FRANCŒUR

DESSIN

LINÉAIRE

L'ENSEIGNEMENT

DU

DESSIN LINÉAIRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN, RUE RACINE, N°. 4,
PLACE DE L'ODÉON.

L'ENSEIGNEMENT

DU

DESSIN LINÉAIRE,

D'APRÈS UNE MÉTHODE

APPLICABLE A TOUTES LES ÉCOLES PRIMAIRES,

QUEL QUE SOIT LE MODE D'INSTRUCTION QU'ON Y SUIT.

DÉDIÉ

A M. le duc De Cazes, Pair de France.

PAR L.-B. FRANCOEUR,

PROFESSEUR DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS, CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR, MEMBRE DE PLUSIEURS ACADÉMIES, ETC.

SECONDE ÉDITION.

A PARIS,

CHEZ LOUIS COLAS, LIBRAIRE,
RUE DAUPHINE, N°. 32;
ET CHEZ BACHELIER, LIBRAIRE,
QUAI DES AUGUSTINS, N°. 55.

1827.

A MONSIEUR

LE DUC DE CAZES,

PAIR DE FRANCE,

CHEVALIER DE L'ORDRE DU SAINT-ESPRIT, MINISTRE D'ÉTAT, MEMBRE DU CONSEIL PRIVÉ.

Monsieur le Duc,

La France se ressouvient avec reconnaissance des bienfaits que votre ministère a répandus sur l'Instruction publique. C'est à vous qu'on doit la création des chaires du Conservatoire des arts et métiers, création éminemment utile, qui a donné naissance à une multitude d'écoles dans tout le royaume, où les artisans *et les chefs d'ateliers et de manufactures vont apprendre à perfectionner les produits de notre industrie. Mais, pour comprendre ces leçons, il faut des connaissances préliminaires, et vous avez protégé de tout votre pouvoir l'instruction primaire et surtout celle qui est mutuelle. C'est à vous, Monsieur le Duc, qu'est due l'heureuse pensée d'introduire l'enseignement du dessin dans ces écoles, et c'est par votre inspiration que j'ai rédigé le traité que j'ai l'honneur de vous offrir.*

Veuillez agréer cet hommage et me croire avec le plus profond respect,

Monsieur le Duc,

Votre très-humble et très-obéissant serviteur,

FRANCOEUR.

PRÉFACE.

L'INFLUENCE de l'éducation populaire sur la prospérité publique est incontestable. L'instruction primaire est la source principale d'où découlent les richesses qu'on attend de l'industrie; c'est cette instruction qui élève le moral des nations, et qui donne l'essor à toutes les inventions auxquelles nous devons nos jouissances et notre bonheur. Je sais que des esprits prévenus pensent que l'instruction d'un peuple le rend plus difficile à gouverner, et que les hommes qui sont ignorans sont plus dociles aux ordres du maître. Si c'était ici le lieu d'examiner cette opinion, il me serait facile de prouver que l'autorité publique exercée par des magistrats qui parlent au nom de la loi ne rencontre jamais d'obstacles chez les nations éclairées; c'est ce qu'on remarque en France, en Angleterre, dans les États-Unis, etc. : tandis, qu'au contraire, il ne faut souvent que de l'audace pour soulever un peuple ignorant contre son souverain légitime. Chaque page de l'histoire en fournit des exemples. Ce n'étaient pas sans doute des hommes éclairés que ces soldats qui ont détrôné tant d'empereurs; que ceux qui ont servi sous Cromwell pour traîner leur roi à l'échafaud; que ces rebelles qui firent la principale force de la fronde et de la ligue; que ces insurgés qui reconnurent à Naples Mazaniello pour leur maître; que ces hommes qui ont servi si souvent d'instrumens pour changer l'ordre de succession au trône de Russie et à l'empire d'Allemagne, etc. Il est même possible de conduire une nation ignorante jusqu'à la soulever contre le Dieu qu'elle adore; car, par exemple, les soldats de Mahomet n'étaient assurément pas lettrés, et pourtant ils ont changé de religion, et renversé le culte d'une grande partie du monde.

Les soins que prend un roi pour donner à chacun de ses sujets la part d'instruction nécessaire à sa position sociale, sont des devoirs qu'il remplit et des sacrifices qu'il fait aux intérêts de sa couronne, parce qu'ils assurent sa puissance. Puisque l'instruction est un moyen de rendre les hommes meilleurs et plus heureux, les rois doivent favoriser les progrès des lumières; car Dieu ne leur a accordé le pouvoir dont ils jouissent que sous la condition de contribuer de tous leurs moyens au bonheur public, dont ils sont responsables devant lui.

Mais quand cette opinion serait contestable, je crois pouvoir affirmer que, quel que soit le sentiment qu'on adopte sur ce sujet, on ne fera pas difficulté d'accorder que l'enseignement des principes du dessin aux hommes de tous les états, offre de grands avantages, sans présenter le plus léger inconvénient. Tous les ouvriers employés à la construction des bâtimens ont sans cesse recours au dessin; tels que les maçons, menuisiers, charpentiers, appareilleurs, serruriers, couvreurs, carreleurs, fumistes, etc. Tous ceux qui fabriquent nos meubles, ceux qui travaillent aux choses de mode et de goût, tels que les ébénistes, fondeurs, doreurs, penduliers, bronziers, marbriers, tailleurs, modistes, etc.; ceux qui se livrent à l'exécution des mécaniques ou des instrumens, tels que les opticiens, ingénieurs, mécaniciens, fontainiers, etc., je pourrais enfin citer presque toutes les professions, ont sans cesse besoin de comprendre les idées des personnes qui leur commandent des travaux, et quelquefois de communiquer les notions que leur suggère leur intelligence ou leur expérience. Et comment pourront-ils comprendre ou exprimer ces idées, si l'art du dessin ne leur est pas familier? Cet art, enseigné dans les écoles primaires doit exercer le goût des moindres artisans, et, leur donnant le sentiment du beau, les rendre propres à donner à notre industrie un essor très-favorable. Dans l'ancienne Grèce, tout le peuple savait dessiner, et le goût exquis de cette nation était l'effet de son éducation. Aussi que de grandes choses n'a-t-elle pas produites dans les sciences, les arts et la littérature. La France, qu'on regarde comme le centre du bon goût, et dont la capitale est l'Athènes moderne, méritera de la postérité les mêmes hommages, quand le peuple y aura reçu la même instruction primaire. Puisse le Traité que j'offre au public contribuer à obtenir ce beau résultat.

Cette édition est bien différente de celle que j'ai publiée il y a quelques années par les conseils de M. le duc de Cazes, alors président du conseil des ministres. Outre les changemens que l'expérience m'a indiqués et l'étendue plus que double que ce livre a reçue, on remarquera qu'il n'est plus rédigé pour être exclusivement employé dans les écoles d'enseignement mutuel. Je proteste d'avance contre la conséquence qu'on prétendrait en tirer que j'abandonne cette méthode, dont on supposerait que j'ai reconnu les inconvéniens. Les personnes qui liront cet ouvrage y verront, qu'au contraire, je regarde ce mode d'enseignement comme préférable à tout autre pour donner aux enfans certains genres d'instruction, et spécialement pour leur montrer à dessiner. J'ai seulement disposé mon livre sur des bases plus étendues, pour qu'il pût être employé dans toute espèce d'école primaire, afin d'y introduire un genre d'étude d'une utilité immense, et qui est le sujet d'une sorte de récréation pour les enfans. Quelle que soit donc la méthode suivie pour enseigner dans un de ces établissemens, mon livre pourra, je l'espère, servir à donner ce genre d'instruction.

Je ne me borne plus, comme précédemment, à donner des modèles de certaines figures, et à indiquer les procédés à suivre pour les imiter à main levée. J'enseigne en outre à dessiner des épures avec la règle et le compas; à tracer des projections et à en comprendre l'usage; à imiter des dessins de formes irrégulières, semblables à celles que nous offre la nature, et, par suite, à dessiner la figure humaine, le paysage, les machines, l'architecture ; enfin je donne quelques règles de perspective. Ces objets forment quatre sections nouvelles dans l'ouvrage, qui ont nécessité six autres planches gravées.

L'enseignement du dessin dans les écoles devient une chose très-importante aujourd'hui que, par l'influence et les talens de M. Dupin, la géométrie et la mécanique sont un sujet universel d'études : car ces branches de connaissances sont intimement liées ensemble, et les progrès des disciples dans ces nouveaux établissemens seront plus rapides, et leurs succès plus assurés, lorsqu'ils auront d'abord été exercés au dessin et qu'ils connaîtront la théorie des projections. C'est un des motifs qui m'ont porté principalement à traiter cette théorie dans mon ouvrage.

Je dois exprimer ici les témoignages de ma reconnaissance pour MM. de Mirbel, Sylvestre, membres de l'académie des sciences; de Lasteyrie, vice-président de la Société d'encouragement; Leclère, architecte, Vallot, ingénieur en chef et professeur à l'école des ponts et chaussées, et autres personnes qui m'ont honoré de leurs conseils dans cette composition. Mais ceux que m'ont donnés MM. Mérimée, secrétaire de l'Académie des beaux-arts, et Provost, architecte du Luxembourg, m'ont principalement servi de guide; et si le public accueille mon travail, je regarde comme un devoir de leur en rapporter le succès.

ENSEIGNEMENT

DU

DESSIN LINÉAIRE.

DÉVELOPPEMENS PRÉLIMINAIRES.

Depuis long-temps les bons esprits souhaitaient de voir introduire l'enseignement du dessin dans les écoles élémentaires. Cet art, utile à presque toutes les professions, l'est surtout aux gens du peuple, dont les travaux consistent presque toujours à imiter des formes. Sans parler des professions qui font du dessin leur étude spéciale, la base essentielle de leurs travaux, les anatomistes, les médecins, les naturalistes, les physiciens, les marins et les voyageurs ont à chaque instant besoin du dessin pour exprimer leurs conceptions, se les expliquer à eux-mêmes plus nettement, les faire comprendre aux autres. Introduit dans les écoles primaires, l'art du dessin accroîtra les ressources du pauvre, et donnera plus de perfection à son travail. Cet art est utile à la plupart des professions : tous les ouvriers en bâtimens, tels que les charpentiers, appareilleurs, maçons, serruriers et menuisiers; tous les artisans des manufactures, les mécaniciens, les ébénistes, et je pourrais presque citer tous les métiers, ont besoin du dessin. Le dessin est un art qu'il faut savoir lire, pour concevoir les objets dont l'exécution a été commandée d'après un modèle tracé, et écrire, pour rendre ses idées et les faire comprendre aux autres; il n'exprime pas, comme l'écriture, des articulations et des sons, mais des figures réelles; introduit dans l'enseignement des classes inférieures, il doit nécessairement perfectionner leurs produits et élever notre industrie au plus haut degré de splendeur.

En un mot, l'art du dessin, s'il ne contribue pas, comme la lecture et l'écriture, à élever le moral des nations, est peut-être plus utile à la prospérité de leur industrie, et au bien-être de chacun dans la profession qu'il exerce.

Ces considérations ont frappé un homme d'état qui se glorifie d'être compté parmi les plus fermes soutiens de l'instruction publique : M. le duc de Cazes, alors président du conseil des ministres, a voulu introduire l'enseignement du dessein dans l'école qu'il a fondée à Libourne, en limitant ce bel art à la seule partie qui soit à l'usage du peuple, c'est-à-dire, l'enseignement du DESSIN LINÉAIRE.

La plupart des facultés de l'homme, lorsqu'il veut les exercer, peuvent atteindre à une perfection dont il est difficile de se faire une idée. M. de Cazes a conçu cette grande pensée, qu'on pourrait perfectionner nos organes, jusqu'à donner à la main et aux yeux une précision presque égale à celle qu'on obtient des instrumens usuels. C'est dans ce but qu'il a réuni plusieurs membres de la société d'instruction élémentaire, pour préparer un travail sur l'art du dessin linéaire, afin que les principes suivis dans la méthode de l'enseignement mutuel fussent appliqués à ce genre d'instruction. J'ai été chargé de ce soin, et aidé des conseils de MM. Mirbel, de Lasteyrie, Hachette, Cloquet. Je vais rendre compte de la manière dont cette intention a été remplie, et du résultat de cette tentative.

Les bases dont nous sommes partis sont les suivantes :

1°. Les figures géométriques ont été considérées comme devant d'abord servir de modèles. Nous voyons par le cercle du *Gioto*, et les traités élémentaires, *d'Albert-*

Duren et de *Jean Cousin*, que c'est ainsi que ces grands maîtres ont conçu l'art du dessin. D'après ces considérations, des figures de géométrie ont été disposées dans l'ordre des difficultés du dessin, pour servir de modèles.

2°. Chaque figure se rapporte à un commandement que le maître fait à ses élèves.

3°. Un travail préparé pour le maître est destiné à le mettre en état d'instruire ses disciples, de lever les difficultés que le tracé présente, et de faire comprendre le sens des divers commandemens.

4°. Enfin, selon le mode pratiqué pour l'enseignement mutuel, auquel ces procédés sont applicables, aussi-bien qu'à toutes les espèces d'écoles primaires, on ne suppose d'avance aucune connaissance de dessin au maître, ni aux élèves; et tous, à peu près aussi peu habiles, soit en géométrie, soit en dessin, doivent arriver à tracer correctement toutes les figures d'ornemens usités dans les arts : et cela sans préceptes spéciaux, sans ce qu'on appelle *des leçons*, et par le seul empire de l'exemple et de l'imitation.

M. Mirbel, savant académicien, qui a lui-même dessiné les figures de ses excellens ouvrages d'histoire naturelle, a même imaginé qu'on pouvait tirer parti de cette circonstance pour habituer l'œil de l'enfant à évaluer en mètres les dimensions, et l'exercer à l'usage des nouvelles mesures. C'était opérer en France une heureuse révolution dans les habitudes nationales. Les mesures dont la puissance législative n'a pu encore introduire l'usage dans toutes les classes de la société, n'offrent aucune objection à la raison la plus difficile à contenter; mais il faut consentir au sacrifice des habitudes, pour en adopter de nouvelles, effort dont les hommes instruits sont capables; mais qui est presque impossible à une population nombreuse.

D'ailleurs, le nouveau système métrique, né aumilieu de nos orages politiques, a rencontré autant d'obstacles à son établissement dans l'éloignement de certaines personnes pour les principes du gouvernement de ces temps malheureux, que dans la paresse d'esprit qui résiste au changement, et la haine que portent certains hommes à tout ce qui est utile. Le gouvernement recula devant cette triple opposition, et consentit à transiger avec elle : conception bien malheureuse, puisqu'elle conduisit à permettre à la fois l'usage des anciens et des nouveaux noms de poids et de mesures! Cette concession, sans produire aucun des avantages qu'on en espérait, ne fit que jeter dans le discours des obscurités perpétuelles. L'expérience avait prouvé que ces dénominations n'avaient rien de gênant, et que les habitudes seules étaient contrariées par l'emploi de grandeurs qui n'avaient pas encore acquis l'autorité de l'expérience, et créaient de nouvelles relations avec les besoins. On ne remédiait donc qu'à un mal imaginaire, sans faire un seul pas vers le but qu'on voulait atteindre. Le moyen de rendre populaires les nouvelles mesures, est de les introduire dès l'enfance dans les usages domestiques, et les écoles publiques ont justement paru à M. Mirbel une occasion sûre d'arriver au but. La commission a saisi avec empressement cette belle idée; dès la première tentative, on a obtenu des succès qui dépassent toutes les espérances.

Il est maintenant facile de concevoir les procédés qu'on a suivis, dans les sections les plus élémentaires de cet ouvrage; les autres parties, étant destinées à pousser l'enseignement jusqu'au dessin de la figure, des machines et de l'architecture, exigent plus de soin et une aptitude plus marquée.

Les élèves dessinent debout, sur un tableau noir, devant lequel ils sont rangés en demi-cercle, ayant devant les yeux les figures dont ils doivent imiter les contours; ou bien à leurs places, assis sur des bancs, et armés de l'ardoise et du crayon. Dans le premier cas, ils tracent tour à tour la figure désigné par le maître, qui a soin de l'appeler par son nom; et l'élève qui a le mieux dessiné prend de suite la place la plus honorable. Dans le second cas, sous le commandement que fait le maître en lisant sur une tablette les phrases qu'il juge à propos de choisir, l'ardoise se couvre des diverses figures; la correction se fait ensuite à l'ordinaire, sans parler, en traçant de nouveau les figures et procédant de rang en rang. Tout se passe donc dans l'ordre et selon la méthode accoutumée dans les classes d'enseignement mutuel, où le moniteur commmande et dessine les figures, étant dressé d'avance à cet emploi par l'instituteur qui l'a rendu, ou l'a choisi, déjà plus habile que ceux qu'il doit commander.

La première section de l'ouvrage est destinée à ce genre de dessin où les instrumens ne sont pas en usage. Il est sans doute à souhaiter que les enfans puissent employer la règle et le compas, et soient capables de dessiner des machines et des projections; mais c'est ce qu'on fera plus tard. Jusqu'ici les élèves ne se servent jamais de ces instrumens: le maître seul les emploie comme moyens de vérifications. Lorsque les élèves auront vu se servir de la règle, du compas et de l'équerre, on leur mettra ces instrumens dans les mains, ainsi qu'il sera expliqué dans les autres sections de l'ouvrage, pour vérifier les figures tracées à main levée. Une réglette divisée en centimètres et millimètres, qui est connue dans le commerce sous le nom du fabriquant *Kutsch*, sert aux corrections sur l'ardoise. Un demi-mètre divisé est le bâton de commandement, et sert à vérifier les figures tracées sur le tableau noir; un autre mètre, fixé en haut de ce tableau, sert à régler le coup d'œil, lorsqu'on veut tracer des lignes de longueurs données : car toutes les figures doivent êtres assujetties à avoir des dimensions que le maître fixe à sa volonté. Celles du litre, de l'hectolitre, qui servent à mesurer les substances solides et liquides, sont même au rang des figures qui doivent être dessinées.

Voici donc l'ordre qu'on doit observer. Le maître lit sur sa tablette un commandement, et les élèves obéissent en traçant la figure indiquée : aidé de la règle métrique, le maître corrige ensuite.

Mais bientôt il sera nécessaire d'exercer les élèves à se servir des instrumens de géométrie, qui donnent aux dessins plus de sûreté et de correction ; la classe doit en être pourvue, savoir : de règles de diverses longueurs, d'un grand et un petit compas, d'une grande et une petite équerre, et d'un rapporteur ; mais ces divers instrumens ne sont pas utiles à la fois : les uns ne servent qu'à la première classe de dessin, les autres à la seconde ou à la troisième.....La deuxième section de l'ouvrage est destinée à enseigner au maître à se servir de ces instrumens, dont il ne doit indiquer l'usage qu'en pratiquant, et non pas en exposant verbalement des préceptes.

Soit qu'il s'agisse de dessiner à main levée, ou avec les instrumens, les apprentis dessinateurs sont partagés en cinq classes ; les plus faibles tracent des droites, des angles, des parallèles, des perpendiculaires, des triangles. Dans la classe suivante on trace des polygones, et des polyèdres.

Dans la troisième classe, on fait des cercles, des polygones réguliers et les figures planes qui en dépendent,

Dans la quatrième, on apprend à dessiner un rapporteur, et à faire des angles d'une ouverture donnée ; on trace des ellipses, et on imite en perspective quelques corps ronds à trois dimensions, tels que les cylindres, cônes, sphères.......

Dans la cinquième classe enfin, on dessine des vases et des ornemens de goût.

Ce travail ainsi préparé fut mis à l'épreuve, afin de reconnaître par expérience quels étaient les changemens qu'il pouvait exiger : on s'est donc borné à faire dessiner les figures, à copier les instructions, et à établir cet enseignement dans l'école de Libourne, fondée par M. le duc de Cazes. Il était difficile à l'auteur de faire comprendre ces leçons manuscrites à des personnes étrangères à la géométrie et au dessin, situées à cent quarante lieues de Paris; et, comme ce genre d'instruction n'était pas introduit dans l'école normale, où l'on forme les instituteurs pour l'enseignement mutuel, on a eu besoin de secours, qui, dans d'autres circonstances, n'eussent pas été nécessaires.

On a heureusement rencontré à Libourne de zélés auxiliaires : deux des anciens élèves de cette école fameuse, dont la renommée a publié partout les travaux, et qui semble destinée à s'associer à tout ce qu'il y a de lumières, de grandeur et de patriotisme, M. Angelier, sous-préfet à Libourne, et M. Chayrou, capitaine de génie, tous deux sortis de l'école polytechnique. Leurs soins ont levé toutes les difficultés, et un rapport que M. Angelier a fait au ministre, donne la mesure des succès que cette méthode a obtenus, et de ceux qu'elle est destinée à obtenir encore [1]. Aidé de ces puissans secours, l'instituteur de l'école de

---

[1] Les premières figures furent comprises sans la moindre difficulté, dit M. Angelier, dans son rapport : le premier tableau ne tarda pas lui-même à être connu de tous les élèves. Leur intelligence a saisi habilement les notions qu'on voulait leur donner; mais ils ont été arrêtés assez long-temps dans la pratique. Il n'était pas facile à des enfans, qui n'avaient pas la moindre notion du dessin, de tracer des lignes, de les diviser en parties exactement égales, d'en prendre le tiers, le quart, etc.; d'abaissser des perpendiculaires, de tirer des obliques, de mener des parallèles, et d'apprécier en centimètres la longueur d'une ligne donnée, etc., etc. Ils n'avaient point encore assez de souplesse dans les mouvemens de la main; mais un exercice souvent réitéré, et une émulation prodigieuse leur ont fait vaincre, après un mois de leçons, presque toutes ces difficultés. Ils tracent maintenant

Libourne, M. Fréjacques, a pu développer son zèle et son intelligence; et c'est aux soins particuliers qu'il a pris constamment durant trois mois, que sont dus les succès dont ses efforts sont couronnés. Depuis ce temps, l'enseignement du dessin linéaire a été introduit dans un grand nombre d'écoles primaires, et partout les résultats ont été heureux.

Maintenant que l'expérience a parlé, il ne s'agissait plus que de faire les corrections qu'elle a indiquées, et de mettre les instituteurs à même de diriger leurs écoles vers l'enseignement du dessin, sans avoir besoin de secours étrangers, et de multiplier les applications aux objets d'arts. Dans l'origine, cette méthode n'était destinée qu'aux écoles d'enseignement mutuel; il a été facile de la rendre propre à tous les genres d'instruction primaire, et même de l'étendre aux diverses branches de l'art du dessin. Le traité que nous publions est le résultat de ce travail. C'est à M. le duc de Cazes qu'on doit la première idée d'un enseignement dont notre siècle retirera les avantages,

---

sur le tableau des figures beaucoup plus régulières qu'on ne l'exige pour l'étude des mathématiques, et ils apprécient avec une rare précision la longueur d'une ligne en centimètres : cette exactitude est telle, qu'ils se trompent à peine d'un centimètre. Le professeur a souvent reconnu, le mètre à la main, qu'il n'existait pas dans leur énoncé la différence d'un millimètre : j'insiste sur cette justesse, parce que j'en ai été étonné moi-même.

Les élèves apprécient très-bien la longueur d'une ligne donnée ; ils conçoivent très-bien ce que c'est qu'une perpendiculaire, une oblique, un angle droit, un angle aigu, un angle obtus, un triangle, un parallèlogramme un rectangle, etc.; ils divisent exactement les angles, tracent des polygones réguliers, décrivent des cercles, etc.; dessinent des pyramides, des solides, des sphères, des cônes, des cylindres, et conçoivent parfaitement les dimensions des nouvelles mesures cylindriques.

Ces assertions de M. Angelier, ont depuis été fréquemment vérifiées dans les autres écoles.

et qu'il acquittera par un nouveau tribut de reconnaissance.

Les quatre dernières sections de l'ouvrage seront enseignées comme les autres, en les passant successivement en revue, selon les progrès et la facilité qu'on découvrira dans les élèves. L'une a pour objet l'art du dessin considéré en général; deux sont destinées aux projections et à la perspective; la dernière enfin l'est à l'application du calcul arithmétique aux objets d'art. L'instituteur, quelle que soit la méthode suivie pour l'enseignement dans son école, devra donc se pénétrer, avant tout, des principes recommandés dans les instructions générales qui lui vont être données. J'ai lieu d'espérer que les documens contenus dans ce traité sont assez élémentaires pour que la plus commune intelligence suffise, sans secours étrangers, à diriger les écoles vers l'enseignement du dessin.

DIVISIONS DE L'OUVRAGE.

Le DESSIN LINÉAIRE est l'art d'imiter les contours des corps et de leurs parties, à l'aide de simples traits, et sans le secours des ombres ni des couleurs. Sans doute un dessin ombré, ou colorié, une peinture, par exemple, imite mieux la nature, et a plus de vie et de mouvement qu'un simple tracé qui n'offre que l'image des contours. Mais, outre que pour bien peindre ou dessiner, il faut avant tout que les traits soient exactement disposés dans les relations que veut le sujet, ce qui rend l'étude du dessin linéaire indispensable aux plus grands artistes; il est certain que, dans les arts, un dessin au trait suffit toujours, quand il est fidèlement exécuté, pour diriger l'artiste et lui permettre de fabriquer toutes les pièces qu'il doit assembler entre elles. Un maçon, un architecte, un charpentier, un ébéniste, un menuisier, un serrurier, etc., ne peut être sûr de bien faire une des pièces de son art, s'il ne s'est d'abord rendu compte, par un dessin, qu'on nomme *épure*, des dimensions de toutes les parties : et quoiqu'il ne soit pas rare que des ouvriers suppléent au dessin par une grande adresse et des essais répétés, encore doit-on être assuré qu'un dessin, même grossier, leur aurait épargné bien des tâtonnemens et abrégé leur travail.

Il ne faut donc jamais entreprendre une construction quelconque sans en avoir dessiné au trait les diverses parties. Tantôt ce dessin est de grandeur naturelle ; on le trace sur une aire de plâtre, quand la dimension est très-étendue, comme le font les charpentiers et les appareilleurs ; tantôt on fait le dessin sur une feuille de papier, et même il arrive souvent que, pour en faciliter l'exécution, on en réduit les dimensions à moitié, au tiers, ou au quart, etc. Ces dessins offrent un puissant secours aux artistes pour l'exécution de l'objet qu'ils ont en vue. Mais, dans ces cas, les dessins doivent être faits avec soin et en se servant des instrumens, pour que les pièces soient fidèlement tracées dans leurs rapports exacts d'assemblages et de dimensions.

Souvent aussi l'artiste ne veut que se rendre compte d'un effet, ou bien il a le projet d'expliquer à un autre quelque ajustement, il lui suffit alors d'un dessin fait à main levée, peu correct, il est vrai, mais rapidement esquissé et propre à rendre sa pensée : le dessin, sans le secours des instrumens, lui est donc nécessaire. Il l'est aussi à celui qui veut s'adonner à la peinture ou aux arts qui s'y rattachent ; l'imagination, le goût, et les autres qualités que ces arts exigent, répugnent à se laisser guider par l'emploi des instrumens ; mais qu'on en fasse usage ou qu'on les repousse, il n'est pas moins certain que l'on est puissamment aidé par l'application des principes de dessin linéaire.

Cet ouvrage est divisé en six sections dont il convient avant tout d'indiquer le but et l'objet.

Dans la première tous les dessins doivent être exécutés à main levée et par le seul empire de l'imitation. Les élèves y rencontrent d'abord de grandes difficultés ; mais ces embarras disparaissent par l'étude et l'expérience, et surtout lorsqu'ils ont passé aux parties suivantes.

Dans la deuxième section on enseigne à tracer toutes les mêmes figures en se servant des intrumens de géométrie. Le maître de l'école, bien pénétré des méthodes et des opérations qu'on y décrit, ne donne, pour ainsi dire, à ses élèves aucun précepte, mais pratique devant eux les procédés graphiques, ce qui suffit pour leur en montrer l'application.

La troisième section traite des PROJECTIONS ; on y enseigne les principes du *lever des plans, du dessin des machines, des élémens d'architecture*, de la manière de mettre ensemble les pièces d'un système, d'assembler les charpentes, etc.

La quatrième section donne les vrais principes du dessin et en montre l'usage. Jusqu'ici, dans les dessins à main levée, les élèves n'ont eu d'autre guide que le coup d'œil ; on avait alors surtout pour but d'exercer en eux cette faculté naturelle. Maintenant ils auront des principes sûrs pour imiter toutes les formes, et pourront en faire l'application au dessin de la figure, de l'architecture, des objets d'arts, des machines, etc.

La cinquième section donne les principales règles de la *perspective*, et enseigne à montrer les objets sur toutes leurs faces, comme s'ils étaient présens sous nos yeux.

La sixième est composée d'une suite de problèmes où le *calcul arithmétique* est appliqué à divers sujets de géométrie, d'architecture, de menuiserie, etc.

Nous avons lieu de penser que les personnes qui auront bien compris et mis en pratique les figures renfermées dans cet ouvrage, seront propres à pousser plus loin avec succès telle branche particulière de l'art du dessin qu'ils auront choisie; et du moins que les ouvriers, les artisans, et ceux qui attendent leur existence du travail de leurs mains, ne seront pas arrêtés pour comprendre, exécuter et même corriger les dessins destinés à représenter les objets relatifs à l'art auquel ils se sont adonnés : car c'est surtout à cette classe de la société que nous avons consacré notre ouvrage, qui d'ailleurs est susceptible de convenir à toutes les autres.

PREMIÈRE SECTION.

DESSIN A MAIN LEVÉE.

INSTRUCTIONS GÉNÉRALES POUR L'INSTITUTEUR.

Lorsqu'on fonde une école d'après une méthode quelconque, si dans l'origine on veut y introduire le dessin, on rencontre de grandes difficultés, qui disparaissent dès que l'établissement est formé; le travail s'y fait alors, pour ainsi dire, de lui-même et presque sans peine; il ne faut que continuer à procéder dans l'ordre qu'on a toujours suivi. Ces difficultés ne peuvent être levées que par la persévérance et le zèle de l'instituteur. S'il dirige une école d'enseignement mutuel, il doit commencer par former des moniteurs, à l'aide de leçons particulières, données à un petit nombre de sujets intelligens et un peu instruits, les exercer à des commandemens que bientôt ils feront concevoir à d'autres, et les accoutumer à comprendre les ordres que la voix, ou même le geste leur transmet. Dans les autres modes d'enseignement, le maître doit procéder, à l'égard de chaque élève en particulier, comme on vient de dire qu'on se conduisait à l'égard des moniteurs; la méthode que nous allons exposer convient à toutes les espèces d'écoles primaires, quel que soit le mode d'enseignement qu'on y suit.

Pour enseigner le dessin, il faut que le maître consacre, hors de la durée des classes, quelques heures à former plusieurs élèves pris parmi les plus intelligens, qui serviront de guides à leurs camarades par la seule force de l'imitation et de l'exemple. Il choisira donc, huit à dix des élèves les plus propres à cet emploi, et les exercera à la pratique des règles qu'on va développer. La plupart des documens que nous donnerons sont réservés à l'usage du maître seul; mais, si l'on s'interdit, dans les classes, de donner des préceptes, on ne doit pas s'astreindre à cette mesure, quand on n'enseigne qu'un petit nombre de disciples choisis parmi les plus intelligens. L'étendue des instructions que l'instituteur donnera à ces sujets d'élite, dépendra de leur adresse et de leur aptitude. Il devra d'avance se pénétrer de la lecture des présentes instructions générales, destinées à lui faire concevoir l'ensemble des opérations : il lira ensuite les explications relatives aux exercices des classes, en commençant par la première; il les mettra donc en pratique avec ses huit ou dix élèves, lorsqu'il aura bien conçu la marche générale et les instructions de détail destinées à cette première classe. Une fois cette tâche remplie, il passera de même à la deuxième classe : mais il introduira de suite l'enseignement dans l'école, en distribuant ses élèves d'élite dans les rangs; et en même temps qu'il fera dessiner le premier tableau au reste de la classe, il formera ses sujets d'élite au dessin du deuxième tableau, qu'on pourra bientôt enseigner aux meilleurs élèves de la première classe, et ainsi de suite. Les élèves qui ont ainsi une classe d'avance sur les autres la conservent sans cesse à l'aide des leçons particulières, et peu à peu on aura introduit les cinq classes de dessin dans l'école.

