

## ENSEIGNEMENT ET PROGRAMMES

---

L'enseignement de l'école se compose d'une partie théorique et d'une partie pratique : de cours et de manipulations de laboratoire. Nous donnons plus loin le programme détaillé des uns et des autres; mais nous pensons qu'il est utile de montrer auparavant dans quel esprit il a été conçu et comment il est appliqué.

### ENSEIGNEMENT THÉORIQUE

Cet enseignement comprend :

1° Des cours de chimie générale, de chimie analytique et de chimie organique;

2° Des cours de physique générale, de chaleur, d'optique, d'acoustique, de magnétisme et d'électricité;

3° Des cours de mathématiques, considérées comme auxiliaires de la physique et de la chimie.

4° Des conférences technologiques.

Le but de ces cours est de mettre les élèves au courant à la fois de l'état actuel de la science et de ses applications industrielles.

Les professeurs de chimie générale et de chimie organique passent en revue les lois et les hypothèses admises sur la nature de la matière, ses propriétés et ses transformations; ils exposent les relations de la chimie avec la mécanique, la chaleur, la lumière, l'électricité; abordant ensuite l'étude des principaux corps, ils font l'historique de leur découverte, décrivent leur état naturel, les modes de préparation qui servent à les obtenir, leurs propriétés physiques et chimiques, leurs emplois et leurs usages; ils insistent sur leurs applications industrielles et sur les desiderata que présente leur fabrication.

Le professeur d'analyse expose les méthodes de l'analyse qualitative, les réactions sur lesquelles elles sont basées, les procédés de l'analyse

quantitative minérale et organique; il consacre ensuite une partie importante de ses leçons à la description des analyses industrielles, en prenant comme exemples les produits qu'on rencontre le plus fréquemment dans l'industrie et le commerce.

Les professeurs de physique font connaître les lois qui régissent les phénomènes de la chaleur, de la lumière, de l'acoustique, de l'électricité, etc.; ils décrivent les appareils qui permettent de les étudier, d'en mesurer l'intensité, puis, dans chaque spécialité, montrent les applications industrielles qui en ont été faites.

En mathématiques, le cours est fait à un double point de vue : d'une part, il fournit aux élèves les connaissances qui leur sont nécessaires pour pouvoir suivre le développement des théories exposées en physique et, d'autre part, il les met en possession de formules et de méthodes de calculs qu'ils auront l'occasion d'appliquer dans leur carrière industrielle. En un mot, le cours est fait, dans la pensée non de donner aux élèves des connaissances mathématiques théoriques, mais de leur fournir un instrument qui leur est indispensable à l'école et qu'ils utiliseront également plus tard.

A côté de ces cours fondamentaux, il est nécessaire, dans une école industrielle comme la nôtre, de faire connaître en détail aux élèves les applications de la science, de donner par conséquent à l'enseignement de la technologie une place importante et un grand développement. Cet enseignement est délicat et exige des qualités spéciales : il ne suffit pas, en effet, de collationner, dans les recueils de science appliquée, les descriptions des fabrications qu'on y trouve exposées avec plus ou moins d'exactitude, et qui, bien souvent, n'ont plus qu'un intérêt historique; ce qui importe, c'est de donner aux élèves une idée précise de l'état actuel de nos industries, de les intéresser aux questions pendantes, de leur faire connaître les recherches qu'il serait utile d'entreprendre; ce qui est non moins important, c'est de développer ces questions sous un jour attrayant, afin que les élèves apprennent à connaître et surtout à aimer les choses de l'industrie.

Un professeur de chimie n'a pas tout ce qu'il faut pour donner un tel enseignement : il est nécessaire d'avoir vécu dans les ateliers ou tout au moins de s'être occupé des questions industrielles pour les connaître, les aimer et les enseigner. D'autre part, la multiplicité et la variété des applications de la chimie rendent cette tâche à peu près impossible pour un homme seul; quelles que soient sa valeur, son intelligence et son activité,

il ne peut tout connaître ; or, on ne peut bien parler que des choses qu'on a personnellement étudiées. Il a donc paru rationnel, au lieu de faire exposer aux élèves le cours classique dit « de technologie », de remplacer ces leçons par des conférences confiées à des savants qui auraient consacré une partie de leur existence à l'industrie ; on a réuni ainsi un groupe d'hommes distingués, de spécialistes autorisés, qui ont bien voulu donner à l'école le concours de leur science et de leur expérience pratique.

Ces conférences ont été étendues à des sujets, à la vérité un peu en dehors du domaine de la science appliquée, mais dont la connaissance n'est pas moins utile à des ingénieurs et à des chefs d'industrie : telles sont, l'hygiène industrielle, la comptabilité, le droit industriel.

Enfin, pour coordonner ces conférences et établir un lien entre elles, on a donné aux élèves, dans une série de leçons préliminaires, des notions sur l'économie industrielle (choix de la localité d'une usine, moyens de transport, main-d'œuvre, prix de revient, répartition des bénéfices, etc.), et sur la technologie générale (description et usages des machines et des appareils employés dans les arts chimiques).

Ces conférences sont faites aux élèves réunis de première et de deuxième année, ou aux élèves réunis de deuxième et de troisième année : on est naturellement guidé dans cette répartition par le degré d'avancement des études et des cours ordinaires. Dans la période actuelle, qui doit être considérée comme une période de transition, certaines conférences ont été faites aux élèves des trois promotions réunies afin qu'il fût possible à tous d'en bénéficier.

Les conférences données cette année traitent les sujets suivants : économie industrielle et technologie générale, comptabilité, droit industriel, hygiène professionnelle ; mécanique appliquée ; produits chimiques de la grande industrie ; métallurgie ; industries dérivées de la fermentation (alcools, vins, bières, fromages, etc.) ; blanchiment, teinture et impression des fils et des tissus ; matières colorantes artificielles ; sucre, amidon, papier ; pétroles, huiles, savons, stéarine ; alcaloïdes et parfums ; céramique et verrerie ; minéralogie ; électrochimie.

A diverses reprises, l'absence à l'école d'un cours de mécanique appliquée a été signalée, par nos anciens élèves et par la majorité des professeurs, comme constituant une lacune regrettable. Un grand nombre d'usines ont une importance insuffisante pour comporter à la fois un personnel composé de chimistes, d'électriciens, de mécaniciens et de dessinateurs ; il est évident, d'autre part, qu'un chimiste

aussi bien qu'un physicien doit être à même de construire un atelier, de calculer un arbre ou un palier, d'installer des moteurs, de contrôler une fourniture, de surveiller ou de commander les réparations urgentes aux appareils dont il se sert. Nous avons donc proposé à la Commission de surveillance et de perfectionnement de décider la création d'un cours de mécanique appliquée; dans notre pensée, ce cours engloberait les cours de dessin ainsi que les travaux d'atelier et la surveillance de notre future salle des machines. La Commission a adopté en principe le projet qui lui a été soumis. En attendant que les ressources nécessaires pour la création de ce cours aient été mises à la disposition de l'école, nous avons cherché dans un remaniement des travaux de dessin et des répétitions de mathématiques la possibilité de jeter les bases de cet enseignement. M. Pomey, répétiteur de mathématiques et ancien élève de l'École polytechnique, a bien voulu se charger de ce cours, qui sous forme de conférences sera inauguré dès le mois de mars prochain.

L'étude de la minéralogie n'avait pas non plus jusqu'ici trouvé place dans les programmes de l'école; indispensable à ceux qui se destinent à la métallurgie ou à l'exploitation des mines, elle est d'une incontestable utilité pour les chimistes, quelle que soit la spécialité à laquelle ils se destinent. On a donc décidé la formation d'une collection de minéraux et la création d'une série de conférences suivies de manipulations. M. Jecker, ancien élève du Muséum d'histoire naturelle, a bien voulu se charger de ce service; grâce à la générosité de M. Lacroix, professeur au Muséum, aux donations de M. le conseiller municipal Marsoulan, et à l'abandon gracieux qu'ont fait MM. les professeurs Combes, Etard et Hanriot, des collections qui étaient éparses dans leurs laboratoires de l'école, on a pu réunir et grouper environ 500 minéraux que M. Jecker a déterminés et classés en collection. Dans ses conférences, il les présente, les fait connaître aux élèves et leur en montre les caractères distinctifs.

L'électrochimie s'est développée dans ces dernières années avec une puissance et une rapidité telles qu'elle semble destinée à transformer la science chimique et à bouleverser toutes nos industries. Il eût été impossible aujourd'hui de ne pas lui créer une place dans nos programmes. Dans la nouvelle école, un bâtiment spécial et une importante installation permettront de donner à cette science tous les développements qu'elle comporte; mais nous n'avons pas cru pouvoir, en face des résultats merveilleux qu'elle a atteints, retarder l'organisation

de cet enseignement dont nos élèves, familiarisés comme ils le sont avec les expériences de physique et spécialement celles qui utilisent les forces électriques, sont, plus que d'autres, capables de profiter. Un laboratoire d'électrochimie a donc été créé dès l'an dernier à l'école; il a été organisé sous la direction de M. le professeur Combes, qui s'est occupé spécialement de ces questions.

L'installation de ce service, confinant au laboratoire de quatrième année (études et recherches), comprend :

1° Un hangar aménagé spécialement à cet effet, en communication avec les différentes salles de machines de l'école, pour la charge de la batterie d'accumulateurs. Celle-ci est composée de 48 éléments système Blot, d'une capacité de 250 ampères-heure. Ils sont montés par 12 en tension. Un coupleur permet de mettre ces quatre groupes en tension ou en quantité, et de disposer à volonté des multiples de 6 volts jusqu'à 96. Ce coupleur sert de tableau de distribution pour les services annexes : four électrique, opérations industrielles etc., et permet d'envoyer, au moyen de 6 fils, le courant à un second coupleur situé dans le laboratoire. Cinq de ces fils permettent de travailler d'une façon constante sur 6, 12, 18 et 24 volts; le sixième permet d'employer tous les multiples de 6 jusqu'à 96 volts.

2° Une salle qui comprend dix postes, moitié sous une hotte, moitié sur une table. Six de ces postes sont établis avec des tableaux présentant l'outillage complet pour les recherches et notamment un voltmètre de précision à deux sensibilités (2 volts 5, 12 volts 5) au centième et un ampèremètre de précision, au centième, munis de 3 shunts permettant de lire pour tout le cadran : 1, 10 et 50 ampères. Les autres postes comprennent simplement deux bornes et sont destinés à des montages divers.

Cette grande salle renferme une petite pièce avec deux balances de précision (500 gr. au 1/10 de milligramme et 1 kg. 500 au 1/2 centigramme), un ampèremètre-enregistreur, un compteur de quantité, un ohmmètre etc. Elle renferme également le coupleur, une bibliothèque électrochimique, les collections de produits, appareils, etc. On doit y adjoindre en outre une salle de mesures : résistance des électrolytes, forces électromotrices de polarisation, etc.

Cette installation sera complétée par une collection des principaux types d'appareils industriels et notamment ceux qui servent à la fabrication de l'ozone et des accumulateurs.

Quand M. Combes, pour des raisons de convenance personnelle, donna

sa démission de professeur, M. Brochet, docteur ès sciences, ancien élève de l'école, se chargea d'exposer, dans une série de conférences, les principes ainsi que les applications industrielles de l'électrochimie et de diriger dans le laboratoire, récemment créé, les exercices pratiques qui dérivent de cette nouvelle branche de la science.

---

## PROGRAMME DES COURS

---

### MATHÉMATIQUES

---

#### PROGRAMME DU COURS DE MATHÉMATIQUES

---

Messieurs Albert LÉVY et ROZÉ, professeurs.

Ce cours se fait à raison de : trois leçons par semaine pendant le semestre d'hiver, aux élèves de première année; deux leçons par semaine pendant le semestre d'hiver aux élèves de deuxième année; deux leçons par semaine pendant le semestre d'été aux élèves de première année et une leçon par semaine pendant le semestre d'été aux élèves physiciens de deuxième année.

#### COURS DE PREMIÈRE ANNÉE

##### 1° COMPLÉMENTS D'ALGÈBRE.

Des limites. Limites de sommes et de rapports.

Séries.

Limite de  $\left(1 + \frac{1}{m}\right)^m$  quand  $m$  croît indéfiniment.

##### 2° ÉTUDE DES FONCTIONS.

Représentation graphique des fonctions à 2 variables.

Fonctions angulaires.

Formules de trigonométrie.

Résolution des triangles.

Fonction exponentielle. Fonction logarithmique.

Fonctions algébriques.

Formule de Taylor.

Dérivées, différentielles.

Étude algébrique et géométrique de la fonction du 1<sup>er</sup> degré. Ligne droite.

Application des dérivées à l'étude des propriétés des courbes et des fonctions.

Tangentes aux courbes, concavité, convexité, points d'inflexion.

Recherche des maximums et des minimums.

Étude algébrique et géométrique de la fonction du second degré.

Courbes du 2<sup>e</sup> ordre.

Fonctions algébriques de degré supérieur au 2<sup>e</sup>.

Résolution des équations numériques.

Fonction de 3 variables. Représentation géométrique.

Le point dans l'espace. Surfaces. Courbes.

Le plan. La ligne droite.

Surfaces du 2<sup>e</sup> ordre.

#### 5<sup>o</sup> COMPLÉMENTS DE GÉOMÉTRIE.

Théorie générale des vecteurs.

Applications diverses.

#### 4<sup>o</sup> PREMIÈRES NOTIONS DE CALCUL INTÉGRAL.

Intégration de différentielles simples.

Applications diverses.

Planimètres.

#### 5<sup>o</sup> MÉCANIQUE. CINÉMATIQUE.

Étude du mouvement d'un point, d'une figure plane dans son plan, d'un solide dans l'espace.

Vitesse, vitesse angulaire, accélérations.

Composition des vitesses, des accélérations.

**COURS DE DEUXIÈME ANNÉE (1<sup>er</sup> SEMESTRE)**

**6<sup>o</sup> COMPLÉMENTS ET APPLICATIONS DU CALCUL DIFFÉRENTIEL.**

Détermination des vraies valeurs des formes dites indéterminées.  
Fonctions de plusieurs variables indépendantes.  
Dérivées, différentielles partielles. Différentielle totale.  
Formules de Taylor, de Mac Laurin.  
Maximum et minimum d'une fonction de deux variables.  
Développement en série des fonctions.

**7<sup>o</sup> CALCUL INTÉGRAL.**

Méthodes diverses d'intégration.  
Intégrales définies.  
Intégration des différentielles totales.  
Des équations différentielles.  
Intégration des équations différentielles.  
Application du calcul différentiel et du calcul intégral à l'étude des propriétés géométriques des surfaces et des courbes. Centres de gravité, moments d'inertie, etc.

**COURS DE DEUXIÈME ANNÉE (2<sup>o</sup> SEMESTRE) — PHYSICIENS**

Développement des questions étudiées dans le premier semestre.  
Équations différentielles simultanées.  
Équations aux différentielles partielles.  
Formules d'interpolation.  
Quelques notions sur le calcul des probabilités. Son application aux sciences d'observation.

**MÉCANIQUE. DYNAMIQUE.**

Dynamique du point matériel. Force. Masse.  
Composition des forces.  
Mouvement et équilibre d'un point matériel libre.  
Travail. Force vive. Potentiel. Énergie.  
Mouvement et équilibre d'un point matériel gêné.

Systèmes matériels. Solides invariables.  
Équilibre des solides invariables libres ou gênés.  
Mouvement des solides invariables.  
Résistances passives.

---

## CONFÉRENCES DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE

**M. POMEY, répétiteur, chargé des conférences.**

Ces conférences se font à raison de une par semaine pendant les deux semestres aux élèves de troisième année.

### 1° CINÉMATIQUE APPLIQUÉE.

Transmission du mouvement entre deux corps solides par un intermédiaire rigide ou flexible; transmission directe sans intermédiaire.  
Description des principaux organes des machines.

### 2° STATIQUE APPLIQUÉE.

Étude des machines simples.

### 3° RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

Notions générales.  
Applications à des cas simples.

### 4° DYNAMIQUE APPLIQUÉE DES SYSTÈMES MATÉRIELS.

Transmission du travail.  
Régulateurs et modérateurs.  
Résistances passives.  
Puissances motrices naturelles et récepteurs industriels employés [pour les utiliser (moins les machines thermiques qui sont étudiées dans le cours de physique, 2<sup>e</sup> année)].

## CHIMIE

### I. — PROGRAMME DU COURS DE CHIMIE GÉNÉRALE

**M. ÉTARD, professeur.**

Ce cours se fait à raison de deux leçons par semaine pendant les semestres d'hiver et d'été aux élèves de première année.

#### 1° DÉFINITIONS ET ACTIONS GÉNÉRALES.

Matière. — Énergie. — Éther. — Conservation et transformation de l'énergie et de la matière.

Chimie. — Étude chimique de la matière. — Corps simples ou éléments. — Nature des éléments. — Sources des corps simples.

Symboles. — Métalloïdes. — Métaux.

Affinité. — Combinaisons. — Corps composés. — Dissociation. — Espèce chimique. — Homogénéité.

Mélanges. — Alliages.

Analyse. — Synthèse.

Formules. — Équations chimiques.

Nomenclature.

#### 2° HYPOTHÈSES ATOMIQUE ET CINÉTIQUE.

Atomes. — Nature des atomes. — Molécules.

Hypothèse cinétique.

Les ions.

Lois de la somme des poids (Lavoisier). — Proportions définies (Proust). — Commune mesure du poids des atomes. — Saturation.

Tableau des poids atomiques. — Corrélation des poids atomiques ou équivalents (Richter).

