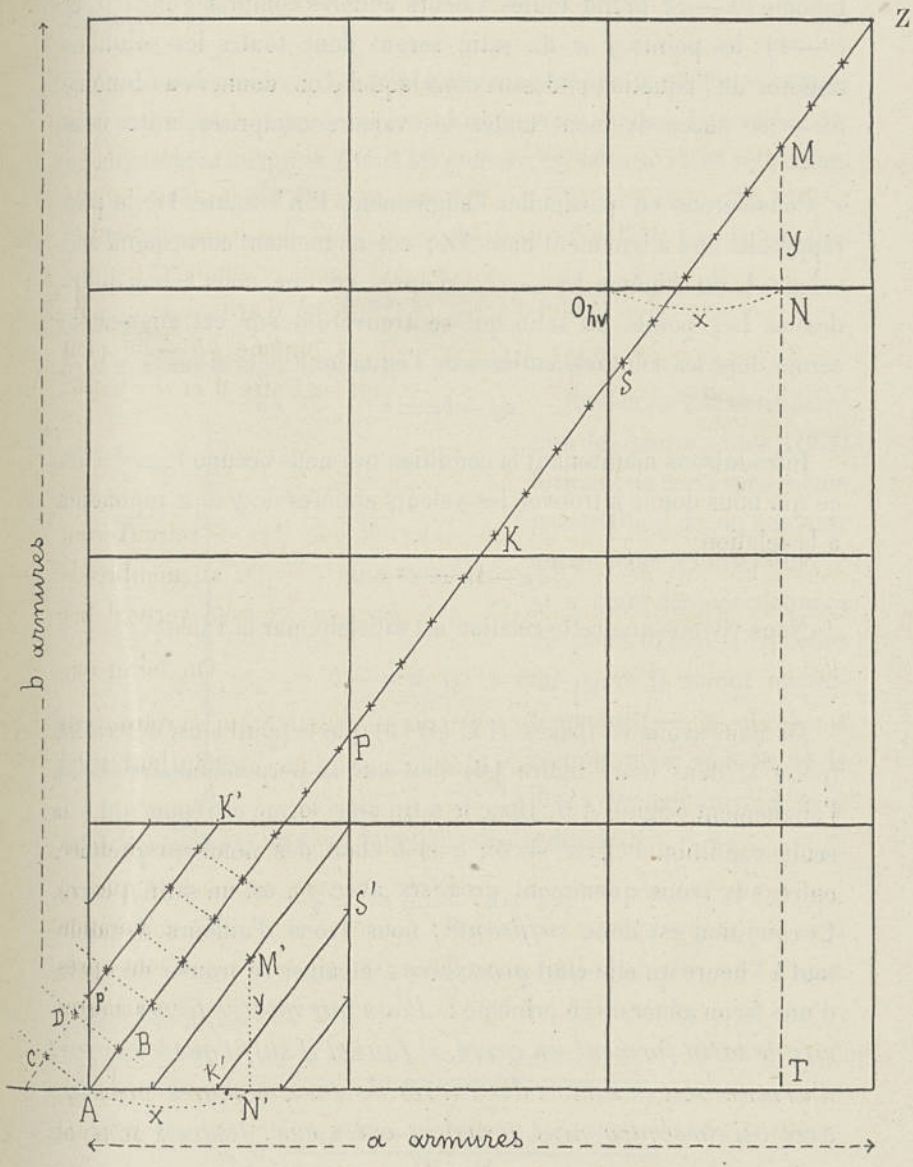
Il résulte en définitive de ces considérations que, en raison de ce que a et b sont des nombres premiers entre eux plus petits que r, tous les points obtenus le long de AZ par ce mode de génération seront les r points du bref, dans lequel ils se retrouveront tous après report des segments PK, KS, etc...., interceptés par les armures que rencontre AZ.

D'autre part, il est visible (figure 16) que les cordonnées y, x (MN ON reportées dans le bref origine en M'N' AN') d'un point

quelconque du satin dans le bref origine sont liées par la formule

$$y + vr = \frac{b}{a}(x + hr)$$

Fig. 16. — Exemple du satin carré de 25; $a = 3$ $b = 4$ $r = 25 = 3^2 + 4^2$.



d'où nous tirons

$$ay - bx = r\,(bh - av)$$

et rappelons que *h et v sont des nombres entiers soumis à la seule condition d'être* $< r$. Nous venons en outre de démontrer que le binôme $bh - av$ prend toutes valeurs entières comprises entre 0 et $(a - 1)$: les points y x du satin seront donc toutes les solutions entières de l'équation ci-dessus dans laquelle on donnera au binôme $bh - av$ successivement toutes les valeurs comprises entre 0 et $(a - 1)$.

Considérons en particulier l'alignement P'K' (figure 16) le plus rapproché de l'alignement base AZ ; cet alignement correspond à la valeur 1 du binôme $bh - av$, d'après ce que nous avons dit ci-dessus. Les points du satin qui se trouveront sur cet alignement seront donc les solutions entières de l'équation

$$ay - bx = r$$

Introduisons maintenant la condition qui nous occupe $r = a^2 + b^2$, ce qui nous donne à trouver les valeurs entières de y et x répondant à la relation

$$ay - bx = a^2 + b^2$$

Nous voyons que cette relation est satisfaite par la valeur

$$y = a \qquad x = -b$$

Or nous avons vu (pages (12) et (13) que le point ainsi déterminé (point C dans notre figure 16) était sur la perpendiculaire A C à l'alignement origine A B. Donc le satin ainsi formé et répondant à la seule condition $r = a^2 + b^2$, a et b étant des nombres premiers entre eux (conséquemment premiers avec r), est un satin à carré. La condition est donc *suffisante ;* nous avons d'ailleurs démontré tout à l'heure qu'elle était *nécessaire ;* et ainsi se trouve démontré d'une façon générale ce principe : *Pour que quatre liages successifs de satin forment un carré, il faut et il suffit que le rapport d'armure soit la somme des carrés de deux nombres premiers avec lui conséquemment premiers entre eux, lesquels sont les*

coordonnées du liage qui suit le premier liage pris pour origine sur l'alignement d'un des côtés du carré.

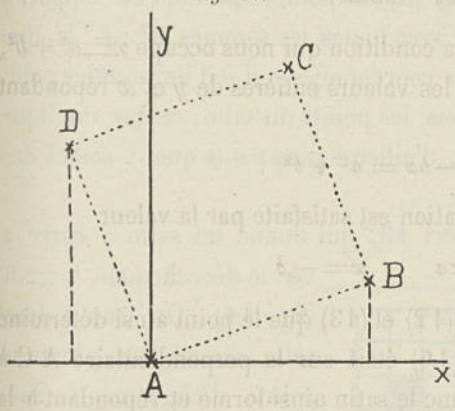
Mais il faut se rappeler que ce principe s'applique seulement *aux carrés qui ne contiennent aucun liage à l'intérieur ou sur les côtés.*

De ce qui précède, il résulte que deux nombres a et b quelconques plus petits que r et premiers entre eux peuvent servir à déterminer sur un alignement tel que A Z tous les points d'un satin où ils se retrouvent par report successif des segments tels que PK, KS, etc... (fig. 16) et où ils ont pour coordonnées les valeurs y et x liées par la relation

$$y + v r = \frac{b}{a}(x + h r),$$

h et v ayant la signification que nous avons dit.

Fig. 17.



Revenons à la considération des quatre points ABCD formant un carré sans même la condition de ne contenir aucun liage à l'intérieur ; x et y étant les coordonnées du point B (fig. 17), celles du point D seront respectivement $-y$ et $+x$ comme nous venons de le dire ; les nombres x et y sont donc liés par les deux équations de condition :

$$y + v r = \frac{b}{a}(x + h r)$$

$$x + v' r = \frac{b}{a}(-y + h' r)$$

d'où nous tirons :

$$y = \frac{r\,[a\,(b h - a v) - b\,(a v' - b h')]}{a^2 + b^2}$$

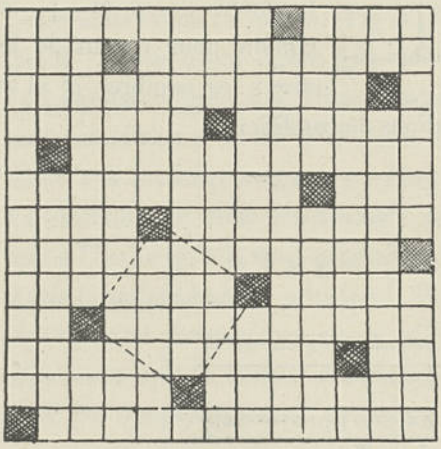
$$x = \frac{r\,[a\,(b h' - a v') + b\,(a v - b h)]}{a^2 + b^2}.$$

Nous reportant à la démonstration faite page 45, on sait que les binômes $(bh - av)$ $(bh' - av')$ qui sont respectivement les restes de la division par a des termes bh et bh' *sont plus petits que* a et que les binômes $av' - bh'$ et $av - bh$ sont de même plus petits que b. Donc le diviseur $(a^2 + b^2)$ est toujours plus petit que le facteur entre crochets du numérateur, d'où il résulte que le diviseur $(a^2 + b^2)$ et le rapport d'armure r doivent *avoir nécessairement au moins un diviseur commun ;* et, en particulier, si r est un nombre premier, il doit être lui-même ce facteur commun.

On peut faire à ce sujet une curieuse remarque c'est que si l'on considère tous les alignements que l'on peut rencontrer dans un satin à carré de module premier, appelant a et b les coordonnées du premier point de liage de cet alignement après le point pris pour origine, r doit être diviseur de toutes les sommes $a^2 + b^2$ que l'on peut ainsi former ; et si r n'est pas un nombre premier ce rapport a toujours un diviseur commun avec toutes les sommes $a^2 + b^2$ que l'on peut ainsi former avec les coordonnées a et b d'un premier point d'alignement C fournissant tous les points du satin, ce qui implique la seule condition que a et b, d'ailleurs plus petits que r, soient des nombres premiers entre eux.

Soit par exemple le rapport 13, qui donne un satin à carré avec le décochement $a = 5$ (fig. 18). On trouve dans cette armure les premiers points d'alignements suivants :

Fig. 18.