Il ne faut pas attendre que les élèves aient réussi, par un long exercice, à dessiner parfaitement les figures d'un tableau, pour les faire passer au suivant; une imitation passable est tout ce qu'on en doit exiger. Les autres sections de l'ouvrage donneront les principes à suivre pour obtenir plus d'exactitude, et même l'exercice qui manque encore pour bien réussir. Dans la première section on n'a pour but que d'exercer l'œil et d'assurer la main, et c'est pour cela qu'on a multiplié les figures géométriques.

L'instituteur doit être muni de diverses sortes d'instrumens; le nombre de chacun dépendra de l'étendue de la classe. Il sera donc pourvu;

1°. *D'ardoises lisses*, c'est-à-dire, non striées de ces lignes parallèles, qu'on a coutume de tracer pour régler la hauteur du caractère d'écriture.

2°. *De tableaux noirs* en bois, d'au moins un mètre de largeur sur sept décimètres de hauteur (3 pieds sur 2 $\frac{1}{3}$). Les élèves écriront sur ces tableaux avec du crayon blanc; on fixe ces planches à la muraille, dans la partie destinée aux demi-cercles, et à une hauteur qui permette aux enfans d'y atteindre facilement. Le bord inférieur du tableau doit être élevé au-dessus du sol d'environ six décimètres (2 pieds).

3°. *De tablettes* de bois d'environ quarante-sept centimètres de hauteur sur trente-quatre de largeur (17 pouces 4 lignes, sur 12 pouces 6 lignes), sur lesquelles on colle les grandes planches gravées qui sont jointes à ce traité; ce sont les modèles que les enfans doivent avoir sous les yeux et copier sur le tableau noir. Quant aux deux dernières planches gravées et aux figures insérées dans le texte, elles ne sont à l'usage que de l'instituteur, pour lui faire comprendre les opérations qu'il doit faire exécuter, et les explications qui s'y rapportent.

4°. *De demi-mètres* divisés en décimètres et centimètres, et en formes de règles, ferrées aux bouts. Des mètres divisés sont cloués au haut des tableaux noirs des trois premières classes, et sont sous les yeux des jeunes dessinateurs. Il serait plus économique de faire peindre ces divisions sur le tableau même.

5°. *De réglettes de Kutsch* ayant deux ou trois décimètres, divisées en centimètres et millimètres ; le maître les conserve dans les tiroirs, pour s'en servir au besoin, ainsi qu'il sera expliqué par la suite.

6°. *De tablettes en bois*, d'environ 20 centimètres de longueur et 12 de largeur (7 pouces $\frac{1}{2}$ sur 4 $\frac{1}{2}$), sur lesquelles on colle la série des commandemens que doit faire le maître. Celui-ci tient cette tablette dans la main, y lit telle phrase qu'il veut, et fait exécuter l'ordre qu'il donne. Ces commandemens sont inscrits à la fin du livre, avec les n^os^. des figures qui s'y rapportent.

7°. De grandes et petites *équerres*, qui servent à tracer des perpendiculaires où à vérifier si les angles qu'on a tracés sont droits : les grandes servent pour les exercices sur le tableau noir, les petites pour les dessins sur l'ardoise ; les unes ont vingt-quatre centimètres sur trente environ (8 pouces $\frac{1}{2}$ sur 11), les autres quinze centimètres sur quinze (5 pouces $\frac{1}{2}$ sur 5 pouces $\frac{1}{2}$).

8°. De grands et petits *compas*, en fer ou en bois, qui sont destinés à un usage semblable ; les uns ont environ trente centimètres de longueur, les autres douze (11 pouces ou 4 $\frac{1}{2}$).

9°. Enfin des *rapporteurs*, ou demi-cercles gradués.

Le maître doit se pénétrer d'abord que toutes les parties de l'instruction du dessin se font dans l'ordre, et selon la méthode accoutumée dans son école : par exemple, s'il s'agit de l'enseignement mutuel, le maître, les moniteurs et les élèves sont tous à peu près aussi peu instruits en cet art, et cependant tous s'enseignent les uns les autres, sans donner aucun précepte et par la seule force de l'imitation. Le succès est dû plutôt au bon ordre et au zèle qu'au savoir du maître, ce qui distingue surtout cette nouvelle méthode.

L'enseignement du dessin s'y fait donc précisément comme celui de l'écriture et du calcul. Le moniteur lit sur la tablette un commandement, les élèves l'exécutent, et le moniteur corrige sans rien dire. Devant le tableau noir, l'enfant voit la figure, modèle qu'il doit imiter, et la correction est faite sur-le-champ par un autre enfant.

Dans les autres modes d'enseignement, le procédé est à peu près le même ; seulement c'est le maître qui commande et qui corrige. *Voy.* la note au bas de la page 19.

Ce n'est pas seulement la main de l'enfant qu'il faut exercer ; l'œil doit aussi acquérir la justesse et la précision dans l'estimation des distances, la direction des lignes, la forme des contours : il y a autant de mérite à corriger un trait, ou seulement à apercevoir en quelle partie et comment il est défectueux, qu'à le tracer correctement. Le maître, ou le moniteur, apprend donc lui-même autant que les autres, ce qui n'arrive pas aussi bien en lecture et en écriture, dans les écoles mutuelles, où l'on a remarqué que les moniteurs ne s'instruisent pas toujours en instruisant les autres.

Il faut suivre deux procédés différens selon que les élèves s'abstiennent ou se servent des instrumens pour dessiner. Dans le premier cas, qui fait seul le sujet de la première section de l'ouvrage, les enfans ne se servent jamais de règle, d'équerre, ni de compas ; et il faut que l'habitude suffise pour former ces figures avec une certaine régularité. Ces instrumens ne sont donc que dans les mains du maître ou des moniteurs, comme moyens de vérification ; on a l'expérience qu'à moins qu'un enfant soit totalement dépourvu de dispositions, il doit arriver à tracer des lignes droites, des cercles, des ellipses, et les diverses combinaisons de ces figures, avec une correction suffisante dans beaucoup de circonstances.

Ce n'est pas qu'il manque de principes propres à guider l'élève dans les tracés qu'il fait, et ce sera plus tard l'objet de notre attention ; mais, avant, il importe de tirer parti des dispositions naturelles des enfans et de les livrer aux seules ressources de leur intelligence.

Il ne faut jamais que l'élève tourne son ardoise pour faciliter l'exécution de son tracé ; une des conséquences qu'on attend de son travail, est qu'il arrive à dessiner des traits dans toutes les positions, sans changer la place de l'ardoise ou du papier.

Il faut surtout que l'élève se familiarise avec les mesures métriques, soit linéaires, soit de capacité ; l'œil doit être pour lui un régulateur aussi certain que s'il était armé d'un mètre : il suffit de l'y habituer, pour que le sens de la vue devienne un guide presque infaillible. Les instrumens gradués en décimètres, centimètres et millimètres, mis perpétuellement sous ses yeux, doivent amener à ce résultat.

Dans l'autre procédé de dessin, on se sert des instrumens de géométrie ; nous avons exposé, dans la deuxième section, les règles du tracé des figures de nos cinq premiers tableaux : alors le maître exercera aussi ses disciples à l'emploi de la règle, de l'équerre et du compas. Chaque fois qu'il s'agira de faire un dessin, il faudra que l'élève le trace d'abord, sans autre secours que la justesse de son coup d'œil, puis à l'aide des instrumens : il pourra de la sorte se corriger lui-même.

On a justement remarqué que l'écriture n'est qu'une espèce de dessin, présentant même des formes plus composées que celles de nos premiers tableaux : il paraîtrait donc naturel de dessiner des traits simples, même avant que d'essayer d'écrire. Mais comme l'exercice de l'écriture a encore le but de montrer la lecture et l'orthographe, objets essentiels qu'il ne faut pas perdre de vue, il paraît plus convenable de n'apprendre à dessiner que lorsqu'on sait déjà un peu écrire. La remarque que nous faisons ici, n'est destinée qu'à faire comprendre qu'on peut même former en classe de dessin des élèves intelligens pris parmi ceux qui ne savent pas encore écrire.

On se sert, en géométrie, d'une multitude de mots, tels que *diamètre*, *parallèle*, *rectangle*, qui ont des acceptions précises : le maître doit les connaître, et nous aurons soin de les expliquer à mesure qu'on en aura besoin. Mais il n'est pas absolument nécessaire de communiquer ces instructions aux enfans, telles qu'on va les développer. La forme des modèles et l'habitude de les imiter, suffit pour leur faire attacher à ces mots un sens précis, sans que, la plupart du temps, les explications soient utiles. Ne comprend-on pas bien ce que c'est qu'un *rayon*, un *centre*, un *angle*, sans le secours des définitions ? L'usage rendra de même superflues presque toutes les autres instructions. D'ailleurs, le propre de la méthode d'enseignement que nous exposons, est de ne recourir aux leçons spéciales, aux préceptes théoriques, que dans des cas rares, et surtout pour les dernières sections de l'ouvrage.

Comme on fait dessiner les enfans ou sur un grand tableau noir, ou sur de petites ardoises, ces deux modes exigent une pratique différente. Pour mieux faire concevoir la marche de l'enseignement dans les deux premières sections, nous distinguerons ces deux modes de travail.

I^er^. Cas. *Les élèves étant rangés devant le tableau.*

Chaque élève tient un morceau de crayon blanc non taillé : c'est à lui de choisir les pointes actuelles du bout du crayon pour tracer avec plus de netteté des lignes déliées. Seulement, dans les premiers jours, il faut un peu d'indulgence pour ce principe, afin de ne pas rendre les traits trop informes, et on permet de tailler le crayon en pointe grossière. L'enfant doit toujours tenir son crayon court au bout des doigts, afin d'éviter qu'en appuyant il ne le brise.

Dans la cinquième classe, où les vases et les ornemens présentent plus de difficulté, on permettra aussi de tailler les crayons.

Au-dessous du tableau noir, on place la planche où sont les figures à copier, en vue des enfans rangés en demi-cercle. Il faut avoir un petit tabouret sur lequel l'enfant peut monter pour dessiner ; car le plus souvent le tableau se trouve placé trop haut pour qu'il puisse y atteindre commodément, et voir en même temps les figures qui sont placées au-dessous.

Le maître est contre le mur, tenant un demi-mètre pour bâton de commandement. Il désigne un élève qui entre dans le cercle, et trace sur le tableau noir. Quand la figure est faite, si le maître n'est pas satisfait, il fait avancer l'élève qui suit, et lui ordonne de corriger ou de refaire la figure ; ensuite, il passe à un troisième, à un quatrième, enfin il la dessine lui-même. Il passe ensuite à une autre figure, qu'il montre de même en commandant.

A un signal donné, on retourne la planche des modèles, et chaque élève à son tour reçoit le commandement de tracer de nouveau les figures par souvenir et sans avoir de modèle devant les yeux.

Le maître devra fréquemment assigner en décimètres, et même en centimètres, les dimensions des lignes qu'il veut qu'on trace : son bâton de commandement lui sert ensuite à vérifier si l'exécution est juste (*).

(*) Dans les écoles d'enseignement mutuel, tous les commandemens généraux sont faits par les moniteurs : le moniteur général fait le signe de commencer les travaux, et les moniteurs de chaque classe commandent à leur demi-cercle. Lorsque le temps consacré à ces opérations est écoulé, le moniteur général ordonne qu'on cesse le travail des demi-cercles : les marques de

IIe. Cas. *Les élèves étant assis sur leurs bancs et armés d'une ardoise lisse et d'un crayon.*

Le maître lit tout haut sur la planchette l'un des commandemens qui y sont inscrits, et que les élèves ont déjà été exercés à voir et à tracer dans leurs demi-cercles les jours précédens, ou à l'instant même. Nous avons commencé par exposer le travail des demi-cercles, et l'ordre de la classe exige qu'il se fasse avant celui des ardoises : il faut, pour que le commandement soit compris, que les

---

récompense sont données, selon la règle suivie pour la lecture ; chacun se range ensuite à sa place, sur son banc, où il va procéder au dessin sur l'ardoise.

De même que, dans les exercices d'écriture, on a soin de faire écrire sur les ardoises les mêmes lettres, syllabes ou mots qu'on a lus sur les tableaux, dans les demi-cercles de lecture, les sujets des dictées de dessin doivent être relatifs aux mêmes figures que les enfans viennent de tracer sur le tableau noir avec de la craie, et qu'ils doivent actuellement tracer sur l'ardoise avec le crayon gris, d'après le simple souvenir des figures, et au commandement du moniteur de classe.

Le mécanisme de l'enseignement du dessin dans les écoles mutuelles est, comme on voit, précisément le même, en tout point, que pour le calcul et l'écriture, si ce n'est que celle-ci n'est point soumise au régime des demi-cercles : encore, la classe se trouvant pourvue de tableaux noirs, pourrait-on pousser l'uniformité jusqu'à faire écrire à la craie des lettres et des mots sur ces planches.

Dans les exercices du dessin sur l'ardoise, le moniteur général commande le commencement du travail, en disant : *Huitième classe, commencez*, à l'instant le moniteur de la cinquième classe de dessin ordonne, puis celui de la quatrième, ensuite celui de la troisième, etc... Chacune choisit, sur sa tablette, l'un des commandemens qui y sont inscrits, et les élèves s'occupent à dessiner la figure ordonnée, pendant que les autres classes dessinent la leur. Lorsque le moniteur de la première a fait son commande-élèves aient déjà eu occasion de voir ces figures exécutées. Si la mémoire de l'enfant ne suffit pas, un coup d'œil jeté sur l'ardoise voisine, suffit pour lui en rappeler le souvenir.

Ce procédé continue à être suivi jusqu'à ce que l'ardoise soit remplie de figures ou de lettres (4 à 6 commandemens).

Lorsque les enfans de la cinquième classe de dessin seront assez habiles, on leur donnera des crayons de sanguine ou noirs, et on les fera tracer sur le papier.

Nous admettons ici que l'école soit formée et complète quant à ses classes de dessin : mais on doit concevoir que, dans le commencement, il n'y aura qu'une seule classe;

---

ment, le temps écoulé dans cette succession d'ordres a dû permettre aux élèves de la cinquième classe de dessiner la figure commandée, et le moniteur de la cinquième classe de dessin donne un nouvel ordre. Celui de la quatrième classe commande à son tour, puis celui de la troisième, etc., et cela continue, précisément comme pour l'enseignement de l'écriture, jusqu'à ce que l'ardoise soit à peu près couverte de dessins (quatre à six figures): alors le moniteur particulier en donne le signal en tournant son télégraphe, et le moniteur général ordonne qu'il soit procédé aux vérifications; chaque moniteur particulier, passant en revue toutes les ardoises de son banc, corrige les traits les plus défectueux.

Bien entendu que si le dessin commandé n'a pu encore être effectué lorsque le tour revient à une classe de faire un autre commandement, le moniteur de cette classe ne commande rien et *passe la parole*, à celui de la classe suivante.

Il faut observer que les élèves qui dessinent sont pris parmi ceux des sixième, septième et huitième classes d'écriture, lesquels se distribuent en cinq classes de dessin. Cet exercice se fait en même temps que les cinq premières classes écrivent : en sorte que les commandemens se rapportent pour les unes au dessin, et pour les autres à l'écriture. Chaque classe obéit à l'ordre à son tour, et le temps de tracer une lettre ou un monosyllabe doit être le même pour les cinq classes d'écriture, que celui qui est destiné à faire une figure pour les cinq classes de dessin.

quelque temps après il y en aura deux, puis trois.... *Voy*. ce qui a été dit page 12.

Chaque figure peut, à la volonté du maître, être assujettie à avoir des dimensions déterminées, exprimées en centimètres, et qu'il choisit comme il veut, en les variant beaucoup : par exemple, il lit sur sa tablette : *Tracez un carré*, il peut ajouter *de trois centimètres de côté* : *Tracez un triangle équilatéral*, il ajoutera de *cinq centimètres de côté*, ou de *six*, de *sept*.... La grandeur de l'ardoise ne permet pas de donner plus de huit à dix centimètres de grandeur à une figure ; on ne se servira jamais des millimètres.

Lorsque l'ardoise est en grande partie couverte de figures, le maître procède à la correction selon la méthode ordinaire. Il est muni d'une équerre, d'un *Kutsch*, ou d'un compas, selon la classe ; sans prononcer un mot, il appose sa réglette ou son équerre, pour montrer les défectuosités, puis trace mieux, et corrige les irrégularités.

Manière dont le maître procède aux corrections des dessins.

Les corrections doivent se faire avec exactitude et rapidité. D'une part, devant le tableau noir, il ne faut pas que l'activité du demi-cercle languisse, et que le temps soit dissipé sans utilité. De l'autre, le temps de la correction du dessin ne doit pas dépasser quatre minutes pour les six commandemens qui ont été tracés sur l'ardoise.

Il convient donc d'observer à ce sujet les règles que nous allons poser. Pour en montrer l'application et faire mieux concevoir l'ensemble du système d'enseignement, nous allons mettre une classe en action, et indiquer par des exemples la marche à suivre.

Devant le tableau noir sont rangés huit enfans en demi-cercle et pris dans la première classe de dessin : sous le tableau, est la planche présentant les modèles, en vue de tout le groupe. Le maître, placé au dedans, selon l'usage accoutumé, et tenant une règle d'un demi-mètre, pour bâton de commandement, montre la fig. 9 et lit sur sa tablette l'ordre qui s'y rapporte et qu'il adresse à l'enfant n°. 1.

Tracez deux lignes qui se croisent à angle droit.

L'enfant trace la figure, et si, à en juger par l'habileté connue des autres élèves du groupe, le maître trouve la figure passable, et qu'il n'y a pas lieu d'espérer que la correction qu'en ferait l'enfant n°. 2 puisse la rendre meilleure, *il fait effacer* le dessin; l'enfant n°. 1 revient à sa place, et le n°. 2 trace ensuite la même figure. Supposons que celle-ci soit défectueuse. Le maître dit le mot, *suivant*, et l'enfant n°. 3 s'avance pour corriger le dessin du n°. 2 : mais il pose sur le tableau son crayon avec maladresse, et montre par-là qu'il ne voit pas où est la faute. Le maître dit encore *suivant*; le n°. 3 se remet à son rang, et le n°. 4 s'avance pour corriger. Admettons que celui-ci ait assez bien réussi à rectifier le dessin : le mot *passe* lui annonce qu'il doit prendre la place n°. 2, avant les deux précédens qu'il a surpassés; mais avant il efface la figure.

L'enfant n°. 5 dessine à son tour la même figure, et si, au jugement du maître, qui ne doit point en expliquer les motifs, il a mieux fait que le n°. 3 ou le n°. 4, il se place avant eux. Quand le dessin du n°. 5 présente quelque défectuosité, quoiqu'il soit jugé préférable au précédent, il est susceptible de correction, et c'est l'enfant n°. 6 qui la tente, et ainsi de suite.

Il arrivera souvent que deux élèves auront manqué des parties différentes de leurs dessins : l'un aura, par exemple, tracé une ligne sinueuse, mais la droite qui la croise sera bien perpendiculaire; tandis que l'autre aura décrit ses lignes bien droites, mais non perpendiculaires. On, peut alors être embarrassé pour décider lequel doit avoir la priorité. Mais le maître doit donner la préférence à celui qui a mieux fait la chose la plus difficile, et le degré de difficulté est marqué par le rang des questions, qui sont graduées en conséquence. Ainsi, dans notre exemple, le premier élève qui donne à ses lignes une position bien perpendiculaire, quoiqu'elles ne soient pas exactement droites, sera jugé plus habile que le second qui leur a donné la forme rectiligne, mais non à angle droit.

Lorsque tous les enfans du demi-cercle ont exécuté, ou corrigé la même figure, le maître la trace à son tour avec exactitude, à l'aide de l'équerre dont il est pourvu. Il doit avoir appris à s'en servir, et nous indiquerons bientôt (deuxième section) comment on a pu lui en montrer l'usage. Il efface ensuite son propre dessin, à moins qu'il ne juge à propos de faire recommencer la même figure, ou que celle qu'il va commander n'ait avec celle-ci des rapports de similitude : comme s'il voulait, par exemple, faire *décrire un carré placé obliquement* (fig. 23). Car alors il laisserait subsister sur le tableau le dessin qu'il a fait, pour servir de modèle.

En général, ces cas exceptés, on ne doit jamais procéder à un dessin sur le tableau noir, sans avoir effacé celui qui y est tracé. Un modèle bien fait aide l'œil et facilite le dessinateur qui le copie, comme un modèle vicieux induit en erreur, car on imite malgré soi les fautes d'un dessin qu'on a sous les yeux, et qui trompe le coup d'œil. Il ne faut pas donner à un enfant un avantage de plus qu'aux autres, ni l'induire à mal faire : ce sont des excès opposés qu'on doit éviter également.

Lorsque toute la classe reçoit l'ordre de retourner les tableaux pour cacher les modèles, les dessinateurs y obéissent, et tracent de mémoire les mêmes figures, en suivant la marche qu'on vient de prescrire. Le maître reproduit donc successivement les mêmes commandemens, et les élèves dessinent sans voir la planche gravée qui précédemment leur a servi de modèle : bientôt après ils vont reprendre leurs rangs sur les bancs de la classe, pour y dessiner encore les mêmes traits *sur l'ardoise*.

En thèse générale, l'ardoise ne doit porter au plus que deux sortes de figures. Pour exécuter les corrections, le maître passe en revue *toutes les ardoises*. Il n'en corrige qu'une pour deux élèves, en alternant ; sauf au prochain tour à dessiner sur les ardoises qu'il a négligées. Ces corrections se font rapidement avec la réglette de *Kutsh*. Il doit aussi biffer les figures trop défectueuses. Par ce procédé, quelqnes minutes suffiront à ce travail (*).

On ne devra pas attendre, pour faire dessiner une figure, que les enfans sachent très-bien exécuter les précédentes, et il suffira qu'ils y soient passablement habiles. Dans les autres sections nous exposerons les procédés à suivre pour donner aux dessins le degré de correction dont ils sont susceptibles. Outre qu'il ne faut pas rebuter les élèves par l'ennui de dessiner perpétuellement la même

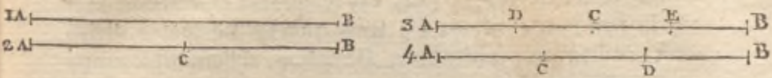
(*) Dans les écoles mutuelles, tout ce qu'on dit ici du maître doit s'entendre des moniteurs. En considérant la grande disproportion des forces physiques et intellectuelles des enfans d'une école, quelle que soit la méthode d'enseignement qu'on y suit, on voit qu'il devra y avoir plusieurs de ces demi-cercles de dessin, selon le degré d'aptitude et d'adresse des enfans. Donc, si le maître ne veut pas laisser ses disciples perdre leur temps, il est naturel qu'il fasse procéder ensemble plusieurs de ces groupes dont il confiera la direction à des élèves choisis parmi les plus habiles. Ainsi l'enseignement mutuel sera naturellement introduit dans son école pour le dessin, sans rien changer aux pratiques accoutumées. Je suis convaincu que la méthode mutuelle est, sous ce rapport et abstraction faite des formes de discipline qu'on y observe, la plus commode et la plus expéditive de toutes, pour certains sujets d'enseignement, et particulièrement pour le dessin.

chose, les difficultés qu'offrent les figures successives, sont graduées de manière que chacune est presque aussi aisée à faire que celle qui vient avant : et on sent assez que l'adresse qu'on acquiert à faire un dessin, tourne au profit des autres figures. Il conviendra seulement de revenir quelquefois sur celles-ci pour que la mémoire en soit toujours présente.

N. B. Pour l'intelligence des instructions particulières qui vont être données, l'instituteur devra avoir sous les yeux la série de commandemens inscrits aux tableaux des moniteurs, et tels qu'ils sont à la fin de ce traité; et, procédant de question en question, suivre sur le texte les explications successives. Quoique les figures, qui se rapportent aux divers commandemens, soient annexées à chaque explication, il sera bon d'avoir aussi sous les yeux les tableaux qui présentent les modèles à copier.

Ces développemens généraux suffisent pour faire concevoir la manière dont se fait, dans toute école primaire, l'enseignement de la première section de ce traité; nous donnerons, en leur lieu, les explications qui conviennent aux autres parties.

PREMIÈRE CLASSE.



La première classe ne dessine que des droites, des triangles et des perpendiculaires. Les corrections se font avec la règle, et quelquefois il faut en outre se servir de l'équerre. Pour l'intelligence des instructions suivantes, il faut passer en revue successivement toutes les questions contenues au tableau de la première classe. Voyez à la fin du livre.

Les quatre premières figures, telles qu'on les a marquées ici, se rapportent surtout aux questions de 1 à 14, portées au tableau du moniteur. Le simple énoncé suffit pour les comprendre, et il n'est pas nécessaire d'ajouter d'explications. L'élève trace une droite, et la coupe en parties égales selon l'ordre qu'il en a reçu. Si le maître n'a pas l'œil assez exercé pour reconnaître, au simple aspect de la figure, si la droite est bien partagée, il appose sa règle divisée, et juge bientôt au nombre des millimètres qui sont renfermées dans chaque partie, si la figure est correcte. Il sera bon, dans le commencement, que le maître trace la droite avec sa règle, et la fasse seulement couper en parties égales par les enfans · ensuite, ceux-ci devront tracer eux-mêmes la droite et la diviser.

Nous ne dirons rien de plus sur les huit premières questions.

9. *Trouver la moitié d'une droite.* Cette question, qui consiste à marquer le point C, fig. 2, à égale distance de A et B, est la même que la deuxième, conçue en des termes différens.

10 et 11. *Trouver le quart, le tiers d'une longueur*, fig. 3 et 4. Ces problèmes ne diffèrent du troisième et du septième que par l'énoncé. L'enfant tire une droite A B, fig. 3, il la coupe en quatre parties aux points D, C, E; l'une, A D, de ces parties, est le quart, et le reste D B de la ligne en contient les trois quarts. Le mètre divisé sert ensuite aux vérifications. De même, si l'enfant a coupé sa ligne en trois parties, fig. 4; l'une, A C, de ces parties, est le tiers, le reste est les deux tiers.

Il faut aussi exercer les enfans à trouver les trois cinquièmes, c'est-à-dire, à couper une ligne en cinq parties, et en prendre trois; ou bien à trouver les trois huitièmes, etc. C'est le meilleur procédé pour faire concevoir aux enfans ce que l'on entend par une fraction, que d'en montrer la grandeur évaluée en lignes, et de les exercer à la former par la subdivision de l'entier en parties égales.

12, 13 et 14. Ces trois problèmes sont relatifs à l'usage du mètre et de ses sous-divisions. Nous avons déjà insisté, pages 3, 17 et 19, sur la nécessité de familiariser l'enfant avec les nouvelles mesures, et sur la justesse que le coup d'œil peut acquérir, pour retracer à l'esprit les dimensions qu'on s'exerce beaucoup à reconnaître. L'instituteur devra exiger que dans presque toutes les figures que traceront les élèves, les dimensions de certaines parties soient déterminées dans le commandement qu'il fait.

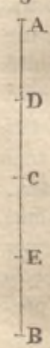
Les mesures de substances sèches sont de hauteur et de largeur égales : le *boisseau*, ou huitième d'hectolitre, a vingt-cinq centimètres et un millimètre et demi de largeur aussi-bien que de hauteur.

15. *Tirez une horizontale*, etc. Jusqu'ici on a laissé les enfans tracer les droites dans la direction qui leur offrait plus de facilité : ici il faut que, sur le tableau noir, les droites soient dirigées dans le sens de l'horizon. Le moniteur vérifie si cette condition est remplie en présentant sa règle debout, et voyant si les deux extrémités sont

à la même distance du bord inférieur du tableau, et lorsqu'il en vient à tracer lui-même l'horizontale, qui sert de correction générale (voy. pag. 24), il commence par en marquer les deux bouts également élevés au-dessus du bord inférieur, et appliquant la règle sur le tableau, il fait passer une droite par ces deux points.

On appelle *échelle* d'un plan ou d'un dessin, une ligne coupée en parties égales, destinée à marquer la grandeur réelle des distances qu'on y a prises. Chacune des parties de l'échelle représente une unité linéaire, telle qu'un mètre, ou une toise, ou un pied, etc. : et lorsqu'on veut évaluer la longueur d'une ligne de la figure, on prend cette distance avec un compas, et on la porte sur l'échelle, afin de connaître combien elle contient de ces unités. La construction d'une échelle, revient donc au problème précédent. Voyez la figure 3.

5



16. *Tirez une verticale*, etc., fig. 5. La *verticale* est une droite dirigée dans le sens du fil à plomb; les deux bouts doivent être autant éloignés du bord latéral du tableau, ce dont le moniteur s'assure en présentant sa règle horizontalement aux deux extrémités.

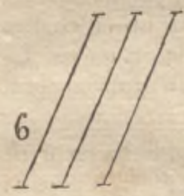
Sur l'ardoise, on appelle horizontale une droite qui est tracée dans le sens du bord supérieur de l'ardoise, c'est-à-dire, dans le sens où sont placés les bancs de la classe; la verticale est dirigée dans le sens de l'autre bord. Les extrémités de ces lignes sont par conséquent également distantes du bord de l'ardoise, et la correction du moniteur est facile à faire avec sa réglette.

Le maître doit reproduire sur les horizontales et les verticales les treize premières questions. Ainsi la cinquième et la septième seront changées en celles-ci : Tracez une droite *horizontale*, et prolongez-la du double. Coupez une droite *verticale* en quatre parties égales; et ainsi des autres. La même observation doit être faite pour la question 18, relative aux obliques.

Il est difficile de couper une verticale en parties égales; par une illusion d'optique, on fait toujours les parties supérieures plus courtes que les inférieures; les maîtres ne sont pas à l'abri de cette erreur du coup d'œil. Il faut être prévenu de cette difficulté.

17. *Tracer des horizontales équidistantes*, fig 1 à 4. En mesurant avec la règle l'écartement des lignes à leurs extrémités, on verra si elles sont également éloignées dans toute la longueur.

6



18. *Tracer une ligne oblique*, fig. 6. Quand la direction d'une droite est celle de la pente de l'écriture, il est aisé de tracer des obliques : lorsque l'élève aura acquis assez d'exercice de cette pente, le maître s'opposera précisément à ce qu'il adopte cette direction devenue trop aisée; et plaçant au hasard sa règle sur le tableau, il l'obligera à préférer le degré d'obliquité qu'il lui indiquera par cette situation. Voyez, pour la manière de couper en parties égales, ce qu'on a dit sur la question 16.

19. On dit qu'une ligne est *parallèle* à une autre, quand dans toute leur longueur, ces deux droites restent sans cesse à la même distance l'une de l'autre. Pour juger si deux droites sont parallèles, il suffira de présenter la règle divisée, et de voir si l'écartement, dans le seus perpendiculaire, est le même.

Pour juger si deux droites sont exactement parallèles, on peut aussi les terminer en des points qui forment deux longueurs égales, ce qui sera facile avec la règle métrique; ensuite on présentera cette règle tour-à-tour aux deux bouts pour voir si ces extrémités sont également écartées. Voyez problème 23.

