

ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES.

LA LUMIÈRE
ET
LES CLIMATS,

PAR

M. R. RADAU.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE
SUCCESSION DE HALLET-BACHELIER,
Quai des Augustins, 55.

1877

ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES.

LA LUMIÈRE
ET
LES CLIMATS,

PAR

M. R. RADAU.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,
Quai des Augustins, 55.

1877

(Tous droits réservés)

LA LUMIÈRE

ET

LES CLIMATS.

Au milieu de l'infinie variété de formes qui naissent et disparaissent à la surface du globe, et dans l'existence desquelles se reflète le cours de l'année, chaque coin de la Terre garde cependant une sorte d'individualité propre que l'on appelle le *climat* du lieu.

Le climat, dans l'acception la plus large de ce mot, comprend toutes les conditions physiques, propres à une contrée donnée, qui exercent une influence générale et constante sur les êtres organisés. Il se révèle dans l'aspect du paysage et se trouve empreint sur la flore et la faune de chaque région, car les animaux, aussi bien que les plantes que produit un pays, sont en harmonie avec cet ensemble de circonstances extérieures au milieu desquelles ils se développent. Déplacer une espèce, c'est presque toujours l'exposer à des influences nuisibles qui la font dégénérer et dépérir; lorsqu'on réussit à l'acclimater dans un autre milieu, elle s'y accommode le plus ordinairement par un chan-

RADAU. — *Les Climats*,

1

gement quelconque qui s'opère dans ses caractères biologiques. C'est ainsi que de quelques espèces originaires des pays les plus chauds du globe sont issues des races appropriées aux régions froides par le développement du pelage. Partout se retrouve, manifeste, inévitable, l'influence du milieu.

Quels sont maintenant les éléments divers qui déterminent le climat d'une contrée? Autrefois on ne considérait que la température; mais peu à peu le nombre des conditions dont on a tenu compte s'est singulièrement accru. Humboldt désigne par le mot *climat* « toutes les modifications de l'atmosphère dont nos organes sont affectés d'une manière sensible, telles que la température, l'humidité, les variations de la pression barométrique, la tranquillité de l'air ou les effets des vents hétéronymes, la charge ou la quantité de tension électrique, la pureté de l'atmosphère ou ses mélanges avec des émanations gazeuses plus ou moins insalubres, enfin le degré de diaphanéité habituelle, cette sérénité du ciel, si importante par l'influence qu'elle exerce non-seulement sur le rayonnement du sol, sur le développement des tissus organiques dans les végétaux et la maturation des fruits, mais aussi sur l'ensemble des sensations morales de l'homme (1). »

Néanmoins les recherches météorologiques,

(1) *Fragments de climatologie et de géologie asiatiques*, t. II. Paris, 1831.

destinées à nous faire connaître le climat des zones diverses, n'embrassent généralement qu'une partie de ce vaste programme. On observe les oscillations du thermomètre, afin d'en déduire la température moyenne des saisons et celle de l'année; on surveille, à l'aide du baromètre, la pression sans cesse changeante de l'atmosphère; on détermine les vents dominants, le régime des pluies, l'humidité moyenne de l'air, la fréquence et la marche des orages, l'état électrique ordinaire des couches inférieures, la quantité d'ozone qui s'y trouve, et d'autres données étroitement liées aux précédentes. La lumière a été jusqu'ici à peu près complètement négligée; à peine si l'on a vu se produire quelques tentatives isolées pour mesurer les variations de cet élément important et pour en déterminer le rôle dans les phénomènes de la végétation (1).

Il serait temps cependant de songer à des observations régulières et suivies qui pourraient nous apprendre ce qu'est la lumière pour les climats terrestres. De quelle façon est-elle distribuée à la surface du globe? Comment varie-t-elle avec l'heure de la journée et avec les saisons? Quelle est l'influence qu'exercent les nuages? Jusqu'à quel point les rayons lumineux agissent-ils sur

(1) Ce travail a vu le jour une première fois en 1867; depuis dix ans, des recherches nouvelles sont venues s'ajouter à celles que l'on possédait alors; mais il reste encore beaucoup à faire.

l'évolution de la vie organique? Voilà bien des questions auxquelles la science ne répond encore que d'une manière fort incomplète.

Parmi les observatoires, je ne vois que Montsouris qui ait fait entrer l'étude des radiations solaires dans le programme de ses travaux. J'exposerai ailleurs les méthodes très-diverses qui ont été proposées ou même expérimentées, et les résultats qu'elles ont donnés. Je ne veux résumer ici que les faits principaux concernant l'importance de la lumière au double point de vue de la biologie et de la climatologie.

I. — ACTION DE LA LUMIÈRE SUR LA VIE ORGANIQUE.

« L'organisation, le mouvement spontané, la vie, n'existent qu'à la surface de la Terre, dans les lieux exposés à la lumière. On dirait que la fable du flambeau de Prométhée était l'expression d'une vérité philosophique qui n'avait pas échappé aux anciens. Sans la lumière, la nature était sans vie : elle était morte et inanimée; un Dieu bienfaisant, en apportant la lumière, a répandu sur la surface de la Terre l'organisation, le sentiment et la pensée. » Ces paroles de Lavoisier montrent qu'il a pressenti ce que les travaux de ses successeurs nous ont appris sur le rôle capital que la lumière du Soleil joue dans les phénomènes de la vie organique, et surtout dans ceux de la vie végétale.

Vers le milieu du XVIII^e siècle, Charles Bonnet

avait démontré, par une série d'expériences ingénieuses, que la lumière exerce sur les parties vertes des végétaux une sorte d'attraction en vertu de laquelle la tige d'une plante que l'on met à l'obscurité s'incline vers les ouvertures par lesquelles pénètre un rayon de lumière. Il avait découvert que, plongées dans l'eau, les plantes dégagent des bulles d'air lorsqu'elles sont exposées à l'action du Soleil.

De son côté, Priestley avait annoncé, en 1772, que les plantes purifient l'atmosphère que les animaux vicient par leur respiration; plus tard, il avait reconnu qu'elles ne remplissent pas cette fonction d'une manière continue, mais qu'à certains moments, loin de purifier l'air, elles le rendent impropre à l'entretien de la vie. Il était réservé à un médecin hollandais, Ingenhousz, d'expliquer cette contradiction en montrant que la respiration des plantes est réglée par le Soleil. Voici comment il rend compte lui-même de sa découverte, dans ses *Expériences sur les végétaux*, publiées en 1780 :

« A peine, dit-il, fus-je engagé dans ces recherches, que la scène la plus intéressante s'ouvrit à mes yeux. J'observai que les plantes n'ont pas seulement la faculté de corriger l'air impur en six jours ou plus, comme les expériences de M. Priestley semblent l'indiquer, mais qu'elles s'acquittent de ce devoir important dans peu d'heures de la manière la plus complète; que cette

1.

opération merveilleuse n'est aucunement due à la végétation, mais à l'influence de la lumière du Soleil sur les plantes; qu'elle commence seulement quelque temps après que le soleil s'est élevé sur l'horizon, qu'elle est suspendue entièrement pendant l'obscurité de la nuit; que les plantes ombragées par les bâtiments élevés ou par d'autres plantes ne s'acquittent pas de ce devoir, c'est-à-dire n'améliorent pas l'air, mais au contraire exhalent un air malfaisant et répandent un vrai poison dans l'air qui nous environne; que la production du bon air commence à languir vers la fin du jour et cesse entièrement au coucher du soleil; que toutes les plantes corrompent l'air environnant pendant la nuit; que toutes les parties de la plante ne s'occupent pas de purifier l'air, mais seulement les feuilles et les rameaux verts; que les plantes âcres, puantes et même vénéneuses s'acquittent de ce devoir comme celles qui répandent l'odeur la plus suave, et qui sont les plus salutaires. »

On savait donc, depuis Ingenhouz, que, sous l'influence de la lumière, les plantes dégagent un gaz qui rend l'air plus respirable, tandis que les exhalaisons des animaux le rendent impropre à la respiration. Mais quel était ce gaz? Cette question ne resta pas longtemps sans réponse. Lavoisier, en étudiant la respiration des animaux, avait trouvé qu'ils absorbent l'oxygène de l'air, que cet oxygène opère la combustion des substances alimentaires ingérées dans le sang, et qu'il en résulte un

produit gazeux, l'acide carbonique, qui est exhalé et qui rend l'air irrespirable.

Le Genevois Senebier, compatriote et ami de Charles Bonnet, appliqua cette découverte aux plantes : il montra qu'elles respirent à l'inverse des animaux, en décomposant l'acide carbonique de l'air et en dégagant de l'oxygène. Toutes ces expériences furent, dans la suite, reprises et confirmées par Th. de Saussure; mais ce sont surtout les travaux plus récents de M. Boussingault, de MM. Cloëz et Gratiolet qui ont achevé d'élucider la question.

Il est facile de constater l'action instigatrice que la lumière exerce sur les feuilles des végétaux, à l'aide d'une expérience qui est à la portée de tout le monde. On n'a qu'à introduire une plante aquatique dans une carafe de verre remplie d'eau de source, à laquelle on a ajouté une certaine proportion d'eau de Seltz afin de la charger d'acide carbonique; on renverse alors la carafe dans un vase plein d'eau, de manière que le liquide intérieur descende jusqu'à un certain niveau. Cet appareil étant exposé au soleil, on voit immédiatement les feuilles de la plante immergée se couvrir de bulles qui montent à la surface et se réunissent au-dessus du liquide. Le gaz qui se dégage ainsi est de l'oxygène; on peut s'en assurer en y introduisant une mèche enflammée, que l'on voit aussitôt entrer dans une combustion des plus vives. Avec les végétaux aériens l'expérience est moins rapide; cependant on peut convertir en oxygène tout l'acide carbonique con-

tenu dans une cloche renversée, en y laissant pendant une journée une plante saine et fraîche exposée au soleil.

M. Boussingault a montré que le volume d'oxygène dégagé par les feuilles est égal au volume d'acide carbonique disparu, d'où il suit que la quantité d'oxygène mise en liberté est précisément celle qui était contenue dans l'acide carbonique. Le dégagement de gaz augmente et diminue avec l'intensité de la lumière : un nuage qui passe le ralentit, et il s'arrête dans l'obscurité. M. Van Tieghem avait cru remarquer que l'excitation due à la lumière persistait encore quelque temps après que celle-ci avait cessé de frapper le végétal, mais cette observation n'a pas été confirmée. Cependant, pour les plantes aériennes, la réduction de l'acide carbonique a déjà lieu lorsqu'elles sont simplement éclairées par la lumière diffuse; les plantes aquatiques seules ont besoin d'être exposées directement au soleil.

On a encore constaté qu'en général la face supérieure des feuilles dégage beaucoup plus d'oxygène que la face inférieure. Au reste, les parties vertes des végétaux jouissent seules de la propriété de décomposer l'acide carbonique, et cette fonction s'accomplit d'ordinaire avec une grande activité. M. Boussingault, ayant rempli un vase de verre avec des feuilles de vigne, le plaça au soleil, et y fit passer un courant d'acide carbonique; il ne recueillit à la sortie que l'oxygène pur. Une seule feuille de

nénuphar abandonne pendant chaque été environ 300 litres d'oxygène; mais il faut qu'elle ait pour collaborateur le soleil.

Dans l'obscurité, les plantes respirent à la façon des animaux, c'est-à-dire qu'elles absorbent de l'oxygène, brûlent du carbone et dégagent de l'acide carbonique; seulement le phénomène de combustion est loin d'avoir chez les végétaux la même importance que dans le règne animal.

D'après les recherches de M. Gorenwinder, la quantité d'acide carbonique exhalée par les plantes, pendant la nuit, est beaucoup moins considérable que celle qui est décomposée pendant le jour (1); de plus l'absorption d'oxygène et le dégagement d'acide carbonique n'ont lieu, pour toutes les plantes, que pendant la germination, et le plus souvent ne s'observent plus dans l'âge adulte. C'est que la plante, qui ne se meut pas, n'a pas besoin de cette oxydation incessante qui produit la cha-

(1) D'après M. Boussingault, une feuille décompose moyennement, par décimètre carré et par heure, 7^{cc} d'acide carbonique au soleil et 3^{cc} à l'ombre, soit, dans les conditions ordinaires, environ 5^{cc}, 3 par heure de jour, et elle exhale 0^{cc}, 33 d'acide carbonique par heure de nuit. En douze heures de jour, un hectare de surface verte décomposerait donc 63360lit d'acide carbonique et fixerait 34^{kg} de carbone; il en perdrait 2^{kg} en douze heures de nuit, de sorte que le gain total serait de 32^{kg} par jour, et même plus grand en été. D'après M. E. Marchand, la récolte d'un champ de trèfle, opérée au mois de juin, a donné effectivement 3700^{kg} de carbone par hectare, après 107 jours de végétation, ce qui représente un gain d'environ 35^{kg} par jour.

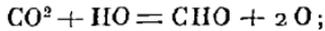
leur animale, source de la force musculaire ; c'est avant tout un appareil réducteur qui, en décomposant l'acide carbonique et fixant le carbone, prépare des provisions de combustible. Au contraire, les êtres qui se meuvent sont des machines à feu qui brûlent le carbone accumulé par les végétaux.

Les feuilles pilées ne décomposent plus l'acide carbonique. D'après les expériences de M. Jodin, les solutions de chlorophylle se décolorent peu à peu à la lumière, en absorbant l'oxygène de l'air. La lumière, agissant sur les substances mortes, ou la vie se développant à l'ombre, donne lieu à des phénomènes d'oxydation ; la lumière et la vie, ensemble, produisent la décomposition de l'acide carbonique, et la plante verdit. Nous verrons plus loin quelle est l'influence spéciale des rayons diversement colorés.

Le carbone, que les végétaux retiennent pendant qu'ils dégagent l'oxygène, se fixe dans les tissus et y donne naissance à différentes matières organiques en se combinant avec l'eau que les racines tirent du sol. Le charbon et l'eau qui se rencontrent forment ainsi d'abord le glucose, puis d'autres hydrates de carbone : l'amidon, la dextrine, la cellulose, le sucre de canne, etc.

C'est du moins ainsi qu'on a longtemps expliqué la formation de ces principes dans les plantes. Mais on peut aussi admettre, avec M. Boussingault, qu'ils résultent d'un dédoublement de l'acide car-

bonique en oxyde de carbone et en oxygène, et d'une décomposition simultanée de l'eau. La réaction serait alors représentée par la formule



elle donnerait d'abord du glucose, puis d'autres hydrates de carbone, que des réductions successives transformeraient en produits de moins en moins riches en oxygène, tels que les corps gras, les résines, les essences, etc. Somme toute, il est probable que les plantes décomposent non-seulement l'acide carbonique dont la respiration des animaux remplit l'atmosphère, mais encore l'eau qu'elles puisent dans le sol.

La réduction de l'acide carbonique, et peut-être de l'eau, n'est pas le seul phénomène où se manifeste l'intervention de la lumière dans la vie végétale. Elle provoque probablement la transpiration des feuilles, par laquelle la plante évacue la plus grande partie de l'eau que ses racines tirent du sol, et elle entretient dans ses tissus la circulation de la sève.

Les rayons solaires font verdier les jeunes plantes; élevées à l'ombre, elles s'étiolent. C'est le soleil qui colore les fleurs. On en connaît qui naissent blanches et qui prennent, sous l'action directe de la lumière, une teinte rose, rouge, bleue, violette. La corolle des espèces qui croissent sur les montagnes a généralement des couleurs plus vives que celle des espèces qui poussent dans la plaine :

c'est que la lumière a plus d'intensité sur les hauteurs, où l'air est moins épais. On voit ainsi la teinte de certaines fleurs, comme l'*Anthyllis vulneraria*, devenir de plus en plus foncée à mesure qu'on s'élève en altitude. M. Edmond Becquerel a constaté que, dans une chambre peu éclairée, les fleurs d'un pied de *Crassula* prennent une teinte jaune, et qu'il suffit de les exposer pendant quelques heures au soleil pour les voir se colorer en rouge. Le soleil élabore de même les couleurs des fruits.

Les botanistes savent enfin que la lumière exerce sur les végétaux une action mécanique qui se manifeste par l'inflexion des tiges des plantes héliotropes (tournesol, cresson alénois, etc.), par l'enroulement des plantes volubiles (liseron, haricot, etc.). Il suffit de citer à cet égard les expériences de Tessier, Payer, Gardner, Dutrochet, de MM. Guillemin, Ch. Darwin, Duchartre, H. Muller. Le sommeil des fleurs, les migrations intracellulaires des grains de chlorophylle, qui, d'après les observations de MM. Bœhm, Prillieux, Roze et d'autres botanistes, s'agglomèrent toujours dans la partie la plus éclairée de la cellule, sont des phénomènes du même ordre, qui confirment ce que nous avons dit de l'intervention constante de la lumière dans la vie végétale. Mais le plus important des phénomènes qui viennent d'être énumérés, c'est certainement ce travail d'assimilation du carbone, qui repose sur la ré-

duction de l'acide carbonique répandu dans l'atmosphère, et qui détermine la croissance des plantes.

L'atmosphère fournit à celles-ci le charbon ; les pluies les pourvoient d'hydrogène et d'oxygène ; elles trouvent dans le sol un quatrième élément important, l'azote, qui est indispensable à la formation des divers organes des végétaux, bien qu'il n'y entre qu'en proportions très-faibles. Avec ces quatre substances principales, la plante compose ses tissus et prépare de la matière organique qui servira plus tard à la nourriture des animaux, directement chez les herbivores, indirectement chez les carnivores. Or la réduction de l'acide carbonique s'accomplit sous l'influence de la lumière ; c'est donc à la lumière qu'il faut rapporter tout cet immense travail de synthèse organique qui se fait sous nos yeux au retour du printemps, alors que la terre se couvre de jeunes herbes, et que les feuilles poussent aux arbres sous les rayons bienfaisants du Soleil.

L'influence que l'astre radieux exerce sur la végétation est ainsi d'une nature fort complexe. Il ne fournit pas seulement la chaleur qui couve les germes déposés dans le sol, il entretient aussi la respiration des plantes et, en quelque sorte, leur croissance. Or nos aliments et nos combustibles proviennent directement, ou par voie de transformations successives, du règne végétal ; on peut donc dire qu'ils représentent une somme de force vive empruntée au Soleil, sous forme de vibrations

lumineuses, au moment où se sont groupés et combinés les éléments dont les plantes sont faites. La force qui a été emmagasinée par ce lent travail des affinités chimiques se retrouve, au moins en partie, dans les efforts mécaniques que l'animal accomplit sans cesse et par lesquels il dépense une partie de sa propre substance ; elle se retrouve aussi dans le travail des machines qui sont alimentées par la houille ; elle se transforme en chaleur lorsque du bois est brûlé dans un foyer ou une substance nutritive brûlée dans le sang d'un être vivant qui respire, mais qui ne se meurt pas. C'est ainsi que la lumière, en faisant croître et prospérer les plantes, prépare aux habitants de la Terre leur nourriture et crée pour eux une source intarissable de puissance mécanique.

La quantité de lumière que reçoit chaque jour un point donné de la surface terrestre est dès lors d'une importance capitale pour l'évolution de la vie organique qui s'y accomplit. On comprend qu'il sera nécessaire de la mettre en ligne de compte dans les recherches de climatologie ; elle fournira l'élément principal de ce qu'on pourrait appeler le *climat chimique*.

Mais ce n'est peut-être pas tout. On peut encore concevoir une action directe, immédiate de la lumière sur l'organisme animal.

En effet, la vie animale et la vie végétative, non-seulement se confondent aux limites, mais encore présentent de nombreuses analogies lorsqu'on étu-

die les réactions chimiques en vertu desquelles s'accomplit le mouvement circulaire de la matière dans les organismes vivants. Les feuilles des plantes respirent de nuit comme les animaux; les fruits respirent toujours ainsi. D'un autre côté, nous savons, par les travaux de M. Morren, que les animalcules de couleur verte ou rouge qui apparaissent à la surface des mers et des eaux stagnantes respirent, sous l'influence du soleil, comme les végétaux, en réduisant l'acide carbonique de l'atmosphère et abandonnant de l'oxygène.

L'action de la lumière sur la vie animale a été étudiée par plusieurs expérimentateurs. William Edwards, ayant placé des œufs de grenouille dans deux vases pleins d'eau, dont l'un était transparent et l'autre opaque, a vu les œufs exposés à la lumière se développer régulièrement et les autres avorter. La même expérience, répétée avec des têtards de crapauds, a donné un résultat analogue. Moleschott a constaté que la respiration des grenouilles est plus active sous l'influence du jour que dans l'obscurité, et que la production d'acide carbonique s'accroît avec l'intensité de la lumière. M. Jules Béclard a étudié à son tour l'influence des lumières colorées sur le développement des œufs de mouche, sur la respiration des grenouilles, etc. M. Paul Bert a signalé l'espèce d'attraction que certaines couleurs exercent sur de petits insectes.

L'effet de la lumière est fort sensible sur le pigment des différentes parties des animaux. Le

soleil hâle la peau et rougit le sang. Il est probable qu'en élevant tel animal dans les ténèbres, on le rendrait chlorotique comme les plantes qui germent dans une cave. Le protée ou salamandre aveugle des cavernes est tout blanc. Les oiseaux de nuit ont un plumage sombre. Chez les mammifères, les oiseaux, les batraciens, etc., la nuance du dos est plus foncée que celle du ventre (1). Les animaux des régions polaires sont couleur de boue et de neige ; à mesure qu'on approche de l'équateur, la coloration de la faune devient de plus en plus variée et splendide ; l'oiseau-mouche, dont le plumage semble tissé de lumière, est pour ainsi dire le chef-d'œuvre des rayons solaires.

M. Maurice Sand, dans son ouvrage sur les *Papillons*, établit, entre les couleurs des insectes et les tons dominants du milieu où ils se développent, des rapprochements fort curieux et frappants. Les localités que fréquentent les papillons et l'époque de l'année où ils se montrent leur impriment toujours un cachet particulier. « Les *Pierides*, avec leur blancheur florescente, leurs dessins de mousse délicate, leur jaune de primevère ou de bouton d'or, sont bien les papillons des prairies du printemps ; les *Coliades*, soufre et souci

(1) M. Georges Pouchet a fait des observations fort intéressantes sur les poissons et les crustacés qui changent de couleur avec le fond sur lequel ils vivent. Il paraît que la lumière agit ici par l'intermédiaire de l'œil.

(*Edusa* et *Hyale*), ne paraissent au contraire qu'à l'automne, quand la nature a déjà pris la teinte jaune et brûlée; les *Lycénides*, couleur d'azur, ne vivent que dans l'air bleu de l'été; les *Argynnis*, aux tons cuivrés parsemés d'or ou d'argent, ne fréquentent que les endroits séchés par le soleil...»

Une lettre de George Sand développe encore davantage ces analogies mystérieuses. « Comment les *Morpho*, ces lépidoptères métalliques de la Nouvelle-Grenade, qui volent sur les mines de cuivre, prennent-ils l'éclat et les reflets chatoyants de l'azurite et de diverses combinaisons de couleur que le minerai cache au sein de la terre?... Tu dis que les Indiens ne s'en cassent pas la tête, et qu'ils supposent tout bonnement que c'est le vert-de-gris qui les colore de la sorte. Mais moi, je crois qu'ils ont raison, ces bons sauvages, et que la nature tire tous ses matériaux de travail du même alambic. Seulement comment s'y prend-elle? Comment, dans les froides régions où elle n'a plus le concours d'un généreux soleil pour faire pleuvoir diamants et rubis sur ses créatures, compose-t-elle avec les frais reflets de la neige les sombres couleurs des lichens et les satins des écorces, ces douces harmonies des espèces boréales?... »

L'homme se ressent également de l'influence de la lumière. Les Esquimaux blanchissent pendant leur long hiver. Dans les villes de l'Orient, il y a des quartiers dont les habitants, confinés dans des ruelles étroites ne voient que rarement le jour :

ils ont le teint blafard, un teint poivre et sel ; les Juifs du Caire sont dans ce cas. Le teint de la population de certains quartiers de Paris s'est notablement amélioré depuis trente ans, parce qu'on a ouvert les portes de la ville au soleil. Enfin la coloration des nègres n'est certainement pas sans rapport avec le soleil des tropiques (1).

Peut-être même pourrait-on aller plus loin et voir une influence solaire dans la perfection croissante de toutes les formes animales que l'on rencontre en allant du pôle vers l'équateur. L'œil est l'organe qui dépend le plus directement de la lumière : les animaux dont la vie est souterraine sont souvent aveugles. Quelle différence d'éclat entre l'œil terne du Scandinave et l'œil noir de la femme Arabe, cet œil de gazelle qui semble refléter les clartés du ciel d'Orient !

Enfin la lumière agit indirectement sur les évolutions vitales par l'influence incontestable qu'elle a sur nos sensations et même sur les manifestations de l'instinct animal. Elle réveille la vie sur le globe ; elle réjouit, elle encourage. Les ténèbres sont pour nous l'image de la mort ; naître, c'est voir le jour. Alexandre de Humboldt fait très-bien res-

(1) M. Trémaux (*le Soudan*) cite beaucoup de faits à l'appui de cette action directe du soleil. Toutefois, il faut se garder de trop généraliser ces déductions, car les exceptions sont nombreuses, ainsi que l'a montré M. le Dr Pruner-Bey (*Questions relatives à l'Anthropologie générale* ; Paris, 1864).

sortir l'influence du climat et surtout celle de la lumière sur l'état moral de l'homme, dans un passage qu'on me permettra de citer ici, et qui complétera ce que j'ai dit de l'importance climatologique de cet élément.

« Il existe, dit l'illustre voyageur, une physionomie naturelle qui appartient exclusivement à chacune des contrées de la terre. Les expressions de *nature suisse* ou de *ciel d'Italie*, en usage parmi les peintres, ont pris naissance dans le sentiment confus de ces caractères propres à telle ou telle région. L'azur du ciel, les jeux de l'ombre et de la lumière, les vapeurs qui s'accumulent dans le lointain, les formes des animaux, la vigueur de la végétation, l'éclat de la verdure, le contour des montagnes, sont autant d'éléments qui déterminent l'impression que produit sur nous une contrée....

» La connaissance du caractère propre à certaines régions se rattache par un lien très-intime à l'histoire de la race humaine et de la civilisation. Si les premiers progrès de la civilisation ne sont pas uniquement déterminés par des influences physiques, la route qu'elle prend plus tard, le caractère national, les dispositions plus sombres ou plus sereines des esprits, dépendent en grande partie des circonstances climatologiques. Quelle puissance le ciel de la Grèce n'a-t-il pas exercée sur le génie des habitants de cette contrée ! Comment les peuples qui s'établirent sous cet heureux et beau climat, entre l'Euphrate, l'Halys et la mer

Égée, ne se seraient-ils pas éveillés de bonne heure aux mœurs élégantes et aux sentiments délicats?... La poésie des Grecs et les chants des peuples du Nord doivent en grande partie leur caractère distinctif à la forme des plantes et des animaux, aux montagnes et aux vallées qui entouraient le poète, à l'air qui se jouait autour de lui; et, pour ne rappeler que des choses qui nous soient familières, qui ne se sent différemment affecté à l'ombre épaisse des hêtres, sur des collines couronnées de sapins solitaires, et dans les prairies où le vent murmure à travers le feuillage tremblant des bouleaux? Ces formes végétales de nos climats éveillent tour à tour dans notre esprit des images mélancoliques, sévères ou joyeuses. L'influence du physique sur le moral, cette action réciproque et mystérieuse du monde sensible et du monde immatériel, donne à l'étude de la nature, lorsqu'on l'embrasse d'un point de vue assez élevé, un attrait singulier, trop méconnu jusqu'à nos jours (1). »

M. le Dr Pauly n'hésite pas à affirmer que la lumière constitue le charme principal du climat algérien : « J'ai rencontré, dit-il, dans ma carrière de médecin militaire, bien des personnes qui, ayant quitté l'Algérie sous la pression de raisons impérieuses de santé, de famille ou de carrière, conservaient au fond du cœur une secrète tristesse et une

(1) HUMBOLDT, *Tableaux de la nature*, liv. IV : *De la Physionomie des plantes*.

inconcevable nostalgie de cette belle lumière. » Ajoutons pourtant que M. Pauly croit avoir remarqué que parfois cette lumière devient « blessante, agressive », et qu'elle représente alors une influence morbide, une cause pathogénique: c'est surtout quand le ciel est parsemé de très-petits nuages blancs ou de plaques laiteuses (1).

II. — PHOTOCHEMIE.

Lorsque l'on étudie de plus près l'action de la lumière sur les plantes, on s'aperçoit qu'elle dépend essentiellement de phénomènes chimiques analogues à ceux sur lesquels repose la photographie. La lumière produit dans un grand nombre de substances des changements moléculaires qui favorisent le jeu des affinités. Malheureusement la *Photochimie*, qui comprend l'étude de tous les phénomènes de ce genre, n'est encore qu'une science à peine ébauchée. Nous allons cependant essayer d'indiquer brièvement les faits connus.

On sait que le prisme décompose la lumière blanche en une infinité de rayons diversement colorés et diversement réfrangibles, dont les nuances se dégradent insensiblement du rouge au violet en passant par les six couleurs principales (rouge, orangé, jaune, vert, bleu, violet). Ces rayons qui

(1) *Esquisses de climatologie comparée*. Paris, 1874.

affectent la rétine de l'œil constituent la lumière proprement dite, la lumière visible. Ils sont chauds et peuvent agir chimiquement sur les substances dites *sensibles*; mais ils ne produisent pas la totalité des effets calorifiques et chimiques des rayons solaires. Le spectre visible se prolonge des deux côtés par les radiations obscures. Au delà du rouge s'étend la région de la chaleur obscure; au delà du violet, celle des rayons chimiques obscurs. Ces derniers, les rayons *ultra-violets*, deviennent visibles, dans certaines circonstances, avec une faible teinte gris-lavande. Ils ne produisent pas de chaleur appréciable, mais ils ont une forte action sur les substances sensibles et se transforment facilement en rayons lumineux lorsqu'ils sont projetés sur une substance fluorescente (1).

La partie lumineuse du spectre solaire est sillonnée de raies obscures. Ce sont des sortes de brèches qui attestent le passage des rayons à travers certains milieux doués d'un pouvoir absorbant spécial. La plupart de ces raies sont dues, selon toute probabilité, à l'action de vapeurs métalliques qui enveloppent le Soleil. Le spectre infra-rouge et le spectre ultra-violet présentent des raies ou espaces inactifs, tout comme le spectre visible. Il est facile de les mettre en évidence pour le

(1) Ajoutons que, d'après M. Draper, le peu d'intensité calorifique de la région violette du spectre tient surtout à la dilatation considérable qu'elle subit en traversant le prisme.

spectre ultra-violet, en s'aidant des procédés de la Photographie. Dans le spectre infra-rouge, M. Edmond Becquerel a réussi à rendre visibles un grand nombre de raies, en profitant d'une curieuse propriété des corps phosphorescents. La lueur passagère que ces corps émettent après avoir été exposés à la lumière est détruite par la chaleur obscure ; les points d'une surface phosphorescente qui correspondent aux espaces inactifs du spectre obscur projeté sur cette surface continuent donc seuls de briller et révèlent ainsi l'existence des raies (1). Toutes ces raies ou lacunes ont d'ailleurs dans le spectre des positions parfaitement invariables, et c'est grâce à cette fixité qu'elles fournissent des repères précieux lorsqu'il s'agit de définir d'une manière précise la coloration thermique, optique ou chimique d'un rayon ; nous employons le mot *coloration*, par une extension usitée en Physique, pour désigner la place qu'un rayon, visible ou non, occupe dans le spectre complet.

Les actions chimiques de la lumière ont été étudiées surtout en vue d'un but pratique : la fixation des images de la chambre obscure. On a découvert qu'un grand nombre de substances changent de couleur lorsqu'elles sont exposées à certaines radiations lumineuses, et ce fait, sans avoir été

(1) M. Draper, puis MM. C. Vogel et Lohse, ont réussi à photographier aussi le spectre infra-rouge, l'image obtenue était une image *positive*.

approfondi ni expliqué, a servi de point de départ à l'art de la Photographie.

Scheele avait remarqué, dès 1770, que le chlorure d'argent noircit à la lumière du jour. Wedgwood essaya, en 1802, d'utiliser cette propriété du chlorure d'argent pour copier des vitraux d'église ou des gravures, mais il ne put y réussir. Vers 1813, Joseph-Nicéphore Niepce reprit ces recherches et arriva à copier des gravures au moyen d'une couche de bitume de Judée qu'il déposait sur une plaque d'argent bruni; aux endroits frappés par les rayons solaires, le bitume devenait insoluble dans les essences, tandis que les parties protégées pouvaient être ensuite attaquées et lavées; on mettait ainsi à nu le métal avec son aspect noir bruni aux endroits que les traits de la gravure avaient recouverts, tandis que les blancs de la gravure étaient représentés par un voile blanchâtre de bitume. Niepce s'associa, en 1826, avec le peintre Daguerre, qui perfectionna la méthode de Niepce et découvrit lui-même, en 1838, un autre procédé fondé sur l'attraction que l'iodure d'argent insolé exerce sur les vapeurs de mercure. Enfin, vers 1839, Talbot inaugura le procédé au chlorure d'argent. Depuis cette époque, la Photographie a fait des pas de géant, mais seulement au point de vue des applications; la théorie des phénomènes est encore enveloppée d'obscurité. On peut cependant essayer de grouper les effets observés sous plusieurs catégories générales.

