Königlich-Großherzogliches Athenäum zu Luxemburg.

Programm,

herausgegeben am

Schlusse des Schuljahrs 1869-1870.

ATHÉNÉE ROYAL GRAND-DUCAL DE LUXEMBOURG.

PROGRAMME,

PUBLIÉ A LA CLÔTURE

DE L'ANNÉE SCOLAIRE 1869-1870.

Luxembourg.
Imprimerie de Pierre BRUCK.
1870.

Königlich-Großherzogliches Athenäum zu Luxemburg.

Programm,

herausgegeben am

Schlusse des Schuljahrs 1869-1870.

ATHÉNÉE ROYAL GRAND-DUCAL DE LUXEMBOURG.

PROGRAMME,

PUBLIÉ A LA CLÔTURE

DE L'ANNÉE SCOLAIRE 1869-1870.

LUXEMBOURG.
Imprimerie de Pierre BRUCK.
1870.

MÉMOIRE

sur

LA THÉORIE MATHÉMATIQUE

de la

CHALEUR ET DE LA LUMIÈRE.

par

DE COLNET-D'HUART,

Directeur de l'Athénée, Membre de plusieurs Académies et Sociétés savantes.

INTRODUCTION.

1.

La physique mathématique est une science de création moderne, elle date du commencement de ce siècle.

Augustin Fresnel et Fourier ont inauguré l'application de l'analyse et des principes de la mécanique rationelle aux phénomènes de la lumière et de la chaleur; Fresnel en s'appuyant sur un principe d'une simplicité et d'une fécondité admirables, principe qui a donné naissance à la théorie mathématique de l'élasticité, théorie que nous devons à Poisson, à Navier, à Cauchy et à Lamé. De son côté Fourier créa cette analyse élégante à l'aide de laquelle il détermina le mouvement de la chaleur dans les corps de figure régulière. L'analyse de Fourier doit son extension à Poisson, à Cauchy, à Duhamel et surtout à Lamé qui a étendu la théorie mathématique de la chaleur aux formes cristallines.

2.

Cependant les méthodes suivies par Fresnel et par Fourier sont différentes: Fresnel considère la lumière comme un mouvement vibratoire transversal; Fourier considère la chaleur comme un fluide qui se trouve en plus ou moins d'abondance dans les milieux pondérables.

Depuis que ces deux grands géomètres ont publié leurs immortels travaux, et surtout depuis que les physiciens modernes ont prouvé que la chaleur aussi bien que la lumière consistent dans des mouvements des atomes pondérables on s'est, dans tous les pays du monde, évertué à trouver le lien qui unit la théorie inaugurée par Fresnel à celle inaugurée par Fourier.

3.

On s'est demandé, comment il se fait que, par exemple, dans le nombre infini de rayons du soleil, qui traversent une plaque de verre coloré, certains rayons soient absorbés en pénétrant dans la surface de la plaque, tandis que d'autres la traversent sans subir de transformation.

Pourquoi les rayons du soleil qui tombent sur un corps opaque, sont éteints dans la surface de celui-ci et l'échauffent?

Ni les formules de Fourier ni celles de Fresnel ne rendent compte de ce phénomène, un des plus importants de la nature.

Quel est le procédé mécanique que la nature emploie pour transformer la chaleur rayonnante et une notable partie de la lumière en chaleur de conductibilité?

Et réciproquement par quel procédé mécanique la chaleur de conductibilité se transforme-t-elle en chaleur rayonnante et en lumière?

Tel est le problème que je me suis proposé de résoudre dans ce mémoire.

4.

D'après Fresnel, *lorsqu'une molécule M est déplacée de sa position d'équilibre, il résulte de l'action mutuelle de M et d'une molécule voisine N une force qui tend à l'y ramener et qui est dirigée suivant leur plus courte distance.*

A ce principe vient s'ajouter cet autre: lorsqu'une molécule M tourne autour d'un axe passant par son centre de figure, il résulte de l'action mutuelle de M et d'une molécule voisine N, dont le centre est situé dans le plan de l'équateur de M, une force tangentielle, qui tend à ramener M au repos. En outre M repousse, durant son mouvement, la molécule N et cette force est dirigée suivant leur plus courte distance.

Le principe de Fresnel se déduit des phénomènes qui se produisent lorsqu'un corps solide parfaitement élastique est étiré.

Le principe que j'ajoute à celui de Fresnel se déduit des phénomènes moléculaires qui accompagnent la torsion d'un corps solide parfaitement élastique. Si ce corps est cylindrique, par exemple, et que la torsion se fait suivant un plan perpendiculaire à l'axe, outre la résistance que l'élasticité oppose à la torsion, résistance qui est une force tangentielle, on remarque que le diamètre du cylindre augmente. Ce dernier fait preuve qu'il s'y produit une répulsion entre les molécules tordues et que cette répulsion est dirigée perpendiculairement à l'axe de rotation, c'est-à-dire dans le plan de l'équateur.

5.

De même qu'on déduit du principe de Fresnel les équations aux différentielles partielles qui régissent les vibrations lumineuses, de même on déduit du principe, que je viens d'énoncer, les équations qui régissent le mouvement de la chaleur de conductibilité dans les milieux pondérables. L'analyse me conduit à ce théorème important que *la dilatation des corps est proportionnelle à la vitesse de rotation des atomes pondérables.* Or la dilatation sert à mesurer la température: d'un autre côté la chaleur étant un mouvement moléculaire, j'en conclus que ce mouvement est un mouvement de rotation des atomes pondérables.

6.

J'ai demontré en 1863 que les forces qui font vibrer lumineusement les atomes, provoquent en même temps ceux-ci à tourner autour d'eux-mêmes. Ces rotations engendrent donc des forces tangentielles dont Fresnel, qui les ignorait, n'a pas tenu compte. Ce sont ces forces qui, comme je le prouverai plus bas, produisent la dispersion de la lumière dans les corps transparents, et l'absorption des rayons lumineux dans les corps opaques.

Ainsi tout atome qui vibre *lumineusement* tourne autour de son centre de figure; ce mouvement gyratoire est un grand nombre de fois plus rapide que le mouvement vibratoire; il est périodique, sa périodicité est inverse de celle des vibrations; l'axe instantané de rotation est situé dans le plan de l'onde et perpendiculaire au rayon vecteur de la trajectoire décrite par l'atome.

7.

Je démontrerai ces propriétés par l'analyse, cependant il est possible de les rendre visibles à l'aide d'une figure.

Soit OX (fig. 1.) la direction de la propagation de la lumière. Puisque les vibrations lumineuses sont transversales (Fresnel), les forces qui les produisent sont dirigées perpendiculairement à OX. Représentons l'intensité et la direction de chaque force, qui agit au même instant t sur chacun des points de la droite OX par les ordonnées de la courbe A B C D E F G . . ., courbe qui est comme on sait, une sinusoïde. Il est évident que les résultantes de la somme algébrique des forces, telles que *(aa bb)*, qui agissent sur les éléments de l'atome dont le centre est situé en B, formeront un couple qui tend à faire tourner cet atome de la gauche vers la droite dans le sens de la flèche; il est encore évident que l'axe instantané de rotation de B est perpendiculaire à la direction OX de la propagation et, par suite, située dans le plan de l'onde qui est, comme on sait, perpendiculaire à OX (Fresnel). On voit que D n'est sollicité que par une série infinie de couples tendant à le faire tourner de la droite vers la gauche. L'atome F tourne comme B de la gauche vers la droite. La résultante de toutes les forces parallèles et dirigées dans le même sens qui agissent sur T est dirigée de haut en bas, mais cette résultante ne passe pas par le centre de figure de T: T est donc sollicité à la fois à se mouvoir de haut en bas et à tourner dans le sens de la flèche.

8.

En continuant cet examen, on verra que le mouvement gyratoire d'un atome qui vibre lumineusement est périodique, que durant la première moitié d'une vibration, la rotation étant dirigée dans un sens, dans la seconde moitié de la vibration elle sera dirigée en sens contraire; que la rotation atteint sa vitesse maxima au moment où le mouvement de translation atteint sa vitesse minima, c'est-à-dire au moment où cette vitesse est nulle. Toutes ces propriétés ont été démontrées rigoureusement par l'analyse et nous trouverons plus bas l'occasion de les reproduire.

9.

Si, comme l'admettent les physiciens, le volume d'un atome pondérable est un grand nombre de fois plus considérable que celui d'un atome d'éther, il sera démontré que la rotation d'un atome pondérable sera aussi un grand nombre de fois plus rapide que celui d'un atome d'éther. Car si le diamètre *(ab)* de l'atome B était infiniment petit, le levier du couple qui fait tourner B serait infiniment petit et sa vitesse de rotation nulle. Il résulte de là que les phénomènes produits par le mouvement de rotation des atomes dans les milieux pondérables, n'ont plus lieu dans l'éther, pourvu que les atomes inpondérables soient un grand nombre de fois plus petits que les atomes pondérables.

10.

Outre les mouvements de rotation périodiques des atomes, des mouvements non périodiques peuvent aussi se produire.

Il est facile de faire voir que le mouvement de rotation des atomes suit identiquement les mêmes lois que celles que suit le mouvement de la chaleur, lois que Fourier a déduites de son analyse.

Mais avant de nous occuper d'une manière générale de cette question, proposons-nous de résoudre un problème extrêmement simple: Une sphère de rayon r et de densité δ tourne, à l'époque t, autour d'un de ses diamètres avec une vitesse ε. Une force proportionnelle à cette vitesse ε tend à retarder le mouvement de la sphère; on demande quelles seront les lois qui régiront ce mouvement.

La force d'inertie est

$$\frac{8\pi r^5\delta}{15}\ \frac{d\varepsilon}{dt};$$

la force rétardatrice

$$-a\varepsilon,$$

a étant un coefficient constant: on doit donc avoir

$$\frac{8\pi r^5\delta}{15}\cdot\frac{d\varepsilon}{dt}=-a\varepsilon.$$

ou plus simplement en posant

$$\frac{15a}{8\pi r^5\delta}=k\ ,\ \frac{d\varepsilon}{dt}=-k\varepsilon\ ,$$

dont l'intégrale est

$$\varepsilon=ce^{-kt}.$$

c étant une constante introduite par l'intégration. Cette dernière expression montre que la vitesse de rotation ε décroit en progression géométrique quand le temps t croit en progression arithmétique. Ce problème donne à la vitesse de rotation de la sphère des propriétés que Newton avait reconnu être celles de la chaleur.

11.

Théorème. Dans un corps homogène et d'élasticité constante les atomes sont sphériques.

Car l'action élastique des atomes est la même, quelque soit la direction qu'on considère; mais cela ne peut avoir lieu que si la surface de l'atome est la même dans quelque direction qu'on la considère. Or une seule surface satisfait à cette condition, c'est la surface sphérique.

12.

Théorème. Les atomes des milieux cristallins, quelque soit le système auxquels ils appartiennent, sont sphériques.

Car en comprimant un corps homogène et d'élasticité constante, dont les molécules sont sphérique, ce corps ainsi comprimé prend les propriétés élastiques d'un corps cristallin. On en conclut par analogie que les corps cristallins ne diffèrent des corps homogènes et d'élasticité constante qu'en ce que leurs atomes sont plus rapprochés dans une direction que dans une autre, et par suite que leurs atomes sont sphériques.

13.

En 1865, j'ai fait voir que la vitesse de rotation des atomes pondérables conduisait aux lois qui régissent le mouvement de la chaleur, 1° dans les cristaux, 2° dans les corps homogènes et d'élasticité constante.

La marche que j'ai suivi, est à peu-près la suivante.

Soit, à l'époque t, ε la vitesse de rotation d'un atome sphérique M dont les coordonnées du centre sont (x, y, z); prolongeons le plan de l'équateur de M, et soit ε' la vitesse de rotation d'un atome N situé dans le rayon d'activité des forces moléculaires de M et dont le centre se trouve dans le plan de l'équateur de M. Soient

$$x + \mathrm{X}, \quad y + \mathrm{Y}, \quad z + \mathrm{Z},$$

les coordonnées de N, r la distance qui sépare le centre de M de celui de N, r sera une très petite quantité et l'on a

$$r^2 = \mathrm{X}^2 + \mathrm{Y}^2 + \mathrm{Z}^2,$$

les valeurs de X, Y, Z sont donc aussi des quantités très petites. Soient (α, β, γ) les angles que fait avec les axes des x, y, z l'axe instantané de rotation de M; α', β', γ', ceux que fait avec les mêmes axes des coordonnées, l'axe instantané de N. ε, $\cos\alpha$, $\cos\beta$, $\cos\gamma$ ne sont fonction que des coordonnées x, y, z et du temps t; on déduira ε', $\cos\alpha'$, $\cos\beta'$, $\cos\gamma'$ de ε, $\cos\alpha$, $\cos\beta$, $\cos\gamma$ en changeant dans celles-ci x, y, z en $x + \mathrm{X}$, $y + \mathrm{Y}$, $z + \mathrm{Z}$ et en développant d'après le théorème de Taylor. On trouve ainsi

$$(a) \; . \; . \; \varepsilon' - \varepsilon = \frac{d\varepsilon}{dx}\mathrm{X} + \frac{d\varepsilon}{dy}\mathrm{Y} + \frac{d\varepsilon}{dz}\mathrm{Z} + \tfrac{1}{2}\left(\frac{d^2\varepsilon}{dx^2}\mathrm{X}^2 + \frac{d^2\varepsilon}{dy^2}\mathrm{Y}^2 + \frac{d^2\varepsilon}{dz^2}\mathrm{Z}^2 + 2\frac{d^2\varepsilon}{dxdy}\mathrm{XY} + 2\frac{d^2\varepsilon}{dxdz}\mathrm{XZ} + 2\frac{d^2\varepsilon}{dydz}\mathrm{YZ}\right) + \text{etc.}$$

$$\cos\alpha' = \cos\alpha + \mathrm{X}\frac{d\cos\alpha}{dx} + \mathrm{Y}\frac{d\cos\alpha}{dy} + \mathrm{Z}\frac{d\cos\alpha}{dz} + \text{etc.}$$

$$\cos\beta' = \cos\beta + \mathrm{X}\frac{d\cos\beta}{dx} + \mathrm{Y}\frac{d\cos\beta}{dy} + \mathrm{Z}\frac{d\cos\beta}{dz} + \text{etc.}$$

$$\cos\gamma' = \cos\gamma + \mathrm{X}\frac{d\cos\gamma}{dx} + \mathrm{Y}\frac{d\cos\gamma}{dy} + \mathrm{Z}\frac{d\cos\gamma}{dz} + \text{etc.}$$

Or x, y, z étant de très petites quantités, les termes qui renferment ces quantités, peuvent dans les expressions de $\cos\alpha'$, $\cos\beta'$, $\cos\gamma'$ être négligés sans erreur sensible, en sorte que $\cos\alpha'$, $\cos\beta'$, $\cos\gamma'$ ne diffèrent de $\cos\alpha$, $\cos\beta$, $\cos\gamma$ que de quantités insensibles et l'on peut considérer l'axe instantané de rotation de N comme parallèle à celui de M.

14.

Si donc, à l'époque t, ε surpasse ε', l'action mutuelle de l'atome M et de l'atome voisin N consiste à diminuer ε et à augmenter ε', durant l'instant dt cette action sera proportionnelle à $(\varepsilon-\varepsilon')$ et à une fonction $F(r)$ de la distance r qui sépare le centre M de celui de N, en sorte que cette force sera exprimée par

$$(\varepsilon-\varepsilon')\,F(r)\cdot dt$$

$F(r)$ étant essentiellement positive. Mais, pendant le même instant dt, la vitesse ε de M est diminuée de $d\varepsilon$, et l'on aura

$$d\varepsilon=(\varepsilon-\varepsilon')\,F(r)\,dt$$

ou

$$\frac{d\varepsilon}{dt}=(\varepsilon'-\varepsilon)\,F(r).$$

Cela posé la caractéristique Σ désignant une somme de termes semblables entre-eux relatifs aux divers atomes N, N′, N″ . . ., situés dans le plan de l'équateur de M, on aura pour la somme des actions réciproques de M et des atomes N, N′, N″, . . .

$$\frac{d\varepsilon}{dt}=\Sigma(\varepsilon'-\varepsilon)\,F(r).$$

ou en ayant égard au développement (a)

$$(b)\ \ldots\ \frac{d\varepsilon}{dt}=\frac{d\varepsilon}{dx}\Sigma x F(r)+\frac{d\varepsilon}{dy}\Sigma y F(r)+\frac{d\varepsilon}{dz}\Sigma z F(r)+\frac{d^2\varepsilon}{dx^2}\Sigma x^2F(r)+\frac{d^2\varepsilon}{dy^2}\Sigma y^2F(r)+\frac{d^2\varepsilon}{dz^2}\Sigma z^2F(r)+$$
$$2\frac{d^2\varepsilon}{dxdy}\Sigma xyF(r)+2\frac{d^2\varepsilon}{dxdz}\Sigma xzF(r)+2\frac{d^2\varepsilon}{dydz}\Sigma yzF(r).$$

15.

$F(r)$ étant toujours positive. Si le corps qu'on considère est homogène, les atomes N, N′, N″ sont symétriquement disposés autour de M, et l'on doit avoir

$$\Sigma xF(r)=\Sigma yF(r)=\Sigma zF(r)=o;$$

car la projection sur les axes des coordonnées de la distance r qui sépare M de N étant x, y, z, il existera nécessairement un autre atome N′ à une distance $-r$ de M, pour lequel ces projections sont $-x$, $-y$, $-z$; ces deux atomes N et N′ fournissent aux séries $\Sigma xF(r)$, $\Sigma yF(r)$, $\Sigma zF(r)$ deux termes égaux et de signes contraires qui se détruisent. On prouve ainsi, que tous les termes de ces séries, se détruisent deux à deux, et par suite que chacune de ces séries est nulle.

Si donc nous posons

$$\frac{\Sigma X^2 F(r)}{2} = a^2 \quad \frac{\Sigma Y^2 F(r)}{2} = b^2 \quad \frac{\Sigma Z^2 F(r)}{2} = c^2 \quad \Sigma XYF(r) = 2\alpha^2 \quad \Sigma XZF(r) = 2\beta^2 \quad \Sigma YZF(r) = 2\gamma^2$$

l'équation précédente prendra la forme

$$(c) \ldots \frac{d\varepsilon}{dt} = a^2 \frac{d^2\varepsilon}{dx^2} + b^2 \frac{d^2\varepsilon}{dy^2} + c^2 \frac{d^2\varepsilon}{dz^2} + 2\alpha^2 \frac{d^2\varepsilon}{dxdy} + 2\beta^2 \frac{d^2\varepsilon}{dxdz} + 2\gamma^2 \frac{d^2\varepsilon}{dydz}.$$

Telle est l'équation aux différentielles partielles qui régit le mouvement de rotation des atomes dans les corps homogènes symétriques, c'est-à-dire, dans les corps qui affectent la forme cristalline. Cette équation est identiquement la même que celle à laquelle est parvenu M. Lamé, lorsque cet illustre géomètre a appliqué la méthode de Fourier à la recherche du mouvement de la chaleur dans les corps cristallins.

16.

On en conclut que le mouvement de rotation dans les cristaux suit les mêmes lois que le mouvement de la chaleur, et comme la physique expérimentale a mis hors de doute cette vérité que la chaleur n'est pas un fluide, mais consiste dans un mouvement des atomes, on peut, sans trop présupposer, admettre que la chaleur consiste dans le mouvement de rotation des atomes. Par la suite nous prouverons rigoureusement ce théorème.

17.

Quand le corps qu'on considère est homogène et d'élasticité constante, tous les atomes sont régulièrement disposés autour de M et dans ce cas il est évident qu'on doit avoir, comme l'a prouvé Cauchy,

$$\Sigma XF(r) = \Sigma YF(r) = \Sigma ZF(r) = o$$
$$\Sigma XYF(r) = \Sigma XZF(r) = \Sigma YZF(r) = o$$
$$\frac{\Sigma X^2 F(r)}{2} = \frac{\Sigma Y^2 F(r)}{2} = \frac{\Sigma Z^2 F(r)}{2} = k$$

et l'équation (b) prend la forme

$$(d) \ldots \frac{d\varepsilon}{dt} = k\left(\frac{d^2\varepsilon}{dx^2} + \frac{d^2\varepsilon}{dy^2} + \frac{d^2\varepsilon}{dz^2}\right)$$

Cette équation aux différentielles partielles, qui régit le mouvement de rotation des atomes dans les corps homogènes et d'élasticité constante, à laquelle je suis parvenu en 1865, a exactement la même forme que celle que Fourier a trouvée, en cherchant les lois que suit le mouvement de la chaleur dans les corps homogènes et d'élasticité constante.

Déjà en 1861, Lamé avait entrevu que la chaleur de conductibilité consistait en un mouvement de rotation des atomes. Dans ses immortelles leçons sur la théorie mathématique de la chaleur

(Paris 1861) cet illustre géomètre s'exprime (page 96) ainsi: „Nos cinq premières leçons prouvent „qu'il suffirait d'entreprendre ce travail pour en déduire des conséquences imprévues, qui rappellent: „la dynamique, l'élasticité, la lumière, l'électricité, et qui indiquent en même temps nettement la „véritable cause de la chaleur, quand on rapproche les formules de la leçon précédente, de celles „qui régissent les rotations des corps.“

On verra plus bas qu'en effet la lumière et la chaleur sont proches parents.

CHAPITRE Ier.

Expressions des forces élastiques de traction, du mouvement de rotation des atomes et des forces élastiques de torsion dans les milieux homogènes.

18.

Équilibre des atomes.

Soit (x, y, z) les coordonnées du centre d'un atome sphérique quelconque m faisant partie d'un milieu pondérable; $x+\mathrm{X}$, $y+\mathrm{Y}$, $z+\mathrm{Z}$ celles du centre d'un atome voisin m' situé à une distance extrêmement petite r du premier m,

$$r^2 = \mathrm{X}^2 + \mathrm{Y}^2 + \mathrm{Z}^2.$$

Si l'on suppose que, sans tourner sur lui-même, l'atome m soit écarté actuellement de sa position d'équilibre, il résulte de l'action mutuelle de m et de m' une force $\mathrm{F}(r)$ qui tend à l'y ramener et qui est dirigée suivant la plus courte distance (Fresnel, voyez paragraphe 4).

Posons pour abréger

$$\frac{\mathrm{F}(r)}{r} = f(r),$$

les composantes de cette force élastique sont

$$(1) \ldots\ldots \left\{ \begin{array}{l} \Sigma m\mathrm{X}f(r) = o \\ \Sigma m\mathrm{Y}f(r) = o \\ \Sigma m\mathrm{Z}f(r) = o \end{array} \right.$$

La caractéristique Σ indiquant la somme des actions qu'exercent sur l'atome m les autres atomes du système.

19.

Composantes des forces élastiques de traction.

Supposons maintenant, d'après Cauchy, que, par une cause quelconque, les atomes aient été dérangés très peu de leurs positions d'équilibre et exécutent des mouvements très petits autour de ces positions. Soient $x+\xi$, $y+\eta$, $z+\zeta$ les coordonnées variables des centres de l'atome m pendant le mouvement; celles du centre de l'atome m' seront $x+\xi+\mathrm{X}+\Delta\xi$, $y+\eta+\mathrm{Y}+\Delta\eta$,

$z+\zeta+z+\Delta\zeta$. La distance variable des centres des atomes m et m' étant représentée par $r+\rho$, sera fournie par l'équation

$$(r+\rho)^2=(x+\Delta\xi)^2+(y+\Delta\eta)^2+(z+\Delta\zeta)^2$$

Les composantes des forces élastiques provoquées par le déplacement du centre de l'atome m seront à l'époque t, en les désignant par (A, B, C)

$$(a) \ldots \left\{\begin{array}{l} A=\Sigma mf(r+\rho)\ (x+\Delta\xi) \\ B=\Sigma mf(r+\rho)\ (y+\Delta\eta) \\ C=\Sigma mf(r+\rho)\ (z+\Delta\zeta). \end{array}\right.$$

Ces composantes représenteraient la totalité des forces élastiques provoquées par le déplacement de l'atome m, si celui-ci n'était pas en même temps sollicité à tourner autour d'un axe passant par son centre.

Si nous négligeons, avec Fresnel et les géomètres de son école, les quantités petites du second ordre, c'est-à-dire les puissances de ρ ou de (ξ, η, ζ) supérieures à la première, nous aurons

$$\rho=\frac{x\Delta\xi+y\Delta\eta+z\Delta\zeta}{r}$$

$$f(r+\rho)=f(r)+f'(r)\rho.$$

et en ayant égard aux équations (1) les formules (a) deviennent

$$(b) \ldots \left\{\begin{array}{l} A=\Sigma mf(r)\Delta\xi+\Sigma m\dfrac{f'(r)}{r}x(x\Delta\xi+y\Delta\eta+z\Delta\zeta) \\ B=\Sigma mf(r)\Delta\eta+\Sigma m\dfrac{f'(r)}{r}y(x\Delta\xi+y\Delta\eta+z\Delta\zeta) \\ C=\Sigma mf(r)\Sigma\zeta+\Sigma m\dfrac{f\ (r)}{r}z(x\Delta\xi+y\Delta\eta+z\Delta\zeta). \end{array}\right.$$

20.

Mouvement de rotation d'un atome.

Nous appellerons, dans ce qui va suivre, composantes des forces élastiques de traction, les trois composantes (A, B, C) provoquées par le déplacement du centre de m. Cherchons maintenant à déterminer le mouvement de rotation provoqué par les composantes (A, B, C).

Remarquons d'abord que les variables (ξ, η, ζ) qui entrent dans les valeurs des (A, B, C) ne peuvent être fonctions que des (x, y, z) et du temps t. Les (A, B, C) ne sont donc elles-mêmes fonctions que des coordonnées (x, y, z) de m et du temps t.

Soit, à l'époque t, C, fig. 2, la position du centre de l'atome sphérique m.

Les coordonnées de C sont $x+\xi$, $y+\eta$, $z+\zeta$.

Par le point C, menons les axes rectangulaires (cx', cy', cz') respectivement parallèles aux

(x, y, z), et soient (x', y', z') les coordonnées courantes d'un point quelconque E de la sphère m, r son rayon, nous aurons

$$r^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2;$$

$\rho\, dx'\, dy'\, dz'$ sera l'élément de la masse de m au point E, ρ étant une constante qui représente la densité de l'atome.

Cela posé, observons qu'à l'époque t, (A, B, C) sont les composantes des forces élastiques de traction agissant sur le point C, centre de la sphère. Puisque les (A, B, C) sont fonction de (x, y, z), ils varient d'un point à un autre. Représentons par A$'$, B$'$, C$'$ les valeurs qui prennent les (A, B, C) au point E.

Le rayon r de m étant une très petite quantité, les coordonnées (x', y', z') seront aussi très petites, et les (A$'$, B$'$, C$'$) s'obtiendront à l'aide des (A, B, C) des composantes qui agissent, à la même époque, sur le point E, en remplaçant dans celles-ci (x, y, z) par $(x+x', g+y', z+z')$, en développant d'après le théorème de Taylor suivant les puissances de (x', y', z'), ce qui fournit

$$A' = A + \frac{dA}{dx}x' + \frac{dA}{dy}y' + \frac{dA}{dz}z' + \ldots$$

$$B' = B + \frac{dB}{dx}x' + \frac{dB}{dy}y' + \frac{dB}{dz}z' + \ldots$$

$$C' = C + \frac{dC}{dx}x' + \frac{dC}{dy}y' + \frac{dC}{dz}z' + \ldots$$

Prenons les moments de ces forces par rapport aux axes des x', des y' et des z' nous aurons:

$$\begin{aligned} C'y' - B'z' &= Cy' + \frac{dC}{dx}x'y' + \frac{dC}{dy}y'^2 + \frac{dC}{dz}y'z' + \ldots \\ &\quad - Bz' - \frac{dB}{dx}x'z' - \frac{dB}{dy}y'z' - \frac{dB}{dz}z'^2 \ldots \\ A'z' - C'x' &= Az' + \frac{dA}{dx}x'z' + \frac{dA}{dy}y'z' + \frac{dA}{dz}z'^2 + \ldots \\ &\quad - Cx' - \frac{dC}{dx}x'^2 - \frac{dC}{dy}x'y' - \frac{dC}{dz}x'z' - \ldots \\ B'x' - A'y' &= Bx' + \frac{dB}{dx}x'^2 + \frac{dB}{dy}x'y' + \frac{dB}{dz}x'z' + \ldots \\ &\quad - Ay' - \frac{dA}{dx}x'y' - \frac{dA}{dy}y'^2 - \frac{dA}{dz}y'z' - \text{etc.} \end{aligned}$$

Multiplions les deux membres de chacune de ces équations par $\rho\, dx'\, dy'\, dz'$, intégrons e étendons les limites à la sphère toute entière, nous aurons pour les moments par rapport aux (x', y', z') des forces élastiques qui agissent sur la sphère toute entière

$$\int (C'y' - B'z')\rho\, dx'dy'dz' = \frac{4\pi r^5 \rho}{15}\left(\frac{dC}{dy} - \frac{dB}{dz}\right),$$

$$\int(\text{A}'z'-\text{C}'x')\varrho\,dx'dy'dz'=\frac{4\pi\text{r}^5\varrho}{15}\left(\frac{d\text{A}}{dz}-\frac{d\text{C}}{dx}\right),$$

$$\int(\text{B}'x'-\text{A}'y')\varrho\,dx'dy'dz'=\frac{4\pi\text{r}^5\varrho}{15}\left(\frac{d\text{B}}{dx}-\frac{d\text{A}}{dy}\right).$$

Appelons ε la vitesse de rotation de m, à l'époque t, et (p, q, r) les composantes de cette vitesse de rotation de m respectivement autour des axes des x' des y' et des z', et observons que le moment d'inertie de la sphère m est $\frac{8\pi\text{r}^5\varrho}{15}$, nous aurons, réductions faites,

$$(2)\ \ldots\ \left\{\begin{aligned} &\frac{dp}{dt}=\tfrac{1}{2}\left(\frac{d\text{C}}{dy}-\frac{d\text{B}}{dz}\right),\\ &\frac{dq}{dt}=\tfrac{1}{2}\left(\frac{d\text{A}}{dz}-\frac{d\text{C}}{dx}\right),\\ &\frac{dr}{dt}=\tfrac{1}{2}\left(\frac{d\text{B}}{dx}-\frac{d\text{A}}{dy}\right);\\ &\varepsilon^2=p^2+q^2+r^2. \end{aligned}\right.$$

Telles sont les trois équations du mouvement de rotation provoqué par les forces élastiques de traction. Dès que la nature du milieu qu'on considère, sera donnée, il sera facile de déterminer en fonction de x, y, z et du temps t la forme des fonctions A, B et C et les équations (2) ne contiendront plus rien d'indéterminé.

Les trois équations prouvent que pour que la rotation de m soit nulle, il faut que l'on ait

$$\frac{d\text{C}}{dy}=\frac{d\text{B}}{dz},\quad \frac{d\text{A}}{dz}=\frac{d\text{C}}{dx},\quad \frac{d\text{B}}{dx}=\frac{d\text{A}}{dy};$$

d'où l'on déduit:

$$\frac{d\text{A}}{dx}+\frac{d\text{A}}{dy}+\frac{d\text{A}}{dz}=\frac{d.(\text{A}+\text{B}+\text{C})}{dx},\quad \frac{d\text{B}}{dx}+\frac{d\text{B}}{dy}+\frac{d\text{B}}{dz}=\frac{d.(\text{A}+\text{B}+\text{C})}{dy},\quad \frac{d\text{C}}{dx}+\frac{d\text{C}}{dy}+\frac{d\text{C}}{dz}=\frac{d(\text{A}+\text{B}+\text{C})}{dz}.$$

21.

Des forces élastiques de torsion.

Dans ce qui précède, nous avons cherché les expressions des composantes (A, B, C) des forces élastiques qui sont provoquées, à une époque t, dans le milieu que nous considérons lorsque, par l'influence d'une force extérieure, le centre de l'atome sphérique a été deplacé d'une très petite quantité de sa position d'équilibre. En outre, nous avons déterminé l'expression du mouvement de rotation que ces forces élastiques, ainsi produites, impriment à l'atome sphérique m.

Supposons maintenant que sans déplacer le centre de l'atome m, une force lui imprime un mouvement de rotation autour d'un de ses diamètres.

Il est hors de doute que si la translation d'un atome est capable de provoquer dans le milieu pondérable des forces élastiques, sa rotation doit en provoquer également. Car l'équilibre moléculaire est détruit dans l'un et dans l'autre cas; en effet, si l'expérience prouve qu'en étirant une barre cylindrique dans le sens de la longueur on éprouve une résistance, elle prouve aussi qu'on éprouve une résistance en la tordant.

Dans le premier cas, cette résistance est dirigée, comme l'indique Fresnel dans son principe, suivant la plus courte distance qui sépare l'atome déplacé de la position qu'il occupait durant l'équilibre. Dans le cas d'une torsion, il est évident que la résistance est tangentielle à l'atome et située dans le plan de l'équateur. De plus l'expérience prouve que la torsion de l'atome m provoque une répulsion de m contre les atomes voisins dont les centres sont situés dans le plan de l'équateur de m. En effet, quand un cylindre est tordu suivant un plan perpendiculaire à son axe le diamètre du cylindre augmente.

22.

Forces élastiques provoquées par la composante autour de l'axe des z'.

Soit donc c (fig. 3) la position du centre de la sphère m; les coordonnées de ce centre sont (x, y, z).

Par le point c menons trois axes rectangulaires (cx', cy', cz') respectivement parallèles aux (x, y, z).

Nommons, comme dans le paragraphe 18, ε la vitesse de rotation de l'atome sphérique m à l'époque t; (p, q, r) les composantes de cette vitesse de rotation respectivement autour des axes des (x', y', z'); on aura, comme on sait

$$\varepsilon^2 = p^2 + q^2 + r^2.$$

A l'époque t, la force accélératrice agissant sur la molécule m et tendant à accélérer son mouvement de rotation est représentée par

$$\frac{d\varepsilon}{dt}$$

et les composantes de cette force autour les axes des (x', y', z') sont

$$\frac{dp}{dt}, \ \frac{dq}{dt}, \ \frac{dr}{dt}.$$

Nous admettrons que la rotation soit dirigée de la gauche vers la droite.

Proposons-nous d'abord de déterminer l'expression des forces élastiques provoquées par la composante de la rotation de m autour de l'axe des z'.

Soit E le centre d'un atome $m_{\prime}$, situé dans le plan des $(x'y')$, r la distance $c\mathrm{E}$ qui sépare le centre de m de celui de $m_{\prime}$; désignons par $(x + \mathrm{X}, y + \mathrm{Y}, z + 0)$, les coordonnées du point E, nous aurons

$$\mathrm{r}^2 = \mathrm{X}^2 + \mathrm{Y}^2.$$

La force qui tend à accélérer le mouvement de rotation de m autour de z' est $\frac{dr}{dt}$; soit $\frac{dr}{dt} + \frac{d\Delta r}{dt}$ celle qui tend à accélérer la rotation de $m_{\prime}$, autour d'une parallèle à z' passant par son centre E.

Si $\frac{dr}{dt}$ surpasse $\frac{dr}{dt}+\frac{d.\Delta r}{dt}$, l'action mutuelle de m et de m_1 consistera à retarder la rotation de m par une force tangentielle, située dans le plan des $(x'y')$, et dirigée perpendiculairement à la plus courte distance CE qui sépare les centres des deux atomes. Cette force sera donc dirigée suivant la tangente AB, de A vers B; elle sera proportionnelle à la différence $\frac{dr}{dt}-\left(\frac{dr}{dt}+\frac{d\Delta r}{dt}\right)$ et à une fonction $\psi(\mathrm{r})$ de la distance $\mathrm{CE}=\mathrm{r}$, fonction qui est essentiellement positive. Cette force élastique aura donc pour expression

$$-\frac{d.\Delta r}{dt}\psi(\mathrm{r}).$$

Il est facile de déterminer les composantes parallèles aux axes des (x', y', z') ou aux axes des (x, y, z) de cette force élastique à l'aide des projections X et Y de la droite CE, on trouvera :

composante parallèle à l'axe des x $\quad \frac{-\mathrm{Y}\psi(\mathrm{r})}{\mathrm{r}}\;\frac{d.\Delta r}{dt}$,

composante parallèle à l'axe des y $\quad \frac{\mathrm{X}\psi(\mathrm{r})}{\mathrm{r}}\;\frac{d.\Delta r}{dt}$,

composante parallèle à l'axe des z $\quad$ zéro . .

23.

Forces provoquées par la composante autour de l'axe des y'.

En répétant les mêmes raisonnements et des constructions semblables à celles du paragraphe précédent, nous trouverons l'expression des forces élastiques provoquées, à l'époque t, par la composante du mouvement de rotation de m autour de l'axe des y'.

Soit C (fig. 4) la position du centre de l'atome m dont les coordonnées sont (x, y, z), E′ celle du centre d'un atome m_1 situé dans le plan des $(z'x')$. Soient $(x+\mathrm{X},\ y+0,\ z+\mathrm{Z})$ les coordonnées du point E′, r la distance CE′, on a

$$\mathrm{r}^2=\mathrm{X}^2+\mathrm{Z}^2.$$

La force élastique tangentielle sera dirigée suivant la droite A′B′, de A′ vers B′, perpendiculairement à la droite CE′ enfin elle sera située dans le plan des $(z'x')$ qui est aussi le plan dans lequel sont situés les équateurs de m et de m_1.

La force qui, à l'époque t, tend à accélérer le mouvement de rotation de m autour de l'axe des y est $\frac{dq}{dt}$, celle qui tend à accélérer la rotation de m_1 autour d'une parallèle à y' passant par le centre E′ est $\frac{dq}{dt}+\frac{d.\Delta q}{dt}$, et si $\frac{dq}{dt}$ surpasse $\frac{dq}{dt}+\frac{d.\Delta q}{dt}$ l'action mutuelle de m et de m_1 consiste à retarder la rotation de m; cette force est proportionnelle à la différence $\frac{dq}{dt}-\left(\frac{dq}{dt}+\frac{d.\Delta q}{dt}\right)$ et à une fonction ψ (r) de r, ψ (r) étant essentiellement positive. L'expression de cette force est

$$-\psi(\mathrm{r})\frac{d.\Delta q}{dt}$$

et ses composantes parallèles aux (x, y, z) sont:

celle parallèle à l'axe des x $\qquad \frac{\mathrm{z}\psi(\mathrm{r})}{\mathrm{r}} \frac{d\cdot \Delta q}{dt}$,

celle parallèle à l'axe des y $\qquad$ zéro,

celle parallèle à l'axe des z $\qquad -\frac{\mathrm{x}\psi(\mathrm{r})}{\mathrm{r}} \frac{d\cdot \Delta q}{dt}$.

24.

Forces provoquées par la composante autour de l'axe des x'.