20. *Joindre deux points, A, B, par une droite*, fig. 1. Le moniteur fera d'abord marquer deux points A, B, pris au hasard ; l'élève conduira ensuite une droite de l'un à l'autre.

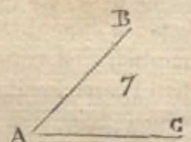
21 et 22. Il n'est ici besoin d'aucune explication : il importe d'exercer les enfans à tracer des droites dans toutes les directions.

23. *Par un point, mener une droite parallèle à une autre*, fig. 6. Après avoir décrit une droite, l'élève marquera un point quelconque, dont il faudra beaucoup faire varier la position. Par ce point, il conduira une droite parallèle à la première, c'est-à-dire, dont tous les points soient à la même distance. Voyez problème 19.

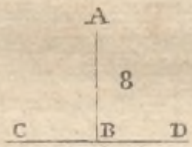
Lorsque le maître voudra se servir de l'équerre, il opérera comme on l'expliquera dans la deuxième section.

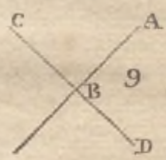
En général, il sera très-utile que les corrections soient faites selon les règles de la géométrie, telles qu'on va bientôt les exposer ; et à cet égard il est à remarquer que les enfans qui voient employer les méthodes et les instrumens en apprennent l'usage sans préceptes, et deviennent par là propres à s'en servir à leur tour : en sorte qu'en apprenant la première section, les enfans apprennent aussi la deuxième.

24. *Faites un angle aigu.*



Il faut distinguer un *angle* de ce qu'on nomme *pointe ou sommet* : l'*angle* est l'ouverture ou l'écartement d'une ligne A B qui en rencontre une autre A C ; le *sommet* est le point A où ces deux lignes se croisent. Un compas, dont on écarte graduellement les deux branches, forme ainsi une multitude d'angles différens, à mesure qu'elles tournent pour changer l'ouverture. C'est ce degré d'ouverture ou d'écartement des côtés qui constitue la grandeur de l'angle, et nullement la longueur de ces côtés A B, A C, qu'on doit toujours tacitement supposer prolongés à l'infini. L'espace compris dans cette ouverture illimitée dans un sens est, à proprement parler, l'angle des géomètres. Pour dénommer un angle, on l'indique par la lettre de son sommet; mais comme il arrive souvent que le sommet est commun à plusieurs angles, pour éviter la confusion, on indique alors en outre les deux lettres inscrites sur les côtés, en ayant soin de *mettre la lettre du sommet entre les deux autres*. Ainsi dans la fig. 7, l'angle est indiqué par A, ou par B A C.





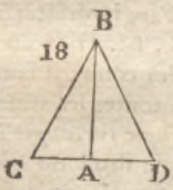
Concevez deux lignes qui se croisent, comme dans les fig. 8 et 9, elles feront des angles. Ces angles sont *droits*, s'ils sont tous égaux, c'est-à-dire, si A B ne penche pas plus d'un côté que de l'autre, en sorte qu'en pliant la figure selon A B, la droite B C aille se coucher sur B D : on dit alors que A B est *perpendiculaire* sur C D. C'est ce qu'on appelle, dans les arts, une ligne d'aplomb ou d'*équerre* sur une autre; on dit aussi quelquefois qu'on a fait *deux traits carrés*. Mais si A B penche vers B C, l'angle d'un côté est moindre que l'autre, et, en pliant la figure suivant A B, le côté B C ne tombant plus sur B D, l'espace qui est compris entre les lignes d'une part dépassera celui de l'autre part. Le plus petit angle est appelé *aigu*, fig. 7, l'autre est *obtus*. Voyez ci-après, fig. 28.

Ainsi l'angle *droit*, fig. 9, est formé par deux perpendiculaires, l'angle *aigu* est plus petit, l'angle *obtus* est plus grand que le droit.

25. *Faites un angle aigu dont l'ouverture*, etc. Il s'agit d'exécuter les divers renversemens de l'angle, fig. 7, et d'exercer les élèves à faire des angles dont l'ouverture soit tournée de tous les côtés.

26. *Faites un triangle.* L'espace compris entre les côtés d'un angle demeure indéfini vers l'ouverture; qu'on ferme cet espace par une droite, on aura un *triangle* B C D, fig. 18, figure qui a trois angles et trois côtés. La *base* est l'un quelconque, C D, de ses côtés, sur lequel il est censé poser; le *sommet* B du triangle est le sommet de l'angle qui est opposé à cette base; la *hauteur* A B est la perpendiculaire menée du sommet sur la base. On dit qu'un triangle est *isocèle* quand il a, comme celui de la fig. 18, deux côtés égaux, C B égal à D B; si les trois côtés sont égaux, il est *équilatéral* (Voyez fig. 21 et 24 ci-après); enfin il est *scalène*, quand tous les côtés sont inégaux, fig. 19.

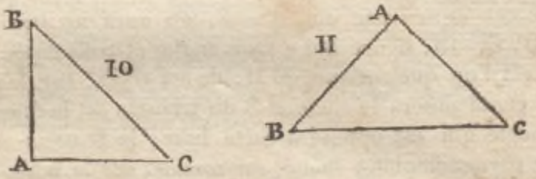
18



27. *Menez une horizontale et une verticale*, fig. 8. C'est l'angle droit le plus aisé à exécuter; les enfans ont déjà appris à tracer des horizontales et des verticales, il ne s'agit que de les assembler dans une même figure.

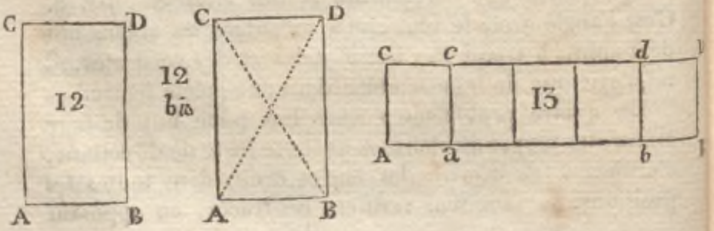
Les quatre problèmes suivans ont pour but de faire tracer des perpendiculaires sous toute sorte de directions, c'est-à-dire de décrire des angles droits dans toutes les positions. Le moniteur vérifiera ces tracés, en apposant l'équerre sur le tableau, ou, par le problème 37 ci-après, avec le seul secours de la règle.

28 et 29. *Menez une perpendiculaire*, etc., *tracez deux lignes à angle droit* : ces deux questions sont la même chose en termes différens. L'enfant trace une ligne C D, fig. 9, dans une direction que le maître indique avec sa règle; puis il croise cette droite par une autre dont la direction soit perpendiculaire.



30. *Tracez un triangle rectangle*, fig. 10 et 11 : on nomme ainsi un triangle qui a un angle droit A, savoir les deux côtés A B, A C perpendiculaires l'un sur l'autre. La base peut être horizontale ou inclinée, ce qui produit différens tracés : en outre on peut prendre pour base, ou l'un des côtés de l'angle droit (A C, fig. 10), ou le plus grand côté (B C, fig. 11) : on peut encore donner la direction de l'un des côtés; il faut exercer les élèves à faire ces figures dans toutes les situations.

31. *Faites un triangle rectangle isocèle*, fig. 10. Il faut que les côtés de l'angle droit du triangle rectangle A B C soient égaux : dans la fig. 10, on a fait A B et A C égaux.



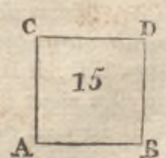
32. *Faites un rectangle*, fig. 12. On nomme ainsi une fig. A B C D, qui a quatre côtés dont les opposés sont égaux et parallèles deux à deux, et ses quatre angles droits : c'est ce que les ouvriers appellent un *carré long*. A B se nomme la *base ;* A C la *hauteur*. On aura soin d'assigner en décimètres et centimètres les longueurs de ces deux lignes; ainsi on dira, par exemple, *faites un rectangle de* 12 *centimètres de base et de* 21 *de hauteur*.

Une propriété remarquable de cette figure, qui peut servir à vérifier si les angles sont droits, c'est que les lignes A D, C B (fig. 12 *bis*), appelées *diagonales*, qui traversent d'un angle à l'autre, sont égales : cette propriété est même très-usitée dans les arts. Ainsi la vérification sera facile à faire avec l'équerre, ou même avec la règle, puisque A B doit être égal à C D, A C à B D, enfin A D à B C.

33. *Faites un rectangle et coupez-le en rectangles égaux*, fig. 13. Il suffira de mener des perpendiculaires équidistantes, telles que *a c*, *b d*, etc., la surface sera partagée en espaces égaux.

8. *Faites un parallélogramme*, etc., fig. 14. Le parallélogramme a, comme le rectangle, ses côtés opposés parallèles, mais il peut n'avoir aucun de ses angles droits. La perpendiculaire EF, qui sépare deux côtés, est la *hauteur ;* l'un A B de ceux-ci est la *base*. Le rectangle, le carré et le lozange sont des espèces de parallélogrammes. Voyez n^os^. 35 et 44.

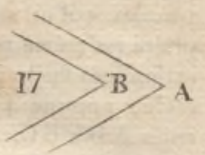
35. *Faites un carré*, fig. 15. Cette figure a ses quatre angles droits, comme le rectangle, mais elle a de plus ses quatre côtés égaux.



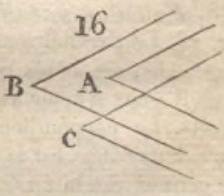
Ainsi, pour récapituler, si les côtés opposés sont simplement parallèles (fig. 14) avec ou sans angles droits, la figure est un parallélogramme ; elle est un rectangle (fig 12) si les côtés sont perpendiculaires, et un carré (fig. 15) s'ils sont en outre tous quatre égaux. Enfin quand les quatre côtés sont égaux, mais qu'aucun angle n'est droit, la fig. est un *rhombe* ou *lozange* (*voyez* problème 44) Comme il n'entre dans ces diverses figures que des parallèles et des perpendiculaires, la vérification est facile à faire, et la figure que le maître doit tracer à son tour, ne peut offrir de difficulté à concevoir.

36. *Tracez deux angles à côtés parallèles*, fig, 16 et 17. Après avoir fait un 1^er^. angle A, on en fait un second B en menant deux parallèles aux côtés. La longueur des côtés reste arbitraire (page 32), car on a dit que la grandeur d'un angle ne dépend pas de celles de ses côtés. Deux angles, tels que ceux de la fig. 17, sont égaux, non lorsque leurs côtés sont d'égale longueur, mais lorsque l'ouverture de l'un peut s'appliquer exactement sur celle de l'autre, les sommets coïncidant parfaitement, ainsi que la direction des côtés, bien que les cotés de l'un puissent dépasser ceux de l'autre.

17



16

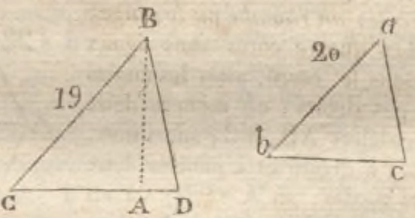


La fig. 16 est destinée à exercer les enfans à faire les angles à cotés parallèles dans toutes sortes de position.

37. *Menez des obliques également écartées de la perpendiculaire* (*voyez* fig. 18, page 33). Pour que deux obliques B C, B D remplissent la condition prescrite, il faut qu'elles aient même longueur, ou que les distances A C, A D au pied de la perpendiculaire A B, soient égales. Rien n'est plus facile à concevoir et même à tracer.

38. *Faites un triangle isoscèle* (fig. 18, page 33). Le triangle B C D, qui a deux cotés B C, B D égaux, est appelé *isocèle*. La perpendiculaire A B, menée du sommet sur la base, doit couper cette base par moitié; les angles C et D doivent avoir même ouverture, tournée en sens contraire. Ainsi l'élève tracera la droite C D, sur le milieu de laquelle il élèvera une perpendiculaire A B; les longueurs de ces deux lignes pourront être données en centimètres; il ne restera plus qu'à conduire les lignes B C, et B D.

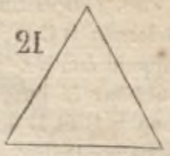
En imaginant la figure pliée selon la perpendiculaire A B, la partie de gauche doit s'appliquer exactement sur celle de droite, savoir le sommet C sur le sommet D, A C sur AD, BC sur BD.



39. *Faites un triangle scalène* a b c, fig. 20, *puis un autre* B C D, fig. 19, *dont les côtés soient parallèles à ceux du premier.* Ceci est facile à concevoir, il n'est besoin d'aucune explication. Les ouvertures des angles sont respectivement égales, et ces triangles sont appelés *semblables*. Du reste le maître devra exiger que le premier triangle *a b c* ait deux de ses côtés de longueurs données, et que le second triangle ait une base donnée C D. Ainsi, après avoir proposé sa question, il prononcera le nombre de centimètres de la base pendant que l'élève la tracera, etc.

40. *Faites un triangle équilatéral*, fig. 21. Les trois côtés sont d'égale longueur, et le maître indiquera le nombre des centimètres qu'on doit leur donner.

21



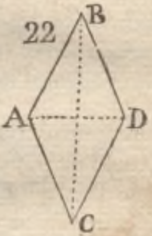
41, 42. *Par un point donné, mener une perpendiculaire*, fig. 18, page 32.

43. *Mener une perpendiculaire* AB *au bout d'une ligne* AC, fig. 10, page 34.

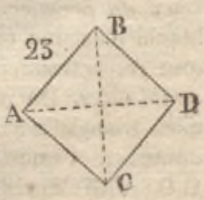
Ces trois questions ne diffèrent de la 28e. et de la 29e. page 34, qu'en ce que la perpendiculaire est assujettie à passer par un point désigné, ce qui en rend l'exécution plus difficile. L'élève tirera donc sa droite, marquera le point donné, puis tracera la perpendiculaire.

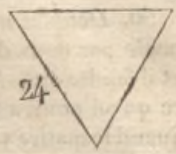
44. *Faites un rhombe ou losange*, fig. 22. Les quatre côtés sont égaux comme dans le carré, mais les angles ne sont pas droits : on mènera deux perpendiculaires AD, BC ; sur l'une, on portera à droite et à gauche deux longueurs égales, en A et D ; on en fera autant en dessus et en dessous, c'est-à-dire qu'on portera encore vers C et B deux longueurs égales : les quatre points ABCD ainsi fixés détermineront les sommets du losange ACBD, et il ne s'agira plus que de joindre ces sommets deux à deux par les droites AB, AC, BD et DC. Si les longueurs qu'on a portées de part et d'autre du point de section des deux perpendiculaires AD, BC, sont toutes quatre égales, la figure sera *un carré placé obliquement*, c'est la question 45, fig. 23.

22



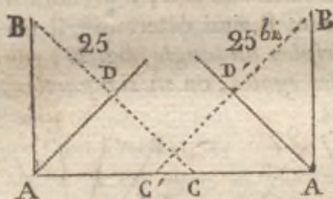
23





46. *Faites un triangle équilatéral*, etc., fig. 24. Voyez ce qu'on a dit problème 40. Le triangle équilatéral pourra même être placé de diverses manières, ce qui donne lieu au problème suivant, n°. 47.

47. Le maître indiquera la direction de la base et le nombre des centimètres qu'il veut qu'elle contienne.

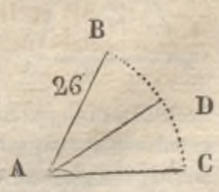


48. *Coupez un angle droit par la moitié*, fig. 25. Pour qu'un angle BAC soit coupé en deux parties égales par une droite A D, il faut que cette ligne A D soit autant inclinée sur un côté AC, que sur l'autre AB : si l'on conçoit la figure pliée selon A D, les parties des deux côtés coïncideront, A B se couchera sur A C.

Que l'élève prenne deux parties égales A C, A B, qu'il mène la droite B C, le milieu D de B C sera le point où la droite demandée A D doit couper B C; B C sera perpendiculaire sur A D, et le triangle A B C sera isocèle, comme au problème 38 et dans la fig. 18, p. 33. On vérifiera donc aisément si AD coupe par moitié l'angle donné, en mesurant les parties BD et DC qu'on devra trouver égales.

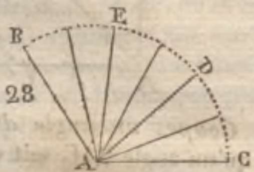
La fig. 25 *bis* est la même que 25, mais tournée en sens différent.

49. Si l'angle proposé n'est pas droit, fig. 26, il ne sera pas plus difficile à couper par moitié, car la vérification se fera de même.



50. *Doublez un angle*, fig. 26. L'élève fera un premier angle par deux droites A C, A D, ensuite il tirera A B, et il faudra que A D coupe l'angle total B A C par moitié, ce qu'on pourra vérifier, comme on l'a dit ci-dessus. Et quand le maître voudra tracer exactement le même dessin, il tirera deux droites A D, A C, formant l'angle qu'il veut doubler; puis menant, comme dans la fig. 25, sur A D une perpendiculaire B C, il prendra B D égal à D C; enfin par le point B ainsi déterminé, il tirera A B.

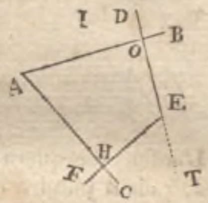
51, 52. *Triplez un angle*, fig. 27, *coupez un angle en trois parties égales*, ou *en six parties*, fig. 28.



Rien n'est plus facile à concevoir que ces questions, mais il n'est pas aussi aisé d'en exécuter les dessins. On ne les présentera aux enfans que comme des exercices propres à accroître la précision du coup d'œil; mais n'ayant pas encore l'usage du rapporteur, il ne pourra vérifier, ni tracer lui-même la figure que par adresse et sans être assuré de l'exactitude. Au reste, dans la deuxième section, on donnera des moyens de vérification dont le maître pourra de suite faire usage.

SECONDE CLASSE.

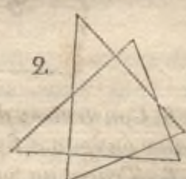
1. *Faites deux angles à côtés perpendiculaires*, fig. 1. Après avoir tracé un angle B A C, l'élève mènera une ligne DE perpendiculaire sur le côté AB, puis EF perpendiculaire sur le côté A C. L'angle DEF ainsi formé est celui qu'on demande. Il est à remarquer



que l'un des angles A est aigu, et l'autre E obtus; et que si vous prolongez l'un des côtés, tel que DE en T, l'ouverture F E T, formée par ce prolongement avec E F, est la même que celle de l'angle A, c'est-à-dire qu'on peut transporter l'angle A de manière à en faire coïncider les côtés avec ceux de l'angle F E T, savoir A B avec E T, A C avec EF.

2. *Faites deux triangles à côtés perpendiculaires*, fig. 2. Après avoir fait un premier triangle, on en formera un second, en faisant d'abord un angle à côtés perpendiculaires, comme on vient de le dire, et fermant celui-ci par une perpendiculaire au troisième côté.

2.

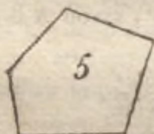


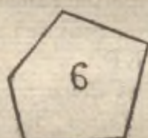
3. *Faites un trapèze*, etc., fig. 3: on nomme *trapèze* une figure ABCD, à quatre côtés, dont deux sont parallèles, qu'on nomme les *bases*, telles sont CD et AB. La *hauteur* E F est

une perpendiculaire sur l'une et sur l'autre. Ainsi l'enfant tracera d'abord la hauteur EF, puis des perpendiculaires CD, AB, il donnera à chacune de ces trois lignes la longueur qu'on lui aura prescrite en centimètres; enfin il fermera la figure par les lignes AC, BD.

4. *Faites des polygones à 5 ou 6 côtés*, etc., appelés *pentagones, hexagones*, fig. 4 et 5.

L'enfant marquera d'abord les sommets de ces polygones, puis il joindra ces divers points par des droites formant une figure fermée : ou bien il tracera les côtés successifs, et à chacun le maître lui assignera une longueur en mètres, et même la direction des côtés, avec sa règle appliquée à distance sur le tableau. Quand il ne restera plus qu'un côté à tracer, l'élève fermera la figure.





5. *Construisez deux polygones à côtés parallèles, inégaux ou égaux*, fig. 5 et 6. Ceci n'exige aucune explication.

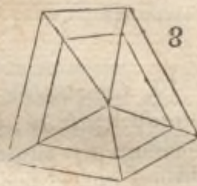
6. *Tracez un polygone et ses diagonales*, etc., fig. 7. Après avoir tracé un polygone, tel qu'on voudra, on mènera de l'un des sommets à tous les autres des droites qui en traversent la surface et la partagent en triangles; ces lignes sont ce qu'on nomme des *diagonales*.

7


Il ne restera plus qu'à mener des parallèles aux divers côtés, telles que le montre la fig. 7, et qui soient limitées aux diagonales; on aura ainsi formé un *polygone semblable* au premier.

On pourra exiger que le premier polygone tracé soit l'intérieur, et le second l'extérieur ; alors les diagonales devront être prolongées au dehors du premier.

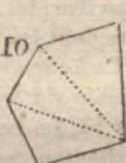
Au lieu de faire partir les diagonales de l'un des angles, on peut mener à chaque sommet des droites partant d'un point pris dans l'intérieur, comme on le voit dans la fig. 8. On aura alors résolu la question 8 : *d'un point intérieur menez des lignes à tous les sommets d'un polygone, et faites un second polygone à côtés parallèles.*



8

9

10



7 et 8. *De l'un des sommets d'un polygone menez des diagonales*, fig. 9, *puis formez une autre suite de triangles*, fig. 10, *à côtés parallèles.* La fig. 9 est facile à faire, puisque c'est un polygone et ses diagonales ; pour tracer ensuite la fig. 10, on tracera d'abord un premier triangle à côtés parallèles à l'un de ceux de la fig. 9 ; à ce triangle, on en accolera un second construit suivant le même principe, puis un troisième : en rangeant ces triangles dans le même ordre pour les deux figures, on aura encore construit un polygone semblable au premier.

9. *Donnez la hauteur et la largeur de l'hectolitre de grains.* Les deux dimensions sont égales ; elles ont 50 centimètres et un tiers : on les a gravées au bas du tableau de la seconde classe.

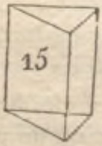
10. *Construisez une pyramide triangulaire*, fig. 11, *quadrangulaire*, fig. 12. Lorsque d'un point ou *sommet* commun pris au-dessus d'un polygone, on fait partir des droites qui se terminent aux angles de cette base polygonale, le corps ainsi formé est une pyramide. Toutes les figures suivantes, dans le tableau de la seconde classe, sont en perspective; les fig. 11, 12, 13 et 14 représentent des pyramides dont les bases sont des polygones de 3, 4, 5 et 6 côtés. La *hauteur* de la pyramide est une perpendiculaire abaissée du sommet sur sa base, comme on le voit fig. 12 et 13. La base de la pyramide est placée sur l'horizon, sa hauteur est une verticale, qu'à raison de la perspective on limite en l'un des points de la base à peu près où l'on veut. Quand la base de la pyramide est un polygone régulier (Voyez p. 45), et que la hauteur tombe au centre, la *pyramide est droite et régulière*, telles sont les fig. 12, 13 et 14.

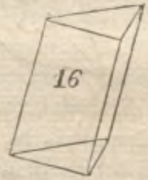
On fera donc tracer à l'enfant un polygone de 3, 4, 5 ou 6 côtés pour base, selon les règles prescrites pour les polygones; puis, marquant un point pour sommet au dehors de cette figure, il dirigera des lignes aux angles; ou réciproquement il fera partir 3, 4, 5 ou 6 lignes droites d'un point commun pris pour sommet, et fermera l'espace qu'elles comprennent par un plan polygonal.

11. *Faites une pyramide droite et régulière*, fig. 13 et 14. Après avoir dessiné un polygone présentant à l'œil des longueurs égales, placées symétriquement, à droite et à gauche, comme le montrent nos figures, on élèvera au centre une verticale et on prendra pour sommet l'un de ses points. La pyramide a ses arêtes placées symétriquement des deux côtés de la hauteur.

12. *Coupez une pyramide par un plan parallèle à la base*, fig 12 et 14. Le polygone ainsi formé doit avoir ses côtés respectifs parallèles à ceux de la base. Après avoir pris un point quelconque sur une arête, on mènera des parallèles aux deux côtés de la base qui aboutissent à cette arête : des points où les arêtes voisines sont coupées par ces parallèles, on tracera des parallèles aux côtés suivans, etc. ; le dernier côté qui fermera le polygone devra se trouver parallèle au côté correspondant de la base.

13. *Tracez un tronc de pyramide à bases parallèles*, fig. 12 et 14. Cette figure se trouve la même que la précédente, où l'on aurait effacé la partie des arêtes qui va au sommet, et est au-dessus du polygone supérieur.



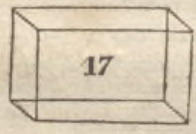


14 et 15. *Construisez un prisme triangulaire oblique*, fig. 16, ou *droit*, fig. 15.

Le *prisme* est un corps formé de deux polygones égaux et parallèles, dont les sommets semblables sont joints par des arêtes qui toutes sont parallèles et égales entre elles. Telles sont les figures 15, 16, etc., jusqu'à 22. La *hauteur* du prisme est la perpendiculaire aux deux bases qui en mesure la distance ; c'est une verticale qui se termine à sa rencontre avec les deux bases horizontales. On dit que le prisme est *droit* quand les arêtes sont perpendiculaires sur les bases, fig. 15, 17 et 20.

On fera tracer à l'enfant une base triangulaire ; pour achever le prisme il devra tracer des arêtes parallèles, et ensuite limiter le corps par un second triangle égal et parallèle au premier. Il prendra aussi pour base un quadrilatère, un pentagone et d'autres polygones, et une semblable construction donnera les fig. 20 et 21. En général, qu'on trace des droites parallèles et égales, et qu'on joigne les extrémités supérieures pour former un polygone ; de même pour les extrémités inférieures : le corps sera un prisme, les bases seront parallèles et égales.

Les enfans doivent beaucoup s'exercer à conduire des droites qui, partant d'un point, aillent se terminer avec précision à d'autres point donnés, ou bien tombent perpendiculairement sur des directions données.



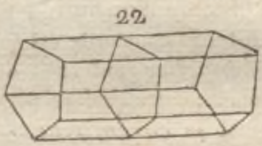
16, 17 et 18. *Faites un parallélipipède droit*, fig. 17, *oblique*, fig. 19. Quand la base du prisme est un parallélograme, le corps prend le nom de *parallélipipède ;* toutes les six faces sont alors des parallélogrammes dont les opposés deux à deux sont égaux.

19. *Construisez un cube*, fig. 18. Le cube est un parallélipipède dont toutes les faces sont des carrés égaux ; chacun est placé à angle droit sur ses contigus ; toutes les douze arêtes sont égales entre elles et perpendiculaires ou parallèles. On sent qu'à raison de la perspective, le des-

sin ne donne la figure d'un carré qu'à la face du devant et à celle de derrière. L'élève doit donc tracer d'abord ces deux carrés parallèles, et le reste sera facile à faire. Le dé à jouer est un cube.

Il sera bon d'exercer les enfans à tracer des cubes dans toutes les situations, comme ils ont fait des carrés dans la première classe. Ainsi ils devront savoir décrire des cubes qui n'auront aucune arête, soit horizontale, soit verticale; de là cette vingtième question :

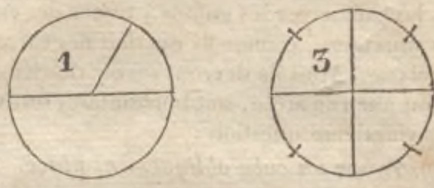
20. *Construisez un cube obliquement placé.*



21, 22 et 23. *Coupez un prisme par un plan parallèle à sa base, coupez-le en 2, 3, 4 parties égales; doublez, triplez un prisme*, fig. 21 et 22. Lorsqu'on coupe un prisme parallèlement à sa base, la section qu'on forme est un polygone égal et parallèle aux bases. Il faut reproduire ici ce qu'on a dit pour les sections faites dans une pyramide nos. 10, 11 et 12. Quand les arêtes sont partagées en deux parties égales par le plan, le prisme est coupé par moitié; il l'est au tiers quand les arêtes sont coupées par tiers, etc. Pour doubler le prisme, il suffit de prolonger ses arêtes d'une quantité égale.

La fig. 22 est remarquable en ce que le prisme est couché sur l'horizon.

TROISIÈME CLASSE.



On nomme *cercle* la courbe dont tous les points sont à égale distance d'un autre point intérieur, appelé *centre*. Cette distance constante est le rayon. On distingue quelquefois la surface renfermée de la courbe qui l'enceint de toutes parts; cette surface prend le nom de *cercle*, et la courbe est sa *circonférence*. Sauf les cas où l'on a cette distinction en vue, les termes de *cercle* et de *circonférence* sont synonymes.

1. *Tracez un cercle et marquez-en le centre, un rayon et un diamètre*, fig. 1 : par un exercice soutenu, les élèves doivent parvenir à tracer les cercles et à en marquer le centre, avec une exactitude presque égale à celle du compas. C'est avec cet instrument que la vérification se fait par le maître, qui doit en être pourvu.

On nomme *rayon*, une droite qui va du centre à la courbe; tous les rayons d'un cercle sont égaux. Le *diamètre* passe aussi par le centre, mais il traverse d'une partie de la *circonférence* à celle qui est opposée. Une portion de courbe se nomme *arc*, et la ligne droite qui va d'une extrémité de l'arc à l'autre, est une *corde*. C'est ainsi que l'arme qu'on nomme *arc* est tendu avec une *corde*.

2. *Faites un cercle dont le centre ou le rayon est donné*, fig. 1. Ici l'élève doit d'abord tracer le centre ou le rayon, dans la situation qu'on lui désigne : il est ensuite

beaucoup plus difficile de tracer le cercle que si cette condition n'avait pas été imposée.

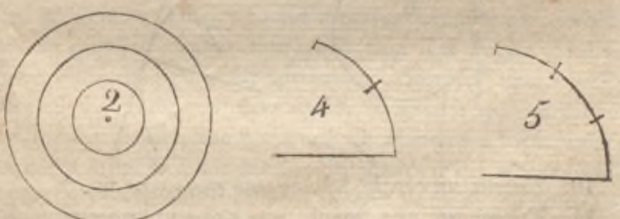
3. *Coupez un cercle par deux diamètres perpendiculaires*, fig. 3.

4. *Coupez un cercle en huit parties égales*, fig. 3.

Après avoir tracé un cercle, on décrira deux diamètres, l'un horizontal, l'autre vertical, et la circonférence se trouvera coupée en quatre quartiers. Pour la diviser en huit, il restera à couper chaque arc par moitié, ce qu'on fait aisément en partageant en deux également chaque angle droit, ainsi qu'on le sait faire (page 39).

On aura plus tard le soin d'exiger que l'un des diamètres ait une direction donnée, afin que des deux perpendiculaires, il n'y en ait aucune qui soit horizontale ni verticale.

En joignant les points ainsi obtenus par des droites, ou cordes, on obtient des carrés, ou des octogones renfermés dans le cercle. Ce sont les problèmes 14, 22.



5. *Décrivez des cercles concentriques*. Dans la fig. 2 tous les cercles ont même centre. On pourra exiger en outre que les circonférences soient équidistantes, c'est-à-dire que le diamètre de la plus grande soit coupé par les autres en parties égales.

6. *Tracez deux circonférences, le diamètre de l'une étant double ou triple de celui de l'autre*. Ceci n'exige ni figure, ni explication.

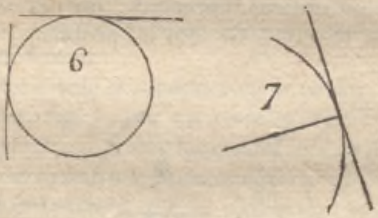
Il faudra toujours avoir soin d'indiquer combien les rayons des cercles doivent avoir de centimètres : le centre de chaque circonférence pourra être donné, de manière que les cercles se coupent, leurs dimensions étant ainsi prescrites d'avance.