Il y a d'abord les actions *réductrices*. Sous l'influence des rayons solaires, l'oxygène et les corps halogènes tendent à abandonner les métaux. Le chlorure et l'azotate d'argent sont décomposés; de même, en général, les chlorures, bromures, iodures, cyanures des métaux les moins oxydables, les oxydes ou acide ssuroxygénés, etc. Ici la lumière détruit des affinités.

Il y a ensuite les actions combinatrices, dans lesquelles les affinités sont, au contraire, développées par la lumière. L'oxygène, le chlore, le brome tendent, sous cette influence, à se porter sur l'hydrogène et sur les matières organiques. Un mélange de chlore et d'hydrogène se conserve indéfiniment à l'obscurité; exposé à la lumière, il s'élucide en donnant naissance à de l'acide chlorhydrique. Le bitume de Judée devient insoluble sous l'action de la lumière, parce qu'il absorbe de l'oxygène. Un grand nombre d'essences et de vernis s'oxydent également à la lumière; la résine de gaïac bleuit en même temps qu'elle s'oxyde.

En mêlant ensemble une substance qui tend à se décomposer sous l'action de la lumière et une autre qui tend à absorber un des corps qui se séparent, on obtient des effets encore plus énergiques. C'est ainsi que les matières organiques facilitent la réduction des sels d'argent en absorbant l'oxygène qui se dégage. Mais ce qui est surtout remarquable, c'est qu'il suffit d'exposer au soleil une seule des

deux substances sensibles et de la mettre ensuite en contact avec l'autre; le travail moléculaire développé par la lumière se continue après l'insolation, et le rapprochement des deux substances produit ensuite le même effet que s'il avait eu lieu sous l'action directe des rayons solaires. Ainsi, par exemple, pour faciliter la réduction de l'iodure d'argent, on le met en contact avec l'acide gallique après avoir exposé au soleil l'une ou l'autre de ces substances, ou bien on les expose ensemble; l'effet est toujours le même à l'intensité près. Les photographes appellent *sensible* ou *impressionnable* la matière qui reçoit et conserve l'action de la lumière, et *révélatrice* celle qui développe ou complète l'effet chimique; mais cette distinction n'a rien d'essentiel, puisqu'on peut intervertir les rôles des deux corps.

Les faits que je viens de citer prouvent une sorte d'activité persistante de la lumière. M. Niepce de Saint-Victor a découvert beaucoup d'autres faits qui semblent venir à l'appui de cette hypothèse. Une feuille de papier blanc qui a été insolée agit dans l'obscurité sur une préparation sensible, même à distance. Un grand nombre de substances organiques de couleur claire ont la même propriété; on peut même la communiquer, quoiqu'à un moindre degré, à la surface d'une cassure fraîche de porcelaine. Faut-il voir dans ces faits mystérieux les indices d'une *température chimique*, c'est-à-dire d'un état vibratoire déterminé par les rayons so-

lares et persistant après qu'ils ont cessé d'agir (1)?

Outre ces actions, tantôt réductrices, tantôt oxydantes, que la lumière exerce sur les substances sensibles, elle leur communique aussi la propriété d'attirer les vapeurs des corps pour lesquels elles ont de l'affinité; ainsi l'iodure d'argent et le soufre fixent les vapeurs de mercure après avoir été exposés à la lumière. C'est là le point de départ de la découverte de Daguerre.

Nous avons déjà dit que ces actions chimiques ne sont point produites avec la même intensité par les rayons différemment colorés. On a étudié séparément l'effet des différentes régions d'un spectre très-pur, et l'on a constaté que chaque substance a ses rayons qui l'impressionnent plus que tous les autres. Le chlorure d'argent noircit avec le plus de rapidité sous l'influence des rayons violets; il est impressionné par toute la région du spectre située au delà de la raie F de Fraunhofer, c'est-à-dire par

(1) M. Jamin entre à ce sujet dans les considérations suivantes : « Il y a, dit-il, des corps, comme la fluorine, qui absorbent la lumière, la condensent sous une forme inconnue, la gardent pendant de longues années et l'abandonnent quand on les chauffe. Tous les corps phosphorescents agissent ainsi, et la force vive qu'ils gardent et dégagent lentement dans l'obscurité pourrait bien, à un moment donné, se transformer en un travail chimique équivalent. La seule condition qu'il faudrait remplir serait de mettre en contact, au moment de produire ce travail, les substances chimiques entre lesquelles il peut s'effectuer ». (*Cours de Physique*, t. III, p. 502.) On pourrait comparer cette propriété des corps à la *mémoire*, comme, d'après M. Luys, le phénomène de mémoire est une phosphorescence organique des cellules cérébrales.

les rayons bleus, violets et gris-lavande, mais le maximum d'effet a lieu vers la raie H. Il en est de même pour le bromure et l'iode d'argent. La décomposition du bichromate de potasse est déterminée par les rayons verts, bleus, violets et ultraviolets. Dans ces cas, la chaleur obscure et les rayons les plus lumineux se montrent à peu près sans action ; c'est du côté du violet que se produisent les effets réducteurs. Mais les rayons violets peuvent aussi agir comme oxydants : ils bleussent le gaïac et combinent l'oxygène avec le bitume de Judée et les essences ; ce sont encore les mêmes rayons qui déterminent la combinaison du chlore avec l'hydrogène. Les rayons rouges et jaunes ne sont cependant point inefficaces, seulement ils agissent d'une manière différente ; ils continuent et achèvent l'œuvre commencée par les rayons violets. C'est pour cette raison que M. Ed. Becquerel les appelle rayons *continueurs* et les autres *excitateurs*. Ainsi le chlorure d'argent légèrement impressionné par les rayons violets noircit ensuite sous l'action de tous les rayons visibles.

Les rayons les plus lumineux peuvent encore exercer un autre effet : ils désoxydent et blanchissent le gaïac qui a été bleui par les rayons violets. Sir John Herschel a constaté que ce sont d'ordinaire les mêmes rayons qui attaquent les couleurs végétales ; le vert qu'on extrait des feuilles est surtout sensible à l'action des rayons rouges. M. Baudrimont a trouvé que la lumière

jaune agit fortement sur la couleur bleue du tournesol, et la lumière rouge de même sur le bleu de Prusse. D'après M. H. Vogel et M. Waterhouse, l'addition de certaines matières colorantes, comme le rouge de naphthaline, rend les plaques photographiques très-sensibles à l'action directe des rayons jaunes et des rayons rouges.

On voit, par ces exemples, que l'action de la lumière sur les substances sensibles est bien plus complexe qu'elle ne semble l'être de prime abord (1). Ce qui est certain, c'est que l'effet qu'une lumière de composition inconnue exerce sur l'une quelconque de ces substances ne nous permet point de prévoir celui qu'elle produira sur une autre substance. Une lumière qui bleuit fortement le gaïac blanc peut agir très-peu sur une feuille de papier imprégnée de bichromate de potasse et *vice versa*; celle qui blanchit le gaïac bleu peut rester sans action sur le chlorure d'or, et ainsi de suite.

Quels sont les rayons qui agissent plus spécialement sur les parties vertes des plantes? Cette

(1) D'après Moser, la couche sensible de la rétine serait elle-même un appareil photochimique. Cette hypothèse est confirmée par les récentes expériences de M. Boll et de M. Kühne : il paraît que la couche sensible est rouge pourpre à l'état normal, et se décolore sous l'action de la lumière : la *pourpre visuelle* se restitue incessamment, à mesure qu'elle est détruite. M. Kühne a trouvé dans l'œil d'un lapin décapité l'image d'un carré lumineux découpé dans le volet d'une chambre obscure.

question est loin d'être résolue. Nous avons vu que, stimulées par le soleil, les plantes réduisent l'eau et l'acide carbonique; il y a là quelque chose d'analogue à l'action désoxydante que les rayons les plus lumineux exercent sur le gaïac bleu; à première vue, il peut donc paraître assez probable que ce soient les mêmes rayons qui agissent sur les végétaux. Toutefois les opinions sont encore partagées sur ce point, et les résultats obtenus par divers expérimentateurs offrent les contradictions les plus singulières.

Si l'on pouvait s'en tenir aux expériences de M. Draper, de New-York, ce seraient les rayons compris entre l'orangé et le vert, c'est-à-dire les rayons les plus lumineux, qui détermineraient la réduction de l'acide carbonique par la matière verte des feuilles (1). M. Draper remplissait d'eau chargée d'acide carbonique sept tubes de verre qu'il plaçait dans les différentes régions d'un spectre solaire, après avoir introduit dans chacun une feuille de graminée, longue et étroite. Au bout d'un certain temps, il mesurait l'oxygène dégagé dans les tubes. Voici les quantités recueillies dans les sept couleurs principales du spectre : rouge, 0^{cc}, 3; rouge et orangé, 20^{cc}; jaune et vert, 36^{cc}; vert et bleu, 0^{cc}, 1; bleu, rien; violet, rien. Placés devant un feu de bois, les tubes s'échauffèrent

(1) *Phil. Mag.*, 1844. — Daubeny, en 1836, avait trouvé que les rayons orangés étaient les plus actifs.

sans rien dégager. En comparant les effets produits par la lumière libre ou ayant traversé un écran qui arrêtaît les rayons chimiques, M. Draper trouva qu'ils étaient presque identiques ; au contraire, la lumière tamisée par un écran opaque qui ne laissait passer que les rayons chimiques ne produisait qu'un effet insensible.

Les expériences qui ont été instituées directement sur des végétaux que l'on faisait croître sous des verres de couleur ont donné les résultats les plus opposés. Ainsi M. Hunt attribue aux rayons bleus et aux rayons chimiques une influence bienfaisante sur la germination et le développement des jeunes plantes ; elles s'étioleraient, au contraire, d'après ses expériences, sous l'action des rayons jaunes et verts. Cependant, dit M. Hunt, quoique l'influence des rayons bleus soit grande pour hâter la germination et favoriser la vigueur des végétaux, leur action est trop stimulante pour permettre à la plante d'arriver à une complète maturité. La sève paraît alors s'employer tout entière à la production d'un beau feuillage d'un vert foncé, mais on ne peut en obtenir des fleurs ni des semences qu'en substituant aux rayons bleus les jaunes, qui sont les plus propres à achever le développement du végétal (1).

Les recherches du D^r Gardner, qui ont été faites avec des lumières prismatiques, donnent des

(1) *Philosophical Magazine*, 1843.

résultats qui s'accordent mieux avec ceux de M. Draper. En élevant, dans des boîtes exposées aux différentes couleurs du spectre, des semis de navets, de raves, de pois, etc., M. Gardner a trouvé que la couleur verte des feuilles était développée surtout par les rayons jaunes. Le temps le plus court qui ait suffi pour reverdir un semis de navets étiolés a été de 2^h dans la lumière jaune pur. Une nuance de vert que les rayons jaunes produisaient en 3^h30^m prenait naissance dans l'orangé en 4^h30^m, dans le vert en 6^h; les rayons bleus n'avaient donné, au bout de dix-sept heures, qu'une nuance moitié moins foncée. D'un autre côté, ce sont, d'après M. Gardner, les rayons indigo qui produisent le mouvement des tiges. Les jeunes plantes sur lesquelles on fait tomber un spectre se penchent toutes vers un axe commun parallèle au rayon indigo; celles qui sont exposées aux couleurs rouge, jaune, vert, etc., s'inclinent du côté de ce rayon. Lorsqu'on prolonge suffisamment l'expérience, le semis prend l'aspect d'un champ de blé couché par deux vents opposés.

MM. Cloëz et Gratiolet (1849) ont placé des feuilles de plantes marécageuses dans de l'eau chargée d'acide carbonique et les ont exposées aux rayons solaires tamisés par des verres de couleur; l'analyse du gaz recueilli a montré que le dégagement d'oxygène a lieu avec beaucoup plus d'énergie sous un verre jaune que sous un verre rouge ou bleu. Voici l'ordre dans lequel se suivent, au

point de vue de l'effet produit, les différents verres employés : verre incolore dépoli, jaune, incolore transparent, rouge, vert, bleu. Chose singulière, c'est le verre dépoli qui a toujours donné le meilleur résultat.

Un botaniste allemand, M. J. Sachs, a tenté de mesurer l'effet que la lumière produit sur les plantes aquatiques, en comptant le nombre des bulles gazeuses qui se dégagent de la coupe d'un rameau qu'on expose au soleil dans une dissolution d'acide carbonique. M. Sachs a trouvé que la lumière orangée était presque aussi active que la lumière blanche, tandis que la lumière bleue donnait un dégagement 20 fois moindre. Mais, comme l'a déjà fait remarquer M. Dehérain, ce procédé de mesure n'est pas susceptible d'une grande précision. M. L. Cailletet a trouvé, de son côté, que la lumière verte ne provoquait aucun dégagement d'oxygène, qu'elle favorisait plutôt l'absorption de ce gaz, résultat qui n'est guère d'accord avec ce que nous ont appris d'autres observateurs.

M. Prillieux (1869) a essayé de placer la question sous un jour nouveau en comparant l'action que produisent les diverses couleurs à *intensité lumineuse égale*. En immergeant les flacons remplis de feuilles dans des manchons renfermant diverses dissolutions également transparentes, cet habile botaniste a trouvé que toutes les couleurs donnaient la même quantité de gaz. Selon M. Pril-

lieux, les différences observées par d'autres expérimentateurs viennent donc simplement de ce que les rayons colorés employés par eux étaient inégalement lumineux ; mais M. Prillicux a fait usage du procédé de M. Sachs pour mesurer l'intensité du dégagement, et ses dissolutions bleues, très-diluées, laissaient évidemment passer de la lumière blanche. M. Dehérain s'est efforcé d'éviter ces causes d'erreur en mesurant le volume du gaz dégagé et en employant des dissolutions plus opaques : on les a étendues ou concentrées jusqu'au moment où, placées dans une chambre obscure devant une bougie, elles donnaient des ombres d'égale intensité. Dans ces conditions, M. Dehérain a trouvé que l'action des diverses couleurs, bien qu'amenées au même degré de transparence, était très-inégale ; ainsi, dans une expérience, 20 grammes de feuilles de *Potamogeton crispus* ont donné les quantités de gaz qui suivent :

Lumière			
orangée.	rouge.	bleue.	verte.
67 ^{cc}	43 ^{cc}	14 ^{cc}	10 ^{cc}

M. Dehérain conclut de ses expériences que les rayons les plus efficaces sont les rayons jaunes, comme l'avait annoncé M. Draper. C'est aussi la conclusion à laquelle s'arrêtent M. Pfeffer (1871) et M. Kraus (1876). Au contraire, M. Timiriasef (1869) et M. N.-J.-C. Muller (1872) ont

trouvé que les rayons les plus actifs étaient les rayons *rouges*. Or on sait que la solution alcoolique de chlorophylle, qui est d'un vert d'émeraude, absorbe fortement les rayons rouges moyens de la zone comprise entre les raies B et C, puis les rayons orangés voisins de D, certains rayons jaunes et verts, et les rayons violets. Selon M. Muller, les rayons les plus actifs sont précisément ceux qui correspondent à la première bande d'absorption de la chlorophylle (rouge moyen), et un maximum secondaire existe dans l'orangé. D'après les expériences de M. Wiesner (1876), les mêmes rayons favorisent particulièrement la transpiration des végétaux.

M. E. Lommel (1871) avait déjà soutenu la supériorité des rayons rouges en se fondant sur la corrélation qui doit exister entre l'absorption de ces rayons par la chlorophylle et leur action chimique. Il a rappelé, à ce propos, que le vert des feuilles renferme le rouge extrême, mais non pas le rouge moyen, qui est absorbé (c'est pour cela que le feuillage paraît d'un rouge de corail lorsqu'on le regarde à travers un verre bleu qui laisse passer le rouge extrême, tandis qu'il paraît noir à travers une combinaison de verres qui ne transmet que le rouge moyen). M. Lommel a vérifié cette hypothèse en élevant des semis de fèves sous des verres colorés qui transmettaient les deux nuances de rouge : dans le rouge extrême, les plantes s'étiolaient, tandis qu'elles

poussaient vigoureusement dans le rouge moyen, bien que la lumière transmise fût très-sombre. Rappelons aussi que, d'après sir J. Herschel, la couleur verte que l'on tire des feuilles s'altère principalement sous l'influence des rayons rouges.

Ces résultats semblent prouver que certaines couleurs ont réellement une action spécifique sur les végétaux. Ajoutons que, d'après M. Baudrimont et M. Paul Bert, la lumière blanche est en somme plus efficace que les diverses lumières colorées; et c'est ce qui semble aussi résulter des observations de M. Eug. Marchand sur l'apparition de la « matière verte de Priestley » dans l'eau de source exposée à la lumière.

En résumé, le mode d'action de la lumière sur les plantes n'est que très-imparfaitement connu; la question a encore besoin d'être éclaircie par des expériences plus nombreuses et plus décisives. Il faudra non-seulement étudier en détail les effets que la lumière produit sur les différentes parties des végétaux vivants, pris à divers âges et dans des circonstances différentes, mais encore les modifications que les matières organiques en général subissent sous l'influence des rayons diversement colorés. M. Niepce de Saint-Victor, ayant exposé au soleil de l'amidon en suspension dans de l'eau chargée d'un peu d'azotate d'urane, a vu l'amidon se changer en sucre. Cette observation est peut-être propre à jeter un jour nouveau sur la formation du sucre dans les fruits, et sur les causes des

phénomènes de la maturation. Beaucoup d'autres faits, tels que l'altération des fibres végétales sur laquelle repose le blanchiment des toiles, rentrent dans la même catégorie. On trouve des observations très-curieuses sur ces actions de la lumière dans un Mémoire, trop peu connu, que sir John Herschel a publié en 1842 (1). En multipliant ce genre de recherches, on arriverait probablement à des résultats fort importants pour la théorie des affinités chimiques.

N'oublions pas enfin que l'action de la lumière sur la vie animale varie aussi avec la couleur des rayons. M. J. Béclard, ayant placé des œufs de mouche ordinaire sous des cloches diversement colorées, a constaté que les vers éclos dans le rayon violet ou le rayon bleu étaient plus développés que ceux qui étaient nés dans le rayon vert. D'après le même physiologiste, la respiration des grenouilles est plus active dans le rayon vert que dans le rayon rouge; mais c'est l'inverse qui s'observe si les grenouilles sont dépouillées de leur peau. M. Guarnoni, professeur à Plaisance, croit avoir constaté une influence favorable de la lumière violette sur les vers à soie. On sait aussi que les diverses couleurs produisent sur l'homme et sur les animaux des impressions fort différentes; mais c'est là un sujet encore peu étudié.

(1) *On the action of the rays of the solar spectrum on vegetable colors* (*Philos. Trans.*, 1842).

III. — LA RADIATION SOLAIRE ET L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE.

Les effets que le Soleil produit à la surface de notre planète sont de trois sortes : il éclaire la Terre, il l'échauffe, et, comme nous venons de le voir, il prépare la nourriture de tous les êtres en provoquant, par l'action chimique de la lumière, la croissance des végétaux. Il importe évidemment d'étudier les rapports qui doivent exister entre l'intensité de la lumière et le développement de la vie sous les divers climats, ainsi que l'influence que les variations de l'éclairement exercent, dans une contrée donnée, sur la marche de la végétation. Pour cela, il sera nécessaire d'instituer des observations régulières sur la radiation directe du Soleil, aussi bien que sur la lumière diffuse du jour, et de comparer les résultats aux données de la statistique agricole. Mais comment mesurer l'intensité changeante de la lumière ?

Il est clair que l'on peut apprécier l'intensité d'un rayonnement, soit par l'éclat optique des rayons, soit par leur effet calorifique ou par l'action chimique qu'ils exercent sur les substances sensibles ; de là trois genres différents de procédés *actinométriques* (1). Peut-on en faire usage indistinctement ?

(1) Des mots grecs ἀκτίς, rayon, et μετρέω, je mesure.

On admet souvent tacitement qu'il y a proportionnalité entre les trois sortes d'effets que la lumière peut produire, d'où il suit que, des variations du pouvoir éclairant d'une source lumineuse, on pourrait, par exemple, conclure celles de son pouvoir calorifique et *vice versa*, ou des variations du pouvoir calorifique celles de l'activité chimique des rayons, etc. Dès lors tous les procédés actinométriques sembleraient pouvoir nous renseigner sur les variations de la lumière qui intéressent la végétation. Mais cette proportionnalité des divers effets n'a réellement lieu que pour des rayons simples, pour des rayons d'une couleur définie; elle n'existe plus pour des lumières complexes. Ainsi l'on peut dire que le rayon jaune est 2 fois plus chaud et 2 fois plus actif lorsqu'il est 2 fois plus brillant; mais le pouvoir calorifique et l'activité chimique de la lumière blanche, qui est une lumière composée, ne varient pas nécessairement comme son pouvoir éclairant. Les causes qui affaiblissent l'éclat de la partie moyenne, de la partie lumineuse du spectre n'agissent pas de la même manière sur les radiations obscures, et l'absorption qui atteint la chaleur obscure ou les rayons ultraviolets n'entame pas toujours d'une manière sensible les rayons lumineux.

En thèse générale, il n'est donc pas permis d'employer indistinctement les divers procédés actinométriques pour apprécier l'intensité de l'action que la lumière peut exercer sur la végétation. Néan-

moins on peut supposer que, *dans certaines limites*, les variations de la puissance chimique des rayons solaires correspondent à des variations analogues de l'éclat et du pouvoir calorifique des mêmes rayons. Comme ce sont les rayons les plus brillants de la partie visible du spectre qui déterminent la nutrition aérienne des plantes, on pourra notamment juger de l'intensité variable de cette action chimique du Soleil par l'intensité de l'éclairement qu'il produit. Il sera moins exact de déduire l'intensité chimique de l'effet calorifique; cependant les observations thermométriques de la radiation solaire suffiront toujours à nous donner une idée approximative de ce qu'on peut appeler « la force du Soleil, » en désignant par ce mot la totalité de ses effets.

Il ne faut pas d'ailleurs confondre l'intensité de la radiation calorifique du Soleil avec la *température*, qui est l'état d'équilibre thermique que l'air et le sol prennent à chaque instant sous l'action combinée des rayons solaires, des vents, des nuages et des pluies. Le soleil peut être très-chaud et l'air très-froid, comme cela s'observe sur les hautes montagnes. Ce que le thermomètre nous apprend d'ordinaire, c'est la température, et les lois qui régissent la distribution des températures à la surface du globe sont aujourd'hui à peu près connues, grâce à d'innombrables observateurs. On a même peut-être trop observé : les matériaux, plus importants par la quantité que par la qualité, s'accu-

mulent dans une progression effrayante. Où prendre les calculateurs qui tireront parti de ces montagnes de chiffres? On a du moins essayé d'en utiliser une partie en déterminant, pour un grand nombre de points du globe, la température moyenne de chaque mois, de chaque saison, de l'année entière, ainsi que les oscillations habituelles du thermomètre. En réunissant toutes les stations pour lesquelles un de ces éléments, météorologiques se trouve avoir la même valeur, on parvient à tracer sur une mappemonde les *isothermes*, ou lignes d'égale température, soit mensuelle, soit annuelle; les *isochimènes* et les *isothères*, qui passent par les lieux pour lesquels la température moyenne de l'hiver ou celle de l'été est la même, et une foule d'autres courbes qui permettent d'embrasser d'un seul coup d'œil les lois que suivent les températures terrestres.

Les lois d'après lesquelles se distribue aux divers climats la radiation solaire sont beaucoup moins connues. Nous savons bien, d'une manière générale, que l'intensité moyenne de la radiation que reçoit un point donné du globe dépend aussi bien de sa latitude géographique et de son altitude que du degré moyen de sérénité du ciel; mais c'est à l'observation de nous renseigner sur ce dernier facteur, et nous ne possédons à cet égard que des données isolées et fort vagues.

Un moyen très-simple d'évaluer la force du Soleil, et qui a été souvent employé, c'est l'observa-

tion simultanée d'un thermomètre ordinaire, placé à l'ombre, et d'un thermomètre à boule noire ou argentée, qui est exposé au soleil, et qui s'échauffe fortement en absorbant les rayons qui le frappent. H.-B. de Saussure a fait, dès 1774, des observations analogues dans les Alpes, à l'aide de son *héliothermomètre*. C'est un thermomètre enfermé dans une boîte de liège, noircie à l'intérieur et fermée par plusieurs vitres superposées. Les rayons solaires s'y prennent comme dans une souricière : ils entrent librement par les vitres et viennent échauffer les parois intérieures de la boîte; mais les parois échauffées ne rayonnent que de la chaleur obscure, au passage de laquelle le verre fait obstacle, et il s'ensuit que la chaleur est forcée de s'accumuler dans l'espace où on l'a emprisonnée. C'est l'effet qu'on observe tous les jours dans nos serres. L'atmosphère qui nous enveloppe remplit une fonction analogue à celle des vitres : elle empêche la chaleur absorbée par le sol de se perdre pendant la nuit dans l'espace, car elle est moins transparente pour la chaleur obscure qui émane de la Terre que pour la chaleur lumineuse du Soleil.

L'*actinomètre* de sir John Herschel repose sur le même principe que l'instrument de Saussure; c'est aussi un thermomètre enfermé dans une boîte vitrée; seulement le mercure y est remplacé par un liquide coloré en bleu, et les degrés ont une longueur considérable, ce qui facilite l'observa-

tion. Enfin le *pyrhéliomètre* de Pouillet, qui sert également à mesurer l'intensité de la radiation solaire, consiste en une boîte plate dont la surface antérieure, recouverte de noir de fumée, est exposée au soleil; on remplit cette boîte avec de l'eau distillée dans laquelle on plonge un thermomètre, et l'on observe l'élévation de la température.

Ces divers instruments ont permis d'entrevoir quelques-unes des lois suivant lesquelles varie l'intensité des rayons solaires. Sir John Herschel a fait plusieurs observations à l'aide de son actinomètre en Europe et au Cap de Bonne-Espérance (1837). Forbes et Kæmtz l'ont porté sur les sommets des Alpes; M. Quetelet l'a observé régulièrement, de 1843 à 1849, à Bruxelles. Les expériences de M. Pouillet ont été faites à Paris, en 1837. M. A. Crova poursuit à Montpellier des recherches analogues. Il faut aussi mentionner les observations que le P. Secchi, M. Soret, M. Violle ont faites à l'aide d'un thermomètre enfermé dans une enceinte maintenue à une température constante, où les rayons solaires ne pénètrent que par une petite ouverture circulaire. A Montsouris, on emploie un actinomètre composé d'un thermomètre noir et d'un thermomètre ordinaire, enfermés dans deux enveloppes de verre où l'on a fait le vide. On y fait aussi usage de la pile thermo-électrique, déjà appliquée par M. Desains à l'étude de la radiation solaire.

Je me réserve de parler ailleurs (1) plus longuement de ces méthodes d'observation, ainsi que des procédés actinométriques fondés sur les réactions qui sont du domaine de la Photochimie. Je résumerai, à cette occasion, les résultats que MM. Bunsen et Roscoe ont obtenus en évaluant l'activité chimique des rayons solaires ou celle de la lumière diffuse, soit par la quantité d'acide chlorhydrique qui se produit dans un mélange à volumes égaux de chlore et d'hydrogène, soit par la teinte que prend dans un temps donné le papier sensibilisé par le chlorure d'argent. Je discuterai également les recherches actinométriques de M. Eug. Marchand, exécutées à l'aide d'une dissolution aqueuse d'acide oxalique et de perchlorure de fer, qui sous l'influence de la lumière se décolore et dégage de l'acide carbonique. Ces divers travaux ont déjà fourni de précieuses données pour une théorie de la radiation solaire; mais nous pourrions nous borner ici à quelques notions générales sur les conditions qui peuvent modifier l'intensité de cette radiation.

Si l'atmosphère n'existait pas, les rayons solaires nous arriveraient sans diminution; mais en réalité l'atmosphère en arrête toujours une partie plus ou moins considérable: elle agit comme un crible, elle absorbe ou renvoie vers l'espace une certaine por-

(1) Dans deux études, intitulées: *Actinométrie*, et *les Radiations chimiques*.

tion de la lumière et de la chaleur qui arrivent du Soleil. L'affaiblissement des rayons est d'autant plus sensible que les couches d'air traversées sont plus épaisses et plus denses ; il est plus sensible au pied qu'au sommet des montagnes , où l'air est plus rare.

Dans le même lieu, le Soleil a d'autant plus de force qu'il est plus élevé, parce qu'à mesure qu'il s'élève ses rayons ont moins de chemin à faire dans les couches basses de l'atmosphère, qui sont les plus denses et les plus humides et qui exercent l'absorption la plus forte. Pour un soleil vertical, qui darde ses rayons d'aplomb sur nos têtes, l'affaiblissement se réduit à un *minimum*, et il n'est pas beaucoup plus marqué à 20° ou 30° du zénith, pourvu que l'air soit pur ; mais ensuite l'absorption croît rapidement à mesure que l'astre radieux descend vers l'horizon et que les rayons se frayent leur chemin à travers un air plus épais : quand ils rasant le sol, la perte devient si grande que le soleil n'a presque plus de chaleur, comme il n'a plus qu'un faible reste de lumière, puisqu'on peut alors impunément le regarder en face (1).

On prend généralement pour mesure de la trans-

(1) L'atmosphère équivaut à une couche d'air d'une hauteur verticale de 8 kilomètres qui aurait une densité uniforme, égale à celle des couches basses. Près de l'horizon, les rayons solaires ont à traverser une épaisseur 35 fois plus grande (28 kilomètres). Au sommet d'une montagne élevée de 8000 mètres, l'épaisseur verticale de la couche fictive est encore de 3 kilomètres.

parence de l'atmosphère la fraction de l'unité de lumière ou de chaleur incidente qui serait transmise dans la direction verticale, en d'autres termes, la fraction qui arriverait jusqu'au niveau de la mer, le Soleil étant supposé au zénith; cette fraction, que nous désignerons par la lettre p , représente ce qu'on appelle le *coefficient de transparence*. Pour la chaleur solaire, M. Pouillet a trouvé ce coefficient égal à 0,75, ce qui veut dire que, le Soleil étant au zénith, une atmosphère très-pure arrêterait encore 25 pour 100 de la chaleur incidente. Mais cette détermination porte sur l'ensemble de la chaleur lumineuse et de la chaleur obscure. En réalité, l'absorption est moindre pour les rayons lumineux et beaucoup plus forte pour les rayons obscurs. Pour les premiers, Bouguer avait trouvé $p = 0,81$, et M. Trépied a trouvé récemment $p = 0,88$, ce qui donnerait une perte de 12 à 19 pour 100 seulement. Pour la chaleur obscure, je crois qu'on peut prendre $p = 0,40$, ce qui représente une perte de 60 pour 100. Enfin, pour les rayons chimiques de l'extrémité violette du spectre, on aurait, d'après MM. Bunsen et Roscoe, $p = 0,44$, ce qui donne une perte de 56 pour 100 dans le cas d'un soleil vertical. C'est l'absorption que produirait une couche d'air de 8^{km}, ayant la densité des couches basses, mais supposée plus pure que ne le sont d'ordinaire les couches voisines du sol.

Connaissant l'absorption que l'atmosphère exerce sur les diverses espèces de rayons, on peut calcu-

ler l'intensité de la radiation pour une hauteur donné du Soleil; on peut aussi calculer ce que serait l'intensité d'un soleil qui n'aurait pas été amoindri par l'atmosphère. D'après sir John Herschel et M. Pouillet, l'effet calorifique des rayons solaires suffirait, si l'atmosphère n'existait pas, à faire fondre en une minute une épaisseur de glace égale à $\frac{1}{4}$ millimètre. Des recherches plus récentes ont prouvé que ce chiffre est trop faible et qu'il doit être augmenté de moitié.

Nous avons dit que le soleil devient de moins en moins chaud à mesure qu'il s'abaisse vers l'horizon, par suite de l'absorption toujours croissante qu'il subit dans l'atmosphère; mais ce n'est pas tout: il existe encore une autre cause d'affaiblissement des rayons solaires, dont il faut tenir compte toutes les fois qu'il s'agit de l'échauffement du sol. En effet, une radiation quelconque agit d'autant moins sur une surface donnée, qu'elle la rencontre sous une inclinaison plus considérable. La raison en est facile à comprendre.