$a = 5 \ldots b = 1$
$a = 12 \ldots b = 5$
$a = 7 \ldots b = 4$
$a = 9 \ldots b = 7$
$a = 11 \ldots b = 10$
$a = 2 \ldots b = 3$
$a = 3 \ldots b = 11$
$a = 1 \ldots b = 8$

et l'on peut vérifier que toutes les sommes $a^2 + b^2$ formées pour chacun de ces alignements sont bien divisibles par 13, savoir :

$$\begin{aligned}
(5^2 + 1^2) &= 26 = 13 \times 2 \\
(12^2 + 5^2) &= 169 = 13 \times 13 \\
(7^2 + 4^2) &= 65 = 13 \times 5 \\
(9^2 + 7^2) &= 130 = 13 \times 10 \\
(11^2 + 10^2) &= 221 = 13 \times 17 \\
(2^2 + 3^2) &= 13 = 13 \times 1 \\
(3^2 + 11^2) &= 130 = 13 \times 10 \\
(1^2 + 8^2) &= 65 = 13 \times 5
\end{aligned}$$

D'autres curiosités sont encore à relever dans cette question des satins à carrés. Mais il faut savoir s'arrêter et même s'excuser de ne l'avoir pas su faire plus tôt.

QUATRIÈME PARTIE

CONFÉRENCE

LES MATIÈRES COLORANTES ARTIFICIELLES

Conférence faite à la Société Industrielle
le 19 Décembre 1903,

par M. P. LEMOULT.

Mesdames, Messieurs,

Dans notre région du Nord où l'industrie des textiles a pris un développement si considérable, il est à peine utile d'insister sur l'importance des matières colorantes synthétiques ; vous savez en effet que les tissus d'origine animale (laine, soie, etc.) ou d'origine végétale (coton, lin, chanvre, etc.) reçoivent presque toujours, avant d'être livrés à la consommation des nuances variées ; cette opération qu'on appelle la teinture se fait à l'aide des matières colorantes artificielles.

Les teintureries du Nord de la France en consomment annuellement pour environ 3 à 4 millions de francs. Cela seul suffirait à justifier le choix du sujet de cette conférence. Mais en outre la fabrication des matières colorantes est plus que toute autre une industrie scientifique, c'est-à-dire une de celles où la pratique journalière de l'atelier repose presque exclusivement sur des données scientifiques, où chaque amélioration, chaque progrès et chaque découverte n'est possible qu'avec le concours et la collaboration incessante de la science et de ses méthodes.

Il m'a semblé que l'intérêt propre du sujet était accru par cette circonstance et que la question des matières colorantes était par suite une de celles qui pouvait le mieux intéresser la Société Industrielle.

Je me propose, au cours de la conférence que je vais avoir l'honneur de faire devant vous, de vous exposer aussi brièvement que possible :

L'histoire de l'industrie des matières colorantes artificielles et des causes qui ont provoqué son développement ;

Je vous parlerai ensuite de quelques-uns des travaux scientifiques auquels ont donné lieu ces remarquables substances ;

Je terminerai en indiquant la part qui revient aux savants français dans les découvertes célèbres qui contribuèrent le plus aux progrès de l'industrie qui nous occupe et en exquissant rapidement l'état de cette industrie dans les diverses nations européennes.

I

L'industrie des matières colorantes artificielles date à peine d'une quarantaine d'années ; les premières d'entre elles furent en effet découvertes et fabriquées en 1860.

Avant cette époque, nos pères faisaient ce que nous faisons encore dans certains cas toutefois très rares ; ils se servaient pour teindre leurs étoffes des sels colorés de quelques métaux et surtout des matières colorantes naturelles qu'ils extrayaient pour la plupart du règne végétal. Parmi ces colorants naturels, quelques-uns sont restés célèbres, tels par exemple le bois jaune, le curcuma, l'orseille, la cochenille, la garance, le campêche, l'indigo, etc. ; la plupart d'entre eux ont disparu, chassés du marché par la concurrence irrésistible des colorants artificiels ; d'autres, tels l'indigo, le campêche, ont résisté longtemps et résistent encore plus ou moins vigoureusement malgré les assauts souvent répétés et toujours plus pressants qu'ils ont à subir de la part des produits de synthèse.

C'est au voisinage des années 1856 et 1860 que se placent les deux grandes découvertes d'ordre purement chimique d'où résulta véritablement l'industrie des matières colorantes artificielles

En 1856, Perkin, chimiste anglais, découvrit une substance organique colorant la soie en une très belle nuance violet rouge ; c'était la *Mauvéine* qui se fabrique encore actuellement sous le nom de Rosolane. Cette découverte fut de suite exploitée par son auteur ; brevetée en Angleterre, le 26 août 1856, elle fut mise en fabrication dès 1857 dans l'usine de Greenford Green, près de Londres.

Cette découverte fut à bref délai suivie d'une autre plus importante. Presque à la même époque, en 1859, un chimiste français de Lyon, Verguin, découvrait une autre matière colorante beaucoup plus belle encore et appelée à un avenir plus brillant, la *Fuchsine* : elle teint très facilement la soie et la laine en une magnifique nuance rouge que vous connaissez tous. Elle s'applique également sur coton mordancé au tannin. Cette substance, brevetée en France en avril 1859, fut de suite exploitée par MM. Renard frères, de Lyon. Cette seconde découverte avait pour elle tous les éléments de succès ; la fuchsine donne de très belles nuances rouges, et son apparition sur le marché, au centre même de l'industrie tinctoriale de notre pays, y produisit une énorme sensation ; elle y fut de suite jugée à sa valeur et la fabrication de la fuchsine devint en peu de temps l'objet d'une exploitation très active.

L'industrie des matières colorantes était née et elle devait rapidement prendre un développement considérable. Les synthèses de la mauvéine et de la fuchsine qui, par des procédés très simples, transforment des matières premières incolores et sans intérêt en produits d'une grande beauté, étaient bien de nature à exciter la curiosité des savants, et devaient appeler leur attention sur les phénomènes chimiques qui accompagnent ces transformations. D'autre part, le succès industriel de ces deux nouveaux corps était également de nature à exciter la juste convoitise des praticiens et devait éveiller chez eux le désir de trouver ou d'exploiter de semblables substances, d'autant plus que cette exploitation s'annonçait comme devant être

très fructueuse. De ces circonstances il résulta que savants et praticiens se mirent à l'œuvre avec une égale ardeur, et que de leur collaboration résulta un mouvement scientifique et industriel dont aucune autre industrie peut-être ne donnerait un exemple aussi frappant.

Pendant quelques années il y eut une véritable fièvre de recherches analogue à la fièvre de l'or et beaucoup d'innovations furent introduites qui étaient bien plus inspirées par l'imagination et la convoitise que par le raisonnement et le souci du progrès.

Mais la méthode scientifique s'introduisit rapidement dans les recherches ; on put étayer des hypothèses fécondes en résultats, établir les formules des corps et discuter les théories chimiqnes de la formation des matières colorantes artificielles. Grâce à ces progrès, la chimie s'enrichissait chaque jour de découvertes nouvelles, et chaque jour également les hommes de science apportaient à l'industrie de nouveaux éléments d'activité ; parmi les découvertes les plus importantes, on peut citer :

Les *procédés pour fuchsine* : au nitrate mercurique, à l'acide arsénique, imaginés par Girard et de Laire ; à la nitrobenzine, dû à Coupier et employé presque seul aujourd'hui à cause de ses avantages hygiéniques très importants, à savoir la suppression des composés arsenicaux dont la toxicité est bien connue.

La fuchsine elle-même fut l'objet de transformations multiples. En la traitant par l'aniline, Girard et de Laire trouvèrent en 1862 les *bleus phénylés* solubles dans l'alcool ; ceux-ci, traités à leur tour par l'acide sulfurique, sont transformés en *produits sulfonés solubles* dans l'eau (bleus Nicholson) qui se prêtent très bien à l'emploi en teinture (coton, laine et soie) et qui sont restés actuellement d'un usage très répandu. En 1861, M. Ch. Lauth découvrit de *magnifiques matières colorantes violettes* en oxydant la diméthylaniline ; cette découverte fut exploitée en 1865 avec le plus grand succès par MM. Poirrier et Chappat à Saint-Denis, après que M. Bardy eut découvert un procédé pratique et industriel pour obtenir la diméthylaniline et les corps analogues. Ces violets sont restés très célèbres sous

le nom *de violets de Paris* et sont encore l'objet d'une fabrication active. En 1863, la découverte des *violets Hofmann* obtenus en traitant la fuchsine par les iodures alcooliques, puis l'exploitation industrielle par Guinon, Marnas et Bonnet, de l'*acide rosolique*.

En 1863, également, la découverte du *noir d'aniline* qui devait donner lieu à tant de controverses et de procès et qui, perfectionné en grande partie par M. Ch. Lauth, constitue encore aujourd'hui le moyen le plus économique pour obtenir les noirs sur coton.

En 1868, la découverte de la *safranine* et son exploitation par Perkin, l'auteur de la mauvéine.

En 1868, la réalisation par Graebe et Liebermann de la synthèse, plusieurs fois tentée avant eux, en particulier par Roussin, de l'*alizarine*, l'un des principes colorants de la garance ; elle fut suivie à bref délai par la fabrication industrielle de l'alizarine et d'un grand nombre de corps de cette série, qui ont fait disparaître, en France et dans les pays voisins, la culture alors lucrative de la garance.

En 1870, la première synthèse de l'*indigotine* par Bayer, suivie bientôt d'un grand nombre d'autres.

En 1874, l'apparition des *phtaléines* et parmi elles l'éosine, de Caro ; puis en 1885, les *rhodamines* qui appartiennent à la même famille et qui donnent des nuances d'un éclat magnifique.

En 1887, une des découvertes les plus importantes de toute la série, *celle des azoïques* sulfonés, due en partie à un chimiste français, M. Roussin, et exploitée dès cette époque par M. Poirrier, à Saint-Denis ; en 1877 encore, le *violet de Lauth*, premier terme d'une nouvelle série de colorants (les thiazines), puis le vert malachite et tous les analogues qui datent de la même époque et sont encore très employés.