Enfin, la rotation de m autour de l'axe des x' engendrera des forces élastiques qu'on déterminera à l'aide de la construction (fig. 5).

c est toujours le centre de m, E'' est la position du centre d'un atome m_3, E'' est situé dans le plan des $(y'\ z')$ à une distance $\mathrm{CE}''=\mathrm{r}$ de c; les coordonnées de E'' sont $(\mathrm{x}+0,\ y+\mathrm{Y},\ z+\mathrm{Z})$, et l'on a

$$\mathrm{r}^2=\mathrm{Y}^2+\mathrm{Z}^2.$$

$\frac{dp}{dt}$ est l'expression de la force qui, à l'époque t, accélère le mouvement de rotation de m autour de l'axe des x'; $\frac{dp}{dt}+\frac{d\cdot \Delta p}{dt}$ celle qui accélère le mouvement de m_3 autour d'un axe parallèle à x' et passant par le centre E''. La force élastique tendant à retarder le mouvement de m autour de x' est proportionnelle à $\frac{dp}{dt}-\left(\frac{dp}{dt}+\frac{d\cdot \Delta p}{dt}\right)$ et à une fonction ψ (r) de r toujours positive. Cette force est dirigée suivant $\mathrm{A}''\mathrm{B}''$ tangente en T'' à l'atome m et par conséquent perpendiculaire à CE''. L'expression de cette force est

$$-\psi(\mathrm{r})\frac{d\cdot \Delta p}{dt},$$

et ses composantes sont

celle parallèle à l'axe des x $\qquad$ zéro,

celle parallèle à l'axe des y $\qquad -\frac{\mathrm{z}\psi(\mathrm{r})}{\mathrm{r}} \frac{d\cdot \Delta p}{dt}$,

celle parallèle à l'axe des z $\qquad \frac{\mathrm{Y}\psi(\mathrm{r})}{\mathrm{r}} \frac{d\cdot \Delta p}{dt}$.

25.

Répulsion provoquée par la rotation des atomes.

Il nous reste à trouver l'action répulsive que l'atome m qui tourne autour d'un de ses diamètres avec une vitesse de rotation ε exerce, comme nous l'avons vu, contre les atomes situés dans le plan de son équateur.

Considérons un atome m' dont le centre soit situé dans le plan de l'équateur de m et dont les coordonnées soient $(x+\mathrm{X},\ y+\mathrm{Y},\ z+\mathrm{Z})$, et soit r' la distance qui sépare le centre de m de celui de m', on aura

$$r'^2=\mathrm{X}^2+\mathrm{Y}^2+\mathrm{Z}^2.$$

La force accélératrice de m est $\frac{d\varepsilon}{dt}$, celle de m' est $\frac{d\cdot(\varepsilon+\Delta\varepsilon)}{dt}$ ou $\frac{d\varepsilon}{dt}+\frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt}$; la force répulsive sera proportionnelle à la différence $\frac{d\varepsilon}{dt}-\left(\frac{d\varepsilon}{dt}+\frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt}\right)=-\frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt}$ et à une fonction $f(r')$ de r', $f(r')$ étant essentiellement positive. Cette force répulsive aura pour expression

$$f(r')\frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt};$$

ses composantes parallèles aux (x, y, z) sont:

celle parallèle à l'axe des x ...... $\frac{\mathrm{x}\, f(r')}{r'}\ \frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt}$,

celle parallèle à l'axe des y ...... $\frac{\mathrm{y}\, f(r')}{r'}\ \frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt}$,

celle parallèle à l'axe des z ...... $\frac{\mathrm{z}\, f(r')}{r'}\ \frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt}$.

La caractéristique S désignant une somme de termes semblables entre eux relatifs aux divers atomes dont les centres sont intégralement situés soit dans les plans $(x'y',\ x'z',\ y'z')$, ou dans le plan de l'équateur de m; on aura pour la somme des composantes des forces élastiques provoquées par la rotation de m, en posant pour abréger

$$\frac{\psi(\mathrm{r})}{\mathrm{r}}=\varphi(\mathrm{r}) \quad \text{et} \quad \frac{f(r')}{r'}=\varpi(r')$$

composantes parallèles à l'axe des x $\quad \mathrm{S}z\varphi(\mathrm{r})\frac{d\cdot\Delta q}{dt}-\mathrm{S}\mathrm{y}\varphi(\mathrm{r})\frac{d\cdot\Delta r}{dt}+\mathrm{S}\mathrm{x}\varpi(r')\frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt}$,

composantes parallèles à l'axe des y $\quad \mathrm{S}\mathrm{x}\varphi(\mathrm{r})\frac{d\cdot\Delta r}{dt}-\mathrm{S}z\varphi(\mathrm{r})\frac{d\cdot\Delta p}{dt}+\mathrm{S}\mathrm{y}\varpi(r')\frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt}$,

composantes parallèles à l'axe des z $\quad \mathrm{S}\mathrm{y}\varphi(\mathrm{r})\frac{d\Delta p}{dt}-\mathrm{S}\mathrm{x}\varphi(\mathrm{r})\frac{d\cdot\Delta q}{dt}+\mathrm{S}z\varpi(r')\frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt}$.

26.

Expression des composantes des forces élastiques de torsion.

Désignons par $\mathfrak{A}$ les composantes parallèles à l'axe des x des forces élastiques provoquées par la rotation de m, par $\mathfrak{B}$ celles parallèles à l'axe des y et par $\mathfrak{C}$ celles parallèles à l'axe des z. Nous appellerons ces composantes, composantes des forces élastiques de torsion; nous aurons

$$(3) \ldots \left\{\begin{aligned}
\mathfrak{A}&=\mathrm{S}z\varphi(\mathrm{r})\frac{d\cdot\Delta q}{dt}-\mathrm{S}\mathrm{y}\varphi(\mathrm{r})\frac{d\cdot\Delta r}{dt}+\mathrm{S}\mathrm{x}\varpi(r')\frac{d\Delta\varepsilon}{dt},\\
\mathfrak{B}&=\mathrm{S}\mathrm{x}\varphi(\mathrm{r})\frac{d\Delta(r)}{dt}-\mathrm{S}z\varphi(\mathrm{r})\frac{d\Delta p}{dt}+\mathrm{S}\mathrm{y}\varpi(r')\frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt},\\
\mathfrak{C}&=\mathrm{S}\mathrm{y}\varphi(\mathrm{r})\frac{d\Delta p}{dt}-\mathrm{S}\mathrm{x}\varphi(\mathrm{r})\frac{d\Delta q}{dt}+\mathrm{S}z\varpi(r')\frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt},\\
\varepsilon^2&=p^2+q^2+r^2.
\end{aligned}\right.$$

On donnera aux expressions précédentes une forme plus simple et plus facile pour les applications en observant que $\frac{d\Delta\varepsilon}{dt}$ représente la différence entre la force $\frac{d\varepsilon}{dt}+\frac{d\Delta\varepsilon}{dt}$ qui, à l'époque t, accélère le mouvement de l'atome m' dont les coordonnées sont $(x+\text{x},\ y+\text{y},\ z+\text{z})$ et la force $\frac{d\varepsilon}{dt}$ qui accélère le mouvement de l'atome m dont les coordonnées du centre sont $(x,\ y,\ z)$.

Mais ε est une fonction de x, y, z et de t; on obtiendra donc $\varepsilon+\Delta\varepsilon$ en remplaçant dans ε, x par $x+\text{x}$, y par $y+\text{y}$, z par $z+\text{z}$, puis en développant d'après le théorème de Taylor, suivant les puissances de $(\text{x},\ \text{y},\ \text{z})$. En négligeant les puissances supérieures de $(\text{x},\ \text{y},\ \text{z})$ à côté des premières, on trouvera

$$\Delta\varepsilon=\frac{d\varepsilon}{dx}\text{x}+\frac{d\varepsilon}{dy}\text{y}+\frac{d\varepsilon}{dz}\text{z},$$

$$\frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt}=\frac{d^2\varepsilon}{dxdt}\text{x}+\frac{d^2\varepsilon}{dydt}\text{y}+\frac{d^2\varepsilon}{dzdt}\text{z}.$$

et à l'aide de cette expression on trouvera sans peine

$$S\text{x}\varpi(r')\frac{d\Delta\varepsilon}{dt}=\frac{d^2\varepsilon}{dxdt}S\text{x}^2\varpi(r')+\frac{d^2\varepsilon}{dydt}S\text{xy}\varpi(r')+\frac{d^2\varepsilon}{dzdt}S\text{xz}\varpi(r')$$

$$S\text{y}\varpi(r')\frac{d\Delta\varepsilon}{dt}=\frac{d^2\varepsilon}{dxdt}S\text{xy}\varpi(r')+\frac{d^2\varepsilon}{dydt}S\text{y}^2\varpi(r')+\frac{d^2\varepsilon}{dzdt}S\text{yz}\varpi(r').$$

$$S\text{z}\varpi(r')\frac{d\Delta\varepsilon}{dt}=\frac{d^2\varepsilon}{dxdt}S\text{xz}\varpi(r')+\frac{d^2\varepsilon}{dydt}S\text{yz}\varpi(r')+\frac{d^2\varepsilon}{dzdt}S\text{z}^2\varpi(r').$$

Or, si le corps est homogène on doit avoir

$$S\text{xy}\varpi(r')=o,\quad S\text{xz}\varpi(r')=o.\quad S\text{yz}\varpi(r')=o;$$

car, en supposant les atomes symétriquement distribués par rapport aux plans des coordonnées, les sommes qui contiennent une puissance impaire de x, y ou z sont nulles. On a donc

$$S\text{x}\varpi(r')\frac{d\Delta\varepsilon}{dt\varepsilon}=\frac{d^2\varepsilon}{dtdx}S\text{x}^2\varpi(r'),$$

$$S\text{y}\varpi(r')\frac{d\Delta\varepsilon}{dt}=\frac{d^2\varepsilon}{dtdy}S\text{y}^2\varpi(r').$$

$$S\text{z}\varpi(r')\frac{d\cdot\Delta\varepsilon}{dt}=\frac{d^2\varepsilon}{dtdz}S\text{z}^2\varpi(r').$$

27.

Simplifications.

La valeur de $\frac{d\Delta r}{dt}$ telle qu'elle a été définie dans le paragraphe 22, est la différence entre $\left(\frac{dr}{dt}+\frac{d\Delta r}{dt}\right)$ et $\frac{dr}{dt}$. Or $\frac{dr}{dt}$ est, comme nous l'avons vu dans le même paragraphe, la force qui accélère la composante du mouvement de rotation de m autour de l'axe des z' fig. 3; $\left(\frac{dr}{dt}+\frac{d\Delta r}{dt}\right)$ est celle qui accélère le mouvement de rotation de $m_{\prime}$ autour d'une parallèle à l'axe des z' passant par le centre E de m', centre qui est situé dans le plan des $x'y'$.

L'atome m_1 a pour coordonnées $(x+X, y+Y, z+o)$, les coordonnées de l'atome m sont (x, y, z). Puisque r est une fonction de (x, y, z) et du temps t, on trouvera $r+\Delta r$ en changeant dans r, x en $x+X$, y en $y+Y$, z en $z+o$, et en développant d'après le théorème de Taylor suivant les puissances ascendantes de (X, Y, Z); on aura en négligeant les puissances de X, Y et de Z supérieures à la première

$$\Delta r=\frac{dr}{dx}X+\frac{dr}{dy}Y,$$

$$\frac{d\Delta r}{dt}=\frac{d^2r}{dxdt}X+\frac{d^2r}{dydt}Y,$$

De même $\frac{dq}{dt}+\frac{d\cdot\Delta q}{dt}$ accélère (paragraphe 23) le mouvement de rotation autour d'un axe parallèle à celui des y' de l'atome m_2 (fig. 4), tandis que $\frac{dq}{dt}$ représente une force qui accélère la rotation de m autour de y': les coordonnées de m_1 sont $(x+X, y+o, z+Z)$, ceux de m sont (x, y, z) et comme q est fonction de (x, y, z) et de t, on aura

$$\Delta q=\frac{dq}{dx}X+\frac{dq}{dz}Z,$$

$$\frac{d\Delta q}{dt}=\frac{d^2q}{dxdt}X+\frac{d^2q}{dzdt}Z.$$

On néglige les puissances supérieures à la première des quantités très petites X et Z.

Enfin (paragraphe 24) $\frac{dp}{dt}+\frac{d\Delta p}{dt}$ accélère la rotation autour d'un axe parallèle à l'axe des x' et passant par le centre de figure de l'atome m_3 (fig. 5), $\frac{dp}{dt}$ accélère celle de l'atome m. L'atome m_3 est situé dans le plan des $(y'z')$ et les coordonnées de son centre sont $(x+o, y+Y, z+Z)$, celles de m sont (x, y, z), on aura donc en opérant toujours de la même manière

$$\frac{d\cdot\Delta p}{dt}=\frac{d^2p}{dydt}Y+\frac{d^2p}{dzdt}Z.$$

28.

Expressions simplifiées des forces élastiques de torsion.

Si nous observons que toutes les sommes qui contiennent les puissances impaires de X, Y ou de Z sont nulles, les expressions du paragraphe précédent se réduiront à

$$SY\varphi(r)\frac{d\Delta r}{dt}=\frac{d^2r}{dydt}SY^2\varphi(r),\quad SX\varphi(r)\frac{d\Delta r}{dt}=\frac{d^2r}{dxdt}SX^2\varphi(r),$$

$$SX\varphi(r)\frac{d\cdot\Delta q}{dt}=\frac{d^2q}{dxdt}SX^2\varphi(r),\quad SZ\varphi(r)\frac{d\Delta q}{dt}=\frac{d^2q}{dzdt}SZ^2\varphi(r).$$

$$SZ\varphi(r)\frac{d\Delta p}{dt}=\frac{d^2p}{dzdt}SZ^2\varphi(r),\quad SY\varphi(r)\frac{d\cdot\Delta p}{dt}=\frac{d^2p}{dydt}SY^2\varphi(r).$$

En ayant égard à ces expressions et à celles trouvées dans le paragraphe 26, les équations (3) prendront la forme

$$(4) \ldots \left\{\begin{array}{l} \mathfrak{A}=\dfrac{d^2q}{dzdt}\mathrm{S}z^2\varphi(\mathrm{r})-\dfrac{d^2r}{dydt}\mathrm{S}\mathrm{y}^2\varphi(\mathrm{r})+\dfrac{d^2\varepsilon}{dxdt}\mathrm{S}\mathrm{x}^2\varpi(r'), \\ \mathfrak{B}=\dfrac{d^2r}{dxdt}\mathrm{S}\mathrm{x}^2\varphi(\mathrm{r})-\dfrac{d^2p}{dzdt}\mathrm{S}z^2\varphi(\mathrm{r})+\dfrac{d^2\varepsilon}{dydt}\mathrm{S}\mathrm{y}^2\varpi(r'), \\ \mathfrak{C}=\dfrac{d^2p}{dydt}\mathrm{S}\mathrm{y}^2\varphi(\mathrm{r})-\dfrac{d^2q}{dxdt}\mathrm{S}\mathrm{x}^2\varphi(\mathrm{r})+\dfrac{d^2\varepsilon}{dzdt}\mathrm{S}z^2\varpi(r'). \\ \varepsilon^2=p^2+q^2+r^2. \end{array}\right.$$

Telles sont, à l'époque t, les équations qui fournissent les composantes ($\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$) parallèles aux axes des $(x,\ y,\ z)$ des forces élastiques de torsion dans un corps homogène.

CHAPITRE II.

Expression des forces élastiques de traction, du mouvement de rotation, et des forces élastiques de torsion dans les corps homogènes et d'élasticité constante.

29.

Les expressions (b) du chapitre précédent, fournissent les valeurs des projections A, B, C des forces qui, à l'époque t, produisent les petites vibrations de l'atome m; ces expressions ont la forme élégante que leur a donnée Cauchy. $(x,\ y,\ z)$ sont les coordonnées de la position qu'occupe le centre de l'atome m lorsqu'il est en repos et c'est autour de cette position d'équilibre que m oscille; $(\xi,\ \eta,\ \zeta)$ sont, à l'époque t, les projections parallèlement aux $(x,\ y,\ z)$ de ces petites oscillations de m. Ces variables $(\xi,\ \eta,\ \zeta)$ sont donc fonction de $(x,\ y,\ z)$ et du temps t.

La molécule voisine m', lorsqu'elle est en repos, a pour coordonnées $(x+\mathrm{x},\ y+\mathrm{y},\ z+\mathrm{z})$; et les projections parallèlement aux $(x,\ y,\ z)$ de ses petits déplacements sont, à la même époque t, $(\xi+\Delta\xi,\ \eta+\Delta\eta,\ \zeta+\Delta\zeta)$. Enfin r est la distance qui sépare le centre de m de celui de m' durant l'équilibre, et $r+\rho$ est la même distance qui les sépare après le temps t pendant le mouvement. On a donc comme on l'a vu au commencement du précédent chapitre

$$(a) \ldots \left\{\begin{array}{l} r^2=\mathrm{x}^2+\mathrm{y}^2+\mathrm{z}^2, \\ (r+\rho)^2=(\mathrm{x}+\Delta\xi)^2+(\mathrm{y}+\Delta\eta)^2+(\mathrm{z}+\Delta\zeta)^2, \end{array}\right.$$

ou en négligeant les carrés et les puissances supérieures de $\Delta\xi$, $\Delta\eta$, $\Delta\zeta$,

$$\rho=\frac{\mathrm{x}\Delta\xi+\mathrm{y}\Delta\eta+\mathrm{z}\Delta\zeta}{r}.$$

Ainsi ρ représente la partie variable de la distance, qui à l'époque t, sépare le centre de m de celui de m'. D'après ce qui précède, il est évident qu'on obtiendra $\xi+\Delta\xi$, $\eta+\Delta\eta$, $\zeta+\Delta\zeta$, à l'aide de ξ, η, ζ, en changeant dans celles-ci (x, y, z) en $(x+\text{X}, y+\text{Y}, z+\text{Z})$. Développons d'après le théorème de Taylor suivant les puissances de X, Y, Z, nous aurons

$$(b) \ldots \left\{\begin{aligned} \Delta\xi &= \frac{d\xi}{dx}\text{X} + \frac{d\xi}{dy}\text{Y} + \frac{d\xi}{dz}\text{Z} + \tfrac{1}{2}\left(\frac{d^2\xi}{dx^2}\text{X}^2 + \frac{d^2\xi}{dy^2}\text{Y}^2 + \frac{d^2\xi}{dz^2}\text{Z}^2 + 2\frac{d^2\xi}{dxdy}\text{XY} + 2\frac{d^2\xi}{dxdz}\text{XZ} + 2\frac{d^2\xi}{dydz}\text{YZ}\right) + \text{etc.} \\ \Delta\eta &= \frac{d\eta}{dx}\text{X} + \frac{d\eta}{dy}\text{Y} + \frac{d\eta}{dz}\text{Z} + \ldots\ldots \\ \Delta\zeta &= \frac{d\zeta}{dx}\text{X} + \frac{d\zeta}{dy}\text{Y} + \frac{d\zeta}{dz}\text{Z} + \ldots\ldots \end{aligned}\right.$$

et par suite

$$\varrho = \frac{1}{r}\left[\begin{aligned} &\frac{d\xi}{dx}\text{X}^2 + \frac{d\eta}{dy}\text{Y}^2 + \frac{d\zeta}{dr}\text{Z}^2 + \left(\frac{d\zeta}{dy} + \frac{d\eta}{dz}\right)\text{YZ} \\ &+ \left(\frac{d\xi}{dz} + \frac{d\zeta}{dx}\right)\text{XZ} + \left(\frac{d\eta}{dx} + \frac{d\xi}{dy}\right)\text{XY}. \end{aligned}\right]$$

Or, d'après la première équation (a) $\frac{\text{X}}{r}$, $\frac{\text{Y}}{r}$, $\frac{\text{Z}}{r}$ sont les cosinus des angles que fait la direction de r avec les axes des (x, y, z); désignons respectivement ces *cosinus* par $\cos\alpha$, $\cos\beta$, $\cos\gamma$, la valeur de ϱ pourra s'écrire

$$\frac{\varrho}{r} = \left[\begin{aligned} &\frac{d\xi}{dx}\cos^2\alpha + \frac{d\eta}{dy}\cos^2\beta + \frac{d\zeta}{dz}\cos^2\gamma + \left(\frac{d\zeta}{dy} + \frac{d\eta}{dz}\right)\cos\beta\ \cos\gamma \\ &+ \left(\frac{d\xi}{dz} + \frac{d\zeta}{dx}\right)\cos\gamma\ \cos\alpha + \left(\frac{d\eta}{dx} + \frac{d\xi}{dy}\right)\cos\alpha\ \cos\beta. \end{aligned}\right]$$

Le rapport $\frac{\varrho}{r}$ est la dilatation linéaire au point (x, y, z). Cette dilatation se réduit à $\frac{d\xi}{dx}$ si r est parallèle aux x, ou si $\alpha = o$, $\beta = \frac{\pi}{2}$, $\gamma = \frac{\pi}{2}$; à $\frac{d\eta}{dy}$ si r est parallèle aux y, ou si $\alpha = \frac{\pi}{2}$, $\beta = o$, $\gamma = \frac{\pi}{2}$; à $\frac{d\zeta}{dz}$ si r est parallèle aux z, ou si $\alpha = \frac{\pi}{2}$, $\beta = \frac{\pi}{2}$, $\gamma = o$.

D'après ces valeurs, la ligne dx, prise lors de l'état primitif, devient $dx\left(1 + \frac{d\xi}{dx}\right)$ après la déformation, dy devient $dy\left(1 + \frac{d\eta}{dy}\right)$ et dz devient $dz\left(1 + \frac{d\zeta}{dz}\right)$. L'élément primitif $dx\,dy\,dz$ devient alors

$$dx\,dy\,dz\left(1 + \frac{d\xi}{dx}\right)\left(1 + \frac{d\eta}{dy}\right)\left(1 + \frac{d\zeta}{dz}\right),$$

ou simplement

$$dx\,dy\,dz\left(1 + \frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz}\right),$$

en négligeant les produits des dilatations linéaires; et la dilatation cubique au point (x, y, z), que nous désignerons dorénavant par ϑ, est donnée par la formule

$$(5) \quad \ldots \quad \vartheta = \frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz}.$$

30.

Ramenons maintenant les seconds membres des expressions *(b)* du paragraphe 19, qui ont la forme générale que leur a donnée Cauchy, à ce qu'ils deviennent lorsqu'on considère un milieu homogène et d'élasticité constante.

Remplaçons dans ces expressions $\Delta\xi$, $\Delta\eta$ et $\Delta\zeta$ par les développements *(b)* du paragraphe précédent, et observons que dans un corps homogène et d'élasticité constante, les atomes sont régulièrement distribués, c'est-à-dire qu'on peut regarder chaque atome comme centre de tout le système et supposer que tous sont placés deux à deux symétriquement par rapport à l'un d'eux, en un mot, que leur distribution est la même par rapport aux trois plans des coordonnées. De cette régularité dans la distribution des atomes résulte comme on sait, que toute série telle que $\Sigma m\mathrm{x}f(r)$, $\Sigma m\mathrm{y}f(r)$, $\Sigma m\mathrm{z}f(r)$, $\Sigma m\mathrm{x}\mathrm{y}f(r)$, $\Sigma m\mathrm{x}\mathrm{z}f(r)$, ... et en général toute série qui contient une puissance impaire de x de y ou de z est nulle. En outre, puisque la distribution des atomes est la même par rapport aux trois plans, on doit avoir

$$\Sigma m\mathrm{x}^2 f(r) = \Sigma m\mathrm{y}^2 f(r) = \Sigma m\mathrm{z}^2 f(r),$$

$$\Sigma m\mathrm{x}^2\mathrm{y}^2 \frac{f'(r)}{r} = \Sigma m\mathrm{x}^2\mathrm{z}^2 \frac{f'(r)}{r} = \Sigma m\mathrm{y}^2\mathrm{z}^2 \frac{f'(r)}{r},$$

$$\Sigma m\mathrm{x}^4 \frac{f'(r)}{r} = \Sigma m\mathrm{y}^4 \frac{f'(r)}{r} = \Sigma m\mathrm{z}^4 \frac{f'(r)}{r}.$$

Cela étant, les expressions des A, B, C fournies par les équations *(b)* du paragraphe 19 prendront, réductions faites, la forme suivante:

$$\begin{aligned}
\mathrm{A} = {} & \frac{d^2\xi}{dx^2}\left(\Sigma\frac{m\mathrm{x}^2 f(r)}{2} + \Sigma\frac{m\mathrm{x}^4 f'(r)}{2r}\right) + \frac{d^2\xi}{dy^2}\left(\Sigma\frac{m\mathrm{y}^2 f(r)}{2} + \Sigma\frac{m\mathrm{x}^2\mathrm{y}^2 f'r}{2r}\right) \\
& + \frac{d^2\xi}{dz^2}\left(\Sigma\frac{m\mathrm{z}^2 f(r)}{2} + \Sigma\frac{m\mathrm{x}^2\mathrm{z}^2 f'(r)}{2r}\right) + \frac{d^2\eta}{dxdy}\Sigma\frac{m\mathrm{x}^2\mathrm{y}^2 f'(r)}{r} + \frac{d^2\zeta}{dxdz}\Sigma\frac{m\mathrm{x}^2\mathrm{z}^2 f'(r)}{r}, \\
\mathrm{B} = {} & \frac{d^2\eta}{dx^2}\left(\Sigma\frac{m\mathrm{x}^2 f(r)}{2} + \Sigma\frac{m\mathrm{x}^2\mathrm{y}^2 f'(r)}{2r}\right) + \frac{d^2\eta}{dy^2}\left(\Sigma\frac{m\mathrm{y}^2 f(r)}{2} + \Sigma\frac{m\mathrm{y}^4 f'(r)}{2r}\right) \\
& + \frac{d^2\eta}{dz^2}\left(\Sigma\frac{m\mathrm{z}^2 f(r)}{2} + \Sigma\frac{m\mathrm{y}^2\mathrm{z}^2 f'(r)}{2r}\right) + \frac{d^2\xi}{dxdy}\Sigma\frac{m\mathrm{x}^2\mathrm{y}^2 f'(r)}{r} + \frac{d^2\zeta}{dydz}\Sigma\frac{m\mathrm{y}^2\mathrm{z}^2 f'(r)}{r}, \\
\mathrm{C} = {} & \frac{d^2\zeta}{dx^2}\left(\Sigma\frac{m\mathrm{x}^2 f(r)}{2} + \Sigma\frac{m\mathrm{x}^2\mathrm{z}^2 f(r)}{2r}\right) + \frac{d^2\zeta}{dy^2}\left(\Sigma\frac{m\mathrm{y}^2 f(r)}{2} + \Sigma\frac{m\mathrm{y}^2\mathrm{z}^2 f'(r)}{2r}\right) \\
& + \frac{d^2\zeta}{dz^2}\left(\Sigma\frac{m\mathrm{z}^2 f(r)}{2} + \Sigma\frac{m\mathrm{z}^4 f'(r)}{2r}\right) + \frac{d^2\xi}{dxdz}\Sigma\frac{m\mathrm{x}^2\mathrm{z}^2 f'(r)}{r} + \frac{d^2\eta}{dydz}\Sigma\frac{m\mathrm{y}^2\mathrm{z}^2 f'(r)}{r}.
\end{aligned}$$

31.

Concevons maintenant qu'on fasse tourner les axes des coordonnées de l'angle φ autour d'une parallèle à l'axe des z; on aura

$$X' = X\cos\varphi + Y\sin\varphi,$$

et

$$X'^4 = X^4\cos^4\varphi + Y^4\sin^4\varphi + 6X^2Y^2\cos^2\varphi\sin^2\varphi + 4X^3Y\cos^3\varphi\sin\varphi + 4XY^3\cos\varphi\sin^3\varphi;$$

or, les sommes qui contiennent des puissances impaires de X ou de Y sont nulles, et en outre on doit avoir $\Sigma\frac{mY^4f'(r)}{2r} = \Sigma\frac{mX^4f'(r)}{2r}$, d'où résulte

$$\Sigma\frac{mX'^4f'(r)}{2r} = (\cos^4\varphi + \sin^4\varphi)\Sigma\frac{mX^4f'(r)}{2r} + 6\sin^2\varphi\cos^2\varphi\,\Sigma\frac{mX^2Y^2f'(r)}{2r}$$

$$= (\cos^2\varphi + \sin^2\varphi)^2\Sigma\frac{mX^4f'(r)}{2r} + 2\sin^2\varphi\cos^2\varphi\left[3\Sigma\frac{mX^2Y^2f(r)}{2r} - \Sigma\frac{mX^4f'(r)}{2r}\right].$$

Mais la quantité $\Sigma\frac{mX'^4f'(r)}{2r}$ doit conserver la même valeur, quelle que soit la direction des axes des coordonnées; on a donc

$$\Sigma\frac{mX^4f'(r)}{2r} = 3\Sigma\frac{mX^2Y^2f'(r)}{2r},$$

et ainsi

$$\Sigma\frac{mX^4f'(r)}{2r} = \tfrac{3}{2}\Sigma\frac{mX^2Y^2f'(r)}{r}.$$

Posons

$$\tfrac{1}{2}\Sigma mX^2f(r) = \tfrac{1}{2}\Sigma mY^2f(r) = \tfrac{1}{2}\Sigma mZ^2f(r) = g,$$

$$\tfrac{1}{2}\Sigma\frac{mX^2Y^2f'(r)}{r} = \frac{1}{2.3}\Sigma\frac{mX^4f'(r)}{r} = h,$$

les expressions des (A, B, C) du paragraphe précédent deviennent en définitif

$$(6)\ \ldots \left\{\begin{aligned}
A &= (g+h)\left(\frac{d^2\xi}{dx^2} + \frac{d^2\xi}{dy^2} + \frac{d^2\xi}{dz^2}\right) + 2h\frac{d\cdot}{dx}\left(\frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz}\right),\\
B &= (g+h)\left(\frac{d^2\eta}{dx^2} + \frac{d^2\eta}{dy^2} + \frac{d^2\eta}{dz^2}\right) + 2h\frac{d\cdot}{dy}\left(\frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz}\right),\\
C &= (g+h)\left(\frac{d^2\zeta}{dx^2} + \frac{d^2\zeta}{dy^2} + \frac{d^2\zeta}{dz^2}\right) + 2h\frac{d\cdot}{dz}\left(\frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz}\right).
\end{aligned}\right.$$

Il est facile de s'assurer, en ayant égard à l'équation (5), que les expressions des A, B, C peuvent encore s'écrire sous la forme suivante

$$(7)\ \ldots \left\{\begin{aligned}
A &= (g+3h)\frac{d\vartheta}{dx} + (g+h)\left[\frac{d\cdot}{dz}\left(\frac{d\xi}{dz} - \frac{d\zeta}{dx}\right) - \frac{d\cdot}{dy}\left(\frac{d\eta}{dx} - \frac{d\xi}{dy}\right)\right],\\
B &= (g+3h)\frac{d\vartheta}{dy} + (g+h)\left[\frac{d\cdot}{dx}\left(\frac{d\eta}{dx} - \frac{d\xi}{dy}\right) - \frac{d\cdot}{dz}\left(\frac{d\zeta}{dy} - \frac{d\eta}{dz}\right)\right],\\
C &= (g+3h)\frac{d\vartheta}{dz} + (g+h)\left[\frac{d\cdot}{dy}\left(\frac{d\zeta}{dy} - \frac{d\eta}{dz}\right) - \frac{d\cdot}{dx}\left(\frac{d\xi}{dz} - \frac{d\zeta}{dx}\right)\right].\\
\vartheta &= \frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz}.
\end{aligned}\right.$$

On ne perdra point de vue que ϑ désigne la dilatation au point (x, y, z).

32.

Les seconds membres des équations (7) fournissent l'expression des composantes des forces élastiques de traction, forces qui résultent, à l'époque t, du déplacement du centre de la molécule m, lorsque le milieu qu'on considère est homogène et d'élasticité constante. Ces expressions sont bien connues; elles ont été trouvées par Cauchy et par Lamé. Examinons maintenant si ces forces ne sont pas de nature à faire tourner l'atome m autour de son centre de figure. Si tel est le cas, si ces forces tendent à faire tourner m, elles provoqueront évidemment des forces élastiques tangentielles, qui n'entrent pas dans les équations (7), et auxquelles on devra avoir égard puisqu'elles sont de nature à modifier le mouvement de m.

Dans le paragraphe 20, nous avons vu que les seconds membres des équations (2) fournissent à l'aide des (A, B, C), des couples qui, à l'époque t, agissent sur m, et que p, q, r représentent les composantes des vitesses de rotation de m. Déterminons maintenant la forme des équations (2) lorsque le milieu est homogène et d'élasticité constante.

On déduit des équations (7)

$$\frac{d\mathrm{C}}{dy} = (g+3h)\frac{d^2\vartheta}{dydz} + (g+h)\left[\frac{d^2}{dy^2}\left(\frac{d\zeta}{dy} - \frac{d\eta}{dz}\right) - \frac{d^2}{dxdy}\left(\frac{d\xi}{dz} - \frac{d\zeta}{dx}\right)\right],$$

$$\frac{d\mathrm{B}}{dz} = (g+3h)\frac{d^2\vartheta}{dydz} + (g+h)\left[\frac{d^2}{dxdz}\left(\frac{d\eta}{dx} - \frac{d\xi}{dy}\right) - \frac{d^2}{dz^2}\left(\frac{d\zeta}{dy} - \frac{d\eta}{dz}\right)\right],$$

ce qui fournit, réductions faites,

$$\tfrac{1}{2}\left(\frac{d\mathrm{C}}{dy} - \frac{d\mathrm{B}}{dz}\right) = \left(\frac{g+h}{2}\right)\left[\frac{d^2}{dx^2}\left(\frac{d\zeta}{dy} - \frac{d\eta}{dz}\right) + \frac{d^2}{dy^2}\left(\frac{d\zeta}{dy} - \frac{d\eta}{dz}\right) + \frac{d^2}{dz^2}\left(\frac{d\zeta}{dy} - \frac{d\eta}{dz}\right)\right].$$

Remarquons d'abord que le terme en ϑ a disparu dans l'expression précédente, qui est celle d'un couple qui fait tourner l'atome sphérique m autour de l'axe des x. Cette remarque est importante et nous aurons l'occasion d'y revenir plus tard.

Si nous nommons, avec Lamé, potentiel du second ordre de α l'expression

$$\frac{d^2\alpha}{dx^2} + \frac{d^2\alpha}{dy^2} + \frac{d^2\alpha}{dz^2},$$

et si, pour abréger, nous désignons par $\Delta^2\alpha$ le potentiel du second ordre par rapport à α, en sorte que prendre le Δ^2 d'une fonction c'est faire la somme des trois résultats obtenus, en dérivant successivement cette fonction deux fois par rapport à x, deux fois par rapport à y et deux fois par rapport à z, on pourra écrire

$$\Delta^2 = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2},$$

et

$$\Delta^4 = \frac{d^4}{dx^4} + \frac{d^4}{dy^4} + \frac{d^4}{dz^4} + 2\frac{d^4}{dx^2dy^2} + 2\frac{d^4}{dx^2dz^2} + 2\frac{d^4}{dy^2dz^2},$$

nous pourrons, à l'aide de ces notations adoptées par Lamé, écrire comme suit l'équation précédente

$$\frac{1}{2}\left(\frac{dc}{dy}-\frac{db}{dz}\right)=\frac{g+h}{2}\Delta^2\left(\frac{d\zeta}{dy}-\frac{d\eta}{dz}\right).$$

Remplaçons dans la première des équations (2) l'expression de $\frac{1}{2}\left(\frac{dc}{dy}-\frac{db}{dz}\right)$ par cette valeur, nous aurons pour l'équation du mouvement de rotation de m autour d'un axe parallèle à l'axe des x,

$$(8) \ldots \left\{\begin{aligned}
&\frac{dp}{dt}=\frac{g+h}{2}\Delta^2\left(\frac{d\zeta}{dy}-\frac{d\eta}{dz}\right),\\
&\frac{dq}{dt}=\frac{g+h}{2}\Delta^2\left(\frac{d\xi}{dz}-\frac{d\zeta}{dx}\right),\\
&\frac{dr}{dt}=\frac{g+h}{2}\Delta^2\left(\frac{d\eta}{dx}-\frac{d\xi}{dy}\right),\\
&\varepsilon^2=p^2+q^2+r^2.
\end{aligned}\right.$$

La seconde et la troisième équation précédente s'obtiennent à l'aide des groupes d'équations (7) et (2) de la même manière qu'on a obtenu la première.

Les trois premières équations précédentes serviront à déterminer p, q, r, et la quatrième fournira la vitesse de rotation de m. De plus, on sait que les *cosinus* des angles que fait l'axe instantané de rotation avec les axes des (x, y, z) sont fournis respectivement par les expressions

$$\frac{p}{\varepsilon},\quad \frac{q}{\varepsilon},\quad \frac{r}{\varepsilon};$$

en sorte que ce mouvement n'a plus rien d'indéterminé.

Pour que la vitesse de rotation fût nulle, il faudrait que l'on eût:

$$(d) \ldots\ldots \frac{d\zeta}{dy}=\frac{d\eta}{dz},\quad \frac{d\xi}{dz}=\frac{d\zeta}{dx},\quad \frac{d\eta}{dx}=\frac{d\xi}{dy};$$

or, nous verrons que quand ces conditions sont remplies le mouvement vibratoire ne saurait plus être transversal ou lumineux, mais qu'il pourrait encore être longitudinal.

33.

Si les équations *(d)* n'ont pas lieu, l'atome m tourne autour d'un de ses diamètres et ce mouvement provoque des forces élastiques de torsion qu'il n'est pas permis de négliger, puisque les forces élastiques de torsion fournissent des composantes parallèles aux axes (x, y, z). Nous avons, dans le chapitre précédent, représenté ces composantes par $(\mathfrak{A}, \mathfrak{B}, \mathfrak{C})$ et leurs expressions sont données par le groupe d'équations (4) du paragraphe 28. Or, ces composantes agissent sur l'atome m de même et en même temps que les composantes (A, B, C) en sorte que les composantes qui agissent sur m, à l'époque t, sont:

celles parallèles à l'axe des x $\quad$ $\text{A}+\mathfrak{A}$,
celles parallèles à l'axe des y $\quad$ $\text{B}+\mathfrak{B}$,
celles parallèles à l'axe des z $\quad$ $\text{C}+\mathfrak{C}$,

et l'on doit avoir pour les équations du mouvement de m,

$$(9) \ldots \begin{cases} \dfrac{d^2\xi}{dt^2} = \text{A} + \mathfrak{A}, \\ \dfrac{d^2\eta}{dt^2} = \text{B} + \mathfrak{B}, \\ \dfrac{d^2\zeta}{dt^2} = \text{C} + \mathfrak{C}. \end{cases}$$

34.