7. *Tracez un arc de cercle et marquez-en le centre.*

8. *Tracez un arc d'un rayon donné,* fig. 4 et 5.

Il est plus facile de tracer le cercle entier qu'un arc; l'œil juge mieux de l'égalité de distance au centre quand la circonférence est décrite en totalité. A cette difficulté près, ce problème rentre dans les précédens. On devra beaucoup varier les rayons et la position des centres.

9. *Coupez un arc par moitié ou en trois parties,* fig. 4 et 5. La division des arcs en parties égales est très-importante : le maître vérifie la figure en mesurant, avec le compas, si la distance des points qu'on a marqués est la même, c'est-à-dire si les cordes des arcs sont égales.



10. *Tracez un cercle, menez une tangente,* fig. 6.

11. *Tracez un arc, menez une tangente par un point pris sur la courbe,* fig. 7.

On nomme *tangente* la ligne qui touche un cercle, c'est-à-dire, qui ne pénètre pas dans son intérieur; elle n'a qu'un seul point commun avec la courbe, abstraction de l'épaisseur du trait. On doit dans toutes les figures tâcher de rendre le trait le plus délié possible, sans quoi le dessin n'aurait aucune précision. Ce qui caractérise la tangente, c'est que si *l'on mène un rayon au point de contact ces deux droites sont perpendiculaires.*

Le maître vérifiera cette construction, soit en apposant son équerre pour s'assurer si l'angle est droit, soit en marquant sur la tangente deux points à égale distance du contact, et voyant, à l'aide du compas ou du mètre, si ces points ainsi marqués sont à égale distance du centre du cercle, comme les lignes ponctuées, fig. 8, le représentent.

12. *Menez quatre tangentes au cercle formant un quadrilatère*, fig. 8.

13. *Circonscrivez un carré au cercle*, fig. 8.

Quatre tangentes qui entourent un cercle forment un quadrilatère ; on pourra donner la longueur ou la direction de certains côtés. Quand il arrive, comme on le voit fig. 8, que les quatre tangentes font des angles droits entre elles, la figure est un carré. Alors les lignes menées au centre doivent être égales, et aussi à angle droit.

Quand un polygone est tracé de manière à avoir tous ses côtés tangens à un cercle, on dit qu'il est *circonscrit* au cercle, ou que le cercle est *inscrit* dans le polygone.

14. *Inscrivez un carré dans un cercle*, fig. 9.

Quand un polygone a tous ses sommets d'angles placés sur une circonférence, on dit qu'il est *inscrit* au cercle, ou que le cercle est *circonscrit* au polygone. Pour inscrire un carré dans une circonférence donnée, menez deux diamètres perpendiculaires (fig. 9), et joignez par des droites les extrémités de ces lignes. En partageant chaque arc par moitié, on aurait un octogone inscrit (Voy. problème 22). Ces constructions ne présentent aucune difficulté, d'après ce qu'on a dit problèmes 3 et 4.

15. *Doublez ou triplez un arc de cercle*, fig. 4 et 5.

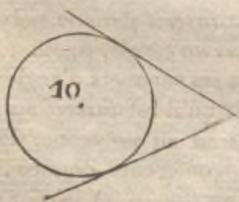
On trace d'abord un arc et on en marque le centre ; ensuite il s'agit de le prolonger d'autant ou du double, sans que le trait sorte de la circonférence, ce dont on s'assure ensuite avec le compas. Ceci offre plus de difficulté que la question 9. (Voyez obs. p. 59.)

16. *Menez au cercle une tangente par un point donné au dehors*, fig. 6 et 10.

Dans les problèmes 10 et 11, la tangente devait toucher en un point marqué d'avance sur l'arc ; mais ici le lieu du contact est inconnu, et c'est par un point donné à l'extérieur que la tangente doit passer. Lorsqu'on a tracé cette ligne à vue, on vérifie la construction en voyant si la droite se trouve perpendiculaire sur le rayon dirigé au point de contact.

Il est à observer qu'on peut, par le point extérieur, mener deux tangentes au cercle, comme le montre la fig. 10, qui est le but du problème 17 : *mener deux tangentes au cercle par un point extérieur*. Tous les dessins doivent avoir des traits déliés, sans quoi la tangente se perdant dans l'épaisseur du trait circulaire, la figure serait informe.

On devra beaucoup faire varier la position du point extérieur.

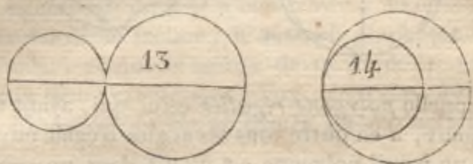


18. *Coupez un cercle en six parties égales, formez l'hexagone régulier inscrit*, fig. 11.

19. *Coupez un cercle en trois parties égales, inscrivez*

un triangle équilatéral, fig. 12. Ces deux fig. n'en forment ici qu'une seule, pour mieux indiquer la règle du tracé.

Si l'on porte bout à bout le rayon d'un cercle sur sa circonférence, on trouve qu'il y est juste six fois, c'est-à-dire, qu'à la sixième fois on retombe précisément sur le point de départ. En joignant ces points successifs par des cordes, on fera un polygone régulier inscrit de six côtés, qu'on nomme *hexagone ;* et, si on ne mène les cordes que de deux en deux points de division, on aura un triangle équilatéral inscrit.



20. *Faites deux cercles inégaux, tangens en dehors* fig. 13 ; *tangens en dedans*, fig. 14.

21. *La même chose en donnant d'avance les centres et le point de contact.*

Lorsque deux cercles se touchent, soit en dedans, soit en dehors, le point de contact et les deux centres sont en ligne droite : il suffira de vérifier si cette condition est remplie ; et, en outre, si les courbes sont bien circulaires, pour être assuré que les cercles se touchent. Il faudra toujours insister sur la nécessité de faire des traits déliés.

Du reste, on doit beaucoup varier les données du problème, afin d'augmenter les difficultés du tracé, soit en se donnant d'avance les rayons des cercles, et laissant l'élève maître de prendre ces centres où il voudra, soit en marquant d'avance les centres et le contact ; ou enfin en se donnant un point par lequel les courbes doivent passer (ainsi que les problèmes 29, 30 et 31 vont le prescrire). Toutes ces modifications par lesquelles on combine un problème avec les conditions des problèmes qui suivent ou précèdent, sont laissées à la sagacité du maître.

Remarquez que si vous menez une tangente aux deux cercles au point même du contact, elle sera perpendiculaire à la droite qui joint les deux centres.

On appelle *polygone régulier* celui qui, ayant tous ses côtés égaux, a en outre tous ses angles d'égale ouverture. Quand un pareil polygone est inscrit dans un cercle, les côtés sont des cordes d'arcs égaux, et les sommets coupent la circonférence en parties égales.

22. *Inscrivez un octogone régulier dans un cercle*, fig. 15. On mène deux diamètres perpendiculaires, on partage ensuite chaque quart de cercle par moitié, et on joint deux à deux les points consécutifs. Voyez problème 3. Ici la difficulté ne consiste guère que dans la nécessité de faire des traits déliés qui ne s'embrouillent pas aux sommets des angles.

23. *Inscrivez un pentagone régulier dans le cercle*, fig. 16.

Il est difficile de diviser à l'œil la circonférence en cinq arcs égaux, et le but de ce problème est d'y exercer les élèves. Le compas sert ensuite à reconnaître si en effet les cinq cordes sont égales.

24. *Tracez un polygone régulier de* 5, 6, 8 *côtés sans faire de cercle*, fig. 16, 12 et 15. On commence par tracer un cercle et un polygone inscrit; puis à côté de

cette figure, on décrit un polygone égal au premier, c'est-à-dire, formé de côtés, respectivement égaux et parallèles deux à deux à ceux du premier. Enfin on arrive bientôt, par cet exercice, à tracer le polygone sans avoir sous les yeux celui qu'on avait d'abord inscrit au cercle. La difficulté d'exécution est grande ; mais il n'y en a aucune pour l'intelligence, ni pour la vérification.

25. *Faites un triangle et décrivez le cercle circonscrit*, fig. 19.

On trace d'abord un triangle, et il s'agit ensuite de décrire une circonférence qui passe par les trois sommets. Cette figure est difficile à construire ; nous donnerons dans la deuxième section, le procédé graphique dont on peut s'aider, et que le maître devra employer pour construire sa figure exactement (Voy. observ. p. 59.)

26. *Faites un cercle et tracez un triangle tangent*, fig. 18.

Trois tangentes au cercle, qui l'entourent en forme de triangle, sont faciles à tracer ; mais le moniteur y ajoutera des difficultés en donnant les directions des côtés tangens. Du reste, les tangentes doivent toujours être perpendiculaires aux extrémités des rayons dirigés aux contacts, comme dans les problèmes p. 50 et 52.

27. *Un polygone régulier étant donné, tracez un cercle qui passe par tous les sommets*, fig. 9, 11, 12, 15 et 16.

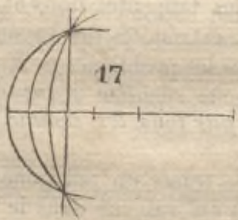
La difficulté de tracer un polygone régulier sans faire de cercle, a déjà été vaincue dans le problème 24 ; il ne restera qu'à tracer ensuite la circonférence qui passe par tous les sommets.

28. *Inscrivez un cercle dans un triangle*, fig. 18.

Ce problème est l'inverse du 26e. ; on donne le triangle, et il faut ensuite décrire le cercle tangent, ce qui présente une difficulté bien plus grande. On verra dans la deuxième section quel est le procédé graphique qui donne exactement le centre et le rayon du cercle. Ce rayon est d'ailleurs la perpendiculaire qu'on mène ensuite du centre sur l'un des côtés, quel qu'il soit ; car les trois perpendiculaires doivent être égales pour que la circonférence soit tangente aux trois côtés à la fois (Voy. obs. p. 59.)

29. *Faites un arc qui passe en deux points donnés, marquez-en le centre et le rayon*, fig. 4 et 17.

Après avoir marqué deux points, il s'agira de tracer un arc de cercle qui ira de l'un à l'autre : le centre doit se trouver quelque part, sur la perpendiculaire élevée au milieu de la corde qui joint ces deux points donnés. Mais, en outre, le centre peut être pris où l'on veut, sur cette perpendiculaire, en sorte qu'il y a, en effet, une multitude infinie d'arcs qui passent par les deux mêmes points. Aussi fera-t-on bien d'obligèr les élèves à marquer le centre de l'arc, lorsqu'ils auront acquis quelque exercice de ce tracé. Il est facile de concevoir cette foule d'arcs qui passent par les deux points donnés dans la fig. 17, et de comprendre la question suivante, pour laquelle il est indispensable de faire des traits déliés.



30. *Faites plusieurs arcs qui passent par deux points donnés*, fig. 17.

On fera marquer les centres de ces divers arcs ; or, ces centres sont tous sur la perpendiculaire élevée au milieu de la corde de l'arc donné.

31. *Construisez un cercle qui passe par trois points donnés.*

32. *Circonscrivez un cercle à un triangle donné*, fig. 19.

Ces deux questions sont la même chose que la 25e., conçue en termes différens. Parmi la multitude d'arcs de cercle qui passent par deux des points donnés, il faut préférer celui qui a la propriété de passer aussi par le 3e., et il n'y a qu'un seul arc qui en jouisse. Il est inutile d'indiquer ici la manière dont on peut s'y prendre ; la construction dont on se servira pour corriger, ou construire exactement sera développée dans la deuxième section de l'ouvrage. Il ne s'agit ici que de régler la main et le coup d'œil de l'enfant, qui par l'exercice devra arriver à choisir parmi tous ces cercles, celui qui, passant par deux des sommets donnés, se trouve aussi passer par le troisième. (Voy. obs. p. 59.)


20


21

33. *Étant donné un cercle, circonscrivez un polygone régulier et irrégulier*, fig. 20.

On mène au cercle diverses tangentes qui l'entourent. Mais si on veut que le polygone soit régulier, c'est-à-dire, que tous ses côtés soient égaux et ses angles de même ouverture, il faudra que les points de contact soient tous au milieu des côtés, et divisent le cercle en arcs égaux. Dans cet état, les lignes qui vont du centre aux angles, doivent les couper tous par moitié, et être égales entre elles.

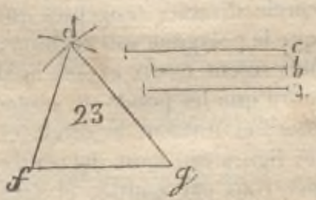
Pour tracer un hexagone régulier circonscrit, par exemple, on coupera la circonférence en six arcs égaux, comme si on voulait inscrire ce polygone, et à chaque point de division on mènera une tangente (fig. 20). On pourrait encore mener des rayons aux six points de sections et les prolonger; puis, dans chacun des angles égaux ainsi formés (fig. 21), on mènerait une tangente au milieu de l'arc intercepté.

34. *Étant donné un polygone régulier, inscrivez un cercle*, fig. 20.

Ce problème est l'inverse du précédent; on trace d'abord le polygone régulier, puis on décrit le cercle tangent à tous les côtés : le centre de ce cercle se trouve en coupant deux angles par moitié, ou bien en élevant des perpendiculaires au milieu de deux côtés; car toutes les perpendiculaires ainsi tracées vont concourir au centre. (Voy. p. 59.)

35. *Inscrivez et circonscrivez au cercle des polygones parallèles*, fig. 21.

Après avoir tracé un cercle, on y inscrira un polygone à volonté; ensuite on en circonscrira un autre, par une suite de tangentes parallèles aux cordes et menées au milieu de chaque arc. On pourra réciproquement commencer par le polygone extérieur, et faire ensuite l'intérieur. Observez que si l'un des polygones est régulier, l'autre le sera aussi, et qu'en prolongeant les rayons menés aux sommets inscrits, ils iront passer par les sommets circonscrits.



36. *Faire un triangle dont on connaît les trois côtés*, fig. 23.

Tracez à volonté trois droites a, b, c, qui doivent être les côtés du triangle (on pourra aussi donner ces longueurs en centimètres); tirez d'abord la base fg, égale à l'un des côtés, tel que a; il s'agira ensuite de choisir le sommet d, de manière qu'il soit distant de f et de g, des longueurs b et c. Pour corriger, le maître vérifiera si cette double condition a lieu. Voy. la deuxième section, où l'on donnera le procédé exact qui sert à résoudre ce problème.

Observation. Il arrive souvent qu'une même figure sert dans des problèmes différens : par exemple, *pour inscrire un cercle à un triangle, et circonscrire un triangle à un cercle*, on recourt à la fig. 18; de même *pour circonscrire un cercle à un pentagone, ou inscrire un pentagone dans un cercle*, on arrive également à la figure 16. Les moyens géométriques de résoudre ces problèmes doivent être connus des maîtres, et même pratiqués par eux dans leurs corrections sous les yeux des élèves. Cependant comme d'ordinaire, parmi les problèmes qui exigent la même figure, il en est un plus facile, on peut souvent se contenter de tracer la figure par ce dernier moyen. Il en résultera plus de rapidité dans les corrections, ce qui est un point essentiel; et les enfans ayant sous les yeux la figure définitive, auront le sentiment de l'exactitude qu'on attend d'eux; ce qui est suffisant.

QUATRIÈME CLASSE.

Nota. Comme les figures vont devenir de plus en plus composées, pour ne pas augmenter sans utilité le volume et les dépenses, il m'a paru convenable de ne plus accompagner le texte des figures qui s'y rapportent. Il faudra donc suivre le discours, en regardant attentivement le tableau de la quatrième classe. Les instituteurs doivent être exercés, par ce qui précède, à concevoir les figures, à mesure qu'ils en lisent l'explication.

1. *Tracez une droite qui touche deux cercles*, fig. 1. Il faut faire en sorte que les rayons menés aux deux points de contact, soient perpendiculaires sur la tangente, et par conséquent parallèles. Observez qu'il peut se faire que les cercles donnés se coupent, ou soient séparés l'un de l'autre; les élèves doivent s'exercer à ces deux suppositions.

Lorsqu'il arrive que les rayons des deux circonférences, fig. 1, sont égaux, la tangente est alors parallèle à la droite qui joint les centres. Ainsi, de deux centres quelconques pris sur la ligne donnée, et avec le même rayon, tracez deux arcs de cercle; la droite qui les touchera l'un et l'autre en dehors, sera parallèle à la ligne des centres; c'est encore un moyen de résoudre cette question : *mener une droite parallèle à une autre*.

2. *Décrire quatre tangentes à deux cercles*. L'inspection de la figure 1 suffit pour montrer qu'on peut, en effet, mener ces quatre tangentes, savoir deux extérieures et deux intérieures. Il faut remarquer que la droite qui joint les centres, contient, en outre, les points où ces tangentes se coupent deux à deux.

3. *Ajouter deux carrés*, fig. 2 et 3. Chacune de ces figures présente un triangle rectangle, sur les côtés du-

quel on a construit trois carrés. Les deux petits carrés ont cela de remarquable, que l'un des côtés est précisément le prolongement de l'autre côté de l'angle droit du triangle. Si, sur le grand côté du triangle, on trace un demi-cercle, il devra passer par le sommet de l'angle droit.

Or, c'est un fait de géométrie, que *le plus grand de ces trois carrés contient une surface égale à celle des deux autres ajoutés ensemble.*

Ainsi, pour ajouter deux carrés donnés, faites un angle droit, et sur ces lignes portez les côtés de ces carrés; ces longueurs sont les deux petits côtés de votre triangle rectangle : tirez le grand côté, ce sera précisément le côté du carré cherché. En achevant ces trois carrés, comme on le voit, fig. 2 et 3, vous aurez la représentation de l'addition que vous vouliez faire : *le grand carré vaut les deux petits carrés ajoutés.*

Il est clair que si les deux petits carrés étaient égaux, le grand carré serait double de chacun des petits; c'est ce qu'on voit, fig. 3. On conçoit donc le problème 4 : *Doublez un carré.*

5. *Retrancher un carré d'un autre*, fig. 2.

Si, au contraire, on donne le grand carré et l'un des petits, il est facile de trouver l'autre, ou la différence entre les carrés proposés, en faisant le triangle rectangle, d'après ces données. On tirera d'abord le grand côté; ce côté étant pris pour diamètre, on tracera un demi-cercle; sur ce demi-cercle on prendra une corde qui ait pour longueur celle du côté du carré donné; l'autre corde, en achevant le triangle rectangle, est le côté du carré demandé. En formant les carrés qu'on voit dans la fig. 4, on a la représentation de la soustraction qu'on a faite : *le grand carré, moins l'un des petits, donne l'autre pour reste.*

Quand on prend, sur la demi-circonférence, un point à égale distance des deux extrémités, c'est-à-dire, le bout du rayon perpendiculaire, les deux cordes sont égales, et le triangle rectangle est isocèle, comme on le voit, fig. 3 : ainsi les deux petits carrés sont égaux à la moitié du grand. On conçoit donc ce problème :

6. *Prendre la moitié d'un carré*, fig. 3.

7. *Ajouter trois carrés*, fig. 4. La construction, fig. 2, sert d'abord à ajouter deux des carrés proposés. Il reste donc à ajouter le troisième à cette somme; ce qui exige un nouveau triangle rectangle, qui a pour un des côtés de l'angle droit le grand côté du triangle précédent, ainsi qu'on le voit, fig. 4; on peut ensuite ajouter de même un quatrième carré, puis un cinquième, etc.

8. *Tripler un carré*, fig. 4. Ce problème est facile à résoudre, d'après ce qu'on vient de dire.

Quand on a doublé un carré, si à ce double on ajoute le carré proposé, on aura triplé ce dernier. Ainsi, en reproduisant une seconde fois la construction fig. 2, on aura résolu ce problème : *tripler un carré*.

9. *Construire un rapporteur*, fig. 5.

On est convenu de diviser tout demi-cercle, grand ou petit, en cent quatre-vingts parties égales, qu'on nomme degrés; on fabrique en cuivre, en bois, en corne,... de ces demi-cercles ainsi divisés pour l'usage qui va être expliqué dans notre ouvrage : un pareil instrument est ce qu'on appelle un *Rapporteur*. Voyons comment l'élève pourra le dessiner sur le tableau.

Après avoir tracé un demi-cercle et son diamètre, on mènera le rayon perpendiculaire, et il s'agira de couper chaque quart de cercle en 90 parties égales. On voit déjà que l'angle droit intercepte 90 degrés, que le demi-angle droit intercepte 45 degrés; ce qui fait dire, qu'un angle droit a 90 degrés, qu'un demi-angle droit en a 45. En portant le rayon sur le cercle, il sera contenu juste 3 fois sur la demi-circonférence, d'un bout à l'autre (voyez page 57), et chaque arc sera de 60 degrés. La différence entre cet arc et le quart de cercle est de 30 degrés, et, avec le demi-quart, est 15 degrés. Ainsi voilà tout naturellement le demi-cercle partagé de 15 en 15 degrés. En coupant en 3 parties, ces arcs de 15 degrés, on aura divisé la courbe de 5 en 5 degrés. Enfin, partageant ceux-ci en 5, le rapporteur sera achevé.

Il est nécessaire, pour la vérification, que le maître mesure avec un compas si les principales divisions coupent bien la courbe en arcs égaux. Un rapporteur bien divisé, soit en bois, soit en cuivre, pourra être employé à cet usage, pour plus de promptitude. Le cercle tracé sera d'un rayon plus grand ou plus petit que celui de l'instrument; mais en l'appliquant sur le tableau, et faisant coïncider le centre et le diamètre du rapporteur en cuivre avec ceux du dessin, il suffira de promener une règle, passant par le centre, pour juger si la figure est bien tracée.

10. *Faire un angle de* 36 *degrés, de* 50 *degrés, etc.*, fig. 5.

Dessinez d'abord un rapporteur, puis tracez le rayon qui va à la division du numéro 36; l'angle ainsi formé sera celui qu'on demande. L'angle obtus, qui est du côté opposé de ce rayon, vaut 144°, en retranchant 36 de 180. On ferait de même des angles de 50 et 130 degrés, ou de toute autre ouverture donnée.

Observez qu'il n'est pas nécessaire de dessiner le rapporteur entier, mais seulement de marquer les graduations qui conduisent à celles qu'on veut obtenir. Pour 36 degrés, par exemple, le rayon porté sur la circonférence donne l'arc de 60 degrés; sa moitié est 30, à laquelle il reste à ajouter 6 parties, ou le cinquième de cet arc de 30 degrés. La ligne tracée, fig. 5, donne les angles de 36 et 144 degrés. Si on eût proposé de faire un angle obtus de 144 degrés, on voit qu'il aurait suffi d'en faire un de 36.

11. *Construisez une sphère et ses méridiens*, fig. 6.

Après avoir décrit un cercle pour représenter la *sphère*, et deux diamètres perpendiculaires, dont l'un est l'*axe* et l'autre représente l'*équateur*, cercle qui est à distance égale des deux extrémités nommées *pôles*, tracez des arcs de cercle, qui passent tous par les pôles, et dont par conséquent les centres soient situés sur la ligne perpendiculaire à l'axe, prolongée à droite et à gauche (page 56). Ces arcs de cercle ont leur centre d'autant plus éloigné, qu'ils s'approchent davantage de l'axe. Le nombre de ces arcs est arbitraire; on les fera comme la figure les présente, plus serrés vers l'extérieur, et symétriques des deux côtés de l'axe. Ces arcs représentent en perspective divers cercles de la sphère, qu'on nomme *méridiens*.

12. *Construisez une sphère et les petits cercles qui la divisent en zones*, fig. 7.

Après avoir décrit un cercle et ses deux diamètres perpendiculaires, divisez ce cercle en arcs égaux deux à deux à partir des pôles; par exemple, en arcs de 15 en 15 degrés. Joignez les points placés des deux côtés, à égale distance du pôle, par des arcs de cercle, dont la concavité regarde le pôle, ainsi qu'on le voit fig. 7. Les centres de ces cercles seront tous sur l'axe prolongé en haut et en bas, et d'autant plus éloignés du pôle, qu'ils se rapprochent plus de l'équateur. On nomme *Zone* l'espace compris entre ces arcs, qui représentent les petits cercles qu'on obtient en coupant la sphère par un plan perpendiculaire à l'axe.

13. *Dessinez une mappemonde*, fig. 8. Cette figure est la même que les deux précédentes réunies en un seul dessin, comme si l'une avait été empreinte sur l'autre.

14. *Construisez une ellipse*, fig. 9 et 10. On nomme *Ellipse* la courbe ovale qu'on voit dessinée dans nos figures, et qui peut avoir une forme plus allongée, telle

qu'on la remarque dans les figures de 11 à 15. On mène d'abord deux droites perpendiculaires ; on prend en dessus et en dessous des parties égales ; de même on prend des longueurs égales entre elles, mais différentes des premières, à droite et à gauche du point de section, ou du *centre* de l'ellipse. Ces longueurs, qui dans le cercle sont toutes quatre égales, ici ne le sont que deux à deux ; on a ainsi le plus grand et le moindre diamètre de l'ellipse qu'on nomme *son grand et son petit axe*. Les extrémités du grand axe sont appelées *les deux sommets de l'ellipse*.

Il reste ensuite à dessiner la courbe, en imitant les figures, sans qu'elle offre de jarrets, ni de solution de continuité. Les quatre segmens formés par les deux axes, doivent être bien égaux, en sorte que, si l'on pliait la figure suivant ces axes, les parties fussent exactement coïncidentes, en se couchant l'une sur l'autre. Quant au tracé rigoureux de la courbe, telle que les géomètres la définissent, il n'est pas nécessaire de nous en occuper ici, nous le donnerons plus tard, et il suffira d'imiter la grâce du contour qu'offrent les modèles. Les longueurs des deux axes devront surtout beaucoup varier, et le maître les donnera en centimètres.

15, 16. *Tracez un cône, oblique* fig. 11, *droit* fig. 12.

Qu'on prenne un cercle pour *base*, et au-dessus de ce plan, un point pour *sommet* : imaginons qu'une droite, passant par ce point, tourne, sans le quitter, en rasant la circonférence : cette droite mobile décrira un *Cône*. C'est, si l'on veut, une pyramide dont la base serait un cercle. Les pains de sucre ont la forme conique. La perpendiculaire abaissée du sommet sur la base, est la *hauteur* du cône. Et, si cette perpendiculaire tombe précisément au centre du cercle, le cône est appelé *droit*.

La perspective, en changeant les dimensions apparentes des corps, donne à la base du cône la figure d'une ellipse. Le tracé ne peut offrir d'autre difficulté que celui de cette courbe.

17, 18. *Tracez un cylindre, droit* fig. 13, *oblique* fig. 14. Deux cercles égaux et parallèles, placés l'un au-dessus de l'autre, étant tracés, imaginez qu'une ligne droite ou *axe* aille d'un centre à l'autre. Si vous concevez une droite mobile qui, sans cesser d'être parallèle à cet axe, raserait les deux circonférences, l'espace renfermé dans cette étendue est ce qu'on nomme un *cylindre*. C'est, si l'on veut, un prisme dont les bases sont des cercles. La *hauteur* est la distance qui sépare les deux bases circulaires, c'est-à-dire, la perpendiculaire menée sur l'une et l'autre. Si l'axe remplit cette condition, c'est-à-dire, s'il est perpendiculaire aux deux cercles, le cylindre est *droit*. Les parois d'un boisseau, le mur d'un puits sont des cylindres droits.

Ici, comme pour le cône, la perspective change les cercles des bases en deux ellipses égales et parallèles. On aura soin de donner les axes de ces courbes et l'axe du cylindre en centimètres.

19. *Dessinez un litre, un boisseau, un hectolitre.* Il faut construire un cylindre qui ait pour hauteur et pour diamètre les dimensions fixées par la loi. Pour les grains et substances solides, cette hauteur et ce diamètre sont toujours égaux ; pour les liquides, la hauteur est double du diamètre. On donne donc, dans le dessin, aux grands axes des ellipses qui servent de base, et à la hauteur du cylindre droit, les longueurs exprimées dans le tableau suivant, qui sont les dimensions légales des mesures de capacité.

Hauteurs ou profondeurs des mesures de capacité.

	1°. *Pour les substances sèches.*	2°. *Pour les liquides.*
Décilitre ou poisson.		. . . 8 centimètres.
Litre.		. . . 17 cent.
Boisseau.	25 centimèt.	
Décalitre ou velte. .	23 centimèt. $\frac{1}{3}$.	. . . 37 cent.
Demi-hectolitre, . .	4 décimètres.	. . . 63 cent. $\frac{1}{3}$.
Hectolitre.	50 centimèt. $\frac{1}{3}$.	. . . 80 cent.

Ces nombres ne sont qu'approchés, et on y a négligé les petites fractions, pour en rendre le dessin plus facile ; sur les tableaux gravés, ces longueurs sont marquées avec plus d'exactitude.

20. *Faites une section parallèle à la base d'un cône ou d'un cylindre*, fig. 11, 12, 13 et 14. Cette section est un cercle qui, vu en perspective, offre l'apparence d'une ellipse, telle qu'on la voit dessinée sur les modèles.

21. *Doublez un cylindre, etc.*, fig. 13 et 14. Il faut reproduire ici tout ce qu'on a dit pour le prisme, page 47, n^{os}. 21, 22 et23, car le cylindre peut être considéré comme une sorte de prisme à bases circulaires.

22. *Faites un cylindre dont l'axe soit horizontal*, fig. 25. Le modèle indique assez le sens qu'on doit attacher à ce problème.

CINQUIÈME CLASSE.

Les figures de la cinquième classe sont composées par la réunion des traits qui ont été formés dans les classes précédentes ; savoir : la ligne horizontale ou verticale, les arcs de cercle et les arcs d'ellipse.

C'est un fait avoué de tous les hommes de goût, que les modèles n'ont de grâce et ne sont d'un style pur et élégant, qu'autant que les parties de l'ensemble en sont des fractions simples. La moitié, le tiers, le quart, sont à peu près les seules fractions auxquelles notre œil puisse s'accoutumer : au delà il n'y a plus que confusion, parce que nous ne pouvons plus juger des proportions. C'est ainsi qu'une baie de porte, ou de fenêtre, doit être une fois et demie, ou deux fois, ou etc., plus haute que large. En outre, nous sommes si exercés à saisir les formes régulières, les lignes verticales et horizontales, qu'il ne faut jamais s'égarer jusqu'à sortir des limites que ces formes déterminent. Ainsi les courbes ne doivent pas se joindre en formant des *jarrets*, et toute solution de continuité doit être sévèrement interdite. Les surfaces qu'on nomme de *révolution*, parce qu'on les conçoit produites par le mouvement d'une ligne courbe qui tourne autour d'un axe, sont aussi les plus agréables à l'œil : chaque section perpendiculaire à l'axe se trouve y produire un cercle, courbe que nous savons reconnaître partout où elle se rencontre. Le cylindre, le cône et la sphère sont des surfaces de révolution, ainsi que la plupart des corps qu'on a figurés au cinquième tableau.

Ce tableau a été construit d'après les principes qui viennent d'être exposés : on y voit au ponctué toutes les lignes nécessaires à la construction des parties : les centres des cercles, les axes d'ellipses y sont marqués. Les élèves devront s'exercer à les décrire, et effaceront ensuite les ponctuations. Bientôt après ils devront faire le tracé sans le secours de ces lignes ponctuées.

Quant aux corrections, elle doivent être faites à l'ordinaire par le maître, à l'aide de la règle et du compas. Mais comme il faut éviter de perdre du temps à ces opérations, nous recommandons de ne jamais faire dans une séance qu'une seule figure qu'on répètera sans cesse (du moins s'il ne s'agit pas des figures 1, 2 et 3, qui sont trop simples). L'intérêt que le dessin même inspirera ne doit pas faire craindre que ces actes réitérés ennuient. Alors il n'y aura plus qu'une correction par séance, et le dessin restera en permanence sur le tableau.