A mesure que la direction du faisceau devient plus oblique, il couvre une étendue de surface de plus en plus grande, et il s'ensuit que la quantité de rayons que reçoit chaque unité de surface diminue dans la même proportion, parce que l'effet s'atténue en s'éparpillant. On peut en faire l'expérience lorsqu'on travaille le soir à la lumière d'une bougie; on verra qu'elle éclaire à peine le papier si la flamme est placée trop bas, de sorte que les

rayons rencontrent la surface à éclairer sous une incidence très-oblique. Dans un même lieu, le soleil de midi aurait donc un pouvoir plus grand pour échauffer le sol que le soleil rapproché de l'horizon, quand même l'atmosphère n'exercerait sur les rayons aucune absorption. Or les deux effets de l'obliquité s'ajoutent : les rayons perdent en force absolue et deviennent en même temps par leur inclinaison moins aptes à échauffer une surface horizontale, quand le soleil s'abaisse ; ils gagnent en intensité et tombent plus dru quand le soleil s'élève dans sa course.

La hauteur que cet astre peut atteindre, dans un lieu donné, est par conséquent la condition la plus importante des effets divers qu'il y peut produire. Or cette hauteur dépend de la latitude géographique ; rien de plus facile que de la calculer pour tous les jours de l'année quand nous connaissons la position du lieu à la surface du globe. Ainsi, par exemple, la latitude de l'île Melville étant de 75° , nous savons que l'équateur céleste y fait un angle de 15° avec l'horizon ; c'est la hauteur à laquelle le soleil s'y élève à midi, aux époques des équinoxes. Vers le solstice d'été, la plus grande hauteur du soleil est, pour la même station, de $38^{\circ},5$: c'est celle qu'il atteint à Paris le 15 mars ou le 30 septembre ; mais à l'approche du solstice d'hiver, dans les premiers jours de novembre, le soleil disparaît entièrement sous l'horizon de l'île Melville pour ne reparaitre que vers le commen-

ement du mois de février. C'est ainsi qu'on peut prévoir, pour un lieu quelconque de la Terre, la hauteur variable du Soleil et, par conséquent, la force que ses rayons y ont à chaque instant. Mais la latitude ne détermine pas seulement la puissance calorifique du Soleil, en limitant la hauteur à laquelle il s'élève : la durée du jour en dépend également. Par conséquent la latitude du lieu a une double influence sur l'efficacité de la radiation solaire : elle en définit aussi bien la durée que l'intensité.

Dès lors, on devrait s'attendre à rencontrer la même chaleur sous la même latitude ; les isothermes devraient partout suivre les parallèles terrestres (1). Il n'en est rien : on sait combien les climats thermométriques de deux stations situées sous le même degré de latitude diffèrent parfois. Ainsi la ville de Toronto, au Canada, a la même latitude que Montpellier ; la température moyenne de l'hiver est, pour Toronto, de 4° au-dessous de zéro, tandis qu'à Montpellier on a, en moyenne, de 6° à 7° de chaleur ; les températures moyennes de l'été sont : pour Toronto, 17°,7 ; pour Montpellier, 24°,4 ; celles de l'année : pour Toronto, 6°,7 ; pour Montpellier, 15°,3.

Des divergences aussi considérables s'expliquent, dans certains cas, par la différence de niveau

(1) Le mot grec κλίμα signifie *inclinaison du ciel, latitude*.

des deux stations. La plus élevée est aussi la plus froide; car si, à une grande hauteur au-dessus de la mer, l'air est moins dense et l'absorption des rayons solaires moins sensible, on sait, d'un autre côté, que la température de l'air décroît à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, parce que la chaleur que lui communique le sol se distribue dans les couches inférieures selon leur densité, de manière qu'il s'y établit une sorte d'équilibre des températures. Les stations élevées offrent donc, en général, des températures plus basses que les stations situées à une altitude moindre, quoiqu'elles soient exposées à un rayonnement plus intense que ces dernières. Mais, dans l'exemple que nous avons cité, la différence de niveau est à peine sensible, car l'altitude de Toronto n'est que de 70^m supérieure à celle de Montpellier (qui ne diffère pas de celle de Paris); ce n'est donc pas la différence des altitudes qui peut rendre compte de l'inégalité frappante des deux climats.

Il y a, en effet, bien d'autres circonstances qui modifient la distribution de la chaleur à la surface du globe et dont l'influence semble souvent effacer complètement celle de la latitude, en déviant les isothermes de leur cours naturel, indiqué par les parallèles terrestres. En première ligne, il faut citer ici les vents et les courants maritimes, qui tendent à égaliser les climats en transportant loin du lieu d'origine la chaleur qui naît dans l'eau ou dans le sol sous l'influence des rayons solaires.

Le *Gulf-stream* vient baigner de ses eaux tièdes les côtes des îles septentrionales, et les vents du sud nous apportent des bouffées d'air chaud des déserts africains. Chaque courant d'air amène dans les régions qu'il visite la température de celles qu'il vient d'abandonner; il produit des effets différents suivant les circonstances. Les vents d'ouest et de sud-ouest, qui prédominent sous nos climats, sont des vents de terre pour les côtes orientales, et des vents de mer pour les côtes occidentales. En arrivant sur l'Europe, après avoir balayé l'océan Atlantique, ils tempèrent l'ardeur de nos étés et la rigueur de nos hivers; au contraire, ils sont à peu près sans effet sur le climat de Boston, de New-York, de Québec, parce qu'en arrivant sur la côte orientale de l'Amérique du Nord ils ont déjà traversé un vaste continent dont ils ont pris la température, froide en hiver, chaude en été. C'est pour cette raison que les climats de nos côtes sont moins excessifs que ceux de la rive opposée de l'Atlantique.

Mais pourquoi la température de l'Océan varie-t-elle moins que celle des continents? Pourquoi les extrêmes y sont-ils, pour ainsi dire, émoussés? C'est que l'eau s'échauffe beaucoup moins que les terres sous l'influence du même rayonnement, la quantité de calorique nécessaire pour élever d'un degré la température d'une couche d'eau étant environ 5 fois plus grande que celle qui suffit pour élever d'autant la température d'une couche

égale de matière terreuse. En revanche, la chaleur du soleil pénètre dans l'eau à une grande profondeur, au lieu de se concentrer à la surface, comme il arrive pour les terrains solides. D'un autre côté, l'évaporation de l'eau constitue pour celle-ci une cause incessante de refroidissement. Ces diverses causes ont pour résultat de rendre pendant l'été l'eau et l'air qui la touche plus froids que le sol et l'air des continents; en hiver, au contraire, la surface de la mer est relativement plus chaude, parce que des courants ascendants y amènent sans cesse la chaleur accumulée dans les bas-fonds. La mer ne suit donc qu'avec une lenteur excessive les variations de température de l'élément léger et mobile qui nous enveloppe; profonde et immense, elle absorbe beaucoup, garde longtemps ce qu'elle a absorbé et ne le rend qu'avec parcimonie. C'est ainsi qu'elle devient une sorte de régulateur des températures terrestres par les courants qui distribuent les eaux plus ou moins chaudes le long des côtes, et par les vents qui viennent s'y refroidir en été et se réchauffer en hiver. C'est pour les mêmes raisons que le *climat marin*, celui des îles et des côtes, est caractérisé par l'uniformité des températures, et le *climat continental* par des variations très-sensibles: étés très-chauds et hivers très-froids. A Londres, la différence entre les mois de juillet et de janvier n'est en moyenne que de 15°, tandis qu'à Orenbourg, sous la même latitude, cet écart atteint ordinairement 38°.

On voit donc que la configuration des continents, l'inégale répartition de la terre ferme et des eaux à la surface du globe, le relief capricieux de l'écorce solide au-dessus et au-dessous des mers, doivent être pris en considération si l'on veut s'expliquer la distribution si irrégulière de la chaleur que nous fournit le Soleil. Le voisinage ou l'éloignement de la mer, l'exposition aux vents régnants, la présence de montagnes assez élevées pour servir de rempart contre ces vents, tout cela peut avoir une influence capitale sur le climat d'une station. Il ne faut pas non plus oublier la constitution géologique du terrain, qui le rend plus ou moins apte à retenir la chaleur solaire, circonstance qui devient surtout importante pour le développement des plantes (1). Enfin il faut tenir compte des lacs, des marécages et des forêts, qui agissent probablement comme réfrigérants.

Parmi les causes accidentelles qui peuvent encore modifier la température d'une contrée, il faut

1) Voici, d'après un travail de M. Pfaundler, les capacités calorifiques de quelques terrains : sable pur, 0,19 à 0,21 ; terre schisteuse, 0,22 ; terre jaunâtre recueillie sur une montagne de grès, 0,27 ; terres brunes de différentes montagnes calcaires, 0,30 à 0,33 ; terreau d'une prairie, 0,26 ; argile d'une lande stérile, 0,28 ; terreau d'un champ de froment, 0,30 ; terre granitique, 0,36 ; terreau très-léger, de couleur foncée, 0,45 ; tourbe légère, 0,53. Séchées à 100°, ces matières offrent des capacités un peu moindres, c'est-à-dire qu'elles s'échauffent alors plus vite. M. Ch. Martins a publié en 1863 un intéressant travail sur l'échauffement inégal des différentes espèces de terres.

compter avant tout les nuages, c'est-à-dire l'eau suspendue dans l'air à l'état liquide. Les brouillards et les nuages arrêtent la chaleur obscure rayonnée par le sol et empêchent les couches inférieures de l'atmosphère de se refroidir; on sait que les nuits sereines sont beaucoup plus froides que celles qui sont protégées par un ciel voilé. Les expériences de M. Tyndall prouvent que la vapeur sèche, c'est-à-dire l'eau à l'état de gaz invisible et transparent, exerce elle-même une très-forte absorption sur la chaleur qui émane du sol; elle contribuerait donc constamment à intercepter la chaleur que le sol abandonne pendant la nuit et qui, sans cet écran bienfaisant, irait se perdre dans les espaces célestes. Les hivers du Thibet sont presque insupportables par suite de l'absence d'humidité; dans le Sahara, où le *sol est de feu et le vent de flamme*, l'eau gèle quelquefois pendant la nuit (1). Mais un ciel pur et un air transparent sont très-compatibles avec la présence d'une grande quantité de vapeur d'eau qui protège le sol comme un manteau bien chaud; la terre peut donc se refroidir très-inégalement sous un ciel bleu en apparence toujours le même. Tous les gaz, et même les émanations odorantes des fleurs, agissent sur la chaleur obscure comme l'eau à l'état de vapeur.

En faisant abstraction de toutes ces perturba-

(1) La mer intérieure que M. Roudaire voudrait créer en Algérie pourrait adoucir le climat du Sahara.

tions locales, on peut déterminer, par la théorie, les quantités normales de chaleur solaire qui sont le partage des climats terrestres. C'est ainsi que Halley, Lambert, plus récemment M. Meech, ont calculé la somme de chaleur que reçoivent dans l'espace d'un jour, à différentes époques de l'année, ou dans le cours d'une année, les divers climats du globe, mais en négligeant l'absorption et tenant compte seulement de l'obliquité des rayons. On trouve ainsi, en rapportant les quantités de chaleur à celle que reçoit, en un jour d'équinoxe, un lieu situé sous l'équateur :

CHALEUR REÇUE EN UN JOUR.

	Latitudes					Tôle.
	Équateur.	20°.	40°.	50°.	60°.	
Solstice d'hiver ..	92	66	35	19	5	0
Équinoxes.....	100	94	77	64	50	0
Solstice d'été.....	92	109	115	115	114	125
Moy. de l'année.	96	91	76	66	55	40

On voit que, grâce à la longue durée du jour, les régions polaires sont favorisées aux environs du solstice d'été ; mais, *en moyenne*, elles reçoivent le minimum de chaleur.

Lorsqu'on tient compte de l'absorption atmosphérique, on trouve des nombres relatifs moins élevés pour les hautes latitudes. Cependant (du moins avec le coefficient de transparence $p = 0,75$), la somme de chaleur reçue, vers le solstice d'été, par la zone équatoriale reste toujours inférieure à

celle qui échoit aux autres climats. On trouve, par exemple, en conservant l'unité précédente :

	Équateur.	40°.	Pôle.
Solstice d'hiver	78	26	0
Équinoxes	89	65	0
Solstice d'été	78	102	99

et, en rapportant les nombres à la chaleur reçue dans ces nouvelles conditions par l'équateur, un jour d'équinoxe,

	Équateur.	40°.	Pôle.
Solstice d'hiver	88	29	0
Équinoxes	100	73	0
Solstice d'été	88	114	111

(J'ai tenu compte, dans ce calcul, de la lumière diffuse du jour, qui répare, dans une certaine mesure, la perte qui résulte de l'affaiblissement des rayons directs par l'absorption.)

Il n'est pas sans intérêt de rapprocher de ces déterminations théoriques le résultat des mesures que M. Crova a faites à Montpellier, le 4 janvier et le 11 juillet 1876. Voici, d'après M. Crova, les quantités de chaleur reçues : 1^o normalement aux rayons solaires; 2^o par une surface horizontale, sur une aire de 1^m, pendant ces deux journées :

	4 janvier.	11 juillet.	Rapport.
Exposition normale .	535 calories.	876 calories.	0,61
Surface horizontale .	161 »	574 »	0,28

IV. — LES CLIMATS AU POINT DE VUE DE LA LUMIÈRE.

Après ces considérations préliminaires, il nous sera plus facile de déterminer la part de la lumière dans la définition des climats du globe.

Il est clair tout d'abord que l'intensité des effets chimiques du Soleil doit être soumise aux lois générales de la radiation solaire. En premier lieu, elle dépend, par conséquent, de la latitude géographique. Un Soleil très-bas produit moins d'effet qu'un soleil élevé, non-seulement à cause de l'obliquité des rayons, mais surtout par suite de l'absorption qu'exercent les couches inférieures de l'atmosphère. L'effet de l'obliquité et la loi de l'absorption peuvent se déterminer par la théorie et par des expériences directes; dès lors on peut dire d'avance quelle sera, par un ciel pur, l'intensité chimique d'un soleil élevé d'un nombre donné de degrés, et par suite déterminer cette activité pour un jour quelconque de l'année et pour un lieu dont on connaît la latitude. C'est ainsi qu'une série d'observations exécutées dans un lieu quelconque pourront servir à esquisser les traits généraux du climat photochimique pour toutes les latitudes du globe. Voici, par exemple, pour quelques parallèles, l'effet chimique du Soleil dans le cours d'une journée d'équinoxe, calculé d'après les données que fournissent les observations de MM. Bunsen et Roscoe.

EFFET PRODUIT SUR UNE SURFACE HORIZONTALE.

	Latitudes				
	30°.	49°.	60°.	75°.	Pôle.
Lumière diffuse.....	217	192	164	106	20
Soleil.....	364	188	89	12	0
Lumière totale.....	581	380	253	118	20

Sans doute, ces résultats ne seront pas toujours conformes à la réalité, mais ils s'en éloigneront moins peut-être que la distribution théorique de la chaleur solaire à la surface du globe. Voici pourquoi. L'effet chimique des radiations lumineuses se fixe au point même qu'elles frappent; ni le vent ni les eaux ne le transportent au loin. L'air s'échauffe par le rayonnement d'un sol exposé à l'ardeur du soleil, mais il ne paraît point devenir chimiquement actif sous l'influence des rayons de cet astre; il n'y a donc pas de vent chimique comme il y a des vents chauds. L'effet des rayons actifs s'épuise sur place; la distribution de la lumière à la surface du globe ne saurait donc être modifiée par les mouvements de l'atmosphère comme l'est la distribution de la chaleur; on peut admettre qu'elle dépend essentiellement de la hauteur que le soleil atteint sous les différentes latitudes du globe. Les irrégularités qu'elle offrira auront pour cause principale l'absorption variable que l'atmosphère exerce sur les rayons lumineux. C'est donc cette absorption qu'il faudra étudier avant tout.

Dans une atmosphère pure, il serait facile de déterminer par quelques observations la loi d'après

laquelle l'absorption varie avec la hauteur du soleil ; mais l'air qui nous environne est toujours chargé de vapeurs et de poussières qui en modifient l'action d'une manière capricieuse. Il résulte de là qu'il faudra dans chaque lieu recourir à des expériences directes pour déterminer les influences atmosphériques.

Une autre circonstance vient encore augmenter l'importance du rôle que l'air remplit dans les phénomènes de la radiation solaire.

Le Soleil nous éclaire de deux manières : d'abord par les rayons acérés qui pénètrent jusqu'au sol avec un éclat insupportable aux yeux, ensuite par cette lumière plus douce qui se joue dans l'atmosphère et que le fluide éthéré nous renvoie après l'avoir ballottée entre mille surfaces réfléchissantes. C'est cette *lumière diffuse* qui produit l'azur vaporeux du ciel et les teintes purpurines de l'aurore et du crépuscule. De quelle manière ont lieu ces réflexions multiples par lesquelles une partie des rayons solaires se disperse dans les couches inférieures de l'atmosphère ? C'est là une question encore fort débattue et sur laquelle les physiciens sont loin d'être accord ; on sait seulement que la cause principale de ces jeux de lumière doit être cherchée dans la présence de la vapeur d'eau ; nous y reviendrons dans un instant. Les poussières atmosphériques, qui deviennent visibles lorsqu'un rayon de soleil perce un nuage, ne doivent pas non plus être oubliées.

Ces poussières sont soulevées par les vents qui balayent la surface terrestre. Les rivages de l'Océan fournissent les parcelles de soude que l'analyse spectrale fait toujours découvrir dans l'air. Les grands déserts chargent les vents alizés de sable et de poussières organiques ; les cendres lancées par les volcans, la fumée que produisent les bruyères que l'on brûle périodiquement dans quelques pays du nord, la poussière fécondante des végétaux, les œufs d'infusoires et les spores de mucédinées qui flottent dans l'air et auxquels on attribue les fermentations et les épidémies, tout cela contribue pour une part plus ou moins large aux impuretés accidentelles de l'atmosphère. Les brouillards secs qui obscurcissent de temps à autre le soleil, les météores que l'on appelle *qobar* en Éthiopie et *callina* en Espagne, n'ont probablement pas d'autre origine ; enfin il est possible que l'air renferme souvent des matières solides d'origine cosmique. M. de Reichenbach a émis l'opinion que les étoiles filantes entretiennent sans cesse dans l'atmosphère terrestre une petite pluie fine et impalpable de poussières dont l'accumulation graduelle à travers les siècles produit comme un engrais minéral que le sol arable reçoit des espaces célestes. C'est de là que viennent, d'après le chimiste allemand, les traces de phosphore, de magnésium, de nickel et de cobalt que l'on rencontre dans les couches superficielles de tous les terrains. D'ailleurs M. Gaston Tissandier a découvert des parti-

cules de fer météorique dans les poussières de l'air, et cette observation n'est pas restée isolée (1).

Voilà bien des sources d'impuretés qui peuvent troubler la transparence de l'air. En outre il contient toujours, dans les couches voisines du sol, une foule d'émanations gazeuses : de l'acide carbonique provenant de combustions, des traces d'oxyde de carbone, d'hydrogène carboné, d'ammoniaque, d'acide nitrique ou nitreux, et de quelques autres substances dont la présence tient à des causes locales. Les odeurs mêmes sont quelque chose de matériel : ce sont des effluves gazeuses ou des poussières impalpables dégagées par certains corps et qui affectent nos sens lorsqu'elles se dissolvent dans la membrane olfactive. On pourrait certainement peser le parfum d'une rose si l'on avait une balance suffisamment sensible, et cette balance existe. Elle est fournie par un appareil qui mesure l'absorption de la chaleur rayonnant à travers une atmosphère chargée d'émanations odorantes. M. Tyndall a fait passer des rayons de chaleur par un tube qui contenait de l'air saturé du parfum de différentes huiles aromatiques, et il a constaté que le parfum du patchouli interceptait 30 fois autant de chaleur que l'air pur, le parfum de bergamotte 40 fois, celui de l'anisette 372 fois autant.

(1) Voir à ce sujet l'excellent travail que M. G. Tissandier vient de publier sur les *Poussières de l'air* (Paris, Gauthier-Villars).

Ces résultats montrent la grande influence que les substances mêlées à l'air peuvent exercer sur la distribution de la chaleur; rien ne prouve qu'elles soient indifférentes pour le régime de la lumière.

Les phénomènes que présentent les solutions opalescentes sont très-propres à nous donner une idée du rôle que les poussières peuvent jouer dans l'absorption et la transmission des rayons lumineux. De l'eau rendue légèrement laiteuse par l'addition d'une petite quantité de soufre finement divisé intercepte les rayons bleus et ne laisse passer que les rouges, de sorte que la lumière électrique, regardée à travers une couche de cette eau, produit l'effet d'un soleil couchant, tandis que le liquide paraît bleu par réflexion; la même solution intercepte aussi les rayons chimiques (1). M. Brücke a obtenu un effet analogue avec de l'eau rendue très-légèrement opalescente par quelques gouttes d'une solution alcoolique d'une résine. Le verre opalin paraît de même bleuâtre par réflexion, et rouge jaune par transmission; l'opalescence est due à de fines particules de cendres d'os calcinés qui sont disséminées dans la masse. La couleur des rayons transmis dépend d'ailleurs des dimensions des particules solides suspendues dans un liquide, car on sait que l'or en feuilles est vert par transparence, tandis que les solutions d'or, qui, d'après Faraday,

(1) ROSCOE, *On the Opalescence of the Atmosphere*; 1866.

tiennent toujours des particules plus ou moins fines d'or métallique en suspension, paraissent bleues, pourprées ou vermeilles par transmission (1).

Il est certain que ce sont des phénomènes analogues qui produisent les couleurs du ciel. Le soleil paraît rouge à l'horizon parce que les couches basses de l'atmosphère ne sont traversées que par les rayons rouges : les rayons qui appartiennent à la région bleue du spectre sont arrêtés au passage et renvoyés aux couches supérieures. La lumière diffuse qui résulte de ces réflexions est donc bleuâtre. M. Tyndall l'a constaté par une observation frappante : un jour, regardant le lever du soleil du haut du mont Blanc, il vit que le flanc oriental de la montagne était d'un rouge vif, et le flanc opposé d'un bleu pur. La lumière transmise est jaune, orangée, rouge, selon l'épaisseur des couches traversées, et la réflexion de ces couleurs par les nuages produit les belles teintes de l'aurore. La lumière renvoyée, non par les nuages, mais par les couches élevées de l'atmosphère, est bleue. Ajoutons que, d'après l'expérience de quelques

(1) M. Wild a mesuré la proportion de lumière que laisse passer l'eau légèrement trouble. Un tube de 1^m ayant été rempli avec de l'eau passée successivement par un filtre de gros papier et par un filtre de papier fin, on constatait que dans le premier cas la colonne liquide interceptait la moitié de la lumière qui la traversait, et dans le second encore un cinquième.

photographes, la lumière qui vient du nord est plus active, c'est-à-dire plus bleue, que celle du midi.

Mais comment s'opèrent ces réflexions qui produisent l'azur du firmament? On a dit que *l'air est bleu*: ce n'est pas une explication. Newton admettait que l'air tient en suspension des vésicules d'eau qui réfléchissent la lumière comme les bulles de savon et montrent les couleurs des lames minces, qui varient avec l'épaisseur des lames. C'est en partant de ces vues que M. Clausius a donné une théorie de la lumière diffuse. D'après M. Forbes, ce serait l'eau à l'état de brouillard très-fin, d'après M. Janssen ce serait la vapeur d'eau à l'état de gaz transparent qui produirait l'azur céleste et le voile bleu qui enveloppe tous les objets lointains. Des expériences directes ont prouvé, en effet, que la vapeur proprement dite, aussi bien qu'un brouillard artificiel, transmet surtout les rayons rouges et renvoie les rayons bleus. En tout cas, il paraît bien que c'est l'eau contenue dans l'atmosphère qui est la cause des couleurs du ciel. Cela explique aussi pourquoi le soleil est d'ordinaire jaune d'or au moment de son lever, et rouge au moment du coucher; en effet, l'air est plus pur le matin que le soir, parce que les vapeurs sont en partie précipitées pendant la nuit. Citons encore à ce sujet les belles expériences de M. Tyndall sur les « nuages naissants », qui prouvent que les particules excessivement ténues d'une vapeur quel-

conque qui commence à se condenser réfléchissent toujours les rayons bleus et imitent ainsi la couleur du firmament. Le bleu devient blanchâtre quand les molécules réfléchissantes deviennent plus grosses.

Saussure et d'autres physiciens après lui ont étudié les variations de la couleur bleue du ciel au moyen d'un instrument appelé *cyanomètre*. Sous sa forme la plus simple, c'est une échelle de 53 nuances de bleu par lesquelles on passe du blanc au noir ; on les compare à vue d'œil avec le ciel. Le cyanomètre d'Arago, qui est fondé sur la théorie de la polarisation, donne des résultats plus précis. Ces expériences ont montré que l'azur céleste éprouve de grandes variations, même par un temps parfaitement serein. Le bleu est d'autant plus prononcé que l'air est plus pur ; un ciel pâle est signe de pluie. Au zénith, la teinte bleue est plus foncée qu'à l'horizon.

Les recherches de MM. Bunsen et Roscoe nous ont appris que la composition des rayons chimiques obscurs varie de même avec l'heure de la journée. Si ces rayons affectaient la rétine de l'œil, nous les verrions passer par une foule de nuances comme les rayons visibles : il y aurait une aurore chimique, un crépuscule chimique, etc. Au reste ces changements sont indépendants de ceux que nous offre la lumière visible. Les photographes savent que le temps de pose qui donnera une belle épreuve ne peut pas toujours être prévu d'après l'éclat optique de la lumière du

soleil, et que la lumière du matin vaut mieux que celle du soir, quand même elle semblerait moins intense. Cette différence doit tenir aux variations de l'humidité atmosphérique ; peut-être aussi est-elle due en partie aux poussières soulevées pendant le jour.

Les nombreuses observations qui ont été faites pendant quelques années par M. Roscoe à Heidelberg, à Manchester et à Lisbonne, par M. Baker à Kew, par M. Thorpe au Brésil, à l'aide d'un actinomètre fondé sur l'emploi du papier chloruré, prouvent aussi que l'activité de la lumière diminue parfois brusquement sans qu'il y ait un changement corrélatif dans la clarté du jour. Ces variations tiennent sans doute à l'interposition de vapeurs imperceptibles à l'œil. Les observations en question portent en effet sur les rayons très-réfringibles (rayons violets et ultra-violets), et d'après M. Janssen, la vapeur d'eau est peu transparente pour ces rayons.

M. Roscoe a encore remarqué que l'activité chimique de la lumière du jour est généralement en rapport avec l'état du ciel : si le soleil est voilé, sa force baisse. Mais la présence de petits nuages blancs au zénith produit l'effet contraire : ils agissent comme des réflecteurs et augmentent l'intensité chimique de la lumière. Cet effet favorable des cumulus a été également constaté à Montsouris avec l'actinomètre à thermomètres conjugués. Ainsi les nuages ne sont pas seulement des réservoirs d'hu-

midité: ils règlent encore, en réfléchissant ou en absorbant la lumière, la provision d'énergie chimique que le Soleil dispense à la végétation.

Dans les contrées tropicales, l'intensité des rayons chimiques obscurs éprouve des variations très-grandes et très-irrégulières, par suite des pluies qui inondent ces pays une partie de l'année; pendant les averses, l'activité chimique du ciel tombe à zéro: elle se relève brusquement quand l'orage s'est dissipé. C'est pour cette raison qu'à Mexico les photographes sont quelquefois obligés de prolonger très-longtemps la pose à une heure de la journée où le temps de pose serait très-court en Europe. Cependant la force chimique normale du soleil des tropiques est très-considérable. M. Thorpe l'a démontré par les observations qu'il a effectuées à Para, sur l'Amazone, au mois d'avril 1866, par le procédé photographique de M. Roscoe. La comparaison des résultats qu'il a obtenus à Para avec ceux que M. T.-W. Baker obtenait au même moment à Kew, près de Londres, a montré que le soleil du Brésil avait, à cette époque, de 10 à 30 fois plus de force que le soleil d'Angleterre.

Les déterminations de M. Baker embrassent une année (1865-1866); elles prouvent que, sous nos climats, la force chimique de la lumière du jour (du moins celle des rayons très-réfrangibles) varie beaucoup d'une saison à l'autre; on a, pour la station de Kew, les moyennes intensités diurnes suivantes.

Printemps	46
Été.....	92
Automne.....	74
Hiver.....	11

A Manchester, l'intensité moyenne du 21 décembre 1863 dépassa à peine 3. La moyenne pour la seconde quinzaine de juin fut 75; elle correspond au solstice d'été. Pour les équinoxes, quelques déterminations isolées ont donné en moyenne 28.

Une série d'observations simultanées exécutées le 4 juillet 1864, à Heidelberg et à Manchester, donnèrent pour ces deux stations les intensités moyennes 160 et 51. Ces exemples montrent qu'à Manchester l'intensité chimique de la lumière est toujours relativement faible, ce qui doit tenir à l'atmosphère brumeuse du Lancashire, que d'innombrables fabriques chargent en outre de leur fumée.

Toutes ces observations confirment d'ailleurs l'indépendance réciproque des intensités optique et chimique de la lumière solaire. Souvent, quand le soleil est bas, l'action photographique de ses rayons directs est nulle : on peut le cacher par un écran sans produire aucune diminution appréciable de l'effet de la lumière totale du jour; néanmoins tous les objets projettent une ombre très-noire qui témoigne de l'éclat optique des rayons directs. Il y a donc alors une ombre visible, mais pas d'ombre chimique. C'est qu'en effet, comme nous l'avons vu, l'absorption atmosphé-

rique est beaucoup plus sensible pour les rayons chimiques appartenant à l'extrémité violette du spectre que pour les rayons lumineux proprement dits.

Les observations que M. E. Marchand a instituées à Fécamp, de 1869 à 1872, ont été également faites à l'aide d'un réactif sensible surtout à l'action des rayons violets. Au contraire, les thermomètres conjugués de Montsouris mesurent l'intensité changeante de la chaleur lumineuse et de la chaleur obscure. Depuis quelques années, un certain nombre de météorologistes ont adopté la même méthode d'observation. Voici quelques chiffres qui donneront une idée des variations de la force du Soleil, constatées par ces divers procédés.

FÉCAMP (1869-72). MONTSOURIS (1872-76),
Action chimique diurne. Moyennes diurnes.

Janvier	1,84	13,0
Février	3,93	15,6
Mars	6,44	26,0
Avril	14,10	37,5
Mai	19,46	46,2
Juin	21,04	48,2
Juillet	21,41	50,6
Août	18,92	41,2
Septembre . .	13,65	31,8
Octobre	6,86	20,1
Novembre . .	2,89	12,5
Décembre . .	1,80	9,4
Année	<u>11,03</u>	<u>29,3</u>

On voit, par ces exemples, combien est grande, sous le rapport de la lumière, la supériorité des mois d'été. Mais la quantité de lumière varie beaucoup, d'une année à l'autre, avec la sérénité du ciel. Le degré de nébulosité, d'où se déduit la sérénité relative, et qu'on peut apprécier directement avec un peu d'habitude, est donc un élément météorologique des plus importants. Toutefois la sérénité apparente est loin de fournir une mesure exacte de la transparence de l'atmosphère pour les diverses espèces de rayons; les conditions d'où dépend cette transparence ont encore été peu étudiées. Les expériences que Saussure et plus récemment H. Schlagintweit ont faites à l'aide du *diaphanomètre* n'ont pas fourni de résultats bien précis. M. Wild et M. de la Rive ont imaginé deux instruments qui permettent de déterminer le degré de transparence de l'atmosphère en comparant les images optiques de deux mires placées à des distances différentes. Il serait bon aussi de faire des observations suivies sur la lumière de l'héliotrope de Gauss (1), qui, dans des conditions favorables, s'aperçoit encore, avec une bonne lunette, à des distances de 100^{km}. On pourra ainsi apprécier d'une manière plus précise l'influence que les poussières, les brouillards et les vapeurs exercent sur la transparence de l'air. C'est au Pic du

(1) Miroir attaché à une lunette et réfléchissant les rayons solaires dans une direction voulue.

Midi qu'il faudrait faire des expériences de ce genre.

A défaut de chiffres qui constatent ces influences, nous avons quelques faits d'expérience assez connus. On sait depuis longtemps que l'air humide est *plus translucide* que l'air sec. Les montagnards regardent la netteté des contours des cimes éloignées comme un pronostic de pluie. A travers l'air humide de la Manche, les falaises de Douvres sont quelquefois visibles des côtes de France, éloignées de 7 lieues. Humboldt mentionne que le pic de Ténériffe s'aperçoit à des distances extraordinaires, immédiatement après une pluie abondante. D'après la longue expérience d'Herschel, une atmosphère humide est bien plus favorable aux observations délicates qu'une atmosphère très-sèche. Il semble que l'humidité neutralise l'influence nuisible de la poussière, sur laquelle elle se condense peut-être : c'est ainsi qu'une feuille de papier devient plus translucide lorsqu'elle est mouillée. Par un temps sec, les objets lointains se montrent comme voilés, ils semblent nager dans un brouillard bleuâtre. Ces phénomènes, dont l'étude approfondie serait intéressante, jouent certainement un rôle dans l'économie de la vie végétative.