Cherchons l'expression des ($\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$) lorsque le corps est homogène et d'élasticité constante. Dans ce cas les molécules sont symétriquement distribuées par rapport aux plans des coordonnées et l'on sait qu'on doit avoir alors

$$\text{S}z^2\varphi(\text{r}) = \text{S}\text{y}^2\varphi(\text{r}) = \text{S}\text{x}^2\varphi(\text{r}) = 2\mathfrak{s}^2,$$

$$\text{S}\text{x}^2\varpi(r') = \text{S}\text{y}^2\varpi(r') = \text{S}z^2\varpi(r') = k^2.$$

$\mathfrak{s}$ et k étant des constantes à déterminer par l'expérience pour chaque milieu en particulier. Substituons ces valeurs dans les équations (4) du paragraphe 28, nous aurons pour les composantes parallèles aux (x, y, z) des forces élastiques de torsion qui, à l'époque t, réagissent sur l'atome m,

$$\mathfrak{A} = 2\mathfrak{s}^2\left(\frac{d^2q}{dtdz} - \frac{d^2r}{dtdy}\right) + k^2\frac{d^2\varepsilon}{dtdx},$$

$$\mathfrak{B} = 2\mathfrak{s}^2\left(\frac{d^2r}{dtdx} - \frac{d^2p}{dtdz}\right) + k^2\frac{d^2\varepsilon}{dtdy},$$

$$\mathfrak{C} = 2\mathfrak{s}^2\left(\frac{d^2p}{dtdy} - \frac{d^2q}{dtdx}\right) + k^2\frac{d^2\varepsilon}{dtdz}.$$

ou en ayant égard aux équations (8)

$$(10) \ldots \begin{cases} \mathfrak{A} = \mathfrak{s}^2(g+h)\Delta^2\left[\dfrac{d\cdot}{dz}\left(\dfrac{d\xi}{dz} - \dfrac{d\zeta}{dx}\right) - \dfrac{d\cdot}{dy}\left(\dfrac{d\eta}{dx} - \dfrac{d\xi}{dy}\right)\right] + k^2\dfrac{d^2\varepsilon}{dtdx}, \\ \mathfrak{B} = \mathfrak{s}^2(g+h)\Delta^2\left[\dfrac{d\cdot}{dx}\left(\dfrac{d\eta}{dx} - \dfrac{d\xi}{dy}\right) - \dfrac{d\cdot}{dz}\left(\dfrac{d\zeta}{dy} - \dfrac{d\eta}{dz}\right)\right] + k^2\dfrac{d^2\varepsilon}{dtdy}, \\ \mathfrak{C} = \mathfrak{s}^2(g+h)\Delta^2\left[\dfrac{d\cdot}{dy}\left(\dfrac{d\zeta}{dy} - \dfrac{d\eta}{dz}\right) - \dfrac{d\cdot}{dx}\left(\dfrac{d\xi}{dz} - \dfrac{d\zeta}{dx}\right)\right] + k^2\dfrac{d^2\varepsilon}{dtdz}, \\ \varepsilon^2 = p^2 + q^2 + r^2. \end{cases}$$

Substituons dans les équations (9) les valeurs des (A, B, C) fournies par le groupe des équations (7) du paragraphe 31 et les valeurs ($\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$) du groupe des équations précédentes, nous trouverons enfin pour les équations du mouvement de l'atome m

$$
(11)\left\{
\begin{aligned}
\frac{d^2\xi}{dt^2} &= (g+3h)\frac{d\vartheta}{dx} + (g+h)\left\{\frac{d\cdot}{dz}\left(\frac{d\xi}{dz}-\frac{d\zeta}{dx}\right) - \frac{d\cdot}{dy}\left(\frac{d\eta}{dx}-\frac{d\xi}{dy}\right) + \delta^2\Delta^2\left[\frac{d\cdot}{dz}\left(\frac{d\xi}{dz}-\frac{d\zeta}{dx}\right) - \frac{d\cdot}{dy}\left(\frac{d\eta}{dx}-\frac{d\xi}{dy}\right)\right]\right\} \\
&\qquad + k^2\frac{d^2\varepsilon}{dtdx}, \\
\frac{d^2\eta}{dt^2} &= (g+3h)\frac{d\vartheta}{dy} + (g+h)\left\{\frac{d\cdot}{dx}\left(\frac{d\eta}{dx}-\frac{d\xi}{dy}\right) - \frac{d\cdot}{dz}\left(\frac{d\zeta}{dy}-\frac{d\eta}{dz}\right) + \delta^2\Delta^2\left[\frac{d\cdot}{dx}\left(\frac{d\eta}{dx}-\frac{d\xi}{dy}\right) - \frac{d\cdot}{dz}\left(\frac{d\zeta}{dy}-\frac{d\eta}{dz}\right)\right]\right\} \\
&\qquad + k^2\frac{d^2\varepsilon}{dtdy}, \\
\frac{d^2\zeta}{dt^2} &= (g+3h)\frac{d\vartheta}{dz} + (g+h)\left\{\frac{d\cdot}{dy}\left(\frac{d\zeta}{dy}-\frac{d\eta}{dz}\right) - \frac{d\cdot}{dx}\left(\frac{d\xi}{dz}-\frac{d\zeta}{dx}\right) + \delta^2\Delta^2\left[\frac{d\cdot}{dy}\left(\frac{d\zeta}{dy}-\frac{d\eta}{dz}\right) - \frac{d\cdot}{dx}\left(\frac{d\xi}{dz}-\frac{d\zeta}{dx}\right)\right]\right\} \\
&\qquad + k^2\frac{d^2\varepsilon}{dtdz}, \\
\vartheta &= \frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz}, \\
\varepsilon^2 &= p^2 + q^2 + r^2.
\end{aligned}
\right.
$$

L'intégration de ces trois équations doit fournir les propriétés de la chaleur de conductibilité aussi bien que celles de la chaleur rayonnante et de la lumière et nous faire connaître le procédé mécanique employé par la nature pour transformer la chaleur rayonnante en chaleur de conductibilité et réciproquement.

Nous terminerons ce chapitre par une observation générale.

Nous avons vu que quand un atome m est déplacé d'une très petite quantité de sa position d'équilibre, les actions réciproques de m et des atomes voisins consistent à repousser cet atome m vers sa position d'équilibre. Or, ces forces provoquent m à tourner autour d'un de ses diamètres, ce mouvement engendre à son tour des forces élastiques que nous avons été amenés naturellement à déterminer en suivant une voie analogue à celle qu'ont suivie Fresnel et les géomètres de son école pour déterminer les lois du mouvement de la lumière. Nous sommes arrivés à cette conséquence si importante que le mouvement de rotation engendre des forces élastiques qui sont de nature à déplacer le centre de l'atome. Ainsi pas de déplacement transversal de m sans qu'en même temps il n'y ait rotation, mais aussi pas de rotation sans qu'en même temps il n'y ait de déplacement transversal, et en effet les équations (4) prouvent que les forces élastiques provoquées par la rotation, sont des composantes ($\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$) parallèles aux (x, y, z) qui nécessairement déplacent le centre de m.

De là une connexité entre le mouvement vibratoire de l'atome qui produit le rayonnement dans lequel le temps est un *cosinus*, et le mouvement calorifique qui n'a rien de périodique, qui diminue avec le temps sans pouvoir jamais devenir rigoureusement nul et dans lequel le temps est une exponentielle négative. Ce sont ces dernières propriétés auxquelles nous conduira l'intégration des équations (11).

CHAPITRE III.

Intégration des équations qui régissent les mouvements des atomes dans l'hypothèse que le milieu qu'on considère est parfaitement translucide et diathermane.

35.

Simplification des équations aux différentielles partielles qui régissent les mouvements des atomes.

Plaçons l'origine sur la première onde plane qui met en mouvement le premier atome de la surface du milieu pondérable que nous considérons.

Soient (m, n, l) les *cosinus* des angles que la normale à cette onde, qui est la direction de la propagation des vibrations, fait avec les axes des (x, y, z), on aura

$$(a) \quad \ldots \quad m^2+n^2+l^2=1.$$

Si l'on désigne par P la distance de l'origine à la dernière onde plane qui vibre, l'équation du plan de celle-ci sera

$$\mathrm{P}=mx+ny+lz.$$

Soit τ la durée d'une vibration, λ la longueur d'ondulation, V la vitesse de la propagation des ondes, en sorte qu'on ait

$$(c) \quad \ldots \quad \mathrm{V}=\frac{\lambda}{\tau},$$

V est une constante; λ est susceptible d'une infinité de valeurs, à chaque valeur particulière de λ correspond une valeur de τ telle que le rapport de λ à τ soit toujours égal à V.

Enfin soient (α, β, γ) les *cosinus* des angles que fait la direction de la vibration avec les (x, y, z), on aura

$$(b) \quad \ldots \quad \alpha^2+\beta^2+\gamma^2=1.$$

Nous satisferons aux équations (11) du paragraphe 34 en posant

$$(\mathrm{A}) \quad \ldots \quad \left\{\begin{array}{l} u=c\cos 2\pi\left(\frac{t}{\tau}-\frac{mx+ny+lz}{\lambda}\right) \quad s=c\sin 2\pi\left(\frac{t}{\tau}-\frac{mx+ny+lz}{\lambda}\right), \\ \xi=\alpha u, \quad \eta=\beta u, \quad \zeta=\gamma u. \end{array}\right.$$

De ces valeurs on déduit pour l'expression de la dilatation ϑ

$$(e) \quad \ldots \quad \vartheta=\frac{d\xi}{dx}+\frac{d\eta}{dy}+\frac{d\zeta}{dz}=\frac{2\pi}{\lambda}(m\alpha+n\beta+l\gamma)s.$$

Posons pour simplifier

$$(d) \quad \ldots \quad m\alpha+n\beta+l\gamma=\sigma,$$

σ représentera le *cosinus* de l'angle que fait la direction de la vibration avec celle de la propagation du mouvement vibratoire.

36.

Valeur de la vitesse de rotation quand le mouvement est vibratoire.

L'expression de la vitesse de rotation ε s'obtient à l'aide de la cinquième équation (11)

$$\varepsilon^2 = p^2 + q^2 + r^2,$$

et des trois premières équations (8) qui fournissent les valeurs de $(p,\ q,\ r)$.

On déduit des valeurs des $(\xi,\ \eta,\ \zeta)$ du paragraphe précédent, en ayant égard à l'équation *(a)* les expressions suivantes:

$$\frac{d\zeta}{dy} - \frac{d\eta}{dz} = \frac{2\pi}{\lambda} s(\gamma n - \beta l), \quad \Delta^2 \cdot \left(\frac{d\zeta}{dy} - \frac{d\eta}{dz}\right) = -\frac{8\pi^3}{\lambda^3} s(\gamma n - \beta l);$$

$$\frac{d\xi}{dz} - \frac{d\zeta}{dx} = \frac{2\pi}{\lambda} s(\alpha l - \gamma m), \quad \Delta^2 \cdot \left(\frac{d\xi}{dz} - \frac{d\zeta}{dx}\right) = -\frac{8\pi^3}{\lambda^3} s(\alpha l - \gamma m);$$

$$\frac{d\eta}{dx} - \frac{d\xi}{dy} = \frac{2\pi}{\lambda} s(\beta m - \alpha n), \quad \Delta^2 \cdot \left(\frac{d\eta}{dx} - \frac{d\xi}{dy}\right) = -\frac{8\pi^3}{\lambda^3} s(\beta m - \alpha n).$$

Substituons ces expressions dans les équations (8) et intégrons par rapport à t,

$$(f) \dots \quad \begin{cases} p = \dfrac{4\pi^2\tau}{\lambda^3}\left(\dfrac{g+h}{2}\right)(\gamma n - \beta l)u, \\ q = \dfrac{4\pi^2\tau}{\lambda^3}\left(\dfrac{g+h}{2}\right)(\alpha l - \gamma m)u, \\ r = \dfrac{4\pi^2\tau}{\lambda^3}\left(\dfrac{g+h}{2}\right)(\beta m - \alpha n)u, \end{cases}$$

d'où l'on déduit

$$(f') \dots \quad \varepsilon = \frac{4\pi^2\tau}{\lambda^3}\left(\frac{g+h}{2}\right)u\sqrt{(\gamma n - \beta l)^2 + (\alpha l - \gamma m)^2 + (\beta m - \alpha n)^2};$$

ou en ayant égard aux équations *(a)* et *(b)* du paragraphe précédent

$$\varepsilon = \frac{4\pi^2\tau}{\lambda^3}\left(\frac{g+h}{2}\right)u\sqrt{1 - (\alpha m + \beta n + \gamma l)^2},$$

ou plus simplement en ayant égard à l'équation *(d)* du paragraphe précédent

$$(g) \dots \quad \varepsilon = \frac{4\pi^2\tau}{\lambda^3}\left(\frac{g+h}{2}\right)u\sqrt{1 - \sigma^2}.$$

37.

Équations de condition.

Si, après avoir convenablement différentié les expressions des ξ, η, ζ, ϑ et ε des deux paragraphes précédents, nous les substituons dans les trois premières équations du paragraphe 34, et si nous avons égard aux équations *(a)*, *(b)*, *(c)*, *(d)* et *(e)* du paragraphe 35 nous trouverons sans peine les équations de condition suivantes:

$$V^2\alpha=(g+3h)m\sigma+(g+h)\left[l^2\alpha+n^2\alpha+m^2\alpha-ml\gamma-mn\beta-\frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\left(l^2\alpha+n^2\alpha+m^2\alpha-m^2\alpha-mlg-mn\beta\right)\right]$$
$$-\frac{4\pi^2mk^2}{\lambda^2}\left(\frac{g+h}{2}\right)\sqrt{1-\sigma^2},$$

$$V^2\beta=(g+3h)n\sigma+(g+h)\left[m^2\beta+l^2\beta+n^2\beta-n^2\beta-mn\alpha-nl\gamma-\frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\left(m^2\beta+l^2\beta+n^2\beta-n^2\beta-mn\alpha-nl\gamma\right)\right]$$
$$-\frac{4\pi^2nk^2}{\lambda^2}\left(\frac{g+h}{2}\right)\sqrt{1-\sigma^2},$$

$$V^2\gamma=(g+3h)l\sigma+(g+h)\left[n^2\gamma+m^2\gamma+l^2\gamma-l^2\gamma-nl\beta-ml\alpha-\frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\left(n^2\gamma+m^2\gamma+l^2\gamma-l^2\gamma-nl\beta-ml\alpha\right)\right]$$
$$-\frac{4\pi^2lk^2}{\lambda^2}\left(\frac{g+h}{2}\right)\sqrt{1-\sigma^2}.$$

Ces équations peuvent s'écrire plus simplement comme suit si l'on a égard à l'équation *(d)* du paragraphe (35),

$$(12)\quad\ldots\quad\begin{cases}V^2\alpha=(g+3h)m\sigma+(g+h)\left[\alpha-m\sigma-\frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\left(\alpha-m\sigma\right)\right]-\frac{4\pi^2mk^2}{\lambda^2}\left(\frac{g+h}{2}\right)\sqrt{1-\sigma^2},\\ V^2\beta=(g+3h)n\sigma+(g+h)\left[\beta-n\sigma-\frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\left(\beta-n\sigma\right)\right]-\frac{4\pi^2nk^2}{\lambda^2}\left(\frac{g+h}{2}\right)\sqrt{1-\sigma^2},\\ V^2\gamma=(g+3h)l\sigma+(g+h)\left[\gamma-l\sigma-\frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\left(\gamma-l\sigma\right)\right]-\frac{4\pi^2lk^2}{\lambda^2}\left(\frac{g+h}{2}\right)\sqrt{1-\sigma^2}.\end{cases}$$

38.

Des vibrations longitudinales.

Or σ représente le *cosinus* de l'angle que fait la direction du déplacement de l'atome m, à l'époque t, avec la direction de la propagation des vibrations. Si nous faisons

$$\sigma=1,$$

la direction du déplacement de l'atome m sera parallèle à la direction de la propagation; dans ce cas on dit que la vibration est longitudinale. Pour $\sigma=1$ les équations (12) se réduisent à

$$V^2\alpha=(g+3h)m+(g+h)\left[\alpha-m-\frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\left(\alpha-m\right)\right],$$

$$V^2\beta=(g+3h)n+(g+h)\left[\beta-n-\frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\left(\beta-n\right)\right],$$

$$V^2\gamma=(g+3h)l+(g+h)\left[\gamma-l-\frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\left(\gamma-l\right)\right].$$

On observera que le terme provenant de la vitesse de rotation ε a disparu, en sorte que la vitesse de rotation n'a aucune action sur les vibrations longitudinales.

Ajoutons les trois équations précédentes après avoir multiplié la première par α, la seconde par β et la troisième par γ nous aurons, en ayant égard aux équations du paragraphe 35,

$$V^2 = g + 3h.$$

Il résulte donc des équations (12) que la vitesse de propagation des vibrations longitudinales est constante et égale à $\sqrt{g+3h}$. Pour distinguer cette vitesse dans ce qui va suivre désignons la par Ω, nous aurons

$$(13) \quad \ldots \quad V = \Omega = \sqrt{g+3h}.$$

Jusqu'à présent, on ne connait pas les phénomènes qu'engendrent les vibrations longitudinales; cependant nous avons des motifs de croire que probablement une ou plusieurs forces élastiques inconnues dans l'état actuel de la science se développent lors du déplacement longitudinal du centre de l'atome m, et que si ces forces étaient connues les vibrations longitudinales conduiraient aux phénomènes électriques et peut-être à la véritable cause de l'attraction universelle. Quoiqu'il en soit, nous considérons cette vitesse Ω comme constante tel que cela résulte de nos équations; d'ailleurs Lamé dans sa théorie de l'élasticité des corps solides et Cauchy dans ses exercices d'analyse et de physique mathématique sont arrivés au même résultat.

39.

Vibrations transversales. Dispersion de la lumière.

Posons maintenant

$$\sigma = o.$$

L'angle que fait le déplacement de l'atome m, à l'époque t, avec la direction de la propagation sera droit, c'est-à-dire que les vibrations seront dirigées perpendiculairement à la propagation; dans ce cas on dit que les vibrations sont transversales ou bien que l'atome m vibre lumineusement. Fresnel a prouvé par l'expérience que la lumière est produite par des vibrations transversales, et il résulte des expériences de Melloni et des physiciens modernes que la chaleur rayonnante est, elle aussi, produite par le même genre de vibrations. Si nous faisons $\sigma = o$ dans les équations (12) nous trouverons

$$V^2\alpha = (g+h)\alpha\left(1 - \frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\right) - \frac{4\pi^2k^2m}{\lambda^2}\left(\frac{g+h}{2}\right),$$

$$V^2\beta = (g+h)\beta\left(1 - \frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\right) - \frac{4\pi^2k^2n}{\lambda^2}\left(\frac{g+h}{2}\right),$$

$$V^2\gamma = (g+h)\gamma\left(1 - \frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\right) - \frac{4\pi^2k^2l}{\lambda^2}\left(\frac{g+h}{2}\right).$$

Observons que le terme en ε des équations (11) ne disparait pas lorsqu'on fait $\sigma = o$. Ajouton les équations précédentes après les avoir multipliées la première par α, la deuxième par β et la troisième par γ et puisque $\sigma = \alpha m + \beta n + \gamma l = o$ on aura

$$V^2 = (g+h)\left(1 - \frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\right).$$

De cette expression résulte que pour les vibrations transversales, la vitesse de propagation V n'est plus constante, mais qu'elle varie avec la longueur d'oudulation λ du rayon qu'on considère.

Si nous posons

$$(14) \quad \ldots\ldots \omega = \sqrt{g+h},$$

ω aura une valeur constante, et puisque $\sqrt{g+3h}$ surpasse $\sqrt{g+h}$ on aura

$$\Omega > \omega,$$

et la vitesse de propagation des vibrations transversales aura pour expression

$$(15) \quad \ldots\ldots V = \omega \sqrt{1 - \frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}},$$

mais V étant plus petit que ω on en conclut qu'à plus forte raison la vitesse de propagation V des vibrations transversales sera moindre que celle des vibrations longitudinales. Nous verrons par la suite que cette différence est exprimée par un très grand nombre.

L'équation (15) nous apprend que *les ondes transversales, en d'autres termes les ondes lumineuses et calorifiques, se propageant dans le même milieu, éprouvent des retards d'autant plus grands que les ondes sont plus courtes.* Ce fait conduit à l'explication rationelle du phénomène de la dispersion de la lumière.

40.

L'éther ne possède pas la propriété de disperser la lumière.

On sait quelles hypothèses ont dû être faites sur la constitution de l'éther pour expliquer la dispersion de la lumière. Il résulterait de l'hypothèse faite dans ce but par Cauchy, que les différents rayons lumineux se propageraient avec les vitesses différentes dans l'éther; mais les observations faites par Arago prouvent le contraire. Parmi ces hypothèses je citerai la suivante: l'éther serait partagé en concamérations dans les corps pondérables et dans chacune de ces concamérations il serait soumis à des variations périodiques de densité. Or, admettre que l'éther acquiert une densité dans ces concamérations, c'est supposer que ce fluide impondérable devient pondérable. La théorie de l'élasticité lève toutes ces difficultés. Nous avons vu dans l'introduction que si réellement, comme l'admettent tous les physiciens, le diamètre d'un atome d'éther serait très petit à côté de celui d'un atome pondérable, la vitesse de rotation de l'atome d'éther doit être nulle.

Or si l'on a $\varepsilon = o$, à cause de l'équation $\varepsilon^2 = p^2 + q^2 + r^2$ on doit avoir $p = o$, $q = o$ et $r = o$. Mais alors les équations (10) du paragraphe 34 donnent $\mathfrak{A} = o$, $\mathfrak{B} = o$, $\mathfrak{C} = o$ et par suite les termes en δ^2 et en ε des équations (11) disparaissent et la vitesse de propagation des ondes transversales se réduit à

$$V = \omega,$$

ce qui prouve que dans l'éther la vitesse de propagation des ondes transversales est constante et la même pour toute espèce de rayon lumineux.

41.

Indépendance des vibrations longitudinales et des vibrations transversales.

En résumé, il résulte de ce qui précède que, quand une onde plane se propage dans un milieu pondérable homogène et d'élasticité constante, si la vibration qu'elle apporte est parallèle à la direction de la propagation, en d'autres termes, si la vibration est longitudinale, sa vitesse de propagation Ω (13) est constante quelle que soit la valeur de λ, c'est-à-dire pour toute espèce d'onde.

Si au contraire l'onde apporte des vibrations perpendiculaires à la direction de la propagation, en d'autres termes, des vibrations transversales appelées aussi vibrations lumineuses, sa vitesse de propagation $\omega\sqrt{1-\frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}}$ (15) et (14) est moindre que celle Ω des vibrations longitudinales et il sera prouvé que cette différence est égale à un très grand nombre; la vitesse de propagation des vibrations transversales varie avec λ, et les ondes éprouvent des retards d'autant plus grands que les longueurs d'ondes sont plus courtes.

De ce que les vibrations longitudinales se propagent avec une rapidité qui est plus grande que celle avec laquelle se propagent les vibrations transversales, il résulte qu'au centre même de l'ébranlement, le déplacement du premier atome se décompose pour chaque direction du déplacement et fournit une vibration longitudinale et une vibration transversale, lesquelles se séparent immédiatement, puisque la première se propage plus vite que la seconde. Il résulte de là qu'un atome situé à une certaine distance du centre d'ébranlement, a cessé depuis quelque temps de vibrer longitudinalement au moment où la vibration transversale commence.

Il en résulte aussi que la partie des équations (11) qui régit les vibrations longitudinales et dont les termes ont pour facteurs $(g+3h)$, carré de la vitesse de propagation de cette espèce de vibrations, est indépendante de cette partie des équations qui régit les vibrations transversales et dont les termes ont pour facteurs $g+h$, carré de ω.

42.

Séparation du groupe des équations (11) *en deux autres groupes.*

En ayant égard aux équations (13) et (14) et aux considérations précédentes, les trois premières équations (11) se partagent chacune en deux équations différentes; celles qui régissent les vibrations longitudinales sont

$$(16) \ldots . \left\{ \begin{aligned} \frac{d^2\xi}{dt^2} &= \Omega^2 \frac{d\vartheta}{dx}, \\ \frac{d^2\eta}{dt^2} &= \Omega^2 \frac{d\vartheta}{dy}, \\ \frac{d^2\zeta}{dt^2} &= \Omega^2 \frac{d\vartheta}{dz}, \end{aligned} \right.$$

on sait que ces vibrations se propagent avec une vitesse $\Omega = \sqrt{g+3h}$;

et les équations qui régissent les vibrations transversales, qui se propagent avec une vitesse dont la partie constante est $\omega=\sqrt{g+h}$, sont

$$(17)\ldots\left\{\begin{aligned}
\frac{d^2\xi}{dt^2}&=\omega^2\left\{\frac{d\cdot}{dz}\left(\frac{d\xi}{dz}-\frac{d\zeta}{dx}\right)-\frac{d\cdot}{dy}\left(\frac{d\eta}{dx}-\frac{d\xi}{dy}\right)+\delta^2\Delta^2.\left[\frac{d\cdot}{dz}\left(\frac{d\xi}{dz}-\frac{d\zeta}{dx}\right)-\frac{d\cdot}{dy}\left(\frac{d\eta}{dx}-\frac{d\xi}{dy}\right)\right]\right\}+k^2\frac{d^2\varepsilon}{dxdt},\\
\frac{d^2\eta}{dt^2}&=\omega^2\left\{\frac{d\cdot}{dx}\left(\frac{d\eta}{dx}-\frac{d\xi}{dy}\right)-\frac{d\cdot}{dz}\left(\frac{d\zeta}{dy}-\frac{d\eta}{dz}\right)+\delta^2\Delta^2.\left[\frac{d\cdot}{dx}\left(\frac{d\eta}{dx}-\frac{d\xi}{dy}\right)-\frac{d\cdot}{dz}\left(\frac{d\zeta}{dy}-\frac{d\eta}{dz}\right)\right]\right\}+k^2\frac{d^2\varepsilon}{dydt},\\
\frac{d^2\zeta}{dt^2}&=\omega^2\left\{\frac{d\cdot}{dy}\left(\frac{d\zeta}{dy}-\frac{d\eta}{dz}\right)-\frac{d\cdot}{dx}\left(\frac{d\xi}{dz}-\frac{d\zeta}{dx}\right)+\delta^2\Delta^2.\left[\frac{d\cdot}{dy}\left(\frac{d\zeta}{dy}-\frac{d\eta}{dz}\right)-\frac{d\cdot}{dx}\left(\frac{d\xi}{dz}-\frac{d\zeta}{dx}\right)\right]\right\}+k^2\frac{d^2\varepsilon}{dzdt}.
\end{aligned}\right.$$

Les trois équations (16) ne trouvant, dans l'état actuel de la science, aucune application à la théorie de la lumière, de la chaleur ou de l'électricité, nous ne nous en occuperons pas davantage. Ajoutons les trois équations (17) après avoir dérivé la première par rapport à x, la seconde par rapport à y et la troisième par rapport à z, et si nous avons égard à l'équation (5) du paragraphe 29, nous aurons, réductions faites,

$$\frac{d^2\vartheta}{dt^2}=k^2\frac{d\cdot}{dt}\left(\frac{d^2\varepsilon}{dx^2}+\frac{d^2\varepsilon}{dy^2}+\frac{d^2\varepsilon}{dz^2}\right),$$

équation qui, intégrée par rapport à t, donne

$$(18)\ldots\ldots\quad\frac{d\vartheta}{dt}=k^2\left(\frac{d^2\varepsilon}{dx^2}+\frac{d^2\varepsilon}{dy^2}+\frac{d^2\varepsilon}{dz^2}\right).$$

Cette équation prouve que les vibrations transversales sont toujours accompagnées de dilatations et de contractions, puisque ϑ ne saurait être nul.

En effet, si ϑ était nul on déduirait de l'équation précédente et de l'équation *(g)* du paragraphe 36

$$\frac{d^2\varepsilon}{dx^2}+\frac{d^2\varepsilon}{dy^2}+\frac{d^2\varepsilon}{dz^2}=m^2+n^2+l^2=o.$$

Or, d'après l'équation *(a)* du paragraphe 35 on doit avoir

$$m^2+n^2+l^2=1,$$

donc ϑ ne saurait être nul.

D'un autre côté ε ne peut pas être nul: En effet, la cinquième équation (11) qui est

$$\varepsilon^2=p^2+q^2+r^2,$$

prouve que si $\varepsilon=o$ on devrait avoir

$$p=o,\ q=o,\ r=o;$$

mais alors les trois équations (8) se réduiraient à

$$\frac{d\zeta}{dy}=\frac{d\eta}{dz},\quad\frac{d\xi}{dz}=\frac{d\zeta}{dx},\quad\frac{d\eta}{dx}=\frac{d\xi}{dy},$$

relations qui annuleraient les seconds membres des équations (17), c'est-à-dire, qui annuleraient les forces élastiques qui produisent les vibrations lumineuses et obscures.

43.

Les équations *(e)*, (A) et *(d)* du paragraphe 35 conduisent à l'expression suivante

$$\vartheta = \frac{2\pi c}{\lambda}\sigma \sin 2\pi\left(\frac{t}{\tau} - \frac{mx+ny+lz}{\lambda}\right).$$

Cette expression prouve que ϑ est périodique, que sa période a la même durée que celle d'une vibration lumineuse dont la longueur d'ondulation est λ. σ représente le *cosinus* de l'angle que fait le déplacement de l'atome m avec la direction de la propagation; si σ est positif, ϑ sera positif dans la première moitié de l'onde lumineuse et le milieu s'y dilatera, tandis que dans la seconde moitié de la même onde ϑ sera négatif et le milieu y sera contracté; or, il résulte de l'équation précédente que dans la même onde la contraction sera égale à la dilatation, en sorte que l'onde totale ne changera pas de volume. On arriverait à la même conclusion si σ était négatif, par conséquent le volume du milieu qui vibre lumineusement, reste invariable.

Les équations *(g)* du paragraphe 36, (A) du paragraphe 35, (14) et (15) du paragraphe 39 donnent

$$(h) \;.\;.\;.\;.\; \varepsilon = \frac{2\pi^2 c\omega^2}{V\lambda^2}\sqrt{1-\sigma^2}\cos 2\pi\left(\frac{t}{\tau} - \frac{mx+ny+lz}{\lambda}\right).$$

De cette équation résulte que la vitesse de rotation ε est périodique, sa période est identique à celle d'une vibration, mais sa valeur absolue est incomparablement plus grande que celle de la dilatation. Comparons en effet la valeur maxima de ε à celle de ϑ, et remplaçons V par sa valeur fournie par l'équation (15), nous trouverons

$$\frac{\varepsilon}{\vartheta} = \frac{\pi\omega}{\lambda\sqrt{1-\frac{4\pi^2\varsigma^2}{\lambda^2}}} \cdot \frac{\sqrt{1-\sigma^2}}{\sigma}.$$

On sait que $\frac{1}{\lambda}$ est de l'ordre des grandeurs de la vitesse de propagation V; enfin $\frac{\sqrt{1-\sigma^2}}{\sigma}$ est la tangente de l'angle que fait le déplacement de l'atome m avec la direction de la propagation du mouvement vibratoire, et l'expérience prouve que cet angle est presque droit, puisque les vibrations lumineuses sont sensiblement transversales. De là résulte que le rapport de ε à ϑ est exprimé par une grandeur de l'ordre du cube d'un très grand nombre comparable à celui qui exprime la vitesse de propagation des vibrations lumineuses et qui d'après Foucault est d'environ 298,000,000 de mètres par seconde. Cette vitesse de rotation si prodigieuse n'explique-t-elle pas suffisamment pourquoi la force vive des atomes qui vibrent lumineusement est si intense. C'est, en effet, la lumière qui transporte sur la surface de notre globe les forces vives produites sur le soleil par la chaleur qui s'y dégage, ce sont ces forces vives qui donnent la vie et le mouvement à tout ce qui nous entoure et qui mettent à notre disposition toutes les forces que nous utilisons dans l'industrie.

44.

Remplaçons maintenant les valeurs de ϑ et de ε, convenablement dérivées, dans l'équation (18), et si nous avons égard à l'équation (a) du paragraphe 35, nous trouverons

$$\sigma = -k^2 \frac{2\pi^2 \omega^2}{V^2 \lambda^2} \sqrt{1-\sigma^2}.$$

Cette relation nous apprend que le *cosinus* σ de l'angle que fait la direction du déplacement de l'atome m avec la direction de la propagation du mouvement vibratoire est négatif, par conséquent cet angle est obtus. Mais l'expérience prouve que cet angle ne diffère pas sensiblement d'un angle droit puisque les vibrations lumineuses sont transversales, il s'en suit que l'expression

$$k^2 . \frac{2\pi^2 \omega^2}{V^2 \lambda^2}$$

qui, en ayant égard à l'équation (15), peut s'écrire

$$k^2 \frac{2\pi^2}{\left(1 - \frac{4\pi^2 s^2}{\lambda^2}\right) \lambda^2},$$

doit être une très petite fraction; mais pour cela il faut que la fraction $\frac{k}{\lambda}$ soit très petite, c'est-à-dire que le coefficient k doit être petit à côté de λ. On sait d'ailleurs par l'équation (15) que s est très petit à côté de λ, car si tel n'était pas le cas, la fraction $\frac{4\pi^2 s^2}{\lambda^2}$ différerait peu de l'unité et la vitesse de propagation V ne serait plus un très grand nombre comme le prouvent l'expérience et les observations astronomiques. Ainsi les coefficients k et s sont des quantités du même ordre de grandeur. On arriverait à la même conclusion en discutant la nature des séries dont les quantités ωs et ωk représentent les sommes, car ces séries sont de la même nature.

45.

Nous avons représenté (paragraphe 20) par p la composante de la vitesse de rotation de l'atome sphérique m autour d'un axe parallèle à l'axe des x et passant par le centre de m, par q la composante de la même vitesse autour d'un axe passant par le centre de m et parallèle à l'axe des y, enfin par r la composante de cette vitesse de rotation autour d'un axe parallèle à l'axe des z. Nommons $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ les *cosinus* des angles que fait l'axe instantané de rotation avec des parallèles aux axes des (x, y, z), nous aurons comme on sait

$$\mathfrak{a} = \frac{p}{\varepsilon},$$

$$\mathfrak{b} = \frac{q}{\varepsilon},$$

$$\mathfrak{c} = \frac{r}{\varepsilon},$$

ou en ayant égard aux équations *(f)* et *(f')* du paragraphe 36

$$\mathfrak{a}=\frac{\gamma n-\beta l}{\sqrt{(\gamma n-\beta l)^2+(\alpha l-\gamma m)^2+(\beta m-\alpha n)^2}},$$

$$\mathfrak{b}=\frac{\alpha l-\gamma m}{\sqrt{(\gamma n-\beta l)^2+(\alpha l-\gamma m)^2+(\beta m-\alpha n)^2}},$$

$$\mathfrak{c}=\frac{\beta m-\alpha n}{\sqrt{(\gamma n-\beta l)^2+(\alpha l-\gamma m)^2+(\beta m-\alpha n)^2}},$$

on déduit de ces équations

$$1^\circ \ldots\ldots \mathfrak{a}m+\mathfrak{b}n+\mathfrak{c}l=o,$$

équation qui nous apprend que l'axe instantané de rotation est perpendiculaire à la direction de la propagation du mouvement vibrataire.

$$2^\circ \ldots\ldots \mathfrak{a}\alpha+\mathfrak{b}\beta+\mathfrak{c}\gamma=o,$$

d'où résulte que l'axe instantané est aussi perpendiculaire au déplacement de l'atome *m*.

Ainsi l'axe instantané de rotation d'un atome *m* est à la fois perpendiculaire à la direction de la propagation du mouvement vibratoire et au déplacement de l'atome *m*. Ce théorème complète la détermination de tout ce qui est relatif au mouvement de rotation qnand l'atome vibre lumineusement.

CHAPITRE IV.

Transformation de la lumière et des rayons obscurs en chaleur de conductibilité dans la surface des corps parfaitement opaques et athermanes.

46.

Dans le précédent chapitre, j'ai déduit des équations aux différentielles partielles (17) du paragraphe (42) des équations intégrales qui régissent les vibrations transversales (lumineuses) des atomes et quoique cette intégrale soit plus générale que celles auxquelles soient parvenus jusqu'à présent les géomètres, puisqu'elle comprend la dispersion de la lumière et le mouvement de rotation des atomes, mouvement inséparable des vibrations lumineuses, l'intégrale à laquelle je suis parvenu n'est qu'une solution particulière des équations (17).

Avant d'en chercher l'intégrale générale, j'en déduirai une autre intégrale particulière, celle qui comprend la transformation du mouvement vibratoire lumineux en chaleur de conductibilité dans la surface des corps parfaitement opaques et athermanes. La discussion des équations auxquelles nous parviendrons facilitera l'étude des équations intégrales plus générales. Ces dernières comprennent le cas où l'intensité d'un rayon lumineux ou obscur, en pénétrant dans un milieu quelconque, diminue au fur et à mesure qu'il s'y propage, en sorte qu'il soit sensiblement éteint après avoir parcouru une épaisseur plus ou moins considérable.

47.

Équations intégrales dans le cas d'un corps opaque.

Le problème dont nous allons chercher la solution peut être énoncé comme suit:

Un faisceau de rayons lumineux ou obscurs se propage à travers un milieu parfaitement diathermane et translucide, il tombe sur la surface d'un corps parfaitement opaque et athermane, quel sera le mouvement des atomes qu'il provoquera dans une couche plus ou moins épaisse de ce corps opaque?

Plaçons l'origine des coordonnées sur le premier atome de la surface du milieu opaque. Cet atome est mis en mouvement par les rayons lumineux qui, après s'être propagés dans le milieu translucide, le frappent; les forces qui mettent en mouvement les atomes du milieu opaque ont donc la même origine et sont identiques à celles qui ont produit le mouvement vibratoire lumineux dans le corps translucide. Ces mouvements sont régis par les mêmes équations aux différentielles partielles (17), mais les équations intégrales sont, comme nous venons de le voir dans le précédent chapitre, périodiques dans le milieu translucide, tandis qu'elles n'ont plus rien de périodique dans le corps opaque.

Il suffit donc, pour résoudre la question qui nous occupe de déduire des équations (17) de nouvelles équations intégrales dans lesquelles le temps n'entre pas dans une des transcendantes trigonométriques.

Pour satisfaire aux équations (17) du paragraphe 42 et au problème tel qu'il est énoncé, nous poserons

$$(a) \;\ldots\ldots\; \begin{cases} \xi = \mathfrak{a}e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t} \sin(\mathfrak{m}x+\mathfrak{n}y+\mathfrak{l}z), \\ \eta = \mathfrak{b}e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t} \sin(\mathfrak{m}x+\mathfrak{n}y+\mathfrak{l}z), \\ \zeta = \mathfrak{c}e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t} \sin(\mathfrak{m}x+\mathfrak{n}y+\mathfrak{l}z), \\ \mathfrak{m}^2+\mathfrak{n}^2+\mathfrak{l}^2=\mathfrak{h}^2; \end{cases}$$

$\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$, $\mathfrak{m}$, $\mathfrak{n}$, $\mathfrak{l}$ et a étant des constantes.