Substitution (Laurent, Dumas). — Proportions multiples (Dalton). — Atomicité.

Classification.

Polymérisation. — Condensation substitutive.

Radicaux. — Séries homologues. — Isomérisie. — Formules de constitution. — Fonctions.

Constance des arrangements internes.

### 5° PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES MOLÉCULES DÉPENDANT DES ÉTATS PHYSIQUES.

#### *État gazeux.*

Connexions physiques.

Gaz. Mesure des gaz. Pression. Température. Température absolue. Équation des gaz.

Mesure des poids moléculaires. — Hypothèse d'Avogadro. Unité de valeur chimique. Unité moléculaire =  $H^2$ . Uniformité moléculaire des vapeurs. Types des combinaisons gazeuses illustrant graphiquement les lois de Gay-Lussac. Toute formule représente deux volumes.

Applications. — Utilisation des densités de vapeur. Densités théoriques, anormales, des vapeurs dissociées.

#### *État liquide.*

Généralités. Théorie de Van der Waals. Continuité des états gazeux et liquide. Point critique. Ébullition. Pression osmotique. Solutions. Abaissement des tensions de vapeur. Loi de Raoult pour les abaissements de tension. Loi des abaissements moléculaires de congélation (Raoult). Solutions saturées.

#### *État solide.*

Généralités. — Cohésion. Dureté. État amorphe, vitreux. Poussières. Mouvement brownien.

Cristaux. Formation des cristaux. Cristallographie. Constance des angles. Disposition en zones autour d'un axe. Troncature, formes dérivées. Systèmes cristallins. Clivage. Hémiédrie. Combinaison des formes. Isomorphisme. Polymorphisme.

Dilatation. Fusion. Sublimation.

### 4° RELATIONS DE LA MÉCANIQUE AVEC LA CHIMIE.

Généralités. — Principe des masses. Vitesse de réaction. Formation et dissociation des éthers.

5° RELATIONS DE LA CHALEUR AVEC LA CHIMIE (THERMOCHEMIE).

Généralités. — Chaleur spécifique. Loi de Dulong et Petit. Thermo-  
chimie.

6° RELATIONS DE LA CHIMIE AVEC LA LUMIÈRE (PHOTOCHEMIE).

Généralités. — Spectres. Spectres d'émission. Spectres d'absorption.  
Spectres des éléments.

Indices moléculaires de réfraction.

Polarisation.

Stéréochimie.

7° RELATIONS DE LA CHIMIE AVEC L'ÉLECTRICITÉ (ÉLECTROCHEMIE).

Généralités. — Loi de Faraday. Force électromotrice et précipi-  
tation.

---

Hydrogène. Gaz d'eau. — Fluor, acide fluorhydrique. — Chlore, chlo-  
rures décolorants, acide chlorhydrique, combinaisons oxygénées (anhydride  
et acide hypochloreux, acide chloreux, acide chlorique, acide perchlorique).  
— Brome, acide bromhydrique, combinaisons oxygénées (hypobromites,  
acide bromique). — Iode, acide iodhydrique, combinaisons chlorées et  
bromées, combinaisons oxygénées (oxyde, acide iodique, acide periodique).

Oxygène. Oxydes. — L'eau. L'eau oxygénée. — Ozone. — L'air : les  
microbes et les bactéries, fermentations industrielles et pathologiques ;  
cultures microbiennes, atténuations, vaccins. — Soufre, hydrogène sul-  
furé, chlorures, combinaisons oxygénées (acide hydrosulfureux, ses-  
quioxyde, anhydride et acide sulfureux, acide hyposulfureux, acide dithio-  
nique, anhydride et acide sulfurique). — Sélénium, hydrogène sélénié,  
acides sélénieux et sélénique. — Tellure, hydrogène telluré, combinaisons  
halogénées et oxygénées.

Azote, acide azothydrique, ammoniaque, hydroxylamine, chlorure et  
iodure d'azote, combinaisons oxygénées (protoxyde, bioxyde, acide hypo-  
nitreux, sesquioxyde, acide nitreux, hypoazotide, oxychlorures, anhydride  
et acide nitrique).

Phosphore, hydrogènes phosphorés, combinaisons halogénées et oxyhalogénées, combinaisons oxygénées (acide hypophosphoreux, hypophosphorique, anhydride et acides phosphoriques). — Arsenic, combinaisons hydrogénées et halogénées; combinaisons oxygénées (anhydrides et acides arsénieux et arséniques), sulfures. — Antimoine, combinaisons hydrogénées, halogénées et oxyhalogénées; combinaisons oxygénées (anhydrides et acides antimonioux et antimonique), sulfures. — Bismuth. — Bore. — Vanadium.

Carbone, diamant, charbons. Carbures. Oxydes, sulfure; cyanogène. — Silicium, hydrogène silicié, combinaisons halogénées, acide silicique et silicates : roches. — Titane, dérivés halogénés et oxygénés. — Germanium. — Zirconium. — Étain, alliages, dérivés halogénés, oxydes, sulfurés.

Plomb, oxydes (minium et litharge), céruse. Thorium.

Lithium. — Sodium, chlorure, oxydes, carbonates (Leblanc et Solvay). — Potassium, oxydes, carbonate, sulfures, salpêtre. — Rubidium et Cæsium. — Thallium. — Cuivre, alliages, sels, oxydes; ammoniures. — Argent, monnaies, alliages, sels et oxydes; chimie photographique. — Or, minéraux, alliages monétaires, dorure. Combinaisons halogénées. — Mercure, oxydes et sels (calomel et sublimé). — Calcium, roches calcaires; oxydes, mortiers et ciments; sels (plâtre). — Strontium, sucraterie. — Baryum, oxydes et halogènes; sels (blanc de baryte). — Terres rares, cériques, yttriques; scandium. — Glucinium, émeraude. — Gallium. — Indium. — Magnésium, oxyde et sels. — Zinc, blanc de zinc, sels. — Cadmium. — Aluminium, rubis, saphir, topaze; émeril, feldspaths, micas, argiles et kaolins; alumine; sels, aluns. — Fer, fontes, aciers; métallurgie. Oxydes et sels. — Nickel, oxydes et sels, nickel-carbonyle. — Cobalt, oxyde, bleu Thénard, usages céramiques, cobaltamines. — Manganèse, combinaisons halogénées et oxygénées (manganates et permanganates). — Chrome, combinaisons halogénées et oxygénées (chromates chromamines. — Molybdène, molybdates et phosphomolybdates. — Tungstène, tungstates, phosphotungstates, silicotungstates. — Uranium. — Platine et métaux de la mine de platine; Ruthénium, Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium.

---

## II. — PROGRAMME DU COURS DE CHIMIE ANALYTIQUE

**M. HANRIOT, professeur.**

Ce cours se fait à raison de : deux leçons par semaine aux élèves de première année, pendant le semestre d'hiver et d'une leçon par semaine aux élèves de deuxième année pendant le semestre d'hiver et pendant le semestre d'été.

### COURS DE PREMIÈRE ANNÉE

#### 1° GÉNÉRALITÉS SUR L'ANALYSE.

Opérations analytiques. Classification des métaux au point de vue de l'analyse.

#### 2° ANALYSE PYROGNOSTIQUE.

Emploi du chalumeau avec ou sans addition de réactifs. Usage comme analyse préliminaire dans une analyse par voie humide.

Spectroscope.

#### 3° ANALYSE PAR VOIE HUMIDE.

Description des réactions des sels métalliques. A propos de chaque groupe, séparation des corps de ce groupe avec ceux des groupes précédents, puis séparation des corps du groupe entre eux.

Recherche pour quelques éléments de traces de corps. Pile de Smithson, appareil de Marsh.

Réactions des acides minéraux.

Réactions de quelques acides organiques (tartrique, malique, citrique, oxalique, succinique, benzoïque, salicylique, acétique, formique, cyanhydrique, stéarique).

Séparation des acides entre eux.

Séparation des acides et des bases.

---

Marche générale de l'analyse. Analyses spéciales (silicates, cyanures).

COURS DE DEUXIÈME ANNÉE

1° ANALYSE QUANTITATIVE.

Dosages. Séparations.  
La balance d'analyse.  
Les vases gradués.  
Différentes opérations de l'analyse quantitative.  
Calcul des analyses et vérification des résultats.  
Étude des formes et des procédés de dosage des métaux entre eux.  
Étude des formes et des procédés de dosage des acides minéraux.  
Séparation des acides entre eux.  
Séparation des acides et des bases.  
Analyse par combustion des produits organiques.

2° ANALYSE INDUSTRIELLE.

Cas des corps non homogènes ; prises d'essai.  
Analyse volumétrique.  
Analyse électrolytique.  
Application aux principaux minerais, métaux, alliages, et sels métalliques.  
Analyse des combustibles minéraux.  
Analyse des corps oxydants (chlore, nitrates, bioxyde de manganèse, acide chromique, eau oxygénée, poudre, etc.).  
Analyse des eaux industrielles. Analyse des phosphates et des terres.  
Analyse des gaz.

3° ANALYSE DE QUELQUES PRODUITS ORGANIQUES.

Glucose, saccharose, amidon, dextrine.  
Alcool, esprits de bois, vins, cidres, bières, alcools dénaturés.  
Corps gras, glycérine, bougies, savons, huiles diverses.  
Alcaloïdes.  
Engrais azotés.

---

### III. — PROGRAMME DU COURS DE CHIMIE ORGANIQUE

**M. André BIDEZ, professeur.**

Ce cours se fait à raison de : une leçon par semaine pendant le semestre d'hiver et deux leçons par semaine pendant le semestre d'été aux élèves de deuxième année; de deux leçons par semaine, pendant le semestre d'hiver, et une leçon par semaine, pendant le semestre d'été, aux élèves de troisième année.

#### COURS DE DEUXIÈME ANNÉE

##### 1° GÉNÉRALITÉS.

Composés organisés et organiques; formation des corps organiques; valence du carbone. Analyse immédiate; analyse élémentaire; établissement des formules brutes et de constitution. Isomérisie, etc.

##### 2° SÉRIE ACYCLIQUE (grasse).

###### Fonctions simples.

Carbures d'hydrogène saturés et non saturés; leurs dérivés de substitution. Alcools : primaires, secondaires, tertiaires. Aldéhydes : chloral. Acétones. Acides monobasiques; leurs dérivés halogénés; anhydrides. Éthers-oxydes; éthers-sels. Composés sulfurés (mercaptans, sulfines, sulfones). Composés organo-métalliques. Composés azotés (nitrosés, nitrés, aminés). Phosphines, arsines. Amides. Oximes. Cyanures (nitriles, carbamides, cyanates, urée).

###### Fonctions multiples.

Glycols. Acides-alcools. Acides bibasiques. Triols : glycérine. Poly-alcools : érythrite, arabite, etc. Hydrates de carbone : sucres, amidon, cellulose, gommés. Diamines. Amino-alcools, amino-aldéhydes, amino-acides. Diamides. Amides-acides. Imines. Imides. Groupe de la guanidine. Urées composées et uréides. Composés incomplets (alcools, aldéhydes, acides, éthers des séries allylique et propargylique).

COURS DE TROISIÈME ANNÉE

3<sup>o</sup> SÉRIE CYCLIQUE (aromatique).

Composés à noyau benzénique. — Hydrocarbures complets et incomplets; leurs dérivés de substitution : halogénés, sulfonés, nitrés; phénols et éthers phénoliques; amines; hydrazines; diazoïques et azoïques; quinones, quinones-imines. Alcools, aldéhydes, acétones, acides mono et polybasiques, amines, imines et imides, nitriles, oximes, etc. Phénols-alcools, phénols-aldéhydes, phénols-acides; tanins. Biphényle. Diphényl et triphénylméthane; colorants. Naphtalène et ses dérivés. Anthracène, ses dérivés, ses homologues.

Composés à noyaux benzéniques azotés. — Pyridine, ses dérivés, ses homologues. Quinoléines. Acridine. Acides correspondants. Diazines : pyridiques, quinoléiques, acridiques; oxazines, thiazines. Polyazines.

Composés à noyaux non benzéniques. — Cyclanes; alcools, acétones, acides cycliques; cyclènes (terpènes, camphols, camphres). Furfurane. Thiophène. Azols (pyrrol, pyrazol, pyrazolones, glyoxalines, etc.) Pyrane; pyrone; penthiophène. Noyaux complexes (indol, indigotine, etc.).

4<sup>o</sup> COMPOSÉS A SÉRIER.

Glucosides. Alcaloïdes. Matières protéiques : albuminoïdes, collagènes, enzymes.

---

## PHYSIQUE

### I. — PROGRAMME DU COURS DE PHYSIQUE GÉNÉRALE ET APPLIQUÉE

(Instruments de mesure; physique moléculaire; chaleur; thermodynamique;  
applications industrielles de la chaleur; organes des machines).

**M. DOMMER, professeur.**

Ce cours se fait à raison de : deux leçons par semaine pendant le semestre d'hiver aux élèves de première année, et de deux leçons par semaine pendant le semestre d'été aux élèves de deuxième année.

#### COURS DE PREMIÈRE ANNÉE

##### 1° INSTRUMENTS DE MESURE.

Unités C. G. S., dimensions, unités géométriques et mécaniques : Calcul des erreurs; verniers, comparateurs, cathétomètres, viseurs à réticule micrométrique, sphéromètre, balance; machine à diviser, calibrage d'un tube, étude d'une vis micrométrique.

##### 2° PHYSIQUE MOLÉCULAIRE.

Capillarité; formule de Laplace, tension superficielle. Écoulement dans les tubes capillaires. Diffusion des gaz et des liquides.

Osmose, dialyse, lois de Pfeiffer, diffuseurs, osmogène, occlusion.

Solubilité des solides et des gaz.

Cryoscopie, détermination des poids moléculaires.

Compressibilité des liquides. Presse hydraulique, modèles industriels.

Compressibilité des gaz, loi de Mariotte, continuité des états gazeux et liquides, équation d'état, équation des gaz parfaits. Théorie cinétique des gaz. Liquéfaction des gaz. Détermination des constantes critiques. Densité des gaz liquéfiés.

Manomètre, nivellement barométrique, formule de Laplace, baromètres enregistreurs.

Machines servant à faire le vide, théorie; machines à mercure, trompes, pompes courtes, appareils industriels.

Compresseurs.

Détermination de coefficients de dilatation, solides, liquides, gaz. Thermométrie, mesures des basses et des hautes températures.

Détermination des gaz, des vapeurs et des vapeurs saturées.

Changement d'état des corps; détermination des points de fusion; ébullition, ébullioscopie; tonométrie; détermination des poids moléculaires.

#### 5° CALORIMÉTRIE.

Corrections; différentes méthodes calorimétriques; mesures thermo-chimiques. Chaleurs latentes de fusion et de vaporisation. Chaleurs spécifiques des gaz; détermination de  $\frac{C}{c}$ .

#### 4° HYGROMÉTRIE.

État hygrométrique de l'air. — Hygromètres. — Psychromètres.

#### 5° CONDUCTIBILITÉ.

Détermination des coefficients de conductibilité. Lois du rayonnement; transmission de la chaleur, coefficients de transmission.

Mouvement des liquides et des gaz dans les conduites, pertes de charge. Calcul des dimensions d'une conduite. Anémomètres.

### COURS DE DEUXIÈME ANNÉE

#### 1° THERMODYNAMIQUE.

Principe de l'équivalence, conservation de l'énergie, équivalent mécanique de la chaleur, transformations isothermes et adiabatiques, cycles réversibles, cycles de Carnot, théorème de Carnot, formule de Clapeyron; fusion, vaporisation, dissociation, thermochimie; cycles des machines thermiques, discussion.

2° APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE LA CHALEUR.

Sources de chaleur; combustion, combustibles; classification, composition, puissances calorifiques, températures de combustion.

Étude et marche des foyers; foyers pour combustibles pulvérulents; combustibles liquides, pulvérisateurs; combustibles gazeux; classification.

Gazogènes; récupérateurs et régénérateurs; brûleurs; fours à gaz à chaleur régénérée.

Théorie et constructions des cheminées.

Générateurs de vapeur, classification, règlements; accessoires des générateurs; alimentation; explosions; vapeur surchauffée, surchauffeurs de vapeur; chauffage à la vapeur, appareils industriels; chauffage de l'air, calorifères, installation des appareils de chauffage, chauffage des ateliers.

Accumulateurs de chaleur.

Évaporation dans le vide, triple effet.

Appareils distillatoires et de rectification.

Séchage; turbines, séchoirs, hote-flue, sécherie à papier et pour étoffes, tourailles, séchoirs à féculé, séchage des bois et des colles.

Chauffage des corps solides; fours métallurgiques, fours pour produits céramiques, fours à chaux, fours tournants.

Production industrielle du froid; machines frigorifiques; installations frigorifiques.

Machines à vapeur; étude des organes; diagrammes; distribution; classification.

Mesure de la puissance des machines, moteurs à gaz, moteurs à pétrole.

---

## II. — PROGRAMME DU COURS D'OPTIQUE, D'ACOUSTIQUE ET D'OPTIQUE PHYSIQUE

**M. BAILLE**, professeur,

**M. FÉRY**, suppléant.

Ce cours se fait à raison de : deux leçons par semaine pendant le semestre d'hiver, aux élèves de troisième année, et de deux leçons par semaine pendant le semestre d'été aux élèves de première année.

### COURS DE PREMIÈRE ANNÉE

#### 1° OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE.

*Photométrie.* — Formule générale, établissement et discussion. Photomètres. Description de ces appareils : Photomètres de Rumford, Bunsen, Villarceau, Foucault, Sabine, Lummer et Brodhun, Wheatstone.