En somme, on voit que la radiation solaire offre encore aux physiciens un vaste champ à explorer. Dans ces recherches, il faudra s'occuper au moins autant des rayons lumineux proprement dits que des rayons chimiques de l'extrémité violette du

spectre, puisque ce sont les premiers qui déterminent les évolutions vitales des plantes. Il sera donc nécessaire de mesurer l'effet chimique des rayons rouges, jaunes et verts aussi bien que celui des rayons bleus, violets et gris-lavande. Le procédé au chlorure d'argent ne donne que l'action complexe de toutes ces radiations; peut-être que l'emploi du gaiac bleu ou d'un des réactifs nouvellement découverts permettrait d'isoler l'effet des rayons lumineux les moins réfrangibles. L'actinomètre à thermomètres conjugués mesure avant tout la radiation calorifique. La photométrie ordinaire, qui ne s'occupe que de l'intensité optique de la lumière, pourrait certainement fournir des données climatologiques importantes en observant les variations d'éclat du soleil et de la lumière diffuse sur différents points du globe.

Il faudra encore bien des recherches avant que nous puissions tracer sur une mappemonde les *isactines* ou lignes d'égale force de la lumière, et poser les bases d'une climatologie chimique. En attendant, voici, pour terminer, quelques faits généraux qui se rapportent au même sujet.

Il est certain que sur les montagnes, où l'air est plus rare et l'absorption moins sensible, la force du Soleil augmente notablement. Les voyageurs savent combien l'air est plus transparent et le soleil plus brillant sur les hauteurs. Alexandre de Humboldt raconte qu'un jour, sur le plateau de Quito (à 3000^m au-dessus de la mer), il vit à l'œil nu un point

blanc cheminer le long d'un mur de basalte noir; une lunette d'approche lui fit reconnaître que c'était son ami Bonpland, enveloppé dans un manteau de voyage; la distance était de 30^{km}. Gérard vante l'admirable transparence que l'air possède sur les hauteurs de l'Himalaya. L'expédition des astronomes anglais au pic de Ténériffe a montré que les télescopes donnent des images bien plus nettes lorsque la station d'observation est très-élevée, et les épreuves photographiques que l'on prit des cimes voisines furent d'une clarté admirable toutes les fois qu'elles avaient été obtenues au sommet du pic. L'une de ces épreuves laisse reconnaître à la loupe les pierres et les broussailles qui couvrent le flanc d'une colline éloignée de 7^{km}. L'intensité que le rayonnement solaire acquiert sur les hautes montagnes est encore attestée par les souffrances que le soleil y fait éprouver aux touristes. Ceux qui ont visité la cime du Mont-Blanc ont souvent payé leur témérité par un renouvellement complet de la peau du visage et par un aveuglement prolongé.

M. Charles Martins a mesuré l'échauffement relatif d'une même espèce de sol à Bagnères-de-Bigorre et sur le Pic du Midi, en deux stations dont la différence de niveau était de 2326^m. Le sol fut trouvé plus chaud sur la montagne que dans la vallée, quoique l'air y fût plus froid. Les mesures actinométriques que Forbes et Kæmtz, en 1832, ont exécutées au sommet du Faulhorn et au pied

de la montagne, celles que M. Soret a faites de 1867 à 1869 sur divers points des Alpes, celles de MM. Desains et Branly, de M. Violle, ont également démontré l'intensité considérable de la radiation solaire sur les hautes cimes.

Le sol des montagnes est donc chauffé par des rayons plus ardents, et la lumière qui le frappe est plus vive; ces deux causes réunies doivent exercer une grande influence sur la végétation. En effet, dans 35 ascensions au pic du Midi, faites pendant quinze années, au printemps, en été et en automne, Ramond a recueilli 71 plantes phanérogames sur le cône terminal, dont la hauteur est de 16^m et la surface de quelques ares seulement. Sur le cône terminal du Faulhorn, haut de 80^m, avec une superficie de 4^{hect},5, M. Charles Martins a noté 131 espèces de phanérogames. Or, d'après les récentes explorations suédoises, l'archipel tout entier du Spitzberg n'en présente que 93. Cette inégalité si frappante de la distribution des plantes ne peut s'expliquer que par la différence de la radiation solaire qui, sur les montagnes, active le travail d'assimilation des végétaux en même temps qu'elle en chauffe les racines.

Frédéric de Tschudi, dans son livre sur le *Monde des Alpes*, parle avec enthousiasme de la flore qui caractérise la région alpine (la zone comprise entre 1300 et 2200^m d'altitude). « Le coloris des plantes alpines, dit-il, est d'une fraîcheur et d'une vigueur admirables. A côté du jaune et du

blanc des fleurs de la plaine, nous trouvons ici l'indigo le plus brillant, le rouge le plus éclatant et le plus velouté, et un brun orangé foncé qui passe jusqu'au noir; le jaune et le blanc prennent les tons les plus purs et les plus éblouissants. Cette puissance de coloration, qui, dans la montagne, donne souvent aux fleurs incolores de la plaine des teintes incomparablement plus nettes et plus pures, nous la retrouvons dans la végétation polaire, où, sous l'influence d'une lumière d'été prolongée et d'un soleil de minuit, les couleurs non-seulement deviennent plus chaudes, mais se transforment quelquefois complètement, au point que le blanc et le violet se changent en un pourpre ardent. Et comme les plantes alpines sont souvent réunies en groupes serrés, ce luxe extraordinaire de couleurs massées prête aux tapis de gazon d'un vert foncé sur lesquels elles se détachent ce charme qui a rendu célèbres les hauts pâturages... La réputation de la flore alpine n'est pas moindre sous le rapport de l'odeur balsamique d'un grand nombre de fleurs et de plantes, car elle possède, comparée à celle de la plaine, une proportion plus forte de plantes aromatiques, depuis l'auricule jusqu'à la mousse des rochers, à odeur de violette. » Dans la région des neiges (au-dessus de 2200^m), l'éclat et le nombre des plantes phanérogames sont également surprenants.

« Une organisation singulièrement robuste, dit encore Tschudi, rend les végétaux des Alpes, même

en boutons ou en fleurs, insensibles à des changements de température que ne pourraient supporter les plantes de la plaine. » A. de Candolle, dans sa *Géographie botanique raisonnée*, fait de même remarquer que, sur tous les sommets du midi de l'Europe, les plantes alpines demandent, pour se développer et mûrir, beaucoup moins de chaleur que les espèces congénères des plaines situées à une grande distance au nord.

L'abondance de la lumière dans les hautes régions compense, jusqu'à un certain point, les désavantages des conditions biologiques du climat des montagnes, parmi lesquels les principaux sont le froid et la raréfaction de l'air. La rareté de l'air a pour conséquence la rareté de l'oxygène; or l'oxygène n'est pas seulement indispensable aux animaux, les plantes en ont besoin aussi pendant la germination, puis pour la maturation des fruits, où le phénomène de la respiration joue un rôle prépondérant, tandis que le développement des feuilles dépend de la nutrition aérienne qui repose sur la réduction de l'acide carbonique. On pourrait croire que l'acide carbonique est également rare sur les sommets des montagnes : M. Truchot a effectivement trouvé 0^{cc}, 17 d'acide carbonique par litre d'air au sommet du Sancy, tandis qu'il trouvait 0^{cc}, 31 à Clermont-Ferrand. Mais MM. Schlagintweit ont au contraire constaté un accroissement de la proportion d'acide carbonique sur les sommets des Alpes : ils y trouvaient de 0^{cc}, 6 à

0^{cc},9, tandis que dans la plaine la moyenne est 0^{cc},4.

Sous les latitudes boréales, ce n'est pas tant l'intensité que la *durée* de la radiation solaire qui vient en aide aux plantes. La longueur du jour y compense la réduction de la période de végétation (à Tornéa, le jour le plus long dure vingt-deux heures ; à Alten, le soleil ne se couche pas pendant la phase active de la végétation). Comme pour absorber plus de lumière, la plupart des plantes ont, en Norvège et en Laponie, des feuilles beaucoup plus grandes que sous nos latitudes tempérées, ainsi que l'ont remarqué M. Martins, M. Grisebach et d'autres naturalistes.

Les caractères particuliers de la végétation dans les hautes latitudes ont été récemment étudiés par M. Schübeler, professeur à l'Université de Christiania ; M. Eug. Tisserand les a constatés à son tour, dans un voyage en Norvège, et en a fait l'objet d'un *Mémoire important*. Plus on avance vers le nord, plus les feuilles des végétaux grandissent en même temps que la coloration verte du tissu devient plus intense. Arbres, arbrisseaux, légumes, tout est plus foncé. Les blés blancs à teint clair brunissent sous le ciel scandinave : après quatre ans, ils ne diffèrent plus des grains du pays. Même changement pour les haricots : les variétés blanches deviennent jaunes, brunes ou vertes ; dans les espèces tachetées, les taches s'étendent et envahissent toute la graine. La couleur des fleurs se fonce également ; l'*Achil-*

lea millefolium, le *Lychnis serpentina* ont, dans le nord, des fleurs rouges. Enfin les principes aromatiques des plantes se développent davantage : les légumes, le céleri, le raifort, l'ail, le persil, le cerfeuil, l'oignon ont une saveur d'autant plus forte qu'on remonte davantage vers le nord. C'est dans le district d'Alten que se récoltent les graines de cumin les plus odorantes. La menthe poivrée, la lavande de Thron djem sont plus riches en essence que la menthe ou la lavande anglaise. Le tabac de Norvège est aussi particulièrement fort.

Mais ce qui frappe surtout, c'est la *précocité* des blés indigènes et la courte durée de leur période de végétation. A Christiania, la durée moyenne de la végétation est de 90 jours pour le blé indigène; parfois on moissonne 74 jours après les semailles (qui ont lieu vers la fin de mai) tandis qu'en Alsace le blé d'été demande 131 jours pour mûrir, 139 jours à la ferme de Fouilleuse, près de Paris, et 142 jours à Alger. Pour l'orge, on compte, à Christiania, en moyenne 90 jours; mais des semences importées d'Alten (70° lat. N.) ont donné des épis mûrs après 55 jours; à Fouilleuse la moyenne est de 120 jours, à Alger de 135 jours. Des rapports analogues ont été constatés pour l'avoine, le maïs, les fèves, les féverolles, les pois, etc. Cette précocité se conserve pendant plusieurs générations; aussi les provinces méridionales de la Norvège tirent-elles leurs semences d'orge du district d'Alten, en les renouvelant tous les trois ans.

Ainsi les graines venues du nord donnent du blé plus hâtif, mais l'avance se perd après trois ou quatre générations ; au contraire, les semences importées du midi donnent des plantes tardives, qui ne sont *entraînées* qu'au bout de plusieurs années. En même temps que la végétation s'accélère, les graines venues du midi augmentent de volume et de poids, tandis que les graines importées du nord diminuent peu à peu. Comme, d'après les analyses, ce ne sont pas les matières azotées, mais les principes hydrocarbonés (à l'exception du sucre) qui se développent avec le plus d'abondance dans les tissus des végétaux sous les hautes latitudes, ces phénomènes semblent tenir à une réduction plus énergique de l'acide carbonique par les feuilles. Ajoutons que, d'après M. Grisebach, l'accélération ne porte que sur la période comprise entre la germination et la floraison ; elle s'applique donc aux organes verts. Tout cela prouve que la lumière joue ici le rôle principal. Toutefois la chaleur intervient aussi en favorisant l'accomplissement des actes qui déterminent la croissance de la plante, car, lorsqu'on s'éloigne des côtes, la végétation se ralentit en même temps que la température s'abaisse.

Quelques chiffres feront mieux ressortir ces influences. M. Tisserand a comparé la durée moyenne de la végétation du blé en Algérie, en France et en Norvège, en tenant compte à la fois des nombres de jours qui s'écoulent entre les semailles et la ré-

colte, et de la longueur variable des jours. On rencontre en Norvège, dans plus d'une ferme, des livres tenus avec soin : il y a des domaines qui possèdent ainsi trente et quarante années d'observations régulières. Parmi les fermes qui ont fourni les meilleures séries, il en est quatre qui se trouvent dans des conditions parfaitement comparables : ce sont les fermes de Halsnø, de Bodø, de Strand et de Skibotten. Voici la durée moyenne de la végétation pour ces quatre exploitations :

	Halsnø.	Bodø.	Strand.	Skibotten.
Latitude.....	59,5 ^o	67 ^o	69 ^o	69,5 ^o
Tempér. moy. de l'année.	6,3	3,6	2,9	2,3
Froment d'été.....	133 ^j	121 ^j	115 ^j	114 ^j
Seigle d'été.....	139	118	116	113
Orge à quatre rangs.....	117	102	98	93

On voit que la végétation s'accélère à mesure qu'on s'avance de l'équateur vers les pôles ; elle s'accélère également lorsqu'on s'élève en altitude, et pourtant dans les deux cas la température s'abaisse. Ce n'est donc pas la température qui hâte la maturité : c'est très-probablement la lumière. En effet, la lumière est plus vive sur les hauteurs ; la plante peut donc s'y développer plus vite. De même avec la latitude s'accroît la durée des jours en été ; les plantes sont plus longtemps exposées à la lumière depuis le lever du soleil jusqu'à son coucher, et le blé mûrit en moins de temps. Voici les résultats que M. Tisserand a obtenu

nus en remplaçant les nombres de jours par le nombre total des heures pendant lesquelles les blés du printemps ont reçu la lumière du jour, puis en multipliant les nombres d'heures par la température moyenne correspondante :

	Latitude.	Heures.	Heures \times tempér.
Alsace.....	48,5 ⁰	1996	29900
Christiania.....	60	1795	27643
Halsnø.....	59,5	2187	28430
Bodø.....	67	2376	26848
Strand.....	69	2472	26944
Skibotten.....	69,5	2486	26600

En réalité, on le voit, il faut plus d'heures de jour dans le nord que dans le midi pour conduire le blé à sa maturité, bien que le nombre de jours soit moindre dans le nord. Le produit de la température moyenne par le nombre d'heures de jour décroît aussi à mesure qu'on s'élève en latitude : ce n'est donc pas la température seule qui règle la végétation. L'égalité apparaîtrait sans doute si l'on cherchait la somme de lumière que reçoit le blé pendant la phase qui précède la floraison, c'est-à-dire en juin et en juillet. Dans ce calcul, je crois qu'il ne faudrait pas tenir compte de l'inclinaison des rayons, car les feuilles ne sont point horizontales, elles sont librement suspendues et baignent dans les rayons du soleil. La lumière diffuse fournit aussi un appoint considérable ; l'expérience le prouve, et ne voit-on pas la végétation pousser vigoureusement dans les sombres forêts

tropicales? Cependant la lumière diffuse seule ne suffirait pas. M. de Gasparin a comparé les feuilles de trois mûriers, dont le premier était exposé au soleil toute la journée, le second une partie de la journée, tandis que le troisième était à l'ombre : les feuilles contenaient respectivement 45, 36 et 27 pour 100 de matières solides. M. Hellriegel a fait des essais de culture comparative avec des semis d'orge et il a obtenu les résultats suivants :

	Paille et balles.	Grain.	Récolte entière.
En plein air	11,44	10,10	21,54
	10,99	11,19	22,18
Dans une serre, au soleil	6,72	2,86	9,58
	6,32	3,26	9,58
<i>Id.</i> à la lumière diffuse.	3,40	"	3,40
	2,59	"	2,59

On voit qu'à la lumière diffuse, encore affaiblie par le châssis, on n'a obtenu qu'une chétive récolte herbacée. Néanmoins la lumière diffuse et les longs crépuscules ont beaucoup d'importance sous les climats brumeux du nord.

Ce qui est certain, c'est que le climat chimique est régi par d'autres lois que celles qui président à la distribution des températures. Quelques exemples suffiront pour faire apprécier cette différence.

La température annuelle de Thorshavn, dans les îles Feroë, est de 7°,6, elle est à peine inférieure à celle de Carlisle en Écosse, laquelle est de 8°, 3, quoique les latitudes de ces deux stations soient respectivement de 62° et de 55°; mais la quantité

de lumière que Thorshavn et Carlisle reçoivent annuellement est très-différente, et il en résulte une grande dissemblance entre les climats de ces deux points. Aux Feroë et aux Shetland, la flore est peu développée, parce que l'atmosphère brumeuse de ces îles arrête une grande partie de la lumière qui vient du soleil; on n'y rencontre que des buissons rabougris, les arbres à fleurs y font défaut. A Carlisle, où le ciel est plus pur, la végétation est splendide.

Voici un autre exemple, que nous empruntons à M. Boussingault. Dans la Nouvelle-Grenade, on trouve à côté de la pomme de terre, par conséquent sous le même climat, dans le même terrain, une plante des plus robustes, l'arracacha (de la famille des ombellifères), dont la racine entre pour une forte proportion dans l'alimentation indienne. On en voit de belles plantations dans les localités dont la température moyenne est constante et comprise entre 14 et 22°. A Bogota (lat. 4° 37', alt. 2660^m, temp. annuelle 14°,6), l'arracacha donne des graines au bout de huit à neuf mois. A Ibagué (lat 4° 28', alt. 1320^m, temp. 21°,8), la même plante arrive à la maturité en six mois, mais on en recueille assez rarement la graine, parce qu'on la reproduit par *bouture en talon*. La récolte a lieu avant la floraison, et la racine est d'autant plus savoureuse qu'elle est plus jeune. A Caracas (lat. 10° 31', alt. 916^m, temp. 22°,0), on arrache la plante au bout de trois mois, lorsqu'elle tend à monter en graine;

les racines pivotantes pèsent de 2 à 3^{kg}. Un végétal que l'on cultive sous l'influence d'une température de 14 à 22°, sans avoir besoin d'en attendre la maturité, paraissait offrir toutes les chances possibles d'une facile acclimatation en Europe. Il n'en a rien été cependant : toutes les tentatives ont échoué. En France, en Angleterre, en Suisse, l'arracacha de la Nouvelle-Grenade est toujours restée une plante rare. Elle n'a donc pas rencontré dans l'ancien continent toutes les conditions climatologiques indispensables à sa croissance, quoique celles qui dépendent de la température du sol semblent tout à fait suffisantes. En effet, sous les latitudes de la Nouvelle-Grenade, la radiation solaire est encore, à l'époque des équinoxes, deux fois plus forte que sous nos climats ; de plus elle augmente avec l'altitude, et doit être par conséquent très-intense à Bogota et à Ibagué : de là peut-être cette supériorité du climat néo-grenadin.

Sous l'équateur, la métairie d'Antisana, près de Quito, à une hauteur de 4100^m, qui est presque égale à celle du mont Blanc, possède une température moyenne peu différente de celle de Saint-Pétersbourg ; néanmoins on y trouve d'abondants pâturages. « Nulle part, dit M. Boussingault, je n'ai vu des taureaux plus vigoureux, des bœufs mieux en chair et en graisse, que dans les herbages toujours verts d'Antisana. » Cette remarque est d'autant plus importante à noter qu'elle semble en contradiction avec les observations de M. le

D^r Jourdanet sur les mauvais effets de la raréfaction de l'air dans les hautes régions.

Une étude approfondie de cet ordre de phénomènes pourrait conduire à l'explication de beaucoup d'anomalies apparentes dans la distribution des plantes à la surface du globe; la Chimie agricole elle-même en tirerait son profit. La quantité de lumière que le ciel dispense aux plantes sous un climat donné devra désormais être comptée parmi les éléments de fécondité du sol, tout comme les matières minérales ou les engrais naturels que renferme le terroir. Tout porte à croire que c'est dans cette voie qu'il faudra chercher la solution d'une foule de problèmes jusqu'ici énigmatiques.

Le programme de l'Observatoire de Montsouris comprend, parmi les travaux réguliers de l'établissement, les recherches de « Météorologie agricole », c'est-à-dire l'observation des phases de la végétation, l'analyse périodique de quelques plantes agricoles, cultivées dans des conditions exactement déterminées, l'analyse de l'air et des eaux météoriques, au point de vue des produits utiles à la végétation, etc. Les résultats obtenus sont ensuite comparés avec les données climatologiques de l'année. Il est également intéressant de comparer, comme l'a fait M. Marié-Davy, ces mêmes données avec la marche des récoltes.

« Au point de vue météorologique, dit M. Marié-Davy, il y a dans la végétation du blé deux phases bien distinctes : l'une qui s'étend depuis les semis

jusqu'à la formation du grain; l'autre qui succède à la première et finit à la maturité. La première est surtout consacrée au développement de la plante, à la production de ses principes organiques, à la formation de ses réserves; dans la seconde, la plante est surtout occupée à employer ses réserves à la formation du grain. La lumière est indispensable dans la première; elle est beaucoup moins nécessaire dans la seconde. » Les intempéries peuvent gêner cette seconde phase et nuire à la qualité du grain; dans les pays septentrionaux, les froids précoces peuvent même l'arrêter; mais la lumière a fait toute son œuvre dans la phase précédente, surtout aux environs de la floraison, et elle n'a plus ensuite la même influence. C'est donc principalement la valeur actinométrique de la première phase qui importe à l'agriculture. »

Voici quels ont été, en France, les résultats des quatre dernières années, pour la récolte en blé : la récolte de 1873 a été mauvaise; celle de 1874 très-bonne comme quantité et comme qualité; celle de 1875 a atteint la moyenne, mais la qualité du grain a été médiocre; 1876 a donné une bonne moyenne comme quantité, et d'excellent grain. Si nous mettons ces résultats en regard des données climatologiques, nous trouvons ce qui suit :

Somme des températures moyennes.

	1872-73.	1873-74.	1874-75.	1875-76.
Mars à juin.	1406 ^o	1429 ^o	1501 ^o	1361 ^o
Juin à septembre	2169	2263	2222	2193

Somme des températures maxima.

	1872-73.	1873-74.	1874-75.	1875-76.
Mars à juin	3457	3460	3214
Juin à septembre	4138	4280	4360

Somme des radiations.

Mars à juin	4499	5031	4824	4880
Juin à septembre	5406	5412	4995	5177

Pluie.

	mm	mm	mm	mm
Mars à juin	268	111	125	172
Juin à septembre	273	190	271	233

Évaporation.

Mars à juin	415	432	427	435
Juin à septembre	421	501	324	429

Récolte.

Mauvaise.	Très-bonne.	Moyenne.	Bonne moyenne.
-----------	-------------	----------	-------------------

Évidemment il n'y a aucun rapport entre les températures et la marche des récoltes, dans ces quatre années : au contraire, les radiations (degrés actinométriques) constatées de mars à juin se classent de la même manière que les récoltes. En 1873, le mois de juillet a été très-lumineux, mais il était déjà trop tard pour réparer le temps perdu.

Les semailles ayant lieu à l'automne, les pluies qui les retardent exercent également leur influence sur la récolte des céréales ; mais nous n'entrerons pas ici dans plus de détails sur ce sujet. Ajoutons seulement que, pour la vigne, la *qualité* du pro-

duit paraît dépendre de la somme de lumière fournie à l'arbuste pendant sa végétation et du degré de chaleur des derniers mois. Voilà pourquoi 1875 a donné du vin de qualité inférieure à celle de 1874. « On comprend dès lors, dit l'*Annuaire*, combien est mauvaise la pratique des vigneronns qui resserrent chaque cep de vigne autour de son tuteur, comme s'ils craignaient pour lui l'action vivifiante de la lumière » ; elle a pour conséquence l'amointrissement des récoltes.

Dans le Midi, les cultivateurs aiment à dire : Tant vaut l'eau, tant vaut la terre ; peut-être qu'un jour on dira : Tant vaut la lumière, tant vaut l'herbe. L'actinomètre pourrait devenir un instrument populaire, un instrument bourgeois, comme le thermomètre, le baromètre ou la montre de poche, qui, à l'origine, n'étaient accessibles qu'aux initiés. C'est ainsi que chaque jour des voies nouvelles s'ouvrent aux pionniers du progrès, que des horizons plus étendus se découvrent à mesure que la science nous procure des points de vue plus élevés ; mais plus on avance, et plus la route qui reste à parcourir semble s'allonger et le but fuir devant nous.

FIN.

EXTRAIT DU CATALOGUE GÉNÉRAL

DE

GAUTHIER-VILLARS,

IMPRIMEUR-LIBRAIRE,

SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,

Quai des Augustins, 55, à Paris.

Le Catalogue général est envoyé aux personnes qui en font la demande par lettre affranchie.

En envoyant à M. GAUTHIER-VILLARS un mandat sur la Poste ou une valeur sur Paris, on reçoit les Ouvrages *franco* dans tous les pays qui font partie de l'Union générale des Postes, à l'exception des Etats-Unis de l'Amérique du Nord, c'est-à-dire, en *Europe, Algérie, Egypte, Maroc, Russie d'Asie, Tunisie, Turquie d'Asie*. — Pour les *Etats-Unis de l'Amérique du Nord*, ajouter 1 franc par vol. in-4, et 50 centimes par vol. in-8 ou in-12. — Pour les autres pays, suivant les conventions postales.

ANNALES SCIENTIFIQUES DE L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE, publiées sous les auspices du Ministre de l'Instruction publique, par un Comité de Rédaction composé de M.M. les Maîtres de Conférences.

1^{re} Série, 7 volumes in-4, avec figures dans le texte et planches sur cuivre, années 1864 à 1870. 150 fr.

La 2^e Série, commencée en 1872, paraît, chaque mois, par numéro contenant 4 à 5 feuilles in-4, avec figures dans le texte et planches. L'abonnement est annuel et part du 1^{er} janvier.

Prix de l'abonnement pour un an (12 numéros):

Paris..... 30 fr.

Europe, Algérie, Egypte, Maroc, Russie d'Asie, Tunisie, Turquie d'Asie.... 35 fr.

Etats-Unis de l'Amérique du Nord... 37 fr.

Autres pays..... 40 fr.

AMADIEU, ancien Officier d'Etat-major, Directeur d'une École préparatoire à Versailles. — **Notions élémentaires d'Algèbre**, exigées pour l'admission à l'École Navale, à l'École de Saint-Cyr et à l'École Forestière. In-12; 3^e édition; 1867. 3 fr.

In-18 jésus; J.

I

ANDRÉ (Ch.), Astronome adjoint à l'Observatoire de Paris. — *Étude de la diffraction dans les instruments d'optique; son influence dans les observations astronomiques.* (Thèse.) In-4; 1876. 4 fr.

ANNALES DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS, publiées par M. *Le Verrier*. *Partie théorique*, tomes I à XIII. In-4, avec planches; 1855-1876.

Les Tomes I à X et les Tomes XII et XIII se vendent séparément. 27 fr.

Le Tome XI (1876) comprend deux *Parties* qui se vendent séparément. 20 fr.

Le tome XIV est *sous presse*.

ANNALES DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS, publiées par M. *U.-J. Le Verrier*. *Observations*. Tomes I à XXIII, années 1800 à 1867; Tome XXX, année 1874. 24 volumes in-4 (en tableaux) 1858 à 1876 960 fr.

Chaque volume se vend séparément. 40 fr.

Le tome XXXI, *Observations de 1875*, est *sous presse*.

ANNUAIRE DE L'OBSERVATOIRE DE MONT-SOURIS pour 1877; Météorologie, Agriculture, Hygiène (contenant le résumé des travaux de l'année 1876; *Magnétisme terrestre; carte magnétique de la France; électricité atmosphérique; hauteurs barométriques; température de l'eau et du sol; actinométrie; eaux météoriques; évaporation à la surface de l'eau; végétation*). 6^e année. In-18, avec nombreuses figures dans le texte et la carte des courbes d'égalité déclinaison magnétique en France.

2 fr.

ANNUAIRE pour l'an 1877, publié par le Bureau des Longitudes (contenant des Notices scientifiques : *Sur les Orages et sur la formation de la grêle*; par M. FAYE, membre de l'Institut. — *Déclinaison de l'aiguille aimantée*; par M. MARIE-DAYY. — In-18 avec 2 planches et la carte des courbes d'égalité déclinaison magnétique en France).

1 fr. 50 c.

Pour recevoir l'Annuaire franco par la poste, en France, ajouter 35 c.

AOUST (l'Abbé), Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille. — *Analyse infinitésimale des courbes tracées sur une surface quelconque.* In-8; 1869. 7 fr.

AOUST (l'Abbé). — *Analyse infinitésimale des courbes planes*, contenant la résolution d'un grand nombre de problèmes choisis, à l'usage des candidats à la licence. In-8, avec 80 fig. dans le texte; 1873. 8 fr. 50 c.

AOUST. — *Analyse infinitésimale des courbes dans l'espace.* In-8, avec 40 figures dans le texte; 1876. 11 fr.

BABINET, Membre de l'Institut (Académie des Sciences). — *Études et Lectures sur les Sciences d'observation et leurs applications pratiques.* 8 vol. in-12.

Chaque volume se vend séparément. 2 fr. 50 c.

BABINET, Membre de l'Institut, et **HOUSEL**, Professeur de Mathématiques. — *Calculs pratiques appliqués aux Sciences d'observation.* In-8, avec 75 figures dans le texte; 1857. 6 fr.

- BACHET**, sieur de **MÉZIRIAC**. — Problèmes plaisants et délectables qui se font par les nombres. 3^e éd., revue, simplifiée et augmentée par *A. Labosne*. Petit in-8, caractères élévés, titre en 2 couleurs, papier vergé, couverture en parchemin; 1874. (Tiré à petit nombre.) 6 fr.
- BALTZER** (**D^r Richard**), Professeur au Gymnase de Dresde. — Théorie et applications des Déterminants, avec l'indication des sources originales, traduit de l'allemand, par *J. Houel*, docteur ès Sciences. In-8; 1861. 5 fr.
- BARRESWIL** et **DAVANNE**. — Chimie photographique, contenant les Éléments de Chimie expliqués par des exemples empruntés à la Photographie; les procédés de Photographie sur glace (collodion humide, sec ou albuminé), sur papiers, sur plaques; la manière de préparer soi-même, d'essayer, d'employer tous les réactifs, d'utiliser les résidus, etc. 4^e édition, augmentée et ornée de figures dans le texte. In-8; 1864. 8 fr. 50 c.
- BELLANGER** (**C.-A.**), Professeur d'Hydrographie. — Petit Catéchisme de Machine à vapeur, à l'usage des candidats aux grades de la marine de commerce. 2^e édition. Petit in-8, avec Atlas de 6 planches; 1872. 3 fr.
- BELLAVITIS**, Professeur à l'Université de Padoue. — Exposition de la Méthode des Équipoles, traduit de l'italien par *C.-A. Laisant*, Capitaine du Génie. In-8, avec figures dans le texte; 1874. 4 fr. 50 c.
- BENOIT** (**P.-M.-N.**). — La Règle à Calcul expliquée, ou Guide du Calculateur à l'aide de la Règle logarithmique à tiroir. Fort volume in-12 avec pl. 5 fr.
La Règle à Calcul (*Instrument*) se vend séparément 6 fr.
- BENOIT** (**P.-M.-N.**). — Guide du Meunier et du Constructeur de Moulins. 1^{re} Partie: Constructions des moulins. 2^e Partie: Meunerie. 2 vol. in-8 de 900 pages, avec 22 planches contenant 638 figures; 1863. 12 fr.
- BERNARD** (**A.**), Agrégé de l'Université, professeur de Chimie et de Physique à Cognac. — Alcoométrie. Grand in-8, avec 6 planches; 1875. 5 fr.
- BERTHELOT** (**Marcellin**), Professeur au Collège de France. — Leçons sur les Méthodes générales de synthèse en Chimie organique. In-8; 1864. 8 fr.
- BERTRAND** (**J.**), Membre de l'Institut. — Traité de Calcul différentiel et de Calcul intégral.
CALCUL DIFFÉRENTIEL. In-4; 1864..... (Rare.)
CALCUL INTÉGRAL (*Intégrales définies et indéfinies*). In-4 de 720 p., avec 88 fig. dans le texte; 1870... 30 fr.
Le troisième et dernier volume, CALCUL INTÉGRAL (*Équations différentielles*), est sous presse.
- BERTRAND** (**J.**). — La Théorie de la Lune d'Aboul-Wefâ. In-4; 1873. 1 fr. 50 c.
- BILLET**, Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Dijon. — Traité d'Optique physique. 2 forts vol. in-8, avec 14 pl. composées de 337 fig.; 1858. 15 fr.
- BOUCHARLAT** (**J.-L.**). — Théorie des Courbes et des Surfaces du second ordre, ou Traité complet d'application de l'Algèbre à la Géométrie. 3^e édition, revue,

- corrigée et augmentée de **Notes et des Principes de la Trigonométrie rectiligne**. In-8, avec pl.; 1845. 8 fr.
- BOUCHARLAT (J.-L.)**. — **Éléments de Calcul différentiel et de Calcul intégral**. 7^e édition, in-8, avec planches; 1858. 8 fr.
- BOUCHARLAT (J.-L.)**. — **Éléments de Mécanique**. 4^e édition; 1 volume in-8, avec 10 planches; 1861. 8 fr.
- BOUCHET (U.)**, calculateur principal du Bureau des Longitudes. — **Hémérologie ou Traité pratique complet des calendriers julien, grégorien, israélite et musulman**, avec les règles de l'ancien calendrier égyptien. (*Ouvrage approuvé par l'Académie des Sciences*). In-8; 1868. 7 fr. 50 c.
- BOUR (Edm.)**, Ingénieur des Mines. — **Cours de Mécanique et Machines**, professé à l'École Polytechnique: **Cinématique**. In-8, avec Atlas de 30 planches in-4 gravées sur cuivre; 1865. 10 fr.
- Statique et travail des forces dans les machines à l'état de mouvement uniforme*, publié par M. Phillips, Professeur de Mécanique à l'École Polytechnique, avec la collaboration de MM. Collignon et Kretz. In-8, avec Atlas de 8 planches contenant 106 fig.; 1868. 6 fr.
- Dynamique et Hydraulique*, avec 125 figures dans le texte; 1874. 7 fr. 50 c.
- BOURDON**, ancien Examinateur d'admission à l'École Polytechnique. — **Éléments d'Arithmétique**. 35^e édit. In-8; 1872. (*Adopté par l'Université.*) 4 fr.
- BOURDON**. — **Application de l'Algèbre à la Géométrie**, comprenant la Géométrie analytique à deux et à trois dimensions. 8^e édit., revue et annotée par M. Darboux. In-8, avec pl.; 1875. (*Adopté par l'Université.*) 8 fr.
- BOURDON**. — **Éléments d'Algèbre**, avec Notes signées Prouhet. 14^e éd. In-8; 1873. (*Adopté par l'Univ.*) 8 fr.
- BOURDON**. — **Trigonométrie rectiligne et sphérique**. 2^e éd., revue et annotée par M. Brisse. In-8, avec fig. dans le texte; 1877. (*Adopté par l'Université.*) 3 fr.
- BOUSSINGAULT**, Membre de l'Institut. — **Agronomie, Chimie agricole et Physiologie**. 2^e édition. 5 volumes in-8, avec planches sur cuivre et figures dans le texte; 1860-1861-1864-1868-1874. 26 fr.
- Chacun des tomes I à IV se vend séparément.* 5 fr.
- Le tome V se vend séparément.* 6 fr.
- BOUSSINGAULT**. — **Études sur la transformation du fer en acier par la cémentation**. In-8; 1875. 4 fr.
- BRESSE**, Professeur de Mécanique à l'École des Ponts et Chaussées. — **Cours de Mécanique appliquée professé à l'École des Ponts et Chaussées**.
- Première Partie: Résistance des Matériaux et Stabilité des Constructions**. In-8, avec fig. dans le texte. 2^e édition; 1866. 8 fr.
- Deuxième Partie: Hydraulique**. In-8, avec figures dans le texte et une planche; 2^e édition; 1868. 8 fr.
- Troisième Partie: Calcul des Moments de flexion dans une poutre à plusieurs travées solidaires**. In-8, avec

figures dans le texte et Atlas in-folio de 24 planches sur cuivre; 1865. 16 fr.