Nous en déduirons d'après l'équation (5) paragraphe 29,

$$(b) \;\ldots\ldots\; \vartheta = (\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l})e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t} \cos(\mathfrak{m}x+\mathfrak{n}y+\mathfrak{l}z).$$

Déterminons la valeur de ε en substituant les valeurs précédentes des ξ, η, ζ dans les équations (8) du paragraphe 32 et observons que l'on a posé $\omega^2=g+h$, nous trouverons

$$\frac{dp}{dt} = -\frac{\omega^2\mathfrak{h}^2}{2}\left(\mathfrak{c}\mathfrak{n}-\mathfrak{b}\mathfrak{l}\right)e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t} \cos\left(\mathfrak{m}x+\mathfrak{n}y+\mathfrak{l}z\right),$$
$$\frac{dq}{dt} = -\frac{\omega^2\mathfrak{h}^2}{2}\left(\mathfrak{a}\mathfrak{l}-\mathfrak{c}\mathfrak{m}\right)e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t} \cos\left(\mathfrak{m}x+\mathfrak{n}y+\mathfrak{l}z\right),$$
$$\frac{dr}{dt} = -\frac{\omega^2\mathfrak{h}^2}{2}\left(\mathfrak{b}\mathfrak{m}-\mathfrak{a}\mathfrak{n}\right)e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t} \cos\left(\mathfrak{m}x+\mathfrak{n}y+\mathfrak{l}z\right);$$

intégrons par rapport à t,

$$(c) \ldots \begin{cases} p = \dfrac{\omega^2}{2ak^2}(\mathrm{cn}-\mathrm{bl})e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t}\cos(\mathrm{m}x+\mathrm{n}y+\mathrm{l}z), \\ q = \dfrac{\omega^2}{2ak^2}(\mathrm{al}-\mathrm{cm})e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t}\cos(\mathrm{m}x+\mathrm{n}y+\mathrm{l}z), \\ r = \dfrac{\omega^2}{2ak^2}(\mathrm{bm}-\mathrm{an})e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t}\cos(\mathrm{m}x+\mathrm{n}y+\mathrm{l}z). \end{cases}$$

Substituons ces valeurs dans la quatrième équation du groupe (8), nous aurons pour la vitesse de rotation ε

$$(d) \ldots \varepsilon = \frac{\omega^2}{2ak^2}e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t}\cos(\mathrm{m}x+\mathrm{n}y+\mathrm{l}z)\sqrt{(\mathrm{cn}-\mathrm{bl})^2+(\mathrm{al}-\mathrm{cm})^2+(\mathrm{bm}-\mathrm{an})^2}.$$

L'équation *(b)* comparée à l'équation précédente fournit

$$(e) \ldots \varepsilon = \frac{\omega^2\sqrt{(\mathrm{cn}-\mathrm{bl})^2+(\mathrm{al}-\mathrm{cm})^2+(\mathrm{bm}-\mathrm{an})^2}}{2ak^2(\mathrm{am}+\mathrm{bn}+\mathrm{cl})}\vartheta.$$

48.

La dilatation est proportionnelle à la vitesse de rotation des atomes.

Si l'on substitue la valeur de ϑ fournie par l'équation *(b)* et celle de ε fournie par l'équation *(d)* après les avoir convenablement différentiées, dans l'équation (18) on trouvera la relation suivante

$$(f) \ldots \frac{\omega^2\sqrt{(\mathrm{cn}-\mathrm{bl})^2+(\mathrm{al}-\mathrm{cm})^2+(\mathrm{bn}-\mathrm{an})^2}}{2ak^2(\mathrm{am}+\mathrm{bn}+\mathrm{cl})} = a,$$

et l'équation *(e)* peut s'écrire

$$(19) \ldots \varepsilon = a\vartheta = a(\mathrm{am}+\mathrm{bn}+\mathrm{cl})e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t}\cos(\mathrm{m}x+\mathrm{n}y+\mathrm{l}z).$$

Cette relation si simple est très importante; elle nous apprend que *la dilatation du milieu est en chacun de ses points proportionnelle à la vitesse de rotation des atomes. Or la dilatation sert à mesurer la température, donc en mesurant la température du milieu on mesure la vitesse de rotation de ses atomes.* Mais qu'est-ce que la température? C'est d'après les physiciens modernes un mouvement des atomes. J'en conclus que la température est la vitesse de rotation des atomes, car c'est elle qui produit la dilatation des corps.

L'équation (19) nous apprend encore que quand le temps augmente en progression arithmétique la vitesse de rotation des atomes aussi bien que le volume du milieu diminuent en progression géométrique, en d'autres termes, la vitesse de rotation diminue avec le temps sans pouvoir jamais devenir rigoureusement nulle. Tel est le caractère distinctif du mouvement de la chaleur.

Si nous substituons la valeur précédente de ϑ dans l'équation (18) nous trouverons

$$(20) \ldots \frac{d\varepsilon}{dt} = ak^2\left(\frac{d^2\varepsilon}{dx^2}+\frac{d^2\varepsilon}{dy^2}+\frac{d^2\varepsilon}{dz^2}\right),$$

équation qui est celle à laquelle est parvenu Fourier et qui régit le mouvement de la chaleur de conductibilité dans les milieux pondérables.

49.

Équation de condition importante.

Substituons maintenant les valeurs de $\xi\ \eta\ \zeta$, fournies par les équations *(a)* dans les équations (17), nous trouverons les trois équations de conditions suivantes

$$\mathfrak{a}a^2k^4\mathfrak{h}^4=\omega^2\left\{-\mathfrak{a}\mathfrak{h}^2+\mathfrak{m}\left(\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l}\right)-\mathfrak{s}^2\mathfrak{h}^2\left[-\mathfrak{a}\mathfrak{h}^2+\mathfrak{m}\left(\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l}\right)\right]\right\}+a^2k^4\mathfrak{h}^2\mathfrak{m}\left(\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l}\right),$$

$$\mathfrak{b}a^2k^4\mathfrak{h}^4=\omega^2\left\{-\mathfrak{b}\mathfrak{h}^2+\mathfrak{n}\left(\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l}\right)-\mathfrak{s}^2\mathfrak{h}^2\left[-\mathfrak{b}\mathfrak{h}^2+\mathfrak{n}\left(\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l}\right)\right]\right\}+a^2k^4\mathfrak{h}^2\mathfrak{n}\left(\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l}\right),$$

$$\mathfrak{c}a^2k^4\mathfrak{h}^4=\omega^2\left\{-\mathfrak{c}\mathfrak{h}^2+\mathfrak{l}\left(\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l}\right)-\mathfrak{s}^2\mathfrak{h}^2\left[-\mathfrak{c}\mathfrak{h}^2+\mathfrak{l}\left(\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l}\right)\right]\right\}+a^2k^4\mathfrak{h}^2\mathfrak{l}\left(\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l}\right).$$

Multiplions les deux membres de la première équation par $\mathfrak{m}$, ceux de la seconde par $\mathfrak{n}$, ceux de la troisième par $\mathfrak{l}$ et ajoutons les, membres à membres, nous trouverons l'identité

$$a^2k^4\mathfrak{h}^4(\mathfrak{m}\mathfrak{n}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l})=a^2k^4\mathfrak{h}^4(\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l}).$$

Mais les trois équations de conditions précédentes peuvent être écrites sous la forme suivante

$$\left[\mathfrak{a}\mathfrak{h}^2-\mathfrak{m}\left(\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l}\right)\right]\left(a^2k^4\mathfrak{h}^2+\omega^2-\omega^2\mathfrak{s}^2\mathfrak{h}^2\right)=o,$$

$$\left[\mathfrak{b}\mathfrak{h}^2-\mathfrak{n}\left(\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l}\right)\right]\left(a^2k^4\mathfrak{h}^2+\omega^2-\omega^2\mathfrak{s}^2\mathfrak{h}^2\right)=o,$$

$$\left[\mathfrak{c}\mathfrak{h}^2-\mathfrak{l}\left(\mathfrak{a}\mathfrak{m}+\mathfrak{b}\mathfrak{n}+\mathfrak{c}\mathfrak{l}\right)\right]\left(a^2k^4\mathfrak{h}^2+\omega^2-\omega^2\mathfrak{s}^2\mathfrak{h}^2\right)=o.$$

On satisfait à la fois à ces équations en posant

$$a^2k^4=\omega^2\left(\mathfrak{s}^2-\frac{1}{\mathfrak{h}^2}\right),$$

d'où

$$(h)\ \ldots\ ak^2=\omega\sqrt{\mathfrak{s}^2-\frac{1}{\mathfrak{h}^2}}.$$

50.

Coefficient de conductibilité.

ak^2 est le coefficient constant de l'équation (20); c'est ce coefficient que Fourier appelle coefficient de conductibilité. L'équation (15)

$$V=\omega\sqrt{1-\frac{4\pi^2\mathfrak{s}^2}{\lambda^2}},$$

telle nous l'avons trouvée dans le chapitre précédent, fournit la vitesse V de propagation d'un rayon dont la longueur d'ondulation est λ; dans cette équation ω représente une vitesse plus grande que V, tandis que $\mathfrak{s}$ est une très petite fraction moindre que $\frac{\lambda}{2\pi}$, cela résulte évidemment de l'équation précédente, car si $2\pi\mathfrak{s}$ était égal ou surpassait λ la vitesse V de propagation serait nulle ou imaginaire.

Le coefficient de conductibilité ak^2 est fourni par une expression qui a une certaine analogie avec celle de la vitesse de propagation V de l'équation précédente. En effet, l'équation *(h)* peut s'écrire

$$ak^2 = \omega\mathfrak{s}\sqrt{1-\frac{1}{\mathfrak{h}^2\mathfrak{s}^2}},$$

$\omega\mathfrak{s}$ est le produit d'un très grand nombre ω, qui surpasse la vitesse V de propagation, par la quantité excessivement petite $\mathfrak{s}$ qui est moindre que λ; le produit $\omega\mathfrak{s}$ se réduit ainsi à un nombre ordinaire. C'est en effet à ce résultat qu'on arrive en faisant le produit $V\lambda$ qui ne peut pas différer considérablement du produit $\omega\mathfrak{s}$.

Le produit $\omega\mathfrak{s}$ pour les verres très réfringents, dont on fabrique les lentilles, varie de 5 à 11.

On voit par ce qui précède que le coefficient de conductibilité n'est pas, comme la vitesse de propagation V, représenté par un très grand nombre variant de deux à trois cent millions de mètres par seconde suivant la nature du milieu qu'on considère, mais qu'au contraire ak^2, qui d'ailleurs varie aussi, comme on sait, d'un corps à un autre, est un nombre d'une grandeur ordinaire. Ce résultat est conforme à l'expérience; car en plongeant dans un foyer ardent, par exemple, l'extrémité d'une barre de fer d'un mètre de longueur, la température de la barre étant celle de l'air ambiant, on peut tenir à la main l'autre extrémité pendant un nombre de secondes assez considérable avant que sa température ne s'élève sensiblement.

51.

L'épaisseur de la surface du corps parfaitement opaque, dans laquelle la lumière se transforme en chaleur, est de l'ordre des grandeurs des longueurs d'ondulation.

Pour que l'expression précédente qui fournit la valeur des coefficients de conductibilité ak^2 soit réelle il faut que le produit $\mathfrak{h}\mathfrak{s}$ surpasse l'unité. Or $\mathfrak{s}$ étant moindre que $\frac{\lambda}{2\pi}$ il faut que $\mathfrak{h}$ soit un très grand nombre de l'ordre des vitesses de propagation. En effet, on doit avoir

$$\mathfrak{h}\mathfrak{s} > 1;\ \mathfrak{h} > \frac{1}{\mathfrak{s}} > \frac{2\pi}{\lambda}.$$

Or, la quatrième équation *(a)* est

$$\mathfrak{h}^2 = \mathfrak{m}^2 + \mathfrak{n}^2 + \mathfrak{l}^2,$$

la somme $\mathfrak{m}^2 + \mathfrak{n}^2 + \mathfrak{l}^2$ est donc un très grand nombre qui surpasse $\frac{4\pi^2}{\lambda^2}$. Désignons par $\mathfrak{E}$ l'épaisseur de la couche de la surface du corps opaque dans laquelle se fait la transformation des rayons lumineux et obscurs en chaleur de conductibilité. Soient $(\mathfrak{e}, \mathfrak{e}', \mathfrak{e}'')$ les projections de $\mathfrak{E}$ sur les axes des (x, y, z), nous aurons

$$(i) \quad \ldots\ldots \quad \mathfrak{E}^2 = \mathfrak{e}^2 + \mathfrak{e}'^2 + \mathfrak{e}''^2.$$

Immédiatement après que la première ondulation aura pénétré dans le corps opaque et s'y sera transformée en chaleur, la température ϵ au point $x=o$ $y=o$ $z=o$ sera

$$\epsilon = a(\mathfrak{a}\mathfrak{m} + \mathfrak{b}\mathfrak{n} + \mathfrak{c}\mathfrak{l})e^{ak^2\mathfrak{h}^2\tau}.$$

τ représentant comme on sait la durée d'une ondulation, est excessivement petit.

Mais la température ε devant être nulle au-delà de l'épaisseur $\mathfrak{E}$ de la surface, on aura $\varepsilon = o$ pour $x = e$, $y = e'$, $z = e''$, d'où résulte

$$cos(\mathfrak{m}e + \mathfrak{n}e' + \mathfrak{l}e'') = o;$$

on déduit de cette relation

$$\mathfrak{m}e + \mathfrak{n}e' + \mathfrak{l}e'' = \left(2i - 1\right)\frac{\pi}{2};$$

i étant un nombre entier et positif quelconque. Mais d'après la nature du problème les six constantes (e, e', e'') $(\mathfrak{m}, \mathfrak{n}, \mathfrak{l})$, sont essentiellement positives, on doit donc avoir

$$(k) \ \ldots \ \left\{ \begin{aligned} \mathfrak{m}e &= \left(2i - 1\right)\frac{\pi}{2} \text{ d'où } & \mathfrak{m} &= \left(\frac{2i - 1}{e}\right)\frac{\pi}{2}, \\ \mathfrak{n}e' &= \left(2i' - 1\right)\frac{\pi}{2} & \mathfrak{n} &= \left(\frac{2i' - 1}{e'}\right)\frac{\pi}{2}, \\ \mathfrak{l}e'' &= \left(2i'' - 1\right)\frac{\pi}{2} & \mathfrak{l} &= \left(\frac{2i'' - 1}{e''}\right)\frac{\pi}{2}, \end{aligned} \right.$$

i, i', i'' étant des nombres entiers et positifs quelconques.

Substituons ces valeurs dans celle de $\mathfrak{h}$ nous aurons

$$(l) \ \ldots \ \mathfrak{h}^2 = \frac{\pi^2}{4}\left[\left(\frac{2i - 1}{e}\right)^2 + \left(\frac{2i' - 1}{e'}\right)^2 + \left(\frac{2i'' - 1}{e''}\right)^2\right];$$

et puisque $\mathfrak{h}$ est un très grand nombre qui surpasse $\frac{2\pi}{\lambda}$ il faut que les (e, e', e'') et par suite l'épaisseur $\mathfrak{E}$ soient extrêmement petites, moindres que $\frac{\lambda}{2\pi}$.

De là résulte que *la transformation des rayons lumineux et obscurs en chaleur de conductibilité se fait dans une épaisseur de la surface du corps parfaitement opaque et athermane moindre qu'une longueur d'ondulation.*

52.

Le corps opaque émet des rayons obscurs et lumineux.

Deux séries d'intégrales particulières ont été déduites des équations (17), ce sont celles que nous avons discutées dans le chapitre précédent et qui ne s'appliquent que dans le cas où le milieu qu'on considère est parfaitement translucide et diathermane, la seconde série d'intégrales déduites des mêmes équations et dont nous venons de nous occuper ne s'applique qu'aux corps parfaitement opaques et athermanes; elles nous ont appris que les rayons lumineux et obscurs pénètrent dans une couche de la surface du corps opaque dont l'épaisseur $\mathfrak{E}$ est extrêmement petite, moindre qu'une longueur d'ondulation, et dans cette couche si mince ces rayons lumineux et obscurs se transforment en chaleur de conductibilité.

Or, que le mouvement atomistique ait lieu dans un corps translucide ou dans un corps opaque, ce sont identiquement les mêmes forces dont les expressions entrent dans les équations (17) qui le produisent.

Nous avons vu que ces mouvements, par l'effet de l'élasticité, se transmettent du corps translucide au corps opaque en contact avec le premier. Réciproquement, si une couche extrêmement mince $\mathfrak{E}$ du corps opaque est échauffée, le mouvement des atomes qui constitue la chaleur de conductibilité se transmettra aux atomes du corps translucide qui vibreront lumineusement; car la chaleur de conductibilité dans la couche $\mathfrak{E}$ de la surface du corps opaque satisfait aux équations (17), c'est-à-dire que dans cette couche extrêmement mince $\mathfrak{E}$ les atomes sont mis en mouvement par des forces dont les expressions entrent dans les équations (17), et puisque ce mouvement se communique par l'effet de l'élasticité de la matière aux atomes du corps translucide, il faut qu'à une époque quelconque t la force vive dont est animé le premier atome de la surface du corps opaque en contact avec le premier atome du corps translucide soit égale à la force vive de rotation moyenne durant la vibration, dont ce dernier atome est animé.

53.

Forces vives dues au mouvement de rotation d'un atome du milieu translucide qui vibre lumineusement.

La moyenne des forces vives dues au mouvement de rotation durant une vibration d'un atome m est évidemment fournie par l'expression

$$\frac{1}{\tau}\int_0^\tau \epsilon^2 dt.$$

Supposons le mouvement vibratoire parfaitement transversal ce qui suppose $\sigma = o$ et substituons dans l'expression précédente la valeur de ϵ telle que nous l'avons trouvée paragraphe 36, nous aurons

$$\frac{1}{\tau}\int_0^\tau \epsilon^2 dt = \frac{4\pi^4 \iota^2 \omega^4 c^2}{\lambda^6}\int_0^\tau \cos^2 2\pi\left(\frac{t}{\tau} - \frac{mx+ny+lz}{\lambda}\right)dt = \frac{2\pi^4 \iota^2 \omega^4 c^2}{\lambda^6}.$$

Nous avons vu (paragraphes 35 et 39) que

$$V = \frac{\lambda}{\tau} = \omega\sqrt{1-\frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}};$$

d'où

$$\tau^2 = \frac{\lambda^2}{\omega^2\left(1-\frac{4\pi^2\delta^2}{\lambda^2}\right)} = \frac{\lambda^4}{\omega^2(\lambda^2 - 4\pi^2\delta^2)}.$$

Substituons cette valeur de τ dans l'expression de la force vive de l'atome translucide qui vibre lumineusement, nous aurons

$$\frac{1}{\tau}\int_0^\tau \epsilon^2 dt = \frac{2\pi^4\omega^2 c^2}{\lambda^2(\lambda^2 - 4\pi^2\delta^2)}.$$

Posons pour simplifier les écritures

$$(p) \quad \ldots\ldots \quad 2\pi^4\omega^2 c^2 = \mathfrak{p}^2;$$

$\mathfrak{p}$ étant une constante, la force vive d'un atome du milieu translucide qui vibre sera représentée par

$$\frac{\mathfrak{p}^2}{\lambda^2(\lambda^2 - 4\pi^2\delta^2)}.$$

Cependant il ne faut pas perdre de vue que l'expression précédente représente la force vive qu'acquiert l'atome translucide lorsqu'il vibre sous l'influence d'un rayon simple dont la longueur d'ondulation est λ. En général, si la caractéristique ε représente une somme de termes semblables dans lesquels la longueur d'ondulation λ seule varie, la force vive de l'atome translucide qui vibre lumineusement sera représentée par

$$\mathfrak{p}^2\left[\Sigma\frac{1}{\lambda\sqrt{\lambda^2-4\pi^2\delta^2}}\right]^2.$$

54.

Forces vives dues à la rotation d'un atome de la surface échauffée du corps opaque.

Déterminons maintenant la force vive due à la vitesse de rotation du premier atome de la surface du milieu opaque. Cet atome est en contact avec le milieu translucide et par l'effet de l'élasticité la force vive se transmet aux atomes de ce milieu translucide. La vitesse de rotation de cet atome s'obtient en posant dans l'équation (19) du paragraphe (48) $x=o$, $y=o$, $z=o$, ce qui donne en ayant égard aux équations *(k)* du paragraphe (51)

$$\varepsilon=\frac{\pi\alpha}{2}\left[\frac{\mathfrak{a}(2i-1)}{\mathfrak{e}}+\frac{\mathfrak{b}(2i'-1)}{\mathfrak{e}'}+\frac{\mathfrak{c}(2i''-1)}{\mathfrak{e}''}\right]e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t}.$$

Nous avons vu que $(i,\ i',\ i'')$ représentent la série des nombres entiers positifs; $(\mathfrak{e}\ \mathfrak{e}'\ \mathfrak{e}'')$ sont les projections de l'épaisseur $\mathfrak{E}$ de la surface dans laquelle les rayons lumineux et obscurs sont transformés en chaleur de conductibilité, épaisseur qui est très petite, lorsque le milieu qu'on considère est parfaitement opaque, moindre qu'une longueur d'ondulation et, à cause de la relation

$$\mathfrak{E}^2=\mathfrak{e}^2+\mathfrak{e}'^2+\mathfrak{e}''^2,$$

les $(\mathfrak{e},\ \mathfrak{e}',\ \mathfrak{e}'')$ sont des quantités du même ordre de grandeur que $\mathfrak{E}$. La valeur de ε est en général une triple série de termes dans laquelle chacun des $(i,\ i',\ i'')$ est égal à la suite des nombres entiers $1,\ 2,\ 3,\ 4,\ .\ .\ .\ (i,\ i',\ i'')$.

Si S représente une somme de termes semblables dans lesquels les $(i,\ i',\ i'')$ prennent successivement les valeurs qui satisfont à la question particulière que l'on résout on aura

$$(\mathrm{r})\ \ldots\ \varepsilon=\mathfrak{q}\sqrt{2}\,\mathrm{S}\left[\frac{\mathfrak{a}(2i-1)}{\mathfrak{e}}+\frac{\mathfrak{b}(2i'-1)}{\mathfrak{e}'}+\frac{\mathfrak{c}(2i''-1)}{\mathfrak{e}''}\right]e^{-ak^2\mathfrak{h}^2t}.$$

en posant pour simplifier $\frac{\pi a}{2}=\mathfrak{q}\sqrt{2}$.

Admettons que la vitesse de rotation de tous les atomes situés dans l'épaisseur $\mathfrak{E}$ de la surface du milieu opaque soit maintenue constante et telle qu'elle était à l'origine du temps t. Dans cette hypothèse on doit avoir $t=o$, et la force vive de l'atome que nous considérons aura pour expression

$$\mathfrak{q}^2\left\{\mathrm{S}\left[\frac{\mathfrak{a}(2i-1)}{\mathfrak{e}}+\frac{\mathfrak{b}(2i'-1)}{\mathfrak{e}'}+\frac{\mathfrak{c}(2i''-1)}{\mathfrak{e}''}\right]\right\}^2,$$

et puisque les forces vives des atomes en contact sont égales, on doit avoir

$$\mathfrak{p}^2\left[\Sigma\frac{1}{\lambda\sqrt{\lambda^2-4\pi^2\delta^2}}\right]^2=\mathfrak{q}^2\left\{S\left[\frac{\mathfrak{a}(2i-1)}{e}+\frac{\mathfrak{b}(2i-1)}{e'}+\frac{\mathfrak{c}(2i''-1)}{e''}\right]\right\}^2,$$

ou en extrayant la racine carrée de part et d'autre

$$(s)\ .\ .\ \mathfrak{p}\Sigma\frac{1}{\lambda\sqrt{\lambda^2-4\pi^2\delta^2}}=\mathfrak{q}S\left[\frac{\mathfrak{a}(2i-1)}{e}+\frac{\mathfrak{b}(2i'-1)}{e'}+\frac{\mathfrak{c}(2i''-1)}{e''}\right].$$

Si dans cette équation nous faisons $i=i'=i''=1$ et si nous nommons λ_{111} la valeur correspondante de la longueur d'ondulation, nous aurons

$$\mathfrak{p}\frac{1}{\lambda_{111}\sqrt{\lambda_{111}^2-4\pi^2\delta^2}}=\mathfrak{q}\left(\frac{\mathfrak{a}}{e}+\frac{\mathfrak{b}}{e'}+\frac{\mathfrak{c}}{e''}\right).$$

Mais dans ce cas l'équation (r) donne pour $t=o$,

$$\varepsilon=\mathfrak{q}\sqrt{2}\left(\frac{\mathfrak{a}}{e}+\frac{\mathfrak{b}}{e'}+\frac{\mathfrak{c}}{e''}\right).$$

Faisons ensuite $i=2\ \ i'=i''=1$, l'équation *(s)* se composera des deux termes suivants:

$$\mathfrak{p}\left(\frac{1}{\lambda_{111}\sqrt{\lambda_{111}^2-4\pi^2\delta^2}}+\frac{1}{\lambda_{211}\sqrt{\lambda_{211}^2-4\pi^2\delta^2}}\right)=\mathfrak{q}\left[\left(\frac{\mathfrak{a}}{e}+\frac{\mathfrak{b}}{e'}+\frac{\mathfrak{c}}{e''}\right)+\left(\frac{3\mathfrak{a}}{e}+\frac{\mathfrak{b}}{e'}+\frac{\mathfrak{c}}{e''}\right)\right],$$

en outre l'équation *(r)* pour $t=o$ fournira

$$\varepsilon=\mathfrak{q}\sqrt{2}\left[\left(\frac{\mathfrak{a}}{e}+\frac{\mathfrak{b}}{e'}+\frac{\mathfrak{c}}{e''}\right)+\left(\frac{3a}{e}+\frac{\mathfrak{b}}{e'}+\frac{\mathfrak{c}}{e''}\right)\right].$$

Ainsi la température ε s'est accrue d'un terme qui surpasse le premier et le corps opaque émet deux rayons; la longueur d'onde λ_{211} du nouveau rayon est évidemment moindre que celle λ_{111} du premier, car le second terme du second membre surpassant le premier, il faut que le second terme du premier membre surpasse aussi le premier et par suite que λ_{211} soit moindre que λ_{111}. Il est facile de voir que si un troisième terme tel que $i=i'=2,\ i''=1$ s'ajoutait aux deux précédents, un nouveau rayon de longueur d'onde λ_{221} serait émis par le corps opaque et que $\lambda_{221}<\lambda_{211}<\lambda_{111}$; enfin un nouveau terme $\frac{3\mathfrak{a}}{e}+\frac{3\mathfrak{b}}{e'}+\frac{\mathfrak{c}}{e''}$ s'ajouterait entre les crochets du second membre de la valeur de ε et la température ε serait plus élevée. On voit donc qu'au fur et à mesure que la température ε s'élève, de nouveaux rayons sont émis par la surface du corps opaque et chaque rayon nouveau a une longueur d'onde moindre que le précédent. De là résulte que le corps opaque commencera par émettre les rayons dont la longueur d'onde est la plus grande, c'est-à-dire des rayons de chaleur obscure; au fur et à mesure que sa température s'élèvera les rayons émis auront des longueurs d'onde de plus en plus courtes; si la température de la couche $\mathfrak{E}$ de la surface s'élève indéfiniment des rayons lumineux seront émis, d'abord les rouges, puis les orangés, les jaunes etc., enfin des rayons ultra violets.

En général les deux séries égales peuvent s'écrire

$$(22) \ldots \mathfrak{p} \sum_{\mathfrak{m}}^{i\,i'\,i''} \left(\frac{1}{\lambda_{i\,i'\,i''} \sqrt{\lambda^2_{i\,i'\,i''} - 4\pi^2\mathfrak{z}^2}} \right) = \mathfrak{q} \sum_{\mathfrak{m}}^{i\,i'\,i''} \left[\frac{\mathfrak{a}(2i-1)}{\mathfrak{e}} + \frac{\mathfrak{b}(2i'-1)}{\mathfrak{e}'} + \frac{\mathfrak{c}(2i''-1)}{\mathfrak{e}''} \right]$$

équation dans laquelle non seulement la somme des termes de la série du premier membre est égal à la somme des termes de la série du second membre, mais chaque terme affecté d'un indice (i, i', i'') de la première série est égal au terme affecté du même indice dans la seconde série.

55.

Tout rayon qui n'est pas absorbé par un milieu pondérable ne saurait être émis par ce milieu et réciproquement.

Nous avons supposé dans ce qui précède que le milieu translucide dont nous nous sommes occupés l'est parfaitement, c'est-à-dire qu'aucun rayon, de quelque nature qu'il soit ne puisse être absorbé par ce milieu, mais que ces rayons se propagent à travers celui-ci sans pertes de forces vives.

Nous avons aussi supposé que le milieu opaque que nous avons considéré soit parfaitement opaque et que tous les rayons qui viennent frapper sa surface soient absorbés. C'est d'après notre analyse dans une couche $\mathfrak{E}$ d'une très petite épaisseur que se fait cette absorption.

Réciproquement lorsque les atomes de cette couche $\mathfrak{E}$ sont en mouvement et que ces mouvements sont produits par les forces élastiques dont les expressions entrent dans les équations (17), ces mouvements, comme nous l'avons vu, se transmettent par l'effet de l'élasticité au milieu translucide et reproduisent le mouvement vibratoire lumineux.

Les forces vives dont sont animés les atomes de la couche $\mathfrak{E}$ ont pour expression le carré du second membre de l'équation (22), et les forces vives transmises au milieu translucide ont pour expression le carré du premier membre de l'équation (22). Mais puisque les termes de même indice du second membre sont égaux aux termes de même indice du premier, il s'en suit que si un terme de la série manque dans le second membre, le terme correspondant dans le premier membre est nul; réciproquement, si un terme de la série du premier membre manque, le terme de même indice dans la série du second membre est nul.

De là résulte que les rayons que le milieu opaque n'absorbe pas ne sont pas non plus émis par ce milieu.

TABLE DES MATIÈRES.

§ 49, 50. L'expression du coefficient de conductibilité a de l'analogie avec celle de la vitesse de propagation de la lumière, mais elle est exprimée par un nombre ordinaire.

§ 51. L'épaisseur de la surface du corps parfaitement opaque, dans laquelle la lumière se transforme en chaleur, est de l'ordre des grandeurs des longueurs d'ondulations.

§ 52. Le corps opaque émet des rayons obscurs et lumineux.

§ 53 et 54. Forces vives dues 1° au mouvement de rotation d'un atome du milieu translucide qui vibre lumineusement; 2° à la rotation d'un atome de la surface d'un corps opaque échauffé. Le corps opaque au fur et à mesure que sa température augmente émet des rayons dont les longueurs d'ondulation deviennent de plus en plus courtes; lorsqu'il est suffisamment échauffé il émet des rayons rouges, puis les orangés etc.

§ 55. Tout rayon qui n'est pas absorbé par un milieu pondérable ne saurait être émis par ce milieu et réciproquement.

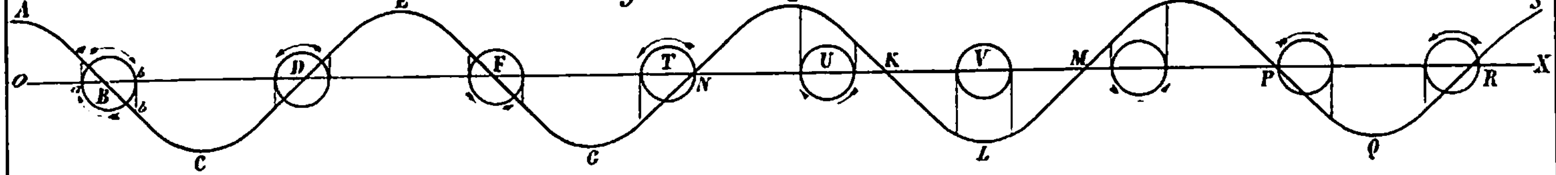

Fig. 1.

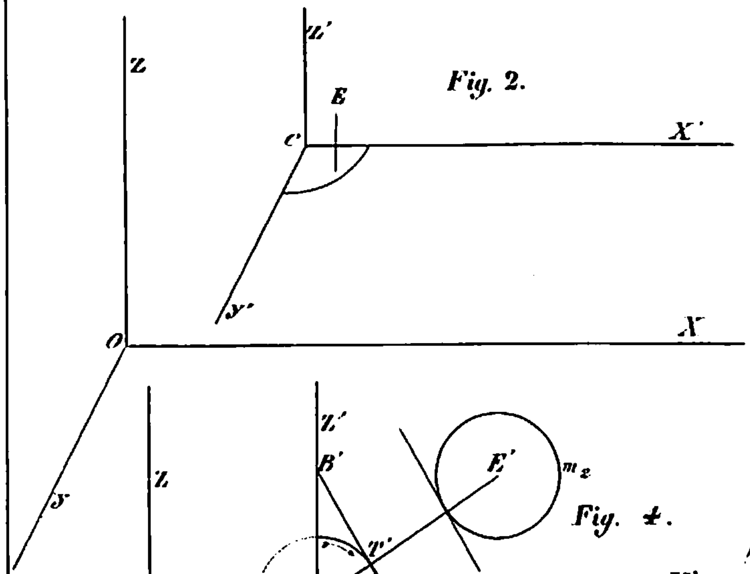

Fig. 2.

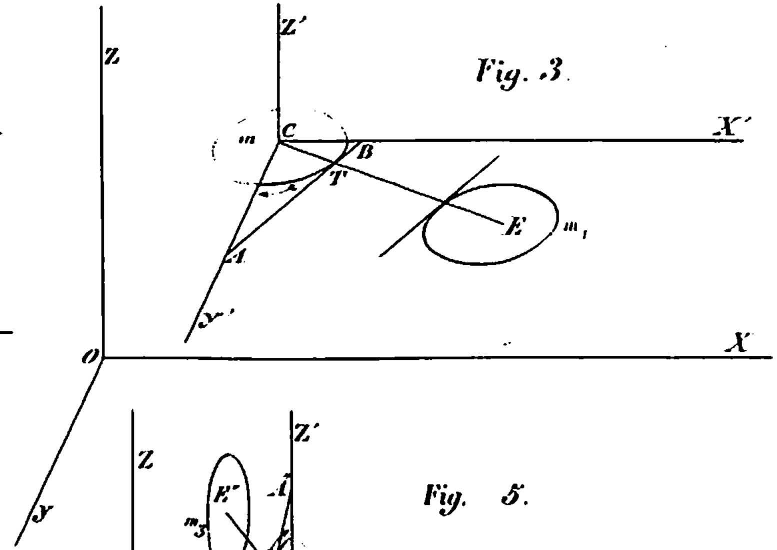

Fig. 3.

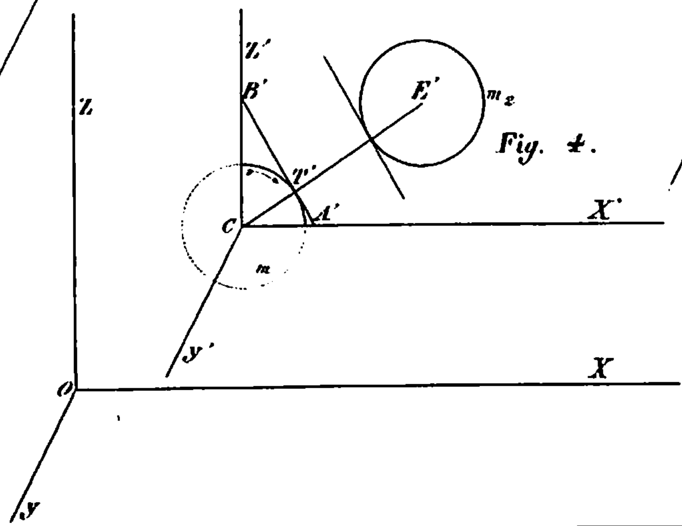

Fig. 4.

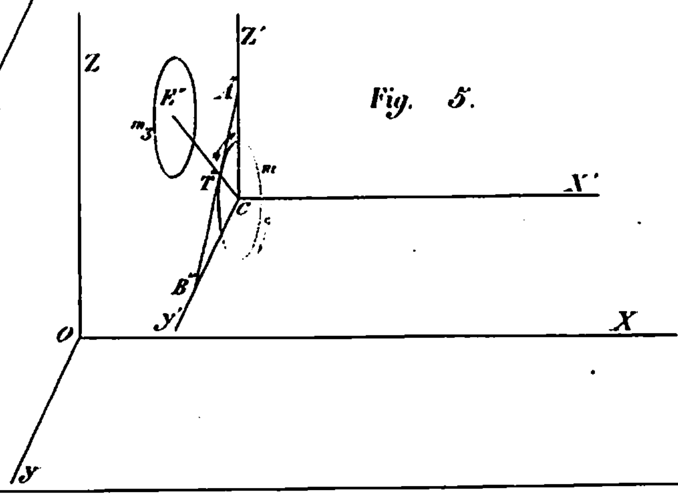

Fig. 5.

Esquisse littéraire.

Les langues, que l'on peut généralement envisager comme formant l'expression la plus intime et la plus spontanée de l'intelligence humaine, participent à la nature éphémère de toutes les choses de ce monde. Elles naissent avec les peuples qui les parlent, suivent côte à côte la marée ascendante de leur civilisation, et cessent enfin de rester des langues vivantes, dès que ces peuples disparaissent du théâtre de l'histoire et se trouvent enfin enfouis sous des monceaux de ruines. On serait tenté de dire que ce sont les fidèles compagnes de leurs maîtres, jalouses de réclamer leur part de la tâche glorieuse dévolue à ces derniers, mais prêtes aussi à subir les vicissitudes de la destinée, dès que l'heure de la décadence a sonné. On peut soutenir sans témérité que les langues, considérées de la sorte, constituent l'étiage infaillible du degré de civilisation d'une nation à un moment donné de sa carrière politique. Si nous suivons d'un regard scrutateur les civilisations éteintes de l'Orient et de l'Occident, si, par la pensée, nous nous associons à leurs destinées depuis le berceau jusqu'à la tombe, nous voyons des dialectes incultes et confus correspondre à un état social rudimentaire, encore dépourvu de tout cachet de perfection; parvenues à l'apogée de leur éducation sociale, ces mêmes nations auront également deviné le plus grand des secrets, celui de l'expression la plus parfaite, la plus sublime de la pensée. Après la chute des peuples-rois de l'antiquité, c'est leur véhicule si souple, si harmonieux de la pensée, désormais réduit en quelque sorte à l'état de pétrification, qui restera de siècle en siècle le témoin muet de leur grandeur. Et c'est en vertu de cette belle prérogative que ces nations jadis eussent pu dire d'elles-mêmes ce que le prince du lyrisme romain disait de son génie:

Non omnis moriar; multaque pars mei
Vitabit Libitinam.

Je ne mourrai pas tout entier, et la meilleure
partie de moi-même évitera la déesse des funérailles.

Mais ces instruments si subtils, ces organismes si parfaits, si aptes à la peinture des idées de l'homme, ne se trouvent-ils pas frappés d'impuissance, dès que leurs services sont réclamés pour fixer le sens et la portée des progrès incessants des peuples modernes, des prodiges enfantés par le génie des générations contemporaines? Personne n'ignore les difficultés sans nombre, quelquefois insurmontables, que l'esprit rencontre sur sa route en allant puiser au répertoire d'un système de langues qui depuis des siècles n'est plus guère du domaine de la parole vivante. Une langue vivante nous rappelle l'image d'un végétal en pleine croissance; elle est susceptible des modifications les plus variées; se pliant à toutes les exigences de la vie journalière, elle pousse, avec le nombre des années, de nouveaux bourgeons, de nouvelles ramures. Il en fut jadis ainsi du latin et du grec. „S'il arrive", dit Horace, „que de nouveaux signes soient nécessaires pour faire comprendre des „idées nouvelles, on vous passera l'expression créée." Or, tel n'est plus, en général, le cas de nos jours par rapport à ces langues. S'agit-il de les mettre en contribution dans la peinture de choses d'une éclosion récente, notre travail sur ce fonds antique et immuable sera forcément très circonscrit. Notre tâche ne pourra consister qu'à disloquer, pour ainsi dire, avec prudence et adresse, les divers ressorts de ces ingénieux mécanismes, pour les rajuster ensuite en vue du parti que nous en désirons tirer. Nous osons livrer au public un essai de ce genre dans ce petit travail, auquel les intelligences plus habiles, plus mûres par rapport aux études classiques de l'ancienne Rome, trouveront sans doute à redire, mais auquel aussi, nous osons l'espérer, les difficultés inhérentes à la nature du sujet auront assuré leur indulgence. C'est dans la langue concise de l'antique Rome que nous voudrions dérouler aux yeux de nos lecteurs le spectacle éblouissant des conquêtes de l'intelligence humaine pendant la durée du siècle qui court. Nous ferons suivre d'une traduction cette petite ébauche, afin que le lecteur non-initié aux langues anciennes puisse apprécier le point de vue sous lequel nous avons envisagé l'objet de notre tâche.