En 1881, la découverte de la galléine, des indophénols, de la gallocyanine, puis les synthèses de l'auramine et des autres colorants dérivés de la benzophénone.

En 1884, l'utilisation des *colorants azoïques substantifs*, c'est-à-dire teignant directement le coton non mordancé.

En 1888, les colorants du *triphénylméthane solides aux alcalis*, et enfin tout récemment encore, dans ces dernières années, la découverte en France des *nombreux colorants sulfurés* teignant directement le coton en jaune, brun, vert olive ou noir et donnant avec les divers mordants métalliques, des nuances variées dont la gamme s'étend tous les jours.

Vous voyez avec quelle rapidité les découvertes se sont succédé, et encore ne vous ai-je cité ici que les plus marquantes, que celles qui inaugurent une série nouvelle ou qui conduisent à des matières colorantes dont l'apparition a été particulièrement retentissante. Je ne vous ai point cité la multitude de travaux purement scientifiques auxquels a donné lieu cette série et cependant quelques-uns d'entre eux passent et à bon droit parmi ceux qui honorent le plus l'intelligence humaine ; je n'ai pas parlé non plus des travaux plus obscurs effectués dans les usines et dont beaucoup portent la marque du sens chimique le plus pénétrant. A tous ces travaux dont beaucoup ont été entrepris au point de vue purement pratique, en raison de leurs applications éventuelles, la chimie des composés aromatiques doit une bonne partie de son développement et de la rapidité de ses progrès ; ceci nous donne un exemple des services mutuels que la science et l'industrie peuvent attendre l'une de l'autre quand leur union est bien comprise.

Le champ des recherches est loin d'être épuisé, l'ardeur des chercheurs est d'ailleurs loin d'être ralentie, et tous les jours des travaux nouveaux, des brevets originaux attestent l'activité que le monde des savants et des industriels déploie à l'étude de la question des colorants artificiels.

Je pense vous rendre plus saisissants encore les progrès de l'industrie des colorants en vous citant quelques chiffres relatifs aux prix de ces substances et aux quantités que l'industrie produit annuellement.

En 1859-1860, *la fuschsine* se vendait couramment 1.500 francs le kilo et en 1874, *l'éosine* se vendait 1.000 francs le kilo ; à

cette époque, *le kilo d'or valait* 3.500 *francs et le kilo d'argent* 200 *francs*. Actuellement, la fuchsine et l'éosine valent respective- 7 francs et 10 francs le kilo. Le violet de Paris, qui vaut aujourd'hui 4 francs environ, a valu jusqu'à 200 et 300 francs le kilo. En 1874, l'aniline était hors de prix ; c'était un produit de laboratoire. En 1860, elle valait 30 francs ; en 1878, son prix était tombé à 3 francs et, depuis quelques années, il a encore baissé et se maintien actuellement entre les limites extrêmes de 0 fr. 90 à 1 fr. 30.

En 1856, l'industrie des colorants naissait ; en 1867, lors de l'Exposition universelle de Paris, la production annuelle en Europe représentait 60 millions de francs ; en 1878, à l'Exposition suivante, elle atteignait 90 millions, et actuellement elle s'élève à 150 millions. encore n'est-il pas tenu compte dans cette évaluation de l'abaissement, on pourrait presque dire de l'avilissement, des prix de vente. Au taux de 1878, suivant la remarque faite par M. Lauth, la production actuelle se chiffrerait non pas par 150 millions, mais bien par 220 millions, preuve de l'énorme activité déployée dans cette industrie et de l'âpre concurrence que se font entre eux les fabricants, puisqu'en vingt ans les produits fabriqués ont perdu 35 p. 100 de leur valeur initiale.

Vous vous êtes sans doute déjà demandé ce qui alimentait les découvertes scientifiques auxquelles j'ai fait allusion et quelle était la source presque magique d'où l'industrie des colorants tirait les matières premières nécessaires à son prodigieux développement. Aussi l'historique que j'ai en vue serait incomplet si je ne répondais pas à ces questions et si je ne vous disais quelques mots d'une industrie qui eut sur celle qui nous occupe une influence des plus heureuses et des plus importantes : c'est l'industrie du gaz d'éclairage. Vous savez certainement que vers 1785 un chimiste français, Lebon, avait découvert que la distillation du charbon donne naissance à un gaz éclairant ; après de nombreux essais infructueux, après des expériences très pénibles, faites aussi bien à l'étranger qu'en France, l'industrie de notre gaz d'éclairage actuel était née de cette découverte et elle commençait à pren-

dre, vers 1860, une certaine importance ; elle engendrait, outre le produit utile, que l'on consommait directement, des quantités considérables d'un sous-produit noirâtre, poisseux, inutile et encombrant le *goudron de houille*. On s'était mis à l'étude de ce sous-produit qui commençait à gêner les producteurs de gaz et on en avait retiré, entre autres choses, de l'*aniline*, découverte antérieurement dans les produits de décomposition de l'indigo. Or, mauvéine et fuchsine dérivent de l'aniline, de sorte qu'au moment où l'apparition de ces deux corps fixait l'attention du monde industriel, il existait une source d'aniline alimentée par la production quotidienne du gaz d'éclairage. C'est à ce fait, autant peut-être qu'à l'éclat des produits qu'elle préparait, que l'industrie des matières colorantes doit sa naissance et à coup sûr le vigoureux essor qu'elle prit rapidement dès ses premières années (1).

L'industrie du gaz d'éclairage profita d'ailleurs largement aussi du mouvement qu'elle avait concouru à créer et actuellement encore ces deux industries sont restées solidaires et étroitement unies.

Toutefois un troisième facteur est intervenu dans l'évolution de ces deux industries, c'est le goudron obtenu dans la fabrication du coke métallurgique. Relativement plus récente, cette fabrication constitue aujourd'hui une source très importante de goudron de houille et des produits qui en dérivent puisqu'elle a produit, en 1898, 1.200.000 tonnes (contre 675.000 tonnes en 1884). Elle a d'ailleurs eu une répercussion considérable sur les produits fabriqués, en raison des variations qu'elle a amenées dans les prix de leurs matières premières telles que benzène, toluène, etc.

Les benzols qui ont valu en 1901 environ 31 francs les 100 kilos, valaient dix ans auparavant en 1892 entre 50 et 75 francs et dix encore auparavant en 1882 entre 2 fr. 20 et 5 fr. le kilo.

J'insiste sur ces faits pour montrer comment tout s'enchaîne et

---

(1) C'est à ce fait que l'on doit attribuer l'expression de *colorants d'aniline*, qui n'est plus exacte et qui peut être remplacée par colorants dérivés du goudron de houille.

comment des circonstances qui paraissent isolées ont parfois entre elles une connexité des plus étroites. Ceci vous montre avec quelle attention l'industriel et le savant, qui s'occupe d'industrie, doivent suivre tout ce qui se fait autour d'eux, avec quelle perspicacité ils doivent, en quelque sorte, deviner ou tout au moins pressentir l'influence que peuvent avoir sur leur spécialité les moindres mouvements de l'évolution scientifique et industrielle ; cette remarque est aujourd'hui de première actualité, et il n'est certes aucun industriel avisé qui n'ait les yeux fixés sur les merveilles que promet et sur les résultats que commence à donner l'électricité sous ses multiples formes.

Les applications de l'électricité ont même plus d'un point commun avec l'industrie des matières colorantes et je pense que vous me permettrez, en raison de l'importance du sujet, d'ouvrir une parenthèse et de m'y arrêter un peu.

Vous savez que, grâce aux progrès de l'électricité, on arrive maintenant à utiliser l'énergie des chutes d'eau si nombreuses dans notre pays et à leur faire produire les mêmes effets qu'on obtenait autrefois par la combustion de la houille.

Si on admet pour l'évaluation de la puissance naturelle dont la France peut disposer le chiffre de 5.000.000 de chevaux par seconde, on voit que l'utilisation de toute cette puissance actuellement perdue en grande partie conduirait à une économie de 5.000 tonnes de houille par heure (calculée d'après le rendement moyen de nos machines), ce qui pour une année de 4.000 heures de travail fait une économie totale de 20 millions de tonnes de houille. Or la France en produit 30 millions, et tout le globe 532 millions de tonnes par an.

En elle-même, une telle économie n'est pas négligeable, loin de là et il serait fort souhaitable qu'on pût rapidement la réaliser ; mais ceci n'irait pas sans entraîner de graves perturbations qui doivent à juste titre nous préoccuper. Si on réfléchit, en effet, que l'énergie électrique pourrait remplacer le gaz d'éclairage et les procédés métallurgiques, on voit que ces captations de forces naturelles tariraient les

sources d'où l'industrie des colorants tire ses matières premières. Il semble donc que l'on doive avoir à ce sujet les plus légitimes inquiétudes, mais il n'en est rien ; avant même qu'elle se pose, la question est déjà résolue. On sait, en effet, par les découvertes de M. Moissan, que l'électricité se prête à merveille à la fabrication du carbure de calcium qui engendre si facilement l'acétylène ; on sait, d'autre part, que ce dernier corps fortement chauffé engendre les carbures aromatiques, comme l'a démontré M. Berthelot dans une série de recherches magistrales. Et vous voyez comment, grâce aux découvertes de deux savants français dont les noms sont justement célèbres, l'industrie des colorants est assurée de ses matières premières, même pour le jour encore lointain où nous aurions épuisé notre stock de houille.

A côté des causes particulières qui influençèrent les progrès de l'industrie des matières colorantes, il convient, pour terminer cet historique, de dire quelques mots d'une autre cause d'ordre beaucoup plus général. La raison primordiale à laquelle il faut rapporter les progrès gigantesques de l'industrie des matières colorantes est que cette industrie, presque rigoureusement scientifique, a continuellement exigé et obtenu le concours des hommes de science ; grâce à leurs indications, elle ne s'est jamais attardée aux pratiques vagues et mal raisonnées de la routine. Plus peut-être que toute autre, elle offre un exemple d'une association fréquente dans la nature, la symbiose ou cinergie. Vous savez qu'on appelle organismes symbiotiques ceux qui, mettant en commun leurs énergies ont entre eux des échanges continuels et réciproques, sans que l'on puisse dire lequel des deux donne le plus à l'autre, et cela pour la plus grande prospérité de l'ensemble. Eh bien ! l'industrie des matières colorantes a pratiqué avec la science un régime symbiotique de ce genre, et c'est pourquoi elle a fait de tels progrès. Très en honneur autrefois chez nous ce régime y a été pendant longtemps en défaveur alors que nos voisins le pratiquaient fructueusement. Heureusement, tout semble indiquer que, fortement préconisé par beaucoup d'hommes et de savants éminents, il ne tardera pas à être restauré en France pour le plus grand bien de nos industries.