Quant à la correction sur l'ardoise, on sent qu'elle ne peut jamais concerner que divers traits, et que le maître ne devra réformer que ceux qui sont les plus défectueux, tels qu'un cercle à l'un, une horizontale à l'autre, ou des parallèles, etc.

1, 2, 3. *Tracez un filet*, fig. 1, *une baguette*, fig. 2, *un congé*, fig. 3. Ces moulures sont d'une conception si facile, qu'il est inutile de donner des explications. On y reconnaît évidemment des horizontales, des verticales et des cercles, dont les lignes ponctuées indiquent le rayon.

4. *Dessinez un tore avec son plinthe*, fig. 4. Le *Tore*, dont on voit ici le profil, est une grosse moulure qui s'emploie ordinairement à la base des colonnes dont elle fait le tour; le tore a son diamètre vertical et parallèle à l'axe de la colonne; il est engendré par un demi-cercle qui fait sa révolution autour de cet axe. Le *Plinthe* est le cylindre court qui supporte le tore.

5, 6. *Tracez un quart de rond droit, ou renverés, avec ses filets*, fig. 5 et 6. Le quart de rond est la moitié d'un tore, comme si ce tore eût été coupé par un plan horizontal. Ces dessins ne présentent aucune difficulté.

7, 8. *Dessinez un talon droit ou renversé avec ses filets*, fig. 7 et 8. Le profil du talon est formé de deux arcs de cercle égaux unis bout à bout, et dont l'un des arcs est convexe et l'autre concave, ainsi qu'on le voit sur les figures 7 et 8 : par conséquent les centres sont placés des deux côtés de la ligne droite qui joint leurs extrémités. Cette ligne, qu'on voit ponctuée, est coupée au milieu par les arcs de cercle au point qui sépare la convexité de la concavité, et chaque moitié étant prise pour base d'un triangle équilatéral, le sommet de ce triangle sert de centre. La droite qui joint les deux centres passe par le point de réunion des deux arcs, milieu de la première droite ponctuée.

9, 10. *Tracez une doucine droite et renversée*, fig. 9 et 10. La construction est la même, la doucine n'étant qu'un talon dont la concavité est changée en concavité et réciproquement.

11. Toutes ces moulures sont le plus ordinairement exécutées dans le sens qu'on a indiqué sur le tableau : mais les élèves doivent s'exercer à les tracer dans le sens opposé, c'est-à-dire, en les tournant vers la gauche.

12. *Construisez un pot à fleur*, fig. 11. Ce vase est formé de parties dont les rapports se saisissent à la simple inspection ; des droites et des arcs de cercle, sont assemblés dans des proportions faciles à apprécier. Les deux arcs unis bout à bout, qu'on remarque au *piédestal*, ont leurs centres indiqués par la ponctuation. On a coutume d'appeler cette forme un *Piédouche*. On a couvert la figure d'un réseau de rectangles ponctués auxquels il ne faudra pas maintenant faire attention ; ce réseau est une construction qui se rapporte à la quatrième section, où l'explication en sera donnée. Cette figure de vase est censée arrondie, en avant et en arrière de la feuille, symétriquement par rapport à un axe moyen qu'on a marqué au ponctué ; et on doit concevoir que toutes les lignes tournent autour

de cet axe ponctué pour engendrer un corps de révolution. Voyez l'observation faite à la page suivante.

13. *Construisez un piédouche*, fig. 12. Ici les arcs de courbe qu'on voit unis bout à bout appartiennent, l'inférieur à l'ellipse, et l'autre au cercle. Les centres et les axes y sont indiqués.

14. *Dessinez une aiguière et sa cuvette*, fig. 13. On observe encore ici une demi-ellipse qui se joint bout à bout et sans *jarrets* à deux quarts de cercle; le pied du vase, son angle et son col, sont des courbes de *fantaisie*, ainsi qu'on le dit communément, c'est-à-dire que ces courbes sont tracées sans loi déterminée. Du reste, ici, et dans toutes les figures suivantes, les dessins représentent des corps de révolution.

15. *Dessinez un bol*, fig. 14. On y remarque un demi-cercle orné de filets parallèles et porté sur un piédouche très-bas.

16. *Dessinez une soupière*, fig. 15. La capacité est formée d'une demi-ellipse surmontée par une courbe de fantaisie.

17. *Tracez une vasque formant fontaine*, fig. 16. Une sorte de colonne courte soutient une capacité formée par une doucine (comme dans la fig. 9). Un globe sphérique supporte l'ajutage chargé de verser le liquide.

18. *Tracez une théière*, fig. 17. La partie principale est formée d'un cercle. L'anse et le bec sont des courbes de fantaisie.

19. *Dessinez une carafe*, fig. 18. La capacité est formée d'une ellipse tronquée aux deux sommets.

Observation. Dans la plupart de ces figures du cinquième tableau, on remarque qu'il y a une ligne verticale qui divise symétriquement le dessin. Pour faire correctement ces figures, il faut donc tracer d'abord cet axe (qu'on efface après tout); puis on ajuste les contours des deux côtés de l'axe de manière à observer l'exacte symétrie du dessin. Il faut encore dire que plus une figure est composée, et plus il importe de se soumettre à une règle dont on développera les conséquences dans la quatrième section; cette règle consiste à *indiquer avant tout, sur le dessin qu'on veut faire, les places qu'occuperont les limites extrêmes haut et bas, à droite et à gauche; après quoi on marquera les traits de subdivisions principales de la figure*, puis les traits de moindre importance et cela de proche en proche. Car si, au contraire, on procédait, par exemple, de haut en bas, en exécutant tous les traits successifs, les petites erreurs inévitables du tracé s'agrandiraient en descendant, parce que les dimensions défectueuses serviraient d'échelle pour évaluer les espaces suivans, et on ferait un dessin dont la difformité irait en croissant à mesure qu'on avancerait.

SECONDE SECTION.

TRACÉ GÉOMÉTRIQUE.

INSTRUCTIONS POUR L'INSTITUTEUR.

Les dessins exécutés dans la première section, l'ont été sans autre secours que l'adresse des mains et la justesse du coup d'œil, facultés qu'on avait pour objet d'exercer et de développer dans les enfans. Mais ce mode de dessin ne peut, dans beaucoup de circonstances, suffire aux besoins des arts. Quelle que soit l'habileté d'un artiste, la sûreté de sa main, la précision avec laquelle il dispose ses masses et ses détails, pourrait-il se vanter de former des traits aussi purs et aussi déliés, d'évaluer les distances avec autant d'exactitude qu'en se servant de la règle et du compas? Ainsi toutes les fois qu'on exige des dessins précis, comme cela arrive toujours pour les constructions matérielles, les traits à main levée ne peuvent tenir lieu de ceux qu'on fait avec des instrumens. D'ailleurs, pour corriger ses disciples, le maître devant employer la règle, l'équerre, le compas, il importe qu'il sache s'en servir. Nous allons donc indiquer les méthodes géométriques dont on doit faire usage pour tracer des constructions exactes.

Les enfans doivent aussi être rendus capables de faire et de comprendre les opérations graphiques, et même de les exécuter, lorsque, par la suite, on les jugera assez instruits et assez raisonnables pour qu'on puisse leur confier les instrumens : mais ce ne sera jamais que le plus petit nombre des élèves de l'école qui pourront s'occuper de ces tracés. Nous croyons nécessaire de rappeler ici que les instructions de cette seconde section doivent être toutes d'action, et rarement en préceptes ; c'est en voyant opérer que le disciple apprendra ; on abandonne à son intelligence le soin de se rendre compte de tout ce qu'il voit faire. L'enfant se borne ici à imiter des pratiques dont on ne lui donne pas les motifs, ou du moins dont rarement on lui explique les raisons ; et puisque l'enseignement de cette seconde section se réduit à l'observation des méthodes dont il voit que son maître a toujours fait usage dans les corrections des dessins à main levée, il lui sera facile d'imiter ces pratiques. Ainsi nous n'avons besoin que d'exposer ici successivement les procédés graphiques que le maître doit employer pour faire des dessins exacts, en se servant des instrumens : l'enfant les gravera sans effort dans sa mémoire en les voyant pratiquer.

Nous allons donc passer tour à tour en revue les diverses questions contenues dans les tableaux de nos cinq classes et donner les méthodes géométriques qu'on doit suivre pour dessiner exactement les figures de nos cinq tableaux.

PREMIÈRE CLASSE.

Nota. Toutes les figures citées dans le texte se rapportent à la planche XI et non point aux figures des tableaux de classes.

1. *Tirez une ligne droite.* L'instrument dont on se sert pour tracer des droites est une *Règle* ; on l'applique sur le tableau, l'ardoise ou la feuille de papier, et, parcourant le bord de la règle avec un crayon, une plume, un tire-ligne, etc., on laisse empreint le trait rectiligne (*). Ce n'est pas une chose aussi facile qu'on pourrait le croire, que de tracer une droite en se servant d'une règle : le crayon doit en raser le bord, sans laisser la main qui le guide s'écarter ou trembler : un peu d'habitude apprend à manier ce crayon avec adresse ; mais il est bon d'être prévenu que souvent le trait qu'on fait selon le bord d'une règle n'est

---

(*) On peut encore frotter un cordeau avec de la craie, le tendre par les deux bouts fort près de la surface où l'on veut tracer la ligne, puis pincer le cordeau en l'élevant perpendiculairement à cette surface : on lâche la corde, et elle va frapper la surface en y laissant l'empreinte rectiligne Ce procédé est mis en usage toutes les fois que la ligne est trop longue pour permettre l'emploi d'une règle : les maçons, appareilleurs, charpentiers, jardiniers, etc., le mettent souvent en pratique.

Quand les dimensions de la droite sont fort longues, comme dans les tracés sur le sol, on aligne des *jalons*, c'est-à-dire qu'on y implante verticalement des bâtons pointus par un bout, et on les range de manière que, l'œil étant placé un peu en arrière du premier, tous les autres se trouvent cachés par ce jalon. On garnit souvent la tête de chaque bâton d'un papier blanc qui le laisse voir nettement de loin ; au besoin, on peut même s'aider la vue d'une lunette, pour mieux apercevoir ceux qui sont éloignés.

pas en ligne droite. Pour s'assurer s'il l'est en effet, et même vérifier si la règle est bonne, on retourne cette règle bout pour bout de droite à gauche, et on l'applique le long du trait; il faut que le bord coïncide juste avec ce trait, pour qu'il soit en ligne droite. Ce procédé de vérification est plus exact que lorsqu'on mire avec un œil le bord de la règle, pour juger s'il y a quelques parties inégales, ainsi que le font les menuisiers; car ce dernier moyen ne peut donner qu'une précision approchée et incertaine.

De 2 à 12, les questions se réduisent ou à porter, le long d'une droite tracée, des parties données par une ouverture de compas, ou à *couper une longueur donnée en plusieurs parties égales*. Cette dernière construction présente seule quelque difficulté : voici les moyens de la faire.

Si l'on a une échelle de parties égales déjà tracée, et rien n'est plus facile que d'en former une (V. p. 29), pour couper une ligne en cinq, par exemple, on portera cette longueur sur l'échelle, afin de connaître le nombre de ces parties qui s'y trouve contenu : supposons qu'elle en renferme 55; en divisant ce nombre par 5, on voit que chacune des divisions demandées contient 11 parties de l'échelle. Ainsi en ouvrant un compas de manière que les pointes interceptent 11 parties, on aura le cinquième de la ligne, quantité qui devra être juste transportable cinq fois d'un bout à l'autre.

Le plus souvent, dans les arts, la division des lignes se fait par des essais successifs; c'est-à-dire qu'on ouvre un compas d'une quantité qu'on juge à l'œil être la fraction proposée de la ligne; en portant plusieurs fois successives cette ouverture, il est facile de reconnaître si elle est trop grande ou trop petite, et on la diminue ou l'augmente d'une portion qui soit la même fraction de l'excès ou du défaut reconnu. Mais comme on ouvre ou ferme toujours trop ou trop peu le compas, ce tâtonnement ne résoud pas le problème géométriquement. Le procédé suivant est assuré.

Supposons qu'on veuille couper la ligne AH en 6 parties égales (fig. 1, pl. XI) ; par l'extrémité A, tirez une ligne indéfinie A*m*, dans une direction à volonté, sur laquelle vous porterez 6 parties égales quelconques, grandes ou petites, il n'importe ; vous aurez les points de division *b*, *c*, *d*... *h* ; joignez le sixième et dernier *h*, avec l'extrémité H ; puis, avec une équerre, menez par tous les autres points, des parallèles à *Hh* ; ainsi qu'on apprendra plus tard à le faire (p. 76) : ces droites couperont AH en 6 parties égales.

Il est inutile de dire que si le nombre de parties est pair, tel que six, on pourra d'abord prendre la moitié de la longueur, puis le tiers de chacune : et ainsi pour tous les diviseurs exacts ; ce qui facilite souvent le tracé. En effet, une fois qu'on a trouvé le tiers de l'une des moitiés AD, il suffit de porter ce tiers six fois sur la ligne AH. Il faut disposer la figure de manière que l'incidence des parallèles sur AH soit à peu près perpendiculaire lorsqu'on veut des divisions précises.

Les questions 13 et 14 n'exigent aucun développement.

De 15 à 18 les solutions sont comprises dans ce qui vient d'être exposé.

19 et 23. *Tracer des lignes parallèles.* Pour décrire par le point A (fig. 2), une droite AC parallèle à une autre AB, posez une pointe de compas en un point quelconque D de celle-ci, et décrivez un arc de cercle AB qui passe par le point donné A ; on ouvre pour cela le compas d'une quantité égale à la distance AD. Cela fait, conservez la même ouverture, et posant la pointe en A, décrivez un arc indéfini DC ; enfin prenez la distance AB, portez-la de D en C sur l'arc, vous connaîtrez ce point C ; la droite AC sera la parallèle demandée.

L'Équerre est un instrument très-commode pour mener des parallèles; on lui donne ordinairement la forme d'un triangle BAC (fig. 3 et 4). On la place de manière à faire coïncider l'un de ses côtés avec la ligne donnée AB, et on applique une règle GH le long d'un autre côté; puis maintenant la règle fixée dans cette position, on fait glisser l'équerre sur la règle, en continuant de faire coïncider leurs bords. L'équerre prend alors une position A′ B′ C′, et on a soin de faire passer le côté A′B′ par le point donné B′, qui doit se trouver sur la parallèle demandée : cette parallèle est précisément la droite A′ B′, qu'on trace en suivant le bord de l'équerre avec un crayon, un stylet, etc.

Le plus souvent l'équerre a l'un de ses angles droit, tel est A, fig. 3, ou C, fig. 4 : mais il est indifférent de faire coïncider avec la règle, ou avec la droite donnée, l'un ou l'autre des côtés de ce triangle. On peut même se servir d'une équerre de forme polygonale, ou en T, comme le font les architectes. Il suffit que l'instrument glisse le long d'un de ses côtés, prolongé par la règle, pour qu'il se soit transporté parallèlement, et que les autres côtés, dans la nouvelle position, soient respectivement parallèles aux premiers.

20 à 26 : ces problèmes n'exigent aucune explication.

27. Comme une horizontale et une verticale sont des droites, parallèles aux bords du cadre, la fig. 8, du premier tableau, ne peut présenter de difficultés.

28 à 30. *Mener une perpendiculaire sur une droite donnée*, etc. C'est une propriété qui n'appartient qu'à la perpendiculaire élevée sur le milieu d'une ligne, d'avoir l'un quelconque de ses points, aussi éloigné de l'une des extrémités de cette ligne que de l'autre; ainsi pour juger si une droite est perpendiculaire, il ne s'agit que de vérifier si cette condition est remplie, ce qui conduit aux procédés suivans, pour faire des *traits carrés.*

Soit proposé d'élever une perpendiculaire, CD, au milieu de la longueur AB, (fig. 5). Des points A et B, pris tour à tour comme centres et avec un même rayon quelconque, on tracera deux arcs de cercle : ces arcs se couperont vers C, si les rayons sont pris assez grands pour cela ; il faut qu'ils excèdent la moitié de AB ; du reste leur longueur est arbitraire, pourvu qu'elle soit la même. Ces mêmes arcs prolongés iront se couper en D, au-dessous de la ligne AB ; si par les deux points C et D, d'intersections, on tire la droite CD, elle sera la perpendiculaire demandée, puisqu'ayant deux de ses points, C et D, autant éloignés de A que de B, tous les autres points doivent jouir de la même propriété, et par suite, le point I est le milieu de AB.

Observez que 1°. cette construction enseigne à couper une droite AB, par moitiés, et doit être ajoutée à ce qu'on a dit à ce sujet, page 75 ; 2°. il n'est pas nécessaire que les rayons des arcs D, soient les mêmes que ceux des arcs C ; et si l'on eût tracé les arcs F, avec les rayons égaux AF et BF, différens des premiers, la ligne CF, eût été la même perpendiculaire que CD.

41 (*). *Par un point donné* C, *hors d'une droite* AB, *menez une perpendiculaire* CD *à cette droite* (fig. 6). Du centre C, avec un rayon arbitraire, mais suffisamment grand, tracez un arc EF, qui coupera la droite donnée en deux points E et F : de ceux-ci comme centres, et avec un même rayon quelconque, tracez deux arcs de cercles qui se couperont en D, soit au-dessus, soit au-dessous de AB, et la ligne CD sera la perpendiculaire demandée. On voit bien en effet que chacun des deux points C et D est autant éloigné de E que de F.

42. *Par un point donné* I, *sur une droite* AB, (fig. 5),

(*) Nous avons déplacé les problèmes 41, 42 et 43, pour faire suivre des propositions qui sont liées entre elles par leurs modes de constructions.

élever une perpendiculaire CI. Marquez sur la droite donnée, en A et B, deux points à égale distance de I, puis des centres A et B, avec un même rayon quelconque, décrivez deux arcs qui se coupent, ou en C, au-dessus, ou en D, au-dessous de la droite AB ; tirez IC, ou ID, ce sera la perpendiculaire demandée : car cette ligne a deux points, I, avec C, ou D, dont chacun est autant distant de A, que de B.

43. *Menez une perpendiculaire au bout* B, *d'une ligne* AB, (fig. 7). Posez une pointe de compas où vous voudrez en C, hors de la ligne AB; puis, ouvrant les branches de la quantité CB, décrivez la portion de circonférence DBE, vous connaîtrez le point D; enfin tirez le diamètre DCF, qui ira couper l'arc en F; la droite FB, sera la perpendiculaire demandée.

On aurait également pu prolonger la ligne AB, et la question serait rentrée dans celle qu'on vient de résoudre.

Observation. Comme l'un des angles de l'équerre, est ordinairement droit, on préfère se servir de cet angle, pour tracer les perpendiculaires. Voici comment il faut opérer pour abaisser sur une droite MN, (fig. 8) la perpendiculaire KI, passant par un point donné K, ou I. On applique une règle le long de MN, puis on dispose l'équerre ABC, de manière qu'un des côtés AC, de l'angle droit A, porte sur le bord MN de la règle, et on la fait glisser jusqu'à ce que l'autre côté AB passe par le point donné K ou I. Le trait qui règne le long de AB, est la perpendiculaire demandée.

Mais cette construction n'est exacte qu'autant que l'angle A de l'équerre est droit; pour s'assurer si cette condition est remplie, on retourne l'équerre sur son autre face en A'B'C'; il faut que A'C', étant encore appliquée le long de la ligne MI, l'autre côté A'B' le soit exactement le long de KI.

31. *Faites un triangle rectangle isocèle.* Après avoir

tracé un angle droit, on prend des parties égales sur les côtés, et on tire, par les extrémités ainsi définies, la ligne qui ferme le triangle.

32. *Faites un rectangle*, ABCD, fig. 10. Tirez deux parallèles indéfinies AB, CD; puis abaissez une perpendiculaire AC, et sa parallèle BD, et vous aurez formé un rectangle. Pour s'assurer si les angles sont exactement tous quatre droits, et les côtés opposés parallèles, mesurez les deux diagonales CB, AD; elles devront être égales.

Ordinairement les lignes d'un dessin sont, pour la plupart, parallèles aux côtés du cadre qui enceint toute la figure. On est dans l'usage de faire avec un grand soin *des traits carrés* au milieu de la feuille; alors la plupart des lignes du dessin, même celles du cadre, sont des parallèles à l'un ou à l'autre de ces traits; on décrit ces parallèles en se servant de l'équerre.

33. *Pour couper un rectangle en parties égales*, il suffit d'en diviser la base, en autant de longueurs égales, et d'élever des perpendiculaires en chaque point de division. Voyez page 75.

34. *Pour faire un parallèllogramme*, il suffit de tirer deux droites parallèles, puis, dans une autre direction deux autres droites parallèles entre elles. La base est l'un quelconque des côtés déterminés par les sections de ces quatre lignes; une perpendiculaire à cette base donne la hauteur.

35. *Faites un carré.* Après avoir mené deux droites perpendiculaires, et pris sur ces lignes, des parties égales au côté du carré, par chacun des deux points ainsi déterminés, on tirera une parallèle au côté opposé: le carré sera vérifié si les quatre côtés sont égaux, et si les diagonales sont égales.

On peut encore tracer une circonférence de cercle, et deux diamètres perpendiculaires; les cordes qui joignent les extrémités de ces droites forment un carré. Voyez la fig. 11. Ces cordes doivent être parallèles deux à deux. Ici c'est la diagonale du carré qui est donnée, V. problème 45 de la pag. 38.

Les problèmes 36 et 39 n'exigent aucune explication.

37. Pour *mener des obliques* AD, DC, fig. 9, *également écartées de la perpendiculaire* BD, *sur* AC, il suffit de prendre, à partir du pied B, des parties égales BA, BC, et de tirer les obliques. Les angles ADB, CDB, seront égaux entre eux.

38. *Faites un triangle isocèle*, ADC, fig. 9. Après avoir tracé la base AC, et la perpendiculaire BD, en son milieu B; d'un point D de cette dernière, tirez aux extrémités A et C de la base, les droites obliques DA, DC, et vous aurez un triangle isocèle.

On peut encore tirer deux lignes indéfinies et perpendiculaires AC, BD; puis d'un point D, de l'une, tracer un arc de cercle AIC, qui coupera l'autre en deux points A et C; on tirera DC et DA, et DAC sera un triangle isocèle.

Enfin on peut à un arc de cercle AIC, mener une corde AC, dont on joint les extrémités A et C, au centre D, par des rayons.

40, 46 et 47. *Faites un triangle équilatéral*, fig. 12 Après avoir tiré une droite AB, égale au côté donné de ce triangle, des deux extrémités A et B, comme centres, et avec un rayon égal à ce même côté AC, décrivez deux arcs de cercle qui se couperont en C; tirez AC et BC, et vous aurez le triangle demandé.

44. *Faites un rhombe ou lozange*, fig. 13. Tracez deux droites perpendiculaires AC, BD; prenez des parties égales BO et OD, puis d'autres AO, OC, égales entre elles; joignez par des droites les quatre points A, B, C, D, ainsi déterminés, et vous aurez un lozange, figure dont les côtés sont parallèles deux à deux, mais tous quatre

égaux. Ce serait un carré, si les parties AO, BO, étaient égales, voyez problème 35.

45. Voyez le problème 35; pour 46 et 47, voyez 40.

48 à 53. *Coupez un angle droit par moitiés*, etc. La résolution de tous ces problèmes dépend de celle du problème 9, de la troisième classe; du sommet de l'angle proposé (Voyez fig. 28, page 40), on décrit avec un rayon quelconque un arc de cercle, et si l'on porte sur cet arc deux, trois, quatre parties égales, les rayons qui passent par les points de division, coupent l'angle en autant d'angles égaux. Cela résulte de ce que les angles sont précisément, entre eux, dans le même rapport que les arcs décrits d'un même rayon, en prenant le sommet pour centre : si l'un de ces arcs est quintuple de l'autre, le 1^er^. angle est cinq fois le second, etc. Voyez page 40.

Réduire un dessin à des dimensions moindres. La copie doit être composée de droites, qui font entre elles des angles absolument égaux à ceux qu'on voit dans le modèle; mais on réduira les longueurs de ces lignes dans le rapport voulu, savoir: à la moitié, ou au $\frac{1}{3}$, ou aux $\frac{3}{4}$, ou, etc. Cette réduction, qui est l'objet du problème proposé, peut se faire à l'aide d'une *échelle*, puisque l'on sait trouver (p. 76), $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{3}{4}$...... de toute longueur donnée. Mais il est plus aisé d'opérer ainsi qu'il suit. Une ligne quelconque Am (fig. 1) qui traverse le dessin, s'y trouve coupée par les autres traits en des points b, c, d......, h (nous ne supposons plus ici ces intervalles égaux, comme p. 76) et voulant remplacer la longueur Ah par un autre, telle AH, on y doit *marquer des divisions qui aient le même rapport*. On tirera la droite hH qui joint les deux bouts, et les parallèles dD, Cc..., à celle-ci par tous les points de division; AH sera coupée en parties proportionnelles à celle de Ah. L'angle mAH est arbitraire.

SECONDE CLASSE.

1 et 2. Ces problèmes rentrent dans ceux où l'on veut mener des perpendiculaires, voyez page 79.

3. *Construisez un trapèze dont les bases et la hauteur soient données.* Tirez une ligne égale à cette hauteur ; en ses extrémités menez deux perpendiculaires, auxquelles vous donnerez pour longueurs, celles que doivent avoir les bases données du trapèze ; joignez les extrémités deux à deux, et vous aurez un *trapèze* qui remplira les conditions prescrites.

Observez, que les longueurs des bases peuvent être prises partout où l'on veut sur les deux perpendiculaires ; ainsi on peut faire une infinité de trapèzes, qui aient les bases et les hauteurs assignées. On peut donc adjoindre aux données quelque autre condition, comme celle d'avoir un angle donné.

4 à 9. Ces problèmes n'exigent que des tracés de parallèles, et se resolvent aisément avec la règle et l'équerre, d'après ce qu'on a vu p. 77.

10 à 25. Toutes les autres constructions du 2e. tableau sont suffisamment expliquées dans le texte, pages 44, 50 ; il est inutile de donner à ce sujet de nouveaux développemens.

TROISIÈME CLASSE.

1 à 3. *Tracez un cercle, marquez-en le centre, un rayon, un diamètre.* On se sert de deux espèces principales de compas; l'un dit *à pointes sèches*, ne sert qu'à mesurer des distances; au second, l'une des pointes n'est fixée que par une petite vis de pression, et peut être remplacée par un *porte-crayon*, *ou un tireligne.* C'est avec ce compas qu'on prend des distances, et qu'on trace les cercles, au crayon ou à l'encre.

Le *tireligne* est formé de deux lames d'acier parallèles, très-minces, et façonnées en pointes mousses; l'encre qu'on glisse entre elles y adhère, et lorsqu'on tire une ligne sur le papier avec ces pointes, en conduisant l'instrument dans le sens des lames, l'encre se dépose sur le papier, et forme un trait dont l'épaisseur est déterminée par l'écartement des lames. Une vis sert à rapprocher peu à peu l'une des lames de l'autre, ensorte qu'on puisse faire des traits aussi fins qu'on veut.

4. *Coupez un cercle en huit parties égales.* Deux diamètres perpendiculaires déterminent quatre arcs égaux, il ne reste plus qu'à couper chacun par moitié, voyez problème 9.

Les problèmes 5 à 8 n'exigent pas d'explications.

9 et 15. *Couper un arc en deux, trois, parties égales, le doubler, tripler.* Deux arcs décrits avec le même rayon sont égaux, quand leurs cordes sont égales. Ainsi, que je porte l'ouverture de compas AD, deux ou trois fois sur l'arc AB, fig. 14 et 15, cette ouverture qui mesure la corde de l'arc AD, me donnera deux ou trois arcs égaux à l'arc AD; joignant le dernier point de division au centre C, le problème sera résolu; il est donc bien aisé de

doubler, tripler, etc., un arc donné, et par suite un angle; d'après ce qu'on a dit page 83, l'angle ACB, fig. 15, est triple de ACD.

De même, pour diviser un arc (et par suite, un angle) en plusieurs parties, il faut trouver une ouverture de compas, qu'on puisse porter autant de fois bout à bout sur l'arc proposé, de manière à en embrasser juste l'étendue. C'est ce qu'on a coutume de faire par divers tâtonnemens : on peut faire ici la même remarque que page 76, pour la division des lignes droites, et en conclure que ce moyen est incertain, et point géométrique : pourtant, il est ordinairement employé, attendu qu'on n'a pas ici, comme pour les droites, un procédé exact et général qui suffise à tous les dessins. Le problème de la *trisection des arcs* (ou des angles), n'est pas résoluble en ne se servant que de la règle et du compas. Voyez page 91, ce qui sera dit du *Rapporteur*.

Pour diviser un arc AO, *par moitié*, fig. 14, des extrémités A et O, comme centres, et avec un rayon quelconque, mais suffisamment grand, tracez deux arcs de cercle qui se croiseront en I; la droite CI, menée au centre C, divise l'arc AB en son milieu D.

10 et 11. *Mener une tangente à un cercle ou à un arc* BI (fig. 16), *par un point B de cet arc.* C'est une propriété *de la tangente d'être perpendiculaire au rayon qui aboutit au point de contact*, voyez page 50; il suffit donc de mener ce rayon CB et d'y abaisser une perpendiculaire AB, par le point donné; on peut pour cela employer une équerre, même quand le point de passage de la tangente serait extérieur à l'arc, comme au problème 16; cette construction serait facile. On peut aussi se servir du compas, comme on le voit page 79, et problème 16.

12 et 13. *Menez quatre tangentes au cercle; circonscrivez un carré.* Rien n'est si simple que de mener quatre

rayons quelconques à des points de la circonférence, et des tangentes, ou perpendiculaires à leurs extrémités, pour former un quadrilatère circonscrit au cercle : on circonscrirait de même, un triangle (fig. 18), un pentagone, en menant trois ou cinq rayons. Si l'on mène deux diamètres perpendiculaires, les quatre tangentes formeront un carré circonscrit. (Voyez fig. 8 du 3ᵉ. tableau et p. 51.)

14. Nous avons déjà indiqué, page 51, le procédé qui sert *à inscrire un carré dans une circonférence donnée.*

16 et 17. *Mener des tangentes au cercle* CBD, *par un point* A, *pris au dehors*, fig. 16. Tirez la droite AC, qui joint ce point A au centre, et sur cette longueur AC, comme diamètre, tracez la circonférence CBAD; le centre I est au milieu de AC; elle coupera la circonférence proposée CBD, en deux points B et D; tirez AB et AD, ce seront les deux tangentes demandées.

18. *Coupez un cercle* CADF, *en six arcs égaux et formez l'hexagone régulier inscrit*, fig. 17. Il faut porter le rayon du cercle six fois bout à bout sur la circonférence, et si vous opérez avec justesse, vous trouverez qu'à la sixième fois votre pointe de compas retombera exactement sur le point de départ. Les cordes de ces six arcs formeront l'hexagone demandé. Observez que les droites qui, telle que AE, joignent les sommets opposés, doivent passer par le centre ; cela servira à vérifier les parties défectueuses de la figure.

19. *Coupez un cercle en trois parties égales ; inscrivez-y un triangle équilatéral.* En joignant les points déterminés comme on vient de le dire, mais de deux en deux seulement, on a le triangle équilatéral inscrit, qu'on a ponctué dans la fig. 17.