Photométrie monochrome : Écran de Crova.

Photomètres divers : Appareil de Cornu et son application à la mesure des températures élevées (Le Chatelier). Appareil d'Arnoux.

Étalons lumineux : Lampe Carcel, bougies, lampe à acétate d'amyle, au pentane, écran de Metwen. La lampe à incandescence au point de vue étalon.

Étalon primaire de Violle. Étalon Siemens.

Résumé de l'étude de Dibdin sur les étalons.

Intensité moyenne sphérique. Holophotomètres. Lumen-mètre de Blondel. Rendement des sources lumineuses actuelles.

*Propagation de la lumière en ligne droite* : ombres, pénombres, théorie des éclipses, chambre noire de Porta et du capitaine Colson.

*Réflexion de la lumière.* — Lois. Vérification par le théodolite et le bain de mercure.

Applications : Miroir tournant pour la mesure des petits angles. Mesure de l'angle des prismes et des cristaux par les goniomètres de Babinet, Wollaston et Mallard.

Miroirs sphériques. Lois. Discussion des formules. Aberrations. Astigmatisme.

Caustique, discussion de la formule de cette courbe. Miroirs cylindriques et coniques. Anamorphoses.

*Réfraction de la lumière.* — Problème de Fermat. Lois. Cas des surfaces planes, lame à faces parallèles. Déplacement latéral et longitudinal.

Prisme. Conditions d'émergence, foyer du prisme. Minimum de déviation. Astigmatisme par réfraction sur les surfaces planes.

Lentilles. Formules approchées, formule complète tenant compte de l'épaisseur et de l'ouverture. Lentille croisée.

Centre optique. Calcul de sa position. Propriétés de ce point.

Points nodaux, propriétés, applications (distances focales absolues par le « Tourniquet » et cylindrographe de Moëssard). Plans principaux. Aberrations diverses des lentilles.

Indices de réfraction. Emploi de l'indice en chimie et en physique. Méthodes de mesure classiques. Appareils et méthodes nouvelles.

Principaux réfractomètres ordinaires et à réflexion totale.

*Dispersion.* — Spectre pur, travaux de Newton. Spectroscopes divers. Emplois, réglage, graduation en longueur d'onde.

Travaux de Bunsen et Kirchoff. Tables spectrales.

*Absorption.* — Lois. Spectrophotométrie, appareils de Vierordt et de d'Arsonval.

Colorimétrie. Colorimètre de Duboseq. Applications.

*Étude des radiations du spectre.* — Spectre calorifique. Travaux anciens (Herschell, Melloni). Méthodes nouvelles (Bolomètre de Lengley, Radiomètre de Nichols et Rubens.) Spectre lumineux. Étude de Fraunhofer.

Spectre chimique. Actinomètre Becquerel.

Procédés photographiques. Travaux de Cornu et de Mascart.

Phosphorescence et fluorescence. Expériences de Becquerel. Loi de Stokes. Applications.

Théorie de l'arc-en-ciel et du halo.

## 2° INSTRUMENTS D'OPTIQUE.

*Étude complète de l'œil et de la vision.* — Défauts de l'œil. Correction par des verres. Applications de la persistance des impressions. Vision binoculaire.

*Fabrication du verre d'optique.* — Étude des défauts. Travail du verre. Tour d'optique. Fabrication des lentilles. Collage et centrage.

Étude de l'achromatisme. Lentille achromatique, prisme à vision directe.

Instruments divers fondés sur la réflexion : Héliostat, Sextant, chambres claires.

*Instruments d'optique simples :* 1° Loupe. Grossissement, puissance. Doublet de Wollaston, Loupe Coddington, Stanhope.

2° Objectifs photographiques. Objectifs simples, doubles, symétriques, anastigmats. Qualités, défauts, emplois.

Essai des objectifs (Tourniquet, Mire oblique).

3° Projecteurs, phares, télégraphes optiques. Théorie et description.

*Instruments d'optique composés.* — Théorie générale, champ, anneau oculaire, etc. Grossissement par le dynamètre de Ramsden et la chambre claire.

Lunettes. Étude des objectifs, retouches locales. Verre de champ.

Achromatisme des oculaires.

Lunette de Galilée. Jumelle, détails de construction.

Télescopes. Modèles de Newton, Cassegrain, Grégory. Étude du miroir et retouche (Foucault). Argenture.

Microscope. Description. Objectifs ordinaires et à immersion. Test-objets. Microtomes, coloration des coupes.

#### COURS DE TROISIÈME ANNÉE

##### 1° ACOUSTIQUE.

Établissement de la formule  $v = A \sin 2 \pi \frac{t}{T}$ .

Effet du milieu interposé entre le corps vibrant et l'oreille : phase, longueur d'onde.

*Mesure de la hauteur d'un son.* — Sirène de Pellat. Enregistrement. — Application à la chronographie.

Établissement de la formule de Newton  $V = \sqrt{\frac{E}{D}}$ , correction de Laplace.

*Mesure de la vitesse du son.* — Expériences anciennes. — Expériences de Violle.

Étude théorique et expérimentale des tuyaux sonores. — Applications diverses.

Vibrations des solides.

Étude de l'élasticité au point de vue dynamique et statique. — Applications à l'industrie.

Composition des vibrations parallèles ; battements, méthode stroboscopique.

Composition des vibrations rectangulaires : méthode de Lissajous.

Étude du timbre. — Analyse et synthèse des sons (Helmholtz).

Description de l'oreille et du larynx.

## 2° OPTIQUE PHYSIQUE.

Théorie de l'émission et des ondulations.

*Mesure de la vitesse de la lumière* par les méthodes astronomiques et physiques.

Expériences de Cornu, de Michelson, de Newcomb.

*Étude des anneaux colorés.* — Théorie de Newton et d'Young. — Applications diverses.

Dilatation des corps (Fizeau), Dilatomètre de Le Chatelier, élasticité du verre (Cornu).

Examen des surfaces lenticulaires et des plans.

*Interférences.* — Principe, formule. — Mesure des longueurs d'onde. — Description et réglage des différents appareils classiques.

Mesure des indices : appareils de Jamin, de Fizeau.

Étude des sources monochromatiques : appareil de Michelson. — Photographie des couleurs.

Entraînement de l'éther. Expérience de Fizeau.

*Diffraction.* — Principes d'Huyghens et de Fresnel. Courbe de Cornu. Écrans de Fresnel. — Diffraction dans les instruments d'optique.

Réseaux. — Principe, formule, applications à l'obtention du spectre normal et à la détermination des longueurs d'onde.

*Double réfraction.* — Construction d'Huyghens, lunette et prisme de Rochon.

*Polarisation.* — Phénomènes fondamentaux, lois. — Polariseurs et analyseurs.

Loi de Brewster.

Interférence des rayons polarisés. Expérience de Viener.

Polarisation elliptique. — Établissement de la formule générale qui donne l'intensité du rayon lumineux après son passage dans un appareil de polarisation.

Applications à l'étude des roches (pétrographie) et des cristaux : Microscope polarisant, pince à tourmalines.

Polarisation rotatoire. Lois. Applications à la chimie. Polarimètres, saccharimètres.

Polarisation rotatoire magnétique.

Études nouvelles sur les radiations : expériences de Hertz. — Rayons X. Corps radio-actifs.

---

### III. — PROGRAMME DU COURS DE PHYSIQUE GÉNÉRALE ET D'ÉLECTRICITÉ THÉORIQUE

**M. CURIE, professeur.**

Ce cours se fait à raison de : deux leçons par semaine pendant le semestre d'hiver aux élèves de deuxième année; une leçon par semaine pendant le semestre d'été aux élèves de première année; une leçon par semaine pendant le semestre d'été aux élèves de deuxième année, et une leçon par semaine pendant le semestre d'été aux élèves physiciens de deuxième et de troisième année (questions complémentaires).

#### **COURS DE PREMIÈRE ANNÉE**

##### **1° ÉNERGIES DE DIVERSE NATURE.**

Généralités. — Travail d'une force. — Source d'énergie.

Énergie cinétique de translation, — de rotation.

Énergie élastique des corps solides. Traction ou compression longitudinale. Coefficient d'élasticité. — Torsion des fils. Coefficient de Coulomb. Balance de torsion. Moments d'inertie. Durée d'oscillation. Détermination des coefficients de torsion et des moments d'inertie.

Énergie d'attraction newtonienne. Lois de l'attraction universelle. Vérifications tirées du mouvement des astres. Pesanteur à la surface de la terre. Énergie potentielle d'un système de masses matérielles. Détermination de la constante de l'attraction newtonienne. Action d'une montagne sur la direction de la pesanteur. Méthode de Cavendish. Expériences de Cornu et Baille, de Boys. Densité de la terre. Mouvement du pendule et de la balance. Durée d'oscillation. Balance bifilaire.

Énergie élastique des fluides.

Énergie de changement d'état. Énergie chimique.

Énergie capillaire.

Pertes d'énergie par frottement. Frottement des corps solides. Expériences de Coulomb. Coefficient de frottement. Frein de Prony. Frottement des fluides. Coefficient de frottement intérieur. Écoulement par un tube capillaire. Lois de Poiseuille.

Équivalence de la chaleur et du travail. La chaleur considérée comme source d'énergie.

Cycles de transformation. Impossibilité du mouvement perpétuel. Principe de Carnot. Cycles réversibles.

Énergie utilisable. Énergie interne. Énergie utilisable dans les réactions chimiques.

## 2° ÉLECTRICITÉ STATIQUE.

Phénomènes généraux. — Corps conducteurs. — Diélectriques. — Conservation de l'électricité. — Lois de Coulomb. — Actions à distance et actions de proche en proche. — Influence de la nature du milieu. — Pouvoir inducteur spécifique. — Unités électrostatiques.

Champ électrique. — Lignes de force. — Tubes de force. — Flux d'induction. — Théorème de Gauss.

Travail pour déplacer les corps électrisés. — Potentiel. — Surfaces isopotentielles. — Champ électrique et dérivée du potentiel.

Corps conducteurs. — Densité électrique à la surface. — Champ en un point voisin de la surface. — Cylindre de Faraday. — Théorèmes divers. — Capacités. — Condensateurs sphériques, cylindriques, à plateaux. — Groupement des condensateurs.

Différences de potentiel dues aux éléments de pile.

Forces agissant sur les corps conducteurs électrisés. — Pression électrostatique.

Électromètre à plateaux parallèles. — Électromètre à quadrants. — Électromètres divers.

Energie électrique. — Énergie supposée répartie dans le diélectrique. — Expériences de Riess.

Phénomènes électriques dans le cas où plusieurs milieux diélectriques sont en présence. — Générateurs d'électricité.

## COURS DE DEUXIÈME ANNÉE

### 1° MAGNÉTISME.

Phénomènes généraux. — Lois de Coulomb. — Perméabilité magnétique. — Unités électromagnétiques. — Champ magnétique. — Tubes d'induction. — Potentiel. — Analogies entre l'électricité et le magnétisme. — Action d'un champ magnétique sur un aimant.

Magnétisme terrestre. — Déclinaison. — Inclinaison. — Intensité de la composante horizontale. — Méthode de Gauss. — Potentiel en chaque point de l'espace dans le cas d'un barreau infiniment petit.

### 2° ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE ET ÉLECTROMAGNÉTISME.

Courants électriques. — Conductance. — Résistance. — Loi de Joule. — Lois d'Ohm. — Forces électromotrices. — Loi de Volta.

Action d'un champ magnétique sur un fil parcouru par un courant. — Champ créé par un courant. — Formule de Laplace. — Expériences de Biot et Savart. — Courant circulaire.

Comparaison des résistances. — Galvanomètre différentiel. — Pont de Wheatstone. — Pont de Thomson. — Ohmmètres. — Réseaux de fils conducteurs. — Lemmes de Kirchhoff. — Théorèmes divers.

Dimensions des diverses grandeurs électriques. — Unités C.G.S. électromagnétiques. — Unités pratiques. — Unités diverses. — Étalons de résistance. — Unités légales internationales.

Comparaison des forces électromotrices. — Méthode de la grande résistance. — Méthode du potentiomètre. — Résistance intérieure des piles. — Étude d'une pile.

Analogies entre un courant et un feuillet magnétique. — Solénoïdes. — Puissance d'un feuillet. — Potentiel dans le cas d'un feuillet magnétique et dans le cas d'un courant fermé. — Champs créés par les courants. —

Bobine cylindrique. — Bobine annulaire. — Tube cylindrique. — Plan indéfini.

Travail pour déplacer un circuit parcouru par un courant sous l'influence des actions magnétiques.

Galvanomètres. — Modèles divers. — Sensibilité. — Constante d'Ayrton. — Ampèremètres. — Voltmètres. — Électrodynamomètres. — Wattmètres.

### 3° COURANTS D'INDUCTION.

Courants d'induction. — Loi de Lenz. — Force électromotrice d'induction et variation de flux. — Force électromotrice d'induction et flux coupé par les éléments du contour du circuit.

Quantité d'électricité mise en mouvement dans un circuit par une variation de flux. — Galvanomètre balistique.

Coefficients d'induction mutuelle de deux circuits. — Calcul dans des cas simples. — Détermination expérimentale.

Coefficients de self-induction. — Calcul dans des cas simples. — Détermination expérimentale. — Méthodes diverses.

Bobine de Ruhmkorff. — Interrupteurs divers. — Transformateurs.

Courant dans le cas d'une force électromotrice périodiquement variable. — Loi d'établissement d'un courant en fonction du temps dans un circuit.

Énergie répandue dans l'espace dans le cas des courants.

### 4° THÉORIE DE L'AIMANTATION ET PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES DES CORPS.

Théorie de la polarisation magnétique.

Induction. — Perméabilité. — Intensité d'aimantation. — Coefficient d'aimantation.

Corps ferro-magnétiques. — Courbes cycliques. — Aimantation maximum. — Aimantation rémanente. — Champ coercitif. — Méthodes expérimentales diverses.

Énergie perdue par hystérésis. — Formule de Steinmetz. — Hystérésismètres.

Force d'arrachement de l'armature d'un électroaimant.

Aimantation d'un barreau. — Étude des aimants permanents.

Circuits magnétiques fermés. — Force magnétomotrice. — Réductance.

— Calcul du nombre d'ampères-tours nécessaires pour obtenir un flux donné.

Corps faiblement magnétiques et diamagnétiques. — Forces agissantes dans un champ non uniforme. — Mesure des coefficients d'aimantation.

Effet de la chaleur sur l'aimantation. — Machines thermomagnétiques.

#### 5° ACTIONS CHIMIQUES DES COURANTS ET CONDUCTIBILITÉ DES ÉLECTROLYTES.

Décompositions électrolytiques. — Lois de Faraday. — Actions secondaires.

Polarisation des électrodes. — Électromètre de Lippmann.

Conductibilité électrolytique. — Méthodes de mesure. — Conductivité moléculaire. — Influence de la concentration. — Transport des ions. — Fractions de transport de Hittorf.

Théories de l'électrolyse. — Hypothèse d'Arrhénius. — Degré de dissociation. — Vitesse des ions. — Conséquences diverses de la théorie. — Conductibilité et pression osmotique des solutions.

Piles diverses. — Force électromotrice et chaleur dégagée. — Formule de Thomson. — Formule de Helmholtz. — Piles à concentration. — Accumulateurs.

#### 6° UNITÉS ÉLECTROSTATIQUES ET ÉLECTROMAGNÉTIQUES.

Rapport des unités employées pour les diverses grandeurs dans les deux systèmes.

Mesure d'une résistance en unités électromagnétiques. — Méthodes diverses. — Mesure d'une résistance en unités électrostatiques.

Mesure d'une différence de potentiel en unités électrostatiques et en unités électromagnétiques.

#### 7° OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES.

Oscillations électriques dans le circuit d'un condensateur. — Expériences de Feddersen. — Courants de hautes fréquences.

Propagation des oscillations électriques. — Expériences de Hertz. — Système de Lecher. — Télégraphie sans fil.

### 8° PHÉNOMÈNES THERMOÉLECTRIQUES.

Loi des températures successives. — Inversion. — Pouvoir thermoélectrique. — Diagramme de Tait. — Piles thermoélectriques diverses.

### 9° THÉORIE DE LA SYMÉTRIE ET CRISTALLOGRAPHIE.

Symétrie par répétition. — Symétrie par mirage. — Éléments de symétrie. — Ordre de symétrie. — Théorèmes divers.

Symétrie dans les phénomènes physiques. — Symétrie du champ électrique et du champ magnétique.

Matière cristallisée. — Propriétés générales. — Clivages. — Forme extérieure. — Faces planes. — Règle de la constance des angles. — Goniomètres. — Loi de symétrie. — Loi de dérivation. — Théories générales. — Trente-deux types de symétrie. — Six systèmes cristallins. — Notations cristallographiques de Lévy, de Miller.

Description détaillée des formes holoèdres et hélièdres dans les six systèmes cristallins.

Notions sur les calculs cristallographiques. — Représentation par perspective sphérique et projection stéréographique.

Isomorphisme. — Polymorphisme.

Groupement des cristaux. — Macles.

### COURS DE TROISIÈME ANNÉE

#### Questions complémentaires.

#### 1° QUESTIONS COMPLÉMENTAIRES DU COURS D'ÉLECTRICITÉ.

Capacité des cylindres non coaxiaux, — images électriques, — pyro-électricité, — piézo-électricité.

Théorie des oscillations d'un système amorti, — cas des oscillations d'un système matériel, — oscillations électriques.