II

Nous allons maintenant, si vous le voulez bien, pénétrer un peu dans ce riche domaine des matières colorantes et examiner avec quelques détails deux ou trois particularités de l'industrie ou de l'histoire chimique de ces subtances.

Un des côtés les plus intéressants de cette industrie est l'histoire de ses conflits avec les colorants d'origine végétale. Vous savez sans doute qu'il y a à peine quatre-vingts ans l'homme, pénétré de son infériorité au point de vue créateur, accordait à la nature le monopole indiscuté de la production des corps organiques : il était convaincu qu'ils résultaient des phénomènes vitaux, et il se gardait avec le plus grand respect, où se mêlait peut-être un peu de superstition, de porter sur ce dogme une main sacrilège. Il arriva cependant qu'un chimiste célèbre reproduisit dans son laboratoire une substance, l'urée, que le corps humain élabore à l'état normal (Wöhler, 1828). Le dogme aurait dû succomber sous cette atteinte mais, on ne sait pourquoi, il résista. Il ne devait être complètement ruiné que par les magnifiques recherches de M. Berthelot. Après que ce savant eut démontré, par une série de synthèses systématiques, que la faculté de créer des corps organiques appartient aussi bien à l'homme qu'à la nature dans ses manifestations vitales, un nouveau dogme se substitua rapidement à l'ancien et la multitude des synthèses réalisées depuis, donnant au chimiste une juste confiance dans ses méthodes et dans ces conceptions, lui communiqua le désir de créer par lui-même toutes les substances qu'il avait jusque-là empruntées à la nature à un taux souvent onéreux.

L'industrie des colorants a enregistré bon nombre de synthèses retentissantes dont l'une des plus importantes est celle de l'alizarine.

L'alizarine, découverte en 1826 par Robiquet et Colin (dioxyanthraquinone 1, 2), se trouve contenue dans les racines de la garance d'où on l'extrayait autrefois par un dédoublement assez simple ; elle

donne avec certains sels métalliques des laques de couleurs variées très résistantes et ces propriétés importantes la font employer dans la teinture à la production de nuances très appréciées (rouge du pantalon de nos fantassins). Actuellement l'alizarine est un produit de synthèse obtenu en grandes quantités par trois opérations courantes assez faciles. La comparaison des deux procédés est loin d'être à l'avantage des anciennes méthodes : la culture très délicate de la garance exigeait des champs d'une vaste étendue et des soins très nombreux ; de plus la nature mettait deux ans à élaborer la précieuse substance ; la synthèse exige quelques récipients, quelques ouvriers, deux ou trois journées de travail et elle n'est arrêtée, au point de vue de la quantité produite, que par les besoins forcément limités de la consommation. Ce fut donc un succès éclatant des méthodes chimiques et industrielles et un succès qui eut de nombreuses conséquences, puisqu'il bouleversa pendant quelques années les conditions économiques des régions qui cultivaient la garance.

On a tenté de renouveler avec l'indigo la même expérience qui a si bien réussi avec l'alizarine. L'indigo est une matière colorante d'origine végétale produite par des légumineuses (*Indigofera*) qui croissent dans les pays tropicaux ; elle est employée à teindre, à l'aide d'artifices très ingénieux, le coton non mordancé, et la consommation annuelle est d'environ 4 millions de kilos. Depuis longtemps déjà (1870), comme je vous le disais tout à l'heure, on a reproduit l'indigo par synthèse ; mais c'est seulement dans ces dernières années que de nouveaux procédés ont permis d'obtenir un produit synthétique dont le prix permit de concurrencer l'indigo naturel.

Il y a seulement trois ou quatre ans, on pouvait être incertain sur la lutte qui s'annonçait très vive entre les procédés de synthèse chimiques et la culture plus ou moins perfectible des indigofera, on pouvait même penser que les procédés naturels améliorés par les découvertes de la Science tiendraient longtemps tête aux procédés artificiels ; quelques-uns même y voyaient déjà un échec de la science, une punition de la présomption humaine et des déboires nombreux pour les industriels qui avaient l'audace d'entamer la lutte.

Aujourd'hui la question est réglée ou bien près de l'être : comme dans le cas de l'alizarine la synthèse triomphe et la culture de l'indigo diminue et tend à disparaître ; peut-être même dans quelques années ne sera-t-elle plus qu'un souvenir historique. Il convient de dire d'ailleurs que ce résultat magnifique n'a été obtenu qu'au prix de nombreux efforts ; plusieurs dizaines de millions, l'activité et la perspicacité d'une multitude de chimistes, la tenacité d'industriels habitués aux succès que donnent la patience et la confiance dans le résultat final, tout cela a été nécessaire pour assurer à tout jamais la prépondérance définitive de l'indigo artificiel. Il y a là pour nous tous une leçon à méditer et un excellent exemple à suivre. C'est un nouveau triomphe pour la science et un nouvelle démonstration de la fécondité de ses méthodes (1).

Si l'exposé des conflits entre les synthèses industrielles et la faculté créatrice de la nature présente un grand intérêt, il est en somme assez restreint et on aurait une idée tout à fait fausse si on croyait que l'industrie humaine s'est bornée à copier la nature. Non contente de la surpasser dans ces copies, elle l'a, et de beaucoup, dépassée dans ses créations et l'histoire des matières colorantes donne une multitude d'exemples de corps nouveaux, produits directs de synthèse, dont on chercherait en vain les analogues dans les produits naturels. On en aurait en somme autant d'exemples que l'on voudrait et je me bornerai à vous citer le nom des familles de colorants créés par l'homme en vous donnant sur les principales d'entre elles quelques rapides renseignements.

Voici par exemple les azoïques dont le nombre croît avec une rapidité fantastique, puisqu'il suffit de dix composés aromatiques amidés et de dix composés phénoliques pour faire, en appliquant une seule réaction génératrice des plus simples, deux cents corps

---

(1) N'oublions pas cependant qu'il existe néanmoins encore quelques cas ou la synthèse est jusqu'ici impuissante à concurrencer la nature, par exemple, pour la production du campêche et du sucre qu'il n'est même point question de tenter artificiellement.

nouveaux et tous de nuances différentes. Le prix de ces substances est d'ailleurs parfois extraordinairement bas, et atteint actuellement dans certains cas de 1 à 2 francs le kilo. Si on réfléchit qu'il suffit de 20 milligrammes pour teindre un décimètre carré d'étoffe, on voit que l'on peut pour ce prix avoir de quoi teindre une surface d'étoffe de 500 mètres carrés ($22^m,5$ de côté). (Expériences de fabrication et de teinture instantanées avec des azoïques).

Voici de même les colorants du triphénylméthane qui donnent des nuances vertes, bleues, violettes et rouges d'un éclat magnifique et d'une intensité considérable, puisqu'il suffit ici de 5 milligrammes pour 1 décimètre carré d'étoffe ordinaire (2 gr.), mais dont le prix est resté plus élevé parce que la préparation de ces colorants est en général plus laborieuse que celle des azoïques, quoique l'étude de leurs synthèses ait conduit à un nombre considérable de travaux remarquables et de discussions dont quelques-unes ne sont pas encore terminées.

Voici maintenant les phtaléines, incomparablement plus belles encore que les matières colorantes dont je viens de parler et qui, en raison de leur fluorescence, donnent sur les tissus des nuances extrêmement vives douées d'un éclat singulier, en tous points comparables à celui de nos fleurs les plus délicates.

Je devrais encore vous parler des colorants genre alizarine, des thiazines, des oxazines, des azines, des safranines, et de bien d'autres dont le nombre augmente tous les jours par le jeu de cette évolution déjà signalée dont profitent à la fois la science et l'industrie ; mais cela m'entraînerait beaucoup trop loin et je préfère jeter sur tout ce vaste domaine un coup d'œil d'ensemble en vous exposant rapidement la théorie générale des colorants. Ceci me donnera l'occasion, en vous décrivant quelques résultats nouveaux (1), de répéter devant vous quelques expériences de projection.

A part quelques rares exceptions, les colorants artificiels dérivent

---

(1) P. Lemoult (t. 131, p. 839). *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, (t. 132, p. 142 et 784).

des carbures aromatiques, benzène, toluène, naphtalène, anthracène, qui sont absolument incolores. Witt a cherché quels étaient les groupements capables, en modifiant ces corps ou en les associant les uns aux autres, de les transformer en matières colorantes, c'est-à-dire en substances non seulement douées d'une coloration plus ou moins accentuée, mais encore capables de communiquer à une fibre convenablement choisie, animale ou végétale, une teinte durable et résistant au moins à l'action de l'eau froide. Dans une théorie très simple, ce savant a montré que tous les colorants comprennent au moins deux sortes de groupements également indispensables : 1° un groupement généralement unique, le chromophore, sert le plus souvent à réunir entre eux plusieurs noyaux aromatiques et constitue la clé de voûte dans l'édifice de la future molécule colorante ; c'est sur ce caractère qu'est basée la classification en familles (par exemple le chromophore — Az = Az — caractérise les azoïques) ; 2° d'autres groupements, généralement au nombre de deux ou trois dans une même molécule, qui tous dérivent de AzH^2 ou de OH [$(Az(CH^3)^2$, Az $(C^2H^5)^2$, $AzCH^3C^7H^6SO^3H$, OCH^3, OC^2H^5)] et qui, placés *en certaines positions privilégiées* viennent donner à l'édifice sa physionomie propre et complètent ses propriétés ; ces groupements sont les auxochromes. J'ajoute qu'à côté de ceux-là — qui sont indispensables — se trouvent souvent un grand nombre d'autres groupes sans action bien marquée sur la fonction colorante, mais souvent très utiles en ce sens qu'ils améliorent les propriétés tinctoriales ou qu'ils augmentent la solubilité dans l'eau, indispensable à tout colorant qui est destiné à des usages pratiques.