Chaque Partie se vend séparément.

BREWER (D^r). — *La Clef de la Science, ou Les Phénomènes de la Nature expliqués.* 5^e édition, revue, transformée et considérablement augmentée, par M. l'Abbé Moigno. In-18 jésus, xv-727 pages; 1874. 4 fr. 50 c.

BRIOSCHI (F.), Professeur de Mathématiques à l'Université de Pavie. — *Théorie des Déterminants et leurs principales applications;* traduit de l'italien par M. E. Combescuré, Professeur de Mathémat. In-8; 1856. 5 fr.

BRIOT (Ch.), Professeur suppléant à la Faculté des Sciences. — *Théorie mécanique de la Chaleur.* In-8, avec figures dans le texte; 1869. 7 fr. 50 c.

BRIOT (Ch.). — *Essais sur la Théorie mathématique de la Lumière.* In-8, avec fig. dans le texte; 1864. 4 fr.

BRIOT (Ch.) et BOUQUET. — *Théorie des fonctions elliptiques.* 2^e édition. In-4, avec figures; 1875. 30 fr.

BRUNNOW (F.), Directeur de l'Observatoire de Dublin. — *Traité d'Astronomie sphérique et d'Astronomie pratique.* Édition française publiée par MM. André et Lucas, Astronomes adjoints à l'Observatoire de Paris.

PREMIÈRE PARTIE : *Astronomie sphérique.* In-8, avec figures dans le texte; 1869. 10 fr.

DEUXIÈME PARTIE : *Astronomie pratique,* augmentée de Tables astronomiques, de nombreux développements sur la construction et l'emploi des instruments, sur les méthodes adoptées à l'Observatoire de Paris, sur l'équation personnelle, sur la parallaxe du Soleil, etc. In-8, avec figures dans le texte; 1872. 10 fr.

BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET ASTRONOMIQUES, rédigé par MM. Darboux, Houël et Tannery, avec la collaboration de MM. André, Battaglini, Bougaïef, Brocard, Klein, Laisant, Lanpe, Lespaul, Potocki, Radau, Weyr, etc. sous la direction de la Commission des Hautes Études. (Président de la Commission: M. Chasles; Membres: MM. J. Bertrand, Puiseux, J.-A. Serret.) II^e SÉRIE. Tome I (en deux Parties), 1877.

Ce Bulletin mensuel, fondé en 1870, a formé par an, jusqu'en 1872, un volume de 25 à 26 feuilles grand in-8 (tomes I, II, III). — A partir de cette époque, un accroissement considérable lui a été donné, sans augmentation de prix, et ce Journal a formé, depuis janvier 1873 jusqu'en décembre 1876, 2 volumes par an (1 volume par semestre, avec Tables), comprenant en tout 42 à 43 feuilles grand in-8. Les Tomes I à XI, 1870 à 1876, composent la I^{re} série.

La II^e série, qui a commencé en janvier 1877, forme chaque année un volume de 42 à 43 feuilles, qui comprend 2 Parties ayant une pagination spéciale et pouvant se relier séparément. La première Partie contient : 1^o *Comptes rendus de Livres et Analyses de Mémoires;* 2^o *Traductions de Mémoires importants et peu répandus, Réimpression d'Ouvrages rares et Mélanges scientifiques.* La deuxième Partie contient : *Revue des Publications périodiques et académiques.*

Les abonnements sont annuels et partent de janvier.

Prix pour un an (12 numéros) :

Paris.....	15 fr.
Europe, Algérie, Egypte, Maroc, Russie d'Asie, Tunisie, Turquie d'Asie...	18 fr.
États-Unis de l'Amérique du Nord...	20 fr.
Autres pays.....	22 fr.

La 1^{re} Série, Tomes I à XI, 1870 à 1876, se vend 120 fr.

CABANIE, Charpentier, Professeur du Trait de Charpente, de Mathématiques, etc. — **Charpente générale théorique et pratique**. 2 volumes in-folio avec planches. 2^e édition; 1868. (*Port non compris*.) 50 fr.

On vend séparément : le tome I^{er}, **Bois droit**. 25 fr.
le tome II, **Bois croche**. 25 fr.

CAHOURS (Auguste), Professeur à l'École Polytechnique. — **Traité de Chimie générale élémentaire**. Leçons professées à l'École centrale des Arts et Manufactures et à l'École Polytechnique. (*Autorisé par décision ministérielle*.)

Chimie inorganique. 3^e édition. 2 volumes in-18 Jésus avec 230 figures et 8 planches; 1874. 10 fr.

Chaque volume se vend séparément. 6 fr.

Chimie organique. 3^e édition, 3 volumes in-18 Jésus avec figures; 1874-1875. 15 fr.

Chaque volume se vend séparément. 6 fr.

CALLON (Ch.) — **Cours de construction de machines** professé à l'École centrale des Arts et Manufactures. Album cartonné, contenant 118 planches in-folio de dessins avec côtes et légendes (*Matériel agricole. Hydraulique*); 1875. 30 fr.

CATALAN (E.), ancien Élève de l'École Polytechnique. — **Manuel des Candidats à l'École Polytechnique**.

Tome I^{er} : **Algèbre, Trigonométrie, Géométrie analytique à deux dimensions**. In-18, avec 167 figures; 1857. 5 fr.

Tome II : **Géométrie analytique à trois dimensions,**

Mécanique. In-18, avec 139 fig. dans le texte; 1858. 4 fr.

Chaque volume se vend séparément.

CATALAN (E.) — **Traité élémentaire des Séries**. Grand in-8, avec figures; 1860. 5 fr.

CAUCHY (le Baron Aug.), Membre de l'Académie des Sciences. — **Sa Vie et ses Travaux**, par M. *Valson*, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, avec une Préface de M. *Hermite*. Membre de l'Académie des Sciences. 2 vol. in-8; 1863. 8 fr.

CAUCHY (Aug.) — **Exercices d'Analyse et de Physique mathématique**. 4 vol. in-4. 150 fr.

CHARLON (H.) — **Théorie mathématique des Opérations financières**. Grand in-8, avec Tables logarithmiques; 1869. 7 fr. 50 c.

CHASLES. — **Traité des Sections coniques, faisant suite au Traité de Géométrie supérieure. Première Partie**. In-8, avec 5 planches gravées sur cuivre, et contenant 133 figures; 1865. 9 fr.

La seconde Partie, qui est sous presse, se vendra de même séparément.

- CHASLES.** — Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en Géométrie, particulièrement de celles qui se rapportent à la Géométrie moderne, suivi d'un *Mémoire de Géométrie sur deux principes généraux de la Science, la Dualité et l'Homographie*. Seconde édition, conforme à la première. Un beau volume in-4 de 850 pages; 1875. 35 fr.
- CHEVALLIER et MÜNTZ.** — Problèmes de Mathématiques, avec leurs solutions développées, à l'usage des Candidats au Baccalauréat ès Sciences et aux Écoles du Gouvernement. In-8, lithographié; 1872. 4 fr.
- CHEVALLIER et MÜNTZ.** — Problèmes de Physique, avec leurs solutions développées, à l'usage des Candidats au Baccalauréat ès Sciences et aux Écoles du Gouvernement. In-8, lithographié; 1872. 2 fr. 75 c.
- CHEVILLARD**, Professeur à l'École des Beaux-Arts. — *Leçons nouvelles de Perspective*. In-8, avec Atlas. In-4 de 32 planches gravées sur acier; 1868. 12 fr.
- CHEVREUL (E.-E.)**, Membre de l'Institut. — *De la Baguette divinatoire, du Pendule dit explorateur et des Tables tournantes*. In-8; 1854. 3 fr.
- CHOQUET**, Docteur ès Sciences. — *Traité d'Algèbre*. (Autorisé.) In-8; 1856. 7 fr. 50 c.
- CLAUSIUS (R.)**, Professeur à l'Université de Bonn, correspondant de l'Institut de France. — *De la fonction potentielle et du potentiel*; traduit de l'allemand, sur la 2^e édition, par F. Folie. In-8; 1870. 4 fr.
- CLAUSIUS (R.)**. — *Théorie mécanique de la Chaleur*. 2 vol. in-18 jésus, cartonnés; 1868-1869. 15 fr.
- COMBEROUSSE (Charles de)**, Ingénieur, Professeur de Mécanique et Examineur d'admission à l'École Centrale des Arts et Manufactures. — *Cours de Mathématiques*, à l'usage des Candidats à l'École Polytechnique, à l'École Normale supérieure et à l'École Centrale des Arts et Manufactures. 3 vol. in-8, avec fig. dans le texte et planches. 30 fr.
- Chaque volume se vend séparément :
- Le TOME I^{er}, Arithmétique et Algèbre élémentaire (avec 38 figures dans le texte). 2^e édition; 1876. 10 fr.
- On vend à part : Arithmétique. 4 fr.
Algèbre élémentaire. 6 fr.
- Le TOME II, Géométrie plane, Géométrie dans l'espace, Complément de Géométrie, Trigonométrie, Complément d'Algèbre (avec 466 figures dans le texte). 10 fr.
- Le TOME III, Géométrie analytique, Géométrie descriptive (avec Atlas de 53 pl., contenant 274 fig.). 10 fr.
- COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.** — *Procès-verbaux des Séances de 1875-1876*. In-8; 1876. 2 fr.
- COMPAGNON (P.-F.)**, ancien Professeur de l'Université. — *Éléments de Géométrie*. Cet ouvrage est surtout destiné aux jeunes gens qui se préparent aux Écoles du Gouvernement. 2^e édit. In-8, avec fig.; 1876. 7 fr.

COMPAGNON (P.-F.). — **Abrégé des Éléments de Géométrie.** Cet Ouvrage s'adresse particulièrement aux Élèves des différentes classes de Lettres et aux candidats au Baccalauréat ès Lettres ou ès Sciences, ou aux Élèves de l'enseignement secondaire spécial. 2^e édition. In-8, avec figures; 1876. (*Autorisé par le Conseil supérieur de l'Enseignement secondaire spécial.*) 4 fr. 50 c.

CONNAISSANCE DES TEMPS ou des mouvements célestes à l'usage des Astronomes et des Navigateurs, pour l'année 1878.

La *Connaissance des Temps* a reçu, à partir de l'année 1876, des augmentations considérables et des perfectionnements très-importants. Elle forme, *Additions* non comprises, un fort volume grand in-8 de plus de 800 pages.

Prix : Sans additions. 5 fr.

» Avec additions. 7 fr. 50 c.

Pour recevoir l'Ouvrage franco dans les pays de l'Union postale, ajouter 1 fr.

Les *Additions* contiennent :

Théorie de l'aberration, dans laquelle il est tenu compte du mouvement du système solaire; par M. *Yvon Villarceau*. — Théorie analytique des inégalités de la lumière des étoiles doubles; par M. *Yvon Villarceau*. — Recueil de nombres pouvant servir à la discussion des observations du passage de Vénus du 8 décembre 1874; par M. *Puiseux*. — Recherches sur l'orbite de la planète Maia, et éphémérides pour l'opposition de 1876; par M. *L. Schulhof*.

CONSOLIN (B.), Professeur du Cours de Voilerie à Brest. — **Manuel du Voilier**, revu et publié par ordre du Ministre de la Marine. Grand in-8 sur Jésus, de 528 pages et 11 planches; 1859. 12 fr.

CONSOLIN (B.). — **Méthode pratique de la Coupe des voiles des navires et embarcations**, suivie de Tables graphiques. In-12, avec 3 planches; 1853. 3 fr.

CONSOLIN (B.). — **L'Art de voiler les embarcations**, suivi d'un Aide-Mémoire de Voilerie. In-12, avec une grande planche; 1866. 2 fr.

CREMONA (L.), Directeur de l'École d'application des Ingénieurs, à Rome. — **Éléments de Géométrie projective** (*Géométrie supérieure*), traduits par *Ed. Devulf*, Chef de bataillon du Génie. Un beau volume in-8, avec 216 fig. sur cuivre, en relief, dans le texte; 1875. 6 fr.

CRESSON. — **Principes de Dessin** pour préparation à tous les genres. 40 grands modèles gradués, format demi-Jésus, lithogr., avec un texte explicatif; 1865. 8 fr.

DARCY. — **Recherches expérimentales relatives au mouvement des eaux dans les tuyaux.** In-4, avec 12 grandes planches; 1857. 15 fr.

DELAISTRE (L.), Professeur de Dessin général. — **Cours complet de Dessin linéaire, gradué et progressif**, contenant la Géométrie pratique, élémentaire et descriptive; l'Arpentage, le Levé des Plans et le Nivellement;

le Tracé des Cartes géographiques ; des Notions sur l'Architecture ; le Dessin industriel ; la perspective linéaire et aérienne ; le Tracé des ombres et l'étude du Lavis.

Atlas cartonné, in-4 oblong, contenant 60 planches et 70 pages de texte. 2^e édit., revue et corrigée ; 1873. 15 fr.

Ouvrage donné en prix, par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, aux CONTRE-MAÎTRES des Etablissements industriels, et choisi par le Ministre de l'Instruction publique pour les Bibliothèques scolaires.

DELAMBRE, Membre de l'Institut. — **Traité complet d'Astronomie théorique et pratique.** 3 vol. in-4, avec planches ; 1814. 40 fr.

DELAMBRE. — **Histoire de l'Astronomie ancienne.** 2 vol. in-4, avec planches ; 1817. 25 fr.

DELAMBRE. — **Histoire de l'Astronomie du moyen âge.** 1 vol. in-4, avec planches ; 1819. 20 fr.

DELAMBRE. — **Histoire de l'Astronomie moderne.** 2 vol. in-4, avec planches ; 1821. 30 fr.

DELAMBRE. — **Histoire de l'Astronomie au XVIII^e siècle ;** publiée par M. *Mathieu*, Membre de l'Académie des Sciences. In-4, avec planches ; 1827. 20 fr.

DELISLE (A.), Examinateur pour l'admission à l'École Navale, Professeur émérite et officier de l'Université, et **GERONO**, Professeur de Mathématiques. — **Géométrie analytique.** In-8, avec planches. 5 fr.

DELISLE et GERONO. — **Éléments de Trigonométrie rectiligne et sphérique ;** 7^e édition. In-8, avec planches ; 1876. 3 fr. 50 c.

DENFER, chef des travaux graphiques de l'École Centrale des Arts et Manufactures. — **Album de Serrurerie**, conforme au cours de Constructions civiles professé à l'École Centrale par E. MULLER, et contenant *l'emploi du fer dans la maçonnerie et dans la charpente en bois, la charpente en fer, les ferrements des menuiseries en bois, la menuiserie en fer, les grosses fontes et articles divers de quincaillerie.* Gr. in-4, contenant 100 belles planches lith. ; 1872. 13 fr.

D'ÉTROYAT (Ad.). — **De la carène du navire et de l'Échelle de solidité.** In-4, avec 5 planches ; 1856. 4 fr.

DIEN et FLAMMARION. — **Atlas céleste**, comprenant toutes les Cartes de l'ancien Atlas de Ch. Dien, rectifié, augmenté et enrichi de 5 Cartes nouvelles relatives aux principaux objets d'études astronomiques, par C. Flammarion, avec une *Instruction* détaillée pour les diverses Cartes de l'Atlas. In-folio, cartonné avec luxe, de 31 planches gravées sur cuivre, dont 5 doubles. 3^e édition ; 1877.

Prix { En feuilles, dans une couverture imprimée.. 40 fr.
 { Cartonné avec luxe, toile pleine..... 45 fr.

Les Cartes composant cet Atlas sont les suivantes :

- A. Constellations de l'hémisphère céleste boréal (*Carte double*).
 B. Constellations de l'hémisphère céleste austral (*Carte double*).
 1. Petite Ourse, Dragon, Céphée, Cassiopee, Persée.
 2. Andromède, Cassiopee, Persée, Triangle.

8. Girafe, Cocher, Lynx, Télescope.
4. Grande Ourse, Petit Lion.
5. Chevelure de Bérénice, Lévriers, Bouvier, Couronne boréale.
6. Dragon, Carré d'Hercule, Lyre, Cercle mural.
7. Hercule, Ophiuchus, Serpent, Taureau de Poniatowski, Écu de Sobieski.
8. Cygne, Léopard, Céphée.
9. Aigle et Antinoüs, Dauphin, Petit Cheval, Renard, Oie, Flèche, Pégase.
10. Bélier, Taureau (Pleiades, Hyades, Mouche).
11. Gémeaux, Cancer, Petit Chien.
12. Lion, Sextant, Tête de l'Hydre.
13. Vierge.
14. Balance, Serpent, Hydre.
15. Scorpion, Ophiuchus, Serpent, Loup.
16. Sagittaire, Couronne australe.
17. Capricorne, Verseau, Poisson austral.
18. Poissons, Carré de Pégase.
19. Baleine, Atelier du Sculpteur.
20. Éridan, Lièvre, Colombe, Harpe, Sceptre, Laboratoire.
21. Orion, Licorne.
22. Grand Chien, Navire, Boussole.
23. Hydre, Coupe, Corbeau, Sextant, Chat.
24. Constellations voisines du pôle austral (*Carte double*).
25. Mouvements propres séculaires des étoiles (*Carte double*).
26. Carte générale des étoiles multiples, montrant leur distribution dans le Ciel (*Carte double*).
27. Étoiles multiples en mouvement relatif certain.
28. Orbites d'étoiles doubles et groupes d'étoiles les plus curieux du Ciel.
29. Les plus belles nébuleuses du Ciel (1).

On vend séparément un Fascicule contenant :

Les 5 *Cartes nouvelles*, n^{os} 25 à 29 de l'Atlas céleste, par **C. Flammarion**. Ces cartes sont renfermées dans une couverture imprimée, avec l'*Instruction* composée pour la nouvelle édition de l'Atlas. 15 fr.

DISLÈRE, Ingénieur des constructions navales, Secrétaire du Conseil des Travaux de la Marine. — **Les Croiseurs; la Guerre de Course**. Grand in-8, avec 3 pl. ; 1875. 6 fr.

DISLÈRE. — **La Guerre d'escadre et la Guerre de côtes**. (*Les nouveaux navires de combat*.) Un beau volume grand in-8, avec nombreuses figures, gravées sur bois, dans le texte ; 1876. 7 fr.

DOSTOR (G.), Docteur ès Sciences, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université catholique de Paris. — **Éléments de la théorie des déterminants**, avec application à l'Algèbre, la Trigonométrie et la Géométrie analytique dans le plan et dans l'espace, à l'usage des classes de Mathématiques spéciales. In-8 ; 1877. 8 fr.

(1) Pour recevoir franco, par poste, dans tous les pays de l'Union postale, l'ATLAS en feuilles, soigneusement enroulé et enveloppé, ajouter. 2 fr.

Les dimensions (0^m,50 sur 0^m,35) de l'ATLAS cartonné ne permettant pas de l'expédier par la poste, cet Atlas cartonné, dont le poids est de 2^k5,9, sera envoyé aux frais du destinataire, soit par messageries grande vitesse, soit par tout autre mode indiqué.

- DUBOIS**, Examineur hydrographe de la Marine. — **Les passages de Vénus sur le disque solaire**, considérés au point de vue de la détermination de la distance du Soleil à la Terre. *Passage de 1874; Notions historiques sur les passages de 1761 et 1769.* In-18 Jésus, avec figures; 1874. 3 fr. 50 c.
- DUCOM**. — **Cours complet d'observations nautiques**, avec les notions nécessaires au Pilotage et au Cabotage, augmenté de la puissance des effets des ouragans, typhons, tornados des régions tropicales. 3^e éd., 1858. 1 vol. in-8. 12 fr.
- DUHAMEL**, Membre de l'Institut. — **Éléments de Calcul infinitésimal**. 3^e éd., revue et annotée par M. J. Bertrand, Membre de l'Institut. 2 vol. in-8, avec planches; 1874-1875. 15 fr.
- DUHAMEL**. — **Des Méthodes dans les sciences de raisonnement**. 5 vol. in-8. 27 fr. 50 c.
- Première partie. Des Méthodes communes à toutes les sciences de raisonnement**. 2^e édition, In-8; 1875. 2 fr. 50 c.
- Deuxième partie. Application des Méthodes à la science des nombres et à la science de l'étendue**. 2^e édition. In-8; 1877. 7 fr. 50 c.
- Troisième partie. Application de la science des nombres à la science de l'étendue**. In-8, avec fig.; 1868. 7 fr. 50 c.
- Quatrième partie. Application des Méthodes générales à la science des forces**. In-8, avec fig.; 1870. 7 fr. 50 c.
- Cinquième partie. Essai d'une application des Méthodes à la science de l'homme moral**. In-8; 1873. 2 fr. 50 c.
- DULOS (Pascal)**, Professeur de Mécanique à l'École d'Arts et Métiers et à l'École des Sciences d'Angers. — **Cours de Mécanique**, à l'usage des Écoles d'Arts et Métiers et de l'enseignement spécial des Lycées. 4 vol. in-8, avec belles figures gravées sur bois dans le texte; 1875-1876-1877. (Ouvrage honoré d'une souscription des Ministères de l'Agriculture et de l'Instruction publique.)
- On vend séparément :
- TOME I : Composition des forces. — Equilibre des corps solides. — Centre de gravité. — Machines simples. — Ponts suspendus. — Travail des forces. — Principe des forces vives. — Moments d'inertie. — Force centrifuge. — Pendule simple et pendule composé. — Centre de percussion. — Régulateur à force centrifuge. Pendule balistique.** 7 fr. 50 c.
- TOME II : Résistances nuisibles ou passives. — Frottement. — Application aux machines. — Roideur des cordes. — Application du théorème des forces vives à l'établissement des machines. — Théorie du volant. — Résistance des matériaux** 7 fr. 50 c.
- TOME III : Hydraulique. — Ecoulement des fluides. — Jaugeage des cours d'eau. — Etablissement des canaux à régime constant. — Récepteurs hydrauliques. — Travail des pompes. — Bêlier hydraulique. — Vis d'Archimède. — Moulins à vent.** 7 fr. 50 c.
- TOME IV : Machines à vapeur. — Notions générales sur la Thermodynamique. — Chaudières à vapeur. — Calcul des volants. — Distribution de la vapeur dans les cylindres. — Courbes de réglementation. — Appareils dynamométriques.**
- (Sous presse.)

DU MONCEL (Th.), Ingénieur électricien de l'Administration des Lignes télégraphiques. — **Traité théorique et pratique de Télégraphie électrique**, à l'usage des employés télégraphistes, des ingénieurs, des constructeurs et des inventeurs. Vol. in-8 de 642 pages, avec 156 figures dans le texte et 3 planches sur cuivre; imprimé sur carré fin satiné; 1864. 10 fr.

DU MONCEL (Th.). — **Notice sur l'appareil d'induction électrique de Ruhmkorff**, suivie d'un **Mémoire sur les courants induits**. 5^e édit., in-8, avec fig.; 1867. 7 fr. 50 c.

DU MONCEL (Th.). — **Exposé des Applications de l'Électricité. Technologie électrique**. 3^e édition, entièrement refondue. Cette édition formera 4 volumes grand in-8, avec nombreuses figures dans le texte. Les t. I, II et III, 1872-1873-1874, ont paru et se vendent séparément.

TOME I: 516 p., 1 pl. et 99 fig.; 1872. Cartonné. 14 fr.

TOME II: 560 pages, 1 tableau, 2 planches et 192 figures; 1873. Cartonné. 14 fr.

TOME III: 552 pages, 7 planches et 192 figures; 1874. Cartonné. 14 fr.

TOME IV: 570 pages, 9 planches et 123 figures; 1876. Cartonné. 14 fr.

DUPLAIS (ainé). — **Traité de la fabrication des liqueurs et de la distillation des alcools**, suivi du *Traité de la fabrication des eaux et boissons gazeuses*. 4^e édition, revue et augmentée par *Duplais jeune*. 2 volumes in-8, avec 15 planches; 1877. 16 fr.

DUPRÉ (Ath.), Doyen de la Faculté des Sciences de Rennes. — **Théorie mécanique de la Chaleur**. In-8, avec figures dans le texte; 1869. 8 fr.

DUPUY DE LOME, Membre de l'Institut. — **L'Aérostat à hélice**. Note sur l'aérostat construit pour le compte de l'Etat. In-4, avec 9 grandes planches gravées sur acier; 1872. 6 fr. 50 c.

DURUTTE (le Comte C.), Compositeur, ancien élève de l'École Polytechnique. — **Esthétique musicale. Résumé élémentaire de la Technique harmonique et Complément de cette Technique**, suivi de l'*Exposé de la loi de l'enchaînement dans la mélodie, dans l'harmonie et dans leur concours*, et précédé d'une *Lettre de M. Ch. GOUNON, Membre de l'Institut*. Un beau volume in-8; 1876. 10 fr.

EBELMEN. — **Chimie, Céramique, Géologie, Métallurgie**, revues et corrigées par M. *Salvétat*. 3 forts vol. in-8, avec fig. dans le texte (2^e tirage); 1861. 15 fr.

ENDRÈS (E.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. — **Manuel du Conducteur des Ponts et Chaussées**, d'après le dernier *Programme officiel des examens*. Ouvrage indispensable aux Conducteurs et Employés secondaires des Ponts et Chaussées et des Compagnies de Chemins de fer, aux Gardes-Mines, aux Gardes et Sous-Officiers de l'Artillerie et du Génie, aux Agents voyers et à tous les Candidats à ces emplois. 5^e édition. 3 vol. in-8. 24 fr.

On vend séparément :

TOME I^{er}, PARTIE THÉORIQUE, avec 290 figures dans le

texte; et TOME II, PARTIE PRATIQUE, avec 323 figures dans le texte et 4 planches d'instruments dessinés et gravés d'après les meilleurs modèles. 2 vol. in-8; 1873. 15 fr.

TOME III, APPLICATIONS. Ce dernier volume est consacré à l'exposition des doctrines spéciales qui se rattachent à l'Art de l'ingénieur en général et au service des Ponts et Chaussées en particulier. In-8, avec 162 figures dans le texte; 1875. 9 fr.

ERMEL, Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures. — **Album des éléments et organes de machines** traités dans le Cours de Constructions de machines à l'École Centrale; suivi de planches relatives aux machines soufflantes, par M. Jordan, Professeur du Cours de Métallurgie. Portefeuille oblong, cartonné, contenant 19 planches de texte explicatif et 102 planches de dessins cotés; 1871. 13 fr.

FAÀ DE BRUNO (le chevalier Fr.), Docteur ès Sciences, Professeur de Mathématiques à l'Université de Turin. — **Théorie des formes binaires**. Un fort volume in-8; 1876. 16 fr.

FAÀ DE BRUNO (le Chevalier Fr.). — **Traité élémentaire du Calcul des Erreurs**, avec des Tables stéréotypées. Ouvrage utile à ceux qui cultivent les Sciences d'observation. In-8; 1869. 4 fr.

FAÀ DE BRUNO (le Chevalier Fr.). — **Théorie générale de l'élimination**. Grand in-8; 1859. 3 fr. 50 c.

FABRE (C.). — **Aide-Mémoire de Photographie pour 1877**, 2^e année. In-18, avec spécimens.

Prix: Broché. 1 fr. 75 c.

Cartonné. 2 fr. 25 c.

FATON (Le P.). — **Traité d'Arithmétique théorique et pratique**, en rapport avec les nouveaux Programmes d'enseignement, terminé par une petite Table de Logarithmes. Chaque théorie est suivie d'un choix d'Exercices gradués de calcul et d'un grand nombre de Problèmes. 8^e édition, revue et corrigée. In-12; 1875. (Autorisé par décision ministérielle.) Broché. 2 fr. 75 c.

Cartonné. 3 fr. 20 c.

FATON (Le P.). — **Premiers éléments d'Arithmétique**. 5^e édition. In-12; 1876. Broché. 1 fr. 50 c.

Cartonné. 1 fr. 90 c.

FAVRE (P.-A.), Correspondant de l'Institut (Académie des Sciences), Professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Marseille. — **Aide-Mémoire de Chimie à l'usage des Lycées et des établissements secondaires**, rédigé conformément au Programme du Baccalauréat ès Sciences. In-8, avec Atlas; 1864. 5 fr.

FINANCE (Ch.), Professeur au collège de Saint-Dié. — **Arithmétique**, à l'usage des Élèves des Écoles normales primaires, des Collèges, des Lycées et des Pensions, comprenant les matières exigées pour le brevet d'instituteur et pour l'admission aux Écoles des Arts et Métiers. Nouvelle édition, revue et augmentée. In-12, 1874. 2 fr. 50 c.