20 et 21. *Les cercles qui se touchent* jouissent de cette propriété, que *le point de contact est situé sur la ligne qui joint les centres.* Ainsi pour *décrire des cercles tangents l'un à l'autre*, après avoir fait la première circon-

férence et tiré la ligne des centres, cette droite coupera cette circonférence en un point qui sera celui du contact : à partir de ce point, on portera donc le deuxième rayon sur cette ligne des centres, à droite ou à gauche selon que les cercles doivent se toucher en dehors ou en dedans, et on aura le second centre, etc; voyez fig. 17 du 3e. tableau, p. 56.

22 à 24. *Inscrivez un octogone régulier dans un cercle.* Ce problème revient à diviser la circonférence en huit arcs égaux, ce qu'on a fait page 54; les polygones de 5, 7, 9... côtés, se décrivent d'après les mêmes principes; seulement on retrouve ici la difficulté de la division des arcs en 5, 7, 9... parties égales, qui a été exposée précédemment, p. 86.

25 et 27. Voyez les problèmes 31 et 32.

26 *Faites un cercle et tracez un triangle tangent,* (fig. 18). Ce problème rentre dans le 10e. et le 11e., p. 86.

28. *Inscrivez un cercle dans un triangle donné* ABD, fig. 18. Coupez par moitié deux angles du triangle par des droites, telles que AC, pour A, et CB, pour B; le point C, où se couperont ces lignes, sera le centre du cercle cherché : la perpendiculaire CE, ou CF, ou CG, abaissée de ce point sur l'un des côtés du triangle, sera le rayon; ces trois perpendiculaires sont égales entre elles. Le centre C, et le rayon CE, étant connus, on décrira le cercle, qui sera tangent aux trois côtés.

29 et 30. Il ne nous reste rien à ajouter à ce qui a été dit, p. 56, pour *faire passer des arcs de cercles par deux points donnés.*

31. *Faire passer une circonférence de cercle par trois points donnés* A, B, D, fig. 19. Tirez les droites AB, BD, et abaissez une perpendiculaire sur le milieu de chacune, savoir : FC, EC; ces droites iront se couper en un point C, qui sera le centre du cercle demandé, les distances de ce point C aux trois points donnés, CA, CB, CD seront

égales, et constitueront le rayon de cette circonférence, qu'on pourra aisément décrire.

Plus l'un des points donnés, tel que A, approche du prolongement de la ligne droite BD qui passe par les deux autres points, et plus le centre C s'éloigne; si les trois points étaient situés en ligne droite, les deux perpendiculaires CF, CE, ne se rencontreraient plus, elles seraient parallèles, et on ne pourrait plus conduire une circonférence par les trois points.

32. Si l'on veut *circonscrire un cercle à un triangle, ou même à un polygone régulier quelconque*, le problème est visiblement le même que le précédent.

Pour retrouver le centre d'un arc de cercle donné, il faut y marquer trois points, et se proposer de tracer la circonférence qui les unit.

33 et 35. *Pour inscrire un polygone régulier dans une circonférence donnée*, il faut diviser cette circonférence en autant d'arcs égaux qu'on veut de côtés au polygone; problème que nous avons dit ne pouvoir se résoudre en général que par des tâtonnemens ou à l'aide du *rapporteur*, p. 91. Supposons que ce polygone soit déjà inscrit, pour en circonscrire un semblable, il suffira de mener une tangente à chaque sommet de polygone inscrit (V. la fig. 20 et p. 57), ou bien à chaque milieu des arcs soustendus, ce qui donnera la figure 21. Dans cette dernière, les deux polygones, l'un inscrit, et l'autre circonscrit, ont les côtés parallèles, au gré du problème 35.

Comme chaque tangente exige une perpendiculaire à l'extrémité du rayon, ces constructions sont longues à effectuer. Mais on les abrège en observant que le polygone circonscrit est lui-même régulier, et qu'on peut tracer une circonférence qui passe par tous ses sommets. Ainsi il suffit d'avoir égard à celles des tangentes dont on a parlé qui déterminent un seul des côtés du polygone circonscrit demandé; on trace du centre donné un cercle qui ait ce côté pour corde, et il ne reste plus qu'à porter ce côté sur la 2e. circonférence autant de fois que le polygone doit avoir de côtés : c'est ce qu'on voit par les constructions des figures 20 et 21. Ce tracé est un des plus difficiles de la géométrie graphique, et lorsqu'on exige de la précision dans les résultats, il faut s'y beaucoup exercer pour réussir.

34. *Inscrivez un cercle tangent aux côtés d'un polygone régulier donné.* Le centre de ce cercle est le même que celui du cercle circonscrit (V. problème 32) ; le rayon est la perpendiculaire abaissée de ce point sur l'un quelconque des côtés. Lorsqu'avec le rayon et le centre ainsi déterminés, on trace une circonférence, elle doit toucher tous les côtés. Cette construction présente à l'exécution des difficultés assez grandes.

36. *Faire un triangle, étant donnés les trois côtés*, fig. 22. Soient *a*, *b*, *c*, les trois lignes données; tirez D E égale à l'une d'elles, à *a* par exemple; des extrémités D et E prises tour à tour pour centre, et avec les rayons *b* et *c*, tracez deux arcs de cercle qui se croiseront en F; tirez enfin DF, FE, et vous aurez le triangle demandé.

Il faut observer qu'il n'est pas toujours possible de faire un triangle avec trois côtés pris à volonté; quand il arrive que les arcs de cercle dont on vient de parler ne se coupent pas, le problème proposé n'est pas résoluble (*).

(*) La règle géométrique pour que le triangle soit possible avec les trois côtés donnés, est que si l'on prend l'un quelconque de ces côtés, tel que *a*, cette longueur soit à la fois plus petite que la somme des deux autres, et plus grande que leur différence. Ainsi, portez *b* au bout de *c*, tant à droite qu'à gauche, pour ajouter et soustraire ; il faut que *a* soit plus petit que la plus grande, et plus grand que la plus petite de ces longueurs.

QUATRIÈME CLASSE.

1 et 2. *Tracer une droite qui touche deux cercles ; décrire quatre tangentes à deux cercles qui ne se coupent pas* (fig. 23). Tirez la droite COA, qui joint les centres C et O, de ces circonférences ; puis menez deux rayons parallèles quelconques CB, OD, et la ligne BD, qui passe par leurs extrémités ; cette ligne BD, prolongée, va couper en A, la droite CO, des centres. Maintenant si par ce point A, vous menez une tangente AT, à l'une des circonférences, elle le sera nécessairement aussi à l'autre ; voyez le problème 16, page 87.

Non-seulement on a deux tangentes AT, AT′, l'une en dessus, l'autre en dessous, mais il y en a encore deux intérieures, quand les cercles ne se coupent pas ; la même construction donne celles-ci, ainsi qu'on le voit dans la fig. 23 ; car en joignant les extrémités K, D, des rayons parallèles, on obtient le point I de départ des deux tangentes intérieures, lequel tient lieu de A.

3 à 8. Il n'y a rien à ajouter à ce qu'on a dit page 62, pour résoudre ces diverses questions.

9 à 10. *Construire un rapporteur, et faire un angle d'un nombre de degrés désigné.* Cet instrument, d'un usage très fréquent dans les arts, est exécuté par des procédés qu'on ne peut expliquer ici, et à l'aide d'appareils ingénieux, mais assez compliqués. Prenons cet instrument tel qu'on le trouve dans le commerce, et il nous sera facile de nous en servir pour faire des angles d'une ouverture donnée par leur nombre de degrés. Voici comment on devra s'y prendre.

Soit proposé de tirer une ligne AC, fig. 24, qui fasse avec la droite donnée AB un angle de 51 degrés, et tombe au sommet A. Appliquez le rayon de votre rapporteur qui est numéroté 51°, sur la droite AB, de manière que le bord extérieur AC affleure le point A ; puis avec un crayon, un tireligne, ou, etc., tracez la droite AC, ce sera celle qu'on demande, on prolonge AC autant qu'on le juge à propos.

Pour mesurer la graduation d'un angle donné on emploie le même procédé ; en appliquant le rapporteur, comme il vient d'être dit, l'arc intercepté dans l'angle en est la mesure · il suffit que le sommet soit placé au centre.

Ce procédé est fondé sur ce que le bord AC rectiligne du rapporteur est construit exactement parallèle à son diamètre principal.

11, 12 et 13. *Pour dessiner les cercles d'une mappemonde*, il ne faut qu'exécuter avec un compas les règles prescrites page 64 : il est vrai que l'on n'y détermine pas les centres des divers cercles correspondans aux longitudes et latitudes qu'on a coutume d'y numéroter ; mais cela dépend de connaissances entièrement étrangères à l'objet que nous avons en vue ; c'est pourquoi nous ne nous y arrêterons pas. Ces centres, tous situés sur la droite qui représente l'équateur, sont de plus en plus éloignés du centre.

14. *Dessinez une ellipse*, fig. 25. On trace d'abord les deux axes perpendiculaires AB, DE, pour marquer les sommets A et B, le centre C, et la dimension en longueur et en largeur ; ces lignes sont perpendiculaires, et chacune coupe l'autre par moitiés, conformément à ce qui a été expliqué dans le texte, page 65. Voici trois moyens de tracer la courbe.

I. Sur le bord d'une règle MN, fig. 25, ou d'une bande de papier, portez les longueurs MI, MK, à partir du bout M, ces longueurs étant celles des demi-axes AC, CD ; vous aurez les points K et I. Cela fait, présentez ce bord de manière que le point K tombe quelque part sur le grand axe AB, en même temps que le point I sera sur l'un des points du petit axe DE ; l'extrémité M, sera sur l'ellipse. En tournant la règle MN, de toutes les manières possibles, sans cesser de satisfaire à la condition énoncée, et marquant le bout M sur le plan de la figure, on aura autant de points qu'on voudra, qui, joints par un trait continu formeront l'ellipse demandée.

II. Après avoir tracé, comme ci-dessus, les deux axes AB, DE, fig. 26, décrivez du centre C, deux cercles concentriques CD, CB, qui aient ces axes pour diamètres : c'est entre ces deux courbes qu'est enfermée l'ellipse qu'on veut tracer. Menez un rayon CN, et une perpendiculaire PN sur l'axe AB, ces lignes passant en un point quelconque N de la circonférence extérieure ; puis par le point Q, où ce rayon rencontre le petit cercle, menez QM parallèle à cet axe AB, vous aurez un point M de l'ellipse. La même construction donnera autant de points qu'on voudra de cette courbe.

III. De l'extrémité D, fig. 27, du petit axe prise pour centre, et avec le demi-grand axe AC, pour rayon, tracez l'arc FF′, qui coupera le grand axe en F et F′, points qu'on nomme les *foyers* : puis prenant un fil, ou un cordeau, dont la longueur soit AB, fixez-en les deux bouts, l'un en F, l'autre en F′. En tendant le fil avec un stylet pour lui faire prendre la figure d'une ligne brisée F′MF, le point M sera sur l'ellipse.

Ce dernier procédé est surtout employé en grand, quand on veut tracer une ellipse sur le terrain ; le stylet glissant le long du cordeau, allonge toujours l'un des rayons MF, MF′, aux dépends de l'autre, et la pointe du stylet trace sur le sol l'ellipse demandée.

Comme pour tracer une ellipse avec précision, il faut prendre quelque soin, la paresse et l'ignorance des ouvriers et des artistes les porte à préférer une courbe, qu'on nomme *anse de panier ;* elle est formée d'arcs de cercles ajustés bout à bout, sans jarrets, et imitant la figure ovale de l'ellipse. Mais cette dernière courbe a un contour gracieux qui manque à l'autre; il faut donc, dans tous les cas, accorder la préférence aux tracés qu'on vient de donner, et particulièrement lorsqu'on veut faire des *voûtes surbaissées ou surmontées ;* on donne ce nom aux voûtes dont la forme est celle d'arcs d'ellipse, portés sur les extrémités du petit ou du grand axe. On appelle *en plein cintre* les voûtes qui sont circulaires.

Au reste, voici la règle pour décrire l'*anse de panier*. Tracez comme ci-devant les deux axes rectangulaires AB, DC, fig. 28, C est le centre, CD la *montée ;* menez les cordes BD, AD, et portez CD en CF; AF sera la différence des demi-axes, que vous prendrez en DO et DH. Aux milieux K et I de BH et AO, élevez les perpendiculaires KE, IE qui iront concourir en un point E de l'axe CD prolongé; ce point E sera le centre de l'arc de cercle MDN; les points G et L de rencontre de ces dernières droites avec l'axe AB, seront les centres des deux arcs BM, AN, qu'on verra se *raccorder* assez bien avec le premier MN. Cependant si la courbe était très-surbaissée, que CD fût, par exemple, moindre que la moitié de AC, les trois arcs de cercle formeraient un jarret prononcé vers leur jonction, et la courbe serait défectueuse.

15 à 22. Les autres problèmes du quatrième tableau, n'exigeant que des tracés d'ellipses, de circonférences et de droites parallèles ou perpendiculaires, n'ont besoin d'aucune explication.

CINQUIÈME CLASSE.

Le tracé géométrique des figures du cinquième tableau est très-facile à concevoir, puisqu'on n'y trouve presque que des lignes droites, circulaires ou elliptiques, dont la position est exactement définie ; mais on pourra s'aider, dans le dessin, de la méthode suivante, qui convient à toutes sortes de courbes, et surtout à celles qui sont symétriques par rapport à un axe. On divise en un certain nombre de parties égales l'axe de symétrie, et par tous les points de division, on mène des perpendiculaires à cet axe. Cela fait, on tire sur le papier une droite pour représenter l'axe, et on y marque les mêmes divisions et les mêmes perpendiculaires ; enfin mesurant avec un compas, sur le modèle, les longueurs qu'ont ces lignes depuis l'axe jusqu'à la courbe, on les transporte sur leurs correspondantes et on a des points de cette courbe. On peut d'ailleurs multiplier le nombre de ces repères, en rapprochant les perpendiculaires, là où la courbure étant plus forte, on juge à propos d'obtenir plus de points ; on joint ensuite ces points isolés par un trait continu.

Ce procédé, fréquemment usité dans les arts, sera plus facile à concevoir lorsque nous aurons donné les explications contenues dans la troisième section, dont ce qui vient d'être dit peut être considéré comme étant l'introduction.

Nous croyons inutile de donner d'autres détails pour enseigner à tracer les figures du cinquième tableau géométriquement.

TROISIÈME SECTION.

DES PROJECTIONS.

Un dessin, quelque fidèle qu'il soit, peut bien donner l'idée de la forme extérieure des corps et de leurs situations mutuelles, mais ne saurait servir de guide assuré à l'ouvrier qui veut en déduire la figure et les dimensions des pièces qui entrent dans leur construction; parce que aucune de ces pièces n'y est vue sous sa véritable forme, et que le raccourci de la perspective en altère la grandeur et la situation relative. Une voûte, par exemple, un comble en charpente, une grille, une porte, sont composés de pièces d'assemblage dont chacune doit être taillée et préparée d'avance, de manière à n'avoir besoin d'aucune correction pour occuper sa place dans l'ensemble et se lier avec ses voisines. De même une machine, telle qu'une horloge, un moulin, etc., doit avoir ses rouages taillés et travaillés à part, de sorte que chacun mis en sa place engrène librement et fonctionne avec précision. Or comment espérer qu'un dessin, qui ne montre le plus souvent que les parties extérieures, et qui ne donne aux lignes que des longueurs et des positions apparentes, puisse fournir à l'artiste des mesures assez précises, pour que chaque pièce fabriquée à part, entre dans la construction générale au lieu qu'elle y doit occuper, et avec les formes et dimensions rigoureusement convenables à son emploi?

Ce qu'on ne peut obtenir d'un dessin ordinaire, se trouve aisément par les *projections;* c'est ce que nous allons faire voir. Nous n'avons pas le projet d'exposer ici tous les détails d'une théorie qui fait la matière d'ouvrages entiers, et qui est beaucoup trop étendue pour être complètement analysée dans une section de notre ouvrage. Mais nous pouvons donner une idée précise de cette théorie, en indiquer les principes les plus utiles, et en montrer des usages assez importans, pour suffire aux besoins les plus ordinaires des arts : c'est là l'objet que nous nous proposons.

On appelle PROJECTION *d'un point sur une ligne ou sur un plan* (*), *le pied de la perpendiculaire abaissée de ce point sur la ligne ou sur le plan.* A est la projection de B sur CA (fig. 30 pl. XI) : dans la figure 29, où les objets sont vus en perspective, pour qu'on y puisse prendre facilement une idée exacte de la disposition des lignes dans l'espace, et où FG représente un plan horizontal, et GH un plan vertical, q et n sont les projections du point b sur ces plans. Et il est à remarquer que les droites qh et nh menées perpendiculairement sur l'intersection OG des deux plans, se rencontrent en un point h de cette ligne, parce que le plan vertical $bnhq$ est perpendiculaire à cette droite OG, ainsi qu'aux deux plans FG, GH. La ligne bn, ou son égale qh, est la distance du point b dans l'espace au plan vertical GH; bq ou nh est l'élévation du point b au-dessus du plan horizontal FG.

Imaginons deux plans l'un horizontal FG, l'autre vertical GH (fig. 29), et une ligne droite bc située

(*) Les géomètres donnent le nom de *plan* à une surface sur laquelle on peut appliquer une ligne droite dans tous les sens. Une glace, la surface tranquille de l'eau d'un bassin, celle d'un marbre poli, etc., sont des plans. Ici l'épaisseur est censée nulle. Une feuille de papier bien polie et tendue serait un plan, sans son épaisseur. En appliquant le bord d'une régle sur ces surfaces, il s'y couche sans laisser de vides.

comme on voudra dans l'espace. Si de tous ses points, on conduit des perpendiculaires au premier plan FG, pour avoir les projections de la droite, les pieds de ces lignes iront marquer sur ce plan FG la ligne droite *pq*, qui sera la projection horizontale de *bc*. De même, des perpendiculaires menées sur le plan vertical GH donneront la projection verticale *mn*.

Ainsi *la projection d'une droite sur un plan est une autre droite, de longueur et de directions différentes, que déterminent les projections de ses deux extrémités, ou de deux de ses points pris où l'on voudra sur sa longueur.*

Si l'on ne donnait que la projection *pq* (fig. 29), on ne pourrait connaître ni la longueur, ni la position de la droite *bc* dans l'espace; puisque d'autres droites, telles que *ik*, *ca*, ont aussi *pq* pour projection : en effet la droite *ik* par exemple, se projette aussi selon *pq* sur le plan FG, ainsi qu'une infinité d'autres lignes situées dans le plan *pcbq*, et terminées aux mêmes verticales *pc*, *bq*. De même la projection verticale *mn*, ne détermine pas non plus la longueur *bc*. Mais si l'on donne à la fois les deux projections *pq* et *mn*, la direction et la longueur de *bc* sont déterminées. En effet, en menant par les points extrêmes *m*, *n*, *p*, *q*, deux horizontales *nb*, *mc*, et deux verticales *qb*, *pc*, ces lignes par leurs intersections donneront le triangle *bca* qui est rectangle, *a* est un angle droit; et comme les deux côtés *ca*, *ba* sont égaux aux donnés *pq*, *mn*, ce triangle sera facile à construire. On tirera (fig. 30) CA égale à *pq*, la perpendiculaire AB égale à *mn*; on tracera la droite CB, et cette ligne CB sera la longueur de la droite *c b*, l'angle C sera son inclinaison à l'horizon.

Donc *la longueur de toute droite dans l'espace est le plus grand côté d'un triangle rectangle, dont les deux côtés de l'angle droit, sont l'un la projection horizontale* *de la droite, l'autre la différence de niveau des deux bouts, ou sa projection verticale.* Ce principe facile à concevoir, est d'une application perpétuelle.

Lorsqu'on projette une ligne, ou un cercle, ou une courbe quelconque sur un plan qui lui est parallèle, cette figure s'y transporte avec la même forme et la même grandeur. C'est ainsi que la droite horizontale *ca* (fig. 29), est égale à sa projection horizontale *pq*; que *ba* l'est à *mn*; que dans le tableau de la quatrième classe, les cercles supérieurs de la figure 13, ont un cercle égal pour projection horizontale; que dans la fig. 15 du même tableau, la projection verticale de l'une des bases du cylindre est l'autre base; que dans le tableau de la deuxième classe, les prismes droits des fig. 15, 17 et 21 ont la base inférieure égale à la supérieure, dont elle est la projection horizontale.

Mais si le plan de projection n'est point parallèle à celui de la surface, l'égalité ne subsiste plus. Un cercle par exemple se projette selon une ellipse : une ellipse est projetée selon une autre ellipse. C'est ainsi que dans la fig. 31, qui est en perspective, si l'on projette le cercle ou l'ellipse *ab* sur l'horizon, on obtient l'ellipse *cd*. Le grand axe *cd* de celle-ci est la projection du grand axe *ab* de la première sur l'horizon, le petit axe *fe* est la projection du petit axe *gh*. C'est la section *cd* d'un cylindre oblique *c d b a* par un plan perpendiculaire aux génératrices, la base étant *agbh*.

La même ellipse *cd* est la projection de toutes les courbes tracées à la surface de ce cylindre droit. Donner une projection ne suffit donc pas pour retrouver la courbe projetée; mais si l'on donne les projections horizontales et verticales, comme on peut retrouver les axes de la courbe projetée, celle-ci est facile à décrire.

Maintenant que nous savons projeter les droites, les cercles et les ellipses, puis remonter de ces projections aux figures mêmes, venons-en aux applications.

Les géographes, les arpenteurs, les architectes donnent le nom de *plan* à ce que nous avons appelé une projection horizontale : et comme il arrive souvent qu'en effet la base d'une construction en maçonnerie, un parc, une campagne qu'on veut représenter, est une surface horizontale, du moins lorsque le terrain n'a pas de montagnes ou d'inflexions, le plan représente les grandeurs et dispositions véritables des objets. Nous avons donné dans la planche VII, le plan du Champ-de-Mars (fig. 9), celui d'une maison (fig. 3, 4), etc.

On aurait pu beaucoup multiplier ces exemples, sans rien apprendre de plus aux enfans : on a cru inutile d'accroître le volume et les frais pour n'en retirer aucun avantage. Le maître fera copier ces plans; fera dessiner celui de la maison où est son école, de la campagne qui en est voisine, ou même fera composer des plans au gré de son imagination.

Lorsqu'il ne s'agit que de lever le plan d'une maison ordinaire, et nous devons supposer ici que les localités ne présentent pas de difficulté particulière, on mesure au mètre la longueur et la largeur des salles, des portes, des fenêtres, des cheminées, l'épaisseur des murs, etc, et on transporte ces grandeurs, avec le compas, la règle et l'équerre, sur le papier, chacune dans la direction qui lui convient, après avoir adopté une échelle, comme page 76, dont chaque partie représente le mètre ou ses fractions.

S'il s'agit d'un parc, ou d'une campagne, lorsque l'enceinte et les distributions forment des lignes droites, des angles de 90°, des cercles, et autre figures régulières, on opère avec encore plus de facilité que lorsqu'il est question d'un bâtiment, parce qu'on n'est gêné par aucun obstacle pour prendre des mesures.

Mais le plus souvent l'enceinte est un polygone irrégulier, les allées se croisent sous diverses inclinaisons, il y a un ruisseau ou des allées dans des bois, formant des sinuosités irrégulières, le terrain a des ondulations, etc., ces difficultés doivent arrêter et le maître et les enfans. Nous n'avons pas ici le projet de faire un traité d'arpentage en quelques lignes, et nous ne perdons pas de vue que c'est du dessin des projections que nous devons nous occuper. Mais quelques avis donnés à ce sujet pourront dans des circonstances qui ne seront pas trop embarrassantes, permettre d'achever le plan proposé.

On aligne les allées, ou plutôt des parallèles à ces directions, selon les rayons d'un rapporteur, en plaçant l'œil au centre et visant à des points de mire qu'on a placés d'avance, et on lit sur l'arc de cercle le nombre de degrés des angles formés par ces directions (*). On plante des jalons aux coudes *a, b, c, d, e, f,* (fig. 32), des principales sinuosités, et on substitue d'abord à ces courbes, le polygone formé par les lignes droites ainsi déterminées. Les longueurs de ces côtés et les angles qu'ils font entre eux seront ensuite mesurés, et le plan pourra être tracé.

On peut encore se transporter en dehors de ces sinuosités, en projeter les sommets avec une équerre sur une ligne droite AF, et mesurer toutes les distances A*a*,

---

(*) Si les fonds laissés à la disposition du maître de l'école lui permettent d'acheter un *graphomètre*, qui n'est qu'un rapporteur dont le rayon est mobile et qui est muni de *pinnules* qu'on peut diriger sous tous les angles, le plan sera plus exact *L'équerre d'arpenteur* pourra facilement être employée dans les diverses opérations représentées fig. 32. Cet instrument est un appareil commode à transporter, à l'aide duquel on peut élever des perpendiculaires sur le terrain ; c'est une équerre munie de pinnules fixées à angle droit.

B*b*, C*c*... ainsi que les intervalles AB, BC, CD.... entre les pieds des perpendiculaires. On sent en effet qu'en parcourant la ligne AF on peut trouver, après quelques essais, le point D, où l'un des côtés de l'équerre s'aligne en *d*, quand l'autre se dirige sur C : et de même pour les autres sommets. On trace ensuite sur le papier une droite, sur laquelle on prend, en parties de l'échelle, des longueurs égales à AB, BC, CD,... Aux points de divisions, on élève des perpendiculaires qu'on fait égales respectivement à A*a*, B*b*,... et le polygone *abcdef* se trouve tracé sur la feuille de dessin.

Et quand bien même le plan qu'on tracerait de la sorte ne serait que médiocrement exacte, encore, comme objet de dessin, serait-il très-utile. Il le serait surtout pour bien faire concevoir aux enfans, par le fait même de leurs mesures, ce que c'est qu'un plan, et comment on peut se retrouver dans une campagne, dans un bois, lorsqu'on a la carte à la main. C'est même la méthode que recommande surtout l'auteur de l'Émile, et nul n'a contesté la vérité de cette assertion.

Les lignes droites ou courbes tracées sur le plan horizontal, ainsi que celles qui sont parallèles à ce plan, conservent dans leurs projections les mêmes figures et grandeurs ; et cela qu'elles soient placées au-dessus ou au-dessous du plan. Il en faut dire autant des figures tracées sur le plan vertical de projection, ou parallèles à ce plan ; elles y conservent leurs grandeurs et leurs figures.

Une projection verticale est ce qu'on nomme dans les arts une *élévation*, quand elle est destinée à représenter un objet vu de face, comme la façade d'un bâtiment. S'il est vu latéralement et selon une dimension étroite, on donne à la projection verticale le nom de *profil*. Enfin on l'appelle *coupe* quand on la destine à montrer l'intérieur d'un corps, d'un édifice, d'une machine : il semble alors que le bâtiment soit coupé par un plan vertical parallèle au mur de face, plan qui ouvre l'édifice dans toute sa hauteur et en laisse voir l'intérieur, comme si l'on eût abattu le mur coupé par ce plan. On se sert de coupes et d'élévations, selon différentes directions qu'on indique sur le plan, en y marquant les lignes suivant lesquelles ces plans verticaux sont élevés, afin de montrer l'objet sous toutes les faces où l'on peut avoir intérêt à le faire connaître.

Les figures du cinquième tableau sont des projections verticales, ou plutôt des coupes faites suivant l'axe de révolution des corps. Nous avons donné dans les sixième et septième tableaux plusieurs projections pour montrer la forme ou l'usage des objets. Tels sont diverses pièces de menuiserie et de serrurerie, des assemblages de charpente, des coupes et élévations de bâtimens, des jardins, des machines, etc. Voyez l'explication ci-après.

Concluons de ce qui a été dit jusqu'ici, qu'en général *tout prisme ou cylindre, élevé perpendiculairement à un plan, s'y projette selon sa base, ainsi que toutes les figures tracées sur leur surface :* un plan vertical est projeté sur l'horizon selon une droite, ainsi que tout ce qu'on a tracé sur ce plan; une poutre verticale l'est selon le rectangle de sa base, etc.; les projections verticales d'un prisme droit dont la base est située sur l'horizon, sont des droites verticales élevées à chaque angle de cette base.

Venons-en maintenant au cas où les lignes du corps qu'on veut représenter ne sont plus parallèles ni perpendiculaires aux plans de projections, ce qui est le cas le plus général; on tâche, il est vrai, d'éviter ce genre de disposition, qui ne permet plus de concevoir aussi facilement les dessins, ni d'en déduire les constructions à faire.

Concevez que du contour de chacune des pièces qui font partie d'un système, tel qu'une machine, un appareil de chimie, etc., on ait abaissé des perpendiculaires sur un plan horizontal qu'on imagine placé au-dessous et comme servant de support. Ces lignes laissent leur empreinte sur le plan, y déterminent un dessin, qui est la projection horizontale de l'objet. Nous avons expliqué que cette seule figure ne saurait suffire pour donner une idée complète de cet objet, même en ne le supposant pas fort compliqué.

Faites la même construction pour un plan vertical pris à volonté, et vous aurez de même la projection verticale du corps. Bien entendu que vous aurez soin de choisir parmi tous les plans verticaux qu'on imaginerait rangés autour de l'objet, celui qui donne aux projections des formes plus simples, plus aisées à tracer et à concevoir, afin que l'on puisse facilement comprendre la disposition générale et l'agencement des parties ; et comme il peut arriver que le système soit composé de manière qu'un certain plan vertical soit propre au but que nous venons d'indiquer, lorsqu'on considère quelques pièces, et ne le soit pas pour d'autres, il sera souvent utile de dessiner des projections sur deux plans verticaux, et même de donner diverses coupes et profils de l'ensemble, ou de quelques parties.

Dans la figure 33, il faut concevoir la partie MNQ de ce plan, ainsi que tout ce qui s'y trouve tracé, redressée à angle droit sur MNP, comme seraient deux feuillets d'un livre à demi-ouvert : le plan MNP sera horizontal, et MNQ, élevé au-dessus de MN, sera vertical. Un point dans l'espace sera donné (comme fig. 29) par ses deux projections *c* et *l* sur ces plans ; il faut concevoir que de ce point, qui n'est pas représenté dans la fig. 33, on a abaissé une verticale qui a rencontré l'horizon en *l*, et qu'on a mené une perpendiculaire au plan MNQ, qui rencontre ce plan en *c*. Si l'on a bien compris la fig. 29, on verra que *la ligne* cl *qui joint les deux projections est toujours perpendiculaire à MN ;* que *ck* est la hauteur du point dont il s'agit au-dessus de *l* ; et que *kl* est sa distance au plan vertical. En considérant successivement tous les points d'une droite dans l'espace, on aura les projections horizontales disposées selon une certaine droite telle que *pq*, et les verticales selon une autre droite *ab* ; et ces deux projections serviront à déterminer la situation de notre droite dans l'espace, ainsi qu'il va être expliqué.

En jetant les yeux sur ces projections, on conçoit d'abord difficilement l'objet ainsi représenté ; il faut quelqu'exercice pour que l'intelligence puisse coordonner les parties et que l'imagination parvienne à mettre, dans l'espace, chaque trait à sa place. Par exemple, la figure 29 qui est en perspective, représente une droite *bc* et ses deux projections *pq*, *mn* : dans la figure 33, *pq* est la projection sur le plan horizontal MNP, et *ab* la projection sur le plan vertical MNQ d'une droite dans l'espace ; et je dis que cette droite est bien mieux représentée dans cette figure 33 que dans la première ; car dans la fig. 29, dont l'œil saisit bientôt la disposition, il n'est pas possible d'y trouver, avec un compas, la véritable longueur de la ligne, ni son inclinaison, ni les distances de l'un de ses points aux plans FG, GH.