J'ai été assez heureux pour observer quelques faits capables de mettre en évidence l'importance des groupes auxochromes dans la molécule colorante quand on reste dans une même famille, c'est quand le chromophore est invariable ; ces faits résultent de l'examen des spectres d'absorption (Expérience).

Voici sur cet écran la trace d'un faisceau de lumière blanche produite par un arc électrique ; si on interpose sur le trajet de ce

faisceau une solution aqueuse d'un colorant, la tache blanche est remplacée par une tache de nuance variable avec l'échantillon observé ; c'est l'impression que produisent habituellement sur notre œil les solutions colorées. Reprenons maintenant le faisceau blanc et faisons-lui traverser avant de le recevoir sur l'écran un système de prismes formant spectroscope, nous aurons au lieu d'une tache blanche une tache fortement élargie (1 mètre environ) et colorée d'une infinité de nuances se fondant insensiblement les unes dans les autres : c'est l'expérience classique de Newton, et vous avez sous les yeux le *spectre d'une lumière blanche.*

Si nous combinons maintenant les deux modifications de la lumière, c'est-à-dire son passage à travers la solution colorée et à travers le spectroscope, nous avons une autre tache également très allongée et qui, dans le cas actuel, comprend une bande lumineuse rouge assez étroite et une autre bande lumineuse large qui commence dans le bleu et va jusqu'au violet ; dans l'intervalle, il y a une bande noire qui occupe la place des radiations que la solution a absorbées. Vous avez sous les yeux le spectre d'une lumière colorée ou bien encore le spectre d'absorption du colorant étudié. Ce spectre se modifie fortement quand la concentration de la solution (ou son épaisseur) varie ; si elle augmente, la partie lumineuse se rétrécit ; elle est envahie par la bande obscure et il arrive un moment où seule la lumière rouge passe encore : au delà, l'absoption serait complète. il n'y aurait plus aucune lumière transmise. Si au contraire on diminue la concentration (ou l'épaisseur) les deux plages lumineuses s'élargissent, la rouge assez lentement, l'autre plus rapidement ; elles vont à la rencontre l'une de l'autre en empiétant sur la région intermédiaire sombre, et il arrive un moment où le spectre a presque repris sa forme habituelle (spectre normal) avec cette seule restriction qu'il est traversé d'une légère bande d'ombre marquant la place des radiations les plus faciles à absorber et qui s'évanouit à son tour si on pousse plus loin la dilution. J'ai choisi, pour comparer les divers spectres d'absorption et par conséquent les divers colorants

mis en solution, le moment où la bande lumineuse rouge est très étroite, l'autre bande lumineuse pouvant ou non exister, et j'ai comparé la position de chacune de ces bandes rouges pour les colorants d'un même famille mis en solution aqueuse à une même dilution moléculaire et observés sous une même épaisseur. Dans le cas des colorants du triphénylméthane par exemple, tous les colorants qui ont deux groupes auxochromes tels que $Az\,(CH^3)^2$ ou analogues donnent, comme vous le voyez, des spectres d'absorption différents, mais dans lesquels la bande rouge occupe toujours la même position. (Les colorants mis en expérience sont le tétraméthyl, le tétraéthyl, le diméthyldibenzyl, le diméthyldibenzylsulfoné diamidotriphénylcarbinols.) Dans cette même famille, tous les colorants qui ont trois de ces groupes auxochromes, au lieu de deux seulement, donnent des spectres d'absorption du même genre, caractérisés également par une bande rouge de position invariable ; vous voyez déjà que dans le cas actuel la bande rouge occupe une position nettement différente de sa position précédente ; mais voici une expérience qui mettra ce déplacement en complète évidence. On a superposé dans une même cuve deux solutions de colorants appartenant à ces deux séries, l'un à deux, l'autre à trois auxochromes ; voici l'image directe ; voici maintenant l'image spectroscopique et vous voyez que les deux bandes rouges très visibles toutes deux sont décalées de 5 à 6 centimètres, l'une par rapport à l'autre.

Au lieu de solutions aqueuses, j'aurai pu employer des solutions dans un autre liquide, l'alcool par exemple. Une même matière colorante, observée successivement dans l'eau ou dans l'alcool, produira sur l'œil deux sensations différentes et parfois même notablement différentes ; vues au travers du spectroscope, ces solutions donneront aussi des spectres d'absorption non identiques.

Mais la nature du dissolvant n'intervient pas dans le phénomène dont je viens de vous parler : tous les colorants d'un même groupe (même nombre d'auxochromes), dissous dans l'alcool, donnent une bande rouge de position invariable, tandis que deux colorants appar-

tenant à deux groupes différents, donneront chacun une bande rouge ayant sa position propre, c'est-à-dire, pour l'ensemble, deux bandes rouges déplacées l'une par rapport à l'autre.

C'est le point essentiel que je voulais établir et vous voyez qu'il suffit de comparer par une expérience des plus simples un colorant du triphénylméthane de composition inconnue à un autre bien connu et pris comme type pour avoir, sur la constitution du premier, un renseignement d'ordre chimique de la plus haute importance, puisqu'il s'agit de la présence ou de l'absence *en une position déterminée* d'un groupement azoté tertiaire, résultat que les méthodes habituelles d'analyse sont impuissantes à établir.

Comme vous le voyez, quand, au lieu d'observer les colorants par la nuance de leur solution ou par celle des teintures qu'ils donnent sur un même tissu, on les observe par l'intermédiaire d'un spectroscope, on y distingue des particularités curieuses ; si l'observation de la nuance donne des indications assez grossières sur la nature des groupes constituants et suffisantes toutefois pour permettre à un praticien habile de reconnaître à quelle famille (chromophore) appartient l'échantillon étudié, l'observation spectroscopique donne au contraire des indications précises sur l'existence ou la non-existence des groupes auxochromes et permet des conclusions importantes sur la constitution des corps étudiés.

III

Me voici arrivé à la troisième partie de cette conférence et, comme elle sera courte, j'espère que vous voudrez bien me continuer la bienveillante attention dont vous m'avez honoré jusqu'ici.

La France a eu dans l'évolution de l'industrie des colorants une part des plus honorables à tel point que, sauf de très rares exceptions, les principales découvertes, celles qui ont inauguré les séries les plus importantes ont été faites chez nous, soit par des industriels observateurs et avisés, soit par des savants dont le nom restera célèbre au milieu de tous ceux qui ont collaboré au puissant mouvement dont je vous faisais en débutant l'historique rapide.

Je vous ai déjà cité en commençant Verguin et la fuchsine, Lauth avec les violets de Paris, la thiazine (type du bleu de méthyléne) et le noir d'aniline, Girard et De Laire avec les bleus phényles d'une part, la diméthylaniline d'autre part, il faudrait y ajouter, les noms de Grimaux, Rosenstiehl, Schutzenberger (cuve d'indigo à l'hydrosulfite) Friedel, Haller et tant d'autres.

Roussin, pharmacien principal au Val-de-Grâce, mort prématurément, mérite une mention toute spéciale pour ses belles recherches sur les azoïques, cette classe si importante qui représente à elle seule à peu près la moitié de la production totale. Après avoir expliqué le mécanisme de la formation des azoïques, il découvrit un nombre considérable de produits nouveaux dans cette série et contribua puissamment à la prospérité de l'industrie française (maison Poirrier, à St-Denis) qui utilisait ses découvertes.

En 1880, Roussin signala pour la première fois la propriété que certains azoïques possèdent de teindre le coton ; cette circonstance, peu remarquée alors malheureusement par notre pays, fut de nouveau mise en lumière en 1884 par un chimiste allemand ; celui-ci dota son pays d'une industrie nouvelle : la fabrication des colorants azoïques substantifs (c'est-à-dire teignant le coton non mordancé) aujourd'hui encore extraordinairement florissante.

Dans ces dernières années encore, une nouveauté importante a fait son apparition en France ; je veux parler des colorants au soufre, Les premiers d'entre eux furent découverts par Croissant et Bretonnière de Laval et donnaient des nuances cachou (Cachou de Laval de la maison Poirrier) ; puis vinrent les noirs au soufre, les jaunes (thiocatéchines), les verts olive et un grand nombre de substances qui très favorablement accueillies par les teinturiers furent rapidement et trop heureusement reproduites et copiées à l'étranger ; l'ensemble de ces colorants forme ce qu'on appelle les « colorants au soufre » et constitue la nouveauté la plus importante — avec l'indigo synthétique — qu'ait produite récemment l'industrie des matières inc toriales.

Il faut signaler également les efforts d'une autre maison française (Société chimique des Usines du Rhône) qui est parvenue à mettre au point un procédé de fabrication de l'indigo, basé sur le perfectionnement dans la production des matières premières nécessaires à la synthèse de cet indigo.

En dépit de ce passé brillant, la France et l'Angleterre qui, elle aussi, avait pris au début une place importante, ont été de beaucoup distancées par d'autres nations productrices européennes. La fabrication totale annuelle des matières colorantes représente environ 150 millions de francs dont 120 millions pour l'Allemagne, 18 millions pour la Suisse, 3 à 4 millions pour la France et 5 à 6 pour l'Angleterre.

C'est qu'en effet la prospérité de la nouvelle industrie née en France a excité la légitime convoitise de nos voisins et en particulier des Allemands ; ils ont comme nous étudié la question des colorants : ils y ont fait de nombreuses découvertes dont quelques-unes retentissantes et dont beaucoup très fructueuses ; ils ont été nos imitateurs : aujourd'hui ils sont devenus des concurrents redoutables, et ils rendent pour des raisons qu'il serait trop long de développer ici, malgré leur intérêt, l'existence de cette industrie assez précaire dans notre pays. Il ne semble pas d'ailleurs que cette concurrence doive cesser d'elle-même, ni que le temps seul doive amener une détente par rapport à l'état actuel ; loin de là, comme pour toutes nos industries, l'avenir nous laisse entrevoir une série de luttes difficiles et menaçantes dont il faut pourtant que notre pays sorte victorieux. C'est sans doute en vue des luttes futures de toutes sortes et pour préparer la victoire que les pouvoirs publics ont réorganisé en France et particulièrement à l'Université de Lille l'enseignement de la chimie et en général de toutes les sciences appliquées.