Théorie de la propagation des ondes électromagnétiques.

Compléments à la théorie de l'aimantation. — Aimantation d'une sphère, d'un cylindre.

Théorie des phénomènes thermoélectriques.

Conductibilité des gaz raréfiés, — rayons cathodiques, — rayons de Röntgen, — rayons de Becquerel.

Questions diverses relatives aux courants alternatifs, — solutions par la méthode graphique, — rôle des capacités.

## 2° THÉORIE DE L'ÉLASTICITÉ DES CORPS SOLIDES.

Déformations homogènes, — dilatations, — glissements. — Tensions élastiques, — équilibre d'un parallépipède, d'un tétraèdre élémentaire. — Relation entre les tensions élastiques et les déformations. — Réduction des coefficients dans le cas des corps isotropes.

Cas particuliers : dilatation dans un seul sens. — Torsion, — flexion. — Tube cylindrique comprimé intérieurement et extérieurement, — avantage du frettage.

---

## IV. — PROGRAMME DU COURS D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

(Applications de l'énergie électrique.)

**M. HOSPITALIER, professeur.**

Ce cours se fait à raison de : deux leçons par semaine pendant les semestres d'hiver et d'été aux élèves de troisième année.

### 1° GÉNÉRATEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

*Générateurs électromagnétiques.*

*Magnétos.* Historique. Principaux types.

*Dynamos.* Courant continu.

— Courants redressés.

— Courants alternatifs simples.

— — — polyphasés (diphasés et triphasés).

- Dynamos.* Réglage des dynamos.  
— Couplage —  
— Phénomènes secondaires dans les dynamos.  
— Calcul des dynamos à courant continu.

## 2° TRANSFORMATEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

- Transformateurs immédiats.* — Courant continu en courant continu.  
Transformateurs directs et indirects.  
Courant alternatif simple en courant alternatif simple.  
Dispositions générales. Propriétés.  
Courants alternatifs polyphasés en courants alternatifs polyphasés.  
Transformateurs polymorphiques.

- Transformateurs différés.* — *Directs.* Condensateurs.  
— *Indirects.* Accumulateurs.  
Formation homogène (Planté).  
Formation hétérogène (Faure).  
Propriétés. Constantes.  
Accumulateurs divers.

## 3° CANALISATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

- Conducteurs. — Câbles. — Lignes aériennes et souterraines.  
Appareillage.  
Parafoudres. (Notions générales.)

## 4° DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

- Courant continu.* — *Potentiel constant.* 2 fils, 3 fils, 5 fils.  
Distributions directes et indirectes.  
*Intensité constante.*  
Distributions directes et indirectes.  
*Courants alternatifs.* — Distributions directes et indirectes.  
*Courants polyphasés.* — Diphasés et triphasés.  
*Distributions mixtes* ou *polymorphiques.*  
*Compteurs d'énergie électrique.* — Courant continu. Courants alternatifs. Courants polyphasés. Tarification.

5° APPLICATIONS DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

A. — Applications mécaniques.

*Moteurs à courant continu.* — Propriétés. Rendement. Réglage.

*Moteurs à courants alternatifs simples.* — Synchrones. Asynchrones.

*Moteurs à courants alternatifs polyphasés.* — Propriétés. Démarrage.

*Transmission de l'énergie.* — Courant continu.

Courants alternatifs.

Courants polyphasés.

*Locomotion électrique.* — Tramways.

Chemins de fer.

Automobiles.

*Applications mécaniques diverses.* — Ascenseurs. Machines-outils, etc.

*Télégraphie.* — Notions générales sur le télégraphe Morse, la télégraphie multiple et la télégraphie sous-marine.

*Téléphonie.* — Notions générales sur les appareils téléphoniques et les principes des bureaux centraux.

B. — Applications thermiques.

a. *Phénomènes lumineux.* — *Arc voltaïque.* Régulateurs.

Arc à air libre. Arc en vase clos. Arc renversé.

Arc alternatif.

Bougies électriques.

*Incandescence.* A l'air libre.

Reynier. Jablochhoff. Nernst.

En vase clos.

Notions générales sur l'éclairage.

b. *Phénomènes non lumineux.* — Coupe-circuits.

Allumage électrique.

Amorces.

Chauffage électrique.

Soudure électrique.

C. — Applications électrochimiques.

Ces applications sont exposées dans des conférences spéciales.

## ENSEIGNEMENT PRATIQUE

L'enseignement pratique comprend : des manipulations de chimie minérale, d'analyse et de chimie organique ;

d'électrochimie ;

de minéralogie ;

de physique (chaleur, optique, acoustique, électricité) ;

Des exercices de dessin industriel ;

Des exercices portant sur le travail du verre, du bois et des métaux.

L'importance que nous attachons à cette partie de notre enseignement nous a fait rechercher le moyen d'y consacrer le plus de temps possible. Diverses modifications introduites dans le programme primitif, un remaniement dans l'emploi des journées, un groupement plus méthodique des manipulations trop éparpillées jusqu'ici, la suppression des « études » qui ne donnaient pas les résultats qu'on en attendait, la diminution des congés, ont permis d'augmenter successivement le nombre d'heures consacrées aux travaux pratiques. Très prochainement, enfin, l'enseignement des mathématiques subira quelques modifications : il ne saurait, bien entendu, être question d'en diminuer l'importance, beaucoup de questions et de problèmes en physique comme en chimie ne trouvant leur solution qu'avec le concours des mathématiques et de la mécanique, mais rien ne s'oppose à ce que le niveau des connaissances demandées au concours d'admission soit relevé ; on pourra, de la sorte, donner moins de développement aux cours professés à l'école même et les heures ainsi gagnées seront utilisées dans les laboratoires.

Dès maintenant les élèves consacrent aux travaux pratiques :

28 heures par semaine en 1<sup>re</sup> année

51 — — — 2<sup>e</sup> —

55 — — — 5<sup>e</sup> —

(En 1885, on n'y consacrait respectivement que 20, 22 et 27 heures par semaine.)

En ajoutant à ces heures celles qui représentent la durée des cours, on constate que les élèves passent à l'école 48, 46, 45 heures par semaine (selon l'année à laquelle ils appartiennent) ; cette somme de travail est à

peine suffisante pour que les programmes adoptés et reconnus nécessaires puissent être vus en entier.

La marche des exercices pratiques est commandée naturellement par l'ordre adopté dans les cours du professeur et le développement progressif des sujets qu'il y traite; il est évident qu'on ne saurait sans inconvénients s'en écarter, ou même les devancer, toute manipulation n'étant en somme que la reproduction des faits ou la confirmation expérimentale des lois exposées dans les leçons orales du maître. Il convient de rattacher étroitement ces deux modes d'enseignement l'un à l'autre; aussi, chaque jour, le chef des travaux pratiques, dès l'entrée des élèves dans son laboratoire, leur montre-t-il dans une conférence succincte, avec le programme des expériences qu'ils ont à faire, le lien qui les unit au cours du professeur; il leur indique ensuite le but et la nature de chaque opération ainsi que les méthodes de préparations qu'ils doivent suivre.

Les élèves transcrivent ces renseignements sur leurs cahiers de laboratoire. Dans des cas déterminés, cet exposé oral est remplacé par des notes écrites qu'on communique aux élèves et qui doivent être copiées par eux.

Les expériences commencent aussitôt après : elles doivent être décrites avec soin et en grand détail dans les cahiers de laboratoire qui sont régulièrement examinés et cotés; pour faciliter la correction de certains travaux comme ceux d'analyse, nous donnons à chaque élève des cahiers spéciaux disposés sur un modèle typographique uniforme, d'après lequel les résultats et les chiffres ressortent nettement et peuvent être ainsi contrôlés rapidement. Les travaux sont jugés par le chef du laboratoire, qui donne à la fin de chaque manipulation une note résumant son appréciation sur les résultats obtenus, les rendements, la tenue des cahiers, l'application.

Ces notes entrent, comme nous l'avons dit plus haut, dans le calcul des moyennes et servent au classement.

Les travaux sont dirigés dans les laboratoires avec le souci de suivre pas à pas les progrès des élèves, de reconnaître leurs aptitudes et leurs qualités personnelles, de façon à ce qu'on puisse les guider utilement au sortir de l'école. Nous attachons une grande importance à ce contact des maîtres et des élèves; quelques conseils affectueux donnés au cours d'une expérience font plus pour le développement d'une jeune intelligence que bien des leçons professées du haut d'une chaire, et les témoignages de reconnaissance de nos jeunes gens prouvent combien ils apprécient ces procédés d'éducation.

Mais il ne suffit pas pour la bonne direction d'un laboratoire d'avoir

un personnel dévoué; il faut encore qu'il soit suffisamment nombreux. Il y avait sous ce rapport une lacune que la Commission de surveillance a bien voulu combler : elle a reconnu, avec nous, qu'il est impossible à un chef de travaux, seul, de guider et de surveiller trente ou trente-cinq élèves, et elle a décidé la création, pour les laboratoires de chimie, de cinq postes de sous-chefs, de telle sorte qu'actuellement chaque groupe de quinze jeunes gens est dirigé et suivi de près.

**Chimie.** — Le programme des travaux de chimie comprend : d'une part, l'étude de l'analyse, d'autre part, la préparation de produits dont on a arrêté la liste de façon à passer en revue les modes opératoires les plus variés et les substances les plus intéressantes au point de vue industriel.

Les manipulations d'analyse pendant toute la première année, portent sur la recherche qualitative des corps par voie sèche et par voie humide; comme il faut que les élèves y soient absolument rompus, on y revient, et à diverses reprises, pendant les deux autres années. A la seconde année appartiennent l'étude des procédés d'analyse quantitative, minérale et organique; à la troisième année les travaux d'analyses industrielles. Le développement donné à l'enseignement de l'analyse chimique s'explique et se justifie non seulement parce que l'analyse est la base de la science, mais encore parce qu'elle habitue les jeunes gens à manipuler avec soin et méthode et qu'elle est une nécessité journalière pour tout chimiste manufacturier.

Les manipulations de chimie générale ont le même caractère pratique; après avoir appris à construire, à monter des appareils, les élèves sont mis au courant des procédés généraux de travail et des modes opératoires employés dans les recherches de chimie : dissolution des corps, fusion, cristallisation, distillation, etc. Ils commencent ensuite les préparations proprement dites; on s'applique à s'y rapprocher le plus possible des conditions industrielles : on emploie, au point de départ, comme matières premières, les produits naturels non manufacturés, on fait préparer les diverses substances qui en dérivent et qui devront, à la fin de la manipulation, être présentées dans un état convenable de pureté. On tient compte, dans l'appréciation des travaux, non seulement de la qualité des produits, mais encore des rendements quantitatifs. Ces exercices sont multipliés et variés autant que possible; ils durent pendant trois semestres; avec le quatrième semestre commencent les travaux de chimie orga-

nique qui se prolongent pendant une année et demie; après avoir passé en revue les différentes fonctions chimiques, on fait préparer, dans la série grasse et dans la série aromatique, les substances les plus intéressantes au point de vue industriel. Dans le sixième semestre, chaque élève fournit un travail d'ensemble sur un sujet choisi par le professeur; son mémoire doit exposer l'historique de la question et décrire les modes de préparation adoptés; il est accompagné des produits obtenus et qui doivent avoir été analysés.

Dans le laboratoire d'électrochimie, les élèves commencent par étudier les méthodes de mesures électriques, puis ils répètent les expériences classiques de décompositions et de synthèses électrochimiques: ils vérifient les conditions de formation des principales substances minérales (chlorates, hypochlorites, soude, chlore, etc.) et celles d'un certain nombre de produits organiques; enfin, on leur fait diriger les fours électriques et on leur montre les procédés employés pour l'extraction et le raffinage des métaux.

Le laboratoire dont nous signalons plus haut la récente création n'est pas assez vaste pour recevoir la promotion entière des trente élèves de troisième année; ils y passent par séries de quinze.

Dans les travaux pratiques de minéralogie on enseigne d'abord aux élèves à utiliser et à appliquer les règles ordinaires de l'analyse par voie sèche, puis à déterminer les caractères physiques qui servent à distinguer les minéraux les uns des autres: forme cristalline, cassure, éclat, transparence, ténacité, pesanteur, dureté, fusibilité, etc.; ils apprennent ensuite à séparer mécaniquement les minéraux et les roches, et ils en examinent les réactions chimiques conformément aux règles de l'analyse.

Les séries suivantes des manipulations sont consacrées à l'application méthodique de ces notions, à la détermination des divers minéraux, minerais, pierres précieuses et roches qui leur sont confiés, et dont nous donnons la liste plus loin.

Les manipulations de minéralogie, n'exigeant pas d'installations spéciales, se font dans un des laboratoires de chimie; c'est celui de chimie organique qui est adopté en ce moment pour ces travaux.

**Physique.** — Les manipulations de physique portent successivement sur les différentes branches de cette science (chaleur, lumière, acoustique, électricité). L'esprit de cet enseignement est le suivant: les élèves vérifient d'abord expérimentalement les lois principales de la science, puis

ils étudient les instruments adoptés dans les recherches théoriques et ceux qui sont utilisés dans les applications industrielles. Ils contractent ainsi, notamment par leurs expériences d'optique, l'habitude de prendre des mesures de précision ; cette habitude développe chez eux une habileté manuelle et un esprit d'observation de première utilité pour l'étude ultérieure des phénomènes électriques.

Dans les laboratoires des « applications de la chaleur » après avoir appris à construire et à graduer les thermomètres, ils s'habituent aux mesures des densités, des chaleurs spécifiques, de cryoscopie, etc. : ils étudient les différents moteurs à gaz, à vapeur, les machines à glace, à air liquide, etc., et apprennent à les conduire.

Dans les laboratoires d'optique et d'acoustique, ils vérifient les lois de la photométrie, celles de la réflexion, de la réfraction et de la dispersion de la lumière et s'habituent au maniement des instruments ; un grand développement est donné aux manipulations de photographie et de reproductions photo-mécaniques. En optique physique, ils font des expériences sur les anneaux colorés, les interférences, la diffraction, la double réfraction, la polarisation et les radiations. Enfin, ils étudient les principaux phénomènes de l'acoustique (mesure des vibrations, de la vitesse du son, etc.).

Dans les laboratoires d'électricité et de magnétisme, ils passent en revue les méthodes de mesures électriques : résistances, intensités de courant, forces électromotrices, etc. ; ils étudient les appareils industriels de mesure à courant continu et alternatif. Puis ils s'exercent au maniement des diverses espèces de piles, à la mise en charge des accumulateurs, etc., à la mise en marche des moteurs, des dynamos et des principaux appareils d'éclairage (lampes à arc et à incandescence).

L'instruction pratique donnée aux élèves de l'école ne se compose pas exclusivement de manipulations de physique et de chimie ; destinés à la carrière industrielle, ils doivent pouvoir relever et coter les croquis des machines qu'ils ont l'occasion de voir, dresser les plans des appareils dont ils auront conçu l'idée, et même les construire, arrêter, sommairement du moins, les plans d'un atelier avec ses agencements mécaniques ; il faut qu'ils sachent monter ou modifier des machines et des appareils industriels, fabriquer les instruments de laboratoire qu'on trouve dans toute grande ville, mais qu'on ne peut se procurer aisément dans les usines éloignées d'un centre scientifique.

Pour atteindre ce but, le programme de l'école a été étendu à un certain

nombre d'exercices pratiques qui accentuent sa physionomie d'établissement industriel et qui donnent à nos élèves le caractère d'ingénieurs.

Ces exercices sont de deux ordres différents ; ils comprennent :

1° L'étude du dessin industriel ;

2° Le travail du bois, des métaux et du verre.

Les exercices de dessin servent à compléter sur certains points le cours de mathématiques : les élèves font quelques épures de géométrie descriptive et quelques tracés de courbes définies par leurs équations. Mais c'est principalement au point de vue des applications industrielles que le dessin est considéré : à cet effet, les élèves sont exercés à prendre à main levée des croquis cotés d'organes de machines d'après des modèles en vraie grandeur. Ils exécutent de plus la mise au net de quelques-uns de ces dessins avec les teintes conventionnelles. L'utilité de ces exercices de dessin est rendue manifeste aux yeux des élèves lors de leur passage à l'atelier où ils fabriquent des pièces variées d'après des croquis et des dessins cotés.

Dans l'atelier dit « du travail manuel » les élèves, après avoir appris les règles générales de l'emploi du bois et des métaux, les méthodes d'assemblage, de réunion des métaux au moyen de vis, rivets, soudure, etc., s'exercent à manier le marteau, le burin, la lime, le rabot, la scie, le tour, etc. Ils commencent alors à faire quelques ustensiles simples, des pinces-brucelles, des vis et des petites pièces pour les appareils de physique ; puis ils apprennent à forger, souder, à tremper leurs outils ; ils deviennent assez expérimentés pour construire des boîtes de résistance, des rhéostats, des niveaux d'eau, des boussoles et les supports en bois de divers appareils de physique et de chimie.

Les élèves physiciens reçoivent un complément de leçons qui leur permet de monter des tableaux de distributions électriques, des manipulateurs Morse, des galvanomètres, des ampère et voltmètres, des électroaimants, des balances Mohr, etc.

L'atelier du travail du verre renferme actuellement quatorze tables d'émailleur auxquelles les élèves des trois promotions viennent successivement s'asseoir par séries ; après s'être familiarisés avec les règles générales du travail, l'utilisation des diverses sortes de verres, etc., ils apprennent à courber les tubes, à souffler une boule, à souder de diverses façons, enfin à fabriquer les ustensiles d'usage journalier dans les laboratoires (tubes à essais, ballons, tubes de Liebig, ballons à distiller, réfrigérants, tubes en U et en S, trompes à eau, appareils à distillations fractionnées, etc.).