I.

Sæculi laudes.

Corporibus teneris ac flebiliter pereundis
Insitus est animus, divi auctoris simulacrum:
Robore quid possit nuper tentata docebunt.
Temporibus priscis quos brachia firma labores
Perfecere diu, natura judice, diros
Machina nunc solvit variis aptissima rebus.
Æs tenerum æthereas expassum per regiones
Fulmineo motu depingit signa stupenda
Quis spatium vincit cito mens instar Superorum;
Ferro verba volant pariter sub fluctibus altis
Jungitur et nostris oris pars altera mundi.
Ignivomum monstrum stridentia sibila mittens
Pervolitat pulsum ferventis viribus undæ
Auras, atque viis obductis nititur ære.
Folliculis levibus tenui tumidisque vapore
Mortales volucrum ritu palantur in auris
Et læti cursus rapidos ad sidera tendunt.
Arctoas glacies naves jam pondere rumpunt,
Atque brevi notescet gentibus extima tellus.
Hactenus artificis sollertis dextera chartis
Tradidit effigies rerum fulgore colorum,

Ipse coruscis nunc radiis excudit Apollo.
Insolitum præbent iter isthmica litora fracta
Nautis impavidis merces mutantibus orbis,
Arcubus et fiunt celsi freta pervia pontis.
Innumeris sæclis confossum in viscera terræ
Arbustum apta igni moles fit concipiendo,
Qua calida pruna nutritur lucida flamma.
Crystallis nitidis astrorum ignes resoluti
Mire quæ ratio sit stellis intima tradunt
Atque sinunt hominem scrutari cœla profunda.
Una lege sonos varios ac lumina et ignes
Defluere ex varia specie pulsuque atomorum
Nos docuit sæclum, simul addidit et rationes
Quæ motus inter patefiunt atque calores.
Fissa foraminibus dat viscera tellus aperta,
Plutonis subito fugiunt arcana soluta;
E variis soli stratis terræ interioris
Sæclorum series vegetæ viresque patescunt.
Humani generis mire fastos renovabunt
Aetatis priscæ spelaeis ossa reperta
Defossisque lacu palis recubantia tecta.
Indorum veterum sublimia scripta leguntur,
Arcanos cuneos expandimus Assyriorum,
Sacraque pyramidum signa explanare valemus.
Interdum gentes opera omnia grata Camœnis
Expandunt oculis collecta stupentibus arte.
Hocce modo pernix, naturæ vincula frangens,
Mortalis proles procurrit ad ultima fata.

II.

La gloire de notre siècle.

L'âme humaine, fidèle empreinte de son divin Auteur, se trouve enfermée dans une enveloppe fragile formant l'objet des tristes convoitises de la mort; ce sont les plus récents exploits de cette étincelle divine qui en attestent la puissance. Les rudes labeurs auxquels la nature impérieuse astreignit naguère les bras vigoureux de l'homme, sont de nos jours exécutés par des machines admirablement appropriées à leur besogne. Le métal effilé, tendu dans les airs, dessine avec la rapidité de la foudre les signes étonnants dont l'intelligence humaine se sert pour triompher de l'espace à l'instar des habitants du monde céleste; c'est encore le fer qui fait vibrer la pensée humaine à travers les ondes entassées, et qui relie aux côtes de l'ancien continent l'hémisphère opposé. Voyez-vous ce monstre ignivome, appuyé sur sa voie de fer et ébranlé sous l'impulsion des forces de la vapeur, s'élancer dans l'espace, en faisant retentir au loin l'accent aigu de ses sifflements! Les mortels, fiers de leur succès, imitent les habitants ailés de l'atmosphère et se balancent, emportés par de légers ballons gonflés d'un gaz subtil, dans les régions aériennes, en dirigeant leur course rapide vers la sphère des astres. Déjà les navires brisent sous leur poids les glaciers de l'axe boréal du globe, et dans un temps rapproché, l'humanité pourra encore de ces points extrêmes former un objet de ses études. Autrefois ce ne fut que la main habile de l'artiste qui sût retracer par l'éclat des couleurs la figure des objets, tandisque de nos jours le dieu du soleil lui-même la burine par le feu de ses brillants rayons. Les plages emportées des isthmes ouvrent à l'intrépide navigateur une voie inconnue pour opérer l'échange des produits de l'univers; les bras de mer domptés par les arcades d'un pont altier, livrent passage au voyageur. Des arbustes enfouis par le poids des siècles dans les entrailles de la terre, se transforment en matières promptes à prendre feu, et à l'état d'incandescence celles-ci fournissent la nourriture à la plus brillante des flammes. La lumière des astres, décomposée par l'influence du cristal, nous révèle d'une manière admirable la nature intime des corps célestes, et permet à l'homme de scruter les mystères des profondeurs du firmament. Notre siècle nous a édifiés sur la grande loi qui fait découler de la nature et du mouvement des molécules la production variée du son, de la lumière et de la chaleur des corps; il nous a initiés en même temps à la connaissance des relations existant entre le calorique et le mouvement. C'est par suite des perforations pratiquées à la surface de la croûte terrestre, que celle-ci s'est dévoilée à nos yeux, et que le dieu du monde souterrain nous a délivré la clef de ses mystères. Les stratifications intérieures du sol nous attestent l'action plusieurs fois séculaire de forces immenses. Des ossements fossiles de l'âge primitif retrouvés dans les grottes, ainsi que la découverte des cités lacustres serviront à jeter de nouvelles lumières sur l'histoire de l'humanité. Les écrits poétiques de l'Inde ancienne sont devenus accessibles à notre intelligence, l'écriture cunéiforme des textes assyriens, de même que les caractères sacrés gravés sur les parois des pyramides, se trouvent à l'état de problèmes résolus. De temps à autre les nations étalent les chefs-d'œuvre réunis des Muses, aux yeux des spectateurs éblouis par les merveilles de l'art.

Voilà comment la vaillante race des mortels, rompant les mailles dont la nature l'avait entourée, poursuit sans relâche le but suprême de sa destinée.

Dr M. STRONCK, *professeur.*

Lehrplan

des Königlich-Großherzoglichen Athenäums

zu Luxemburg

für das Schuljahr 1870—1871.

PROGRAMME

DES

COURS DE L'ATHÉNÉE ROYAL GRAND-DUCAL

DE LUXEMBOURG

POUR L'ANNÉE SCOLAIRE 1870-1871.

Vorbereitungsklasse. — Classe préparatoire.

Gymnasial-Abtheilung. — SECTION LATINE.

(In 2 Parallel-Cötus. — Divisée en 2 autres Sections.)

Religionslehre. — 2 Stunden.

A) Der Diözesankatechismus (erster Theil).

B) Biblische Geschichte des neuen Testamentes, 1. und 2. Th., nach dem Handbuch von Wies.

Deutsche Sprache. — 5 Stunden.

A) Die Rechtschreibung; die Formenlehre nach der deutschen Grammatik in ihren Grundzügen von Schulz. 2. Ausg. Orthographische Uebungen. Aufgaben zur Einübung der Formenlehre. 2 Stunden.

DOCTRINE CHRÉTIENNE. — *2 heures.*

A) Catéchisme diocésain (première partie).

B) Histoire sainte du nouveau testament, 1re et 2me partie, d'après le manuel de Wies.

LANGUE ALLEMANDE. — *5 heures.*

A) L'orthographe; la lexicologie, d'après la grammaire élémentaire de Schulz. 2e édition. Exercices d'orthographe et de grammaire. 2 heures.

B) Uebung im richtig betonten Lesen. Erklären und mündliches Nacherzählen der gelesenen Stücke. Memoriren. Bone's Lesebuch. Leichte Aufsätze. 3 Stunden. Wöchentlich 3 schriftliche Arbeiten.

B) Exercices de lecture, explication et répétition orale de morceaux choisis dans le livre de lecture de Bone. Exercices de mémoire. Rédactions faciles. 3 heures.

Trois devoirs par semaine.

Französische Sprache. — 7 Stunden.

A) Grammatik. — 2 Stunden.

Die Hauptregeln der Formenlehre. Handbuch: Grammaire pratique de la langue française par G. Kampmann (Veuve Berger-Levrault, Strasbourg).

B) Uebungen. — 5 Stunden.

Uebungen im mechanischen und logischen Lesen. Erklärung ausgewählter Stücke. Orthographische Diktate. Schriftliche Uebungen in leichten Briefen, kleinen Erzählungen, Dialogen. Gedächtnißübungen.

Handbuch: Recueil de morceaux choisis de prose et de vers par Marguerin et Michel. Classes élément. 1re partie (Paris, Charles Delagrave et Cie.).

Wöchentlich 5 schriftliche Arbeiten.

LANGUE FRANÇAISE. — 7 *heures.*

A) Cours de grammaire. 2 heures.

Les règles principales de la lexicologie. Manuel: Grammaire pratique de la langue française, par G. Kampmann. (Veuve Berger-Levrault, Strasbourg).

B) Cours d'application. 5 heures.

Lecture par syllabisation et lectures courantes. Explication de morceaux choisis. Dictées orthographiques. Rédaction de lettres faciles, de petites narrations, de dialogues. Récitations. Manuel: Recueil de morceaux choisis de prose et de vers par Marguerin et Michel. Classes élémentaires 1re partie (Paris, Ch. Delagrave et Cie).

Cinq devoirs par semaine.

Lateinische Sprache. — 5 Stunden.

Formenlehre in Verbindung mit den Uebungen. Grammatik von Berger, 6. Ausg., §§. 1 — 77. Uebungsbuch für untere Klassen von Berger, 1. Kursus. 4. Ausg.

Wöchentlich 5 Pensa.

LANGUE LATINE. — 5 *heures.*

Lexicologie et exercices de traduction. Grammaire de Berger, 6e éd., §§. 1—77. Manuel de traduction de Berger, 1er cours. 4e éd.

Cinq devoirs par semaine.

Arithmetik. — 3 Stunden.

Numeration, die vier Rechnungsarten mit ganzen Zahlen, gemeinen und Dezimal-Brüchen. Maße und Gewichte. Vielfache Uebungen. Arithmetik von Bodson, Michaëlis und Martha.

Wöchentlich 3 schriftliche Arbeiten.

ARITHMÉTIQUE. — 3 *heures.*

Le système de numération; les quatre opérations; le calcul des fractions ordinaires et des fractions décimales. Poids et mesures. Nombreuses applications. Arithmétique de Bodson. Michaëlis et Martha.

Trois devoirs par semaine.

Geographie. — 3 Stunden.

Das Allgemeinste aus der mathematischen, physischen und politischen Geographie. Uebersicht der Hauptgebirgsketten, Stromgebiete und Meere von Eu-

GÉOGRAPHIE. — 3 *heures.*

Les notions les plus indispensables de la géographie physique, mathématique et politique. Les principales chaînes de montagnes, les bassins et ropa. Europa im Allgemeinen. Das Großherzogthum Luxemburg. Handbuch: Nouvelle géographie méthodique von Meissas und Michelot. 50. Ausg.

les mers de l'Europe. Géographie générale de l'Europe. Le Grand-Duché de Luxembourg. Manuel: Nouvelle géographie méthodique par Meissas et Michelot. 50e éd.

Solfeggien. — 2 Stunden.

Nach dem Handbuch: A. de Garaudé.

SOLFÉGE. — *2 heures.*

D'après le manuel de A. de Garaudé.

Industrie-Abtheilung. — SECTION INDUSTRIELLE.

Die Lehrfächer sind dieselben in beiden Abtheilungen, mit Ausnahme der lateinischen Sprache, wofür in dieser Abtheilung Unterricht im Zeichnen (3 St.) und der Buchhaltung (2 St.) ertheilt wird. Handbuch: Traité élémentaire de commerce par Merten.

Les cours sont communs aux deux sections, à l'exception de la langue latine; les heures assignées au latin sont employées, dans la section industrielle, à l'enseignement du dessin (3 h.) et de la tenue des livres (2 h). Manuel: Traité élémentaire de commerce par Merten.

Gymnasium. — Gymnase.

VI. Klasse. — VIme CLASSE.

(In 2 Parallel-Cötus. — Divisée en deux Sections.)

Religionslehre. — 2 Stunden.

A) Diözesankatechismus (zweiter Theil).

B) Biblische Geschichte des A. T. bis zur Theilung des Reiches, nach dem Handbuche von Wies.

DOCTRINE CHRÉTIENNE. — *2 heures.*

A) Catéchisme diocésain (deuxième partie).

B) Histoire sainte de l'ancien testament, jusqu'au partage de la monarchie, d'après le manuel de Wies.

Deutsche Sprache. — 4 Stunden.

A) Wiederholung und weitere Ausführung der Formenlehre. Das Wichtigste aus der Wortbildung. Grammatik von Schulz. 2. Ausg. Zahlreiche grammatische Uebungen. 1 Stunde.

B) Lesen, Erklären und Deklamiren ausgewählter Stücke aus Bone's Lesebuch. Wiedergeben und Nachbilden gelesener Stücke, mündlich und schriftlich. 3 Stunden.

Wöchentlich 2 schriftliche Arbeiten.

LANGUE ALLEMANDE. — *4 heures.*

A) Répétition de la lexicologie; les principales règles de la formation des mots. Grammaire de Schulz. 2e éd. Nombreux exercices de grammaire. 1 heure.

B) Exercices de lecture; explication et déclamation de morceaux choisis dans le livre de lecture de Bone. Répétition orale et reproduction par écrit de morceaux faciles. 3 heures.

Deux devoirs par semaine.

Französische Sprache. — 5 Stunden.

A) Wiederholung der Formenlehre. Mündliche und

LANGUE FRANÇAISE. — *5 heures.*

A) Répétition de la lexicologie. Exercices de schriftliche Uebungen. Grammatik von Poitevin. 2 Stunden.

B) Lese-, Sprech- und Memorirübungen. 3 Stunden.

Wöchentlich 2 oder 3 schriftliche Arbeiten.

grammaire et de traduction. Grammaire complète de Poitevin. 2 heures.

B) Exercices de lecture et de récitation. Répétition faite de vive voix de morceaux choisis dans le livre de lecture de Leroy. 3 heures.

Deux ou trois devoirs par semaine.

Lateinische Sprache. — 8 Stunden.

A) Wiederholung und Fortsetzung der Formenlehre in Verbindung mit den Uebungen. Grammatik von Berger, 6. Ausg., §§. 1—107. Uebersetzungen aus Berger's Uebungsbuch für die unteren Klassen. 1. Kurs (4. Ausg.) und 2. Kurs (3. Ausg.) bis S. 81. 6 Stunden.

B) Maunoury, Epit. de Caesaribus. Ed. altera. Gedächtnißübungen. 2 Stunden.

Wöchentlich 5 Pensa.

LANGUE LATINE. — *8 heures.*

Répétition et continuation de la lexicologie et exercices de traduction. Grammaire de Berger, 6e éd., §§ 1 à 107. Manuel de traduction de Berger, 1er cours, 4e éd.; 2me cours (3e éd.) jusqu'à la page 81. 6 heures.

Auteur: Maunoury, Epitome de Cæsaribus. Ed. altera. Exercices de mémoire. 2 heures.

Cinq devoirs par semaine.

Arithmetik. — 3 Stunden.

Wiederholung und eingehendere Behandlung der Arithmetik. Handbuch von Bodson, Michaëlis und Martha.

Wöchentlich 2 schriftliche Arbeiten.

ARITHMÉTIQUE. — *3 heures.*

L'Arithmétique raisonnée. Nombreuses applications. Arithmétique de Bodson, Michaëlis et Martha.

Deux devoirs par semaine.

Geschichte und Geographie. — 3 Stunden.

A) Die Hauptthatsachen aus der Geschichte der Völker Asiens und Afrika's, der Griechen und Römer, nach dem Handbuch von Moeller: Cours élémentaire d'hist. universelle. 3. Ausg.

B) Ausführliche Geographie von Europa, nach dem Handbuch von Meissas und Michelot. 50. Ausg.

HISTOIRE ET GÉOGRAPHIE. — *3 heures.*

A) Les principaux événements de l'histoire des peuples orientaux, des Grecs et des Romains, d'après le manuel de Mœller, cours élémentaire d'histoire universelle. 3e éd.

B) Géographie détaillée de l'Europe. Manuel: Meissas et Michelot. 50e éd.

Solfeggien. — 2 Stunden.

Nach dem Handbuch: A. de Garaudé.

SOLFÉGE. — *2 heures.*

D'après le manuel: A. de Garaudé.

V. Klasse. — Vme CLASSE.

Religionslehre. — 2 Stunden.

A) Diözesankatechismus (dritter Theil).

B) Wiederholung und Fortsetzung der biblischen Geschichte des alten Testaments nach dem Handbuch von Wies.

DOCTRINE CHRÉTIENNE. — *2 heures.*

A) Catéchisme diocésain (troisième partie.)

B) Répétition et continuation de l'histoire sainte de l'ancien testament, d'après le manuel de Wies.

Deutsche Sprache. — 3 Stunden.

A) Die Satzlehre. Die Interpunktionslehre. Grammatik von Schulz, 2. Ausg. Grammatische Uebungen. 1 Stunde.

B) Lese- und Sprechübungen. Deklamiren. Erklärung ausgewählter Stücke aus Kehrein's Lesebuch (untere Stufe). 4. Ausg. 1868. 2 Stunden.

Wöchentlich ein Aufsatz.

Französische Sprache. — 3 Stunden.

A) Syntax des Substantivs, des Adjektivs und des Pronomens. Syntaktische Uebungen. Grammatik von Poitevin. 1 Stunde.

B) Lektüre; Sprech- und Memorirübungen. 2 Stunden.

Wöchentlich ein Aufsatz.

Lateinische Sprache. — 8 Stunden.

A) Wiederholung und Fortsetzung der Formenlehre. Die Satzlehre mit Ausnahme der Anmerkungen, §§. 108—182. Gelegentlich die Hauptregeln der übrigen Syntax. Grammatik (6. Ausg.) und Uebungsbuch von Berger (2ter Kursus, 3. Ausg. S. 81—148; 3ter Kursus, 2. Ausg. S. 1—22). 4 Stunden.

B) Cornelius Nepos. Gedächtnißübungen. 4 Stunden.

Wöchentlich zum wenigsten 3 Pensa.

Griechische Sprache. — 3 Stunden.

Formenlehre bis zu den Verben. Verba pura. Grammatik von Kühner, 25. Ausg., und Griech. Elementarbuch von Schenkl, 7. Ausg.

Wöchentlich 1 Pensum.

Mathematik. — 3 Stunden.

A) Algebra. Die 4 Grundregeln. Zerlegung in Faktoren. Brüche. Einfache Gleichungen.

B) Geometrie. Das erste Buch. Zahlreiche Uebungen. — Handbücher von Bodson, Michaëlis und Martha.

Wöchentlich eine schriftliche Arbeit.

LANGUE ALLEMANDE. — *3 heures.*

A) La syntaxe, d'après Schulz, 2ᵉ éd.; la ponctuation. Exercices de grammaire. 1 heure.

B) Exercices de lecture et de déclamation. Explication et répétition faite de vive voix de morceaux choisis dans le livre de lecture de Kehrein. 4ᵉ édition, 1868. 2 heures.

Une rédaction par semaine.

LANGUE FRANÇAISE. — *3 heures.*

A) La syntaxe du substantif, de l'adjectif et du pronom. Exercices syntaxiques. Grammaire complète de Poitevin. 1 heure.

B) Exercices de lecture, de mémoire et de récitation. Répétition faite de vive voix de morceaux choisis dans le livre de lecture de Leroy. 2 heures.

Une rédaction par semaine.

LANGUE LATINE. — *8 heures.*

A) Répétition des difficultés de la lexicologie. Les éléments de la syntaxe (spécialement les §§ 108—182) complétés par les règles indispensables à l'intelligence des auteurs. Berger, grammaire (6ᵉ éd.) et manuel de traduction (deuxième cours, p. 81 — 148, 3ᵉ éd.; troisième cours, p. 1—22, 2ᵉ éd.) 4 heures.

B) Auteur: Cornelius Nepos, éd. Belin. Exercices de mémoire. 4 heures.

Au moins trois devoirs par semaine.

LANGUE GRECQUE. — *3 heures.*

La lexicologie jusqu'aux verbes. Verba pura. Grammaire de Kühner, 25ᵉ éd. Exercices de traductions dans Schenkl, 7ᵉ éd.

Un devoir par semaine.

MATHÉMATIQUES. — *3 heures.*

A) Algèbre. Les 4 règles. Décomposition en facteurs. Fractions. Équations du premier degré.

B) Géométrie. Le premier livre. Nombreux exercices. — Manuels: Bodson, Michaëlis et Martha.

Un devoir par semaine.

Geschichte und Geographie. — 3 Stunden.

A) Geschichte des Mittelalters, nach Möllers cours élémentaire d'histoire universelle. 3. Ausg.

B) Geographie von Asien, Afrika, Amerika und Australien, nach dem Handbuch von Meissas und Michelot.

HISTOIRE ET GÉOGRAPHIE. — *3 heures.*

A) Histoire du moyen âge, d'après le manuel de Mœller, cours élémentaire d'histoire universelle. 3e éd.

B) Géographie de l'Asie, de l'Afrique, de l'Amérique et de l'Océanie, d'après le manuel de Meissas et Michelot. 50e éd.

Zeichnen. — 2 Stunden.

DESSIN. — *2 heures.*

IV. Klasse. — IVme CLASSE.

Religionslehre. — 2 Stunden.

Wiederholung des Diözesankatechismus. Der katholische Cultus, nach dem Handbuch von Terklau, 8. Ausg.

DOCTRINE CHRÉTIENNE. — *2 heures.*

Répétition du catéchisme diocésain. Le culte catholique, d'après le manuel de Terklau, 8e éd.

Deutsche Sprache. — 2 Stunden.

A) Grammatik: Wiederholung und weitere Ausführung des Pensums der Quinta, nach der Grammatik von Heyse, 21. Ausg.

B) Uebungen im Lesen, Deklamiren und im mündlichen, freien Vortrag. Erläuterung poetischer und prosaischer Stücke aus Kehrein's Lesebuch (obere Lehrstufe, 4te vermehrte Auflage, 1869). 1 Stunde.

C) Freie Uebersetzung französischer Stücke aus Leroy.

Alle 14 Tage ein Aufsatz.

LANGUE ALLEMANDE. — *2 heures.*

A) La syntaxe développée, d'après la grammaire de Heyse, 21e éd.

B) Exercices de lecture, de déclamation et d'élocution (narrations, descriptions faites de vive voix). Explication de morceaux en prose et en vers choisis dans le livre de lecture de Kehrein. 4e éd. 1869. 1 heure.

C) Traduction libre du français en allemand. Manuel: Leroy.

Une rédaction par quinzaine.

Französische Sprache. — 2 Stunden.

A) Syntax des Zeitwortes. Syntaktische Uebungen. Grammatik von Poitevin. 1 Stunde.

B) Lesen und Erklären ausgewählter Stücke aus Leroy. Uebungen im freien Vortrag. Deklamiren. 1 Stunde.

Alle 14 Tage ein Aufsatz.

LANGUE FRANÇAISE. — *2 heures.*

A) La syntaxe du verbe. Exercices syntaxiques. Grammaire complète de Poitevin. 1 heure.

B) Exercices de lecture, de déclamation et d'élocution (narrations faites de vive voix), explications de morceaux choisis dans Leroy. 1 heure.

Une rédaction par quinzaine.

Lateinische Sprache. — 8 Stunden.

A) Syntax: Wiederholung und Fortsetzung nach der Grammatik von Berger, 6. Ausg. Uebungsbuch: Anleitung zum Uebersetzen aus dem Deutschen in's Lateinische von Berger, 2. Ausg. 4 Stunden.

B) Autoren: Corn. Nepos. Phädrus.

Wöchentlich zum wenigsten 3 Pensa.

LANGUE LATINE. — *8 heures.*

A) Répétition et continuation de la syntaxe, d'après la grammaire de Berger, 6e éd. Exercices de traduction de l'allemand en latin, d'après Berger, 2e éd. 4 heures.

B) Auteurs: Cornelius Nepos et Phèdre, éd. Belin.

Au moins 3 devoirs par semaine.

Griechische Sprache. — 3 Stunden.

A) Wiederholung und Fortsetzung der Formenlehre. Verba contracta, verba muta, verba liquida und auf $\mu\iota$, nach der Grammatik von Kühner, 25. Ausg. Uebersetzen zum Einüben der Grammatik. Schenkl's Griech. Elementarbuch, 7. Ausg. 2 Stunden.

B) Aesopische Fabeln und einige Auszüge aus Xenophon (Schenkl). Gedächtnißübungen. 1 Stunde.

Wöchentlich ein Pensum.

LANGUE GRECQUE. — *3 heures.*

A) Répétition. Verba contracta. Verba muta. Verba liquida et en $\mu\iota$, d'après la grammaire de Kühner, 25ᵉ éd. Exercices de traduction dans le manuel de Schenkl, 7ᵉ éd. 2 heures.

B) Traductions de fables d'Esope et de quelques extraits de Xénophon (Schenkl). Exercices de mémoire.

Un devoir par semaine.

Mathematik. — 3 Stunden.

A) Algebra. Wiederholung. Quadrat- und Kubikwurzel.

B) Geometrie. Wiederholung des ersten Buches. Das zweite Buch und Anfang des dritten Buches.

Handbücher: Bodson, Michaëlis und Martha.

Wöchentlich eine schriftliche Arbeit.

MATHÉMATIQUES. — *3 heures.*

A) Algèbre. Répétition. Racines carrées et racines cubiques des nombres.

B) Géométrie. Répétition du premier livre; le deuxième livre et le commencement du troisième livre. Manuels: Bodson, Michaëlis et Martha.

Un devoir par semaine.

Geschichte und Geographie. — 3 Stunden.

A) Geschichte der neueren Zeit, nach dem Handbuch von Möller, cours élémentaire d'histoire universelle, 3. Ausg.

B) Mathematische Geographie. Wiederholung der neuern Staatenkunde. Vergleichende Geographie.

Handbuch: Meissas und Michelot. 50. Ausg.

HISTOIRE ET GÉOGRAPHIE. — *3 heures.*

A) Histoire moderne, d'après le manuel de Mœller, cours élémentaire d'histoire universelle, 3ᵉ éd.

B) Géographie mathématique. Répétition de la géographie politique moderne. Géographie comparée.

Manuel de géographie: Meissas et Michelot. 50ᵉ éd.

Zoologie. — 2 Stunden.

Ernährungsprozeß. Nervenverrichtung. Nervensystem und Knochensystem. Muskeln. Klassifikation. Allgemeine Charaktere der Wirbelthiere, der Ringelthiere, der Weichthiere und der Zoophyten.

Handbuch: Milne Edwards.

ZOOLOGIE. — *2 heures.*

Fonctions de nutrition. Fonctions de relation. Systèmes nerveux et osseux. Muscles. Classification. Caractères généraux des vertébrés, annelés, mollusques, zoophytes.

Manuel: Milne Edwards.

Zeichnen. — 2 Stunden.

DESSIN. — *2 heures.*

III. Klasse. — IIIᵐᵉ CLASSE.

Religionslehre. — 2 Stunden.

Die Religionslehre, nach dem Handbuche des Professors: Die Glaubenslehre (2. Ausg.), §§. 1—59.

DOCTRINE CHRÉTIENNE. — *2 heures.*

La science de la religion, d'après le manuel du professeur: la dogmatique (2ᵉ éd.), §§ 1—59.

Deutsche Sprache. — 2 Stunden.

A) Das Wichtigste aus der Aufsatzlehre. Uebersicht der Gattungen der Prosa.

B) Erklären und Dekamiren ausgewählter Stücke aus dem Lesebuch von Kehrein, obere Lehrstufe, 4. Ausg. Uebung im freien mündlichen Vortrag zur Kontrole der Privatlektüre. 1 Stunde.

C) Freie Uebersetzung aus dem Französischen in's Deutsche. Handbuch: Leroy.

Alle 14 Tage ein Aufsatz.

LANGUE ALLEMANDE. — *2 heures.*

A) Les principales règles de la composition. Aperçu des différents genres de composition en prose.

B) Explication et déclamation de morceaux choisis dans le livre de lecture de Kehrein, 4e éd. Exercices d'élocution faits de vive voix sur des sujets de la lecture privée. 1 heure.

C) Traduction libre du français en allemand. Manuel: Leroy.

Une rédaction par quinzaine.

Französische Sprache. — 2 Stunden.

A) Grammatik. Syntax der Participien und der unveränderlichen Redetheile. Die grammatischen Figuren. Die Interpunctionslehre. Syntaktische Uebungen. Poitevin's Grammatik. 1 Stunde.

B) Stilübungen und Aufsätze: Beschreibungen und Erzählungen. Erklärung und Deklamation ausgewählter Stücke aus dem Lesebuche von Leroy. Uebung im freien mündlichen Vortrag zur Kontrole der Privatlektüre. 1 Stunde.

Alle 14 Tage ein Aufsatz.

LANGUE FRANÇAISE. — *2 heures.*

A) Grammaire: La syntaxe du participe et des mots invariables. Les figures de syntaxe. La ponctuation. Exercices syntaxiques. Grammaire complète de Poitevin. Nouvelle édition .1 heure.

B) Exercices de style et de composition en prose: Descriptions et narrations. Explication et déclamation de morceaux choisis dans Leroy. Exercices d'élocution faits de vive voix sur des sujets de la lecture privée. 1 heure,

Une rédaction par quinzaine.

Lateinische Sprache. — 9 Stunden.

A) Vollständige Syntax. Der römische Versbau nach der Grammatik von Berger. Uebersetzen in Berger's „stilistischen Vorübungen", die 3 ersten Abschnitte, 2. Ausg. 3 Stunden.

B) Einige Eklogen des Virgil. Q. Curtius, T. Livius und Ovid's ausgewählte Fabeln aus den Metamorphosen. Ausgaben von Belin. Memorirübungen. 4 Stunden.

C) Kursorische Lektüre des Cäsar und Q. Curtius. 2 Stunden. Aufgaben aus der Privatlektüre.

Wöchentlich zum wenigsten 3 Pensa.

LANGUE LATINE. — *9 heures.*

A) La syntaxe complète. Prosodie, d'après la grammaire de Berger. Exercices de traduction de Berger. les trois premiers chapitres, 2e éd. 3 heures.

B) Quelques églogues de Virgile; Quinte-Curce, Tite-Live, et Ovide, fables choisies des métamorphoses. Editions Belin. Exercices de mémoire.4 heures.

C) Lecture cursive de passages choisis dans César et Quinte-Curce. 2 heures. Compositions sur des sujets de la lecture privée.

Au moins 3 devoirs par semaine.

Griechische Sprache. — 4 Stunden.

A) Grammatik. Wiederholung der regelmäßigen Verben. Verba anomala. Präpositionen. Das Wichtigste aus der Casuslehre und die zur Lektüre der Autoren nothwendigsten Regeln aus der übrigen Syntax. Grammatik von Kühner, 25. Ausg., und Elementarbuch von Schenkl, 7. Ausg. 1 Stunde.

LANGUE GRECQUE. — *4 heures.*

A) Grammaire. Répétition des verbes réguliers. Les verbes irréguliers, les prépositions, les règles principales de l'emploi des cas et les autres règles de la syntaxe les plus indispensables à l'intelligence des auteurs. Grammaire de Kühner, 25e éd., et manuel de traduction de Schenkl, 7e éd. 1 heure.

B) Ueberſetzung und Erklärung. Attika von Jakobs (9. Ausg.). Auszüge aus Xenophon und Plutarch. Homer's Odyſſee, 1ſtes Buch. Memorirübungen. 3 Stunden.

Wöchentlich 1 Penſum.

B) *Traduction et explication d'auteurs.* Attica de Jacobs, 9e éd. Extraits de Xénophon et de Plutarche. Odyssée d'Homère, premier livre. Exercices de mémoire. 3 heures.

Un devoir par semaine.

Mathematik. — 3 Stunden.

A) Algebra. Rechnen mit Wurzelgrößen. Kubikwurzel einer Zahl. Auflöſung der Gleichungen vom 2ten Grade mit einer Unbekannten. Diskuſſion der Formeln. Auflöſung der Gleichungen vom 2ten Grade mit mehreren Unbekannten.

B) Geometrie. Drittes Buch. Konſtruktion homogener Ausdrücke. Das vierte Buch. Handbücher: Michaelis, Bodſon und Martha.

MATHÉMATIQUES. — *3 heures.*

A) Algèbre. Calcul des radicaux. Racines cubiques. Equations du second degré à une inconnue. Discussion des équations du second degré. Equations du second degré à plusieurs inconnues.

B) Géométrie. Troisième livre. Constructions des valeurs. Quatrième livre. Manuels: Bodson, Michaëlis et Martha.

Geſchichte. — 2 Stunden.

Eingehendere Behandlung der alten Geſchichte, nach dem Handbuche von Moeller, cours complet d'histoire universelle, 4e éd.

HISTOIRE. — *2 heures.*

Histoire plus approfondie des temps anciens, d'après le manuel de Mœller, cours complet d'histoire universelle, 4e éd.

Botanik. — 2 Stunden.

Elementar- und Ernährungs-Organe der Pflanzen. Reproduktions-Organe. Klaſſifikation der Pflanzen. Studium mehrerer Pflanzen-Familien. Handbuch: Milne Edwards, Cahiers d'histoire naturelle. 2me cahier.

BOTANIQUE. — *2 heures.*

Organes élementaires et organes de nutrition des plantes. Organes de reproduction. Classification des plantes. Familles de plantes. Manuel: Cahiers d'histoire naturelle par Milne Edwards, deuxième cahier, éd. Masson.

Zeichnen. — 2 Stunden.

DESSIN. *2 heures.*

II. Klaſſe. — IIme CLASSE.

Religionslehre. — 2 Stunden.

Religionslehre, nach dem Handbuche des Profeſſors: Fortſetzung der Glaubenslehre, §§ 60—105 (2. Ausg.).

DOCTRINE CHRÉTIENNE. — *2 heures.*

La science de la religion, d'après le manuel du professeur: la dogmatique (suite), §§ 60-105 (2e éd.).

Deutſche Sprache. — 2 Stunden.

A) Allgemeine Stiliſtik nach Becker's Lehrbuch, §§. 1—84.

LANGUE ALLEMANDE. — *2 heures.*

A) Les préceptes du style en général, d'après le manuel de Becker, §§ 1 à 84.

B) Das Wichtigste aus der deutschen Metrik. Theorie der Hauptdichtungsarten, nach Kleinpaul's Poetik (6. Ausg.). Gelegentlich eigene metrische Versuche, auch in Uebersetzungen aus fremden Sprachen.

C) Erklärung ausgewählter Stücke. Uebungen im Disponiren. Deklamiren und freier Vortrag, hauptsächlich zur Kontrole der Privatlektüre. 1 Stunde.

Alle 14 Tage ein Aufsatz.

B) Les principes généraux de la versification allemande; aperçu des différents genres de composition en vers, d'après Kleinpaul. (6e éd.) Exercices decomposition en vers, imitations de poètes étrangers.

C) Explication et déclamation de morceaux choisis; exercices de rédaction; exercices d'élocution faits de vive voix, principalement sur des sujets de la lecture privée. 1 heure.

Une rédaction par quinzaine.

Französische Sprache. — 2 Stunden.

Die Tropen. Die französische Verslehre. Die Dichtungsarten. Erklärung ausgewählter Stellen aus der lyrischen, epischen, dramatischen und didaktischen Poesie. Die kleinern Dichtungsarten. Boileau's Art poétique. Handbuch von Noel und Laplace.

Freie mündliche Vorträge zur Kontrole der Privatlektüre. Schriftliche Arbeiten in Prosa oder in Versen.

Alle 14 Tage ein Aufsatz.

LANGUE FRANÇAISE. — *2 heures.*

Les tropes. La versification française. Les genres de composition en vers. Explications de passages choisis dans les différents genres de poésie. Les genres secondaires et les petits genres. Boileau: art poétique. Manuel: Noël et Laplace.

Exercices d'élocution faits de vive voix sur des sujets de la lecture privée. Compositions en vers ou en prose.

Une rédaction par quinzaine.

Lateinische Sprache. — 9 Stunden.

A) Syntaxis ornata. — Uebersetzen in Berger's stilistischen Vorübungen, die 3 letzten Abschnitte. 2 Stunden.

B) Die Verslehre nach Quicherat. Metrische Uebungen. 1 Stunde.

C) Uebersetzung und Erklärung ausgewählter Stellen aus T. Livius, aus Virgil's Aeneis und Sallust. 4 Stunden.

D) Kursorische Lektüre des Livius. Aufgaben aus der Privatlektüre. 2 Stunden.

Wöchentlich zum wenigsten 3 Pensa.

LANGUE LATINE. — *9 heures.*

A) Syntaxis ornata. Exercices de traduction de Berger, 2e éd., les 3 derniers chapitres. 2 heures.

B) Versification d'après Quicherat. Exercices de composition en vers. 1 heure.

C) Traduction et explication de passages choisis de T. Live, de l'Enéide de Virgile, et de Salluste. Ed. Belin. 4 heures.

D) Lecture cursive de passages choisis de T. Live. Compositions sur des sujets de la lecture privée. 2 heures.

Au moins 3 devoirs par semaine.

Griechische Sprache. — 4 Stunden.

A) Wiederholung der Verben auf μι und der verba anomala. Gebrauch der Tempora und Modi, nach Kühner's Grammatik (25. Ausg.). Schenkl's Uebungsbuch (7. Ausg.). 1 Stunde.

B) Uebersetzung und Erklärung. Xenophon's Hellenika, 5tes und 6tes Buch. Homer's Odyssee, 6tes und 7tes Buch. Das 1ste Buch der Ilias. Jakob's

LANGUE GRECQUE. — *4 heures.*

A) Répétition des verbes en μι et des verbes irréguliers. Emploi des temps et des modes, d'après la grammaire de Kühner, 25e éd. Manuel de traduction de Schenkl, 7e éd. 1 heure.

B) Traduction et explication d'auteurs. Hellenica de Xénophon, 5e et 6e livre. Odyssée d'Homère, 6e et 7e livre. Le premier livre de l'Illiade d'Ho-

Attika (9. Ausg.). Auszüge aus Herodot. Memorirübungen. 3 Stunden.

Wöchentlich 1 Pensum.

mère. Attica de Jacobs (9ᵉ éd.). Extraits d'Hérodote. Exercices de mémoire. 3 heures.

Un devoir par semaine.

Mathematik. — 3 Stunden.

A) Algebra. Progressionen und Kettenbrüche. Unbestimmte Analyse des ersten Grades und Wurzelgrößen. Logarithmen und Zinseszinsen.

B) Geometrie. Fünftes, sechstes u. siebentes Buch. Handbücher: Bodson, Michaelis und Martha.

MATHÉMATIQUES. — *3 heures.*

A) Algèbre. Progressions et fractions continues. Analyse indéterminée du 1ᵉʳ degré et calcul des radicaux. Logarithmes. Intérêts composés.