Je suis convaincu que de cette organisation et de ces efforts sortira une riche moisson ; que, grâce à elle, la France reprendra là où elle l'a perdue et conservera là, où elle n'est que menacée, la première place, la seule qui puisse nous satisfaire, car c'est la seule qui soit conforme à notre glorieux passé et au génie de notre race.

CINQUIÈME PARTIE

DOCUMENTS DIVERS

BIBLIOGRAPHIE

Leçons sur l'électricité professées à l'Institut électrotechnique Montefiore, par Eric Gerard, directeur de cet Institut. — Septième édition entièrement refondue. Deux volumes grand in-8 (25 × 16), se vendant séparément. Librairie Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins, 55, à Paris (6e).

Tome I. — *Théorie de l'Electricité et du Magnétisme. Electrométrie. Théorie et construction des générateurs électriques*, avec 400 figures ; 1904....., 12 fr.

Tome II. — *Transformateurs électriques. Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Application de l'électricité à la télégraphie, à la téléphonie, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à l'éclairage et à la métallurgie*. Avec nombreuses figures ; 1904..... (*Sous presse*).

Six éditions successives de cet ouvrage ont été épuisées, ce qui est le meilleur témoignage de l'intérêt que ce livre a excité. Ces éditions ont permis de tenir celui-ci constamment au courant de la science électrique et de ses applications.

Le développement que l'éditeur a donné au tirage de la sixième édition a donné à l'auteur le temps de préparer une refonte complète de l'ouvrage et de développer certaines parties, notamment celles qui visent la théorie et les emplois des courants alternatifs ; on jugera, par

une courte énumération, des additions que renferme cette septième édition du premier volume.

Dans les chapitres relatifs au magnétisme, on trouvera des données sur les écrans magnétiques, sur l'effet de la durée de l'aimantation, sur les inscripteurs des courbes magnétiques et des renseignements numériques nouveaux sur les aimants permanents, ainsi que sur les fers et aciers employés dans l'industrie électrique.

Dans l'électrostatique sont introduites les propriétés des rayons cathodiques, des rayons X et des corps radioactifs, ainsi que des considérations sur les électrons.

Dans l'électromagnétisme ont trouvé place des remarques destinées à éviter certaines confusions entre les feuillets et les courants, ainsi que le calcul des aimants permanents et de nouveaux problèmes d'application.

Dans l'induction, les formules générales, telles que celles de lord Kelvin et de Neumann, sont suivies des applications aux circuits contenant des forces électromotrices constantes.

Les courants alternatifs sont traités dans des chapitres spéciaux avec l'ampleur qu'ils comportent actuellement. Les cas des courants alternatifs simples et des courants oscillants sont étudiés avec les applications aux phénomènes de résonance, aux câbles et à l'arc chantant.

Après l'exposé des méthodes graphiques de représentation des grandeurs alternatives, vient la considération de la sinusoïde équivalente, permettant l'extension de la méthode des vecteurs aux courants non sinusoïdaux et à la détermination des effets de l'hystérésis dans les électro-aimants, ce qui conduit à la notion de la résistance effective.

Un chapitre nouveau, consacré à la représentation symbolique des grandeurs sinusoïdales, contient l'application de ce mode de calcul aux lois de Kirchhoff, aux circuits en série et en dérivation contenant des self-inductions et des capacités, aux puissances alternatives, ainsi qu'au problème de la propagation des ondes électriques dans les circuits linéaires.

Dans un autre chapitre sont réunis les développements relatifs aux ondes hertziennes, y compris l'étude de la propagation de ces ondes dans un milieu diélectrique et dans un milieu conducteur.

La formule de Nernst, pour le calcul de la force électromotrice, trouve son emploi dans les piles. L'étude des accumulateurs a été reprise. Un premier chapitre comporte des considérations générales sur les combinaisons susceptibles de former des piles secondaires et la description des accumulateurs autres que ceux en plomb. Ceux-ci sont étudiés à part, en tenant compte des progrès récents, tant dans la construction que dans la formation et l'entretien des couples secondaires.

Les chapitres relatifs aux dynamos présentent aussi des remaniements considérables. On a insisté sur le décalage et les artifices de commutation. Le chapitre des enroulements a été refait complètement, tant au point de vue du texte que des figures : les enroulements en série, en parallèle et en séries-parallèles, appliqués aux anneaux et aux tambours, ont été donnés avec leurs formules de construction. Parmi les additions se rangent le régulateur de Thury, l'étude de la distribution du flux dans les induits dentés, les formules de dispersion et une méthode pour la détermination des frottements des dynamos,

Sont ajoutés au chapitre relatif à la construction : l'étude des isolants spéciaux aux machines, des formules de construction et des dispositifs applicables à la fabrication des induits dentés et aux bobinages sur calibres, les conditions indiquées par Arnold, Parshall et Hobart pour éviter les étincelles à la commutation, enfin des détails de construction des collecteurs et balais.

Les descriptions des dynamos comportent quelques-uns des types principaux exposés à Paris en 1900, ainsi que toutes les données relatives à ces machines.

Les projets de dynamos ont été repris entièrement et mis en concordance avec les règles récemment admises.

L'étude des alternateurs forme actuellement une partie distincte

de l'ouvrage. Dans un premier chapitre entrent les classifications et définitions, les calculs des forces électromotrices alternatives et les principaux modèles d'enroulements d'induits. Un chapitre descriptif contient des types caractéristiques de machines à courants alternatifs avec toutes les données de construction. Un chapitre spécial réservé aux essais des alternateurs comprend l'établissement des courbes caractéristiques et leur prédétermination à l'aide des divers flux qui interviennent dans ces appareils.

Après un examen général de l'association des alternateurs viennent l'analyse détaillée des phénomènes observés dans la mise en parallèle et l'étude par voie graphique et par voie algébrique de ces phénomènes et des procédés propres à éviter les perturbations.

La marche à suivre dans les projets des alternateurs et un exemple d'application à un cas spécial forment l'objet d'un chapitre inédit qui se termine par des tableaux récapitulatifs des dynamos calculées.

L'examen des transformateurs, ainsi que celui de certaines questions spéciales, telles que le compoundage des alternateurs, qui ne peuvent être étudiées utilement qu'après les moteurs électriques, est reporté dans le second volume.

On constate par ce qui précède que l'auteur a insisté tout particulièrement sur les détails de construction et les projets de machines, que les élèves de l'Institut Montefiore effectuent sous la conduite de M O. D. Bast, sous-directeur, chef des travaux. Les développements des exercices et des projets traités dans ces dernières années sont en cours de publication.

Les Progrès récents réalisés dans l'Industrie du verre, tel est le titre de la monographie qui accompagne le numéro du 25 Décembre du « *Mois scientifique et industriel* », 8, rue Nouvelle, à Paris.

Cette étude, accompagnée de nombreux croquis et dessins, passe en revue les perfectionnements les plus saillants et les procédés les

plus ingénieux qui ont été réalisés à la fin du XIXe siècle et au commencement du XXe dans l'industrie du verre.

On y trouvera particulièrement développé tout ce qui concerne les fours de verrerie, leur chauffage, ainsi que le façonnage. Sur ce dernier point, de nombreux brevets ont été pris, les plus originaux d'entre eux ont été analysés, et le lecteur pourra se faire une idée des progrès réalisés dans ces dernières années, particulièrement en ce qui concerne les pièces en verre moulé ou soufflé de grandes dimensions, telles que baignoires, réservoirs, etc.

Rayons « N ». Recueil des communications faites à l'Académie des Sciences, par M. Blondlot, correspondant de l'Institut, professeur à l'Université de Nancy. Avec des notes complémentaires et une instruction pour la construction des écrans phosphorescents. — Volume in-16 (19 × 12), de VI-75 pages, avec 3 figures, deux planches et un *écran phosphorescent* 1904. Librairie Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins, 55, à Paris (6e)..... 2 fr.

Le présent volume est formé de l'ensemble des mémoires concernant les rayons N communiqués à l'Académie des Sciences par M. R. Blondlot. Ces mémoires ont été réimprimés tels qu'ils ont été publiés originairement dans les *Comptes rendus* de l'Académie ; ils sont suivies de notes complémentaires destinées à élucider d'emblée pour le lecteur certains points sur lesquels la lumière n'a été apportée qu'à une période plus avancée de ces recherches, et à mettre au point quelques détails.

On ne s'étonnera pas de voir à la tête de ce recueil un mémoire : *Sur la polarisation des rayons* X ; c'est, en effet, en étudiant les rayons X que l'auteur a reconnu l'existence des radiations toutes différentes auxquelles il a donné le nom de rayons N. Avant la distinction de ces deux espèces de radiations, il devait arriver forcément que l'on confondit les phénomènes dus aux unes et aux autres.

En particulier, l'étude que l'auteur avait faite antérieurement concernant la vitesse de propagation des rayons X (1) s'applique en réalité, non aux rayons X, mais aux rayons N. Il avait trouvé une vitesse de propagation égale à celle des ondes hertziennes et, par conséquent, de la lumière. L'ensemble des propriétés des rayons N ne permettant pas de douter qu'ils ne soient une variété de la lumière, cette détermination de la vitesse n'est plus, à l'heure qu'il est, qu'une vérification d'un fait pour ainsi dire assuré. Malgré cela, cette vérification ne paraît pas absolument superflue ; elle montre au moins que les expériences ont été bien faites.

TABLE DES MATIÈRES.

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 666, 721, 763.