## PROGRAMME DES TRAVAUX PRATIQUES

---

### MATHÉMATIQUES

---

Les élèves ont, durant le cours des études mathématiques, à faire des applications des notions théoriques qui leur sont données.

Ces applications consistent en développements ou en exercices sur les parties les plus importantes : elles se présentent sous la forme de copies pour les élèves du cours de M. Lévy, et sous celle de travail au tableau pour les élèves du cours de M. Rozé : à la suite de chacune de ses leçons, ce professeur, assisté de M. Pansiot, répétiteur, conserve les élèves pendant 1 heure et demie et, dans cette *étude dirigée*, il leur fait exécuter sous sa direction des calculs et des exercices divers.

Il convient également de faire rentrer dans le cadre des travaux pratiques de mathématiques un certain nombre d'épures dont les sujets sont indiqués par les professeurs de mathématiques.

---

## PROGRAMME DES EXERCICES PRATIQUES DE DESSIN INDUSTRIEL

---

### PREMIÈRE ANNÉE (2 SEMESTRES)

Exécution de croquis cotés d'après des modèles : assemblages de charpente, organes de machines, etc.

Construction de courbes représentées par des équations. Résolution graphique d'équations.

Épures de géométrie descriptive sur les intersections de surfaces.

### DEUXIÈME ANNÉE (2 SEMESTRES)

Exécution de croquis cotés d'après des organes de machines. Mise au net de croquis cotés.

Lavis à l'encre de Chine; polyèdres, cylindres, cônes.  
Construction de courbes. Épures de cinématique.

**TROISIÈME ANNÉE. — ÉLÈVES PHYSIENS (1 SEMESTRE)**

Exécution de croquis cotés et mise au net d'après des appareils ou des modèles de mécanique.

---

**CHIMIE**

---

**I. — PROGRAMME DES MANIPULATIONS  
DE CHIMIE GÉNÉRALE**

**PREMIÈRE ANNÉE**

Construction des appareils. — Bouchons ajustés, percés. — Tubes courbés, etc.

Technique précise des divers modes de filtration : à chaud, à froid ; à la pression atmosphérique, à la trompe, au filtre-presse, etc.

Technique de l'évaporation, de l'ébullition, de la dessiccation.

Fusion. Points de fusion.

Affinité. — Combustion de Mg (formation d'une base), de S (formation d'un acide).

Combinaisons. — ( $\text{Hg} + \text{I}^2$ . —  $\text{Zn} + \text{Br}^2$ .)

Saturation. — (Acides. — Sels. — Bases.)

Dissociation. — ( $\text{CrO}_4\text{K}^2 + \text{AmCl}$ .)

Espèce chimique. — Comparer une espèce et un mélange. (Poudre de chasse : en dégager  $\text{AzO}^3\text{K}$ .)

Alliages. — ( $\text{Sn} + \text{Pb}$ . Redissoudre dans  $\text{AzHO}^5$ .)

Substitutions. — Déplacements métalliques : une cémentation  $\text{Fe} + \text{Cu}$ . —  $\text{KBr} + \text{Cl}^2$ . —  $\text{KI} + \text{Cl}^2$ . — Huile + soufre. Allumer  $\text{H}^2 \text{S}$ .

Atomicité. — Valences. ( $\text{Fe} + 2 \text{HCl}$ .)

Congélation. — Prise d'un point de fusion, et constance pendant la solidification.

Technique de la cristallisation : par fusion; par dissolution et évaporation; par refroidissement ou par évaporation lente.

Sublimation.

Sursaturation. — (Sulfate sodique; hyposulfite.)

Solubilité. — (Très grande  $\text{AzO}^3\text{K}$ ; grande  $\text{SO}^4\text{K}^2$ ; faible  $\text{SO}^4\text{Ca}$ ).

Anhydrification dans l'eau. — (Hydrate de cuivre.)

Rôle de l'eau dans les cristaux : eau d'interposition ( $\text{NaCl}$ ); eau de cristallisation ( $\text{SO}^4\text{Na}^2$ ); eau de constitution ( $\text{PO}^4\text{Na}^2\text{H}$ ).

Précipitation. Lavage des précipités : artifices convenables en pratique.

Blanchiment des solutions colorées. — (Salin, noir.)

Action de la lumière. — ( $\text{AgCl}$ ;  $\text{AgI}$ .)

Constataion au thermomètre du dégagement de chaleur dans les réactions chimiques.

Mélanges réfrigérants.

Vérification par pesée d'une équation. — ( $\text{SO}^4\text{H}^2 + \text{Zn}$ .)

Hydrogène : préparation par  $\text{Zn} + \text{HCl}$ ; propriétés; diffusibilité; action réductrice ( $\text{CuO}$ ,  $\text{Sb}^2\text{S}^5$ , chlorures). Restitution de  $\text{Cl}^2\text{Zn}$  fondu ou cristallisé.

Acide fluorhydrique : préparation; constater sa présence et faire une gravure sur verre.

Chlore : préparations par  $\text{MnO}^2$ , par  $\text{CrO}^4\text{K}^2$ . Réaction de Deacon. Régénération du manganèse (Weldon). Hydrate de chlore. Eau de chlore. Chlorure de chaux; eau de Javel; leurs propriétés décolorantes. Acide chlorhydrique : 1° par  $\text{NaCl} + \text{SO}^4\text{H}^2$ ; technique; 2° par naphthaline +  $\text{Cl}^2$ . Solution de  $\text{HCl}$  fumant; densité, point d'ébullition. Action sur la laine et le coton. — Chlorate : 1° par  $\text{CaOCl}^2$ ; 2° par  $\text{KOH} + \text{Cl}^2$ .

Brôme : l'extraire d'une eau mère. Acide bromhydrique : 1° par  $\text{H}^2 + \text{Br}^2$ ; 2° par  $\text{Ph} + \text{Br}^2$ ; 3° par  $\text{H}^2\text{O} + \text{Br}^2 + \text{H}^2\text{S}$ . — Bromures cristallisés. — Hypobromite; son action sur l'urine.

Iode : l'extraire d'une eau-mère artificielle; ses dissolutions brunes ou violettes. Iodure d'amidon. — Acide iodhydrique :  $\text{I}^2 + \text{H}^2\text{S}$ . — Iodures alcalins; iodure de plomb cristallisé. — Acide iodique :  $\text{ClO}^3\text{K} + \text{I}^2$ .

Oxygène : préparation par  $\text{HgO}$ ,  $\text{ClO}^3\text{K}$ ,  $\text{CaCl}^2\text{O} + \text{Co} (\text{AzO}^3)^2$ ; combustions vives; prise de gaz dans une combustion.

Oxydes : leurs propriétés, acide ( $\text{Sb}^2\text{O}^3$ ), basique ( $\text{CaO}$ ), salin ( $\text{Fe}^3\text{O}^4$ ), mixte ( $\text{Al}^2\text{O}^3$ ). — Préparation : 1° calcination d'un nitrate, 2° d'un carbonate, 3° d'un hydrate, 4° double décomposition.

Eau : impuretés qui peuvent l'accompagner; distillation; vérification de la pureté de l'eau. Recherche des gaz. Recherche de l'humidité (tube à  $\text{SO}^4\text{Cu}$ ).

Eau oxygénée : préparation, détermination de sa teneur en O, réaction; décoloration d'un tissu écreu, d'une dissolution colorée.

Air : constater la présence de O (pyrogallol); celle de  $\text{CO}^2$  dans l'air expiré.

Soufre : préparation par un polysulfure et un hyposulfite. Propriétés : cristallisation, dissolution, etc. Soufre insoluble. — Hydrogène sulfuré : préparation, propriétés. — Sulfures :  $\text{K}^2\text{S}$ ;  $\text{KHS}$ . — Chlorure de soufre. — Hydrosulfite; réactions. — Acide sulfureux; préparations diverses, propriétés, action décolorante. — Hyposulfite cristallisé. — Dithionates. — Acide sulfurique; préparation et propriétés.

Sélénium : préparation et propriétés.

Tellure : Extraction d'un minerai.

Azote : préparation par un azotite, par  $\text{AzH}^3 + \text{Cl}^2$ . — Ammoniaque : préparation par  $\text{SO}^4\text{Am}^2 + \text{CaO}$ ; solution. — Sel ammoniac : par sublimation de  $\text{SO}^4(\text{AzH}^4)^2 + 2\text{NaCl}$ . — Protoxyde d'azote : par le nitrate d'ammoniaque; par l'acide azoto-sulfurique + Zn. — Bioxyde d'azote : par  $\text{AzO}^5\text{H} + \text{Cu}$ ; par  $\text{FeCl}^2 + \text{HCl} + \text{AzKO}^5$ . — Eau régale; gaz dégagés; attaque de l'or. — Azotites : préparation par les azotates et le graphite, le plomb ou le sulfite de potassium. — Acide hypoazotique : préparation par  $(\text{AzO}^5)^2\text{Pb}$ ; liquéfaction; solidification de ce gaz. — Acide azotique; préparation. Nitre cubique; salpêtre de conversion; clairçage.

Chlorures de phosphore. — Bromure. — Iodure de phosphore. — Acide phosphorique : extraction d'un phosphate. — Préparation des phosphates par double décomposition : phosphate ammoniaco-magnésien.

Arsenic : traitement du mispickel par grillage et par distillation. — Acide arsénieux; son oxydation en acide arsénique. — Acide arsénique anhydre et hydraté; quelques arséniates. — Orpiment. — Réalgar. — Sulfoarsénites.

Antimoine : extraction du régule d'un antimoine cru. — Trichlorure, oxychlorure, perchlorure; action de l'eau. — Tribromure cristallisé. — Acide antimonieux cristallisé. — Acide antimonique anhydre. — Antimoine diaphorétique. — Kermès par voie sèche et par voie humide.

Bismuth : extraction; cristallisation. Chlorure, oxychlorure. — Azotate de bismuth et de bismuthyle.

Acide borique : extraction d'un borate naturel.

Carbone : préparation du charbon de sucre; noir d'os; ses effets décolorants. — Oxyde de carbone : préparation : 1° par  $C + CO_2$ ; 2° par l'acide oxalique; propriétés: combustion, solubilité dans le chlorure cuivreux. — Acide carbonique : préparation : 1° par calcination de  $CO_3Ca$ ; 2° par  $CO_3Ca + HCl$  ou  $SO_4H_2$ . — Sulfure de carbone : préparation par combustion directe; sulfocarbonates.

Silicium : préparation par le zinc. — Siliciure de cuivre, sa transformation en chlorure de silicium. — Silicate de sodium : préparation, propriétés.

#### DEUXIÈME ANNÉE. — PREMIER SEMESTRE

Lithium : préparation par l'amblygonite.

Sodium. — Carbonate : préparation : 1° par le procédé Leblanc; 2° par le procédé Solvay; 3° par la cryolithe. — Soude caustique : soude à l'alcool. — Sulfate : anhydre et hydraté; cristallisation.

Potassium. — Carbonate : extraction de la cendre végétale. — Sulfates. — Foie de soufre.

Argent : le séparer du plomb et du cuivre. — Nitrate pur. — Iodure jaune.

Cuivre : extraction d'une pyrite par la cémentation. — Préparation du maillechort, du laiton; leurs propriétés. — Chlorure cuivrique anhydre et cristallisé. — Oxyde de cuivre anhydre et hydraté. — Sulfate cristallisé. — Sulfite cuproso-cuprique.

Mercure. — Sulfate : préparation et transformation en calomel. — Iodure cristallisé. — Oxyde : préparation par calcination et par précipitation.

Calcium. — Sulfate : sa solubilité; prise du plâtre. — Carbonate.

Strontium. — Oxyde : préparation par le sulfate et le carbonate. — Nitrate par le carbonate.

Baryum. — Chlorure. — Nitrate. — Hydrate : préparation par le sulfure et la soude, ou par le carbonate et le charbon.

Glucinium. — Oxyde : préparation par l'émeraude.

Magnésium. — Sulfate : préparation par la dolomie; sulfates doubles.

Zinc : traitement d'un minerai; préparation du chlorure fondu et distillé. — Sulfate et sulfates doubles. — Sulfure pur. — Blanc de zinc.

Cadmium. — Sulfure et sulfate. — Alliage très fusible.

Aluminium. — Oxyde : préparation par la bauxite et par la cryolithe.

— Sulfate : préparation par le kaolin ; purification. — Aluns. — Chlorure d'aluminium : préparation : 1° par l'aluminium et l'acide chlorhydrique, 2° par l'alumine, le charbon et le chlore.

Fer. — Chlorures de fer. — Oxydes. — Sulfates.

Nickel. — Chlorure. — Oxyde, par l'azotate. — Sulfate. — Sulfates doubles.

Cobalt. — Phosphate cobalto-ammonique. — Cobaltamines.

Manganèse. — Chlorure. — Sulfate. — Bioxyde pur (Beilstein). — Manganates et permanganates.

Chrome. — Oxyde par le bichromate. — Vert Guignet. — Chlorures. — Acide chromique ; chromates. — Chlorure de chromyle.

Terres rares. — Oxyde de cérium : extraction de la monazite.

Or : traitement d'une pyrite aurifère.

Étain : extraction de la cassitérite. — Bronze. — Chlorure stanneux anhydre et cristallisé. — Chlorure stannique. — Bromure stannique. — Oxydes stanneux et stanniques. — Sulfures.

Plomb : extraction d'une galène par le fer ; attaque du plomb par l'eau distillée ; coupler du plomb argento-aurifère ; constater la présence de l'or ; alliages ; plomb d'imprimerie ; soudure. — Chlorure cristallisé et fondu. — Iodure cristallisé. — Massicot, mine orange, litharge, bioxyde. — Céruse. — Sous-acétate.

Titane. — Chlorure. — Acide titanique par le chlorure.

Zirconium. — Chlorure, oxychlorure. — Zircone.

Thorium. — Sulfate et oxyde.

Platine. — Dissolution dans l'eau régale. — Chloroplatinate.

Vanadium. — Préparation d'un métavanadate.

Molybdène. — Molybdates et acide molybdique cristallisé.

Tungstène : attaque de la scheelite. — Acide tungstique et tungstates.

Uranium : attaque de la pechblende. — Uranate d'ammoniaque. — Oxyde.

## DEUXIÈME ANNÉE. — DEUXIÈME SEMESTRE

### *Chimie organique.*

Détermination des points de fusion, des points d'ébullition, etc.

Analyse immédiate : étude de l'acide pyroligneux ; préparation de l'oxalate de méthyle, de l'acétone-bisulfite, de l'acide acétique.

ÉTUDE DES FONCTIONS.

Carbures. — Formène, éthylène, acétylène. — Dérivés halogénés : chlorure et bromure d'éthylène; iodures et chlorures de méthyle et d'éthyle; chloroforme; iodoforme.

Alcools. — Fermentation alcoolique; extraction de la mannite de la manne; préparation de la glycérine par saponification.

Acides. — Préparation des acides gras solides :

De l'acide oléique (par saponification);

De l'acide formique;

De l'acide oxalique (par la sciure de bois);

De l'acide tartrique (par les lies de vin);

De l'acide citrique (par les citrons);

Des acides succinique, lactique et mucique. — Chlorure d'acétyle. — Anhydride acétique.

Amines. — Méthylamine.

Amides. — Acétamide.

Oximes.

Nitriles. — Ac. cyanhydrique. — Cyanogène. — Cyanures. — Sulfo-cyanures. — Ferrocyanures. — Ferricyanures. — Cobalticyanures.

Aldéhydes. — Formol. — Aldéhyde ord<sup>re</sup>. — Aldéhydate d'ammoniaque. — Chloral. — Acétones par pyrogénéation. — Caractères des aldéhydes et des acétones. — Caractères distinctifs.

Éthers. — Éthers oxydes.

Éthers simples.

Éthers sels ou composés : formiates de méthyle; d'éthyle. — Acétates de méthyle; d'éthyle. — Oxalate d'éthyle. — Citrate de méthyle.

---

II. — PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT PRATIQUE  
DE LA CHIMIE ANALYTIQUE

PREMIÈRE ANNÉE

PREMIER SEMESTRE. — Analyse au chalumeau.  
Réactions des bases.

Séparation des bases par groupes.  
Dosage volumétrique de dix corps.

DEUXIÈME SEMESTRE. — Séparations quantitatives avec dosages volumétriques.

Réactions qualitatives des acides.

Séparation des acides.

Analyses de produits préparés par les élèves.

Analyses qualitatives des divers minerais.

Recherche des principaux acides organiques.

#### DEUXIÈME ANNÉE

PREMIER SEMESTRE. — Dosage et séparation des bases par les méthodes pondérales.

Deux analyses qualitatives par mois.

DEUXIÈME SEMESTRE. — Dosage et séparation des acides.

Analyse de produits préparés par les élèves.

Combustions et dosages d'azote.

#### TROISIÈME ANNÉE

PREMIER SEMESTRE. — Analyse volumétrique.

Analyse complète de minerais, d'alliages et de sels métalliques industriels.

Analyse des combustibles.

Analyse industrielle des eaux.

Analyse électrolytique.

Combustions (de préférence sur des produits préparés par les élèves).

DEUXIÈME SEMESTRE. — Analyses de produits industriels de nature organique : sucres, alcools, amidons, vins, bières, cidres, suifs, bougies, huiles, beurres, laits, tanins, pétroles.

Recherche qualitative des alcaloïdes.

Analyse des gaz.