B) Géométrie. Cinquième, sixième et septième livre. Manuels: Bodson, Michaëlis et Martha.

Geschichte. — 2 Stunden.

Eingehendere Darstellung des Mittelalters, nach Möller's cours complet d'histoire universelle, 4ᵉ éd.

HISTOIRE. — *2 heures.*

Histoire plus approfondie du moyen âge, d'après Mœller, cours complet d'histoire universelle, 4. éd.

Physik. — 2 Stunden.

Allgemeine Eigenschaften der Körper. Schwere. Hydrostatik. Gase. Akustik. Wärme. Magnetismus. Electricität. Optik. Handbuch: Jamin, Petit traité de physique à l'usage des établissements d'instruction, Paris 1870.

PHYSIQUE. — *2 heures.*

Propriétés générales des corps. Pesanteur. Hydrostatique. Gaz. Acoustique. Chaleur. Magnétisme. Electricité. Lumière. Manuel : Jamin, Petit traité de physique à l'usage des établissements d'instruction. Paris 1870.

I. Klasse. — Iʳᵉ CLASSE.

Religionslehre. — 2 Stunden.

Religionslehre nach dem Handbuche des Professors (2. Ausg.): Fortsetzung und Schluß der Glaubenslehre, §§. 106—154.

DOCTRINE CHRÉTIENNE. — *2 heures.*

La science de la religion, d'après le manuel du professeur (2ᵉ éd.). Suite et fin de la dogmatique, §§ 106—154.

Deutsche Sprache. — 2 Stunden.

A) Wiederholung der Stilistik des einfachen Satzes. Stilistik des zusammengesetzten Satzes nach Becker, §§. 85—115.

B) Das Wichtigste aus der Rhetorik, nach Schleiniger's „Abriß der Rhetorik für Gymnasien." Zergliederung gewählter Reden. Rhetorische Uebungen.

C) Erklärung einiger Erzeugnisse der deutschen Literatur. Deklamation. Freie Vorträge über gegebene oder selbstgewählte Stoffe (wo möglich vor den

LANGUE ALLEMANDE. — *2 heures.*

A) Répétition des préceptes du style enseignés en IIᵉ. Continuation: proposition complexe, d'après Becker, §§ 85—115.

B) Les préceptes de la rhétorique en général, d'après Schleiniger, éd. de 1865. Analyse littéraire de discourschoisis dans les orateurs allemands Exercices de compositions oratoires.

C) Explication de quelques productions de la littérature allemande. Déclamation, discours sur des sujets donnés ou choisis par l'élève (prononcés

Schülern der oberen Klassen). Kontrole der Privatlektüre. 1 Stunde.

Monatlich ein Aufsatz.

Französische Sprache. — 2 Stunden.

Die Redefiguren. Die Hauptregeln der französischen Redekunst in rhetorischen Uebungen. Zergliederung gewählter Reden. Abfassung einer Rede. Uebungen im Deklamiren, in rethorischen Aufsätzen und im freien Vortrag. Kontrole der Privatlektüre.

Handbuch: Noel und Laplace.

Monatlich ein Aufsatz.

Lateinische Sprache. — 9 Stunden.

A) Die Regeln der Rhetorik, nach Kleutgen (4. Ausg.).

B) Zergliederung und Uebersetzung ausgewählter Reden aus Cicero. Taciti Germania. Ausgewählte Oden, Satyren und Episteln aus Horaz. 7 Stunden.

C) Kursorische Lektüre einiger Briefe, leichter Reden und gewählter Stellen aus den philosophischen Schriften des Cicero. 2 Stunden. Schriftliche Arbeiten aus der Privatlektüre.

Wöchentlich 3 Pensa.

Griechische Sprache. — 4 Stunden.

A) Wiederholung der Regeln über den Gebrauch der Tempora und Modi. Infinitiv und Particip. Partikeln und griechische Redensarten. Wiederholung der wichtigsten Regeln der Syntax im Anschluß an die Lektüre. Uebersetzungen aus dem Lateinischen in's Griechische (Handb. Schenkl, 2. Ausg.). 1 Stunde.

B) Uebersetzung und Erklärung: Demosthenes' olynthische Reden, Ausg. v. Westermann. Homer's Ilias, Auszüge aus dem 2. und 6. Buche; 7. Buch. Jakob's Attika (9. Ausg.). Auszüge aus Thucydides, Isokrates und Lysias. Memorirübungen. 3 Stunden.

Wöchentlich 1 Pensum.

Mathematik. — 3 Stunden.

A) Algebra. Combinationen. Der Newton'sche

éventuellement devant les élèves des classes supérieures). Lecture privée à contrôler par le professeur. 1 heure.

Une rédaction par mois.

LANGUE FRANÇAISE. — *2 heures.*

Les figures de pensées. Les préceptes de rhétorique française appliqués à des exercices oratoires. Analyse de discours choisis dans les orateurs français. Composition d'un discours. Exercices de déclamation et de composition oratoire. Exercices d'élocution faits de vive voix. Lecture privée à contrôler par le professeur. Manuel: Noël et Laplace.

Une rédaction par mois.

LANGUE LATINE. — *9 heures.*

A) Principes généraux de rhétorique, d'après Kleutgen, 4° éd.

B) Analyse et traduction de discours choisis de Cicéron. Taciti Germania. Odes, satyres et épitres choisies d'Horace, éd. Hachette. 7 heures.

C) Explication cursive de quelques lettres, de discours faciles et de passages choisis des écrits philosophiques de Cicéron. 2 heures. Compositions sur des sujets de la lecture privée.

Trois devoirs par semaine.

LANGUE GRECQUE. — *4 heures.*

A) Répétition de l'emploi des temps et des modes. Emploi de l'infinitif et du participe. Particules et locutions grecques. Répétition des règles les plus importantes de la syntaxe, combinée avec la lecture des auteurs. Traduction du latin en grec dans le manuel de Schenkl, 2° éd. 1 heure.

B) Traduction et explication d'auteurs. Les Olynthiennes de Demosthènes, éd. Westermann. Iliade d'Homère. Extraits du 2° et du 6° livre; 7° livre. Attica de Jacobs, 9° éd. Extraits de Thucydide, d'Isocrate et de Lysias. Exercices de mémoire. 3 heures.

Un devoir par semaine.

MATHÉMATIQUES. — *3 heures.*

A) Algèbre. Combinaisons et arrangements. Bi-

Satz. Summiren der Kugelhaufen. Wiederholung der Algebra.

B) Geometrie. 8tes Buch. Wiederholung der Geometrie.

C) Trigonometrie, nach dem Handbuche von Bodson, Michaëlis und Martha.

nome de Newton et sommation des piles de boulets. Répétition des parties principales des éléments d'Algèbre.

B) Géométrie. Huitième livre. Répétition de la géométrie.

C) Trigonométrie. D'après le manuel de Bodson, Michaëlis et Martha.

Geschichte. — 2 Stunden.

Eingehendere Behandlung der Geschichte der neuern Zeit bis zum westphälischen Frieden, nach dem Handbuche von Moeller, cours complet d'histoire universelle.

HISTOIRE. — *2 heures.*

Histoire plus approfondie des temps modernes jusqu'au traité de Westphalie, d'après le manuel de Mœller, cours complet d'histoire universelle. 4e éd.

Chemie. — 2 Stunden.

Einleitung. Nomenclatur. Chemische Formeln. Nichtmetalle und ihre Hauptverbindungen. Metalle, deren Oxyde und die wichtigsten Salze. Organische Chemie. Nach den Heften des Professors.

CHIMIE. — *2 heures.*

Introduction. Nomenclature. Formules chimiques. Corps non métalliques et leurs combinaisons les plus importantes. Metaux. Oxydes métalliques et sels les plus importants. Notions de chimie organique. Cahiers du professeur.

Gewerbschule. — Ecole industrielle.

VI. Klasse. — VIme CLASSE.

Religionslehre. — 2 Stunden.

Der zweite Theil des Diözesankatechismus. — Bibl. Gesch. des N. T., 3. u. 4. Theil, nach dem Handbuche von Wies.

DOCTRINE CHRÉTIENNE. — *2 heures.*

Le catéchisme diocésain, deuxième partie. Histoire sainte du nouveau testament. 3e et 4e partie, d'après le manuel de Wies.

Deutsche Sprache. — 6 Stunden.

A) Wiederholung der Formenlehre, nach der Grammatik von Schulz (2. Ausg.). Zahlreiche grammatische Uebungen. 2 Stunden.

B) Uebungen im richtigen Lesen und Erklärung ausgewählter Stücke aus Kehrein, untere Stufe (4. Ausg.). Vortrag auswendig gelernter Stücke. Mündliches und schriftliches Reproduziren vorgelesener Erzählungen. 4 Stunden.

Wöchentlich 3 schriftliche Arbeiten.

LANGUE ALLEMANDE. — *6 heures.*

A) Répétition de la lexicologie, d'après la grammaire de Schulz, 2e éd. Nombreux exercices. 2 heures.

B) Exercices de lecture, de mémoire et de récitation. Explication de morceaux choisis dans Kehrein (4e éd.). Reproduction faite de vive voix et par écrit de narrations faciles. 4 heures.

Trois devoirs par semaine.

Französische Sprache. — 7 Stunden.

A) Grammatik. 2 Stunden.

Vollständige Formenlehre. Handbuch: Grammaire pratique de la langue française, par G. Kampmann.

B) Uebungen. 5 Stunden.

Uebungen im mechanischen und logischen Lesen. Erklärung ausgewählter Stücke. Orthographische Diktate. Schriftliche Uebungen in leichten Briefen, kleinen Erzählungen, Dialogen. Gedächtnißübungen.

Handbuch: Recueil de morceaux choisis de prose et de vers par Marguerin et Michel.

Wöchentlich 5 schriftliche Arbeiten.

Geschichte und Geographie. — 3 Stunden.

Die Hauptthatsachen aus der Geschichte der asiatischen Völker, der Griechen und Römer. Handbuch: Kiesel, Lehrbuch der Geschichte. Freiburg 1868.

Ausführliche Geographie Europa's. Handbuch: Arendts, 10. Ausg.

Arithmetik. — 5 Stunden.

Ausführliche Arithmetik. Zahlreiche Uebungen. Handbuch: Bodson, Michaëlis und Martha.

Wöchentlich 2 oder 3 schriftliche Arbeiten.

Buchhaltung. — 2 Stunden.

Zweck der Buchhaltung. Handelsausdrücke. Abkürzungen. Handelsbücher. Formeln. Einfache Buchhaltung. Uebungen in schriftlichen Geschäftsoperationen. Buchhaltung des Kleinhändlers und des Handwerkers. Erklärung und Redaktion der gewöhnlichsten Komptoirarbeiten. Die unentbehrlichsten Erklärungen über Handelspapiere. Handbuch: Traité élémentaire de commerce par F. Merten, 10. Ausg.

Zeichnen. — 5 Stunden.

Freihandzeichnen: Grundprinzipien des Ornamenten-, Kopf- und Landschaftzeichnens.

LANGUE FRANÇAISE. — 7 *heures.*

A) Cours de grammaire. 2 heures.

La lexicologie complète. Manuel: Grammaire pratique de la langue française, par G. Kampmann. 12e éd. Vve. Berger-Levrault, Paris et Strasbourg.

B) Cours d'application. 5 heures.

Lectures par syllabisation et lectures courantes. Explication de morceaux choisis. Dictées orthographiques. Rédaction de lettres faciles, de petites narrations, de dialogues. Récitations.

Manuel: Recueil de morceaux choisis de prose et de vers par Marguerin et Michel (1re partie.). Paris, Ch. Delagrave. 1869.

Cinq devoirs par semaine.

HISTOIRE ET GÉOGRAPHIE. — 3 *heures.*

Les principaux événements de l'histoire des peuples orientaux, des Grecs et des Romains, d'après le manuel de Kiesel, éd. de 1868.

Géographie détaillée de l'Europe, d'après le manuel d'Arendts, 10e éd.

ARITHMÉTIQUE. — 5 *heures.*

Arithmétique complète. Nombreuses applications. Manuel: Bodson, Michaëlis et Martha.

Deux ou trois devoirs par semaine.

TENUE DES LIVRES. — 2 *heures.*

But de la tenue des livres. Termes commerciaux. Abréviations. Livres de commerce. Formules. Tenue des livres en partie simple. Exercices par écrit d'opérations commerciales. Comptabilité du détaillant et de l'artisan. Explication et rédaction des actes de commerce les plus usuels. Notions indispensables des effets de commerce. Manuel: Traité élémentaire de commerce par Merten, 10e éd.

DESSIN. — 5 *heures.*

Dessin à main levée. Eléments du dessin d'ornement, de tête et de paysage.

V. Klasse. — V^me CLASSE.

Religionslehre. — 2 Stunden.

Der dritte Theil des Diözesankatechismus. Bibl. Gesch. des A. T. bis zum Tode Salomons, nach dem Handbuche von Wies.

Deutsche Sprache. — 5 Stunden.

A) Satzlehre, nach Schulz (2. Ausg.). Zahlreiche syntaktische Uebungen. 1 Stunde.

B) Uebungen im richtig betonten Lesen, verbunden mit sprachlicher und sachlicher Erklärung ausgewählter Stücke aus Kehrein, untere Stufe (4. Ausg.). Vortrag auswendig gelernter Stücke. Mündliches und schriftliches Wiedergeben und Nachbilden vorgelesener Erzählungen. 4 Stunden.

Wöchentlich 3 schriftliche Arbeiten.

Französische Sprache. — 6 Stunden.

A) Grammatik. 2 Stunden.

Die Hauptregeln der Syntax und Wiederholung der Formenlehre. Handbuch: Grammaire pratique de la langue française, par G. Kampmann.

B) Uebungen. 4 Stunden.

Kursorische Lektüre. Zergliederung ausgewählter Stücke. Schriftliche Uebungen in Briefen, Erzählungen, Beschreibungen und Dialogen. Kleine Aufsätze über gegebene Themata. Gedächtnißübungen.

Handbuch: Lectures morales, historiques et scientifiques annotées, année préparatoire, par M. Caron (Paris, librairie classique d'Eugène Belin).

Wöchentlich 3 oder 4 schriftliche Arbeiten.

Geschichte und Geographie. — 2 Stunden.

Die wichtigsten Ereignisse aus der Geschichte des Mittelalters. Handbuch: Kiesel, Freiburg, 1868.

Geographie: Asien, Afrika, Amerika und Australien, nach dem Handbuch von Arendts (10. Ausg.).

DOCTRINE CHRÉTIENNE. — *2 heures.*

Le catéchisme diocésain, 3^e partie. Histoire sainte de l'ancien testament jusqu'à la mort de Salomon. Même manuel que dans la classe précédente.

LANGUE ALLEMANDE. *5 heures.*

A) La Syntaxe, d'après Schulz, 2^e éd. Nombreux exercices syntaxiques. 1 heure.

B) Exercices de lecture, de mémoire et de récitation. Explication de morceaux choisis dans Kehrein, 4^e éd. Reproduction et imitation de narrations, faites de vive voix et par écrit. 4 heures.

Trois devoirs par semaine.

LANGUE FRANÇAISE. — *6 heures.*

A) Cours de grammaire. 2 heures.

Les règles principales de la syntaxe et la répétition de la lexicologie. Manuel: Grammaire pratique de la langue française, par G. Kampmann.

B) Cours d'application. 4 heures.

Lectures courantes. Analyses de morceaux choisis. Rédactions de lettres, de narrations, de descriptions et de dialogues. Petites compositions sur des sujets donnés. Récitations. Manuel: Lectures morales, historiques et scientifiques annotées, année préparatoire, par M. Caron (Paris, librairie classique d'Eugène Belin).

Trois ou quatre devoirs par semaine.

HISTOIRE ET GÉOGRAPHIE. — *3 heures.*

Les principaux événements de l'histoire du moyen âge, d'après le manuel de Kiesel, éd. de 1868.

Géographie de l'Asie, de l'Afrique, de l'Amérique et de l'Océanie, d'après le manuel d'Arendts, 10^e édition.

Mathematik. — 5 Stunden.

Arithmetik. 1 Stunde. Wiederholung der Elementar-Eigenschaften der Zahlen, der gemeinen Brüche, der Dezimalzahlen, Dezimalbrüche und des metrischen Systems. Anwendungen. Handbuch: Bodson, Michaëlis und Martha.

Algebra. 2 Stunden. Algebraische Rechnung. Gleichungen des 1. Grades. Aufgaben. Proportionen. Handbuch: Bodson, Michaëlis und Martha.

Geometrie. 2 Stunden. Die 2 ersten Bücher und das dritte bis zu den Proportional-Linien und ähnlichen Figuren. Handbuch: Bodson, Michaëlis und Martha.

Wöchentlich 2 schriftliche Arbeiten.

Zoologie. — 2 Stunden.

Allgemeine Eigenschaften der Thiere. Ernährungsprozeß. Nervensystem. Knochensystem. Klassifikation. Beschreibung der wichtigsten Thiere, besonders derjenigen, welche in der Industrie gebraucht werden. Handbuch: Zoologie von Achille Comte.

Buchhaltung. — 2 Stunden.

Wiederholung. Einfache Buchhaltung. Uebungen in schriftlichen Geschäftsoperationen. Abschluß der schriftlichen Geschäftsoperationen. Saldo's der Conto's im Hauptbuche. Einleitung in die doppelte Buchführung. Redaktionen und Handelskorrespondenz. Fortgesetzte Erklärungen über Handelspapiere. Kaufmännische Arithmetik. Handbuch: Manuel de Sciences commerciales à l'usage des Athénées et des Colléges par Fr. Merten.

Zeichnen. — 5 Stunden.

Gründliche Ornamenten-, Figur- und Landschaftsstudien. Federzeichnen. Sepia- und Aquarell-Malerei. Naturzeichnen.

MATHÉMATIQUES. — *5 heures.*

Arithmétique. 1 heure. Répétition des propriétés élémentaires des nombres, de la théorie des fractions décimales, des mesures et des applications de l'Arithmétique. Manuel: Bodson, Michaëlis et Martha.

Algèbre. 2 heures. Calcul algébrique, équations et problèmes du premier degré. Théorie des proportions. Manuel: Bodson, Michaëlis et Martha.

Géométrie. 2 heures. Les deux premiers livres. Troisième livre jusqu'aux lignes proportionnelles et figures semblables. Manuel: Bodson, Michaëlis et Martha.

Deux devoirs par semaine.

ZOOLOGIE. — *2 heures.*

Caractères des animaux. Fonctions de nutrition et de relation. Système nerveux, osseux. Classification. Etude d'un certain nombre d'animaux remarquables et sortout de ceux qu'on emploie dans l'industrie. Manuel: Zoologie d'Achille Comte, éd. Masson.

TENUE DES LIVRES. — *2 heures.*

Répétition. Tenue des livres en partie simple. Exercices par écrit d'opérations commerciales. Clôture des opérations commerciales par écrit. Manière de solder les comptes au Grand-Livre. Introduction à la tenue des livres en partie double. Rédactions et correspondances commerciales. Continuation des explications relatives aux effets de commerce. Arithmétique pratique en usage dans les maisons de commerce. Manuel: Manuel de Sciences commerciales à l'usage des Athénées par Fr. Merten, éd. de 1868.

DESSIN. — 5 *heures.*

Etude plus compléte d'ornements, de figure et de paysage. Dessin à la plume. Peinture à la sépia et à l'aquarelle. Dessin d'après nature.

IV. Klasse. — IV^me CLASSE.

Religionslehre. — 2 Stunden.

Wiederholung des Diözesankatechismus. Biblische Gesch. des A. T., Fortsetzung und Schluß, nach dem Handbuch von Wies.

DOCTRINE CHRÉTIENNE. — *2 heures.*

Répétition du catéchisme diocésain en entier. Histoire sainte de l'ancien testament depuis la mort de Salomon jusqu'à Jésus-Christ. Même manuel que dans la classe précédente.

Deutsche Sprache. — 5 Stunden.

A) Satzlehre und korrekter mündlicher Sprachgebrauch im Anschluß an die Lektüre und die freie Uebersetzung aus Leroy. 2 Stunden.

B) Im Anschluß an die Korrektur der Aufgaben: Praktische Winke zur Anfertigung eines Aufsatzes, besonders in Bezug auf den Geschäftsstil. 1 Stunde.

C) Lesen, Erklären, Deklamiren aus Kehrein, obere Stufe (4. Ausg.). 2 Stunden.

Wöchentlich 2 schriftliche Arbeiten.

LANGUE ALLEMANDE. — *5 heures.*

A) Répétition de la syntaxe et exercices d'élocution combinés avec la lecture de morceaux choisis dans Kehrein et la traduction libre du français en allemand dans Leroy. 2 heures.

B) Correction des devoirs avec addition des préceptes les plus indispensables de la composition, appliqués surtout à des rédactions sur des sujets usuels. 1 heure.

C) Lecture, explication et déclamation de morceaux choisis dans Kehrein. 2 heures.

2 devoirs par semaine.

Französische Sprache. — 6 Stunden.

A) Grammatik: 2 Stunden. Vollständige Syntax und Wiederholung der Formenlehre. Handbuch: Grammaire pratique de la langue française, par G. Kampmann.

B) Uebungen: 4 Stunden. Kursorische Lektüre. Zergliederung ausgewählter Stücke. Schriftliche Uebungen in Briefen, Erzählungen, Beschreibungen, Schilderungen und Dialogen. Aufsätze über gegebene Themata. Gedächnißübungen. Handbuch: Lectures choisies de morale et de littérature par Ernest Duthar (Paris, Charles Delagrave et C^ie).

Wöchentlich 2 schriftliche Arbeiten.

LANGUE FRANÇAISE. — *6 heures.*

A) Cours de grammaire: 2 heures. La syntaxe complète et la répétition de la lexicologie. Manuel: Grammaire pratique de la langue française, par G. Kampmann.

B) Cours d'application: 4 heures. Lectures courantes. Analyse de morceaux choisis. Rédaction de lettres, narrations, descriptions, tableaux et dialogues. Compositions sur des sujets donnés. Récitations. Manuel: Lectures choisies de morale et de littérature, par Ernest Duthar (Paris, Charles Delagrave et C^ie.)

Deux devoirs par semaine.

Geschichte und Geographie. — 3 Stunden.

Neuere Geschichte bis zur ersten franz. Revolution. Handbuch: Kiesel, Freiburg 1868.

Mathematische Geographie. Wiederholung der neuern Staatenkunde, nach dem Handbuch von Arendts, 10. Ausg.

HISTOIRE ET GÉOGRAPHIE. — *3 heures.*

Histoire moderne, depuis la découverte de l'Amérique jusqu'à la première révolution française. Manuel: Kiesel.

Géographie mathématique; répétition de la géographie politique moderne. Manuel: Arendts.

Mathematik. — 5 Stunden.

Algebra. 2 Stunden. Quadrat- und Kubikwurzel. Quadratwurzel der Polynomen. Quadrat-Wurzelgrößen. Quadratische Gleichungen. Progressionen. Kettenbrüche. Unbestimmte Analyse des 1. Grades. Handbuch: Bodson, Michaëlis und Martha.

Geometrie. 3 Stunden. 3., 4. u. 5. Buch. Handbuch: Bodson, Michaëlis und Martha.

Wöchentlich 3 schriftliche Arbeiten.

Botanik. — 2 Stunden.

Elementarorgane und Ernährungsorgane der Pflanzen. Reproduktionsorgane. Klassifikation der Pflanzen nach dem natürlichen Systeme. Studium einiger Pflanzen-Familien. Handbuch: Hefte der Naturgeschichte von Milne Edwards, 2. Heft.

Buchhaltung. — 2 Stunden.

Wiederholung. Doppelte Buchhaltung. Die verschiedenen Arten Contos im Hauptbuche. Debit und Credit dieser Contos. Buchung der Posten nach den Grundsätzen der doppelten Buchführung. Abschluß der schriftlichen Geschäftsoperationen. Von den Bilanzen. Saldos der Contos im Hauptbuche. Aufstellung des Inventars. Comptoirarbeiten und Handels-Correspondenz. Handelspapiere. Unterabtheilungen der Haupt-Contos. Handelsgesellschaften. Wechsel- und Arbitrage-Rechnung. Conto correnti. Handbuch: Manuel de Sciences Commerciales à l'usage des Athénées et des Collèges par Fr. Merten (éd. de 1868).

Zeichnen. — 5 Stunden.

Geometrisches Zeichnen. Die Säulenordnungen nach Vignola. Elemente der Architektur. Aufnahme von Gebäuden.

MATHÉMATIQUES. — *5 heures.*

Algèbre. 2 heures. Racines carrées et cubiques des nombres. Racine carrée d'un polynome. Calcul des radicaux du deuxième degré. Equations et problèmes du deuxième degré. Des progressions. Des fractions continues. Analyse indéterminée du premier degré. Manuel: Bodson, Michaëlis et Martha.

Géométrie. 3 heures. Troisième, quatrième et cinquième livre. Manuel: Bodson, Michaëlis et Martha.

Trois devoirs par semaine.

BOTANIQUE. *2 heures.*

Organes élémentaires et organes de nutrition des plantes. Organes de reproduction. Classification des plantes d'après la méthode naturelle. Etude de quelques familles de plantes. Manuel: Cahiers d'histoire naturelle par Milne Edwards, 2ᵉ cahier.

TENUE DES LIVRES. — *2 heures.*

Répétition. Tenue des livres en partie double. Les diverses espèces de comptes au Grand-Livre. Du débit et du crédit de ces comptes. Rédaction des articles au Journal et report au Grand-Livre. Clôture des opérations commerciales par écrit. Des balances. Soldes des comptes au Grand-Livre. Manière de dresser l'inventaire. Rédactions et correspondances commerciales. Effets de commerce. Subdivision des comptes généraux. Sociétés commerciales. Changes et arbitrages. Comptes courants et d'intérêts. Manuel: Manuel de Sciences commerciales à l'usage des Athénées et des Colléges par Fr. Merten (éd. de 1868).

DESSIN. — *5 heures.*

Dessin géométrique. Les ordres d'architecture d'après Vignole. Eléments d'architecture. Lever de bâtiments.

III. Klasse. — III^me CLASSE.

Religionslehre. — 2 Stunden.

Der kathol. Kultus, nach dem Handbuche von Terklau.

DOCTRINE CHRÉTIENNE. — *2 heures.*

Le culte catholique, d'après le manuel de Terklau.

Deutsche Sprache. — 3 Stunden.

A) Die allgemeinen Grundsätze der Aufsatzlehre. Uebersicht der Haupt-Gattungen der Prosa, nach Beckers Handbuch der Stilistik. Disponirübungen. 1 Stunde.

B) Erklären und Deklamiren ausgewählter Stücke aus Kehrein, obere Stufe (4. Ausg.). Freier mündlicher Vortrag zur Kontrole der Privatlektüre. 2 Stunden.

Wöchentlich eine schriftliche Arbeit.

LANGUE ALLEMANDE. — *3 heures.*

A) Les principes généraux de la composition. Aperçu des principaux genres de la composition en prose. Exercices de rédaction. 1 heure.

B) Explication et déclamation de morceaux choisis dans Kehrein. Exercices d'élocution faits de vive voix sur des sujets de la lecture privée. 2 heures.

Un devoir par semaine.

Französische Sprache. — 3 Stunden.

A) Grammatik. 1 St. Wiederholung der vollständigen Grammatik. Handbuch: Grammaire pratique de la langue française, par G. Kampmann.

B) Rhetorik. 1 St. Grundsätze der Stilistik und Anfangsgründe der Redekunst.

C) Uebungen. 1 St. Deklamation. Zergliederung ausgewählter Stücke. Aufsätze über gegebene Themata. Handbuch: Petit cours de littérature française par Charles André, classes élémentaires (Bruxelles, Bruylant-Christophe).

Wöchentlich 2 schriftliche Arbeiten.

LANGUE FRANÇAISE. — *3 heures.*

A) Cours de grammaire. 1 heure. Répétition de la grammaire complète. Manuel: Grammaire pratique de la langue française, par G. Kampmann.

B) Cours de rhétorique. 1 heure. Les principes du style et les éléments de la rhétorique française.

C) Cours d'application. 1 heure. Déclamation. Analyse de morceaux choisis. Compositions sur des sujets donnés. Manuel: Petit cours de littérature française, par Charles André, classes élémentaires (Bruxelles, Bruylant-Christophe).

2 devoirs par semaine.

Englische Sprache. — 3 Stunden.

Formenlehre; Uebungen nach dem Handbuch: Cours gradué de la langue anglaise par H. Plate. 1^re partie.

Wöchentlich 3 schriftliche Arbeiten.

LANGUE ANGLAISE. — *3 heures.*

La lexicologie; exercices de traduction. Manuel: Cours gradué de langue anglaise par H. Plate. 1^re partie.

Trois devoirs par semaine.

Geschichte und Geographie. — 2 Stunden.

Wiederholung der neuern Geschichte. Französische Revolution. Wiener Kongreß. Neueste Geschichte. Handbuch: Kiesel (Freiburg 1868). Handelsgeographie, nach dem Handbuch von Hopf: Grundlinien der Handelsgeographie. Nürnberg, 1869.

HISTOIRE ET GÉOGRAPHIE. — *2 heures.*

Répétition de la partie de l'histoire moderne enseignée en IV^e. Révolution française. Congrès de Vienne. Histoire contemporaine. Manuel: Kiesel. Géographie commerciale, d'après le manuel de Hopf.

Mathematik. — 5 Stunden.

Algebra. 2 Stunden. Die 4 letzten Kapitel nebst Anhang. Handbuch: Bodson, Michaëlis und Martha.

Geometrie. 2 Stunden. Die 3 letzten Bücher. Handbuch: Bodson, Michaëlis und Martha.

Trigonometrie. 2 Stunden. Elementartrigonometrie. Handbuch: Bodson, Michaëlis und Martha.

Statik. — 1 Stunde.

Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte. Theorie der Kräftenpaare. Gleichgewichtsbedingungen. Elementar-Begriffe vom Schwerpunkt. Einfache und zusammengesetzte Maschinen. Uebungen.

Physik. — 2 Stunden.

Allgemeine Eigenschaften der Körper. Schwere. Schwerpunkt. Wage. Hydrostatik. Barometer. Luftpumpe. Pumpen. Wärmelehre. Ausdehnung der Körper. Thermometer. Dämpfe. Verbreitung der Wärme. Meteorologie. Vorläufige Begriffe über Elektricität, Magnetismus, Akustik und Licht. Handbuch: Petit traité de physique à l'usage des établissements d'instruction par Jamin, Paris 1870.

Chemie. — 2 Stunden.

Einleitung. Nomenklatur. Einfache Körper und ihre wichtigsten Verbindungen. Allgemeine Betrachtungen über die Metalle, die Oxyde und die Salze und einige wichtige Körper der organischen Chemie. Handbuch: Eléments de Chimie par Regnault.

Staatsökonomie. — 2 Stunden.

Nach dem Handbuch von E. Levasseur, Cours d'économie industrielle.

Zeichnen. — 5 Stunden.

Linearperspektive. Luftperspektive. Tuschen- und Schattenlehre. Maschinenzeichnen: Fortleitungs- und Umwandlungsorgane der Bewegungen.

MAHÉMATIQUES. — *5 heures.*

Algèbre. 2 heures. Les quatre derniers chapitres et l'appendice. Manuel: Bodson, Michaëlis et Martha.

Géométrie. 2 heures. Les trois derniers livres. Manuel: Bodson, Michaëlis et Martha.

Trigonométrie élémentaire. 1 heure. Manuel: Bodson, Michaëlis et Martha.

COURS DE STATIQUE. — *1 heure.*

Composition et décomposition des forces. Théorie des couples. Conditions d'équilibre. Notions élémentaires du centre de gravité. Machines simples et machines composées. Exercices.

PHYSIQUE. — *2 heures.*

Propriétés générales des corps. Pesanteur. Centre de gravité. Balance hydrostatique. Densité. Pesanteur des gaz. Baromètre. Machine pneumatique. Pompes. Chaleur. Dilatabilité des corps. Thermomètre. Changement d'état des corps. Vapeur. Propagation de la chaleur. Météorologie (notions). Notions sur l'électricité, le magnétisme, l'acoustique et la lumière. Manuel: Petit traité de physique à l'usage des établissements d'instruction par Jamin, Paris 1870.

CHIMIE. — *2 heures.*

Introduction. Nomenclature. Corps simples les plus importants. Leurs combinaisons. Généralités sur les métaux, les oxydes métalliques, les sels. Quelques notions de chimie organique. Manuel: Eléments de chimie par Regnault.

ECONOMIE POLITIQUE. — *2 heures.*

D'après le manuel: E. Levasseur, Cours d'économie industrielle.

DESSIN. — *5 heures.*

Perspectives linéaire et aërienne. Lavis et théorie des ombres. Dessin de machines: Organes de transmission et de modification des mouvements.

II. Klasse. — II^me CLASSE.

Religionslehre. — 2 Stunden.

Eingehendere Behandlung der Verfassung der Kirche und Lehre der Kirche über die hl. Sakramente, nach dem großen Diözesankatechismus.

DOCTRINE CHRÉTIENNE. — *2 heures.*

Explication plus approfondie de la constitution de l'église et la doctrine de l'église sur les saints sacrements, d'après le grand catéchisme diocésain.

Deutsche Sprache. — 2 Stunden.

A) Stilistik nach Becker's Handbuch. Die allgemeinen Grundsätze der deutschen Dicht- und Redekunst, nach demselben. Uebersicht der Hauptdichtungsarten. 1 Stunde.

B) Erklären ausgewählter Schriftsteller. Deklamiren. Freier mündlicher Vortrag zur Kontrole der Privatlektüre. 1 Stunde.

LANGUE ALLEMANDE. — *2 heures.*

A) Les préceptes du style, les principes généraux de la poétique et de la rhétorique allemande, d'après le manuel de Becker. Aperçu des principaux genres de composition en vers. 1 heure.

B) Explication d'auteurs choisis. Déclamation. Exercices d'élocution faits de vive voix sur des sujets de la lecture privée. 1 heure.

Französische Sprache. — 2 Stunden.

A) Poetik. 1 Stunde.

Allgemeine Grundsätze der Dichtkunst.

B) Uebungen. 1 Stunde.

Deklamation. Zergliederung ausgewählter Stücke. Aufsätze über gegebene Themata.

Handbuch: Leçons françaises de littérature et de morale, par Noël et Laplace, nouvelle édition.

LANGUE FRANÇAISE. — *2 heures.*

A) Cours de poétique. 1 heure.

Les principes de la poësie française.

B) Cours d'application: 1 heure.

Déclamation. Analyses de morceaux choisis. Compositions sur des sujets donnés. Manuel: Leçons françaises de littérature et de morale, par Noël et Laplace, nouvelle édition.

Englische Sprache. — 2 Stunden.

Fortsetzung der Uebungen im Uebersetzen, 2. Theil des Handbuches: Cours gradué de langue anglaise par H. Plate.

LANGUE ANGLAISE. — *2 heures.*

Continuation des exercices de traduction, II^e partie du cours gradué de langue anglaise par H. Plate.

Geschichte. — 2 Stunden.

Gemeinschaftlich mit den Schülern der entsprechenden Gymnasial-Klasse.

HISTOIRE. — *2 heures.*

Cours combiné avec la classe correspondante du gymnase.

Höhere Algebra. — 1 Stunde.

Allgemeine Theorie der Gleichungen vom $n$ten Grade mit einer Unbekannten. Numerische Gleichungen. Elimination. Handbuch von Meyer und Choquet.

ALGÈBRE SUPÉRIEURE. — *1 heure.*

Théorie générale des équations du n^{me} degré à une inconnue. Equations numériques. Elimination. Manuel: Meyer et Choquet.

Analytische Geometrie. — 2 Stunden.

Die ganze ebene analytische Geometrie. Handbuch: Analysirende Geometrie von Sonnet und Frontera.

Darstellende Geometrie. — 2 Stunden.

Die gerade Linie und die Ebene. Linearperspektive. Isometrische Projektion. Methode der numerirten Ebenen. Handbuch: Michaëlis.

Differential- und Integral-Rechnung.
2 Stunden.

Differential-Quotient der Funktionen mit einer unabhängigen Größe. Anwendung auf Analysis und Geometrie. Integration der rationellen Funktionen. Handbuch: Michaëlis.

Aufnahme von Plänen. — 2 Stunden.

Aufnahme von Plänen und Nivelliren. Praktische Uebungen. Nach dem Handbuche von Briot und Vacquant und den Heften des Lehrers.

Physik. — 2 Stunden.

Kräfte und Bewegung. Schwere. Molekularanziehung. Flüssigkeiten und Gase. Wärme. Handbuch: Petit traité de physique à l'usage des établissements d'instruction, par Jamin (Paris, Gauthier-Villars, 1870).

Chemie. — 4 Stunden.

A) Allgemeine Chemie. 3 Stunden.

Atomistische Theorie. Formüle und chemische Gleichungen. Radicale. Molekulartypen. Klassifikation. Einfache Körper und ihre wichtigsten Verbindungen. Betrachtungen über die ein- und zweiatomigen Körper. Die Metalle und ihre Verbindungen. Handbuch: Naquet.

B) Chemische Manipulationen. 1 Stunde.

Bereitung mehrerer in dem Kursus besprochenen Substanzen.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *2 heures.*

La géométrie analytique à deux dimensions en entier. Manuel: Eléments de géométrie analytique par Sonnet et Frontera.

GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE. *2 heures.*

Du plan et de la ligne droite. Perspective linéaire. Projections isométriques. Méthode des plans cotés. Manuel: Michaëlis.

CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL.
2 heures.

Dérivées des fonctions d'une variable. Applications analytiques et applications géométriques. Intégration des fonctions rationelles.

Manuel: Michaëlis.

LEVÉE DES PLANS. — *2 heures.*

Levée des plans et nivellement. Applications pratiques. Manuel: Briot et Vacquant et les cahiers du professeur.

PHYSIQUE. — *2 heures.*

Forces et mouvement. Pesanteur. Attraction moléculaire. Liquides et gaz. Chaleur. Manuel: Petit traité de physique à l'usage des établissements d'instruction, par Jamin (Paris, Gauthier-Villars 1870).

CHIMIE. — *4 heures.*

A) Chimie générale. 3 heures.

Théorie atomique. Formules et équations chimiques. Radicaux, types moléculaires. Classification d'après la théorie atomique. Corps simples et leurs combinaisons. Généralités sur les familles monoatomiques, diatomiques etc. Métaux. Leurs combinaisons. Manuel: Naquet.

B) Manipulations chimiques. 1 heure.

Préparation de substances étudiées dans le cours.

Zeichnen. — 5 Stunden.

Konstruktion der Verzahnungen. Maschinenzeichnen nach Aufnahme u. Umrissen. Topographisches Zeichnen.

DESSIN. — *5 heures.*

Tracé des engrenages. Dessin de machines d'après lever et croquis. Dessin topographique.

I. Klasse. — I^re CLASSE.

Religionslehre. — 2 Stunden.

Die christliche Moral, nach dem Handbuche von Wies, §§. 141—256.

DOCTRINE CHRÉTIENNE. — *2 heures.*

La morale chrétienne, d'aprés le manuel de Wies, §§. 141—256.

Deutsche Sprache. — 2 Stunden.

Geschichte der deutschen Literatur, nach Hüppe's Handbuch und den Heften des Lehrers. Abhandlungen und Vorträge.

Gemeinsch. mit den Schülern der Philosophie.