- FINANCE (Ch.).** — Arithmétique à l'usage des écoles primaires, des classes élémentaires des collèges, des lycées et des pensions. 2^e édition revue et augmentée. In-18 cartonné; 1875. 1 fr.
- FLAMMARION (Camille).** — Études et Lectures sur l'Astronomie. In-12 avec fig. et cartes; tomes I à VII; 1867-1869-1872-1873-1874-1875-1876. Chaque volume se vend séparément. 2 fr. 50 c.
- FRANCEUR (L.-B.).** — Uranographie, ou Traité élémentaire d'Astronomie, à l'usage des personnes peu versées dans les Mathématiques, des Géographes, des Marins, des Ingénieurs, accompagné de planisphères. 6^e édit. 1 vol. in-8, avec pl.; 1853. 10 fr.
- FRANCOEUR (L.-B.).** — Traité de Géodésie, comprenant la Topographie, l'Arpentage, le Nivellement, la Géométrie terrestre et astronomique, la Construction des Cartes, la Navigation, augmenté de Notes sur la mesure des bases, par M. Hossard. 4^e édition. In-8, avec 11 planches; 1865. (Rare.)
- FRENET (F.).** — Recueil d'Exercices sur le Calcul infinitésimal. Ouvrage destiné aux Candidats à l'École Polytechnique et à l'École Normale, aux Élèves de ces Écoles et aux personnes qui se préparent à la licence ès Sciences mathématiques. 3^e édition. In-8, avec figures dans le texte; 1873. 7 fr. 50 c.
- FREYCINET (Charles de).** — De l'Analyse infinitésimale, Étude sur la métaphysique du haut calcul. In-8, avec fig.; 1860. 6 fr.
- FREYCINET (Charles de),** Chef de l'exploitation des chemins de fer du Midi. — Des Pentes économiques en Chemins de fer. Recherches sur les dépenses des rampes. In-8; 1861. 6 fr.
- GAUSSIN,** Ingénieur hydrographe de la Marine. — Définition du Calcul quotientiel d'Eugène Gounelle. In-4; 1876. 2 fr.
- GÉRARDIN (H.),** Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. — Théorie des moteurs hydrauliques. Application et travaux exécutés pour l'alimentation du canal de l'Aisne à la Marne par les machines. In-8, avec Atlas in-folio raisin de 25 planches; 1873. 20 fr.
- GINOT-DESROIS (M^{lle}).** — Planisphère mobile, au moyen duquel on peut apprendre l'Astronomie seul et sans le secours des Mathématiques. 7^e éd., 1847; sur carton. 4 fr.
- GINOT-DESROIS (M^{lle}).** — Planisphère astronomique ou Calendrier astronomique perpétuel, donnant le quantième des mois, les jours de la semaine, les phases de la Lune, la place du Soleil dans l'écliptique pour un jour donné, le lever, le passage au méridien, le coucher de ces astres et des étoiles, ainsi que les principales éclipses de Soleil visibles à Paris depuis 1858 jusqu'en 1874, dans l'ordre de leur grandeur et dimension. 2^e éd., 1861; sur carton, avec une brochure in-8 donnant la description et les usages du Calendrier perpétuel. 5 fr.
- GIRARD (L.-D.),** Ingénieur civil. — Hydraulique. — Utilisation de la force vive de l'eau appliquée à l'industrie.

- Critique de la théorie connue et exposé d'une théorie nouvelle. In-4, avec Atlas de 13 planches; 1863. 8 fr.
- GIRARD (L.-D.)**. — Chemin de fer glissant, nouveau système de locomotion à propulsion hydraulique. In-4, avec atlas de 6 planches in-plano; 1864. 8 fr.
- GIRARD (L.-D.)**. — Élévation d'eau pour l'alimentation des villes et distribution de force à domicile.
- N° 1. Grand in-4, avec 2 planches et figures dans le texte; 1868. 3 fr.
- N° 2. Grand in-4, avec 2 planches et Atlas de 6 planches in-plano; 1869. 6 fr.
- Le prospectus détaillé des ouvrages de L.-D. GIRARD est envoyé aux personnes qui en font la demande par lettre affranchie. (La librairie Gauthier-Villars vient d'acquérir la propriété de tous les ouvrages de M. L.-D. Girard, et en a diminué les prix de vente.)*
- GRANDEAU (L.) et TROOST (L.)**. — **Traité pratique d'Analyse chimique**, par F. WÖHLER, Associé étranger de l'Institut de France. Édition française, publiée avec le concours de l'Auteur. 1 volume in-18 jésus, avec 76 figures dans le texte et une planche; 1866. 4 fr. 50 c.
- GRANDEAU**. — **Instruction pratique sur l'Analyse spectrale**, comprenant : 1° la description des appareils; 2° leur application aux recherches chimiques; 3° leur application aux observations physiques; 4° la projection des spectres. In-8 avec 2 planches sur cuivre et 1 planche chromolithographiée; 1863. 3 fr.
- HATON DE LA GOUILLIÈRE (J.-N.)**. — **Traité théorique et pratique des Engrenages**. In-8, avec figures dans le texte; 1861. 3 fr. 50 c.
- HATON DE LA GOUILLIÈRE (J.-N.)**. — **Traité des Mécanismes**, renfermant la théorie géométrique des organes et celle des résistances passives. In-8, avec 16 pl. gravées sur cuivre; 1864. 10 fr.
- HERMITE (Ch.)**, Membre de l'Institut. — **Cours d'Analyse de l'École Polytechnique**. PREMIÈRE PARTIE, contenant le *Calcul différentiel* et les *Premiers principes du Calcul intégral*. Un fort volume in-8, avec figures dans le texte; 1873. 14 fr.
- La SECONDE PARTIE contiendra la fin du Calcul intégral.*
- HIRN (G.-A.)**, Correspondant de l'Institut. — **Théorie mécanique de la Chaleur**. Première Partie et seconde Partie.
- PREMIÈRE PARTIE. — **Exposition analytique et expérimentale de la Théorie mécanique de la Chaleur**. 3^e édition, entièrement refondue. In-8, grand raisin, avec figures dans le texte. Tome I; 1875. 12 fr.
Tome II; 1876. 12 fr.
- SECONDE PARTIE (formant Ouvrage séparé). — **Conséquences philosophiques et métaphysiques de la Thermodynamique**. Analyse élémentaire de l'Univers. In-8 grand raisin; 1868. 10 fr.
- HIRN (G.-A.)**. — **Mémoire sur la Thermodynamique**. In-8, avec 2 planches; 1867. 5 fr.
- HIRN (G.-A.)**. — **Note sur les variations de la capa-**

- cité calorifique de l'eau, vers le maximum de densité. In-4; 1870. 1 fr.
- HIRN (G.-A.).** — Mémoire sur les conditions d'équilibre et sur la nature probable des anneaux de Saturne. In-4, avec planches; 1872. 4 fr.
- HIRN (G.-A.).** — Le Monde de Saturne, ses conditions d'existence et de durée; suivi d'une Note relative à l'expérience du pendule de Foucault. Lecture faite à la Société d'Histoire naturelle de Colmar. In-8, avec planch.; 1872. 1 fr. 50 c.
- HIRN (G.-A.).** — Mémoire sur les propriétés optiques de la flamme des corps en combustion et sur la température du Soleil. In-8; 1873. 1 fr. 25 c.
- HIRN (G.-A.).** — Théorie analytique élémentaire du Planimètre Amsler. Grand in-8, avec planches; 1875. 2 fr. 50 c.
- HOMMEY,** Capitaine de frégate en retraite. — Tables d'angles horaires. 2 volumes grand in-8 en tableaux. 15 fr.
- HOÜEL (J.),** Professeur de Mathématiques à la Faculté des Sciences de Bordeaux. — Tables de Logarithmes à cinq décimales, pour les nombres et les lignes trigonométriques, suivies des Logarithmes d'addition et de soustraction ou Logarithmes de Gauss et de diverses Tables usuelles. Nouvelle édit., revue et augmentée. Grand in-8; 1877. (Autorisé par décision ministérielle.) 2 fr.
- HOÜEL (J.).** — Recueil de formules et de Tables numériques. 2^e édit., grand in-8; 1868. 4 fr. 50 c.
- HOÜEL (J.).** — Essai critique sur les principes fondamentaux de la Géométrie élémentaire ou Commentaire sur les XXXII premières propositions des Éléments d'Euclide. In-8, avec figures; 1867. 2 fr. 50 c.
- HOÜEL (J.).** — Théorie élémentaire des quantités complexes. Grand in-8, avec figures dans le texte.
 I^{re} PARTIE: *Algèbre des quantités complexes*; 1867. (Rare.)
 II^e PARTIE: *Théorie des fonctions uniformes*; 1868. (Rare.)
 III^e PARTIE: *Théorie des fonctions multiformes*; 1871. 3 fr.
 IV^e PARTIE: *Théorie des Quaternions*; 1874. 8 fr.
 La I^{re} PARTIE se trouve encore dans le tome V (prix: 10 fr. 50 c.) et la II^e PARTIE dans le tome VI (prix: 11 fr.) des *Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux.* (Voir le CATALOGUE GÉNÉRAL.)
- HOÜEL (J.).** — Sur le développement de la fonction perturbatrice, suivant la forme adoptée par Hansen dans la théorie des petites planètes. In-8; 1875. 3 fr.
- IMBARD.** — De la Mesure du Temps, et Description de la Méridienne verticale portative du Temps vrai et du Temps moyen pour régler les pendules et les montres, etc. 2^e édition. In-18, avec pl.; 1857. 1 fr.
- INSTITUT DE FRANCE.** — Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences. Ces Comptes rendus paraissent régulièrement tous les dimanches, en un cahier de 32 à 40 pages, quelquefois de 80 à 120. L'abonnement est annuel, et part du 1^{er} janvier.

Prix de l'abonnement, franco :

Pour Paris. 20 fr. || Pour les départements. 30 fr.

Pour l'Union postale. 34 fr.

La collection complète, de 1835 à 1873, forme 77 volumes in-4. 770 fr.

Chaque année se vend séparément. 20 fr.

— **Table générale des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences**, par ordre de matières et par ordre alphabétique de noms d'auteurs.

Tables des tomes 1 à 31 (1835-1850). In-4, 1853. 20 fr.

Tables des tomes 32 à 61 (1851-1865). In-4, 1870. 20 fr.

— **Supplément aux Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences.**

Tomes I et II, 1856 et 1861, séparément. 25 fr.

INSTITUT DE FRANCE. — Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences, et imprimés par son ordre. 2^e série. In-4; tomes I à XXV, 1827-1877.

Chaque volume se vend séparément. 15 fr.

— **Mémoires de l'Académie des Sciences.** In-4; tomes I à XXXVIII et XL, 1816 à 1874 et 1876.

Chaque volume se vend séparément. 15 fr.

La librairie Gauthier-Villars, qui depuis le 1^{er} janvier 1877 a seule le dépôt des *Mémoires* publiés par l'Académie des Sciences, envoie franco sur demande la Table générale des matières contenues dans ces *Mémoires*.

INSTITUT DE FRANCE. — Recueil de Mémoires, Rapports et Documents relatifs à l'observation du passage de Vénus sur le Soleil.

1^{re} PARTIE. *Procès-verbaux des séances tenues par la Commission.* In-4; 1877. 12 fr. 50 c.

II^e PARTIE, avec SUPPLÉMENT. — *Mémoires.* In-4, avec 7 pl., dont 3 en chromolithographie; 1876. 12 fr. 50 c.

INSTRUCTION sur les paratonnerres. Voir POUILLLET et GAY-LUSSAC.

JAMIN (J.), Professeur de Physique à l'École Polytechnique. — **Cours de Physique de l'École Polytechnique.** 2^e édition. 3 forts volumes in-8 avec 1002 figures dans le texte et 8 planches sur acier; 1868-1871. (*Autorisé par décision ministérielle.*) 32 fr.

On vend séparément :

Le tome I (*Propriétés générales des corps, Hydrostatique, Electricité statique, Magnétisme*). 12 fr.

Les tomes II et III. 20 fr.

JAMIN. — **Cours de Physique de l'École Polytechnique.** APPENDICE AU TOME I^{er} : *Thermométrie, Dilatation, Optique géométrique, Problèmes et Solutions*; rédigé conformément au nouveau programme d'admission à l'École Polytechnique. In-8 de VIII-214 pages, avec 132 belles figures dans le texte; 1875. 3 fr. 50 c.

Le tome I^{er} du *Cours de Physique de l'École Polytechnique* de M. JAMIN et l'*Appendice* à ce tome I^{er} comprennent l'exposition détaillée et très-complète des matières exigées pour l'admission à l'École Polytechnique. Les

Élèves de Mathématiques spéciales qui suivront ce *Cours* (tome I^{er} et Appendice) auront ainsi entre les mains le premier volume d'un grand *Traité de Physique* qu'ils pourront compléter ultérieurement, si, poursuivant l'étude de cette science, ils se préparent à la Licence ou entrent dans une des grandes Ecoles du Gouvernement.

JAMIN (J.). — *Petit Traité de Physique*, à l'usage des Établissements d'Instruction, des aspirants aux Baccalauréats et des candidats aux Écoles du Gouvernement. In-8, avec 685 figures dans le texte; 1870. 8 fr.

Ce livre élémentaire est conçu dans un esprit nouveau. Dès les premiers mots, l'Auteur démontre que la chaleur est un mouvement moléculaire, et cette idée guide ensuite le lecteur dans toutes les expériences, et les explique. La Terre et les aimants n'étant que des solénoïdes, on fait dépendre le magnétisme de l'électricité. L'Acoustique montre dans leurs détails les vibrations longitudinales, transversales, circulaires et elliptiques, elle prépare à l'Optique. Cette dernière Partie enfin est l'étude des vibrations de toute sorte qui se produisent dans l'éther; les interférences et la polarisation sont expliquées de la manière la plus élémentaire, et la Théorie vibratoire est rendue accessible à tous. L'Auteur espère que les modifications qu'il propose dans l'enseignement de la Physique seront approuvées par ses collègues, et qu'elles seront profitables aux élèves en les délivrant de ce que les savants ont abandonné, en élevant leur esprit jusqu'à de plus hautes conceptions, en leur montrant l'ensemble philosophique d'une science déjà très-avancée, et qui semble toucher à son terme.

JONQUIÈRES (E. de), Lieutenant de vaisseau. — *Mélanges de Géométrie pure*. In-8, avec planches; 1856. 5 fr.

JORDAN (Camille), Ingénieur des Mines. — *Traité des Substitutions et des Équations algébriques*. In-4; 1870. 30 fr.

JOUBERT (le P.), Professeur à l'École Sainte-Genève. — *Sur les équations qui se rencontrent dans la théorie de la transformation des fonctions elliptiques*. In-4; 1876. 5 fr.

JOURNAL DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, publié par le Conseil d'Instruction de cet Établissement. 44 Cahiers formant 27 volumes in-4, avec figures et planches. 500 fr.

Le XLV^e Cahier est sous presse.

JOURNAL DE MATHÉMATIQUES PURES ET APPLIQUÉES, ou *Recueil mensuel de Mémoires sur les diverses parties des Mathématiques*, fondé en 1836 et publié jusqu'en 1874 par M. J. Liouville. — A partir de 1875, le *Journal de Mathématiques* est publié par M. H. Resal, Membre de l'Institut, avec la collaboration de plusieurs savants.

1^{re} Série, 20 volumes in-4, années 1836 à 1855 (au lieu de 600 francs). 400 fr.

Chaque volume pris séparément, au lieu de 30 fr. 25 fr.

2^e Série, 19 volumes in-4, années 1856 à 1874 (au lieu de 570 fr.). 380 fr.

Chaque volume pris séparément, au lieu de 30 fr., 25 fr.

La 3^e Série, commencée en 1875, continue de paraître chaque mois par cahier de 32 à 48 pages. L'abonnement est annuel, et part du 1^{er} janvier.

- Prix de l'abonnement, par année, pour Paris. 30 fr.
 Europe, Algérie, Égypte, Maroc, Russie
 d'Asie, Tunisie, Turquie d'Asie. 35 fr.
 États-Unis de l'Amérique du Nord. 37 fr.
 Autres pays. 40 fr.
- **Table générale des 20 volumes composant la 1^{re} Série.** In-4. 3 fr. 50 c.
 — **Table générale des 15 premiers volumes de la 2^e Série.** In-4. 3 fr. 50 c.
- JULIEN (Stanislas)**, Membre de l'Institut. — **Histoire et Fabrication de la Porcelaine chinoise.** Ouvrage traduit du chinois, accompagné de Notes et Additions par M. Salvétat, et augmenté d'un **Mémoire sur la Porcelaine du Japon.** Grand in-8, avec 14 pl., figures gravées sur bois, et une carte de la Chine; 1856. 6 fr.
- JULLIEN (A.)**, Licencié ès Sciences mathématiques et physiques. — **Méthode nouvelle pour l'enseignement de la Géométrie descriptive (Perspectives et Reliefs.)**
 La Méthode se compose d'un Cours élémentaire et d'une Collection de Reliefs, qui se vendent séparément, savoir :
Cours élémentaire de Géométrie descriptive, conforme au programme du Baccalauréat ès Sciences.
 In-18 jésus avec figures et 143 planches intercalées dans le texte; 1875. Cartonné. 3 fr. 50 c.
Collection de Reliefs à pièces mobiles se rapportant aux questions principales du Cours élémentaire :
Petite boîte, comprenant 30 reliefs, avec 118 pièces métalliques pour monter les reliefs. (*Port non compris.*) 10 fr.
Grande boîte, comprenant les mêmes reliefs tout montés. (*Port non compris.*) 15 fr.
- JULLIEN (le P.)**, de la Compagnie de Jésus. — **Problèmes de Mécanique rationnelle** disposés pour servir d'applications aux principes enseignés dans les Cours. Cet Ouvrage renferme les questions nouvellement introduites dans le Programme de la Licence et de nombreuses applications pratiques. 2 volumes in-8, avec fig. dans le texte; 2^e édition; 1867. 15 fr.
- KIAËS**, Chef des travaux graphiques à l'École Polytechnique et ancien Élève de cette École. — **Arithmétique élémentaire**, approuvée par le Ministre de la Guerre pour l'enseignement des caporaux et sapeurs dans les Ecoles régim. du Génie. In-12 cart. 2^e éd.; 1874. 1 fr. 20 c.
- KIAËS**. — **Traité d'Arithmétique**, approuvé par le Ministre pour l'enseignement des sous-officiers dans les Ecoles régim. du Génie. In-12; 1867. 2 fr. 75 c.
 Cartonné. 3 fr. 20 c.
- KRETZ**, Ingénieur en chef des Manufactures de l'État. **Matière et Éther; indication d'une méthode pour établir les propriétés de l'éther.** In-18 jésus; 1875. 1 fr. 50 c.
- LACROIX**. — **Traité élémentaire d'Arithmétique**, 22^e édition. In-8; 1848. 2 fr.
- LACROIX**. — **Éléments de Géométrie**, suivis de *Notions sur les courbes usuelles.* 19^e édition, revue par M. Prouhet. In-8, avec 220 figures dans le texte; 1874. (*Autorisé par décision ministérielle.*) 4 fr.

- LACROIX.** — **Éléments d'Algèbre.** 2^e édit., revue par M. Prouhet. In-8; 1871. 6 fr.
- LACROIX.** — **Complément des Éléments d'Algèbre.** 7^e édition. In-8; 1863. 4 fr.
- LACROIX.** — **Traité élémentaire de Trigonométrie rectiligne et sphérique, et d'Application de l'Algèbre à la Géométrie.** In-8, avec planches; 1863. 11^e édition, revue et corrigée. 4 fr.
- LACROIX.** — **Introduction à la connaissance de la Sphère.** 4^e édition. In-18; avec planches; 1872. *Ouvrage choisi par S. Exc. le Ministre de l'Instruction publique pour les Bibliothèques scolaires.* 1 fr. 25 c.
- LACROIX.** — **Traité élémentaire de Calcul différentiel et de Calcul intégral.** 8^e édition, revue et augmentée de Notes par MM. *Hermite et J.-A. Serret*, Membres de l'Institut. 2 vol. in-8 avec pl.; 1874. 15 fr.
- LACROIX.** — **Traité élémentaire du Calcul des Probabilités.** 4^e édition. In-8, avec planche; 1864. 5 fr.
- LACROIX.** — **Introduction à la Géographie mathématique et critique et à la Géographie physique.** In-8, avec planches; 1847. 7 fr.
- LA GOURNERIE (de).** — **Traité de Perspective linéaire.** In-4, avec Atlas de 45 planches in-folio dont 8 doubles; 1859. 40 fr.
- LA GOURNERIE (de).** — **Traité de Géométrie descriptive.** In-4, publié en trois Parties avec Atlas; 1873-1862-1864. 30 fr.
Chaque Partie se vend séparément. 10 fr.
La I^{re} PARTIE (2^e édition) contient tout ce qui est exigé pour l'admission à l'École Polytechnique.
Les II^e et III^e PARTIES sont le développement du Cours de Géométrie descriptive professé à l'École Polytechnique.
- LAGRANGE.** — **Mécanique analytique.** 3^e édition, revue, corrigée et annotée par M. *J. Bertrand*. 2 vol. in-4; 1855. 40 fr.
- LAGRANGE.** — **Œuvres publiées par les soins de M. Serret**, Membre de l'Institut, sous les auspices du Ministre de l'Instruction publique. Tomes I à VI; 1867, 1874. — Chaque volume se vend séparément. 30 fr.
Le tome VII est sous presse.
- LALANDE.** — **Tables de Logarithmes pour les Nombres et les Sinus à CINQ DÉCIMALES;** revues par le baron *Reynaud*. Nouvelle édition augmentée de *Formules pour la Résolution des Triangles*, par M. *Bailleul*, typographe. In-18; 1875. (*Autorisé par décision du Ministre de l'Instruction publique.*) 2 fr.
Cartonné. 2 fr. 40 c.
- LALANDE.** — **Tables de Logarithmes, étendues à SEPT DÉCIMALES,** par *F.-C.-M. Marie*, précédées d'une Instruction par le baron *Reynaud*. Nouvelle édition augmentée de *Formules pour la Résolution des Triangles*, par M. *Bailleul*, typographe. In-12; 1877. 3 fr. 50 c.
Cartonné. 3 fr. 90 c.

- LAMÉ (G.)**, Membre de l'Institut. — **Leçons sur les fonctions inverses des transcendentes et les Surfaces isothermes.** In-8, avec figures dans le texte; 1857. 5 fr.
- LAMÉ (G.)**. — **Leçons sur les Coordonnées curvilignes et leurs diverses applications.** In-8, avec figures dans le texte; 1859. 5 fr.
- LAMÉ (G.)**. — **Leçons sur la Théorie mathématique de l'élasticité des corps solides.** In-8, avec planches. 2^e édition; 1866. 6 fr. 50 c.
- LAMÉ (G.)**. — **Leçons sur la Théorie analytique de la Chaleur.** In-8, avec figures; 1861. 6 fr. 50 c.
- LAPLACE**. — **Exposition du Système du Monde.** 6^e édit., précédée de l'Éloge de l'auteur par M. le baron Fourier. In-4, papier fin, avec portrait; 1835. 15 fr.
- LAPLACE**. — **Essai philosophique sur les Probabilités.** 6^e édition. In-8; 1840. 5 fr.
- LAPLACE**. — **Précis de l'Histoire de l'Astronomie.** 2^e édition. In-8; 1863. 3 fr.
- LAUGEL (Aug.)**, ancien Elève de l'École Polytechnique. — **Science et Philosophie.** In-18 Jésus 1863. 3 fr. 50 c.
- LAURENT (A.)**, Correspondant de l'Institut. — **Méthode de Chimie**, précédée d'un *Avis au Lecteur*, par Biot. In-8, avec figures; 1854. 8 fr.
- LAURENT (H.)**, Officier du Génie, ancien Elève de l'École Polytechn. — **Théorie des Séries.** In-8; 1862. 4 fr.
- LAURENT (H.)**. — **Théorie des Résidus.** In-8, avec figures dans le texte; 1865. 4 fr.
- LAURENT (H.)**. — **Traité d'Algèbre**, à l'usage des Candidats aux Écoles du Gouvern. 2^e éd., mise en harmonie avec les derniers Progr. In-8; 1875. 7 fr. 50 c.
- LAURENT (H.)**. — **Traité de Mécanique rationnelle** à l'usage des Candidats à l'Agrégation et à la Licence. 2^e édit. 2 vol. in-8 avec figures; 1877. (Sous presse.)
- LAURENT (H.)**. — **Traité du Calcul des probabilités.** In-8; 1873. 7 fr. 50 c.
- LEBESGUE**. — **Exercices d'Analyse numérique**, relatifs à l'Analyse indéterminée et à la Théorie des nombres. In-8; 1859. 2 fr. 50 c.
- LE COINTE (I.-L.-A.)**. — **Solutions développées de 300 Problèmes** qui ont été proposés dans les compositions mathématiques pour l'admission au grade de Bachelier ès Sciences dans diverses Facultés de France. In-8, avec figures dans le texte; 1865. 6 fr.
- LECOQ DE BOISBAUDRAN**. — **Spectres lumineux**— Spectres prismatiques et en longueurs d'ondes, destinés aux recherches de Chimie minérale. Grand in-8, avec atlas contenant 20 belles planches gravées sur acier; 1874. 20 fr.
- LE FÈVRE (le B. Pierre)**. — **Mémorial du Bienheureux Pierre Le Fèvre**, premier compagnon de S. Ignace de Loyola, publié pour la première fois en son texte latin et traduit en français par le P. Marcel Bouix, S. J. In-18 raisin, viii-455 pages, titre en noir et rouge; 1874. 3 fr. 50 c.
- LEFÈVRE**. — **Abrégé du nouveau traité de l'Arpen-**

- tage, ou **Guide pratique et mémoratif de l'Arpenteur**, particulièrement destiné aux personnes qui n'ont point étudié la Géométrie. Gros volume in-12, avec 18 pl., dont une coloriée. 7 fr.
- LEFORT (F.)**. — **Tables des surfaces de déblai et de remblai, des largeurs d'emprise et des longueurs des talus**, relatives à un chemin de fer à deux voies ou à une *Route de 10 mètres* de largeur entre fosses, pour des cotes sur l'axe de 0^m à 15^m et pour des déclivités sur le profil transversal de 0^m à 0^m,25. Gr. in-8 sur jés.; 1861. 3 fr.
MÊMES TABLES relatives à une *Route de 8 mètres*. Grand in-8 sur jésus; 1863. 3 fr.
MÊMES TABLES relatives à un chemin de fer, à une voie ou à une *Route de 6 mètres*, etc. Grand in-8 sur jésus; 1862. 3 fr.
- LEFORT (F.)**, Inspecteur général des Ponts et Chaussées. — **Sur les bases des calculs de stabilité des ponts à tabliers métalliques**. Examen critique des bases de calculs, habituellement en usage pour apprécier la stabilité des ponts à tabliers métalliques soutenus par des poutres droites prismatiques, et *propositions pour l'adoption de bases nouvelles*. Ouvrage approuvé par l'Académie des Sciences sur le Rapport de M. de Saint-Venant et honoré d'une souscription du Ministre des Travaux publics. In-4, avec 4 grandes planches; 1876. 4 fr.
- LENTHERIC (J.)**, Professeur à l'École du Génie de Montpellier. — **Exposition élémentaire des diverses Théories de la Géométrie moderne**. In-4, avec 6 planches; 1874. 6 fr. 50 c.
- LEONELLI**. — **Supplément logarithmique**, précédé d'une NOTICE sur l'Auteur, par M. J. Houël, Professeur de Mathématiques pures à la Faculté des Sciences de Bordeaux. 2^e édition. In-8; 1876. 4 fr.
- LEPRIEUR**, Trésorier de l'École Polytechnique. — **Répertoire de l'École Polytechnique de 1855 à 1865**, faisant suite au *Répertoire* publié par M. Mariette. In-8; 1867. 3 fr.
- LEROY (C.-F.-A.)**, ancien Professeur à l'École Polytechnique et à l'École Normale supérieure. — **Traité de Stéréotomie**, comprenant les **Applications de la Géométrie descriptive à la Théorie des Ombres, la Perspective linéaire, la Gnomonique, la Coupe des Pierres et la Charpente**. 7^e édition, revue et annotée par M. E. Martelet, ancien élève de l'École Polytechnique, professeur de Géométrie descriptive à l'École centrale des Arts et Manufactures. In-4, avec Atlas de 74 pl. in-folio; 1877. 26 fr.
- LEROY (C.-F.-A.)**. — **Traité de Géométrie descriptive**. 10^e édition, revue et annotée par M. Martelet. In-4, avec Atlas de 71 planches; 1877. 16 fr.
- LEVY (Maurice)**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Docteur ès Sciences. — **La Statique graphique**, et ses *Applications aux Constructions*. Un beau volume grand in-8, avec un Atlas même format, comprenant 14 planches doubles; 1874. 16 fr. 50 c.
- LE TELLIER (le D^r)**. — **Nouveau système de Sténographie**. In-8 raisin, avec 37 pl.; 1869. 2 fr. 50 c.

LIONNET (E.), Agrégé de l'Université, examinateur suppléant d'admission à l'École Navale — **Éléments d'Arithmétique**. 3^e édition. In-8; 1857. (*Autorisé par l'Université.*) 4 fr.

LIONNET (E.). — **Algèbre élémentaire**. 3^e édition. In-8; 1868. 4 fr.

LONCHAMPT (A.). — **Recueil des principaux Problèmes posés dans les examens pour l'École Polytechnique et pour l'École Centrale des Arts et Manufactures**, ainsi que dans les conférences des *Ecoles préparatoires les plus importantes de Paris. Énoncés et Solutions*, 1 volume lithographié, grand in-8 sur Jésus; 1865. 8 fr.

LONCHAMPT (A.), Préparateur aux baccalauréats ès lettres et ès sciences, et aux Écoles du Gouvernement. — **Recueil de Problèmes tirés des compositions données à la Sorbonne, de 1853 à 1875-1876, pour les Baccalauréats ès sciences**, suivis des compositions de Mathématiques élémentaires, de Physique, de Chimie et de Sciences naturelles, données aux *Concours généraux* de 1846 à 1875-1876, et de *types d'examens du baccalauréat ès lettres et des baccalauréats ès sciences*. 2^e édition; in-18 Jésus, avec figures dans le texte et planches; 1876-1877.

1^{re} PARTIE : **Arithmétique**. — **Algèbre**. — **Trigonométrie**..... Questions. 1 fr. »

Solutions. 1 fr. 80 c.

2^e PARTIE : **Géométrie**..... Questions. 1 fr. »

Atlas 60 c.

Solutions. 2 fr. 80 c.

3^e PARTIE : **Approximations numériques** (THEORIE ET APPLICATION). — **Maxima et minima** (THEORIE ET QUESTIONS). — **Courbes usuelles, Géométrie descriptive, Cosmographie, Mécanique.**

Théories et Questions 1 fr. 50 c.

Solutions 1 fr. 50 c.

4^e PARTIE : **Physique**. — **Chimie**. *Questions*. *Sous presse*.

Solutions (*Sous presse*).

5^e PARTIE : **Types d'examens du Baccalauréat ès lettres et du Baccalauréat ès sciences complet, du Baccalauréat ès sciences restreint**. — **Compositions de Mathématiques élémentaires et des Sciences physiques données aux Concours généraux de 1849 à 1876.** *Sous presse*.

LOYAU (Achille), Ingénieur des Arts et Manufactures. — **Album de charpentes en bois**, représentant différents types de *planchers, pans de bois, charpentes, échafaudages, ponts provisoires*, etc. Grand in-12 enant 120 planches de dessins cotés; 1873. 25 fr.

MAHISTRE, Professeur à la Faculté des Sciences. — **L'art de tracer les Cadres solaires**, à l'usage des instituteurs et des personnes qui savent manier la règle et le compas. (*Approuvé par le Conseil de l'Université.*) 2^e éd. In-18, avec fig. dans le texte. 1 fr. 25 c.

MAHISTRE. — **Cours de Mécanique**. 1 volume in-8, avec 211 figures intercalées dans le texte. 8 fr.

- MAIRE**, Capitaine du Génie. — **Éléments de fortification passagère**, à l'usage des officiers de toutes armes. I^{re} et II^e PARTIE : *Étude générale des retranchements. Construction et organisation des retranchements.* In-8 avec figures; 1875. 4 fr.
III^e PARTIE : *Application au terrain.* In-8; 1875. 4 fr.
- MANSION (Paul)**, Professeur à l'Université de Gand. — **Théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre.** In-8; 1875. 6 fr.
- MARIE**, Professeur de Topographie. — **Principes du Dessin et du Lavis de la Carte topographique**, accompagnés de 9 modèles, dont 8 sont coloriés avec soin. 1 vol. in-4 oblong; 1825. 15 fr.
- MARIE**. — **Géométrie stéréographique, ou Relief des polyèdres, pour faciliter l'étude des corps**, avec 25 planches gravées et découpées de manière à reconstituer les polyèdres. In-8. 5 fr.
- MARIE (Maximilien)**, Répétiteur à l'École Polytechnique. — **Théorie des fonctions des variables imaginaires.** 3 volumes grand in-8, de 280 à 300 pages; 1874-1875-1876. 20 fr.
- MARIÉ-DAVY**, Directeur de l'Observatoire de Montsouris. — **Instructions pour les observations météorologiques** (baromètres, thermomètres, actinomètre, hygromètres, psychromètres, pluviomètre, évaporomètre, anémomètre, phénomènes divers, *Tables de réduction*, etc.). In-4, avec figures dans le texte; 1876. 2 fr. 50 c.
- MARIELLE**. — **Répertoire de l'École Polytechnique depuis l'époque de sa création en 1794 jusqu'en 1855 inclusivement.** (Voir LEPRIEUR, page 22, pour la suite du Répertoire.) In-8; 1855. 5 fr.
- MASTAING (de)**, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures. — **Cours de Mécanique appliquée à la résistance des matériaux.** Leçons professées à l'École centrale de 1862 à 1872 par M. de Mastaing et rédigées par M. Courtès Lapeyrat, Ingénieur des Arts et Manufactures, répétiteur du Cours. Grand in-8 avec nombreuses figures dans le texte et planche; 1874. 15 fr.
- MATHIEU (Émile)**, Professeur à la Faculté des Sciences de Besançon. — **Cours de Physique mathématique.** In-4; 1873. 15 fr.
- MEISSAS (N.)**. — **Tables pour servir aux Études et à l'exécution des chemins de fer, ainsi que dans tous les travaux où l'on fait usage du Cercle et de la Mesure des angles.** 2^e édition; 1867. 8 fr.
- MÉMORIAL DE L'ARTILLERIE**, rédigé par les soins du Comité de l'Artillerie. Volume in-8, avec Atlas cartonné de 24 planches (n^o VIII); 1867. 12 fr.
Ce volume contient l'historique des modifications successives introduites dans l'organisation du personnel et dans le matériel de l'Artillerie, par suite de l'adoption des *bouches à feu rayées*.
- MÉMORIAL DE L'OFFICIER DU GÉNIE**, ou Recueil de Mémoires, Expériences, Observations et Procédés propres à perfectionner la Fortification et les Con-

structions militaires; rédigé par les soins du Comité des Fortifications, avec l'approbation du Ministre de la Guerre. In-8, avec planches et nombreuses figures dans le texte. Chaque volume, à partir du N^o 21, se vend séparément. 7 fr. 50 c.