---

III. — PROGRAMME DES MANIPULATIONS  
DE CHIMIE ORGANIQUE

TROISIÈME ANNÉE

PREMIÈRE PARTIE.

A. — Compléments de la série grasse.

Exemples pris dans les fonctions complexes : Polyalcools, hydrates de carbone, composés incomplets (alcools et acides), amines à fonction mixte. Urées composées, uréides, etc.

B. — Série cyclique ou aromatique.

1. — *Noyaux benzéniques*

Carbures benzéniques. — Dérivés halogénés, nitrés, sulfonés (sulfochlorures et sulfamides).

Phénols et leurs dérivés. — Phénol, résorcine, hydroquinone, crésols, nitrophénols.

Éthers phénoliques. — Oxyde de phényle, anisol, phénétole, gaïacol.

Amines phénoliques. — Aniline. Toluidines. Phénylène-diamines. Acide sulfanilique. Amines nitrosées et nitrées. Réaction des amines.

Hydrazines et azoïques. — Phénylhydrazine et dérivés. Hydrazobenzène, azobenzène, diazobenzène et leurs dérivés.

Quinones et leurs dérivés.

Alcools. — Benzylique, cinnamique. Saligénine.

Aldéhydes et cétones. — Aldéhydes benzoïque, cinnamique et leurs dérivés nitrés. Benzophénone. Acétophénone.

Acides. — Benzoïque, cinnamique et leurs dérivés nitrés, acide et anhydride phtaliques. Chlorures de benzoyle et de phtalyle. Acides phénols. Acide salicylique, acide gallique.

Éthers sels. — Carbonate et phosphate de phényle; éthers benzoïques, cinnamiques et salicyliques.

Amines latérales et amides. — Benzylamine, tribenzylamine, benzamide, acétanilide, cinnamide.

Imines et imides. — Phtalimide.

Nitriles et carbylamines. — Cyanure de benzyle, phénylcarbylamine.  
Oximes. — Benzaldoxime, benzophénonoxime, acétophénonoxime.

## II. — *Noyaux polybenzéniques.*

Naphtaline. — Tétrachlorure de naphtaline, dérivés sulfonés et nitrés, naphtols, naphtylamines.

Anthracène. — Anthraquinone, oxyanthraquinones.

Biphényle, bibenzyle, fluorène, stilbène, benzile et leurs dérivés.

Diphénylméthane, triphénylméthane et leurs dérivés.

## III. — *Noyaux azotés.*

Azines et diazines des groupes pyridique, quinoléique, acridique et leurs dérivés.

## IV. — *Noyaux pentagonaux.*

a. Groupe du furane. — Furane, furfurol, furfuramide.

b. Groupe du thiophène. — Thiophène, extraction et synthèse. Réactions, principaux dérivés.

c. Groupe du pyrrol. — Pyrrol, pyrazols, pyrazolone.

## V. — *Noyaux complexes.*

Indol, oxindol, indigotine, isatine.

## VI. — *Série polyméthylénique.*

a. *Cyclanes.* — Hexahydrures benzéniques ou naphtènes, alcools et acides naphténiques.

b. *Cyclènes.* — Carbuures, chlorhydrate de térébenthène, terpine, camphre, acide camphorique, alcool camphorique, camphoroxime.

## VII. *Alcaloïdes.*

Étude de leur constitution. — Réactions caractéristiques.

DEUXIÈME PARTIE.

A. — Analyse immédiate.

a. Reconnaître et séparer les diverses espèces chimiques contenues dans un mélange.

b. Essai et purification des produits organiques du commerce.

B. — Manipulations de chimie appliquée.

Étude des produits de la distillation du bois : méthylène et pyroligneux.  
Créosote.

Produits de la distillation de la houille. — Étude des goudrons.

Traitement des pétroles. — Fractionnements. — Paraffine et vaseline.

Étude des corps gras. — Huiles, graisses, stéarine, oléine, savons, glycérine.

Gommes et résines. — Huiles cuites, vernis.

Caoutchouc et gutta, factices.

Tanins. — Extraits tannants. Essais de tannage.

Extraction des matières colorantes naturelles. — Traitement des plantes, graines et bois colorants.

Matières colorantes artificielles. — Fuchsine, bleu de Lyon, violet de Paris, vert malachite, fluorescéine, éosine, galléine. Corallines. Acide picrique. Jaune de Martius, jaune O. S.

Colorants azoïques : orangés, ponceaux, congo. Bleu et rouge de toluylène, indoïne, azocarmin. Rosolane. Bleu de méthylène.

Alizarine et purpurine. — Indigo.

Étude des fibres textiles. — Blanchiment. — Teinture sur laine, coton et soie. Teinture sur tanin et émétique avec les couleurs d'aniline basiques. — Impression, avec ou sans mordant. — Principaux types : jaune de chrome, indigo, rouge d'alizarine, bleu de Prusse, noir d'aniline. — Essais à la machine.

Extraction des alcaloïdes et des principes immédiats des végétaux : thé, café, poivre, quinquina, opium.

Produits pharmaceutiques : sulfonal, saccharine, salol, antipyrine, etc.  
Étude des essences naturelles et des parfums : géranol, linalol, citral, vanilline, héliotropine, coumarine, ionone, etc.

Fermentations. — Fermentations alcoolique, lactique, butyrique, etc.  
Glucosides, diastases. — Amygdaline, myrosine.

Matières albuminoïdes. — Albumine, gélatine, osséine, chondrine, gluten.

Chimie biologique. — Étude du sang, du lait, de l'urine, de la bile, etc.

**C. — Projet portant sur des questions de chimie pure ou appliquée.**

Il comprend un travail théorique ou exposé du sujet et un travail pratique : préparation d'un certain nombre d'échantillons, espèces chimiques ou produits manufacturés.

---

**IV. — PROGRAMME DES MANIPULATIONS  
D'ÉLECTROCHIMIE**

1° Étude du voltamètre à cuivre et du voltamètre à argent.

Étude du voltamètre à gaz tonnant.

Ces deux manipulations sont faites simultanément et les résultats comparés avec les valeurs indiquées par l'ampèremètre.

2° Relation entre la différence de potentiel aux bornes, l'intensité du courant, la surface des électrodes et leur distance, la nature des électrolytes et leur concentration, la température, etc.

3° Étude de l'influence de la densité de courant sur les réactions secondaires :

*a.* Application à l'acide oxalique.

*b.* Application au sulfate ferroso-ferrique.

4° Étude de la résistance de divers charbons employés comme électrodes, à l'action des électrolytes.

5° Étude de l'électrolyse des solutions salées.

*a.* Application à ces réactions de la méthode d'Ættel.

*b.* Influence de la densité de courant, de la température, de la concentration des solutions.

*c.* Préparation des chlorates.

*d.* Préparation des hypochlorites.

6° Étude de la formation de l'acide persulfurique.

Influence de la concentration de l'acide, de la température, de la densité de courant, etc.

7° Préparation du chlore et de la soude.

1° Avec un diaphragme.

2° Avec une cathode en mercure.

5° Avec une cathode-filtre.

8° Préparation de produits minéraux.

Iodate de potassium. — Bromate de potassium. — Persulfates de potassium, d'ammonium. — Chromate, bichromate, ferricyanure, permanganate de potassium.

Couleurs minérales : vert de Scheele, jaune de cadmium, céruse, vermillon, etc.

Extraction et raffinage des métaux : cuivre, zinc, plomb, étain.

Emploi des sulfures comme anodes solubles.

9° Préparation de produits organiques.

Azobenzène. — Hydrazobenzène. — Benzidine. — Paraminophénol et dérivé sulfoné. — Alcool paranitro-benzylique. — Réduction et oxydation des dérivés nitrés. — Iodoforme. — Tribromophénol. — Chlorobenzène (réaction Sandmeyer).

10° Électrolyse par fusion ignée.

Préparation de différents métaux et alliages :

Aluminium, magnésium, lithium, glucinium, plomb-sodium, sodium.

11° Four électrique.

Fusion et volatilisation des oxydes : chaux, baryte, alumine.

Préparation des carbures de calcium, lithium, etc.

Préparation des métaux : chrome, manganèse, etc.

12° Préparation et applications de l'ozone.

13° Fabrication des accumulateurs.

---

V. — PROGRAMME DES MANIPULATIONS DE MINÉRALOGIE

Ces manipulations portent d'abord sur l'application des règles de l'analyse à la minéralogie, puis sur la reconnaissance des minéraux suivants :

**Minéraux donnés aux élèves pour les manipulations.**

Agate.	Chromite.	Lépidolite.	Pyrite.
Alunite.	Chrysocalle.	Lignite.	Pyrite magnétique.
Amiante.	Cinabre.	Limonite.	Pyrolusite.
Anglésite.	Corindon.	Magnésite.	Quartz.
Anhydrite.	Covellite.	Magnétite.	Réalgar.
Antimoine.	Cryolite.	Malachite.	Rhodonite.
Apatite.	Cuivre.	Marcassite.	Sel gemme.
Aragonite.	Cuprite.	Micas.	Serpentine.
Argiles.	Diallogite.	Mispikel.	Sidérose.
Arsenic.	Dolomie.	Molybdénite.	Smaltine.
Atacamite.	Émeraude.	Mésolite.	Smithsonite.
Azurite.	Érythrine.	Nickéline.	Soufre.
Barytine.	Exitèle.	Obsidienne.	Stibine.
Bauxite.	Feldspaths.	Ocres.	Strontianite.
Bleinière.	Fer titané.	Oligiste.	Talc.
Blende.	Fluorine.	Opale.	Topaze.
Borax.	Franklinite.	Orpiment.	Tourmaline.
Calamine.	Galène.	Orthose.	Ulexite.
Calcédoine.	Garniérite.	Panabase.	Webstérite.
Calcite.	Giobertite.	Pechurane.	Withérite.
Cassitérite.	Grenat almandin.	Phillipsite.	Wolfram.
Célestine.	Gypse.	Ponce.	Zincite.
Cérusite.	Hématite.	Pricéite.	Zinconise.
Chalcopyrite.	Jaspe.	Psilomélane.	Zircon.
Chalcosine.	Kaolin.	Pyrargyrite.	

## PHYSIQUE

### I. — PROGRAMME DES MANIPULATIONS DE PHYSIQUE GÉNÉRALE

#### PREMIÈRE ANNÉE

Construction et graduation des thermomètres.

Mesure des densités des solides et des liquides par la méthode du flacon, la balance hydrostatique, les aréomètres, les densimètres et la balance de Mohr.

Construction de densimètres et de volumètres.

Mesure des épaisseurs et des rayons de courbure par le sphéromètre.

Mesure des densités de vapeur par les méthodes de Dumas, d'Hofmann et de Meyer.

Détermination des poids moléculaires par la cryoscopie.

Mesure des chaleurs latentes de fusion et des chaleurs spécifiques des corps liquides et solides.

Mesure des constantes capillaires.

Liquéfaction des gaz. — Point critique.

Emploi des hygromètres de Daniell, de Regnault, d'Alluard et de Lambrecht. Psychromètre ordinaire et à fronde. Détermination de la constante du psychromètre.

#### DEUXIÈME ANNÉE

(Physiciens seulement.)

Construction d'un thermomètre au 1/50 de degré; calibrage et graduation.

Réglage d'un cathétomètre et mesures avec cet appareil par comparaison au mètre étalon.

Étude et emploi de la machine à diviser.

Étude de la balance : réglage, sensibilité, flexion du fléau, etc.

Chaleurs spécifiques des solides (méthode de Bunsen). — Chaleurs latentes

de vaporisation (appareil de Berthelot). — Chaleurs de combustion (appareil de Malher). — Rapport des chaleurs spécifiques des gaz (méthode de Clément et Désormes).

Chaleurs de dissolution et de combinaison (calorimètre de Berthelot).

Liquéfaction des gaz (appareil de Cailletet). — Détermination des constantes critiques. — Liquéfaction de l'air (machine de Linde). — Emploi de la neige carbonique, du chlorure de méthyle et de l'oxygène liquide.

Moteur à eau. — Détermination de la puissance par les freins de Prony et de Carpentier. — Rendements, vitesse, etc.

Moteur à gaz. — Puissance au frein. — Diagrammes. — Rendements thermique et industriel.

Conduite d'une chaudière; consommation de charbon, quantité d'eau vaporisée, rendement thermique, analyse des fumées (appareil d'Orsat).

Machine à glace, à ammoniac. — Diagrammes, rendement.

Mesures des hautes températures par le couple thermo-électrique de Le Chatelier, la lunette de Nouel et Mesuré et le pyromètre optique Le Chatelier.

Mesures des basses températures par le couple thermo-électrique.

Fours électriques à arc et à incandescence.

Densités des gaz par la méthode de Begnault et par l'écoulement au travers d'orifices en mince paroi (méthode de Bunsen).

Ventilateurs : débit, rendement, usage de l'anémomètre.

Mesure des pressions jusqu'à 5.000 atmosphères par le manomètre d'Amagat. — Vérification d'un manomètre métallique.

---

## II. — PROGRAMME DES MANIPULATIONS D'OPTIQUE

### PREMIÈRE ANNÉE

**Manipulations se rapportant au cours d'optique géométrique.**

#### PHOTOMÉTRIE.

Vérification des lois fondamentales. — Étude des photomètres de Bunsen, Rumford, Wheatstone, Sabine, Villarceau, Lummer et Brodhun.

Réglage des principaux étalons lumineux : lampe Carcel, bougies étalons, lampe à l'acétate d'amyle, lampe Hefner au pentane.

Mesure photométrique des foyers lumineux usuels : lampes à huile, à pétrole, lampes à gaz, essai du gaz, brûleurs intensifs, lampes à acétylène.

Lampes à incandescence par le gaz : becs Auer et Denayrouze.

Lampes électriques. — Incandescence et arc.

Mesure de l'intensité moyenne sphérique. — Établissement du prix de revient et du rendement des sources lumineuses pratiques.

#### RÉFLEXION.

Mesure des angles des cristaux par les goniomètres de Wollaston, Mallart et Babinet.

Étude des miroirs sphériques.

Aberrations. — Étude des surfaces par le procédé Foucault.

#### RÉFRACTION.

Prisme. — Mesure des indices des solides et des liquides par le goniomètre de Babinet.

Indice des liquides chimiques par les réfractomètres. — Appareil de Bertrand à réflexion totale. — Réfractomètre d'Amagat, Ferdinand Jean, Féry, etc. — Recherche des falsifications des corps gras, etc.

Étude complète des lentilles. — Mesure des aberrations sphérique et chromatique. — Emploi des diasporamètres.

#### DISPERSION.

Étude d'un verre d'optique et détermination de ses constantes au point de vue de l'achromatisme.

Réglage et usage des spectroscopes ordinaires et à vision directe.

Analyse spectrale.

Spectrophotométrie et colorimétrie.

Appareil de d'Arsonval.

Colorimètre de Duboscq.

#### **Manipulations relatives aux instruments d'optique.**

Tour d'optique. — Taille de prismes de verre.

Étude des surfaces planes à la lunette.

Emploi du sextant.  
Étude complète d'un objectif photographique.  
Télégraphie optique. — Emploi des appareils à miroirs et à lentilles.  
Lunettes. — Mesure du grossissement à la chambre claire et par l'anneau oculaire. (Dynamètre de Ramsden.)  
Télescope. — Étude du miroir.  
Mesure du grossissement.  
Microscope. — Étude optique au moyen de diatomées. (Test-objets.)  
Grossissement à la chambre claire et par le micromètre oculaire.  
Emploi des microtomes. — Préparations diverses.  
Photographie microscopique.

#### **Manipulations de photographie.**

Procédé au collodion. — Trait et demi-teinte.  
Procédé au gélatino-bromure.  
Tirage de positifs sur les divers papiers (à l'argent, au fer, au platine, au charbon).  
Notions sur les principaux procédés photomécaniques.  
Photocollographie.  
Zincogravure.  
Similigravure.  
Héliogravure.

#### **TROISIÈME ANNÉE**

#### **Manipulations se rapportant au cours d'acoustique.**

##### **ACOUSTIQUE.**

Mesure de la vitesse du son dans des tubes de 3 centimètres de diamètre et de 295 mètres de longueur. (Expérience de Regnault.)  
Mesure du nombre de vibrations d'un corps sonore par la sirène et par l'enregistrement direct.  
Étude expérimentale des cordes vibrantes et des tuyaux sonores.  
Applications de l'enregistrement à la chronographie. (Vitesse des obturateurs photographiques, etc.)  
Expériences de Lissajous. — Étude des battements.

**Manipulations se rapportant au cours d'optique physique.**

Étude expérimentale des anneaux colorés, vérification des lois.  
Applications diverses : étude des surfaces planes, mesure des dilata-  
tions, etc.

**INTERFÉRENCES.**

Réglage des miroirs de Fresnel et vérification des formules.  
Emploi du bi-prisme, des demi-lentilles de Billet.  
Étude de l'appareil de Fizeau et détermination de l'indice des gaz.  
Réfractomètre interférentiel de Jamin. — Étude de la variation  
d'indice des solutions avec différents facteurs.

**DIFFRACTION.**

Écrans de Fresnel, étude de leurs propriétés.  
Réseaux. — Obtention du spectre normal, vérification des lois, mesure  
des longueurs d'onde.  
Expériences sur la diffraction dans les instruments d'optique.

**DOUBLE RÉFRACTION.**

Mesure des indices ordinaire et extraordinaire dans les principaux  
cristaux.  
Dispersion cristalline. — Microscope polarisant.