Au contraire, sur la figure 33, que l'œil conçoit d'abord moins aisément, ces longueurs, ces angles, sont bien aisés à tracer. Imaginons sur la ligne *pq* un plan dressé verticalement ; c'est dans ce plan qu'est située la droite dont il s'agit ; mais comment y est-elle, sous quelle direction ? C'est ce que va nous apprendre la projection verticale *ab* ; car il faut se représenter qu'il y a dans le plan vertical élevé sur *pq* une droite tellement située, que tous les pieds des perpendiculaires menées de ses divers points au plan vertical MNQ, se rangent selon *ab*.

D'après cela, le point qu'on voit projeté en *c* et en *l* (deux projections d'un même point sont toujours situées sur une droite perpendiculaire à MN, ainsi qu'on l'a expliqué ci-dessus) est élevé de ck au-dessus du point l, et distant de kl du plan vertical MNQ; c'est-à-dire que la verticale élevée sur l est haute de ck, et l'horizontale élevée en c est longue de kl; ce point dans l'espace est donc très-bien défini et assez facile à se représenter. De même le point projeté en l' et c', est élevé de $c'k'$ au-dessus de l', et distant de $k'l'$ du plan vertical MNQ.

Le point projeté en q et en b, est élevé au-dessus de q, de la hauteur qb, sa distance au plan MNQ est zéro : ainsi b est le point où la droite dans l'espace vient percer ce plan vertical. Le point projeté en p et en a, est distant de ap du plan MNQ, et élevé de zéro au-dessus de p; p est donc le point où notre ligne perce le plan horizontal MNP; en sorte qu'il est bien facile de se figurer une droite dans l'espace qui perce l'horizon MNP en p, et va en q percer le plan vertical MNQ.

D'après cela le triangle rectangle abc de la fig. 29, qui n'est qu'une représentation perspective, sera facile à décrire dans ses véritables dimensions fig. 33, en ibq : on prend la longueur iq égale à pq, et on mène ib; ib est la vraie longueur de la portion de la droite allant de p en b; c'est comme si l'on eût fait tourner le plan vertical élevé sur pq, autour de la verticale qb, comme sur une charnière, jusqu'à ce que pq soit venu se coucher sur qi. L'angle biq est donc l'inclinaison de la droite sur l'horizon, ou celui qu'elle fait avec pq.

Et s'il s'agit d'une portion de la droite, telle que celle qui est projetée en ll' et cc', on mènera par c une verticale ck, et par c' une horizontale nh sur laquelle on prendra hn égal à ll'; on tirera cn qui sera la longueur demandée; l'angle n sera son inclinaison. Le plan vertical élevé sur ll' est censé avoir tourné autour de la verticale élevée en l, pour se disposer parallèlement au plan MNQ, et on a projeté la ligne sur ce plan dans cette situation, où elle conserve sa vraie longueur.

En général (fig. 29) *la longueur d'une droite* bc *dans l'espace est l'hypoténuse d'un triangle rectangle* bca, *dont la base* ca *est la projection horizontale* pq *de la droite, et dont la hauteur* ab *est la projection verticale* mn. En tirant (fig. 30) CA et AB égales à ces projections respectives, et menant BC, on a la longueur cherchée.

Les projections d'une droite n'ont pas toujours la disposition que représente la fig. 33; dans la fig. 34, ces projections sont kq et bh; le point projeté en q et b, est élevé de bK au-dessus de q, et distant de Kq du plan MNQ. Il est aisé de voir que le point projeté en s et a, est élevé de zéro au-dessus de s, en sorte que la droite dans l'espace perce le plan horizontal en s; et partant de ce point, elle s'élève vers la droite au-dessus de sq en s'écartant des deux plans de projections MNP, MNQ. La longueur projetée en sq et ab, est encore ib, comme ci-devant, et i est son inclinaison avec l'horizon, ou l'angle qu'elle fait avec sq.

Mais que devient-elle au-dessous de s, après avoir percé l'horizon? Le point projeté en h et k, est abaissé de hk au-dessous de k, et sa distance au plan vertical est zéro; ainsi h est le point où la droite perce le plan MNQ, mais au-dessous de MNP; hk est l'analogue de bK et non pas de Kq, par ce que cette partie hk de la figure est tracée sur le prolongement du plan vertical au-dessous de MN, qui quand il est rabattu sur la feuille de la figure, se trouve confondu avec le plan MNP, sur lequel il s'est appliqué.

Deux droites parallèles dans l'espace ont leurs projections parallèles; mais les projections de deux perpendiculaires, ne sont pas perpendiculaires entre elles. Dans la fig. 33, une droite est projetée selon pq et ab; nous avons vu qu'elle perce les plans de projections l'un en p, l'autre en *b*, et qu'elle traverse l'espace en allant du premier point au second, faisant l'angle *i* avec l'horizon, ou avec *pq*. Une autre droite parallèle à celle-ci, est projetée selon *tv* et *gf*, lignes respectivement parallèles à *pq* et *ab*; la première est dans un plan vertical élevé sur *pq*; la seconde, autant inclinée qu'elle à l'horizon, est dans un plan vertical élevé au-dessus de *tv*, part d'un point de l'espace élevé de *ga* au-dessus de *t* et va percer le plan vertical en *m*, au-dessus de *v*. On trouverait aisément sa rencontre avec l'horizon, en prolongeant *fg* vers M, ainsi que *v t*.

Nous ne pourrions, sans excéder les limites qui nous sont imposées par la nature même de cet ouvrage, entrer dans des développemens plus étendus sur la théorie des projections. Mais ce que nous en avons dit nous semble suffire à l'intelligence des figures qui composent les tableaux 6, 7 et 8, représentant des plans, coupes, élévations de machines, appareils, traits de charpente, ornemens d'architecture, etc., fréquemment employés dans les arts.

Le maître devra d'abord s'attacher à bien comprendre ce qui précède, puis, proportionnant les développemens à l'intelligence des élèves et à la nature des figures qui font le sujet de ses démonstrations, il devra s'efforcer de faire comprendre ces principes, en les appliquant à ces figures. On a eu soin qu'elles fussent rangées dans un ordre facile à suivre, parce qu'elles sont de plus en plus composées; et chacune étant presque aussi simple que celles qui la précèdent et la suivent, on ne doit éprouver que peu de difficulté à concevoir les objets qu'elle représente. Les détails qui suivent, achèveront d'éclaircir tous les doutes.

La détermination des divers points d'un dessin par les longueurs des lignes perpendiculaires abaissées de ces points et par leurs distances, ainsi qu'il a été expliqué sur la fig. 32, est le procédé que les géomètres emploient pour tracer des courbes et en calculer les affections; ils appellent *coordonnées* les deux longueurs perpendiculaires entre elles qui fixent la situation d'un point; AB et B*b* sont les deux coordonnées du point *b*; AC et C*c* sont celles du point *c*, etc. Nous avons déjà montré p. O*o* sur le tableau, la manière de déterminer les points des courbes à l'aide de ce système de droites; nous en verrons plus tard une application plus importante.

Développemens relatifs au sixième tableau.

La fig. 1 représente l'élévation d'une croisée à glaces, la fig. 2 en est la coupe, la fig. 3 le plan; mais comme les dimensions y sont trop petites pour être bien comprises et suffire à l'exécution des pièces, on en a représenté les assemblages en grand dans les fig. 4 à 7, dont voici l'explication.

Les fig. 4 et 5 sont les détails du plan de la croisée: *a* le *dormant*, *b* le battant des chassis, *c* le battant *meneau*, *d* le battant de *gueule de loup*, *e* le côté, *f* la noix, *g* le congé pour les fiches.

Les fig. 6 et 7 sont les détails de la coupe en élévation: *a* traverse du dormant, *b* traverse du chassis, *c* petit bois, *d* jet d'eau, *e* pièce d'appui, *f* regingot. Ces fig. 6 et 7 sont censées verticales, mais rabattues sur l'horizon pour tenir moins de place sur la feuille.

Les fig. 8, 9 et 10 sont les élévation, profil, et plan d'une porte assemblée à grand cadre. La fig. 11 offre le détail agrandi de la coupe en élévation, et la fig. 12 ceux du plan, afin d'en montrer l'assemblage: *a* est le bâti, *b* le grand cadre, *c* le panneau, *d* la feuillure.

Les fig. 13 et 16 sont l'élévation et le plan d'une grande grille en fer: *a* est le sommier, *b* la première traverse, *c* traverses formant frise à la hauteur du *Bahut*, *d* traverses formant frise de la tête, *e* barreaux, *f* barreaux qui reçoivent les arcs-boutans, *g* barreaux qui reçoivent les battemens et l'espagnolette, *h* pivots, *i* tête de compas, *k* patères, *l* lances, *m* pontons.

Les fig. 14, 15, 17, 18 et 19 représentent les parties sous de plus grandes dimensions pour en mieux faire concevoir la liaison.

La fig. 14 est le plan des barreaux qui reçoivent les battemens, l'espagnolette et la serrure ; *a* les barreaux, *b* les battemens, *cf* l'espagnolette, *df* poignée avec un bouton fermant sur la serrure en *de*.

La fig. 15 montre l'espagnolette en élévation, ainsi que la poignée et la serrure : *a* espagnolette, *b* embase recevant la poignée, *cf* poignée, *d* entrée, *ef* serrure.

La fig. 17 est le profil du pivot *h* sur lequel tourne la grille : *a* sommier portant sa tête, *b* congé, *c* passage de la vis, *dg* vis formant pivot, *e* trou pour tourner la vis (en y introduisant une barre de levier), *f* crapaudine portant un mamelon sur lequel porte la vis *dg* et le poids de la grille ; *g*, *g* sont des parties en acier sur le pivot et sur le mamelon. Il suffit de tourner la vis *dg* pour soulever ou abaisser la grille, selon qu'on veut la démonter ou la dresser.

Les fig. 18 et 19 sont : la première, la coupe ; la deuxième, le plan de la tête de compas formant charnière : *a* traverse, *b* barreaux, *c* tête, *d* jumelle, *e* simple.

La fig. 20 est l'élévation d'une ferme de comble en charpente, telle qu'on les faisait autrefois ; la fig. 21 est celle d'un comble brisé à mansardes ; ces constructions ne se trouvent plus que dans les vieux bâtimens, parce qu'on les rend actuellement moins lourdes et moins coûteuses. La fig. 22 en donne la forme usitée aujourd'hui.

Comme les noms de chaque pièce de bois sont écrits sur la planche même, il serait inutile de les reproduire ici.

La fig. 23 est celle d'un grand comble en élévation, tel qu'il est construit au théâtre de l'Odéon à Paris. On réserve ces dispositions pour le cas où l'on veut recouvrir un grand édifice. On n'a représenté dans la fig. que l'une des moitiés de la ferme, parce que l'autre est absolument la même. La pièce de bois sur laquelle viennent porter le faîtage et les arbalétriers *bb* est ce qu'on nomme une *clef pendante* qui tient lieu de poinçon et est fréquemment employée dans tous les combles. Des bandes de fer lient cette clef en haut avec les trois pièces de bois, et en bas avec l'entrait et l'entrait relevé, s'il y en a un ; et on soutient les arbalétriers vers leur milieu par une autre clef pendante, lorsqu'on est obligé de les faire très-longs. Comme il convenait de montrer cette clef sur une autre face, on en a mis ici le profil, que, pour ménager l'espace, on a cru devoir placer dans la fig. même, quoique ce ne soit pas son lieu.

La fig. 24 est le plan de la partie de l'arbalêtrier où se trouve le *trait de Jupiter* : les charpentiers nomment ainsi la coupe qui leur sert à réunir solidement deux bouts de charpente pour n'en faire qu'une seule, lorsqu'ils n'ont pas de bois de longueur assez forte pour faire l'arbalêtrier d'une seule pièce.

Développemens relatifs au septième tableau.

La fig. 1 représente la coupe et la fig. 5 l'élévation d'un couvent d'Italie, à Giulianella près Velletri. La simplicité de l'ordonnance fait la beauté principale de cet édifice ; les traits ne présenteront rien d'embarrassant à former à des élèves déjà exercés aux constructions précédentes. Les détails qui, dans les deux figures, se correspondent verticalement, appartiennent à des parties situées dans les mêmes plans verticaux, attendu qu'elles sont deux projections verticales faites sur des plans parallèles. Cet exemple nous a paru très-convenable pour faire comprendre la différence d'une coupe et d'une élévation, et pour montrer les détails qui sont à même hauteur, l'un en face de l'autre.

La fig. 2, est l'élévation, la fig. 3 le plan d'une place de Brescia en Italie; la fig. 4, est le plan de cette place.

La fig. 6, est la coupe, la fig. 7, le plan, et la fig. 8 l'élévation d'un hôpital à Empoli, en Italie.

La fig. 9 offre le plan du Champ-de-Mars et de l'École militaire à Paris. La majesté et la grandeur de ces dispositions en font un beau sujet d'étude.

Les mêmes observations doivent s'appliquer à ces sept dessins, que nous avons faites pour les deux premiers. Le reste de la planche se rapporte à des sujets de mécanique très-usités.

La fig. 10 est la coupe d'une pompe aspirante. Le maître pourra profiter de cet exemple pour instruire ses élèves des effets de cette machine, et leur montrer comment le jeu des deux soupapes et du piston force l'eau à monter : *ab*, est le niveau de l'eau dans le réservoir où plonge le *tuyau d'aspiration cd*, et que ferme en haut la soupape *d*. Le piston *f*, garni tout autour d'un cuir, bouche hermétiquement le corps de pompe *kl*; ce piston est attaché solidement à un étrier en fer *g*, que tire et pousse successivement la tige *gi*. Une soupape *h* ouvre et ferme tour à tour un trou *f* qui perce le piston dans sa longueur; l'aspiration en faisant le vide dans le tuyau inférieur, lorsqu'on élève le piston, force l'eau à monter par la pression de l'air extérieur sur l'eau *ab* du réservoir, parce que la soupape *d* s'ouvre, et que celle *h* reste fermée : et lorsqu'on redescend le piston, c'est au contraire cette dernière *h* qui se soulève pour laisser passer l'air ou l'eau audessus du piston, tandis que l'autre soupape *d* demeure fermée sous la pression.

La fig. 11 est l'élévation et la fig. 12 le plan de la machine des maraîchers pour tirer l'eau d'un puits *a*, à l'aide d'un tonneau *b*, et la verser dans une bâche *c*, d'où elle s'écoule où il convient de la faire aller. La corde *de* passée sur la poulie *e* tire le tonneau, et s'enroule sur un tambour *d*, lorsqu'on en fait tourner l'arbre vertical *pq*; cet arbre est mis en mouvement par un *manège*; c'est un cheval qui est attelé en *f*, ou un homme qui agit sur l'extrémité de la barre *fg*, et qui tourne autour de l'arbre *pq*. La corde en se roulant sur le tambour fait monter l'un des tonneaux et descendre l'autre; et il faut faire tourner l'arbre en sens contraire pour faire à son tour monter celui-ci qui s'est rempli, et descendre le premier qui s'est vidé. On peut juger de l'utilité du plan, non-seulement pour bien voir ce mécanisme, mais encore pour en fabriquer les pièces, lorsqu'il est question de l'établir.

La fig. 13 montre le levier à bascule dont on se sert communément pour manœuvrer le piston d'une pompe aspirante. En faisant aller et venir, à force de bras, l'extrémité *a* du levier *ab*, qui tourne autour d'un bouton fixe *b*, la tige *cd* du piston monte et descend, parce qu'elle est tirée et poussée par le bout *c* où elle est retenue par un autre axe de rotation, qui laisse à cette tige une direction presque verticale dans toutes les positions.

La fig. 14 est la coupe d'un *Cric*, machine qui sert à soulever de lourds fardeaux.

La fig. 15 représente une roue à palettes mue par la force d'impulsion d'un cours d'eau : le liquide est retenu par une vanne qui n'en laisse passer qu'un volume déterminé par un orifice inférieur; l'eau chassée vivement par sa charge entre dans le *coursier* où la roue est établie.

La fig. 16 offre la coupe d'une roue à augets qui reçoit l'eau sans vitesse à sa partie supérieure, et tourne sous l'effort du poids de ce liquide.

Dans ces deux roues, l'arbre étant mis en mouvement, fait tourner à son tour une machine, telle qu'un moulin, ou toute autre.

Développemens relatifs au huitième tableau.

A la multitude et la complication des détails qu'on voit sur ce tableau, il est aisé de juger qu'il ne doit être proposé pour modèle qu'à des élèves exercés, et qui se sont rendus habiles à tracer les figures des cinq premières classes, *tant à l'aide de la règle et du compas, que sans le secours des instrumens.*

Ce seront donc les élèves les plus instruits qui devront dessiner le sixième tableau. Après que les exercices de dessin seront terminés pour l'école entière, ils procéderont à leur tour à ce genre de travail (*); afin qu'après avoir enseigné les autres, les moniteurs puissent s'instruire entre eux, et prendre leur part de connaissances.

Le petit nombre des élèves que ce sujet regarde permet de laisser à chacun l'usage d'un tableau noir pour lui seul. On pourra cependant, s'il en est besoin, y mettre deux élèves, qui dessineront ensemble les figures des 5e., 6e., 7e., 8e., 9e., planches. Il n'y a donc plus ici de commandemens, ni d'assaut à qui fera le mieux : chacun est abandonné à sa seule aptitude naturelle et aux conseils que le maître peut lui donner.

D'abord ces élèves ne devront pas dessiner les détails de frise, de chapitaux, etc.; à raison de la complication de ces figures, ce travail exige une main exercée. Mais ils s'attacheront surtout à mettre ensemble les grandes parties, et à leur donner les proportions qui en font la grâce. Ces grandeurs sont indiquées sur le tableau par des *cotes ;* il nous semble utile de donner à ce sujet quel-

---

(*) Dans les écoles d'enseignement mutuel, on sait que les moniteurs procèdent entre eux à l'exercice de la lecture; ainsi, les moniteurs étant seuls capables de dessiner les tableaux 6, 7 et 8, ce mode est conforme à l'ordre établi dans ces écoles.

ques éclaircissemens pour l'instruction du maître, qui devra les communiquer aux jeunes dessinateurs.

En considérant l'arrangement régulier des parties d'un édifice, on en a composé quatre modes différens, qu'on nomme *ordres d'architecture*; savoir, l'*ordre toscan*, le *dorique*, l'*ionique*, et le *corinthien*. On distingue dans chacun trois parties principales : la *colonne*, l'*entablement* qui la surmonte, et le *piédestal* qui la supporte : cette dernière partie manque souvent, et est remplacée par une seule plinthe ; l'ordre est alors réduit aux deux autres parties. Quelquefois même l'édifice n'a pas de colonnes, ce qui n'empêche pas qu'on ne le dise construit sur tel ou tel ordre, à cause des proportions qui sont observées dans l'assemblage de ses parties.

L'ordre corinthien se distingue par la richesse des sculptures qui décorent sa frise ; le tableau offre un exemple de ce genre d'ornemens, qu'on varie d'ailleurs à l'infini ; le chapiteau de la colonne est aussi revêtu de deux rangs de feuilles et de huit volutes, ainsi qu'on le voit figuré au tableau.

L'ordre ionique est remarquable par les volutes de son chapiteau.

L'ordre dorique a sa frise ornée de triglyphes et de métopes, ainsi qu'on le voit figuré au tableau.

L'ordre toscan, le plus simple et le plus solide de tous, n'admet aucun ornement.

Outre ces caractères, les divers ordres sont encore distingués par les proportions qui en règlent les parties, ainsi qu'il va être exposé.

Nous ne disons rien ici d'un cinquième ordre nommé *composite*, parce qu'il est composé de l'ionique et du corinthien ; non plus que des ordres antique, gothique, allemand, arabe : ce n'est point ici un traité d'architecture, et nous sortirions des limites qui nous sont imposées.

En comparant les divers monumens que les artistes ont jugés dignes d'être pris pour modèles, à raison du goût qu'on y observe, on a remarqué entre leurs parties des proportions qui ont servi de règle pour les imiter. Ce n'est pas qu'il existe en effet des relations rigoureuses qu'on n'ait jamais détruites : l'art n'a point de ces règles fixes qu'on trouve dans les sciences. Il faut seulement concevoir que de certaines proportions ayant été plus ordinairement employées, et d'après l'aveu de tous les gens de goût, étant les plus convenables, ce système doit être regardé comme une règle, dont il n'est pas permis de s'écarter sans motif. Le dessinateur qui s'astreint à observer ces proportions, se met à l'abri des critiques, produit un effet agréable à l'œil, et peut compter sur le suffrage des hommes de l'art. C'est dans l'observation de ces préceptes que les artistes font consister *la pureté des formes.*

Voici les relations qu'on doit établir entre les parties principales des ordres d'architecture.

Dans tous les ordres, l'entablement a pour hauteur le quart de la colonne; le piédestal, le tiers.

Chacune de ces trois parties est sous-divisée elle-même en trois, savoir :

Le piédestal, en *corniche*, *dez* et *base;*

La colonne, en *base*, *fût* et *chapiteau;*

L'entablement, en *architrave*, *frise* et *corniche.*

On a soin de proportionner la grosseur de la colonne à son ordre, à sa hauteur et à l'élévation totale de l'édifice.

La colonne toscane, en y comprenant sa base et son chapiteau, a pour hauteur sept fois son diamètre; la dorique, huit fois; l'ionique, neuf fois; la corinthienne, dix fois.

Les sous-divisions sont de même réglées sur cette échelle, ce qui a fait donner le nom de *Module* au rayon de la colonne ou à sa demi-grosseur, qui une fois déterminée, donne à son tour la hauteur de la frise, de la corniche, du fût, etc. Ce module est divisé en douze longueurs égales, dans les deux premiers ordres, et en dix-huit dans les deux autres; ces fractions sont nommées des *parties*. On peut voir au bas du tableau deux échelles ainsi sous-divisées.

Voici les nombres de modules qui, pour chaque ordre, conviennent aux sous-divisions.

Ordre toscan.

COLONNE. . . . . 14 modules.

Base.	1	14
Fût.	12	
Chapiteau.	1	

ENTABLEMENT. . . . . 3 modules $\frac{1}{2}$.

Architrave.	1	3 $\frac{1}{2}$
Frise.	1 $\frac{1}{6}$	
Corniche.	1 $\frac{1}{3}$	

PIÉDESTAL. . . . . 4 modules $\frac{2}{3}$.

Corniche.	$\frac{1}{2}$	4 $\frac{2}{3}$
Dez.	3 $\frac{2}{3}$	
Base.	$\frac{1}{2}$	

En tout, 22 mod. $\frac{1}{6}$, et sans piédestal, 17 mod. $\frac{1}{2}$.

L'intervalle des colonnes, qu'on nomme *Entrecolonnement*, est de 4 modules $\frac{2}{3}$.

Ordre dorique.

COLONNE. . . . . 16 modules.

Base.	1	16
Fût.	14	
Chapiteau.	1	

ENTABLEMENT. . . . . 4 modules.

Architrave.	1	4
Frise.	$1 \frac{1}{2}$	
Corniche.	$1 \frac{1}{2}$	

PIÉDESTAL. . . . . 5 modules $\frac{1}{3}$.

Corniche.	$\frac{1}{2}$	$5 \frac{1}{3}$
Dez.	4	
Base.	$\frac{5}{6}$	

En tout, 25 mod. $\frac{1}{3}$, et sans piédestal, 20 mod.
L'entrecolonnement est de 5 modules $\frac{1}{2}$.

Ordre ionique.

COLONNE. . . . . 18 modules.

Base.	1	18
Fût.	$16 \frac{1}{3}$	
Chapiteau.	$\frac{2}{3}$	

ENTABLEMENT. . . . . . . 4 modules $\frac{1}{2}$.

Architrave.	$1 \frac{1}{4}$	$4 \frac{1}{2}$
Frise.	$1 \frac{1}{2}$	
Corniche.	$1 \frac{3}{4}$	

PIÉDESTAL. . . . . 6 modules.

Corniche.	$\frac{1}{2}$	6
Dez.	5	
Base.	$\frac{1}{2}$	

En tout, 28 mod. $\frac{1}{2}$, et sans piédestal, 22 mod. $\frac{1}{2}$.
L'entrecolonnement est de 4 modules $\frac{1}{2}$.

Ordre corinthien.

COLONNE. . . . . 20 modules.

Base.	1	20
Fût.	$16 \frac{2}{3}$	
Chapiteau.	$2 \frac{1}{3}$	

ENTABLEMENT. . . . . 5 modules.

Architrave.	$1 \frac{1}{2}$	5
Frise.	$1 \frac{1}{2}$	
Corniche.	2	

PIÉDESTAL. . . . . 6 modules $\frac{2}{3}$.

Corniche.	0 m 14 p.	$6 \frac{2}{3}$
Dez.	5 m 4 p.	
Base.	$\frac{2}{3}$	

En tout, 31 mod. $\frac{2}{3}$, et sans piédestal, 25 mod.
L'entrecolonnement est de 4 modules $\frac{2}{3}$.

En dessinant l'une des figures de ce tableau, l'élève pourra croire qu'il faut en former tous les traits en commençant par l'un, et procédant de proche en proche. Mais ce serait le plus sûr moyen de n'avoir que des figures difformes ; nous en dirons plus tard la raison, (4e. section, p. 124). Le maître doit s'opposer à cette manière d'opérer. L'élève doit au contraire tracer d'abord les parties les plus saillantes et les plus écartées, sauf à distribuer ensuite les parties importantes, mais moins éloignées, puis les détails plus rapprochés, ou d'un plus faible intérêt. Une fois les masses mises en place, on tracera ensuite les autres lignes les plus remarquables, puis celles qui le sont moins, et sans considérer si ces traits sont voisins les uns des autres, mais quel est leur ordre d'importance.

Ainsi, pour élever un ordre d'une hauteur donnée, on divisera cette hauteur, exprimée en mètres, par le nombre de modules dont est formé l'ordre dont il s'agit ; le quotient sera le module ou le demi-diamètre du *bas* de la colonne. Nous disons le *bas*, parce qu'on trouve que la colonne a plus de grâce, en l'amincissant, vers son sommet et insensiblement, d'un tiers de module dans les deux tiers supérieurs de son fût. Le module ainsi déterminé, on compose sur cette unité une échelle, qui sert à donner les hauteurs de toutes les sous-divisions. On trace une verticale, sur laquelle on porte successivement les longueurs de la corniche, de la frise, de l'architrave, etc.; par les points ainsi fixés, on trace des parallèles horizontales, entre lesquelles seront comprises toutes les moulures de l'ordre.

Veut-on, par exemple, soutenir le marbre d'une commode par des colonnes corinthiennes, sans piédestal, ni entablement, en supposant que la hauteur du meuble soit de 12 décimètres? Je divise 12 par 20, nombre des modules de la colonne, et je trouve que le module aura 6 centimètres, ce sera l'unité de l'échelle; la colonne aura 12 centimètres d'épaisseur par le bas; le fût, 10 décimètres de hauteur; la base, 6 centimètres; et le chapiteau, 14 centimètres.

Réciproquement, si l'on entoure le bas d'une colonne d'un fil pour en mesurer la circonférence, en multipliant par 0, 159 (voyez la 6e. section), on en conclura le rayon ou module, et par suite les hauteurs de l'édifice entier et de toutes ses parties, selon l'ordre qu'on a observé dans sa construction.

C'est sur ces principes qu'on exécute toutes les compositions d'architecture, et que le temple ionique du tableau a été tracé. Des motifs d'économie nous ont empêché d'y dessiner les ordres toscan et corinthien, et chacun peut y suppléer aisément, d'après cet exposé. Il faudra donc faire composer aux élèves des profils, et même des monumens, d'une étendue et d'une hauteur données, dans les divers ordres.

Les *frontons* sont des constructions triangulaires, dont la hauteur peut beaucoup varier, selon l'étendue. On en voit de petits, dont la hauteur est le tiers de la base, d'autres sont construits sur le quart, le cinquième ou le sixième. Cette dimension est abandonnée au goût de l'artiste. Il faut en dire à peu près autant des diverses moulures qui composent les corniches, chapiteaux, etc.

Les *pilastres* sont des colonnes carrées (des parallèlipipèdes) qu'on isole rarement; on les engage dans les murs ou boiseries, et on les fait saillir à peu près d'un tiers ou d'un quart de module. Du reste, leurs ornemens, les chapiteaux, la base, toutes les proportions enfin, y sont réglées suivant les préceptes de l'ordre qu'ils représentent.

Les *tores ornés* qu'on remarque dans la planche, servent souvent à décorer les bases des colonnes.

Les *postes*, *guillochis* et *palmettes*, sont des ornemens qui ne s'emploient que sur des surfaces planes ou cylindriques, telles que les frises, bandeaux, etc.

Les *entrelas* s'emploient indifféremment sur les surfaces planes et courbes.

Les *talons* peuvent recevoir divers ornemens dont on s'est borné à donner deux exemples.

Les Romains ornaient les métopes de l'ordre dorique de bassins, de vases, de têtes de bœuf, et d'instrumens qui servaient aux sacrifices.

QUATRIÈME SECTION.

MÉTHODE GÉNÉRALE POUR DESSINER LES FIGURES IRRÉGULIÈRES.

Dans la première section de l'ouvrage, notre but était de donner de la sûreté à la main et d'exercer le coup d'œil de l'élève dans la juste appréciation des longueurs, des inclinaisons, des distances, de la courbure et des incidences des traits. Maintenant nous allons exposer des principes certains qui permettent, *sans le secours des instrumens*, de donner aux dessins toute la précision dont l'œil et la main sont susceptibles.

La plupart des maîtres croient avoir rempli leur tâche, lorsqu'ils ont offert à leurs élèves des modèles dessinés avec goût et talent, et qu'ils en ont surveillé l'exécution, se contentant de réformer de temps à autres les traits qu'ils jugent défectueux dans la copie. Nous-mêmes jusqu'ici nous avons procédé de cette manière dans la première section, mais en recommandant à l'instituteur de ne pas s'appesantir sur les détails, ni exiger trop de précision dans les figures. D'ailleurs nous n'avions pour modèles que des figures régulières et géométriques. Maintenant nous devons étendre la méthode à tous les genres de dessins, même à celui de la figure humaine, d'après nature.

Cette routine ancienne, qui se borne à recommander l'imitation du modèle, sans donner de principes pour y parvenir, réussit cependant. A force de peines et après un long temps d'étude, on peut apprendre de la sorte à dessiner, surtout si l'on est doué de facultés heureuses. Mais ce n'est qu'en devinant, pour ainsi dire, par habitude et sans se rendre compte, les règles dont nous allons parler, et ces règles, si elles eussent été exposées d'avance, auraient beaucoup abrégé l'étude, et dispensé d'un genre de sagacité, dont chacun n'est doué par la nature qu'à un degré plus ou moins développé.

Les principes que nous allons donner sont extrêmement simples, et à la portée de toutes les intelligences. Le maître devra les expliquer avec soin à ses élèves, et ne pas passer outre sans s'être assuré qu'il est bien compris. Il faut partir d'un fait, qui résulte de ce qu'on va dire, que *toute figure, quelque compliquée qu'elle soit, peut être ramenée aux rectangles et aux cercles.* Ainsi le maître n'exigera plus de ses élèves, comme dans la première section, qu'ils s'étudient à copier fidèlement toutes sortes de figures, pas même celles qui sont géométriques et qui entrent dans les cinq premiers tableaux ; mais il s'attachera à faire exécuter très-correctement les rectangles dont un côté est horizontal et un autre vertical. Il exercera ses élèves à en diviser exactement les côtés par moitiés, puis par quarts, par huitièmes, etc. Ils devront aussi tracer des cercles, comme on l'a fait dans les problèmes 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14 et 15 de la troisième classe.