LANGUE ALLEMANDE. — *2 heures.*

Histoire de la littérature allemande, d'après le manuel de Hüppe et les cahiers du professeur. Compositions et dissertations faites de vive voix.

Cours commun avec les élèves qui fréquentent les cours sup., sect. des lettres.

Französische Sprache. — 2 Stunden.

Geschichte der französischen Literatur, nach den Heften des Lehrers. Freie Vorträge über gegebene oder selbstgewählte Stoffe (wo möglich vor den Schülern der obern Klassen).

Gemeinschaftlich mit den Schülern der Philosophie.

LANGUE FRANÇAISE. — *2 heures.*

Histoire de la littérature française, d'après les cahiers du professeur. Discours sur des sujets donnés ou choisis par l'élève (prononcés éventuellement devant les élèves des classes supérieures).

Cours commun avec les élèves qui fréquentent les cours supérieurs, section philosophie et lettres.

Englische Sprache. — 2 Stunden.

Kaufmännische Korrespondenz nach dem Handbuche: L'art de la correspondance anglaise et française par S. Sadler.

LANGUE ANGLAISE. — *2 heures.*

Correspondance commerciale d'après le manuel: L'art de la correspondance anglaise et française par S. Sadler.

Geschichte. — 2 Stunden.

Gemeinschaftlich mit den Schülern der entsprechenden Gymnasial-Klasse.

HISTOIRE. — *2 heures.*

Cours combiné avec la classe correspondante du gymnase.

Analytische Geometrie. — 2 Stunden.

Analytische Geometrie des Raumes.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *2 heures.*

Géométrie analytique à trois dimensions.

Darstellende Geometrie. — 2 Stunden.

Erzeugung der Flächen und ihre tangenten Ebenen. Besondere Eigenschaften der ebenen Flächen, welche

GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE. — *2 heures.*

Génération des surfaces et leurs plans tangents. Propriétés particulières du plan tangent aux cy-

Cylinder-Kegel und Umdrehungsflächen berühren. Ebene Schnitte in krummen Flächen. Durchschnitt zweier Flächen. Entwickelbare Flächen: Schraubenlinie und entwickelbare Schraubenfläche. Erzeugung der windschiefen Flächen und ihre tangenten Ebenen. Anwendung auf Schattenlehre und Steinschnitt. Handbuch: Leroy.

Differential- und Integral-Rechnung.

2 Stunden.

Integration der irrationellen und transcendentalen Funktionen. Quadraturen und Cubaturen. Differenziren der Funktionen mit mehreren unabhängigen Größen. Integration von Differential-Gleichungen. Handbuch: Michaëlis.

Mineralogie. — 2 Stunden.

Einleitung. Krystallographie. Klassifikation. Beschreibung der Mineralien. Leichte Methoden zum Erkennen der Mineralien. Handbuch: Beudant und Hefte des Professors.

Geologie.

(Im Wintersemester 2 St. wöchentlich).

Allgemeine Uebersicht des Baues der Erdrinde und der Lagerung der Gebirge, aus welchen sie zusammengesetzt ist. Kurze Beschreibung der Felsarten. Betrachtung der Gebirge in geognostischer und paleontologischer Hinsicht. Besonderes Studium der Gebirgsbildungen des Großherzogthums Luxemburg. Geognostische Excursionen. Nach den Heften des Professors.

Physik. — 3 Stunden.

Magnetismus. Statische Elektricität. Dynamische Elektricität. Optik. Akustik. Handbuch: Petit traité de physique à l'usage des établissements d'instruction par M. J. Jamin. Paris 1870.

Chemie. — 3 Stunden.

A) Allgemeine Chemie. 2 St.

Organische Analyse. Homologe, isologe und heterologe Reihen. Kohlenwasserstoffe. Organische Verbindungen der einatomigen, zweiatomigen &c. Radikale.

lindres, aux cônes et aux surfaces de révolution. Sections planes faites dans les surfaces. Intersection des surfaces entre elles. Surfaces développables. L'hélice et l'hélicoïde développable. Génération des surfaces gauches et plans à ces surfaces. Applications aux ombres et à la coupe des pierres. Manuel: Leroy.

CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL.

2 heures.

Intégration des fonctions irrationnelles et des fonctions transcendantes. Quadratures, cubatures. Différentiation des fonctions de plusieurs variables. Intégration des équations différentielles. Applications. Manuel: Michaëlis.

MINÉRALOGIE. — *2 heure.*

Introduction. Cristallographie. Classification. Etude des minéraux les plus importants. Méthodes employées pour reconnaître les minéraux. Manuel: Beudant et cahiers du professeur.

GÉOLOGIE.

(2 heures pendant le semestre d'hiver).

Aperçu général de la structure de l'écorce terrestre et de la disposition des terrains qui la composent. Description sommaire des roches. Etudes des terrains sous le rapport géognostique et paléontologique. Etude spéciale des terrains du Grand-Duché de Luxembourg. Excursions géognostiques. D'après les cahiers du professeur.

PHYSIQUE. — *3 heures.*

Magnétisme. Electricité statique. Electricité dynamique. Optique. Acoustique. Manuel: Petit traité de physique à l'usage des établissements d'instruction par M. J. Jamin. Paris 1870.

CHIMIE. — 3 *heures.*

A) Chimie générale. 2 heures.

Analyse organique. Séries homologues, isologues, hétérologues. Hydrocarbures. Radicaux organiques. Alcools, glycols, glycérines, glucoses, ammoniaques

Zuckerarten. Oxykohlenwasserstoffradikale. Säuren, Amide, Aldehyde, Acetone, Harnstoff, Organische Basen. Albuminoide. Handbuch: Chemie von Naquet und Hefte des Professors.

B) Chemische Manipulationen. 1 St.

composées, radicaux oxygénés, acides monoatomiques, diatomiques, etc. Etude des principaux acides, amides, aldéhydes, acétones, alcaloïdes naturels, substances albuminoïdes et gélatineuses. Manuel: Chimie de Naquet et cahiers du professeur.

B) Manipulations chimiques. 1 heure.

Zeichnen. — 5 Stunden.

Die Elemente der architektonischen Komposition.

DESSIN. — *5 heures.*

Les éléments de la composition architectonique.

Höhere Kurse. — Cours supérieurs.

Die Schüler der höhern Kurse können den Religionsunterricht mit den Schülern der 1. Klasse der Gewerbschule gemeinschaftlich besuchen.

Les élèves des cours supérieurs peuvent suivre les leçons de doctrine chrétienne avec ceux de la 1re industrielle.

A) Philosophie und Literatur. — *A)* Philosophie et lettres.

Lateinische Sprache. — 5 Stunden.

Tacitus' Annalen. Einige Reden von Cicero. Libri de officiis. Horaz und Juvenal.

LANGUE LATINE. — *5 heures.*

Annales de Tacite. Quelques discours de Cicéron. Libri de Officiis. Horace et Juvénal.

Griechische Sprache. — 3 Stunden.

Plato: Apologie des Sokrates. Aristoteles: Auszüge aus der ars poëtica. Demosthenes: die 1. philippische Rede. Sophokles: Antigone.

LANGUE GRECQUE. — *3 heures.*

Platon: Apologie de Socrate. *Aristote:* Extraits de l'art poétique. *Démosthène:* 1e philippique. *Sophocle:* Antigone.

Deutsche Sprache. — 2 Stunden.

Geschichte der deutschen Literatur, nach Hüppe's Handbuch und den Heften des Lehrers. Abhandlungen und Vorträge.

LANGUE ALLEMANDE. — *2 heures.*

Histoire de la littérature allemande, d'après le manuel de Hüppe et les cahiers du professeur. Compositions et dissertations faites de vive voix.

Französische Sprache. — 2 Stunden.

Geschichte der französischen Literatur, nach den Heften des Lehrers. Freie Vorträge über gegebene oder selbstgewählte Stoffe (wo möglich vor den Schülern der obern Klassen).

LANGUE FRANÇAISE. — *2 heures.*

Histoire de la littérature française, d'après les cahiers du professeur. Discours sur des sujets donnés ou choisis par l'élève (prononcés éventuellement devant les élèves des classes supérieures).

Philosophie. — 8 Stunden.

Im 1. Semester. Formelle und reale Logik, nach dem Handbuche von Stöckl. 2. Aufl. 4 St. Empirische Psychologie, nach demselben Handbuche, 4 St.

Im 2. Semester. Moralphilosophie, nach demselben Handbuche. 2 St. Allgemeine Metaphysik oder Ontologie, rationale Psychologie und Theodicee. 4 St. Geschichte der Philosophie, nach den Heften des Lehrers. 2 St.

PHILOSOPHIE. — *8 heures.*

1er Semestre. Logique formelle et matérielle, d'après le manuel de Stöckl, 2e éd. 4 heures.

Psychologie empirique, d'après le même manuel. 4 heures.

2e Semestre. Philosophie morale. Même manuel. 2 heures.

Métaphysique générale ou ontologie, psychologie rationelle et théodicée. 4 heures.

Histoire de la philosophie, d'après les cahiers du professeur. 2 heures.

Geschichte. — 3 Stunden.

A) Eingehendere Behandlung der Geschichte der neuern Zeit, vom westphälischen Frieden bis zur Gegenwart, nach dem Handbuch von Möller. 2 Stunden.

B) Vaterländische Geschichte, nach den Heften des Professors. 1 St.

HISTOIRE. — *3 heures.*

A) Histoire plus approfondie des temps modernes, depuis le traité de Westphalie jusqu'à nos jours, d'après le manuel de Mœller. 2 heures.

B) Histoire nationale, d'après les cahiers du professeur. 1 heure.

Römische Alterthümer. — 2 Stunden.

Politische und bürgerliche Rechte der Römer. Staatsverwaltung. Gerichtswesen. Staatshaushalt. Völkerrechtliche Beziehungen. Militärwesen. Religion. Privatleben. Nach den Heften des Professors und dem Handbuch: Abriß der griechischen und römischen Alterthümer und Literaturgeschichte für Gymnasien, von Haacke.

ANTIQUITÉS ROMAINES. — *2 heures.*

Droits civils et politiques des Romains. Organisation et administration de l'Etat. Organisation judiciaire. Finances. Relations internationales. Organisation militaire. Religion. Vie privée. D'après les cahiers du professeur et le manuel: Abriß der griechischen und römischen Alterthümer und Literaturgeschichte für Gymnasien, von Haacke.

Griechische Alterthümer. — 1 Stunde.

Griechenland im heroischen und geschichtlichen Zeitalter. Form der Staatsverfassung und Einrichtungen in den vorzüglichsten Staaten Griechenlands. Nach den Heften des Lehrers und dem Handbuch: Abriß der griechischen und römischen Alterthümer und Literaturgeschichte für Gymnasien, von Haacke.

ANTIQUITÉS GRECQUES. — *1 heure.*

La Grèce héroïque et la Grèce historique. Formes de gouvernement et institutions des principaux états de la Grèce. D'après les cahiers du professeur et le manuel: Abriß der griechischen und römischen Alterthümer und Literaturgeschichte für Gymnasien, von Haacke.

B) Wissenschaften. — *B)* Sciences.

Analytische Geometrie.

1stes Jahr. Gemeinschaftlich mit der 2ten Klasse der Gewerbschule. 2 Stunden.

2tes Jahr. Gemeinschaftlich mit der 1sten Klasse der Gewerbschule. 2 Stunden.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE.

1re Année. Cours commun avec la 2me classe de l'école industrielle. 2 heures.

2me Année. Cours commun avec la 1re classe de l'école industrielle. 2 heures.

Darstellende Geometrie.

1stes Jahr. Gemeinschaftlich mit der 2ten Klasse der Gewerbschule. 2 Stunden.

2tes Jahr. Gemeinschaftlich mit der 1sten Klasse der Gewerbschule. 2 Stunden.

Differential- und Integral-Rechnung.

1stes Jahr. Gemeinschaftlich mit der 2ten Klasse der Gewerbschule. 2 Stunden.

2tes Jahr. Gemeinschaftlich mit der 1sten Klasse der Gewerbschule. 2 Stunden.

Höhere Algebra. — 1 Stunde.

Allgemeine Theorie der Gleichungen. Numerische Gleichungen. Elimination. Handbuch: Meyer und Choquet.

Astronomie. — 1 Stunde.

Nach den Heften des Lehrers.

Zoologie. — 2 Stunden.

Allgemeine Eigenschaften der Thiere. Ernährungsprozeß und Nervenverrichtungen. Zoologische Klassifikation. Wirbelthiere. Ringelthiere. Weichthiere. Zoophyte. Handbuch: Cours élémentaire de Zoologie par Milne Edwards.

Mineralogie. — 2 Stunden.

Gemeinschaftlich mit der ersten Klasse der Gewerbschule.

Geologie.

Im Wintersemester 2 Stunden wöchentlich.

Gemeinschaftlich mit der ersten Klasse der Gewerbschule.

Physiologie der Pflanzen. — 2 Stunden.

Elementarorgane der Pflanzen. Ernährungsorgane und Ernährungsprozeß. Befruchtungsorgane und Befruchtungsprozeß. Die Klassifikation der Pflanzen. Studium einiger Pflanzenfamilien. Handbuch: Eléments de Botanique par Duchartre.

GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE.

1re Année. Cours commun avec la 2me classe de l'école industrielle. 2 heures.

2me Année. Cours commun avec la 1re classe de l'école industrielle. 2 heures.

CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL.

1re Année. Cours commun avec la 2me classe de l'école industrielle. 2 heures.

2me Année. Cours commun avec la 1re classe de l'école industrielle. 2 heures.

ALGÈBRE SUPÉRIEURE. — *1 heure.*

Théorie générale des équations du nme degré à une inconnue. Equations numériques. Elimination. Manuel: Meyer et Choquet.

ASTRONOMIE. — *1 heure.*

D'après les cahiers du professeur.

ZOOLOGIE. — *2 heures.*

Caractères généraux des animaux. Fonctions de nutrition et de relation. Classifications zoologiques. Etude des vertébrés, des annelés, des mollusques et des zoophytes. Manuel: Cours élémentaire de Zoologie par Milne Edwards.

MINÉRALOGIE. — *2 heures.*

Cours commun avec la 1re classe de l'école industrielle.

GÉOLOGIE.

2 heures pendant le semestre d'hiver.

Cours commun avec la 1re classe de l'école industrielle.

PHYSIOLOGIE DES PLANTES. — *2 heures.*

Organes élémentaires des plantes. Organes et fonctions de nutrition. Organes et fonctions de reproduction. Classification des végétaux. Etude des familles naturelles. Manuel: Eléments de Botanique par Duchartre.

Experimental-Physik.

1stes Jahr. Gemeinschaftlich mit der zweiten Klasse der Gewerbschule. 2 Stunden.

2tes Jahr. Gemeinschaftlich mit der ersten Klasse der Gewerbeschule. 3 Stunden.

PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

1re Année. Cours commun avec la 2me classe de l'école industrielle. 2 heures.

2me Année. Cours commun avec la 1re classe de l'école industrielle. 3 heures.

Allgemeine und analytische Chemie.

1stes Jahr. Gemeinschaftlich mit der zweiten Klasse der Gewerbschule. 3 Stunden.

2tes Jahr. Gemeinschaftlich mit der ersten Klasse der Gewerbschule. 2 Stunden.

CHIMIE GÉNÉRALE ET ANALYTIQUE.

1re Année. Cours commun avec la 2me classe de l'école industrielle. 3 heures.

2me Année. Cours commun avec la 1re classe de l'école industrielle. 2 heures.

Chemische Manipulationen. — 2 Stunden.

Gmeinschaftlich mit der ersten und zweiten Klasse der Gewerbschule.

MANIPULATIONS CHIMIQUES. — *2 heures.*

Cours commun avec la 2me et la 1re classe de l'école industrielle.

Wahl der Hülfssprache für jeden Lehrgegenstand.

Der Unterricht folgender Gegenstände wird in deutscher Sprache ertheilt: Religionslehre, deutsche und griechische Sprache, Geschichte und Geographie (Gewerbeschule) und Philosophie.

Die Hülfssprache für folgende Lehrfächer ist die französische: Französische und englische Sprache, Mathematik, Geschichte und Geographie (Gymnasium), römische und griechische Alterthümer, Naturgeschichte, Physik, Chemie, Geologie und Buchhaltung.

Der Unterricht im Latein wird in deutscher und französischer Sprache ertheilt, so zwar, daß die deutsche Sprache zum grammatischen Unterricht, zu den grammatischen Uebungen und der kursorischen Lektüre dient, die französische zum Uebersetzen und Erklären der Autoren.

LANGUE VÉHICULAIRE.

pour chaque matière d'enseignement.

La langue allemande est la langue véhiculaire pour les branches suivantes: Doctrine chrétienne, langue allemande, langue grecque, histoire et géographie (école industrielle), philosophie.

La langue française est la langue véhiculaire pour les branches suivantes: Langue française, langue anglaise, mathématiques, histoire et géographie (gymnase), antiquités romaines, antiquités grecques, histoire naturelle, physique, chimie, géologie, tenue des livres.

La langue allemande et la langue française sont employées comme langues véhiculaires pour l'enseignement de la langue latine, de manière que la langue allemande est employée pour l'explication de la grammaire, les exercices grammaticaux et la lecture cursive, la langue française pour la traduction et l'explication des auteurs.

COURS ACCESSOIRES ET FACULTATIFS.

Zeichnen.

Den Schülern der Vorbereitungsklasse, des Gymnasiums und der höhern Kurse ist an allen Schultagen von 11 bis 12 die Zeichenschule zugänglich.

DESSIN.

L'école de dessin est ouverte aux élèves de la classe préparatoire, du gymnase et des cours supérieurs les jours de classe, de 11 heures à midi.

Englische Sprache.

Die Schüler der höhern Kurse, der 1. und 2. Klasse des Gymnasiums können den Unterricht in der englischen Sprache mit den Schülern der Gewerbschule gemeinschaftlich besuchen.

Vokal- und Instrumental-Musik.

In Gemäßheit des Art. 2 des Reglements des philharmonischen Vereins am Athenäum können alle Schüler, welche die nothwendigen Kenntnisse besitzen, um sich im Orchester und an den Gesangchören zu betheiligen, zu Mitgliedern des Vereins angenommen werden.

Der Verein enthält 3 Abtheilungen: Die Abtheilung für Gesang; wöchentlich zwei Proben. Die Abtheilung für Symphonie; wöchentlich eine Probe. Die Abtheilung für Harmonie; wöchentlich zwei Proben. Die Mitglieder der letzten Abtheilung erhalten auch wöchentlich zweimal Unterricht auf Blase-Instrumenten.

Turnen.

Dieser Kursus ist verbindlich für die Schüler der Vorbereitungsklasse, der VI. Gymnasialklasse und der VI. Klasse der Gewerbschule, und nicht verbindlich für alle andern Schüler des Athenäums.

Fechtkunst.

Nicht verbindlicher Kursus, 5 Stunden wöchentlich, nur den Schülern der 1. Klasse des Gymnasiums, der 1. Klasse der Gewerbschule und des obern Kursus zugänglich.

Silentium.

Im Wintersemester, täglich 2 Stunden Abends: 14 Stunden. Im Sommersemester, an allen Schultagen, 2 Stunden Morgens und 2 Stunden Abends: 20 Stunden.

LANGUE ANGLAISE.

Les élèves des cours supérieurs, de la 1re et de la 2me classe du gymnase peuvent suivre les leçons de langue anglaise avec les élèves de l'école industrielle.

MUSIQUE VOCALE ET INSTRUMENTALE.

D'après l'art. 2 du règlement de la société philharmonique de l'Athénée, tous les élèves qui possèdent les connaissances nécessaires pour coopérer à l'orchestre ou dans les chœurs, peuvent être reçus membres de cette société.

La société comprend trois sections, savoir: La section de chant, ayant deux répétitions par semaine. La section de symphonie, qui a une répétition par semaine. La section d'harmonie qui tient deux répétitions par semaine. Les membres de cette dernière section suivent au besoin, deux fois par semaine, des cours d'instruments à vent.

GYMNASTIQUE.

Ce cours est obligatoire pour les élèves de la classe préparatoire, de la VIe classe gymnasiale et de la VIme classe industrielle, et facultatif pour tous les autres élèves de l'Athénée.

ESCRIME.

Cours facultatif, accessible seulement aux élèves de la 1re classe gymnasiale et de la 1re classe industrielle et des cours supérieurs: 5 heures par semaine.

SILENCES.

Semestre d'hiver, chaque jour le soir, 2 heures: 14 heures. Semestre d'été, 2 heures le matin et 2 heures le soir, les jours de classe: 20 heures.

NOMBRE D'HEURES ATTRIBUÉES

	Heures.	Classe préparatoire. Section A.	Classe préparatoire. Section B.	École industrielle. VI.	V.	IV.	III.	II.	I.
de Colnet d'Huart Direct.	12	„	„	„	„	„	2 phys. *	2 calcul diff. et intég. *	2 calcul dif et intég. *
Gredt, Sous-Directeur	10	„	„	„	„	„	„	„	„
Bodson, prof. de 1re cl.	11	„	„	„	„	„	5 math. 1 statique.	2 géom. an. 1 alg. sup.	2 géom. an.
Martha „	17	„	„	5 arithm.	4 mathém. 1 arithm.	5 arithm.	„	2 lev. d. pl.	„
Neumann „	15	„	„	„	„	„	„	„	2 français.
Schœtter „	18	„	„	„	„	„	„	2 histoire.	2 histoire.
Wies „	17	„	„	„	„	„	„	2 religion.	1 géologie.* 2 religion.
Grœvig, pr. de 2e cl.	17	3 géogr.	3 géogr.	3 histoire.	3 histoire.	3 histoire.	2 histoire.	„	„
Housse „	12	„	„	„	„	„	„	2 allem.	2 allem.
Mullendorff Ch. „	16	„	„	„	„	„	„	„	„
Muller „	18	„	„	„	„	„	„	„	„
Reuter „	17	„	„	„	2 zoologie.	„	2 chimie.	4 chimie. *	3 chimie.* 2 minéral *
Schaack „	17	„	„	„	„	„	„	„	„
Ferron prof. de 3e cl.	20	3 dessin. *	„	5 dessin. *	5 dessin. *	5 dessin. *	5 dessin. *	5 dessin. * 2 géom. des.*	5 dessin. * 2 géom. des.*
Graf „	18	5 latin.	5 latin.	„	„	„	„	„	„
Molitor „	18	„	5 français.	„	„	„	„	„	„
Mullendorff A. „	19	„	„	„	„	2 botan.	2 religion.	„	„
Peulen „	19	7 français.	„	5 français.	„	„	3 anglais.	2 anglais.	2 anglais.
Stronck „	19	„	„	„	„	„	„	„	„
Tedesco „	17	„	„	„	4 français.	6 français.	3 français. 2 écon. pol.	2 français.	„
de Waha „	17	3 arithm.	3 arithm.	„	„	„	„	2 phys. *	3 phys. *
Witry „	19	„	„	6 allem.	5 allem.	5 allem.	3 allem.	„	„
Haal, répétiteur	19	2 religion.	2 religion. 5 allem.	2 religion.	2 religion.	2 religion.	„	„	„
Simon „	9	„	2 français.	2 français.	2 français.	„	„	„	„
Philippe „		„	„	„	„	„	„	„	„
Henrion „	12	5 allem.	„	„	„	„	„	„	„
Blaise, maître de t. d. l.	8	2 ten. d. l.	„	2 ten. d. l.	2 ten. d. l.	2 ten. d. l.	„	„	„
Greyson, maître de ch.	4	2 solfége.*	2 solfége.*	„	„	„	„	„	„

* Cours combinés.

A CHAQUE PROFESSEUR.

GYMNASE.

VI. Section A.	VI. Section B.	V.	IV.	III.	II.	I.	Cours supérieurs. Lettres.	Cours supérieurs. Sciences.
»	»	» VI	» V	»	2 physique. * 3 mathémat.	3 mathémat.	»	4 calcul diff. et intég. *
»	»	»	2 allemand. + 3	2 allemand.	2 allemand.	2 allemand.	2 latin.	»
»	»	»	»	»	»	»	»	4 géom. an.
»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	2 français.	3 français. + 4	2 français. + 4	2 français.	2 français.	2 français.	2 français.	»
3 histoire.		3 histoire.	3 histoire.	2 histoire.	2 histoire.	2 histoire.	3 histoire.	»
2 religion.		2 religion.	2 religion.	2 religion.	2 religion.	2 religion.	2 religion.	1 géologie.
»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	2 allem. 8 philos.	»
»	»	»	»	7 latin.	»	9 latin.	»	»
»	»	»	3 grec.	4 grec.	4 grec.	4 grec.	3 grec.	»
»	»	»	2 zoologie.	»	»	2 chimie.	»	5 chimie. 2 minéral.
»	»	»	»	2 latin.	9 latin.	»	3 latin. 3 antiq.	»
»	»	2 dessin. * + 3	2 dessin. * + 3	2 dessin. *	»	»	»	4 geom. des.
8 latin.	»	»	»	»	»	»	»	»
5 français.	»	8 latin.	»	»	»	»	»	»
»	»	3 mathémat. + ?	3 mathémat. + ?	3 mathémat. 2 botanique.	»	»	»	2 zoologie. 2 phys. d. pl.
»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	8 latin.	3 grec.	8 latin.	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 arithm.	3 arithm.	»	»	»	»	»	»	5 physique.
»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 allemand.	»	»	»	»	»	»	»	»
»	3 français.	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	4 allemand.	3 allemand. + 3	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»
2 solfége. *	2 solfége. *	»	»	»	»	»	»	»

CHRONIQUE DE L'ÉTABLISSEMENT.

A) Décisions du Gouvernement.

Par arrêté du 13 nov. 1869, Monsieur le Ministre d'État a reparti entre les élèves indigents de l'Athénée la somme de 350 frs. allouée au budget de l'État.

Par arrêté Royal Grand-Ducal du 26 janvier 1870, ont été nommés, pour le terme de cinq ans, membres de la commission des curateurs de l'Athénée: MM. *Jonas*, directeur de l'enregistrement et des domaines, *Weber*, professeur au séminaire, *Hardt*, archiviste du Gouvernement, *Wurth*, docteur en médecine, et *Klein*, conseiller à la cour supérieure de justice.

Les sommes suivantes ont été allouées au budget de l'État de 1870:

1)	Pour le laboratoire de chimie	800	frs.
2)	„ le cabinet de physique	1200	„
3)	„ la bibliothèque	1300	„
4)	„ instruments de mathématiques	150	„
5)	„ le cours de dessin	200	„
6)	„ cartes géographiques	150	„
7)	„ le cabinet d'histoire naturelle	300	„
8)	„ la distribution des prix	1100	„

Par arrêtés du 13 mai et du 30 juin 1870, Monsieur le Ministre d'État a accordé en faveur de la société philharmonique de l'Athénée des subsides de 350 et de 400 frs.

B) Personnel enseignant.

Par arrêté Royal Grand-Ducal du 7 septembre 1869, démission honorable a été accordée, sur sa demande, à Mr. *Engling*, de ses fonctions de professeur de philosophie à l'Athénée. Par le même arrêté, Mr. *Engling* a été nommé professeur honoraire de 1^re^ classe.

Par arrêté Royal Grand-Ducal du 27 septembre 1869,

1° Mr. *Gredt*, professeur-censeur à l'Athénée, a été nommé sous-directeur de cet établissement.

2° Mr. *Schœtter*, professeur de 2^e^ classe, a été nommé professeur de 1^re^ classe.

3° Mr. *Tedesco*, professeur de 3^e^ classe au progymnase d'Echternach, a été nommé en la même qualité à l'Athénée.

4° Mr. *Graf*, professeur de 3^e^ classe au progymnase de Diekirch, a été nommé en la même qualité à l'Athénée.

5° Mr. *Haal*, ancien répétiteur provisoire, a été nommé répétiteur et chargé de faire des cours à l'Athénée.

6° MM. *Weber*, *Simon* et *Philippe*, répétiteurs provisoires, ont été nommés répétiteurs à l'Athénée.

Par arrêté Royal Grand-Ducal du 30 septembre 1869, Mr. *Alex. de Colnet-d'Huart*, ci-devant Directeur-général des finances, a été nommé Directeur de l'Athénée.

Par arrêté de Mr. le Ministre d'État du 13 octobre 1869, ont été nommés régents de classe pour le terme de trois ans:

A) Pour les Cours supérieurs:

1° Section des lettres: Mr. *Housse.*
2° Section des sciences: Mr. *Reuter.*

B) pour le Gymnase:

1re classe. Mr. *Ch. Mullendorff.*
2me classe. Mr. *Schaack.*
3me classe. Mr. *Muller.*
4me classe. Mr. *Stronck.*
5me classe. Mr. *Molitor.*
6me classe. Section A. Mr. *Graf.*
6me classe. Section B. Mr. *de Waha.*

C) pour l'École industrielle:

1re classe. Mr. *Reuter.*
2me classe. Mr. *Martha.*
3me classe. Mr. *Grævig.*
4me classe. Mr. *Tedesco.*
5me classe. Mr. *Aug. Mullendorff.*
6me classe. Mr. *Witry.*

D) pour la Classe préparatoire:

Mr. *Peulen*, pour l'une des deux sections.
Mr. *Haal*, pour l'autre des deux sections.

Par arrêté Royal Grand-Ducal du 20 octobre 1869, Mr. *Jean-Pierre Henrion*, docteur en philosophie et lettres, a été chargé de remplir provisoirement les fonctions de répétiteur à l'Athénée en remplacement de M. *Weber.*

Dans l'intérêt du service de la bibliothèque, le sieur *Pfeiffenschneider*, aide-bibliothécaire de l'Athénée, doit vouer tout son temps à cet établissement, et son traitement a été porté à 1200 frs. (Arrêté de Mr. le Ministre d'État du 6 mai 1870).

Par arrêté du 28 juin 1870, S. M. le Roi Grand-Duc a daigné promouvoir Mr. *de Colnet-d'Huart*, Directeur de l'Athénée, au grade de Commandeur dans l'ordre R. G.-D. de la couronne de chêne.

C) Alimentation des collections.

Bibliothèque de l'Athénée.

La bibliothèque, placée sous la direction de Mr. le professeur *Schœtter*, est ouverte au public tous les jours de la semaine, les dimanches et les jours légalement fériés exceptés.

La somme de 1300 frs. a été allouée sur le budget de l'État pour toute dépense quelconque faite pour l'entretien et l'alimentation de cet établissement. 11

Outre les volumes qui ont pu être acquis sur le budget prémentionné, la bibliothèque a été sensiblement enrichie par plusieurs dons faits pendant l'année 1869-1870.

Noms des Donateurs.

Gouvernement Grand-Ducal, 7 vol.; S. Exc. le Ministre de la justice de Belgique, 3 vol.; la commission royale d'instruction, 4 vol.; la société des sciences médicales, 1 vol; MM. *Blaise*, professeur, 1 vol.; *Beck*, ancien élève de l'Athénée, 1 vol.; *Chelius*, élève de l'Athénée, 3 vol.; *Chirardin* de Milan, 1 vol.; *Duren*, de la C^{ie} de Jésus, 7 vol; *Engling*, ancien professeur, 1 vol.; *Heintzé*, frères, libraires, 7 vol.; *Hoferlin*, agent en douanes, 5 vol.; *Kuborn*, élève de l'Athénée, 1 vol.; *Lecomte*, de Bruxelles, 2 vol.; *Lebrun*, de Bruxelles, 1 vol.; *Leroy*, de Bruxelles, 1 vol.; *Majerus* Alph. de Dalheim, 2 vol.; *Mœs*, élève des cours supérieurs, 2 vol.; *Munchen* Ferd., élève de l'Athénée, 3 vol.; *Peulen*, professeur, 23 vol.; *Pruvost*, d'Arlon, 1 vol.; *Schaack*, professeur, 8 vol.; *Schmiedler*, élève de l'Athénée, 1 vol.; *Sturm*, receveur du bureau de bienfaisance, 1 vol.

Dons faits au Cabinet d'Histoire naturelle.

Son Altesse Royale le Prince *Henri* des Pays-Bas: une collection de cailloux de la vallée du Nil, un magnifique échantillon d'oursin fossile. La société batave de philosophie expérimentale à Rotterdam: médaille commémorative à la mémoire d'Etienne Hoogendyk, fondateur de la société. MM. *Ch. Arendt*, architecte de l'État: une Géode trouvée à Lellig; *Steinhardt*, major en retraite: un poisson de mer; *Deny*, greffier de la Chambre: défense d'un sanglier, morceaux de soufre trouvés au bastion Jost; *Kneip*, curé à Hellange: un conglomérat de coquillages, trois échantillons de plagiostomes fossiles; *Rodange*, piqueur cantonal à Wiltz: fossile trouvé près de Grumelscheid; *Weyler*, conducteur à Wiltz: plusieurs fossiles; *Serta*, piqueur du chemin de fer à Wasserbillig: plusieurs vertèbres de mammifères trouvées à Wasserbillig.

D) Nombre des élèves.

CLASSES.	COURS SUPÉRIEURS.	GYMNASE.							ÉCOLE INDUSTRIELLE.						CLASSE PRÉPARAT.		TOTAL.
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI. a)	VI. b)	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	A.	B.	
1er sem.	29	39	41	42	46	60	31	31	„	10	7	6	23	31	59	61	516
2^{me} sem.	28	38	34	40	43	58	27	30	„	8	5	5	19	25	54	64	478

De ces 516 élèves, 489 sont originaires du Grand-Duché, dont 136 de la ville; 27 sont étrangers. Le même nombre comprend 505 catholiques, 4 protestants et 7 israëlites.

E) Noms des élèves qui ont subi l'examen de maturité

à la fin de l'année scolaire 1868—1869.

a) avec grande distinction: *Schaack* Théodore, de Luxembourg; *Tibesar* Léopold, de Fingig; *Herchen* Arthur, de Luxembourg.

b) avec distinction: Weckering Jean, d'Enscherange; *Hengesch* Nicolas, de Dudelange; *Brandenburger* Michel, de Fingig; *Liger* Victor Auguste, de Luxembourg; *Weckering* Charles, d'Enscherange; *Bech* Philippe, de Grevenmacher; *Bley* André, d'Echternach.

c) d'une manière satisfaisante: Funck Nicolas, de Luxembourg; *Schockweiler* Jean-Pierre, de Nospelt; *Jentgen* Nicolas, de Strassen; *Petges* Bernard, de Beringen; *Zettinger* Jean, de Hessenmühl; *Majerus* Michel, de Kaundorf; *Bouvier* Arthur, de Clervaux; *Erpelding* Edouard, de Niederanven; *Manckel* Edouard, de Grevenmacher; *Meyers* Nicolas, de Stegen; *Mathias* Auguste, de Hoffelt; *Kieffer* Jean, de Niedercorn; *Tibesart* Pierre, de Tibeshof; *Mœs* Nicolas, de Remich; *Majerus* Alphonse, de Dalheim; *Ecker* Auguste, de Luxembourg; *Biver* Gustave, de Diekirch; *Becker* Charles, d'Echternach; *Nœsen* Valentin, de Septfontaines; *Mersch* Constant, de Luxembourg; *Marx* Jean-Pierre, de Merl; *Jurion* Paul, de Luxembourg.

La commission d'examen, nommée par arrêté de Mr. le Directeur-général des finances, en date du 22 juin 1869, était composée de MM. *Martha*, *Schœtter*, *Schaack*, *Aug. Mullendorff*, professeurs à l'Athénée, *Siegering*, ingénieur d'arrondissement à Luxembourg, *Haal*, docteur en philosophie et lettres à Luxembourg, et Alph. *Funck*, juge au tribunal d'arrondissement à Luxembourg.

Étaient membres suppléants de la même commission: MM. *Hardt*, archiviste et membre de la commission des curateurs de l'Athénée, *Neumann* et N. *Muller*, professeurs à l'Athénée, et *Clasen*, professeur à l'école normale.

F) Noms des élèves qui ont quitté l'établissement

à la fin de l'année scolaire 1868—1869.

Des Cours supérieurs.

Biever Zéphyrin, de Limpertsberg; *Dumont* Camille, de Luxembourg; *Keiser* Michel, d'Ersange; *Kirpach* Théodore, de Mamer; *Neuens* Nicolas, de Bilsdorf; *Philippe* Nicolas, de Frisange; *Schlesser* Emile, de Bettborn; *Thilges* Joseph, de Diekirch; *Vesque* Julien, de Luxembourg; *Wagner* Jean, d'Echternach; *Wolff* Edouard, de Luxembourg.

Du Gymnase.

De la Ire classe: *Bley* André, d'Echternach; *Funck* Nicolas, de Luxembourg; *Mathias* Aug. Dom., de Hoffelt; *Post* Théodore, de Mersch.

De la IIIe classe: *Wagener* Jean-Pierre, d'Echternach.

De la IVe classe: *Kieffer* Jean-Pierre, de Strassen.

De la Ve classe: *Alexandre* Gustave, de Valenciennes; *Defer* Jean-Pierre, de Luxembourg; *Görgen* Jean-Pierre, de Bertrange; *Kieffer* Jean-Pierre, d'Everlange; *Meyers* Jean-Pierre, d'Altzingen; *Weinachter* Jean, de Luxembourg.

De la VI^e classe: *Funk* J.-B., de Luxembourg; *Klein* Théodore, de Luxembourg; *Lang* Félix, d'Eich; *Worré* Paul, de Niederanven.

De l'École industrielle.

De la I^re classe: *Hamelius* Edouard, de Hosingen; *Munchen* Alphonse, de Diekirch.

De la II^e classe: *Biermé* Lucien, de Houffalize.

De la III^e classe: *Bertrang* Alphonse, de Bascharage; *Franck* Adolphe, de Cessingen; *Glodt* Pierre, de Luxembourg; *Weber* Edouard, d'Eich.

De la IV^e classe: *Diehl* Philippe, de Lohreim (Nassau); *Fonck* Léopold, de Remich; *de Franckenberg* Paul, de Saarbourg; *Gilbert* Antoine, de Luxembourg; *Hildgen* Nicolas, de Luxembourg; *Hippert* Hippolyte, de Hespérange; *Knaff* J.-B., de Luxembourg; *Scheid* Paul, de Rédange; *Schmit* Henri, de Calmus; *Vandyck* Jacques, de Kayl; *Weber* Gustave, de Luxembourg; *Pœcker* Jean-Pierre, de Medernach.

De la V^e classe: *Engels* Hippolyte, de Luxembourg; *Michaëlis* Charles, de Luxembourg; *Reuter* Jules, de Luxembourg; *Schmitz* Charles, de Luxembourg.

De la Classe préparatoire.

Blum François, de Bons-Malades; *Diehl* Guillaume, de Lohreim (Nassau); *Eichhorn* François, de Wormeldange; *Keisen* Théodore, de Dubucq-Jowa (Amérique); *Krau* Guillaume, de Luxembourg; *Lesceux* Louis, de Bruxelles; *Lutty* Jean-Pierre, de Luxembourg; *Rosert* Pierre, de Luxembourg; *Schumacher* Léon, de Bascharage; *Bauler* Jean-Pierre, de Remerschen; *Fischer* Jean, de Wormeldange; *Kremer* Mathias, de Holler; *Simon* Jules, de Wiltz; *Schumacher* Pierre, de Neudorf.

G) Noms des élèves qui ont quitté l'établissement
pendant l'année scolaire 1869—1870.

Des Cours supérieurs.

Rausch Mathias, de Pratz.

Du Gymnase.

De la I^re classe: *Schroeder* Jean-Nicolas, de Schieren.