Les N^{os} 21 (1873), 22 (1874), 23 (1874), 24 (1875) 25 (1876), sont en vente. Le N^o 26 est sous presse.

Pour recevoir franco, ajouter 70 c. par volume.

MOIGNO (l'Abbé). — Calcul des Variations. In-8; 1861. 6 fr.

MOIGNO (l'Abbé). — Leçons de Mécanique analytique, rédigées principalement d'après les méthodes d'*Augustin Cauchy*, et étendues aux travaux les plus récents. Statique. In-8, avec planches; 1868. 12 fr.

MOIGNO (l'Abbé). — Actualités scientifiques.

PREMIÈRE SÉRIE.

- 1^o Analyse spectrale des Corps célestes; par *Huggins*. 1 fr. 50 c.
- 2^o Calorescence. — Influence des couleurs; par *Tyndall*. 1 fr. 50 c.
- 3^o La Matière et la Force; par *Tyndall*. 1 fr. 50 c.
- 4^o Les Éclairages modernes; par l'Abbé *Moigno*. (Épuisé.)
- 5^o Sept Leçons de Physique générale; par *A. Cauchy*. 1 fr. 50 c.
- 6^o Physique moléculaire; par l'Abbé *Moigno*. (Épuisé.)
- 7^o Chaleur et Froid; par *Tyndall*. 2 fr.
- 8^o Sur la Radiation; par *Tyndall*. 1 fr. 25 c.
- 9^o Sur la force de combinaison des atomes; par *Hofmann*. 1 fr. 25 c.
- 10^o Faraday inventeur; par *Tyndall*. 2 fr.
- 11^o Saccharimétrie optique, chimique et mélassimétrique; par l'Abbé *Moigno*. 3 fr. 50 c.
- 12^o La Science anglaise, son bilan en 1868 (réunion à Norwich); par l'Abbé *Moigno*. 2 fr. 50 c.
- 13^o Mélanges de Physique et de Chimie pures et appliquées; par *Frankland, Graham, Macquorn-Rankine, Perkin, Sainte-Claire Deville, Tyndall*. 3 fr. 50 c.
- 14^o Les Aliments; par *Letheby*. 3 fr.
- 15^o Constitution de la Matière; par le P. *Leray*. 2 fr.
- 16^o Esquisse historique de la Théorie dynamique de la Chaleur; par *Tait*. 3 fr. 50
- 17^o Théorie du Vélocipède. — Sur les lois de l'écoulement de la vapeur; par *Macquorn-Rankine*. 1 fr. 50
- 18^o Les Métamorphoses chimiques du Carbone; par *Odling*. 2 fr.
- 19^o Programme d'un cours en sept leçons sur les phénomènes et les théories électriques; par *Tyndall*. 1 fr. 50
- 20^o Géologie des Alpes et du tunnel des Alpes; par *Elie de Beaumont et Sismonda*. 2 fr.
- 21^o La Science anglaise, son bilan en 1869 (réunion à Exeter). 3 fr. 50 c.
- 22^o La Lumière; par *Tyndall*. 2 fr.
- 23^o Les Agents explosifs modernes et leurs applications; par l'Abbé *Moigno*. 2 fr.

- 24° **Religion et Patrie**, vengées de la fausse science et de l'envie haineuse; par l'Abbé *Moigno*. 1 fr. 50 c.
- 25° **Éléments de Thermodynamique**; par *J. Moutier*. 2 fr. 50 c.
- 26° **Sur la force de la Poudre et des Matières explosives**; par *M. Berthelot*. 3 fr. 50 c.
- 27° **Sursaturation des solutions gazeuses**; par *Tomlinson*. 2 fr.
- 28° **Optique moléculaire. Effets de précipitation, de décomposition, d'illumination produits par la lumière**; par l'Abbé *Moigno*. 2 fr. 50 c.
- 29° **L'Architecture du monde des atomes**, avec 100 fig. dans le texte; par *Gaudin*. 5 fr.
- 30° **Étude sur les éclairs**; par *P. Perrin*. 2 fr. 50 c.
- 31° **Manuel pratique militaire des chemins de fer**, avec nombr. fig.; par le capitaine *Issalène*. 2 fr. 50
- 32° **Instruction sur les Paratonnerres**; par *Pouillet et Gay-Lussac*; avec 58 fig. et planche. 2 fr. 50 c.
- 33° **Tables barométriques et hypsométriques pour le calcul des hauteurs**, précédées d'une *Instruction*, par *R. Radau*. 1 fr.
- 34° **Les passages de Vénus sur le disque solaire**, avec figures; par *Edm. Dubois*. 3 fr. 50 c.
- 35° **Manuel élémentaire de Photographie au collodion humide**, avec figures; par *Dumoulin*. 1 fr. 50
- 36° **Problèmes plaisants et délectables qui se font par les nombres**; par *Bachet, sieur de Méziriac*. 3^e éd., revue par *Labosne*. Un joli vol., petit in-8, elzévir, papier vergé, couverture parchemin. 6 fr.
- 37° **La Chaleur considérée comme un mode de mouvement**; par *Tyndall*. 2^e édition française, avec nombreuses figures; 1874. 8 fr.
- 38° **L'Astronomie pratique et les observatoires en Europe et en Amérique**, depuis le milieu du xvii^e siècle jusqu'à nos jours; par *André et Rayet*. In-8 Jésus, avec belles figures dans le texte et planches en couleur.
- 1^{re} PARTIE: *Angleterre*. 4 fr. 50 c.
- II^e PARTIE: *Écosse, Irlande et Colonies anglaises*. 4 fr. 50 c.
- III^e PARTIE: *Amérique du Nord*. 4 fr. 50 c.
- IV^e PARTIE: *Amérique du Sud, et Météorologie américaine*. (Sous presse.)
- 39° **Méthodes chimiques pour la recherche des falsifications, l'essai, l'analyse des matières fertilisantes**; par *Ferdinand Jean*. 3 fr. 50 c.
- 40° **Premières leçons de Photographie**, avec figures; par *Perrot de Chaumeux*. 1 fr. 50 c.
- 41° **Les Mines dans la guerre de campagne**. — Exposé des divers procédés d'inflammation des mines et des pétards de rupture. — Emploi de préparations pyrotechniques et emploi de l'électricité, avec 51 fig. dans le texte; par le capit. *Picardat*. 2 fr. 50
- 42° **Essai sur une manière de représenter les quantités**

- imaginaires dans les constructions géométriques, par R. ARGAND. 2^e édition, précédée d'une préface par M. J. Hoüel. 5 fr.
- 43^o **Essai sur les piles**, par A. Callaud. 2^e édition, avec 2 planches. (Ouvrage couronné par la Société des Sciences de Lille.) 2 fr. 50 c.
- 44^o **Matière et Éther**; indication d'une méthode pour établir les propriétés de l'Éther, par Kretz, Ingénieur en chef des Manufactures de l'État. 1 fr. 50 c.
- 45^o **L'Unité dynamique des forces et des phénomènes de la nature, ou l'Atome tourbillon**; par F. Marco, Professeur au Lycée Cavour, à Turin. 2 fr. 50 c.
- 46^o **Physique et Physique du Globe**. Divers Mémoires de MM. Tyndall, Carpenter, Ramsay, Raphaël de Rossi et Félix Plateau. Traduit par l'Abbé Moigno. 2 fr. 50 c.
- 47^o **La grande pyramide, pharaonique de nom, humaine de fait**; ses merveilles, ses mystères et ses enseignements; par M. Piazzi Smyth, Astronome royal d'Écosse. Traduit de l'anglais par l'abbé Moigno. 3 fr. 50 c.
- 48^o **La Foi et la Science**; explosion de la libre pensée en août et septembre 1874. Discours annotés de MM Tyndall, du Bois-Reymond, Owen, Huxley, Hooker et Sir John Lubbock; par l'Abbé Moigno. 3 fr.
- 49^o **Les insuccès en Photographie; causes et remèdes**, suivis de la retouche des clichés et du gélatinage des épreuves; par Cordier. 3^e édit. 1 fr. 75 c.
- 50^o **La Photolithographie, son origine, ses procédés, ses applications**; par C. Fortier. Petit in-8, orné de planches, fleurons, culs-de-lampe, etc., obtenus au moyen de la Photolithographie. 3 fr. 50 c.
- 51^o **Procédé au Collodion sec**; par F. Boivin. 2^e édit., augmentée des formulaires de Th. Sutton, des tirages aux poudres inertes (procédé au charbon), ainsi que de notions pratiques sur la Photolithographie, l'électrogravure et l'impression à l'encre grasse. 1 fr. 50 c.
- 52^o **Les Pandynamomètres de torsion et de flexion**, *Théorie et application*; avec 2 grandes planches; par M. G.-A. Hirn. 2 fr.
- 53^o **Notice sur les Aréomètres employés dans l'industrie, le commerce et les sciences**, avec figures dans le texte; par Baserga, constructeur d'instruments. 1 fr. 50 c.
- 54^o **Manuel du Magnanier**, application des théories de M. PASTEUR à l'éducation des vers à soie; par L. Roman. Un beau volume avec nombreuses figures ombrées dans le texte et 6 planches en couleur. 4 fr. 50 c.
- 55^o **Les Couleurs reproduites en Photographie**; Historique, théorie et pratique; par Eug. Dumoutin. 1 fr. 50 c.
- 56^o **Progrès récents de l'Astronomie stellaire**; par R. Radau. 1 fr. 50 c.

57° Les Observatoires de montagne (avec figures dans le texte); par *R. Radau*. 1 fr. 50 c.

58° Les poussières de l'air, avec figures dans le texte et 4 planches; par *Gaston Tissandier*. 2 fr. 25 c.

DEUXIÈME SÉRIE. — Cours de science illustrée.

1° L'Art des projections, avec 103 fig. 2 fr. 50 c.

2° Photomicrographie en 100 tableaux pour projections; par *Girard*. 1 fr. 50 c.

3° Les Accidents, secours en l'absence de l'homme de l'art; par *Smée*. 1 fr. 25 c.

4° L'Anatomie et l'Histologie, enseignées par les projections lumineuses; par le Dr *Le Bon*. 1 fr.

MOLLET (J.). — Gnomonique graphique, ou Méthode facile pour tracer les Cadrans solaires sur toutes sortes de Plans, en ne faisant usage que de la règle et du compas. 6^e édit. In-8, avec pl.; 1865. 3 fr. 50 c.

MOUCHOT, Professeur au Lycée de Tours. — La Chaleur solaire et ses applications industrielles. In-8, avec fig. dans le texte; 1869. 3 fr.

NAUDIER, Docteur en droit, conseiller de préfecture de l'Aube. — Traité théorique et pratique de la Législation et de la Jurisprudence des Mines, des Minières et des Carrières. In-8; 1877. 10 fr.

NOURY. — Tarifs d'après le Système métrique décimal pour cuber les bois carrés ou en grume ou ronds, et tous les corps solides quelconques, ainsi que les colis ou ballots, caisses, etc. 3^e édit. In-8; 1877. (Approuvé par les Ministres de l'Intérieur et de la Marine.) 4 fr.

NOUVELLES ANNALES DE MATHÉMATIQUES. Journal des Candidats aux Écoles Polytechnique et Normale, rédigé par MM. *Gerono* et *Brisse*. (Publication fondée en 1842 par MM. *Gerono* et *Terquem*, et continuée par MM. *Gerono*, *Prouhet* et *Bourget*.)

1^{re} Série, 20 vol. in-8, années 1842 à 1861. 240 fr.

Les tomes I à VII, X et XVI à XX (1842-1848, 1851 et 1857 à 1861) ne se vendent pas séparément. Les autres tomes de la 1^{re} série se vendent séparément. 12 fr.

La 2^e Série, commencée en 1862, continue de paraître chaque mois par cahier de 48 pages. L'abonnement est annuel, et part du 1^{er} janvier.

Prix de l'abonnement pour Paris. 15 fr.

Europe, Algérie, Égypte, Maroc, Russie d'Asie, Tunisie, Turquie d'Asie..... 17 fr.

Etats-Unis de l'Amérique du Nord..... 19 fr.

Autres pays..... 20 fr.

Les tomes I à VIII (1862 à 1869) de la 2^e Série ne se vendent pas séparément. Les tomes suivants se vendent séparément. 15 fr.

OGER (F.), Professeur d'Histoire et de Géographie, Maître de Conférences au Collège Sainte-Barbe. — Géographie de la France et Géographie générale, physique, militaire, historique, politique, administrative et statistique, rédigée conformément au Programme officiel, à l'usage des Candidats aux Ecoles du Gouvernement et aux

Aspirants aux Baccalauréats ès Lettres et ès Sciences.
6^e édition. In-8; 1876. 3 fr.

Cet Ouvrage correspond à l'Atlas de Géographie générale du même Auteur.

OGER (F.). — Atlas de Géographie.

Atlas de Géographie générale à l'usage des Lycées, des Collèges, des Institutions préparatoires aux Écoles du gouvernement et de tous les établissements d'Instruction publique. 7^e édition. In-plano, cartonné, contenant 31 Cartes colorées; 1875. 14 fr.

Atlas Géographique et Historique à l'usage de la classe de QUATRIÈME. In-plano cartonné, contenant 16 cartes colorées; 1875. 8 fr. 50 c.

Atlas Géographique et Historique à l'usage de la classe de CINQUIÈME. In-plano cartonné, contenant 18 cartes colorées; 1875. 8 fr. 50 c.

Atlas Géographique et Historique à l'usage de la classe de SIXIÈME. In-plano cartonné, contenant 18 cartes colorées; 1875. 6 fr.

Atlas Géographique et Historique à l'usage des CLASSES ÉLÉMENTAIRES (7^e, 8^e et 9^e), contenant 13 cartes colorées; 1875. 6 fr.

OGER (F.). — Cours d'Histoire générale à l'usage des Lycées, des établissements d'Instruction publique, des candidats aux Écoles du Gouvernement et aux baccalauréats, rédigé conformément aux programmes officiels.

I. *Histoire de l'Europe depuis l'invasion des Barbares jusqu'au XIV^e siècle.* 2^e édition. In-8; 1875. 3 fr. 50 c.

II. *Histoire de l'Europe depuis le XIV^e jusqu'au milieu du XV^e siècle.* 2^e édition. In-8; 1875. 3 fr. 50 c.

III. *Histoire de l'Europe de 1610 à 1848.* 3^e édition; 1875. 6 fr. 50 c.

IV. *Histoire de l'Europe de 1610 à 1815. (Cours de Rhétorique).* 2^e édition. In-8; 1875. 7 fr. 50 c.

PAINVIN (L.), Professeur de Mathématiques spéciales au Lycée de Lyon. — **Principes de Géométrie analytique.** 2 volumes grand in-4, lithographiés, de plus de 800 pages chacun, avec nombreuses figures dans le texte.

I^{re} PARTIE. — *Géométrie plane;* 1866. (Épuisé.)

II^e PARTIE. — *Géométrie de l'espace;* 1871. 23 fr.

PASTEUR, Membre de l'Institut. — **Études sur le Vinaigre, sa fabrication, ses maladies, moyens de les prévenir; nouvelles observations sur la conservation des Vins par la chaleur.** Grand in-8, avec figures; 1868. 4 fr.

PASTEUR (L.). — Études sur la maladie des Vers à soie; moyen pratique assuré de la combattre et d'en prévenir le retour. Deux beaux volumes grand in-8, avec figures dans le texte et 37 planches; 1870. 20 fr.

PASTEUR (L.). Études sur la Bière; ses maladies, causes qui les provoquent, procédé pour la rendre inaltérable, avec une THÉORIE NOUVELLE DE LA FERMENTATION. Grand in-8, avec 85 figures dans le texte et 12 planches gravées; 1876. 20 fr.

Pour recevoir franco, dans tous les pays faisant partie

- de l'Union postale, l'Ouvrage soigneusement emballé entre cartons, ajouter 1 fr.
- PAUL (Casimir de)**, Professeur à l'École municipale Turgot. — **Géométrie élémentaire théorique et pratique.**
 1^{re} PARTIE : *Géométrie plane*, suivie d'un Exposé élémentaire du Lever des Plans et de l'Arpentage. In-18 jésus; 1865. 2 fr. 50 c.
 11^e PARTIE : *Géométrie dans l'espace*, suivie d'un Exposé élémentaire du nivellement. In-18 jésus, avec figures; 1865. 2 fr.
- PEAUCELLIER**, Lieutenant-Colonel du Génie. — **Mémoire sur les conditions de stabilité des voûtes en berceau.** In-8, avec figures; 1875. 2 fr.
- PEIGNÉ (M. A.)** — **Conversion des mesures, monnaies et poids de tous les pays étrangers en mesures, monnaies et poids de la France.** In-18 jésus; 1867. 2 fr. 50 c.
- PEREIRE (Eugène)**. — **Tables de l'intérêt composé, des annuités et des rentes viagères.** 2^e édit. augmentée de 8 *Tableaux graphiques*. In-4; 1873. 10 fr.
- PETIT (F.)**, Directeur de l'Observatoire de Toulouse. — **Traité d'Astronomie pour les gens du monde**, avec des *Notes complémentaires* pour les Candidats au Baccalauréat aux Écoles spéciales et à la Licence ès Sciences mathématiques. 2 volumes in-18 jésus, avec 286 figures dans le texte et une Carte céleste; 1866. 7 fr.
- PHILLIPS**, Membre de l'Institut. — **Cours d'Hydraulique et d'Hydrostatique**, professé à l'École Centrale des Arts et Manufactures. (La rédaction est de M. Al. Gouly, agrégé des lycées, répétiteur du cours de M. Phillips). Grand in-8, avec fig. dans le texte; 1875. 15 fr.
- PIARRON DE MONDESIR**, Ingénieur des Ponts et Chaussées. — **Dialogues sur la Mécanique; Méthode nouvelle** pour l'enseignement de cette Science, résultats scientifiques nouveaux. In-8, avec figures; 1870. 6 fr.
- PIERRE (J.-I.)**, Professeur à la Faculté des Sciences de Caen. — **Exercices sur la Physique, ou Recueil de questions susceptibles de faire l'objet de compositions écrites soit dans les classes supérieures des lycées, soit aux examens du Baccalauréat ès Sciences, soit aux examens d'admission aux principales écoles**, avec l'indication des solutions. 2^e édit. In-8, avec 4 pl.; 1862. 4 fr.
- POINSOT**. — **Éléments de Statique**, précédés d'une *Notice sur Poinsot*, par M. J. BERTRAND, Membre de l'Institut. 12^e édition; 1877. 6 fr.
- POISSON (S.-D.)**, Membre de l'Institut. — **Traité de Mécanique.** 2^e édit. 2 forts vol. in-8; 1833. 18 fr.
- PONCELET**, Membre de l'Institut. — **Applications d'Analyse et de Géométrie qui ont servi de principal fondement au Traité des Propriétés projectives des figures**, suivies d'Additions par MM. Mannheim et Moutard, anciens Élèves de l'École Polytechnique. 2 vol. in-8, avec figures dans le texte; 1864. 20 fr.
 Chaque volume se vend séparément. 10 fr.
- PONCELET**. — **Traité des Propriétés projectives des**

- figures. Ouvrage utile à ceux qui s'occupent des applications de la Géométrie descriptive et d'opérations géométriques sur le terrain. 2^e édition, 1865-1866. 2 beaux volumes in-4 d'environ 450 pages chacun, avec de nombreuses planches gravées sur cuivre. 40 fr.
Le second volume se vend séparément. 10 fr.
- PONCELET.** — *Introduction à la Mécanique industrielle, physique ou expérimentale.* 3^e édit., publiée par M. Kretz, ingénieur en chef, inspecteur des manufactures de l'Etat. In-8 de 757 pages, avec 3 pl.; 1870. 12 fr.
- PONCELET.** — *Cours de Mécanique appliquée aux Machines;* publié par M. Kretz. 2 volumes in-8.
- 1^{re} PARTIE : *Machines en mouvement, Régulateurs et transmissions, Résistances passives,* avec 117 figures dans le texte et 2 planches; 1874. 12 fr.
- 2^e PARTIE : *Mouvement des fluides, Moteurs, Ponts-levis,* avec 111 figures; 1876. 12 fr.
- POUDRA.** — *Traité de Perspective-Relief.* In 8, avec Atlas oblong de 18 planches; 1862. 8 fr. 50 c.
- POUILLET et GAY-LUSSAC.** — *Instruction sur les paratonnerres,* adoptée par l'Académie des Sciences. In-18 Jésus, avec 58 figures dans le texte et une planche; 1874. 2 fr. 50 c.
- PRÉFECTURE DE LA SEINE.** — *Assainissement de la Seine. Épuration et utilisation des eaux d'égoût.* 3 beaux volumes in-8 Jésus; avec 17 planches, dont 10 en chromolithographie; 1876. 20 fr.
- PUISSANT.** — *Traité de Géodésie, ou Exposition des Méthodes trigonométriques et astronomiques, applicables soit à la mesure de la Terre, soit à la confection du canevas des cartes et des plans topographiques.* 3^e éd. 2 vol. in-4, avec 13 pl.; 1842. 75 fr.
- REGNAULT (J.-J.).** — *Traité de Géométrie pratique et d'Arpentage,* comprenant les Opérations graphiques et de nombreuses Applications aux Travaux de toute nature, à l'usage des Ecoles professionnelles, des Ecoles normales primaires, des employés des Ponts et Chaussées, des Agents voyers, etc. 2^e édition, revue et augmentée. In 8, avec 14 pl.; 1860. 5 fr.
- REGNAULT (J.-J.).** — *Cours pratique d'Arpentage,* à l'usage des Instituteurs, des Élèves des Ecoles primaires, des Propriétaires et des Cultivateurs. In-18, sur Jésus, avec figures dans le texte. 2^e édition; 1870. 1 fr. 50 c.
- RESAL (H.),** ancien Élève de l'École Polytechnique. — *Éléments de Mécanique,* rédigés d'après les Leçons de Mécanique professées à la Faculté des Sciences de Paris par M. Poncelet. Nouvelle édit., revue et corrigée. In-8, avec pl.; 1862. (Adopté par l'Université.) 4 fr. 50 c.
- RESAL (H.).** — *Traité de Cinématique pure.* In-8, avec 77 figures; 1862. 6 fr.
- RESAL (H.),** Ingénieur des Mines, Docteur ès Sciences. — *Traité élémentaire de Mécanique céleste.* In-8, avec planche; 1865. 8 fr.
- RESAL (H.),** Membre de l'Institut. — *Traité de Méca-*

nique générale, comprenant les *Leçons professées à l'École Polytechnique*. 4 vol. in-8, se vendant séparément :

TOME I : *Cinématique*. — *Théorèmes généraux de la Mécanique*. — *De l'équilibre et du mouvement des corps solides*. In-8, avec figures dans le texte; 1873. 9 fr. 50 c.

TOME II : *Frottement*. — *Équilibre intérieur des corps*. — *Théorie mathématique de la poussée des terres*. — *Équilibre et mouvements vibratoires des corps isotropes*. — *Hydrostatique*. — *Hydrodynamique*. — *Hydraulique*. — *Thermodynamique*, suivie de la *Théorie des armes à feu*. In-8; 1874. 9 fr. 50 c.

TOME III : *Des machines considérées au point de vue des transformations de mouvement et de la transformation du travail des forces*. — *Application de la Mécanique à l'Horlogerie*. In-8, avec belles figures ombrées dans le texte; 1875. 11 fr.

TOME IV : *Moteurs animés*. — *De l'eau et du vent considérés comme moteurs*. — *Machines hydrauliques et élévatoires*. — *Machines à vapeur, à air chaud et à gaz*. In-8, avec 200 belles figures, levées et dessinées d'après les meilleurs types; 1876. 15 fr.

ROMAN (L.). — *Manuel du Magnanier*. *Application des théories de M. Pasteur à l'éducation des vers à soie*. Un beau volume in-18 jésus, avec nombreuses figures dans le texte et 6 planches en couleur; 1876. 4 fr. 50 c.

ROUCHÉ (Eugène), Professeur au Lycée Charlemagne. — *Éléments d'Algèbre*, à l'usage des Candidats au Baccalauréat ès Sciences et aux Écoles spéciales. (*Rédigés conformément aux Programmes*.) In-8, avec figures dans le texte; 1857. 4 fr.

ROUCHE (Eugène), Professeur à l'École Centrale, Répétiteur à l'École Polytechnique, etc., et **COMBEROUSSE (Charles de)**, Professeur à l'École Centrale et au Collège Chaptal, etc. — *Traité de Géométrie élémentaire*, conforme aux Programmes officiels, renfermant un très-grand nombre d'exercices et plusieurs Appendices consacrés à l'exposition des principales méthodes de la Géométrie moderne. 3^e édition, revue et notablement augmentée. In-8 de xxxvi-890 pages, avec 611 figures dans le texte, et 1085 questions proposées; 1873-1874. 12 fr.

On vend séparément, savoir :

1^{re} PARTIE. — *Géométrie plane*. 5 fr.

11^e PARTIE. — *Géométrie de l'espace; Courbes et Surfaces usuelles*. 7 fr.

ROUCHÉ (Eugène) et **COMBEROUSSE (Charles de)**. — *Éléments de Géométrie*, entièrement conformes aux derniers programmes d'enseignement des classes de troisième, de seconde, de rhétorique et de philosophie, suivis d'un *Complément à l'usage des Élèves de Mathématiques élémentaires et de Mathématiques spéciales*, et de *Notions sur le Lever des plans et l'Arpentage*. 2^e édition, revue et corrigée. In-8; 1873. 5 fr.

SAINTE-CLAIRE DEVILLE (H.), Maître de Conférences à l'École Normale, etc. — *De l'Aluminium*. *Ses*

- propriétés, sa fabrication et ses applications. In-8, avec planches; 1859. 3 fr. 50 c.
- SAINT-EDME**, Professeur de Sciences Physiques aux Ecoles municipales d'Auteuil, Lavoisier, Turgot, et à l'Ecole supérieure du Commerce.—**L'Electricité appliquée aux Arts mécaniques, à la Marine, au Théâtre.** In-8, avec belles fig. dans le texte; 1871. 4 fr.
- SAINT-GERMAIN (de)**, Professeur de Mécanique à la Faculté des Sciences de Caen, ancien Maître de Conférences à l'Ecole des Hautes Etudes de Paris. — **Recueil d'Exercices sur la Mécanique rationnelle, à l'usage des candidats à la Licence et à l'Aggrégation des Sciences mathématiques.** In-8, avec figures dans le texte; 1877. 8 fr. 50 c.
- SALMON (G.)**.—**Leçons d'Algèbre supérieure**; traduites de l'anglais par M. *Bazin*, Ingénieur des Ponts et Chaussées, et augmentées de *Notes* par M. *Hermite*, Membre de l'Institut. In-8; 1868. 7 fr. 50 c.
- SALMON (G.)**. — **Traité de Géométrie analytique (Sections coniques)**, traduit de l'anglais par M. *Resal*, Ingénieur des Mines, et M. *Vaucheret*, ancien Elève de l'Ecole Polytechnique. In-8, avec fig.; 1870. 10 fr.
- SALVÉTAT (A.)**, Chef des travaux chimiques à la Manufacture de Sèvres. — **Leçons de Céramique**, professées à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, ou **Technologie Céramique**, comprenant les **Notions de Chimie, de Technologie et de Pyrotechnie applicables à la fabrication, à la synthèse, à l'analyse, à la décoration des poteries.** 2 vol. in-18, avec 479 figures dans le texte. 12 fr.
- SALVÉTAT (A.)**. — **Album du cours de Technologie chimique** professé à l'Ecole Centrale. Portefeuille in-4 cartonné, contenant 70 planches doubles; 1874. 25 fr.
- I^{re} PARTIE, 24 planches: Céramique. — II^e PARTIE, 26 planches: Couleurs, Blanchiment, Teintures et Impressions. — III^e PARTIE, 20 planches: Métallurgie (Métaux autres que le fer).
- Les planches de la première Partie de cet Album se rapportent à l'Ouvrage de M. Salvétat, LEÇONS DE CERAMIQUE annoncé ci-dessus.

SCHRÖN (L.). — **Tables de Logarithmes à sept décimales** pour les nombres depuis 1 jusqu'à 100 000, et pour les fonctions trigonométriques de 10 en 10 secondes; et **Table d'Interpolation pour le calcul des parties proportionnelles**; précédées d'une Introduction par *J. Houël*. 2 beaux volumes grand in-8 Jésus. Paris; 1876.

	PRIX:	
	Broché.	Cartonné.
Tables de Logarithmes.....	8 fr.	9 fr. 75 c.
Table d'interpolation.....	2	3 25
Tables de Logarithmes et Table d'interpolation réunies en un seul volume.....	10	11 75

SECCHI (le P. A.), Directeur de l'Observatoire du Collège Romain, Correspondant de l'Institut de France. — **Le Soleil**. 2^e édition. Deux beaux volumes grand in-8, avec Atlas; 1875-1877. 30 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE. Un volume grand in-8, avec 150 figures dans le texte et un atlas comprenant 6 grandes planches gravées sur acier (I. *Spectre ordinaire du Soleil* et *Spectre d'absorption atmosphérique*. — II. *Spectre de diffraction*, d'après la photographie de M. HENRY DRAPER — III, IV, V et VI. *Spectre normal du Soleil*, d'après ANGSTRÖM, et *Spectre normal du Soleil, portion ultra-violette*, par M. A. CORNE); 1875. 18 fr.

II^e PARTIE. Un volume grand in-8, avec nombreuses figures dans le texte, et 13 planches, dont 12 en couleur (I à VIII. *Protubérances solaires*. — IX. *Type de tache du Soleil*. — X et XI. *Nébuleuses*, etc. — XII et XIII. *Spectres stellaires*); 1877. 18 fr.

SERRET (J.-A.), Membre de l'Institut — **Traité d'Arithmétique**, à l'usage des candidats au Baccalauréat ès Sciences et aux Ecoles spéciales. 6^e édition, revue et mise en harmonie avec les derniers Programmes officiels par J.-A. Serret et par Ch. de Comberousse, Professeur de Cinématique à l'École Centrale et de Mathématiques spéciales au Collège Chaptal. In-8; 1875. (Autorisé par décision ministérielle.) 4 fr. 50 c.

SERRET (J.-A.). — **Traité de Trigonométrie**. 5^e édition, revue et augmentée. In-8 avec fig. dans le texte; 1875. (Autorisé par décision ministérielle.) 4 fr.

SERRET (J.-A.). — **Cours d'Algèbre supérieure**. 2^e édition, 2 volumes in-8 avec figures. (Le Tome I vient de paraître; le Tome II sera publié à la fin de 1877.) Prix pour les souscripteurs aux 2 volumes 25 fr.

SERRET (J.-A.). — **Cours de Calcul différentiel et intégral**. 2^e edit. 2 vol. in-8, avec figures (Sous presse.)

SERRET (Paul). — **Théorie nouvelle géométrique et mécanique des lignes à double courbure**. In-8, avec 67 figures dans le texte; 1860. 8 fr.

SERRET (Paul). — **Géométrie de Direction. APPLICATION DES COORDONNÉES POLYÉDRIQUES. Propriété de dix points de l'ellipsoïde, de neuf points d'une courbe gauche du quatrième ordre, de huit points d'une cubique gauche**. In-8, avec figures dans le texte; 1869. 10 fr.

STURM, Membre de l'Institut. — **Cours d'Analyse de l'École Polytechnique**. 5^e édit., revue et corrigée par M. Prouhet, répétiteur d'Analyse à l'École Polytechnique. 2 vol. in-8, avec figures dans le texte; 1877. 12 fr.

STURM. — **Cours de Mécanique de l'École Polytechnique**, publié, d'après le vœu de l'auteur, par M. E. Prouhet. 3^e édition. 2 volumes in-8, avec 189 figures dans le texte; 1875. 12 fr.