**POLARISATION.**

Vérification des lois de Malus et de Brewster sur le cercle de Jamin.  
Usage de la pince à tourmaline et du microscope polarisant pour la  
reconnaissance des cristaux.  
Étude des roches minces au microscope en lumière polarisée. —  
Péetrographie.  
Polarisation rotatoire. — Vérification des lois.  
Application à l'étude des liquides actifs et en particulier des sucres.  
Usage du polarimètre à pénombres et du saccharimètre Soleil.

Polarisation rotatoire magnétique.

Vérification des lois. — Détermination de la constante de Verdet pour quelques corps.

Expériences diverses sur les radiations : Expériences de Hertz. — Rayons X, etc.

---

### III. — PROGRAMME DES MANIPULATIONS D'ÉLECTRICITÉ

#### DEUXIÈME ANNÉE

(Physiciens et Chimistes.)

MANIPULATIONS DE MÉCANIQUE APPLICABLES AUX MÉTHODES DE MESURE ÉLECTRIQUE.

Mesure des surfaces par le planimètre. — Suspension unifilaire. Détermination du coefficient de Coulomb. — Suspension bifilaire. — Étude des oscillations. Amortissement. Décroissement.

#### MAGNÉTISME, ÉLECTROMAGNÉTISME.

Fantômes magnétiques. — Exploration d'un champ galvanique, application de la règle d'Ampère et de la règle de Maxwell.

#### MESURE DES RÉSISTANCES ET DES RÉSISTIVITÉS.

a. *Résistances ordinaires.* — Pont de Wheatstone à fil. — Pont de Wheatstone à bobines. — Méthode du galvanomètre différentiel. — Détermination du coefficient de variation avec la température.

b. *Faibles résistances.* — Pont double de Lord Kelvin. — Méthode de comparaison. — Méthode par le voltmètre et l'ampèremètre.

c. *Grandes résistances, isolements.* — Méthode de la déviation. — Méthode de la perte de charge. — Méthode par accumulation. — Ohmmètres.

d. *Résistances liquides ou électrolytes.* — Méthode du pont de Kohlrausch. — Méthode de Lippmann.

e. *Piles, Accumulateurs.* — Méthode de Mance. — Méthode balistique. — Méthode de Munro. — Méthode par le voltmètre.

f. *Galvanomètres.* — Méthode de l'égale déviation. — Méthode de Lord Kelvin.

#### MESURE DES INTENSITÉS DE COURANT.

a. *Méthodes électrochimiques.* — Voltamètre à gaz. — Voltamètre à dépôts métalliques. Étalonnage d'un galvanomètre ou d'un ampèremètre industriel.

b. *Méthodes électromagnétiques.* — Galvanomètres. Shunts. Étude et étalonnage d'appareils industriels.

c. *Méthodes électrodynamiques.* — Balance de Pellat. — Étude et étalonnage d'électrodynamomètres industriels. Courant continu et courant alternatif.

d. *Méthodes thermiques.* — Étude et étalonnage d'ampèremètres industriels, courant continu, courant alternatif.

#### MESURE DES QUANTITÉS D'ÉLECTRICITÉ.

Méthode graphique. — Méthode voltamétrique. — Méthodes balistiques. — Étude et étalonnage de compteurs de quantité.

#### MESURE DES FORCES ÉLECTROMOTRICES ET DES DIFFÉRENCES DE POTENTIEL.

*Méthodes électrostatiques.* — Électromètre Thomson. — Électromètre à mercure Lippmann. — Électromètres industriels de Lord Kelvin.

*Méthodes électromagnétiques.* — Méthode de Lacoine. — Méthode de Poggendorff. — Méthode de la grande résistance. — Méthode du potentiomètre de Clark. — Méthode balistique. — Étude et étalonnage de voltmètres industriels à courant continu et courants alternatifs.

#### FORCES ÉLECTROMOTRICES DE POLARISATION.

Méthode de Wheatstone. — Méthode du potentiomètre. — Méthode de Chaperon.

#### MESURE DES CAPACITÉS.

Méthode balistique directe. — Méthode par comparaison d'une capacité

et d'une résistance. — Méthode par comparaison d'une capacité et d'un coefficient d'induction.

MESURE DES PUISSANCES. — (*Courant continu, courant alternatif.*)

Mesure indirecte. — Wattmètres. (Étude et étalonnage).

MESURE DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE. — (*Courant continu, courant alternatif.*)

Méthode graphique. — Étude et étalonnage de compteurs.

#### MESURES MAGNÉTIQUES.

Mesure de l'intensité du champ terrestre et du moment magnétique d'un barreau (méthode de Gauss). — Mesure de la perméabilité et détermination de la courbe d'hystérésis (méthode du magnétomètre d'Ewing, — méthode balistique). — Perte par hystérésis (méthode graphique). Vérification de la formule de Steinmetz.

#### THERMO-ÉLECTRICITÉ.

Phénomène de l'inversion. Force électromotrice d'un couple. — Étude du fonctionnement d'une pile thermo-électrique sur résistance extérieure variable. — Étude des couples fer-constantan, platine-platine iridié (Le Chatelier).

#### PILES HYDRO-ÉLECTRIQUES. — ACCUMULATEURS.

Montage et couplage des piles. — Détermination des constantes des piles. — Étude des conditions de fonctionnement d'une pile sur circuit de résistance variable. Différence de potentiel, intensité, puissance, rendement. — Charge et décharge d'un accumulateur. — Capacité, énergie, rendement en quantité, rendement en énergie.

### TROISIÈME ANNÉE

(Physiciens.)

#### ÉTALONS DE MESURE.

Application de la règle pour la définition pratique de l'ampère, (décret du 25 avril 1896). — Comparaison avec les indications de l'ampère-étalon

de Pellat. — Construction d'un étalon Latimer Clark, (note du décret du 25 avril 1896) et d'étalons Gouy, Daniell, etc.

APPAREILS INDUSTRIELS DE MESURE (*à courant continu et courant alternatif*).

(Les physiciens étalonnent tous les appareils de mesure qui doivent leur servir pendant le courant du semestre.)

Voltmètres enregistreurs et non. — Ampèremètres. — Electrodynamomètres. — Wattmètres. — Compteurs de quantité. — Compteurs d'énergie.

## MÉTHODES DE MESURE

### I. — MAGNÉTISME, ÉLECTROMAGNÉTISME.

*Mesure de l'intensité d'un champ magnétique* (méthode balistique).

*Mesure de la perméabilité magnétique.* Tracé des courbes d'hystérésis.

Magnétomètre d'Ewing. — Méthode balistique. — Méthode de la force portante.

*Mesure de la perte par hystérésis.*

Méthode graphique d'après les courbes tracées précédemment. — Méthode du wattmètre. — Appareil de Blondel.

### II. — MESURE DE LA PUISSANCE.

*Courants alternatifs simples.* — Méthode des voltmètres. — Méthode des ampèremètres.

*Courants diphasés.*

*Courants triphasés.*

### III. — MESURE DES COEFFICIENTS D'INDUCTION.

*Self-induction* (Lord Rayleigh). — (Secohmmètre). — (Joubert).

*Induction mutuelle.* — Méthode balistique.

### IV. — MESURES SPÉCIALES AUX COURANTS ALTERNATIFS.

Fréquence. — Décalage entre deux courants. — Forme du courant.

## MESURES INDUSTRIELLES

### CANALISATIONS, CONDUCTEURS.

Conducteurs, résistance, résistivité. Essais mécaniques (charge de rupture, allongement, pliage). — Résistances d'isolement. Câbles, joints de câble. — Isolateurs, canalisations, installations d'éclairage, emploi de l'ohmmètre. Recherche d'un défaut. — Essais de coupe-circuits.

### PILES. — ACCUMULATEURS.

Construction de piles-étalons (voir plus haut).

Décharge d'une pile, consommation, rendement.

Accumulateurs : Charge, décharge, capacité, rendement en quantité et rendement en énergie.

### GÉNÉRATEURS A COURANT CONTINU (*Machines : shunt, série, excitation séparée*).

Mesure des isolements. — Mesure des résistances à froid et à chaud. — Mesure de l'échauffement. — Mesure du rendement industriel, séparation des pertes. — Détermination de la caractéristique. Évaluation des réactions d'induit. — Répartition des potentiels au collecteur. — Détermination pratique du compoundage. — Détermination du coefficient d'Hopkinson pour les dérivations magnétiques.

### GÉNÉRATEURS A COURANT ALTERNATIF.

Mesure des résistances et des isolements. — Détermination de la courbe de courant (méthode de Joubert). — Caractéristique à vide. — Caractéristique en court-circuit. — Caractéristique en charge. — Mesure du rendement industriel.

### TRANSFORMATEURS.

Mesure des résistances et isolements. — Mesure du rendement industriel, méthode directe et méthode de la perte à vide. — Étude des variations des éléments de fonctionnement en fonction de la charge. Détermi-

nation de la forme du courant au primaire et au secondaire pour diverses charges.

#### MOTEURS.

Étude des conditions de fonctionnement des moteurs à courant continu. Excitation série, excitation séparée ou shunt. Montage, démarrage. Couples au démarrage. Essais au frein. — Étude des conditions de fonctionnement des moteurs à courants alternatifs, moteurs synchrones, moteurs à champ tournant.

#### ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE (*Courant continu, courants alternatifs*).

*Lampes à arc.* — Essai de conductibilité de crayons de charbon. — Étude du fonctionnement d'une lampe à arc; enregistrement de courant.

*Lampes à incandescence.* — Étude photométrique d'une lampe à incandescence en variant la différence de potentiel aux bornes; puissance absorbée, intensité lumineuse, résistance, consommation spécifique.

---

### LABORATOIRE DE QUATRIÈME ANNÉE

#### (Études et recherches.)

Les élèves de l'école ont, après leurs trois années d'études, acquis un ensemble de connaissances générales qui les met en situation d'entrer dans l'industrie, honorablement pour eux, utilement pour elle; mais on a reconnu bientôt que la multiplicité des cours et des travaux pratiques qu'ils ont eu à suivre pendant cette période les met dans l'impossibilité d'étudier les questions difficiles d'une façon suffisante; leur esprit a reçu une culture variée, rien n'y a mûri encore. S'il leur était possible de se perfectionner dans telle ou telle branche déterminée des applications innombrables de la chimie, ne seraient-ils pas plus appréciés encore par les industriels? En se spécialisant dans les études pour lesquelles ils ont des aptitudes et un goût déterminés, n'acquerraient-ils pas une autorité plus grande, une valeur plus immédiate? Ces observations, exposées à plusieurs reprises devant le Conseil d'administration et de perfectionnement

par M. Lauth, ont été développées dans un rapport présenté en 1895 par M. Schützenberger au nom d'une sous-commission composée de MM. Levraud, Gariel, Lauth et Schützenberger ; elles ont été prises en considération et transmises avec un avis favorable au Conseil municipal qui décida la création d'un laboratoire de quatrième année et l'organisation complète de ce nouveau service.

Le rez-de-chaussée de l'ancienne chapelle du Collège Rollin a été affecté à ce laboratoire qui a été construit et aménagé pour une vingtaine d'élèves ; ils y trouvent toutes les ressources nécessaires pour se livrer aux recherches les plus variées. Un certain nombre de jeunes gens y a passé actuellement et y a produit des travaux intéressants ; mais ce nombre est moins important qu'on n'eût pu l'espérer. La cause de cet insuccès relatif doit être attribué à ce que nos élèves trouvent des positions, même avec leur bagage encore insuffisant ; les uns, ne voulant pas imposer à leurs familles de nouveaux sacrifices, les autres, pressés de jouir de leur indépendance et d'entrer dans la vie, se contentent des situations qui leur sont offertes, si modestes qu'elles soient. C'est un résultat que nous regrettons à tous les points de vue : les élèves en étendant leurs connaissances augmenteraient leurs chances de trouver des postes mieux rétribués ; l'école verrait grandir sa réputation avec la valeur des savants qu'elle aurait formés ; l'industrie, enfin, dont les succès sont l'objet de nos incessantes préoccupations, aurait tout avantage à trouver à l'école des collaborateurs plus expérimentés.

Ces diverses raisons nous ont fait rechercher le moyen d'augmenter le nombre de nos élèves de quatrième année : nous avons proposé à la Commission de surveillance de créer des bourses pour les jeunes gens méritants, dont les ressources seraient insuffisantes pour leur permettre de rester une année de plus à l'école. Le Conseil municipal, sur l'avis conforme de la Commission, et fidèle à ses idées démocratiques, vient d'accepter ces propositions. Le laboratoire de quatrième année, dit sa délibération, a pour but de permettre aux élèves sortant de l'école, avec le diplôme ou le certificat, de se perfectionner au point de vue pratique et d'étudier d'une manière plus approfondie les questions intéressant les industries auxquelles ils se destinent. L'admission des anciens élèves de l'école est gratuite. Des indemnités mensuelles peuvent être attribuées à ceux dont la situation de fortune est insuffisante, et qui seraient jugés dignes de cette faveur par la direction de l'école. Le laboratoire de quatrième année est ouvert également aux jeunes chimistes de nationalité française, étrangers à l'école, moyennant une rétribution fixe. Le but de

l'école étant exclusivement de permettre aux élèves de développer leur instruction, il leur est interdit de faire des analyses rétribuées pour le commerce ou des expériences payées pour le compte d'industriels.

Tel est, à grands traits, l'enseignement théorique et pratique donné à l'école. Il est complété *hors de l'école* par des visites d'usines. La description des fabrications, les manipulations, la conduite des appareils dans les laboratoires ne donnent qu'une idée insuffisante de la marche de ces mêmes appareils ou du fonctionnement des procédés industriels dans une grande usine. Il est bon que des jeunes gens, avant de se lancer dans la vie des ateliers et des manufactures, aient eu l'occasion de pénétrer dans les fabriques dont ils aspirent à devenir les collaborateurs ou les directeurs et qu'ils aient vu, appliquées en grand, les notions qu'on leur a données dans les cours et les laboratoires. Nous avons donc demandé à nos principaux manufacturiers de France l'autorisation de visiter leurs usines et de les faire connaître à nos élèves; avec une largeur d'idées à laquelle nous sommes heureux de rendre hommage et une complaisance dont nous ne saurions assez les remercier, ils ont tous ouvert leurs portes, nous faisant eux-mêmes les honneurs de leurs établissements. Pendant le sixième semestre d'études, les après-midi de tous les jeudis sont consacrés aux visites des principales usines des environs de Paris; puis, au milieu de l'été, dix jours sont employés à des voyages d'études; successivement les centres manufacturiers les plus importants de France ont été ainsi parcourus par nos élèves dirigés par leurs professeurs auxquels se joignent fréquemment les directeurs de l'école : fabriques de produits chimiques, salines, verreries, porcelaineries et faïenceries, ateliers de teinture, de blanchiment ou d'impression, stations d'électricité ou de tramways électriques, ateliers de construction ont été ainsi visités par les élèves de l'école; à leur rentrée ils rédigent des rapports circonstanciés, avec croquis et plans, qui sont soumis au directeur des études, contrôlés et jugés par lui.

Un dernier complément a été ajouté aux exercices pratiques de nos élèves; nous avons obtenu de quelques industriels et des ingénieurs de la Ville de Paris, la faveur de leur faire faire un stage dans leurs usines où ils suivent la marche des appareils de chauffage et d'éclairage, et s'habituent ainsi par une pratique de quelques semaines à la conduite des chaudières, des machines à vapeur et des générateurs d'électricité.

Nous résumons dans le tableau suivant la répartition des heures de travail telle qu'elle a été adoptée pour l'année scolaire 1899-1900. Nous avons dit ailleurs que l'organisation des travaux pratiques avait été modifiée; il nous a paru utile, en effet, au lieu de faire dans une même semaine passer les élèves dans les laboratoires d'analyse, de physique, de chimie générale, etc., de grouper les diverses manipulations par séries, de façon, par exemple, à ce que pendant une période déterminée (15 jours à un mois) les élèves fussent occupés exclusivement dans les laboratoires d'analyse, puis, pendant une autre période, dans les laboratoires de physique, et ainsi de suite. L'expérience, tentée cette année, a été favorable; dans les laboratoires d'analyse, notamment, les résultats ont été très satisfaisants; de plus, comme il y avait lieu de le prévoir, on a évité ainsi de grandes pertes de temps.

Les périodes, variant selon la nature des manipulations, entraînent l'obligation de modifier fréquemment la répartition du temps; le tableau que nous donnons ne peut donc indiquer que les heures des cours, qui, eux, ne varient pas; le temps non porté sur ce tableau pour les cours doit être considéré comme consacré aux travaux pratiques.

## EMPLOI DU TEMPS

### SEMESTRE D'HIVER

#### COURS

#### PREMIÈRE ANNÉE

**Matin : de 8 h. 1/2 à 10 heures.**

**Lundi.** — Mathématiques.  
**Mardi.**  
**Mercredi.** — Mathématiques.  
**Jeudi.** — Physique générale.  
**Vendredi.** — Mathématiques.  
**Samedi.** — Physique générale.

**Soir : de 4 h. 1/2 à 6 heures.**

**Lundi.** — Chimie analytique.  
**Mardi.**  
**Mercredi.** — Chimie analytique.  
**Jeudi.** — Chimie générale.  
**Vendredi.** — Chimie générale.  
**Samedi.** — Conférence ou travaux pratiques.

#### DEUXIÈME ANNÉE

**Lundi.** — Physique générale.  
**Mardi.**  
**Mercredi.** — Mathématiques.  
**Jeudi.** — Physique générale.  
**Vendredi.** — Chimie analytique.  
**Samedi.** — Mathématiques.