Le Radium et la Radioactivité. *Propriétés générales. Emplois médicaux,* par Paul Besson, ingénieur des Arts et Manufactures, avec une préface du Dr A. d'Arsonval, membre de l'Institut. Volume in-16 (19 × 12) de vii-172 pages, avec 23 figures ; 1904. Librairie Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins, 55, à Paris (6e)..... 2 fr. 75

Le 5 mars 1902, sur le rapport de M. Maurice Levy, Président de l'Académie des Sciences, l'Institut de France attribuait, à l'unanimité, une somme de 20.000 fr. provenant du legs de M. Hubert Debrousse, à M. et Mme Curie, pour les aider dans les travaux qu'ils poursuivent depuis plusieurs années sur le « radium et la radioactivité ». Cet argent devait permettre d'extraire, de quelques tonnes de minerais, environ un gramme de sel de radium pur.

L'énorme disproportion, qui existe entre le résultat matériel à obtenir et la somme affectée dans ce but par l'Institut, montre l'importance considérable de la question scientifique passionnante qu'a soulevée la découverte du radium. Les travaux, entrepris depuis 1898, ont déjà reçu de nombreux encouragements : subventions de l'Académie des Sciences, de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, don d'un généreux anonyme, prix décernés à M. et Mme Curie, etc., etc. Les mémoires parus, soit dans les *Comptes rendus*, soit dans les publications françaises et étrangères, s'élèvent à plusieurs centaines.

Ayant été au courant de la question, dès son début, ayant fait exécuter, sous notre direction, dans l'usine de la Société Centrale de Produits Chimiques, les traitements nécessaires à l'extraction du radium, il nous a semblé opportun de réunir dans ce petit ouvrage un résumé de ce qui a été publié sur la question.

Nous nous adressons spécialement aux médecins et à tous ceux qu'intéressent les découvertes de la science, et qui, sans s'être spécialisés dans les études de la haute physique, possèdent une instruction scientifique élémentaire suffisante.

Nous avons pensé bien faire en donnant une place assez large à

l'étude de l'emploi médical du radium ; cette question est à l'ordre du jour et les essais se poursuivent avec une sorte de frénésie dans tout le pays.

TABLE DES MATIÈRES.

phénomène. Considérations générales. Hypothèses de l'émanation. Electrons et émission cathodique. Système de l'atome. Production des corpuscules balistiques. Formation de l'atome. Production de l'énergie. Résumé des hypothèses. Essais d'une théorie de la propagation de la lumière. Considérations générales.

Les Méthodes modernes de paiement des salaires, 60 pages, 15 illustrations et photographies. Bibliothèque du Mois Scientifique et Industriel, 8, rue Nouvelle, Paris (9e)..... 2 fr.

Le caractère spécial de cette étude est avant tout d'être *pratique*. Son but est de démontrer à l'industriel, par une critique raisonnée des différents modes de rémunération couramment usités, lequel convient le mieux au genre d'industrie qui le concerne.

Dans un court préambule économique, l'auteur pose le principe essentiel du salaire, dégagé de toutes les erreurs qui l'écrasaient naguère de leur sot préjugé. Le salaire étant le lien inévitable entre patron et ouvrier, pour être parfait, il devra donc satisfaire chacun d'eux, c'est-à-dire assurer au patron un *prix de revient minimum* et à l'ouvrier un *salaire maximum*.

La fâcheuse routine nous a habitué à considérer ces deux conditions comme diamètralement opposées. Il n'en est rien pourtant. Le patron demandant un coût minimum par *unité de production* et l'ouvrier un gain maximum par *unité de temps*, il est facile de démontrer que ces conditions ne sont nullement incompatibles.

La valeur de cette monographie est de mettre précisément en lumière plusieurs systèmes, a peu près inconnus en France, qui arrivent à réaliser couramment une augmentation de plus de *cent pour cent* dans le rendement de productivité de l'ouvrier, et une réduction de *quarante pour cent* dans le prix de revient de main-d'œuvre.

Nous ne pouvons mieux faire d'ailleurs que de donner un aperçu des questions traitées à un point de vue *essentiellement pratique*,

caractère qui donne à cette étude une importance industrielle toute spéciale.

1° Classes d'industries pour lesquelles sont donnés des exemples pratiques avec modèles à l'appui. — Charbonnages et industries extractives. Industrie sidérurgique. Hauts Fourneaux. — Aciéries, Forges et Laminoirs. Mines métallifères. — Exploitations agricoles et sucrières. Industries maritimes. — Pêche et Armement. Fonderie de fer. — Industries chimiques. Teinture. Blanchiment. Chantiers de constructions navales. — Ateliers de constructions mécaniques. — Bureau des études. Dessinateurs.

2° Systèmes de rémunération décrits. — Paiement à l'heure et à la journée. — Paiement aux pièces. Fixation pratique du prix de la pièce. — L'Echelle mobile des salaires. — Le contrat de travail, individuel on collectif. Le « Sweating system ». — Le « New England contract ». Le contrat agricole. — Le métayage. Les Associations ouvrières de production. — Les Sociétés de Travail. La participation aux bénéfices. — Le « Share system » chez les mariniers. Les systèmes à bonis sur la production. — Les systèmes à primes. Résultats obtenus.

3° Usines importantes dont les systèmes de paiement sont étudiés. — Le Familistère de Guise. Les usines Krupp. Les Charbonnages du « South Wales ». Les laminoirs de Pittsburg. Les ateliers de locomotives Baldwins. Les mines de zinc du district de Joplin. Les planteurs de cannes à sucre des îles Hawaï. Les verreries ouvrières de France. Les pêcheurs de harengs de Yarmouth. Les usines Yale and Towne. Les chantiers de la Thames Iron Works. Les ateliers de construction de machines Willams et Robinson.

4° Bibliographie. — Enfin, plus de 300 références bibliographiques achèvent de donner à cette étude une importance toute spéciale.

Traité élémentaire des enroulements des dynamos à courant continu, par F. Loppé, ingénieur des Arts et Manufactures, professeur d'électricité industrielle à l'Ecole municipale professionnelle Diderot. In-16 (19 × 12) de VI-80 pages, avec figures et

12 planches ; 1904. Librairie Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins, 55, à Paris (6e)... ..... 2 fr. 75

L'étude des enroulements des dynamos à courant continu présente une certaine aridité et les personnes qui ne sont pas habituées au calcul éprouvent de grandes difficultés à bien comprendre les théories et les formules des ouvrages spéciaux sur la matière, qui s'adressent à des lecteurs familiarisés avec les calculs.

Ayant été chargé du cours d'électricité industrielle à l'Ecole Professionnelle Diderot, j'ai dû traiter la question des enroulements des dynamos à courant continu d'une manière simple et pratique, m'adressant à un auditoire peu habitué aux questions purement théoriques.

En commençant l'étude par les cas les plus simples et en en déduisant les cas les plus complexes, on peut arriver assez facilemen au but et je crois que l'exposé ci-dessous pourra rendre service à beaucoup de personnes s'occupant d'électricité.

Il n'y a naturellement dans ce qui suit absolument rien de nouveau et de personnel, je me suis contenté de tâcher de rendre aussi clairs que je l'ai pu, les méthodes et les schémas, passant toujours du simple au composé.

J'ai beaucoup emprunté aux traités parus sur la matière et notamment aux *Leçons d'électrotechnique* de M. Paul Janet, au *Cours d'électricité industrielle* de l'Ecole Centrale de M. D. Monnier et au *Traité des enroulements des dynamos à courant continu* du professeur Arnold.

Le cas des enroulements fermés avec induits cylindriques (anneau ou tambour) est seul traité, les dynamos à circuit ouvert et les dynamos disques étant de moins en moins employées dans la pratique.

TABLE DES MATIÈRES

(n conducteurs). Enroulement ondulé (14 conducteurs). (n conducteurs) Enroulements en tambour à deux couches. — Chap. II. *Enroulements multipolaires*. Enroulements en anneau. Enroulements en tambour. Enroulements en série simple.

Eléments de Chimie inorganique, par le Dr W. Ostwad, *traduit de l'allemand*, par L. Lazard. 1re Partie : *Métalloïdes*. Volume grand in-8 (25 × 16) de IX-542 pages, avec 106 figures ; 1904. Librairie Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins, 55, à Paris (6e). 15 fr.

Le but de cet ouvrage est d'introduire dans l'enseignement les vues et les données de la chimie théorique actuelle et de faire entrer l'étudiant, dès l'abord, en contact avec les conceptions modernes, au lieu de lui apprendre au commencement des conceptions anciennes et insuffisantes pour qu'il s'aperçoive dans la suite qu'il faut les remplacer par d'autres. Dans ce but, il était nécessaire de modifier assez considérablement le plan dont ne s'écartent guère les traités de chimie en usage. Je me suis efforcé de ne le faire que dans la mesure du nécessaire et j'ai conservé les formes traditionnelles autant qu'il m'était possible.

J'ai conservé d'abord l'ordre historique des matières. Peut-être, pourrait-on, dès à présent, essayer d'édifier la chimie sous forme de science rationnelle, en la faisant reposer sur un certain nombre de principes et en n'introduisant la description des diverses substances qu'à titre d'éclaircissement de ces lois générales. Ce qui m'a empêché de le faire, c'est d'abord le besoin de continuité historique, c'est ensuite que la variété des substances est trop grande et la connaissance de leurs propriétés particulières trop importante pour que ce mode d'exposition soit actuellement approprié aux besoins de l'enseignement.

Un manuel dont le plan comporte de telles innovations s'adresse naturellement à deux catégories de lecteurs, celle des maîtres et

celle des élèves. Il a par suite un double devoir à remplir, ce qui crée à l'auteur des difficultés toutes particulières. Dans les cas douteux, j'ai toujours fait passer en première ligne l'intérêt de l'étudiant. Aussi en suis-je arrivé à exposer les choses d'une façon plus explicite qu'il n'eût été nécessaire, si j'avais écrit exclusivement pour le maître.

A l'égard de l'élève, je me suis considéré comme obligé à suivre avec rigueur un plan vraiment systématique, de telle manière que, pour comprendre chaque chose, il n'ait besoin de connaître que ce qui précède et non ce qui n'a pas encore été exposé. Je me suis fait partout une loi de ne jamais introduire de considérations générales sans avoir sous la main des exemples sensibles auxquels je pusse les appliquer.