TARNIER, Inspecteur de l'Instruction primaire à Paris. — **Éléments de Géométrie pratique, conformes au programme de l'enseignement secondaire spécial (année pré-**

paratoire, Sciences), à l'usage des Ecoles primaires et des divers établissements scolaires. In-8, avec figures dans le texte, accompagné d'un Atlas in-folio contenant 1 planche typographique et 7 belles planches colorées gravées sur acier; 1872. Prix du texte broché, avec l'Atlas en feuilles dans une couverture imprimée. 6 fr.

Prix du texte cartonné et de l'Atlas cartonné sur onglets. 8 fr. 75 c.

On vend séparément :

Le texte, broché, 2 fr. 50 c.; cartonné, 3 fr. 25 c.
L'Atlas, en feuilles, 3 fr. 50 c.; cart. sur ongl., 5 fr. 50 c.

L'étude de la Géométrie rationnelle se poursuit depuis des siècles, mais l'enseignement de la Géométrie pratique est encore à créer en France. C'est à ce but que M. Tarnier a appliqué ses efforts; et nous pouvons dire que son œuvre, éminemment utile, comble une lacune d'autant plus regrettable qu'elle n'existe pas dans les pays voisins. « L'éducation de l'œil et de la main » pourra ainsi occuper dans l'enseignement classique et professionnel la place qui lui est due, alors surtout que la régénération du pays par une instruction véritablement utile est une des questions politiques et sociales qui préoccupent vivement les esprits.

THIERRY fils, Graveur éditeur du *Vignole de Poche*. —

Méthode graphique et géométrique, ou le Dessin linéaire appliqué aux arts en général, et en particulier à la projection des ombres, à la pratique de la coupe des pierres, à la perspective linéaire et aux cinq ordres d'Architecture. 2^e éd., revue et corrigée par M. C.-F.-M. Marie. Grand in-8 oblong, avec 50 planches; 1846. (*Ouvrage choisi par le Ministre de l'Instruction publique pour les Bibliothèques scolaires.*) 6 fr.

THOREL (J.-B.-A.), Géomètre de 1^{re} classe du Cadastre. — **Arpentage et Géodésie pratiques.** Ouvrage à l'aide duquel on peut apprendre le Système métrique, l'Arpentage, la Division des terres, la Trigonométrie rectiligne, le Levé des Plans et la Gnomonique. 2^e tirage. In-4, avec planches; 1855. 4 fr.

TISSERAND, Correspondant de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Toulouse, ancien Maître de Conférences à l'École des Hautes Études de Paris. — **Recueil complémentaire d'Exercices sur le Calcul infinitésimal**, à l'usage des candidats à la Licence et à l'Agrégation des Sciences mathématiques. (Cet Ouvrage forme une suite naturelle à l'excellent *Recueil d'Exercices* de M. FRENET.) In-8, avec figures dans le texte; 1877. 7 fr. 50 c.

TYNDALL (John). — **Le Son**, traduit de l'anglais et augmenté d'un Appendice par M. l'Abbé Moigno. In-8, orné de 171 figures dans le texte; 1869. 7 fr.

TYNDALL (John). — **La Chaleur**, considérée comme un mode de mouvement. 2^e édition française, traduite sur la 4^e édition anglaise, par l'Abbé Moigno. Un fort volume in-18 Jésus, avec nombreuses figures; 1874. 8 fr.

TYNDALL (John). — **La Lumière; six Lectures faites en Amérique en 1872-1873**; Ouvrage traduit de l'anglais par M. l'Abbé Moigno. In-8, avec figures dans le texte; 1875. 7 fr.

- VALERIUS (B.)**, Docteur ès sciences. — **Traité théorique et pratique de la fabrication du fer et de l'acier**, accompagné d'un *Exposé des améliorations dont elle est susceptible*, principalement en Belgique. — Deuxième édition originale française, publiée d'après le manuscrit de l'Auteur, et augmentée de plusieurs articles par H. VALERIUS, Professeur à l'Université de Gand. Un volume grand in-8, de 880 pages, texte compacte, avec un Atlas in-folio de 45 planches (dont deux doubles) gravées; 1875. 75 fr.
- VALLÈS (F.)**, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.
— **Des formes imaginaires en Algèbre.**
I^{re} PARTIE : *Leur interprétation en abstrait et en concret.*
In-8; 1869. 5 fr.
II^e PARTIE : *Intervention de ces formes dans les équations des cinq premiers degrés.* Grand in-8, lithographié; 1873. 6 fr.
III^e PARTIE : *Représentation à l'aide de ces formes des directions dans l'espace.* In-8; 1876. 5 fr.
- VASQUEZ QUEIPO**, Membre de l'Académie royale des Sciences et du Conseil supérieur de l'Instruction publique de Madrid, Lauréat de l'Institut de France. — **Tables de logarithmes à six décimales**, pour les nombres depuis 1 jusqu'à 20000 et pour les lignes trigonométriques, le rayon étant pris égal à l'unité; avec un *Appendice* servant à trouver, sur-le-champ et sans le secours des formules, le logarithme d'un nombre et *vice versa*, avec 20 chiffres exacts et au-dessous. 2^e édit. française. In-8; 1876. 4 fr.
- VASSAL** (le major **Vladimir**), ancien Ingénieur. — **Nouvelles Tables** donnant avec cinq décimales les logarithmes vulgaires et naturels des nombres de 1 à 10800, et des fonctions circulaires et hyperboliques pour tous les degrés du quart de cercle de minute en minute. Un beau vol. in-4^o; 1872. 12 fr.
- VIAIT (J.)**, Agrégé de l'Université. — **Éléments de Géométrie descriptive**, rédigés conformément au nouveau Programme de Saint-Cyr, à l'usage des candidats à ladite École, à l'École Navale, à l'École Forestière et au Baccalauréat ès Sciences. In-8, avec Atlas de 16 planches; 1862. 2 fr. 50 c.
- VIAIT (J.)**. — **Notions sur quelques courbes usuelles**, rédigées conformément aux nouveaux Programmes. In-8, avec planches; 1864. 2 fr. 50 c.
- VIEILLE (J.)**, Inspecteur général de l'Instruction publique. — **Éléments de Mécanique**, rédigés conformément au Progr. du nouveau plan d'études des Lycées. 3^e édit.; 1 vol. in-8, avec fig. dans le texte; 1875. 4 fr. 50 c.
- VIEILLE (J.)**. — **Cours complémentaire d'Analyse et de Mécanique rationnelle**, professé à l'École Normale. In-8; 1851. 7 fr.
- VIEILLE (J.)**. — **Théorie générale des approximations numériques**, à l'usage des Candidats aux Ecoles spéciales. In-8, 2^e édition; 1854. 3 fr. 50 c.
- VINCENT**, Répétiteur de Chimie industrielle à l'École

- Centrale. — **Carbonisation des bois en vases clos et utilisation des produits dérivés.** Grand in-8, avec belles figures gravées sur bois; 1873. 5 fr.
- VIOLEINE (A.-P.)**, ancien Chef de bureau au Ministère des Finances. — **Tables pour faciliter les Calculs des Probabilités sur la vie humaine.** In-4; 1859. 10 fr.
- VIOLEINE (A.-P.)**. — **Nouvelles Tables pour les calculs d'Intérêts composés, d'Annuités et d'Amortissement.** 3^e édition, revue et augmentée par M. Laas d'Aguen, gendre de l'Auteur. In-4; 1876. 15 fr.
- ZEUNER**. — **Théorie mécanique de la Chaleur, avec ses APPLICATIONS AUX MACHINES.** 2^e édition, entièrement refondue, avec figures dans le texte et nombreux tableaux. Ouvrage traduit de l'allemand et augmenté d'un *Appendice* comprenant les travaux postérieurs à la publication du texte allemand, en particulier les importantes Recherches de M. Zeuner sur les propriétés de la vapeur d'eau surchauffée; par M. M. Arnthal. Un fort volume in-8; 1869. 10 fr.

EXTRAIT DU CATALOGUE DE PHOTOGRAPHIE

- Agenda photographique pour 1877**, publié sous la direction de M. LEON VIDAL. Deuxième année. Un joli volume in-18, reliure anglaise, avec spécimens de photographie, de tirages à l'encre grasse et d'héliogravure sur zinc..... 6 fr.
- Aide-Mémoire de Photographie pour 1877**, publié sous les auspices de la Société photographique de Toulouse, par M. C. FABRE. Deuxième année. In-18, avec plusieurs spécimens d'épreuves aux encres grasses.
 Prix : Broché..... 1 fr. 75 c.
 Cartonné..... 2 fr. 25 c.
- Annuaire Photographique**, par A. Davanne. 3 vol. in-18, années 1865 à 1867.
On vend séparément chaque volume :
 Broché..... 1 fr. 75.
 Cartonné..... 2 fr. 25.
- Barreswil et Davanne**. — *Chimie photographique.* 4^e édition, revue et augmentée. In-8, avec fig.... 8 fr. 50 c.
- Belloc (A.)**. — *Traité théorique et pratique de Photographie sur collodion.* In-8..... 2 fr.
- Belloc (A.)**. — *Photographie rationnelle, Traité complet théorique et pratique.* In-8..... 5 fr.
- Belloc (A.)**. — *Code de l'opérateur photographe.* In-18 carré..... 1 fr.
- Belloc (G.)**. — *Photographie, procédé sur verre et sur papier, verre opale, mat et brillant; coloris instantané; retouche du cliché; etc.* In-12, avec planche..... 1 fr.

- Blanquart-Evrard.** — *Intervention de l'art dans la Photographie.* In-12, avec une photographie... 1 fr. 50 c.
- Boivin (F.).** — *Procédé au collodion sec.* 2^e édition, augmentée du formulaire de Th. Sutton, des tirages aux poudres inertes (procédé au charbon), ainsi que de notions pratiques sur la Photographie, l'Electrogravure et l'impression à l'encre grasse. In-18 j.; 1876. 1 fr. 50 c.
- Bulletin de la Société française de Photographie.**
Grand in-8, mensuel. 22^e année, 1876.
Prix pour un an : Paris et les départements.. 12 fr.
Étranger..... 15 fr.
- Cordier (V.).** — *Les insuccès en Photographie; causes et remèdes.* 3^e édit., avec figures. In-18 jésus. 1 fr. 75 c.
- Davanne.** — *Les Progrès de la Photographie.* Résumé comprenant les perfectionnements apportés aux divers procédés photographiques pour les épreuves négatives et les épreuves positives, les nouveaux modes de tirage des épreuves positives par les impressions aux poudres colorées et par les impressions aux encres grasses. In-8; 1877..... 6 fr. 50 c.
- Despaquis.** — *Photographie au charbon.* (Gélatine et Bichromates alcalins.) In-8 jésus..... 1 fr. 50 c.
- Dumoulin.** — *Manuel élémentaire de Photographie au collodion humide.* In-18 jésus, avec figures.. 1 fr. 50 c.
- Dumoulin.** — *Les Couleurs reproduites en Photographie;* Historique, théorie et pratique. In-18 jésus. 1 fr. 50 c.
- Fortier (G.).** — *La Photolithographie, son origine, ses procédés, ses applications.* Petit in-8, orné de planches, fleurons, culs-de-lampe, etc., obtenus au moyen de la Photolithographie; 1876..... 3 fr. 50 c.
- Fouque.** — *La vérité sur l'invention de la Photographie.* — *Nicéphore Niepce, sa vie, ses essais et ses travaux.* In-8, avec planches photolithographiques reproduisant diverses pièces authentiques..... 6 fr.
- Gaudin.** — *Vade-Mecum de Photographie,* suivi d'un répertoire de Chimie et de Physique et d'un formulaire. In-12..... 4 fr.
- Godard (E.).** — *Encyclopédie des virages,* contenant la description des meilleurs procédés et tous les renseignements nécessaires pour obtenir photographiquement des épreuves positives sur papier avec une grande variété et une grande richesse de tons. 2^e édition, revue et augmentée, contenant la préparation des sels d'or et d'argent. In-8..... 2 fr.
- Hannot,** Chef du service de la Photographie au Dépôt de la Guerre de Belgique. — *Les Éléments de la Photographie.* I. Aperçu historique et exposition des opérations de la Photographie. — Propriété des sels d'argent. — III. Optique photographique. In-8..... 1 fr. 50 c.

- La Blanchère (H. de).** — *Monographie du stéréoscope et des épreuves stéréoscopiques.* In-8, avec figures.. 5 fr.
- Lallemand.** — *Nouveaux procédés d'impression autographique et de photolithographie.* In-12..... 1 fr.
- Monckhoven (Van).** — *Nouveau procédé de Photographie sur plaques de fer,* et Notice sur les vernis photographiques et le collodion sec. In-8..... 3 fr.
- Moock.** — *Traité pratique complet d'impressions photographiques aux encres grasses et de phototypographie et photogravure.* 2^e édition, beaucoup augment. e. In-18 jésus; 1877..... 3 fr.
- Perrot de Chaumeux (L.).** — *Premières Leçons de Photographie.* In-12, avec figures. 2^e édition..... 1 fr. 50 c.
- Phipson (le D^r).** — *Le préparateur photographe,* ou Traité de Chimie à l'usage des photographes et des fabricants de produits photographiques. In-12 avec fig..... 3 fr.
- Russel (G.).** — *Le Procédé au Tannin,* traduit de l'anglais par M. AIMÉ GIRARD. 2^e éd. In-18 jésus, avec fig. 2 fr. 50 c.
- Vidal (Léon).** — *Traité pratique de Photographie au charbon,* complété par la description de divers Procédés d'impressions inaltérables (*Photochromie et tirages photo-mécaniques*). 3^e édition. In-18 jésus, avec une planche spécimen de Photochromie et 2 planches spécimens d'impression à l'encre grasse; 1877..... 4 fr. 50 c.

ANDRÉ et RAYET, Astronomes adjoints de l'Observatoire de Paris, et **ANGOT,** Professeur de Physique au Lycée de Versailles. — **L'Astronomie pratique et les Observatoires en Europe et en Amérique,** depuis le milieu du XVII^e siècle jusqu'à nos jours. In-18 jésus, avec belles figures dans le texte et planches en couleur.

- I^{re} PARTIE : *Angleterre*; 1874. 4 fr. 50 c.
- II^e PARTIE : *Ecosse, Irlande et colonies anglaises*; 1874. 4 fr. 50 c.
- III^e PARTIE : *Amérique du Nord*; 1877. 4 fr. 50 c.
- IV^e PARTIE : *Amérique du Sud,* et Météorologie américaine. (Sous presse.)
- V^e PARTIE : *Italie.* (Sous presse.)
- VI^e PARTIE : *Europe continentale.* (Sous presse.)

Chaque Partie se vend séparément.

LIBRAIRIE DE GAUTHIER-VILLARS
quai des Grands-Augustins, 55.

LONCHAMPT (A.), Préparateur aux baccalauréats ès lettres et ès sciences, et aux Écoles du Gouvernement. — **Recueil de Problèmes** tirés des *compositions données à la Sorbonne*, de 1853 à 1875-1876, pour les *Baccalauréats ès sciences*, suivis des compositions de Mathématiques élémentaires, de Physique, de Chimie et de Sciences naturelles, données aux *Concours généraux* de 1846 à 1875-1876, et de *types d'examens* du baccalauréat ès lettres et des baccalauréats ès sciences. 2^e édition; in-18 jésus, avec figures dans le texte et planches; 1876-1877 :

I^{re} PARTIE : Arithmétique. — Algèbre. — Trigonométrie..... Questions. 1 fr. »
Solutions. 1 fr. 80 c.

II^e PARTIE : Géométrie..... Questions. 1 fr. »
Atlas, 60 c.
Solutions. 2 fr. 80 c.

III^e PARTIE : Approximations numériques (THÉORIE ET APPLICATION). — Maxima et minima (THÉORIE ET QUESTIONS). — Courbes usuelles, Géométrie descriptive, Cosmographie, Mécanique.

Théories et Questions. 1 fr. 50 c.
Solutions.. 1 fr. 50 c.

IV^e PARTIE : Physique. — Chimie. Questions. (*Sous presse*).
Solutions. (*Sous presse*).

V^e PARTIE : Types d'examens du Baccalauréat ès lettres' du Baccalauréat ès sciences complet, du Baccalauréat ès sciences restreint. — Compositions de **Mathématiques élémentaires et des Sciences physiques** données aux *Concours généraux* de 1849 à 1876..... (*Sous presse*).



LIBRAIRIE DE GAUTHIER-VILLARS,
QUAI DES AUGUSTINS, 55, A PARIS.

RECUEIL COMPLÉMENTAIRE D'EXERCICES

SUR LE

CALCUL INFINITÉSIMAL,

PAR M. F. TISSERAND,

Directeur de l'Observatoire de Toulouse.
Ancien Maître de Conférences à l'École des Hautes Études de Paris.

IN-8 DE XIX-388 PAGES; 1877. — PRIX : 7 FR. 50 C.

Tous ceux qui s'occupent d'Analyse connaissent le précieux *Recueil d'Exercices sur le Calcul infinitésimal* de M. F. Frenet, qui est déjà arrivé à sa troisième édition. L'Ouvrage que vient de publier M. Tisserand est un complément du consciencieux travail du professeur de Lyon. Il s'adresse, en général, à une catégorie d'étudiants un peu plus avancés et a un caractère moins systématique.

Le premier Livre est consacré à des exercices sur l'Algèbre, la Géométrie analytique et le Calcul différentiel; le deuxième, à des questions de Calcul intégral (intégrales définies et indéfinies, quadratures, rectifications, etc., équations différentielles et aux dérivées partielles). Le Livre troisième contient la solution de questions diverses concernant les courbes et les surfaces. C'est la partie la plus importante, la plus originale et la plus étendue de l'Ouvrage. Pour donner une idée de cette dernière Partie, nous citerons quelques questions : 1. Trouver les courbes dans lesquelles le rayon de courbure ρ est lié à l'angle α que fait la tangente avec une direction fixe par une relation $\rho = f(\alpha)$. 15. Questions sur les trajectoires. 31. Trouver une courbe dont la conique osculatrice est une ellipse de surface constante. 62-70. Systèmes triplement orthogonaux.

Le Recueil contient en tout 166 questions, dont plusieurs contiennent un grand nombre de cas particuliers. P. M.

(Extrait du *Journal de l'Instruction publique.*)

RECUEIL D'EXERCICES
SUR LA
MÉCANIQUE RATIONNELLE,

A L'USAGE DES CANDIDATS A LA LICENCE
ET A L'AGREGATION DES SCIENCES MATHÉMATIQUES,

PAR A. DE SAINT-GERMAIN,
Professeur de Mécanique à la Faculté des Sciences de Caen.

IN-8 DE VIII-456 PAGES; 1877. — PRIX : 8 FR. 50 C.

« On ne peut bien posséder les théories peu nombreuses, mais fécondes, qui constituent la Mécanique rationnelle, si l'on n'en a fait des applications attentives et variées. » Les Recueils de William Walton et du P. Jullien sont trop élevés; celui de M. A. Führmann contient des questions trop faciles; le Cours complémentaire de M. Vieille est trop peu étendu. M. de Saint-Germain a essayé de faire un Ouvrage qui ne présentât aucun de ces inconvénients. Voici la table des Chapitres : I. *Statique*. Équilibre d'un point matériel. Composition des forces parallèles. Centres de gravité. Équilibre des corps solides. Équilibre d'un fil flexible. Attraction des systèmes. — II. *Cinématique*. Mouvement d'un point matériel. Mouvement d'une figure dans un plan. Mouvement général d'un solide. — III. *Dynamique*. Mouvement d'un point libre; sur une courbe; sur une surface. Mouvement relatif. Application des principes généraux de la Dynamique au mouvement des systèmes. Mouvement d'un solide. Equations générales de la Mécanique. — La méthode de l'auteur est très-simple : il traite à fond une question choisie, puis laisse au lecteur le soin de résoudre de la même manière un certain nombre de questions analogues. On remarquera que toute la partie purement analytique de la Mécanique rationnelle est reportée dans un Chapitre assez étendu (36 pages), qui contient le principe des vitesses virtuelles, le principe de d'Alembert, les équations de Lagrange et de Hamilton et la méthode d'intégration de Jacobi.

P. M.

(Extrait du Journal de l'Instruction publique.)

LIBRAIRIE DE GAUTHIER-VILLARS,
QUAI DES AUGUSTINS, 55, A PARIS.

Envoi franco, contre mandat de poste ou valeur sur Paris,
dans tous les pays de l'Union postale.

MANUEL DU MAGNANIER.

APPLICATION DES THÉORIES DE M. PASTEUR
A L'ÉDUCATION DES VERS A SOIE,

PAR LÉOPOLD ROMAN,
DE MIRAMAS (B.-D.-R.)

UN BEAU VOLUME IN-18 JÉSUS,
AVEC NOMBREUSES FIG. DANS LE TEXTE ET 6 PL. EN COULEUR; 1876.

Prix : 4 fr. 50 c.

Grâce aux remarquables travaux de M. Pasteur, l'industrie séricicole tend à reprendre son importance. Au découragement des éducateurs qui, depuis plus de vingt-cinq ans, voyaient leurs récoltes tour à tour anéanties par des maladies inconnues succède enfin la confiance en l'avenir. Il est même certain que le jour où les magnaniers sauront abandonner les errements de la routine et entrer franchement dans la voie du progrès tracée par M. Pasteur, que le jour où ils feront eux-mêmes leurs graines comme autrefois, sans avoir recours à des marchands trop souvent sans loyauté, que ce jour-là, disons-nous, s'ouvrira pour la sériciculture une ère nouvelle qui lui rendra son ancienne prospérité.

Librairie de Gauthier-Villars.

L'auteur du *Manuel du Magnanier*, instruit par de longues et pénibles expériences, a pensé qu'il rendrait un véritable service aux sériciculteurs en décrivant aussi simplement que possible les nouveaux procédés, et en mettant à la portée de toutes les intelligences la méthode simple et économique qui doit être appliquée.

Nous sommes heureux d'ajouter que le savant M. Pasteur, auquel la sériciculture doit une éternelle reconnaissance, a bien voulu accepter la dédicace de cet Ouvrage et lui donner son approbation.

TABLE DES MATIÈRES.

CHAP. I. — **Culture du mûrier.** — Semis. — Boutures. — Marcottes. — Culture en haies.

CHAP. II. — **Maladies des vers à soie.** — La pébrine. — La flacherie. — La muscardine.

CHAP. III. — **Disposition intérieure d'une magnanerie.** — Ventilation. — Pose des claies : 1^o Pose au moyen de trous dans le mur; 2^o Pose à étagères fixes; 3^o Pose à étagères mobiles. — Chauffage.

CHAP. IV. — **Mobilier de la magnanerie.** — Claies. — Ustensiles divers. — Délitement.

CHAP. V. — **Conseils généraux pour toute l'éducation.** — Nettoyage de la magnanerie. — Observations diverses. — Nourriture des vers à soie.

CHAP. VI. — **Éducation.** Description du ver à soie. — Incubation de la graine. — Ecllosion ou premier âge. — Deuxième âge. — Troisième âge. — Quatrième âge. — Cinquième âge. — Boisement des claies. — Démamage. — Décoconage : 1^o Démamage; 2^o Débavage.

CHAP. VII. — **Grainage.** — Grainage ordinaire. — Grainage cellulaire (système Pasteur). — Conservation de la graine. — Races diverses de vers à soie : 1^o Races du Japon; — 2^o Race de Corse; 3^o Race des Pyrénées; 4^o Race des Alpes.

CHAP. VIII. — **Emploi du microscope.** — Examen de la graine.

Paris. — Imp. de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

LIBRAIRIE DE GAUTHIER-VILLARS.

Quai des Grands-Augustins, 55.

DIEN et FLAMMARION. — Atlas céleste, comprenant toutes les Cartes de l'ancien Atlas de **Ch. Dien**, rectifié, augmenté et enrichi de 5 Cartes nouvelles relatives aux principaux objets d'études astronomiques, par **C. Flammarion**, avec une *Instruction* détaillée pour les diverses Cartes de l'Atlas. In-folio, cartonné avec luxe, de 31 planches gravées sur cuivre, dont 5 doubles. 3^e édition; 1877.

Prix (1) { En feuilles, dans une couverture imprimée.. 40 fr.
Cartonné avec luxe, toile pleine..... 45 fr.

Les Cartes composant cet Atlas sont les suivantes :

- A. Constellations de l'hémisphère céleste boréal (*Carte double*).
- B. Constellations de l'hémisphère céleste austral (*Carte double*).
 1. Petite Ourse, Dragon, Céphée, Cassiopée, Persée.
 2. Andromède, Cassiopee, Persée, Triangle.
 3. Girafe, Cocher, Lynx, Telescope.
 4. Grande Ourse, Petit Lion.
 5. Chevelure de Bérénice, Léviérs, Bouvier, Couronne boréale.
 6. Dragon, Carré d'Hercule, Lyre, Cercle mural.
 7. Hercule, Ophiuchus, Serpent, Taureau de Poniatowski, Écu de Sobieski.
 8. Cygne, Lézard, Céphée.
 9. Aigle et Antinoüs, Dauphin, Petit Cheval, Renard, Oie, Flèche, Pégase.
 10. Belier, Taureau (Pléiades, Hyades, Mouche).
 11. Gémeaux, Cancer, Petit Chien.
 12. Lion, Sextant, Tête de l'Hydre.
 13. Vierge.
 14. Balance, Serpent, Hydre.
 15. Scorpion, Ophiuchus, Serpent, Loup.

(1) Pour recevoir franco, par poste, dans tous les pays de l'Union postale, l'ATLAS en feuilles, soigneusement enroulé et enveloppé, ajouter. 2 fr.

Les dimensions (0^m,50 sur 0^m,35) de l'ATLAS cartonné ne permettant pas de l'expédier par la poste, cet Atlas cartonné, dont le poids est de 2^k5,9, sera envoyé aux frais du destinataire, soit par messageries grande vitesse, soit par tout autre mode indiqué.

16. Sagittaire, Couronne australe.
17. Capricorne, Verseau, Poisson austral.
18. Poissons, Carré de Pégase.
19. Baleine, Atelier du Sculpteur.
20. Éridan, Lièvre, Colombe, Harpe, Sceptre, Laboratoire.
21. Orion, Licorne.
22. Grand Chien, Navire, Boussole.
23. Hydre, Coupe, Corbeau, Sextant, Chat.
24. Constellations voisines du pôle austral (*Carte double*).
25. Mouvements propres séculaires des étoiles (*Carte double*).
26. Carte générale des étoiles multiples, montrant leur distribution dans le Ciel (*Carte double*).
27. Étoiles multiples en mouvement relatif certain.
28. Orbites d'étoiles doubles et groupes d'étoiles les plus curieux du Ciel.
29. Les plus belles nébuleuses du Ciel.

On vend séparément un Fascicule contenant :

Les 5 *Cartes nouvelles*, n^{os} 25 à 29 de l'Atlas céleste, par **C. Flammarion**. Ces cartes sont renfermées dans une couverture imprimée, avec l'*Instruction* composée pour la nouvelle édition de l'Atlas. 15 fr.

SECCHI (le **P. A.**), Directeur de l'Observatoire du Collège Romain, Correspondant de l'Institut de France.
— **Le Soleil**. 2^e édition. PREMIÈRE et SECONDE PARTIE.
Deux beaux volumes grand in-8, avec Atlas; 1875-1877.
Prix pour les Souscripteurs aux deux volumes. 30 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE. Un beau volume grand in-8, avec 150 fig. dans le texte et un atlas comprenant 6 grandes planches gravées sur acier (I. *Spectre ordinaire du Soleil* et *Spectre d'absorption atmosphérique*. — II. *Spectre de diffraction*, d'après la photographie de M. HENRY DRAPER — III, IV, V et VI. *Spectre normal du Soleil*, d'après ANGSTROM, et *Spectre normal du Soleil, portion ultra-violette*, par M. A. CORNU); 1875. 18 fr.

II^e PARTIE. Un volume grand in-8, avec nombreuses figures dans le texte, et 13 planches, dont 12 en couleur (I à VIII. *Protubérances solaires*. — IX. *Type de tache du Soleil*. — X et XI. *Nébuleuses*, etc. — XII et XIII. *Spectres stellaires*); 1877. 18 fr.

LIBRAIRIE DE GAUTHIER-VILLARS,
Quai des Augustins, 55.

PETIT TRAITÉ
DE PHYSIQUE,

A L'USAGE

DES ÉTABLISSEMENTS D'INSTRUCTION,

DES ASPIRANTS AUX BACCALAUFRATS ET DES CANDIDATS
AUX ÉCOLES DU GOUVERNEMENT,

PAR M. J. JAMIN,

Membre de l'Institut, Professeur à l'École Polytechnique
et à la Faculté des Sciences de Paris.

In-8, avec nombreuses figures dans le texte ; 1870.

Prix : 8 francs.

Depuis le commencement de ce siècle, la Physique a été renouvelée dans son ensemble : aussi ne peut-on qu'approuver l'Auteur du *Petit Traité de Physique* d'avoir, même dans un livre élémentaire, exposé cette science au point de vue des théories nouvelles. Dès les premiers mots, l'Auteur démontre que la Chaleur est un mouvement moléculaire, et cette idée guide ensuite le lecteur dans toutes les expériences et les explique. La Terre et les aimants n'étant que des solénoïdes, on fait dépendre le Magnétisme de l'Électricité. L'Acoustique montre dans leurs détails les vibrations longitudinales, transversales, circulaires et elliptiques ; elle prépare à l'Optique. Cette dernière Partie enfin est l'étude des vibrations de toute sorte qui se produisent dans l'éther ; les interférences et la polarisation sont expliquées de la manière la plus élémentaire, et la Théorie vibratoire est rendue accessible à tous. Un tel mode d'enseignement est appelé à rendre un réel service aux élèves en les délivrant de ce que les savants ont abandonné, en élevant leur esprit jusqu'à de plus hautes conceptions, en leur montrant l'ensemble philosophique d'une science déjà très avancée et qui semble toucher à son terme.

LIBRAIRIE DE GAUTHIER-VILLARS,
QUAI DES AUGUSTINS, 55, A PARIS.

APERÇU HISTORIQUE

SUR L'ORIGINE ET LE DÉVELOPPEMENT

DES

MÉTHODES EN GÉOMÉTRIE

PARTICULIÈREMENT

DE CELLES QUI SE RAPPORTENT A LA GEOMÉTRIE MODERNE

SUIVI D'UN

MÉMOIRE DE GÉOMÉTRIE

SUR DEUX PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA SCIENCE, LA DUALITÉ
ET L'HOMOGRAPHIE;

PAR M. CHASLES,

Membre de l'Institut.

SECONDE ÉDITION, CONFORME A LA PREMIÈRE.

UN BEAU VOLUME IN-4 DE 850 PAGES; 1875.

Prix : 35 francs.

3600 Paris.— Imp. de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.
(AVRIL 1877.)

Librairie de Gauthier-Villars.

DIEN et FLAMMARION. — Atlas céleste, comprenant toutes les Cartes de l'ancien Atlas de Gh. Dien, rectifié, augmenté et enrichi de 5 Cartes nouvelles relatives aux principaux objets d'études astronomiques, par C. Flammarion, avec une *Instruction* détaillée pour les diverses Cartes de l'Atlas. In-folio, cartonné avec luxe, de 31 planches gravées sur cuivre, dont 5 doubles. 3^e édition ; 1877.

PRIX

En feuilles, dans une couverture imprimée. 40 fr.
Cartonné avec luxe, toile pleine. 45 fr.

Pour recevoir franco, par poste, dans tous les pays de l'Union postale, l'Atlas en feuilles, soigneusement enroulé et enveloppé, ajoutez 2 fr.

Les dimensions (0m,50 sur 0m,35) de l'Atlas cartonné ne permettent pas de l'expédier par la poste, cet Atlas cartonné, dont le poids est de 2kg,9, sera envoyé aux frais du destinataire, soit par messageries grande vitesse, soit par tout autre mode indiqué.

On vend séparément un Fascicule contenant :

Les 5 Cartes nouvelles, nos 25 à 29 de l'Atlas céleste, par C. Flammarion. Ces cartes sont renfermées dans une couverture imprimée, avec l'Instruction composée pour la nouvelle édition de l'Atlas. 45 fr.

RADAU (R.). — Progrès récents de l'Astronomie stellaire. 1 volume in-18 Jésus; 1876. 1 fr. 50 c.

RADAU (R.). — Les Observatoires de Montagne. 1 volume in-18 Jésus, avec figures dans le texte. 1876. Prix. 1 fr. 50 c.

ROMAN (L.). — Manuel du Magnanier, précédé d'une dédicace à M. PASTEUR. Un beau volume in-18 Jésus, avec nombreuses fig. dans le texte et 6 pl. en couleur; 1876. 4 fr. 50 c.

SECCHI (le P. A.), Directeur de l'Observatoire du Collège main, Correspondant de l'Institut de France. — *Le Soleil* 2^e édition. PREMIÈRE et SECONDE PARTIE. Deux beaux volumes grand in-8, avec Atlas, 1876-1877, se vendant ens. mbl. 0 fr.
On vend séparément chaque volume. 8 fr.