De la II^e classe: *Beck* Jean Louis, de Rodange; *Collin* Charles, de Luxembourg; *Glœsener* Henri, de Heiderscheid; *Kerckhoff* Albert, de Luxembourg; *Kuborn* Louis, de Luxembourg; *van Werveke*, Léopold, de Diekirch; *Wampach* Jean-Pierre, de Bastendorf.

De la III^e classe: *Schmit* Jacques, d'Esch s.-A.; *Theisen* Joseph, de Tarchamps; *Urbany* Philippe, de Luxembourg.

De la IV^e classe: *Colbach* Michel, de Fischbach; *Mullesch* Michel, de Bissen; *de Schlutterbach* Émile, de Fischbach.

De la V^e classe: *Heymanns* Henri, de Dommeldange; *Pastoret* Alfred, de Bissen; *Trierweiler* Victor, d'Echternach; *Warnimont* Antoine, de Tuntange.

De la VI^e classe: *Houdremont* Nicolas, de Luxembourg; *Kneip* Nicolas, de Wahl; *Molitor* Pierre, de Medernach; *Thiel* Ferdinand, de Luxembourg; *Weydert* Nicolas, de Waldbredimus.

DE L'ÉCOLE INDUSTRIELLE.

De la IIe classe: *Fehlen* Martin, de Dalheim; *Lang* Eugène, de Diekirch.

De la IIIe classe: *Engel* Paul, de Luxembourg; *Sievering* Prosp., de Luxembourg.

De la IVe classe: *Gruber* Paul, de Luxembourg.

De la Ve classe: *Duren* Paul, de Luxembourg; *Dutreux* Léon, de Remich; *Munshausen* Victor, de Luxembourg; *Stubbs* Charles, de Boulogne.

De la VIe classe: *Binsfeld* Henri, de Mersch; *Eichhorn* Pierre, de Luxembourg; *Hetto* Jean, de Hollerich; *Mayer* Martin, de Luxembourg; *Pip* Gérard, de St. Vith.

DE LA CLASSE PRÉPARATOIRE.

Beicht Jean-Pierre, de Luxembourg; *Geth* Alfred, de Luxembourg; *Mertens* Jean, de Strassen; *Bodewing* Jos., de Luxembourg; *Liez* Théodore, de Remich; *Noël* Alphonse, de Luxembourg; *Tres* Jean-Pierre, de Luxembourg.

Verhältniß der Punkte

zu den Nummern, welche die Fortschritte der Zöglinge bezeichnen.

POINTS

CORRESPONDANTS AUX CHIFFRES QUI INDIQUENT

LES PROGRÈS DES ÉLÈVES.

Ziffern. — CHIFFRES.	Werth der Ziffern. — VALEUR DES CHIFFRES.	Entsprechende Punkte. — POINTS CORRESPONDANTS.	
1.	Ausgezeichnet — Distingués.	60 — 55	54 — 50
2.	Groß. — Grands	54 — 45	49 — 40
3.	Genügend. — Satisfaisants	44 — 30	39 — 27
4.	Ungenügend. — Insuffisants	29 — 20	26 — 18
5.	Schwach. — Faibles	19 — 10	17 — 9
6.	Sehr schwach. — Très-faibles	9 — 1	8 — 1

Das Latein hat ein Maximum von 60 Punkten; die übrigen Kurse der Gymnasial-Klassen haben ein Maximum von 54 Punkten.

Alle Kurse der Gewerbschule und der Vorbereitungsschule haben ein Maximum von 60 Punkten.

Le latin a un maximum de 60 points; tous les autres cours des classes gymnasiales ont un maximum de 54 points.

Tous les cours de l'école industrielle et de la la classe préparatoire ont un maximum de 60 points.

Höhere Kurse. — COURS SUPÉRIEURS.

Die Schüler, welche diese Kurse besucht haben, erhalten keine Preise (Art. 46 des allgem. Reglements). Diese Schüler sind:

Les élèves qui ont suivi ces cours, ne reçoivent pas de prix (Art. 46 du règlement gén.). Ces élèves sont:

A. Section des lettres.

Besch Philippe, de Grevenmacher; *Becker* Charles, d'Echternach; *Bouvier* Arthur, de Clervaux; *Brandenburger* Michel, de Fingig; *Ecker* Aug., de Luxembourg; *Erpelding* Edmond, de Niederanven; *Hengesch* Nicolas, de Dudelange; *Herchen* Arthur, de Luxembourg; *Jentgen* Nicolas, de Strassen; *Kiefer* Jean, de Niedercorn; *Liger* Victor Aug., de Luxembourg; *Majerus* Michel, de Kanndorf; *Manckel* Edouard, de Grevenmacher; *Marx* Jean-Pierre, de Merl; *Mersch* Constant, de Luxembourg; *Meyers* Nicolas, de Stegen; *Mas* Nicolas, de Remich; *Nesen* Valentin, de Simmern; *Schauck* Théod., de Luxembourg; *Schockweiler* Jean-Pierre, de Nospelt; *Tibesar* Léopold, de Fingig; *Tibesart* Pierre, de Tibeshof; *Weckering* Charles, d'Enscherange.

B. Section des sciences.

Biver Gustave, de Diekirch; *Duhr* Mathias, d'Alm; *Petges* Bernard, de Beringen; *Weckering* Jean, d'Enscherange; *Zettinger* Jean, d'Eppeldorf.

Verzeichniß der Schüler, welche Preise und Accessite erhalten, nebst Angabe der in den verschiedenen Lehrgegenständen erhaltenen Punkte.

TABLEAU des élèves qui reçoivent des Prix et des Accessits, avec indication des points obtenus dans les diverses branches.

Nombre des points requis pour obtenir un prix: 4/5
id. id. id. id. un accessit: 3/4

GYMNASE.

Preise und Accessite. PRIX et ACCESSITS.	Namen, Vornamen und Geburtsort. NOMS, PRÉNOMS et LIEU DE NAISSANCE.	Punkte in den verschiedenen Lehrfächern. Points obtenus dans les différentes branches. Religionslehre. Doctrine chrét.	Deutsch. Allemand.	Französisch. Français.	Latein. Latin.	Griechisch. Grec.	Mathematik. Mathématiques.	Gesch. u. Geogr. Hist. et Géogr.	Naturgeschichte. Hist. nat.	Physik. Physique.	Chemie. Chimie.	Total. Total.
	1re CLASSE. — *38 élèves.*											
	Maximum des points . .	216	216	216	240	216	216	216	"	"	216	1752
1er Prix.	*Kayser* Jean, d'Osweiler	202	211	183	238	202	180	198	"	"	183	1597
2e —	*Schadecker* Nicolas, de Buschrodt . .	200	167	166	205	197	204	193	"	"	172	1504
3e —	*van Werveke* Nicolas, de Diekirch. .	197	178	171	222	197	156	195	"	"	182	1498
4e —	*Salentiny* Paul, de Diekirch	199	186	172	190	184	171	197	"	"	182	1481
5e —	*Weber* Victor, de Schengen	191	174	163	191	186	194	194	"	"	182	1475
6e —	*Ennen* Mathias, de Frisange	198	167	154	191	190	193	176	"	"	197	1466
7e —	*Mouris* Pierre, de Diekirch	196	183	169	176	169	192	187	"	"	178	1450
1er Acces.	*Pemmers* Pierre, de Bockoltz *S . .	195	166	159	166	179	174	176	"	"	185	1400
2e —	*Duhr* Jean, d'Alm	200	183	160	176	175	168	171	"	"	162	1395
3e —	*Schmit* Jean-Nic., de Nospelt	200	177	165	160	149	152	202	"	"	179	1384
4e —	*Stoll* Victor, d'Echternach	189	190	163	193	163	158	169	"	"	148	1373
5e —	*Majerus* Charles, de Dalheim	186	130	183	201	178	134	178	"	"	181	1371
6e —	*Hansen* Nicolas, de Berbourg	194	149	150	167	167	166	177	"	"	181	1355
7e —	*Lefort* Emile, de Diekirch	192	177	160	162	161	144	176	"	"	170	1342
8e —	*Weiler* Mathias, de Brandenbourg. .	188	156	151	171	171	154	161	"	"	162	1314
8e —	*Demuth* Jean, de Wormeldange . . .	132	132	126	125	119	108	120	"	"	123	1314*)

*) 985 + 329 = 1314.

Preise und Accessite. PRIX et ACCESSITS.	Namen, Vornamen und Geburtsort. NOMS PRÉNOMS et LIEU DE NAISSANCE.	Punkte in den verschiedenen Lehrfächern. Points obtenus dans les différentes branches. Religionslehre. Doctrine chrét.	Deutsch. Allemand.	Französisch. Français.	Latein. Latin.	Griechisch. Grec.	Mathematik. Mathématiques.	Gesch. u. Geogr. Hist. et Géogr.	Naturgeschichte. Hist. nat.	Physik. Physique.	Chemie. Chimie.	Total. Total.
	IIme CLASSE. — *34 élèves.*											
	Maximum des points . .	216	216	216	240	216	216	216	»	216	»	1752
1er Prix.	*Simonis* Charles, de Luxembourg . .	199	193	195	202	178	195	203	»	202	»	1567
2e —	*Linster* Bernard, de Helmsange . . .	199	151	174	195	202	192	190	»	196	»	1499
3e —	*Hoffmann* Pierre, d'Osweiler	188	160	173	196	192	176	177	»	186	»	1448
4e —	*Pescatore* Charles, de Luxembourg .	155	184	183	180	157	160	194	»	191	»	1404
1er Accès.	*Duchscher* Bernard, d'Echternach . .	192	173	157	180	183	165	189	»	158	»	1397
2e —	*Bohler* Félix, de Diekirch	170	189	169	189	170	163	177	»	149	»	1376
3e —	*Keriger* Nicolas, d'Everlange.	195	160	170	174	151	154	179	»	191	»	1374
4e —	*Stein* Mathias, de Waldbillig.	188	157	165	183	180	164	169	»	166	»	1372
5e —	*Bœs* Nicolas, de Holzem.	168	154	153	160	152	196	172	»	187	»	1342
6e —	*Sturm* P. Victor, de Bivange	186	170	158	172	165	159	172	»	157	»	1339
	IIIme CLASSE. — *40 élèves.*											
	Maximum des points . .	216	216	216	240	216	216	216	216	»	»	1752
1er Prix.	*d'Huart* Martin, d'Echternach	198	188	184	218	194	196	197	203	»	»	1578
2e —	*Fischer* Jules, de Luxembourg. . . .	198	167	171	203	194	196	197	203	»	»	1536
3e —	*Kintzlé* Frédéric, de Harlange. . . .	191	179	177	183	175	192	192	192	»	»	1481
4e —	*Quaring* Adolphe, de Mamer	195	163	176	199	183	152	196	186	»	»	1450
5e —	*Burggraff* Théodore, de Bonnal . . .	196	156	164	188	195	165	186	179	»	»	1439
1er Accès.	*Schütz* Jacques, de Neunkirchen. . .	176	183	164	189	177	146	163	180	»	»	1398
2e —	*Paulus* Mathias, de Mertert	186	190	167	203	164	143	154	187	»	»	1394
3e —	*Landmann* Auguste, de Luxembourg.	182	188	174	197	139	150	198	163	»	»	1391
4e —	*Kuborn* Jean, de Mertert	195	183	168	183	149	168	177	162	»	»	1385
5e —	*Oberweis* Mathias, d'Echternach . . .	195	158	161	193	179	128	171	188	»	»	1373
6e —	*Eichhorn* Emile, de Luxembourg . .	180	163	143	195	167	172	165	168	»	»	1354
7e —	*Weydert* Jean-Pierre, de Mensdorf .	134	140	114	150	125	205	134	95	»	»	1329*)
8e —	*Molitor* Jacques, de Holzthum	171	189	169	178	155	138	173	152	»	»	1325
9e —	*Weynandt* J.-P., de Kolpachhaut . .	162	156	145	169	182	143	167	190	»	»	1314
	*) 332 + 997 = 1329.											
	IVme CLASSE. — *43 élèves.*											
	Maximum des points . .	216	216	216	240	216	216	216	216	»	»	1752
1er Prix.	*Israel* Bernard, de Luxembourg . . .	191	188	163	221	202	196	199	173	»	»	1533
2e —	*Palgen* Charles, de Paris	151	129	132	145	136	146	136	134	»	»	1466*)
3e —	*Bestgen* Jean-Pierre, de Hollerich . .	191	161	165	196	182	166	200	175	»	»	1436
4e —	*Ulveling* Jean, de Wiltz	149	126	118	144	132	132	132	134	»	»	1423**)
5e —	*Schmiedeler* Nicolas, de Haut-Tétange	193	173	160	178	182	176	179	180	»	»	1421
1er Accès.	*Pinth* Jean-Baptiste, de Haut-Belain	197	155	141	174	176	199	165	174	»	»	1381
2e —	*Colling* Dominique, de Hespérange .	196	140	137	173	145	196	182	161	»	»	1330
2e —	*Majerus* Jean, de Waldbillig.	183	154	142	166	188	183	148	166	»	»	1330
3e —	*Schon* Aloyse, de Grevenmacher . . .	197	152	144	155	146	183	167	180	»	»	1324

*) 1100 + 366 = 1466. **) 1067 + 356 = 1423.

Preise und Accessite. PRIX et ACCESSITS.	Namen, Vornamen und Geburtsort. NOMS, PRÉNOMS et LIEU DE NAISSANCE.	Punkte in den verschiedenen Lehrfächern. Points obtenus dans les différentes branches. Religionslehre. Doctrine chrét.	Deutsch. Allemand.	Französisch. Français.	Latein. Latin.	Griechisch. Grec.	Mathematik. Mathématiques.	Gesch. u. Geogr. Hist. et Géogr.	Naturgeschichte. Hist. nat.	Physik. Physique.	Chemie. Chimie.	Total. Total.
	V^me CLASSE. — *58 élèves.*											
	Maximum des points. . .	216	216	216	240	216	216	216	„	„	„	1536
1er Prix.	*Muller* Edmond, de Diekirch . . .	201	175	196	219	200	202	201	„	„	„	1394
2e —	*Prim* Michel, de Larochette . . .	213	164	181	224	204	200	202	„	„	„	1388
3e —	*Zahlen* Mathias, de Fentange . . .	206	181	184	220	196	194	199	„	„	„	1380
4e —	*Haag* Edouard, de Luxembourg . .	200	170	182	222	203	197	202	„	„	„	1376
5e —	*Alesch* Jean-Pierre, de Tétange . .	207	156	190	223	205	182	202	„	„	„	1365
6e —	*Arendt* Ernest, de Grevenmacher .	203	187	188	197	202	179	199	„	„	„	1355
7e —	*Kayl* François, de Remich	200	168	195	208	200	185	198	„	„	„	1354
8e —	*Thill* Jean, de Neudorf	202	139	182	220	205	194	196	„	„	„	1338
9e —	*Kesseler* Michel, de Sandweiler . .	200	183	167	191	196	157	199	„	„	„	1293
10e —	*Heuertz* J.-B., de Holzem	198	136	165	212	170	198	185	„	„	„	1264
11e —	*Van Werveké* Emile, de Diekirch . .	200	157	173	185	181	170	194	„	„	„	1260
12e —	*Klinker* Nicolas, de Waldbredimus .	151	109	124	137	142	135	126	„	„	„	1232*
12e —	*Thiry* J.-B., de Bettembourg . . .	198	142	163	201	184	176	168	„	„	„	1232
1er Acces.	*Zouang* Bernard, de Luxembourg .	184	147	158	200	176	154	192	„	„	„	1211
2e —	*Beck* Alfred, d'Allerborn	195	166	162	191	176	136	175	„	„	„	1201
3e —	*Schneidesch* Michel, de Garnich . .	195	142	149	189	181	157	170	„	„	„	1183
4e —	*Welter* André, de Trois-Vierges . .	168	196	173	153	180	(130)	175	„	„	„	1175
5e —	*Sinner* François, de Wiltz	187	151	150	187	182	162	154	„	„	„	1173
6e —	*Jauchem* Michel, de Merl	190	146	149	190	132	184	173	„	„	„	1164
7e —	*Schaaf* Edmond, d'Ettelbruck . . .	186	137	171	197	196	115	161	„	„	„	1163
8e —	*Koltz* Joseph, de Luxembourg. . .	198	159	178	162	116	180	162	„	„	„	1155
9e —	*Faber* Nicolas, d'Echternach. . . .	189	146	146	199	149	167	156	„	„	„	1152
*) 924 + 308 = 1232.												
	VI^me CLASSE. Section A. — *27 élèves.*											
	Maximum des points . .	216	216	216	240	„	216	216	„	„	„	1320
1er Prix.	*Landmann* François, de Luxembourg.	200	198	202	210	„	213	198	„	„	„	1221
2e —	*Baclesse* Jean François, de Wahl . .	185	189	194	207	„	199	193	„	„	„	1167
3e —	*Schuebag* Nicolas, de Bœvange . . .	192	164	175	191	„	190	193	„	„	„	1105
1er Acces.	*Capus* Guillaume, d'Esch s. Alzette.	158	162	187	192	„	162	186	„	„	„	1047
2e —	*Faber* Georges, de Luxembourg. . .	173	167	174	170	„	171	190	„	„	„	1045
3e —	*Wercollier* Pierre, de Luxembourg .	192	164	162	178	— „	173	155	„	„	„	1024
4e —	*Breisdorff* Nicolas, de Luxembourg .	170	163	174	189	„	123	185	„	„	„	1004
5e —	*Hallinger* Jean-Pierre, de Wiltz. . .	159	157	189	167	„	154	165	„	„	„	991
6e —	*Hausemer* Michel, de Haagen	137	164	163	195	„	184	147	„	„	„	990

Preise und Accessite. PRIX et ACCESSITS,	Namen, Vornamen und Geburtsort. NOMS, PRÉNOMS et LIEU DE NAISSANCE.	Punkte in den verschiedenen Lehrfächern. Points obtenus dans les différentes branches. Religionslehre. Doctrine chrét.	Deutsch. Allemand.	Französisch. Français.	Latein. Latin.	Griechisch. Grec.	Mathematik. Mathématiques.	Gesch. u. Geogr. Hist. et Géogr.	Naturgeschichte. Histoire nat.	Physik. Physique.	Chemie. Chimie.	Total. TOTAL.
	VI^me CLASSE. SECTION B. — *30 élèves.*											
	Maximum des points . .	216	216	216	240	„	216	216	„	„	„	1320
1^er PRIX.	*Koltz* Eugène, de Mersch	199	201	191	228	„	199	199	„	„	„	1217
2^e —	*Hippert* Pierre, de Dudelange	204	180	167	214	„	194	195	„	„	„	1154
3^e —	*Faber* Willibrord, d'Echternach . . .	197	176	167	218	„	192	192	„	„	„	1142
4^e —	*Steichen* Joseph, de Mondercange . .	186	193	175	183	„	169	188	„	„	„	1094
5^e —	*Fries* Théophile, d'Elvange	163	165	167	217	„	179	182	„	„	„	1073
1^er ACCES.	*Ulveling* Paul, de Luxembourg . . .	173	173	182	206	„	149	158	„	„	„	1041
2^e —	*Gérard* Alphonse, de Rédange. . . .	166	164	161	165	„	188	181	„	„	„	1025
2^e —	*Martha* Albert, de Luxembourg. . .	161	174	170	176	„	167	177	„	„	„	1025
3^e —	*Kuhnen* Gustave, de Trèves.	167	159	160	188	„	171	169	„	„	„	1014
4^e —	*Textor* Eugène, d'Ettelbruck.	150	185	178	169	„	135	183	„	„	„	1000
5^e —	*Thill* Mathias, de Clausen	150	157	154	193	„	171	168	„	„	„	993

Gewerbschule. — ÉCOLE INDUSTRIELLE.

II^{me} CLASSE. — *8 élèves.*

Rietzschel Frédéric, d'Echternach: 1er PRIX de calcul différentiel (196), de chimie générale (198), de levée des plans (203), de dessin (226); 2^{e} PRIX d'allemand (194), d'histoire et de géographie (192), de géométrie descriptive (192); ACCESSIT de physique expérim. (181).

Neuens Jean-Pierre, de Berg: 1er PRIX de géométrie analytique (196), de géométrie descriptive (215), de physique expérimentale (192), de levée des plans (203); 2^{e} PRIX de dessin (220); ACCESSIT de chimie appliquée (184).

Kæiffer Jean, de Luxembourg: 1er PRIX d'allemand (205), d'histoire et géographie (200); 2^{e} PRIX de levée des plans (198); 3^{e} PRIX de dessin (210).

Mongenast Jules, d'Ettelbruck: 1er PRIX de chimie appliqué (205), de levée des plans (203), 4^{e} PRIX de dessin (192) ACCESSIT d'hist. et de géogr. (184) et de chimie générale (182).

Weicker Jean-Baptiste, de Sandweiler: ACCESSIT d'allemand (186), de dessin (185).

III^{me} CLASSE. — *5 élèves.*

Preise und Accessite. PRIX et ACCESSITS.	Namen, Vornamen und Geburtsort. NOMS, PRÉNOMS et LIEU DE NAISSANCE.	Punkte in den verschiedenen Lehrfächern. Points obtenus dans les diverses branches.													
		Religionslehre. Doctrine chrét.	Deutsch. Allemand.	Französisch. Français.	Englisch. Anglais.	Gesch. u. Geogr. Hist. et Géogr.	Algebra. Algèbre.	Geometrie. Géométrie.	Trigonometrie. Trigonométrie.	Physik. Physique.	Chemie. Chimie.	Statik. Statique.	Staatshaushaltung. Econom. polit.	Zeichnen. Dessin.	Total. TOTAL.
	Maximum des points . .	240	240	240	240	240	240	240	120	240	240	120	240	240	2880
1er PRIX.	*Mouris* Emile, de Diekirch . . .	227	211	197	216	208	217	217	108	223	228	112	213	223	2600
2^{e} —	*Mousel* Victor, de Sandweiler . .	218	175	177	200	192	214	214	107	194	208	94	187	218	2398
2^{e} —	*Worré* Edouard, de Grosbous. .	194	190	173	199	200	194	194	96	190	208	97	215	213	2363
ACCESSIT.	*Muller* J.-B., de Luxembourg. .	180	185	179	199	168	187	187	95	193	182	96	151	220	2222

IV^{me} CLA'SE. — *5 élèves.*

Preise und Accessite. PRIX et ACCESSITS.	Namen, Vornamen und Geburtsort. NOMS, PRÉNOMS et LIEU DE NAISSANCE.	Punkte in den verschiedenen Lehrfächern. Points obtenus dans les différentes branches.									
		Religionslehre. Doctrine chrét.	Deutsch. Allemand.	Französisch. Français.	Gesch. u. Geogr. Hist. et Géogr.	Algebra. Algèbre.	Geometrie. Géométrie.	Botanik. Botanique.	Zeichnen. Dessin.	Buchhaltung. Tenue des livres.	Total. TOTAL.
	Maximum des points . .	240	240	240	240	240	240	240	240	240	2160
PRIX.	*Formann* Pierre, de Baschleiden	190	184	205	200	187	184	191	219	224	1784
1er ACCES.	*Bésé* Jean, de Luxembourg . .	192	171	181	180	206	210	181	185	199	1705
2^{e} —	*Martha* Charles, de Luxembourrg	193	180	152	194	191	196	180	212	197	1695
3^{e} —	*Bloc* Alphonse, de Luxembourg	184	183	175	162	196	200	180	174	191	1645
4^{e} —	*Chelius* Louis, de Diekirch. . .	191	179	164	183	188	206	166	182	183	1642

V^me CLASSE. — *19 élèves.*

Preise und Accessite. PRIX et ACCESSITS.	Namen, Vornamen und Geburtsort. NOMS, PRÉNOMS et LIEU DE NAISSANCE.	Punkte in den verschiedenen Lehrfächern. Points obtenus dans les différentes branches. Religionslehre. Doctrine chrét.	Deutsch. Allemand.	Französisch. Français.	Gesch. u. Geogr. Hist. et Geogr.	Rechnen. Arithmétique.	Algebra. Algèbre.	Geometrie. Géométrie.	Zoologie. Zoologie.	Zeichnen. Dessin.	Buchhaltung. Tenue des livres.	Total. TOTAL.
	Maximum des points. . .	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	2400
1^er^ PRIX.	*Kieitsch* Jean, de Luxembourg. .	206	191	206	196	216	225	224	170	200	233	2067
2^e^ —	*Knepper* J.-P., de Kehlen . . .	216	168	199	197	212	224	201	216	205	187	2025
1^er^ ACCES.	*Bous* Victor, de Luxembourg . .	165	189	198	177	176	215	173	185	162	201	1841
2^e^ —	*Legrand* Constant, de Luxembourg.	137	180	147	140	225	223	220	152	184	215	1823
3^e^ —	*Nortier* Charles, de Lannoy. . .	171	140	217	153	171	208	181	158	189	207	1800
	VI^me^ CLASSE. — *25 élèves.*											
	Maximum des points. . .	240	240	240	240	240	"	"	"	240	240	1680
1^er^ ACCES.	*Krau* Guillaume, de Luxembaurg .	170	186	169	191	204	"	"	"	173	211	1304
2^e^ —	*Fruh* Jean-Baptiste, de Mulhouse .	219	167	162	188	213	"	"	"	172	180	1301
3^e^ —	*Welter* Alexandre, de Luxembourg	163	191	154	189	178	"	"	"	196	207	1278

CLASSE PRÉPARATOIRE.

Preise und Accessite. PRIX et ACCESSITS.	Namen, Vornamen und Geburtsort. NOMS, PRÉNOMS et LIEU DE NAISSANCE.	Punkte in den verschiedenen Lehrfächern. Points obtenus dans les différentes branches. Religionslehre. Doctrine chrét.	Deutsch. Allemand.	Französisch. Français.	Latein. Latin.	Griechisch. Grec.	Mathematik. Mathématiques.	Gesch. u. Geogr. Hist. et Géog.	Naturgeschichte. Hist. nat.	Physik. Physique.	Chemie. Chimie.	Total. TOTAL.
	SECTION LATINE A. — *59 élèves.*											
	Maximum des points. . .	240	240	240	240	"	240	240	"	"	"	1440
1^er^ PRIX.	*Jacques* Ferdinand, d'Arsdorf . .	236	214	221	209	"	229	208	"	"	"	1317
2^e^ —	*Wagener* Nicolas, de Bettembourg.	237	216	215	204	"	227	208	"	"	"	1307
3^e^ —	*Kœnig* Alexandre, de Vianden . .	223	215	207	200	"	220	197	"	"	"	1262
4^e^ —	*Lang* Charles, d'Eich	228	208	202	183	"	216	190	"	"	"	1227
5^e^ —	*Hahn* Prosper, de Mersch . . .	205	208	209	193	"	201	180	"	"	"	1196
6^e^ —	*Cary* Adolphe, de Luxembourg. .	208	199	209	189	"	180	187	"	"	"	1172
7^e^ —	*Weissen* Jean, de Clausen . . .	198	186	193	189	"	203	198	"	"	"	1167
8^e^ —	*Bies* Jacques, d'Esch s. A. . . .	223	193	195	182	"	179	184	"	"	"	1156

Preise und Accessite. PRIX et ACCESSITS.	Namen, Vornamen und Geburtsort. NOMS, PRÉNOMS et LIEU DE NAISSANCE.	Punkte in den verschiedenen Lehrfächern. Points obtenus dans les différentes branches.										
		Religionslehre. Doctrine chrét.	Deutsch. Allemand.	Französisch. Français.	Latein. Latin.	Griechisch. Grec.	Mathematik. Mathématiques.	Gesch. u. Geogr. Hist. et Géogr.	Naturgeschichte. Hist. nat.	Physik. Physique.	Chemie. Chimie.	Total. Total.
1er Acces.	*de la Fontaine* Auguste, de Luxemb.	144	136	147	125	„	158	144	„	„	„	1139*
2e —	*Rinscop* Nicolas, de Hoffelt. . . .	199	184	192	181	„	184	198	„	„	„	1138
3e —	*Schmitz* Nicolas, de Rodershausen .	227	192	160	192	„	174	172	„	„	„	1117
4e —	*Servais* Louis, de Luxembourg . .	196	179	191	165	„	184	198	„	„	„	1113
4e —	*Schorn* Philippe, de Hellange . . .	196	177	189	200	„	201	150	„	„	„	1113
5e —	*Hoffmann* Jean, de Junglinster . .	217	204	162	157	„	217	154	„	„	„	1111
6e —	*Mehlen* Mathias, de Biver	216	176	149	191	„	189	182	„	„	„	1103
7e —	*Larue* Charles, de Luxembourg . .	182	181	184	201	„	163	183	„	„	„	1094
8e —	*Wener* Théodore, de Grevenmacher .	204	183	149	170	„	189	188	„	„	„	1083

*) 854 + 285 = 1139.

Section latine. B. — *45 élèves.*

Preise und Accessite. PRIX et ACCESSITS.	Namen, Vornamen und Geburtsort. NOMS, PRÉNOMS et LIEU DE NAISSANCE.	Religionslehre. Doctrine chrét.	Deutsch. Allemand.	Französisch. Français.	Latein. Latin.	Griechisch. Grec.	Mathematik. Mathématiques.	Gesch. u. Geogr. Hist. et Géogr.	Naturgeschichte. Hist. nat.	Physik. Physique.	Chemie. Chimie.	Total. Total.
	Maximum des points . .	240	240	240	240	„	240	240	„	„	„	1440
1er Prix.	*Wilhelmy* Gust., de Mersch	235	218	230	223	„	202	202	„	„	„	1310
2e —	*Franciscus* Pierre, de Canach	236	216	217	221	„	188	195	„	„	„	1273
2e —	*Rodenschmit* Nicolas, de Hesperange .	234	214	202	220	„	205	198	„	„	„	1273
3e —	*Mangeto* Pierre, de Luxembourg . .	220	216	206	220	„	210	180	„	„	„	1252
4e —	*Frieden* Pierre, d'Ehnen	231	217	212	215	„	170	194	„	„	„	1239
5e —	*Ostert* Nic., d'Ernsdorf	218	205	208	207	„	199	186	„	„	„	1223
6e —	*Fallize* Mich., de Harlange	212	206	174	208	„	210	193	„	„	„	1203
7e —	*Bielecki* Franç., de Luxembourg . . .	187	199	220	209	„	201	181	„	„	„	1197
8e —	*Perrard* Jean, de Limpertsberg . . .	206	199	191	198	„	202	191	„	„	„	1187
9e —	*Diederich* J.-Th., d'Ehlerange	209	195	211	211	„	181	170	„	„	„	1177
10e —	*Schoellen* J.-P., de Mersch	199	183	182	172	„	208	214	„	„	„	1158
1er Access.	*Steichen* Jean, de Godbrange	212	187	190	176	„	179	178	„	„	„	1122
2e —	*Weyrich* Henri, de Luxembourg . . .	208	198	220	197	„	145	152	„	„	„	1120
3e —	*Schmit* Jean, de Hemsthal	218	202	154	200	„	155	173	„	„	„	1102
4e —	*Beck* Lambert, de Remich	194	193	210	191	„	132	164	„	„	„	1080

Section industrielle. — *16 élèves.*

Preise und Accessite. ACCESSITS. et PRIX	Namen, Vornamen und Geburtsort. NOMS, PRÉNOMS et LIEU DE NAISSANCE.	Punkte in den verschiedenen Lehrfächern. Points obtenus dans les différentes branches.							
		Religionslehre. Doctrine chrét.	Deutsch. Allemand.	Französisch. Français.	Rechnen. Arithmétique.	Geographie. Géographie.	Buchhaltung. Tenue des livres.	Zeichnen. Dessin.	Total. Total.
	Maximum des points . .	240	240	240	240	240	240	240	1680
Accessit.	*Wirion* Nic., de Luxembourg	188	203	196	179	176	190	145	1277

PRIX DE L'ÉCOLE DE DESSIN ET DE PEINTURE.

1re Division.

PRIX GÉNÉRAUX.

Prix. *Sauber* Jean, de Neudorf.

2e Division.

DESSIN D'APRÈS LA BOSSE.

Prix. *Cigrand* Jean-Baptiste, de Rollingergrund.

3e Division.

DESSIN DE TÊTE.

Prix. *Demuyser* Constant, de Luxembourg.
Accessits. *Oberweis* Mathias, d'Echternach.

4e Division.

PAYSAGE.

Prix. *Koltz* Eugène, de Luxembourg.
Accessit. *Arendt* Ernest, de Grevenmacher; et *Oberhoffer* Werner, de Luxembourg.

5e Division.

DESSIN D'ORNEMENTS.

Prix. *Schneidesch* Michel, de Garnich.
Accessit. *Ackermann* Félix, de Luxembourg.

6e Division.

LAVIS ET ARCHITECTURE.

1er Prix. *Pinth* J. B., de Haut-Bellain.
2e *Muller* Edmond, de Diekirch.
Accessit. *Kayl* Jean François, de Remich.

7e Division.

PERSPECTIVE LINÉAIRE.

1er Prix. *Fischer* Jules, de Cessingen.
2e — *Kintzlé* Frédéric, de Harlange.
Accessit. *Kuborn* Henri, de Wolvelange; et *Dumont* Jules, de Luxembourg.

SOLFÉGE.

6me Classe du gymnase.

PRIX. *Haas* Eugène, de Luxembourg.
ACCESSIT. *Heim* Charles, de Luxembourg.

Classe préparatoire.

PRIX. *Lang* Charles, d'Eich.
ACCESSIT. *Bielecki* François-Joseph, de Luxembourg.

GYMNASTIQUE.

Sixième Classe industrielle.

PRIX. *Schilz* Victor, de Luxembourg.
ACCESSIT. *Marx* Prosper, de Schouweiler.

Classe préparatoire. — Section A.

PRIX. *Servais* Louis, de Luxembourg.
ACCESSIT. *Muller* Michel, de Dommeldange.

Classe préparatoire. — Section B.

PRIX. *Erpelding* Auguste, de Niederanven.
ACCESSIT. *Schœllen* Jean-Pierre, de Mersch.

Schluß des Schuljahrs.

Am 18. August wird in der Kirche zu U. L. F., um 8 Uhr des Morgens, eine feierliche Danksagungsmesse mit Te deum gesungen werden.

An demselben Tage, um 3 Uhr des Nachmittags, findet die feierliche Preisevertheilung statt.

Aufnahme der Schüler.

Schüler, welche die Aufnahme ins Athenäum nachsuchen, haben sich Montag den 3. Oktober, Vormittags zwischen 9 und 12 Uhr, oder Nachmittags zwischen 3 und 5 Uhr, im Athenäum, beim Subdirektor der Anstalt, anzumelden, und müssen mit ihrem Geburtsscheine, sowie mit einem von ihren früheren Lehrern ausgestellten Zeugniß über Fähigkeit und sittliches Betragen versehen sein.

Um aufgenommen zu werden, muß der Schüler 12 Jahre alt sein, und diejenigen Kenntnisse besitzen, welche erfordert sind, um die Kurse der Klasse, in welche er eintreten will, mit Erfolg zu besuchen.

Im Falle von außergewöhnlichen, durch die Aufnahme-Prüfung erwiesenen Fähigkeiten, kann die Regierung auch die Aufnahme von Schülern gestatten, welche noch nicht volle 12 Jahre alt sind.

Die Aufnahme-Prüfung der Schüler wird Dinstag und Mittwoch, den 4. und 5. Oktober, jedesmal um 8 Uhr Morgens und 2 Uhr Nachmittags, vor den Professoren der Klasse, in welche sie eintreten sollen, stattfinden.

Am Donnerstag, den 6. Oktober, um 8 Uhr Morgens, findet die Prüfung derjenigen Schüler statt, deren Aufnahme in eine höhere Klasse durch ein Examen über einen oder mehrere Unterrichtszweige bedingt ist.

Am Freitag, den 7. Oktober, um 8 Uhr, werden die Schüler der Anstalt der Heiliggeist-Messe in der Kirche zu U. L. F. beiwohnen.

An demselben Tage müssen alle Schüler das Minerval für das erste Halbjahr an den mit der Einnahme desselben beauftragten Professor entrichten.

CLOTURE DE L'ANNÉE SCOLAIRE.

Le *18 août*, à 8 heures du matin, une messe solennelle, suivie d'un *Te Deum* en action de grâces, sera chantée à l'église Notre-Dame.

La distribution solennelle des prix aura lieu le même jour, à 3 heures de relevée.

ADMISSION DES ÉLÈVES.

Les élèves qui désirent être admis à l'Athénée, devront se présenter le *lundi, 3 Octobre prochain*, entre 9 heures et midi, ou entre 3 et 5 heures de relevée, au bureau du sous-directeur à l'Athénée, et être munis d'un extrait de leur acte de naissance, ainsi que de certificats de capacité et de bonne conduite, délivrés par leur instituteur ou professeur précédent.

Pour être admis, l'élève doit être âgé de 12 ans, et avoir les connaissances nécessaires pour pouvoir suivre avec succès les cours de la classe dans laquelle il désire entrer.

En cas de capacités extraordinaires, constatées par l'examen d'admission, le Gouvernement peut autoriser l'admission d'élèves ayant moins de 12 ans accomplis.

L'examen d'admission aura lieu le *mardi* et le *mercredi*, 4 et 5 *octobre*, chaque fois à 8 heures du matin et à 2 heures de relevée, devant les professeurs des classes respectives dans lesquelles les élèves veulent entrer.

Le *jeudi*, 6 *octobre*, à 8 heures du matin, aura lieu l'examen des élèves dont l'avancement est subordonné à un examen sur une ou plusieurs branches d'enseignement.

Le *vendredi*, 7 *octobre*, à 8 heures, les élèves assisteront à la messe du St. Esprit, qui sera chantée à l'église Notre-Dame.

Le même jour, tous les élèves devront acquitter le minerval du premier semestre entre les mains du professeur-gérant.

Die Lehrerkonferenz kann den Schülern, welche sich in den durch das allgemeine Reglement vorgesehenen Fällen befinden, die Befreiung vom Minerval bewilligen.

Gesuche um Befreiung vom Minerval müssen von einem Auszuge aus der Steuerrolle oder einem andern von der Lehrerkonferenz für nöthig erachteten Zeugnisse begleitet sein.

Die Befreiung vom Minerval wird nur für die Dauer eines Jahres bewilligt. Wenn am Schlusse des Jahres der vom Minerval befreite Schüler nicht wenigstens ein Accessit in einer Klasse erhalten hat, so wird ihm die Befreiung im folgenden Schuljahre entzogen.

Samstag, den 8. Oktober, um 8 Uhr Morgens, werden sämmtliche Kurse beginnen.

La conférence des professeurs peut accorder l'exemption du payement du minerval aux élèves qui se trouvent dans les conditions exigées à cet effet par le règlement général.

Les demandes en exemption du payement du minerval doivent être accompagnées d'un extrait des rôles des contributions ou de tout autre certificat que la conférence trouve nécessaire de faire produire.

Les exemptions ne sont accordées que pour un an. Si, à la fin de l'année, l'élève exempté ne figure pas au moins parmi les accessits de sa classe, il ne jouira plus de l'exemption pendant l'année scolaire subséquente.

Le samedi, 8 octobre, à 8 heures du matin, tous les cours entreront en activité.

№ $\frac{3117}{83,70}$

VU ET APPROUVÉ.

Luxembourg, le 10 août 1870,

Le Ministre d'État, Président du Gouvernement,

E. Servais.