Pour édifier l'enseignement rationnel de la chimie, j'ai trouvé commode de me servir d'un procédé qui consiste à donner, après avoir posé les notions chimiques fondamentales, mais avant de passer à la description méthodique des substances et de leurs transformations, une courte revue d'ensemble des faits chimiques que l'expérience quotidienne rend familiers à tout le monde.

J'ai développé avec un soin tout particulier la notion des *ions*. On ne réfléchit peut-être pas assez qu'il est possible et même nécessaire de l'introduire comme une notion purement *chimique* et non comme une notion électrique.

Je voudrais encore faire remarquer que le présent manuel se propose d'être un manuel de chimie *pure*. Il ne touche aux sciences et aux arts voisins qu'à propos de questions d'ordre purement chimique. Cette remarque s'applique en premier lieu à la technologie chimique, et ensuite à la médecine, l'agronomie, l'économie politique, etc.

Il y aurait encore beaucoup à dire pour expliquer et justifier toutes les différences que présente ce livre par rapport aux autres ouvrages du même genre ; mais il faut laisser au lecteur compétent le soin de découvrir ces innovations et de les apprécier.

La présente traduction française a été primitivement rédigée

d'après la première édition du texte original ; mais on a pu y mettre à profit la plus grande partie des corrections introduites dans la seconde édition allemande. L'auteur a relu les épreuves de cette traduction et a pu se convaincre que sa pensée y est rendue avec une grande précision et une justesse remarquable.

Les Métaux précieux, *mercure, argent, or, platine*, par E. D'HUBERT. 1 vol. in-16 de 96 pages, avec 34 figures, cartonné. Librairie J.-B. Baillière et fils, 19, rue Hautefeuille, Paris. 1 fr. 50

Les métaux que M. d'Hubert réunit sous le nom de *métaux précieux* sont le mercure, l'argent, l'or et le platine ; dans cette liste, le mercure occupe une place spéciale, car il ne mérite pas, au même titre que les trois autres métaux, le nom de *métal précieux*, ce qui, en effet, définit un métal précieux n'est pas sa rareté, mais son inaltérabilité et son utilité.

Le *mercure* est un métal qui doit à son état liquide la plupart de ses emplois. Sa propriété de donner des amalgames avec les métaux le fait employer dans l'élaboration de l'or et de l'argent.

M. d'Hubert passe ensuite en revue les principaux procédés d'élaboration de l'argent et de l'or, en insistant sur les procédée récents qui ont permis de répondre à une demande de plus en plus grande de métaux précieux par une production toujours croissante.

Vient ensuite l'étude du *platine*, qui est un métal plus précieux que l'or, puisqu'il est plus inaltérable que lui et dont l'utilité pourrait être aussi grande s'il n'était aussi rare, et de l'*iridium*, qui accompagne le platine dans ses minerais et dans le métal fabriqué.

Pour chacun de ces métaux, M. d'Hubert passe en revue les minerais, les lieux de provenance, l'élaboration, les méthodes de traitement, les alliages, les installations industrielles des principaux pays, le commerce, les propriétés, les emplois et les données économiques.

Il termine par la statistique des métaux précieux, la valeur comparée de l'or et de l'argent, les quantités d'or et d'argent produites, le rapport de l'or et de l'argent, la valeur des matières d'or et d'argent, le prix des métaux précieux, les données économiques, importations et exportations, le taux d'évaluation, les droits de douane et la statistique du travail.

Presses modernes typographiques, par A. Ducrot, ancien élève de l'Ecole Polytechnique. Volume in-4 (28 × 23) de 162 pages avee 141 figures, 1904. Librairie Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins, 55, à Paris (6e)..... 7 fr. 50

Comment faire un choix entre les différentes machines à imprimer qui se présentent sur le marché? L'auteur s'étant posé un jour cette question, la nécessité lui est apparue d'étudier les caractères distinctifs de toutes ces machines, et de les classer suivant le genre de travail qu'elles doivent produire. En se procurant les documents indispensables à cette comparaison, en poursuivant l'étude sur place des nombreux mécanismes que les ateliers d'une grande ville centralisent à une même époque, l'auteur n'a cédé à aucun sentiment de réclame ou de discussion commerciale. Le point de vue mécanique seul lui importait. Aussi a-t-il jugé bon de rappeler en quelques pages très courtes les notions les plus succinctes dont on s'inspire dans l'application de la mécanique à l'industrie. Il a classé ensuite toutes les machines en quelques grandes divisions: machines en blanc, machines à double effet, machines à plusieurs couleurs, rotatives, petites machines dites *pédales*; et dans chacune d'elles il a étudié la disposition générale du type sur une machine schématique dont les détails sont expliqués par de nombreux dessins ou sur une machine existante dont les différents organes sont détaillés sur les clichés mêmes des constructeurs. A la suite de cette description, toutes les machines analogues viennent se grouper naturellement sans que beaucoup d'explications soient nécessaires.

*

Un imprimeur peut ainsi se rendre compte aisément de la qualité et du rendement de toutes les machines qui lui sont proposées par des constructeurs si différents.

L'attention du lecteur sera attirée surtout sur les machines en blanc à rotation continue du cylindre. Sans faire intervenir les points de vue de nationalité dans une question de mécanique, il a paru intéressant de donner quelques explications sur ces machines, dont le principe, très ancien, a maintenant des applications nombreuses.

TABLE DES MATIÈRES

BIBLIOTHÈQUE.

Recherches sur les distances géographiques et en particulier sur celles de Calais à Douvres. Auteur : G. Détrez, Ingénieur. (1903). Imprimerie G. Détrez, 1, rue d'Aboukir, Paris. Don de l'auteur.

Annuaire alphabétique par professions des communes rurales du département du Nord. Editeur : Imp. L. Danel, 1904. Auteurs : P. Melchior et X. Battet. Don des auteurs.

Histoire documentaire de l'industrie de Mulhouse et de ses environs au XIXe siècle. (Errata et rectifications). Don de la Société Industrielle de Mulhouse.

Leçons sur l'Electricité professées à l'Institut Electrotechnique Montefiore, par Eric-Gérard, Directeur de cet Institut. Septième édition entièrement refondue. Tome I. Librairie Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins, 55, à Paris. Don de l'éditeur.

Les progrès récents dans l'industrie du verre par M. Albert Granger, professeur à l'Ecole d'application de la Manufacture Nationale de Sèvres. Bibliothèque du Mois Scientifique et Industriel, 8, rue Nouvelle, à Paris (9e). Don du Mois Scientifique et Industriel.

Traité théorique et pratique des moteurs à gaz, par Aimé Witz, Ingénieur des Arts et Manufactures, Docteur ès-Sciences, professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille. 4e édition refondue et entièrement remaniée (2 vol.). Editeur : E. Bernard, 29, quai des Grands-Augustins, Paris, (1904). Don de l'auteur.

Rayons « N ». Recueil des communications faites à l'Académie des Sciences, par R. Blondlot, correspondant de l'Institut, professeur à l'Université de Nancy, avec des notes complémentaires et une instruction pour la construction des Écrans phosphorescents. Librairie Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins, 55, à Paris (6e). Don de l'éditeur.

Le Radium et la Radioactivité, propriétés générales, emplois médicaux, par Paul Besson, Ingénieur des Arts et Manufactures, avec une préface du Docteur A. D'Arsonval, membre de l'Institut. Librairie Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins, 55, à Paris (6e). Don de l'éditeur.

Méthodes modernes de paiement des salaires, par Jules Izart, ingénieur civil des Mines, secrétaire de la rédaction du Mois Scientifique et Industriel, avec une préface de M. Yves Guyot, ancien Ministre des Travaux publics. Bibliothèque du Mois Scientifique et Industriel. Don du mois scientifique.

Traité élémentaire des enroulements des dynamos à courant continu, par F. Loppé, ingénieur des Arts et Manufactures, professeur d'électricité industrielle à l'Ecole municipale professionnelle Diderot. Librairie Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins, 55, à Paris (6e). Don de l'éditeur.

Eléments de Chimie Inorganique, par le professeur Dr W. Ostwald, traduit de l'allemand par L. Lazard ; 1re partie : métalloïdes. Editeur. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands Augustins, Paris. Don de l'éditeur:

L'Alcoolmétrie officielle et les Alambics d'essais en usage dans les différents services du Ministère des Finances et dans les laboratoires de l'Etat, par J. Dujardin, 24, rue Pavée, Paris. Don de l'auteur.

Les métaux précieux ; mercure, argent, or, platine, par E. d'Hubert docteur ès-sciences, professeur à l'Ecole Supérieure de Commerce de Paris, professeur à l'Institut Commercial. Editeurs : J. Baillière et fils, 19 rue Hautefeuille, Paris. Don des éditeurs.

La question des logements à bon marché, conférence faite à la Société Industrielle dans sa séance solennelle du 24 janvier 1904, par M. Levasseur, membre de l'Institut, administrateur du Collège de France. Imprimerie L. Danel, Lille. Don de l'auteur.

Les presses modernes typographiques, par A. Ducrot, ancien élève de l'Ecole polytechnique. Editeur : Gauthiers-Villars, quai des Grands-Augustins, 55, Paris. Don de l'éditeur.

Le guide Michelin. Don de l'Association Générale Automobile.

SUPPLÉMENT A LA LISTE GÉNÉRALE DES SOCIÉTAIRES

SOCIÉTAIRES NOUVEAUX

Admis du 1er Avril au 31 Mai 1904.

N° d'inscription	MEMBRES ORDINAIRES			Comités
	Noms.	Professions.	Résidences.	
1093	Morel-Goyez	Ameublements et tapisserie.	29, rue Esquermoise, Lille.	C. B. U.
1094	Schubart	Négociant en lins.	1, rue Saint-Genois, Lille.	F. T.
1095	King	Agent consulaire des États-Unis.	97bis, rue des Stations, Lille.	A. C.
1096	Werth	Directeur des Hauts-Fourneaux, Forges et Aciéries de Denain et Anzin.	Anzin (Nord).	G. C.
1097	François	Directeur général de la Compagnie des Mines d'Anzin.	Anzin (Nord).	G. C.
1098	Breguet	Ingénieur.	31, rue Morel, Douai.	G. C.

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

Le Secrétaire : A. BOUTROUILLE.

Lille Imp. L. Danel.