**Lundi.**  
**Mardi.** — Chimie organique.  
**Mercredi.** — Conférence de technologie.  
**Jeudi.**  
**Vendredi.** — Conférence de technologie.  
**Samedi.** — Conférence ou travaux pratiques.

#### TROISIÈME ANNÉE

**Lundi.** — Electrochimie.  
**Mardi.** — Chimie organique.  
**Mercredi.** — Physique (acoustique et optique physique).  
**Jeudi.**  
**Vendredi.** — Physique (acoustique et optique physique).  
**Samedi.** — Chimie organique.

**Lundi.** — Physique (électricité).  
**Mardi.** — Physique (électricité).  
**Mercredi.** — Conférence de technologie.  
**Jeudi.**  
**Vendredi.** — Conférence de technologie.  
**Samedi.** — Conférence ou travaux pratiques.

## SEMESTRE D'ÉTÉ

### PREMIÈRE ANNÉE

**Matin : de 8 h. 1/2 à 10 heures.**

**Lundi.** — Mathématiques.  
**Mardi.**  
**Mercredi.** — Physique (optique).  
**Jeudi.** — Mathématiques.  
**Vendredi.** — Physique (optique).  
**Samedi.** — Physique générale.

**Soir : de 4 h. 1/2 à 6 heures.**

**Lundi.**  
**Mardi.**  
**Mercredi.**  
**Jeudi.** — Chimie générale.  
**Vendredi.** — Chimie générale.  
**Samedi.** — Conférence ou travaux pratiques.

### DEUXIÈME ANNÉE

**Lundi.** — Physique générale (physiciens seulement).  
**Mardi.** — Physique générale.  
**Mercredi.** — Chimie organique.  
**Jeudi.** — Physique (applications de la chaleur).  
**Vendredi.** — Chimie analytique.  
**Samedi.** — Mathématiques (physiciens seulement).

**Lundi.** — Physique (application de la chaleur),  
**Mardi.** — Chimie organique.  
**Mercredi.** — Conférence de technologie.  
**Jeudi.**  
**Vendredi.** — Conférence de technologie.  
**Samedi.** — Conférence ou travaux pratiques.

### TROISIÈME ANNÉE

**Lundi.** — Compléments de physique générale (physiciens seulement).  
**Mardi.** — Physique (électricité).  
**Mercredi.** — Physique (électricité).  
**Jeudi.**  
**Vendredi.**  
**Samedi.** — Chimie organique.

**Lundi.**  
**Mardi.**  
**Mercredi.** — Conférence de technologie.  
**Jeudi.** — Visites d'usines.  
**Vendredi.** — Conférence de technologie.  
**Samedi.** — Conférence ou travaux pratiques.

L'exposé que nous venons de présenter doit permettre de saisir les méthodes d'enseignement qui sont suivies à l'École de physique et de chimie : le développement des manipulations et des travaux pratiques de tous genres, les conférences de technologie, les visites des principales manufactures de France donnent à nos élèves des notions précises des choses de l'industrie; d'autre part, l'enseignement théorique est présenté de telle façon qu'aucune question importante, tant au point de vue de la science pure qu'à celui des applications, ne nous semble y être négligée ou laissée dans l'ombre. Cette alliance intime des études théoriques et des travaux pratiques, la diversité des manipulations effectuées à partir du sixième semestre par les physiciens et par les chimistes, la richesse du matériel scientifique mis à leur disposition, l'habileté que possèdent nos élèves dans le maniement de tous les appareils dont on se sert dans les ateliers et dans la science, donnent à l'école ce caractère de nouveauté et d'originalité qui a été signalé à maintes reprises et qui la différencie des autres établissements d'enseignement scientifique ou technique.

Son programme assurément est perfectible; bien des modifications y ont déjà été introduites depuis la fondation de l'école. Le rôle de la direction consiste à profiter de l'expérience acquise et à marcher, sans hésitation comme sans arrêt, dans la voie du progrès. Elle s'applique à ne pas manquer à ce devoir.

## PERSONNEL

---

Le personnel de l'école est composé comme il suit :

### *Directeur :*

M. CHARLES LAUTH, chimiste manufacturier, administrateur honoraire de la Manufacture nationale de Sèvres, ancien membre du Conseil municipal de Paris et du Conseil général de la Seine.

### *Directeur des études :*

M. C.-M. GARIEL, ingénieur en chef des ponts et chaussées, membre de l'Académie de médecine, professeur à l'École de médecine, professeur à l'École des ponts et chaussées.

### *Professeurs de mathématiques :*

M. LÉVY (ALBERT), ancien élève de l'École polytechnique, directeur du service chimique à l'Observatoire de Montsouris.

M. ROZÉ, conservateur des collections et répétiteur d'astronomie à l'École polytechnique.

### *Professeurs de physique :*

M. BAILLE, docteur ès sciences, ancien élève et répétiteur à l'École polytechnique.

M. HOSPITALIER, ingénieur des arts et manufactures, ingénieur conseil.

M. DOMMER, agrégé de l'Université, ingénieur des arts et manufactures.

M. CURIE, docteur ès sciences.

### *Professeurs de chimie :*

M. ETARD, docteur ès sciences, examinateur de sortie à l'École polytechnique.

M. HANRIOT, docteur ès sciences, docteur en médecine, agrégé de la Faculté de médecine, membre de l'Académie de médecine.

M. ANDRÉ BIDET, professeur à l'Institut agronomique.

*Chefs et sous-chefs de travaux de chimie :*

MM. BÉMONT, bachelier ès sciences et ès lettres.

FINK, brevet supérieur, bachelier ès sciences, pharmacien de 1<sup>re</sup> classe.

TASSILLY, docteur ès sciences, pharmacien de 1<sup>re</sup> classe.

BROCHET, docteur ès sciences.

COPAUX, bachelier ès lettres et de l'enseignement spécial, licencié ès sciences physiques.

KLING, licencié ès sciences physiques.

MALHERBE.

DUPONT.

BRACONNIER.

SEGAY, licencié ès sciences physiques.

*Chefs de travaux de physique :*

MM. FÉRY, licencié ès sciences physiques.

GASNIER.

BARY.

*Répétiteurs de mathématiques :*

MM. POMEY, licencié ès sciences physiques et ès sciences mathématiques, ancien élève de l'École polytechnique.

PANSIOT, licencié ès sciences mathématiques, ingénieur des arts et manufactures.

*Chargé de l'enseignement du dessin industriel :*

M. PANSIOT.

*Administration :*

MM. CŒURET, économiste-surveillant général.

BOUGEOT, commis d'économat.

GOIMIER, commis d'économat, chargé de la surveillance.

*Chefs des ateliers pour le travail des métaux, du bois et du verre :*

MM. CEYTRE.

BERLEMONT.

LISTE DES CONFÉRENCIERS :

MM. BROCHET, docteur ès sciences, chimiste conseil.

COMBES, ingénieur civil des mines, ingénieur conseil, ancien élève de l'École polytechnique.

EHRMANN, ingénieur chimiste, sous-directeur à l'usine des matières colorantes de Saint-Denis.

GARIEL, directeur des études à l'École.

GRANGER, docteur ès sciences physiques, professeur de chimie et de technologie céramique à l'École d'application de la Manufacture de Sèvres.

JECKER, ancien élève du Muséum d'histoire naturelle.

LEGENDRE, professeur à l'École supérieure de commerce.

LE HÉNAFF, avocat à la Cour d'appel, professeur à l'École supérieure de commerce de Paris.

LINDET, docteur ès sciences, professeur à l'Institut agronomique.

POMEY, licencié ès sciences mathématiques.

POTTEVIN, docteur ès sciences, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur.

PRUDHOMME, chimiste manufacturier, ancien élève de l'École polytechnique.

SOREL, ex-ingénieur des manufactures de l'État, ancien ingénieur des sociétés de MM. Malétra et Cie et de Saint-Gobain.

TASSILLY, docteur ès sciences, chimiste conseil.

TRILLAT, ingénieur conseil, expert chimiste au tribunal civil de la Seine.

LISTE DES INTERROGATEURS :

MM. LANGEVIN, ancien élève de l'École normale supérieure, licencié ès sciences mathématiques, agrégé des sciences physiques, boursier de doctorat à la Sorbonne.

CHÉNEVEAU, licencié ès sciences physiques.

SAVREUX, ingénieur conseil.

BLANC, docteur ès sciences.

HÉBERT, préparateur de chimie à la Faculté de médecine.

Les interrogateurs sont tous anciens élèves de l'École de physique et chimie industrielles.

## RÉSULTATS OBTENUS

---

Comme nous l'avons indiqué au commencement de ce rapport, les résultats obtenus par l'École sont tout à fait satisfaisants : non seulement nos élèves, physiciens et chimistes, sont arrivés à des situations honorables, mais fréquemment nous sommes, faute de candidats, dans l'impossibilité de répondre aux demandes qui nous sont adressées ; grâce à la bonne réputation de l'École et aux tendances progressistes des industriels, il est probable que le nombre des places offertes dépassera, pendant longtemps encore, celui des jeunes savants que nous aurons formés.

Le rôle de la direction s'arrête théoriquement au moment où nos élèves ont quitté notre établissement, mais il est presque inutile de dire que nous sommes loin de nous désintéresser d'eux et que nous utilisons nos bonnes relations avec les industriels pour chercher à leur procurer des positions avantageuses. Nous sommes aidés dans cette action par la Société fondée en 1885 sous le titre d' « Association amicale des anciens élèves de l'École de physique et de chimie industrielles » ; comme l'indiquent ses statuts, elle a pour but :

D'entretenir entre tous ses membres des relations amicales ;

De relier entre elles les diverses promotions ;

De faciliter aux associés la recherche de positions ;

De venir en aide aux associés dans le besoin ou à leur famille (épouse ou enfants).

Nous ne saurions assez remercier l'Association pour l'activité dont elle fait preuve dans l'accomplissement de la mission qu'elle s'est donnée et qui facilite singulièrement le placement de nos jeunes gens.

Nous donnons plus loin la liste de nos anciens élèves et des positions qu'ils occupent ; elle n'est pas absolument complète, quelques-uns d'entre eux ne nous ayant pas fourni les renseignements nécessaires ; quoi qu'il en soit, les tableaux suivants sont suffisants pour montrer le rôle joué par l'École et les résultats importants qu'elle a obtenus.

401 élèves sont sortis de l'École depuis sa fondation (octobre 1882) jusqu'au mois de juillet 1899 ; le nombre d'entrées correspondant à ces promotions successives a été de 491 qu'il faut diminuer de 90 (29 démissions, 61 éliminations pour cause d'insuffisance à la suite des examens semestriels) ; ce chiffre de 401 est lui-même réduit à 376 par suite de décès.

LISTE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE  
GROUPÉS PAR PROFESSIONS

<i>Accumulateurs.</i> — MM. Barry. — Butaud. — Delasalle. — Girault. — Gomonet. — Janillon. — Jumau. — Liagre. — Nissou. — Varangot, G.	} 10
<i>Applications diverses de l'électricité.</i> — MM. Bauduin. — Beloué. — Blanchet. — Bouyssou. — Brion. — Bunet. — Cathelin. — Chappaz. — Colardeau. — Cordier. — David, P. — Delarivière. — Dubois. — Duval, A. — Duval, L. — Dupuy, P. — Fageol. — Granier. — Gratzmuller. — Guidé. — Hannoteau. — Hoffman. — Isambert. — Jérôme. — Jouvenel. — Lalande. — Lecat. — Lemaitre. — Leriche. — Lévy. — Marty. — Meynier. — Mongalvy. — Paradis. — Reynaud. — Roux, G. — Schmeltz. — Soulier. — Speizer. — Trassard. — Urbain. — Vallet, C. — Varret. — Voillemin.	} 44
<i>Chemins de fer.</i> — MM. Fontaine. — Guillaumet. — Jacquin, C. — Maignien. — Perpérot. — Planzol.	} 6
<i>Colles et gélatine.</i> — MM. Cavalier. — de Beaumont. — Decoudun. . . . .	5
<i>Corps gras et raffineries d'huiles.</i> — MM. Breton. — Chercheffsky. — Demoussy, G. — Desvignes. — Dufresne. — Echalard. — Guiselin. — Philbert. — Pierron. — Quentin.	} 10
<i>Droguerie et pharmacie.</i> — MM. Brison. — Digout. — Fourniguet. — Glaive. — Wurtz.	} 5
<i>Éclairage.</i> — MM. Archambault. — Budischowski. — Daguerre. — Gervaise. — Gillet. — Laforest. — Laurent. — Lavollay. — Méker, G. — Monden. — Poczobut. — Robillard. — Verdier, J. — Viel.	} 14
<i>Explosifs.</i> — MM. Blanc, E. — Collot. . . . .	2
<i>Industries diverses.</i> — MM. Baille. — Criquebeuf. — Dumesny. — Dyé. — Estemps. — Fourniguet. — Guindon. — Héringier. — Janson. — Jaquand. — Le Boulenger. — Lemaire. — Lorentz. — Merle, M. — Pellé. — Prépognot. — Quost. — Texier. — Van Eyk. — Wéniger.	} 20
<i>Industriels chefs d'industries.</i> — MM. Arnoult. — Boucherot. — Dagand. — Fribourg, L. — George. — Haudricourt. — Hugueny. — Lachaud. — Lafon. — Leroy. — Mittau. — Périn, A. — Pillet. — Proust. — Rousselot. — Schützenberger. — Streiff. — Tilly. — Zunz.	} 19
<i>Laboratoires des services municipaux.</i> — MM. Arsандаux. — Bohain. — Cambier. — Henriot dit Ficke. — Hommen, L. — Lafaye — Laffargue. — Molinié. — Thuriau.	} 9

<i>Laboratoires scientifiques et industriels.</i> — MM. Alba. — Boisot. — Bonjean. — Dauvergne. — Dehay. — Dupont, C. — Graveline. — Halphen. — Lavezard. — Laze. — Lecourt. — Marcille. — Robine. — Thomas, — L. Vallée.	} 15
<i>Laboratoires du Ministère des finances.</i> — MM. Bailly. — Barbare. — Bernard. — Beucké. — Bonn, A. — Botson. — Champonnois. — Chéneau. — Cusson. — David, E. — Deharbe. — Delehaye. — Herselin. — Hutin. — Jacomet. — Lescaffette. — Loncle. — Madoulé. — Martel. — Morand. — Méker, P. Perrin, G. — Pradier. — Sarrazin. — Touplain. — Verdier, P. — Vila. — Villadier.	} 28
<i>Matières colorantes et produits chimiques.</i> — MM. Bienaimé. — Blaise. — Bochand. — Boulet. — Chédeville. — Choffel. — Coffignier. — Cornillon. — Desalme. — Fribourg, Ch. — Grassoreille. — Héring. — Huber, O. — Lanier. — Lantz. — Léonard. — Lorient. — Moche. — Muttelet. — Ostrowski. — Perdrizet. — Platt. — Polard. — Roupert. — Schœlkopf. — Vaché. — Vallet, Ph. — Vaton. — Voignier. — Zuber.	} 50
<i>Métallurgie et mines.</i> — MM. Basserre. — Bastien. — Beauvais. — Bernadac. — Bouchez. — Boutmy. — Buart. — Cinille. — Couttet. — Fleurimon. — Gassies. — Gaucherel. — Hollard. — Jordan. — Masfrand. — Mathieu. — Montreuil. — Nalet. — Quatravaux. — Raulin. — Rousseau. — Raymond. — Varangot, M. — Wolf.	} 24
<i>Parfumerie.</i> — MM. Denis. — Dupont, J. — Labrosse. — Robert. — Satie. — Theulier.	} 6
<i>Produits chimiques de la grande industrie.</i> — MM. Bartel. — Bass. — Cantournet. — Choquet. — Collas. — Costes. — Creux. — Defourneaux. — Dorange. — Dumesnil. — Dupuy, Ch. — Flachat. — Gœpfert dit Bourgeois. — Grésy. — Henry. — Hérault. — Hyronimus. — Jégu. — Joseph. — Lefebvre. — Rollin. — Salle. — Séquard. — Strauss. — Szterkhers.	} 25
<i>Professeurs, chefs de laboratoires ou préparateurs.</i> — MM. Ansmann. — Bary, P. — Baud. — Berné. — Berthaud. — Blanc, G. — Bidet, F. — Boudouard. — Braconnier. — Brochet. — Cartaud. — Chéneveau. — Copaux. — Crochetelle. — Debierne. — Defacqz. — Delage. — Demoussy, E. — Dupont, L. — Féry. — Figueras. — Fleurent. — Forest. — Gasnier. — Grassot. — Hébert. — Hinard. — Hommen, H. — Langevin. — Langlet. — Lebeau. — Lepierre. — Malherbe. — Marie, C. — Marquis. — Masson. — Moignot. — Moniotte. — Nicloux. — Philippe. — Segay. — Tassilly. — Tripier. — Ville.	} 44
<i>Sucrierie et raffinerie.</i> — MM. Auguet. — Barbé. — Brugnion. — Chambry. — Froëlich. — Gadefait. — Huvé. — Leroide. — Maurel. — Quillard. — Raymond. — Saillard, — Taverna. — Truchot.	} 14
<i>Téléphonie.</i> — MM. Lefèvre. — Loisel. — Savreux. — Tarrade. . . . .	4
<i>Tramways électriques.</i> — MM. Claude. — Guittard. — Hubert, L. — Macaire. — Renaud.	} 5
<i>Services militaires.</i> — 26, dont 11 dans différents laboratoires dépendant de l'armée.	} 26
<i>Sans indication.</i> — 15. . . . .	15