Ce sont sans doute des choses déjà enseignées dans les premières leçons, et que les élèves doivent actuellement savoir ; mais l'expérience prouve que des enfans assez avancés pour décrire tolérablement des figures très-composées, ne tracent plus aussi bien les figures plus simples, sur lesquelles ils s'étaient d'abord exercés avec succès. Et nous répétons qu'il est indispensable à notre méthode que la formation des cercles et des rectangles, ainsi que la division des droites en parties égales soient parfaitement exécutées. Mais comme ces dernières opérations vont sans cesse se reproduire dans la suite, il n'est pas absolument nécessaire d'attendre que l'élève les fasse très-bien pour lui faire dessiner d'autres figures qui l'intéresseront davantage ; car il est impossible qu'à moins qu'il ne soit totalement dépourvu de dispositions naturelles pour le dessin, à force de refaire des cercles et des rectangles, et d'en subdiviser les côtés, il n'arrive pas à les construire parfaitement.

D'après cela, accordons que l'élève sait tirer des horizontales et des verticales, les couper par moitiés, décrire des cercles de toutes les dimensions ordinaires, et cela par la seule aptitude du coup d'œil, et la justesse et la sûreté de la main. Voyons comment ces facultés devront être employées pour copier des figures irrégulières très-composées.

Celui qui, sans suivre de méthode, commence à dessiner, dispose sur sa copie les traits de proche en proche, voulant exprimer de suite toutes les inflexions qu'il aperçoit dans les contours de son modèle, il embrasse à la fois un trop grand nombre de rapports ; il lui est donc impossible de les saisir tous. D'ailleurs chaque distance entre deux traits voisins qu'il a formés lui sert d'échelle pour apprécier la distance à laquelle il doit marquer le trait suivant ; de petites erreurs sur chaque évaluation, et elles sont impossibles à éviter, entraîne de proche en proche des erreurs plus fortes nées de l'accumulation, et les contours extérieurs des masses sont tellement déformés qu'il est impossible de reconnaître le modèle dans la copie.

C'est assurément un des plus grands obstacles aux progrès que de placer ainsi les traits de proche en proche, et l'on ne saurait trop tôt habituer les élèves à s'occuper des masses avant de dessiner les détails. Si les masses sont seulement à peu près bien tracées dans la copie, les détails viendront s'y placer ensuite avec facilité ; les erreurs qu'on a pu y commettre seront beaucoup moins évidentes, et influeront bien moins sur l'aspect général.

Avant de terminer chacun des dessins qui composent les tableaux 5, 6, 7, 8 et 9, il conviendra donc de n'en faire tracer que les masses, en suivant la méthode qu'on va donner, et on négligera, jusqu'à ce qu'on soit parfaitement exercé à cette pratique, d'exprimer aucun détail, se contentant d'indiquer les lignes les plus simples. On ne fera qu'une sorte d'*esquisse*, et déjà l'élève prendra l'habitude de ce genre de dessin rapide, utile, si souvent employé, et qui suffit ordinairement pour se faire comprendre, lorsqu'on explique la forme d'un appareil, d'une machine ou d'une construction.

Quoique nos tableaux n'offrent qu'un petit nombre d'exemples, comme chaque figure devra être plusieurs fois recommencée, il me paraît que ces modèles suffiront pour apprendre à disposer des masses : on ne tardera pas à obtenir que l'élève réussisse à copier très-bien l'ensemble des modèles. Ce n'est que lorsqu'il aura atteint ce degré d'habileté qu'on pourra lui faire dessiner les détails et achever la copie. En suivant cette marche, on parviendra à donner à l'élève l'adresse qui caractérise l'artiste. Si l'on multipliait les exemples, si l'on en offrait de plus habilement composés, on gagnerait sans doute d'exciter l'émulation par le plaisir de la nouveauté des objets, et rien n'empêche qu'on applique en effet nos principes à tous les dessins qu'on voudra; mais ceux de nos tableaux peuvent suffire.

Les maîtres de l'art se sont formés en copiant des dessins bien inférieurs à ceux que nous avons de nos jours, ce qui prouve que c'est moins de la multiplicité et du choix des exemples qu'on doit attendre le succès de l'enseignement, que de la méthode même qu'on suit. Ainsi, en se servant de la méthode qu'on va donner, le maître fera recopier tous les tableaux depuis le premier : ce n'est guère qu'à partir du cinquième que l'élève trouvera des difficultés ; mais il les devra surmonter en ne copiant d'abord que les masses, les distribuant chacune à sa place et dans les relations convenables de grandeurs et de distances. Ces distributions seront effectuées en suivant les principes qu'il s'agit maintenant d'exposer : montrons donc la marche à suivre pour mettre chaque partie d'un dessin à sa place, et faisons voir qu'il suffit de savoir dessiner des circonférences et des rectangles, pour être assuré de bien tracer un *ensemble*.

Divisez en moitiés, quarts, huitièmes, etc, selon l'étendue, les deux lignes verticales opposées qui forment le cadre du modèle ; par les points de division de même numéro tirez des lignes horizontales qui formeront des bandes : faites en autant sur les deux lignes du haut et du bas du cadre, et menez une suite de verticales équidistantes ; enfin faites absolument la même chose sur la feuille qui doit recevoir votre dessin, bien entendu après y avoir tracé un cadre de grandeur égale à celui du modèle. Par-là le modèle et la feuille seront décomposés en rectangles égaux. Marquez ensuite sur cette feuille, dans chaque rectangle, des points qui y occupent la même place que ceux qui ont été distingués sur l'original comme étant remarquables. Sans doute il pourra vous arriver de ne pas placer ces points au lieu précis qu'ils doivent occuper ; mais outre qu'il vous sera facile de ne pas beaucoup vous tromper, ce qui rendra ces petits déplacemens peu importans, rien n'empêche de subdiviser de même des deux parts l'un de ces carreaux en d'autre plus petits ; et à tout prendre les erreurs ne pourront aller jusqu'à l'étendue de l'un de ces rectangles partiels. On peut voir sur les figures 11 et 12 du cinquième tableau, des réseaux de cette espèce qu'on y a marqués.

Ce procédé est précisément celui dont se servent les géographes (*), lorsqu'ils veulent copier une carte ou un

(*) Cette subdivision en rectancles, qui est censée faite ici sans plan : les peintres l'emploient pareillement quand ils veulent faire un dessin correct d'après un grand tableau. Mais c'est avec la règle et le compas qu'on trace le réseau sur le modèle et la copie ; tandis que nous ne demandons à l'élève de tracer le cadre, les horizontales et les verticales qu'à main levée et à vue.

Lorsque l'élève a acquis par ce procédé une habitude suffisante de placer ses traits principaux, il est temps de ne plus lui permettre de se servir des guides qu'on lui a donnés ; il faut peu à peu l'accoutumer à se passer des carreaux, d'abord en les rendant plus étendus, puis en l'obligeant à substituer des lignes idéales aux lignes matérielles du réseau. L'élève devra ne tracer ces droites que sur sa feuille, mais non plus sur le modèle, où il se contentera de les imaginer. Il pourra se servir d'un double décimètre, ou d'une simple bande de papier marquée de traits équidistans, ou enfin de son porte-crayon (*) ; en tenant cet instrument verticalement ou horizontalement devant son œil, il s'en servira comme d'un niveau, ou d'un fil à plomb, qui lui permettra de distin-

---

le secours des instrumens, les géographes la font à l'aide de la règle et du compas lorsqu'ils veulent copier une carte ; et même si les détails de l'un des rectangles sont très-multipliés, ils subdivisent ces rectangles en d'autres, en suivant la même méthode, et ils vont jusqu'à former des figures d'un millimètre de côté, lorsque cela leur est nécessaire. Les erreurs sont toujours de beaucoup au-dessous des dimensions de ces rectangles élémentaires, c'est-à-dire à peu près nulles. Ce moyen leur sert aussi à réduire une carte, car ils font sur le modèle et la copie un égal nombre de rectangles ; mais, comme les cadres sont inégaux, les figures partielles sont aussi inégales : seulement, il faut avoir soin que les deux cadres forment des rectangles semblables. (Voyez la pag. 83, et ce qui sera dit ci-après.)

(*) On présente la réglette devant l'œil dans l'attitude horizontale ou verticale, et, la tenant parallèle au modèle, on l'éloigne guer sur le modèle les points principaux de ces directions, d'en évaluer les distances aux points voisins, rapportés à ces lignes fictives, et enfin de les placer sur les carreaux de son papier d'après ces comparaisons. Ces points seront autant de *repères* pour déterminer la place des autres. Comme il est déjà exercé à diviser en parties égales les espaces rectangulaires, il parviendra, sans beaucoup de peine, à se figurer ce réseau qui manque à l'original et à y suppléer, comme s'il y était véritablement.

L'élève est donc amené peu à peu à dessiner des modèles qui ne portent plus de traces de carreaux, à se représenter ceux-ci là où ils lui sont utiles, à conserver dans sa mémoire les points de passage de ces lignes idéales, qu'il a cependant marquées sur sa copie. Mais bientôt il pourra même se passer de ce faible secours, et les carreaux auront disparu partout, excepté qu'ils existeront dans la pensée de l'élève.

Venons-en maintenant aux corrections que le maître doit faire. Il importe de prévoir le cas où il ne serait pas assez habile dessinateur, pour être certain de ne pas substituer des erreurs à d'autres, ou même, ce qui est bien pis, déplacer des traits qui sont bien, en croyant les mieux disposer. Pour rendre les vérifications faciles, le maître se procurera un double du modèle, et il y tracera avec la règle et le compas les carreaux marqués par l'élève sur sa copie : les fautes d'ensemble deviendront alors évidentes. Et ici il faut faire attention que l'évidence est de

---

assez de l'œil pour que deux points déterminés de l'original se trouvent sur l'alignement des rayons visuels qui passent par les deux bouts, ou par des divisions marquées. Le rayon visuel qui va au milieu de la réglette étant prolongé, ira marquer sur le modèle le milieu de la distance dont il s'agit. Le même procédé peut servir à trouver le tiers, le cinquième, ou toute autre fraction de cette distance.

rigueur ; car si le maître n'est pas convaincu de l'erreur d'un trait, l'œil ne peut le rectifier ; au contraire on fait contracter à l'enfant l'habitude des fausses appréciations, lorsqu'on le familiarise avec des apparences vicieuses qu'on lui donne pour exactes.

Au reste, le maître fera bien d'avoir un cadre vide en bois de la grandeur des tableaux : les bords seront percés de trous équidistans où il fera passer des soies rouges, qui, lorsqu'elles seront tendues, diviseront l'espace à jour en cases rectangulaires. En appliquant cet appareil sur le modèle, ces soies y marqueront les traits régulateurs dont on a parlé, ce qui dispensera de les décrire sur les dessins mêmes. Chaque classe devra être munie d'un de ces cadres à réseau que le maître emploiera, soit pour aider ses élèves, soit pour faire les corrections. L'enfant est bien plus frappé de ses erreurs lorsqu'il peut les toucher, pour ainsi dire, que si le maître lui donnait les rectifications d'autorité. D'ailleurs l'enfant pourrait se corriger lui-même, ce qui ferait une économie précieuse de temps et de peine pour le maître.

La méthode que nous venons d'exposer n'est pas nouvelle ; c'est celle que les grands peintres ont recommandée, et celle dont les géomètres se servent pour représenter les affections des lignes courbes, en les exprimant par des relations entre les coordonnées des divers points, ainsi que nous l'avons expliqué p. 95 et 102. Ce procédé est applicable à tous les genres de dessin, et donne à l'élève un moyen de découvrir où il s'est écarté de son modèle, et comment il peut se corriger. L'œil ne tarde si long-temps à acquérir le degré de précision nécessaire au dessin, que parce qu'on ne l'aide point, en lui donnant un moyen rigoureux de comparaison.

Voici encore un procédé qui peut suppléer les carreaux, et qui dans beaucoup de cas est d'une application facile. Supposons qu'on ait déjà marqué un point C du modèle sur la copie (fig. 30), et qu'on y veuille tracer un autre point B. Une horizontale C A et une verticale B A étant imaginées, on aura un triangle rectangle A B C; en tirant sur la copie, par l'image du point C, une horizontale juste égale à AC, et élevant par la copie du point A une verticale égale à BA, on aura la place du point cherché B, s'il ne s'est glissé aucune erreur dans ces appréciations très-simples. On comparera les longueurs CA, BA pour s'assurer si elles ont le même rapport, tant sur le modèle que sur la copie, et on aura une vérification du tracé : l'élève est déjà si exercé à tirer des verticales et des horizontales, et à en estimer les longueurs par le coup d'œil, qu'on n'a point d'erreur grave à redouter dans cette opération.

Lorsqu'on copie un ensemble, on n'a jamais à marquer que des points tels que B, qu'on doit rapporter à d'autres C déjà fixés; on analyse les masses de l'original pour y reconnaître les points saillans et principaux, dont on doit surtout bien déterminer la place sur la copie, parce que les autres traits se coordonnent ensuite facilement avec ces points, et viennent naturellement se grouper autour d'eux. Ce procédé remplit donc parfaitement l'objet qu'on se propose; on se fera une loi de ne jamais marquer un point sur la copie, qu'en s'aidant du principe très-simple dont on vient de parler. C'est surtout lorsqu'on veut dessiner une droite BC, sous les conditions de longueur et d'inclinaison données par le modèle, que ce procédé est avantageux; car on voit bien que la pente d'une ligne BC résulte toujours du rapport de la verticale AB à l'horizontale CA.

Il est inutile d'ajouter à tous les développemens que l'on vient de donner, que les points dont on a déterminé la situation sur la copie, doivent ensuite être joints par des lignes, et qu'on tire de la figure circulaire, à laquelle on est très-habitué, les rondeurs des contours assujettis à passer par les points déjà marqués sur la copie.

Nous sommes donc arrivés au point où l'élève se dispense de tracer des carreaux sur le modèle et sur sa copie : en l'absence de ces traits régulateurs, qu'il lui est toujours commode et facile de se représenter, il pourra placer tous les points principaux de son ensemble, les unir par des traits, descendre aux détails, enfin, compléter son dessin.

L'application de notre méthode au dessin de la *bosse* ou de la *nature* présente des difficultés, qui heureusement ne sont pas insurmontables. La division d'un espace rectangulaire horizontal en parties égales devient plus embarrassante, parce que le jeu des ombres produit des illusions qui souvent induisent l'œil en erreur : des distances qu'on voit en raccourci par l'effet de la perspective, sont réputées avoir leur grandeur véritable, parce que l'habitude donne au jugement une direction dont il n'est pas le maître, et qui le domine à son insu. Lorsque l'élève divisait un rectangle du modèle par moitiés, il pouvait vérifier actuellement sur l'original placé devant lui, si cette division était juste en mesurant chaque partie ; mais quand il s'agira de surfaces arrondies et bombées, mesurera-t-il les espaces que son coup d'œil a déterminés ?

Ici il convient de recourir à la réglette marquée de divisions égales, qui, comme on l'a dit ci-dessus, étant interposée entre l'œil et le modèle, parallèlement au plan du tableau, et à une distance convenable, laisse voir, sans incertitude, quel est le point de l'objet qui répond au milieu d'une distance donnée. D'ailleurs cette partie de l'art de dessiner, outre qu'elle dépasse les limites de l'enseignement élémentaire que nous avons surtout en vue, se rattache plus spécialement à la perspective, dont nous traiterons dans la section suivante.

Jusqu'ici nous avons toujours supposé les copies de mêmes dimensions que les modèles ; mais il est facile de concevoir que la même méthode peut être employée à *réduire les dessins* à de moindres dimensions. On fera d'abord, sur la feuille de papier qui doit recevoir la copie réduite, un cadre *semblable* à celui qui enferme l'original : il faut entendre par ce mot semblable, que les côtés des deux rectangles soient dans le même rapport ; si le côté vertical de l'un est la moitié ou les trois quarts du côté horizontal, il faudra de même que ce rapport subsiste pour les côtés de l'autre cadre. On partagera, comme ci-devant, les deux rectangles par autant d'horizontales équidistantes, et on fera de même pour des verticales ; ces lignes diviseront les deux surfaces en autant de rectangles semblables des deux parts ; les rectangles faits sur le modèle seront égaux entre eux ; ils le seront aussi sur la copie ; mais les premiers ne le seront pas aux seconds. (V. p. 83.) Le reste de l'opération, qui consiste à transporter chaque point remarquable de l'original au lieu qui lui convient sur la copie, c'est-à-dire sur le rectangle de même rang, et en un point de ce rectangle placé comme l'est celui du modèle, se fait à peu près comme précédemment et n'offre pas de grandes difficultés.

On s'exerce ensuite à faire ces réductions sans le secours du réseau du modèle, et ensuite sans se servir d'aucun rectangle ; l'exercice soutenu apprend enfin à se passer de ces auxiliaires, précisément comme il a été dit précédemment.

Les personnes qui dessinent la figure humaine, ont cherché, pour s'aider dans leur travail, si la nature ne leur offre pas certaines proportions entre les parties, qui leur permettraient d'en marquer d'avance la place sur leur dessin ; mais on s'est assuré que la nature est si variable dans ses productions, que ces rapports n'existent pas. Toutefois, l'on a observé que si on compare les statues reconnues pour être les plus belles, ces rapports sont renfermés dans des limites assez étroites. Ainsi, à moins qu'on ne représente des scènes grotesques où les formes sont défigurées, ou bien à moins que l'attitude des figures n'ait forcé l'artiste à montrer certaines parties en raccourci pour obéir à la perspective, les dimensions des parties du corps humain sont proportionnées respectivement, et il importe de connaître le rapport moyen qui subsiste entre elles pour ne s'en écarter que médiocrement.

Voici quelques règles posées par Jean Cousin ; mais il faut se ressouvenir qu'elles n'ont rien de rigoureux ni d'obligatoire, et que ce sont seulement des termes moyens entre les écarts qui ont été observés dans des figures de belles formes.

Pour dessiner une *tête vue de face*, tirez une verticale *af* (fig. 1re. du 9e. tableau) sur laquelle vous porterez cinq distances égales en *b*, *c*, *d*, *e*, *f*. Coupez le second espace *bc* au milieu en *i* ; par ces points de division menez des horizontales ou perpendiculaires à *af* ; du centre *i*, sur le diamètre *ad*, tracez une circonférence *andm*, puis des centres *n* et *m*, où l'horizontale de *i* coupe cette courbe, tracez des arcs *ep*, *eq* arrivant en *p* et *q*. Cela fait, la division *db* d'en haut sera l'espace frontal dont les cheveux occuperont la moitié supérieure ; la ligne *nm* sera l'axe des deux yeux ; le nez descendra jusqu'au point *d*, où seront les narines ; le bout du menton viendra en *e*, et la bouche occupera le premier tiers de l'espace *de* ; les oreilles, partant de *n* et *m*, descendront jusqu'à l'horizontale du point *d*, en *g* et *h*, points d'où commencera le cou qui se joindra aux épaules, un peu au-dessus de la ligne en *f* ; la fossette ou le trou des clavicules est en *f*. Partagez l'axe *mn* des yeux en cinq parties égales, la deuxième et la quatrième formeront les yeux, dont le tiers du milieu sera occupé par la prunelle ; l'ouverture de l'œil sera haute de ce tiers. Le nez aura pour largeur l'intervalle des yeux, ou le cinquième de *mn*. La largeur de la bouche est égale à celle d'une fois et demie l'œil ; celle du cou est la moitié de *p q* ou *p i*, grossissant vers le bas où il a *id* pour largeur.

La figure 3 donne la construction d'une *tête vue de profil*. Après avoir tracé l'ovale comme dans la figure 1re, qui donne les axes des yeux, du nez, du menton, etc., pour faire le derrière de la tête, tracez une autre circonférence de même rayon *id*, mais reculez le centre de *i* en *i'*, *ii'* étant le sixième du diamètre *mn*; pour dessiner l'œil, coupez l'espace *nc* en trois parties égales, celle du milieu sera pour l'œil; la saillie du nez, en avant de l'ovale, est de la moitié de *dg*; le derrière de la narine doit rentrer jusqu'à l'aplomb de l'œil. La bouche, placée comme ci-dessus au premier tiers de *de*, s'avance jusqu'à la moitié de la saillie du nez. L'oreille est sur le bord intérieur de l'ovale.

Les fig. 2 et 4 représentent ces deux têtes, lorsqu'on a effacé les lignes de construction, dessiné les cheveux, etc.

Nous ne nous arrêterons pas à détailler les proportions des têtes à trois quarts, ou inclinées, etc., pour ne pas étendre cet écrit hors des limites qui lui sont imposées, d'autant plus que l'ouvrage de J. Cousin est à cet égard susceptible de rectifications qui exigeraient une critique déplacée ici. Cet artiste a aussi exposé les proportions des pieds et des mains dans toutes les positions. Nous donnerons seulement celles du corps humain dans sa totalité.

En se servant de la hauteur de la tête comme d'une sorte d'unité, et la portant huit fois bout à bout en ligne droite, on aura la longueur totale du corps. La moitié de cette longueur marquera le point du corps où les cuisses se séparent du tronc. La première de ces huit parties égales sera occupée par la tête; la deuxième comprend les épaules jusqu'au-dessous des seins; la troisième est limitée au nombril; la quatrième aux parties naturelles; la cinquième au milieu de la cuisse; la sixième aux genoux et la septième au bas du mollet. La largeur des épaules, vues de face, est de près de deux têtes; au nombril et aux hanches, une tête et demie.

La longueur du bras étendu depuis l'aisselle jusqu'au poignet, est de deux longueurs de tête, et sa grosseur vers l'épaule, d'une demi-tête. On compte une tête du poignet jusqu'au bout du doigt du milieu ; ces nombres supposent qu'aucune partie n'est vue en raccourci, car alors il faudrait se régler sur les dimensions d'une perspective : d'ailleurs, nous le répétons, tout cela n'est qu'approximatif.

Explication des figures du neuvième tableau.

Nous venons d'exposer en détail les quatre premières figures. Quant aux autres, ce sont des dessins faits d'après de belles statues antiques, et qui ont été regardées comme d'assez bon goût pour pouvoir être proposées pour modèle. On y voit Hygie, déesse de la santé (fig. 5) ; Endymion, jeune homme aimé de Diane et renommé pour sa beauté (fig. 6) ; Esculape, dieu de la médecine (fig. 7) ; les figures 8 et 9 représentent deux Aruspices, prêtres romains chargés du soin de consulter les entrailles des victimes immolées en l'honneur des Dieux ; la figure 10 représente l'empereur Trajan, un des meilleurs souverains dont on nous ait conservé la mémoire. La figure 11 est un groupe destiné à donner l'idée d'un mariage romain ; enfin la figure 12 est celle d'une joueuse de lyre.

Ces diverses figures sont en général de trop petites dimensions ; mais nous avons cru devoir préférer cet inconvénient à celui de multiplier les planches et les dépenses. Il faudra exercer les élèves à dessiner ces figures, non-seulement dans la grandeur où on les a représentées, mais encore sous une dimension double ou triple ; ce sera un excellent moyen de les habituer à cette partie difficile du dessin, qui consiste à conserver aux traits la même forme et la même direction sous des longueurs proportionnelles, et par conséquent aussi à réduire un dessin donné à des dimensions moindres.

CINQUIÈME SECTION.

RÈGLES DE LA PERSPECTIVE.

La perspective est la partie de l'art du dessin qui a pour objet de représenter les corps comme nous les voyons, d'en figurer les contours et les dispositions mutuelles, sans avoir ces corps sous les yeux, et par la seule connaissance de leurs positions relatives et de leurs dimensions géométriques. Ce n'est donc plus une copie qu'on veut faire d'une chose qu'on voit et qu'on représente telle qu'elle paraît; mais une image fidèlement semblable à ce nous verrions, si elle était devant nous.

Voici le fondement de toute la perspective. On imagine qu'une glace DNE, fig. 35, pl. XII, est interposée entre les objets et l'œil O du dessinateur; que de cet œil O, partent des rayons visuels, qui en suivent tous leurs contours et leurs replis; ces rayons vont chacun rencontrer la glace en un point où ils laissent une empreinte. Si cette empreinte est revêtue d'une couleur et d'une ombre précisément aussi intense que celle que les objets réfléchissent, il est visible qu'on peut supprimer ces objets, et que l'image peinte sur la glace en tiendra si bien lieu, qu'on croira la voir encore. Cette image est ce qu'on nomme une perspective; la fig. 35 montre l'idée qu'on doit attacher à la supposition qu'on vient de faire, en la réalisant pour un objet HL, figuré en *hl*.

Le dessin linéaire ne traitant ni des ombres, ni des couleurs, nous devons nous borner ici à enseigner à former les traits seuls qui sont marqués sur la glace. La perspective réduite à cette simplicité est encore une science si vaste, qu'elle a fait le sujet de bons et volumineux traités, et l'on sent bien que nous n'avons pas le projet d'exposer ici toutes les théories contenues dans ces utiles ouvrages. Nous nous contenterons de donner quelques règles pratiques applicables aux cas les plus importans, sans prétendre lever les difficultés accidentelles qui peuvent se rencontrer dans certaines circonstances : nous renvoyons, à cet égard, aux traités spéciaux dont nous avons parlé.

Il est si utile au peintre de connaître les principes de la perspective, que *Léonard de Vinci* conseille de commencer l'étude du dessin par celle de cette science. Sans croire à la nécessité de cette pratique, nous pensons qu'il est utile, pour bien dessiner, de connaître les principales règles de la perspective, et l'application de ces règles est le but que nous nous sommes proposé. Il est d'abord évident, par l'exposition que nous avons faite ci-dessus, que *toutes les lignes qui sont parallèles à la glace ne changent pas de forme, ni de direction*, dans l'empreinte qu'y laissent les rayons visuels. Ainsi un cercle, un carré, parallèles à la glace, conservent toujours leurs formes : seulement ils diminuent de grandeur à mesure qu'ils s'éloignent.

La perspective d'une ligne droite est toujours une droite; cela est manifeste.

Les lignes parallèles entre elles, mais qui ne sont pas parallèles à la glace, tendent à converger en un même point. Cette règle est facile à concevoir; car, plus un objet s'éloigne, et plus l'angle optique sous lequel nous l'apercevons est petit. Qu'on voie, par exemple, une longue allée d'arbres; la largeur, ou l'intervalle qui sépare l'un de celui qui est en face, décroît donc à mesure qu'elle est prise plus loin : ainsi les arbres semblent se rapprocher de plus en plus, et les deux lignes parallèles vont en convergeant.

Convenons d'abord de quelques dénominations, propres à abréger le discours, et de plusieurs dispositions qui faciliteront les tracés. Le *tableau*, c'est-à-dire le plan NED, fig. 35, sur lequel doit être tracée la perspective, sera vertical ; la ligne DE, base du tableau, ou intersection de ce plan avec l'horizon, sera nommée *ligne de terre* ; l'objet HL, à figurer, sera donné par la projection H, sur le *plan géométral* HEDI, et par l'élévation HL, de chacun de ses points au-dessus de cette projection horizontale. Nous pourrions aussi-bien donner les projections verticales de ces points sur le plan de perspective NDE ; mais comme ces projections se mêleraient avec la perspective même, la figure serait confuse. Ces hauteurs seront donc censées connues et données à part en lignes ou en nombres.

La perspective d'une droite verticale sera elle-même verticale, puisqu'elle est parallèle au tableau.

L'œil du spectateur sera situé en O, de l'autre côté du plan de perspective par rapport à l'objet HL, et il s'agira de trouver la trace *hl*, de l'empreinte laissée sur ce plan par les rayons dirigés à l'objet. De cet œil O, soit mené un plan horizontal ONP ; ce plan ira couper celui de perspective selon une ligne horizontale PN ; c'est ce qu'on appelle *la ligne d'horizon*. Il est visible que tout point situé sur le plan géométral HI, tel que le point H, a sa perspective placée au-dessous de cette horizontale PN, et d'autant plus près de cette ligne, que ce point est plus éloigné. De l'œil O, abaissez une perpendiculaire ON sur le plan de perspective ; le point N, projection de l'œil O sur ce plan, est appelé *point de vue*, ou *point principal* ; portez ensuite la distance ON sur la ligne d'horizon PN, de N en P, vers la droite ou vers la gauche, et ce point P sera appelé *point de distance*.

Avant d'aller plus loin, il importe de se bien familiariser avec ces dénominations qui épargnent de longues phrases. Ces termes ne sont d'ailleurs qu'au nombre de six, savoir : *Tableau*, *Plan géométral*, *Ligne de terre*, *Ligne d'horizon*, *Point de vue* et *Point de distance*. Les mêmes lettres désignent les mêmes choses dans toutes les figures, savoir : N le point de vue, P le point de distance DE la ligne de terre, etc.

Pour disposer les lignes d'une manière qui se prête aux constructions, dans la fig. 36, la ligne de terre DE sépare le tableau du plan géométral DEH, lequel occupe l'étendue au-dessous de DE ; tandis que le tableau DENP doit être supposé debout, dressé sur sa base DE verticalement. La ligne d'horizon NP est au niveau de l'œil projeté au point de vue N, pied de la perpendiculaire abaissée de cet œil sur le tableau ; P est le point de distance ; ainsi l'œil est éloigné du tableau de la longueur PN. Il faut donc se représenter que, par le point N, on a mené, en arrière du tableau DEPN, une droite qui lui est perpendiculaire (et horizontale) ; qu'on a pris sur cette ligne, à partir de N, une distance égale à PN : l'extrémité de cette ligne est le lieu de l'œil du spectateur, à l'égard des objets H, H′, situés du côté opposé au tableau vertical DEPN.

I. *Trouver la perspective d'un point H situé sur l'horizon* (fig. 36). Abaissez de ce point la perpendiculaire HI sur la ligne de terre DE, et tirez de I la ligne IN qui va au point de vue N; prenez IK égale à IH, et tirez de K la ligne KP au point de distance *opposé* (*) : ces droites IN, PK se croiseront en *h* qui est la perspective de H.

En reproduisant la même construction pour tant de points qu'on veut, situés sur le plan géométral, et joignant les perspectives aussi obtenues par des droites analogues

(*) On aurait pu porter IK à gauche du point I sur la ligne de terre ; mais alors il aurait fallu prendre le point P de distance à droite de N sur la ligne d'horizon. Cela explique ce qu'il faut entendre par le mot *opposé*.

à celles de la figure proposée, on en aura la perspective. C'est ce qu'on voit exécuté dans les six problèmes suivans :

II. *Trouver la perspective hh' d'une droite HH' tracée sur l'horizon* (fig. 36 et 37).

III. *Mettre en perspective un polygone donné sur le plan géometral* (fig. 37).

IV. *Trouver la perspective d'un carré situé sur l'horizon parallèlement à la ligne de terre* (fig. 38). Remarquez que les perspectives des côtés parallèles à la ligne de terre sont aussi parallèles à cette ligne, mais que les côtés perpendiculaires tendent au point N.

V. *Le même problème pour un carré placé obliquement* (fig. 39). Les côtés opposés vont concourir en un point situé sur la ligne d'horizon.

Nous n'expliquerons pas ces constructions, qui ne sont qu'une répétition de ce qui a été dit, fig. 36, pour chaque point donné sur le plan géométral. Ainsi, les point A, B, F, G (fig. 39) ont leurs perspectives en *a*, *b*, *f*, *g*; *f* est déterminé par la rencontre des lignes *b'n* et *f'p*, etc.

VI. *Perspective d'un plancher pavé de dalles carrées* (fig. 40) *disposées comme l'indique* la projection ABCO. A partir de A, portez sur DE des longueurs successives égales au côté du carré des dalles, et, par ces points de division, tirez des lignes au point de vue N ; puis, de l'extrémité B, tirez une ligne BP au point de distance opposé P ; celle-ci coupera les premières en des points par lesquels on mènera des parallèles à la ligne de terre DE, et les carreaux ainsi formés seront la perspective demandée. Cette construction est la conséquence visible de celle du problème IV, et même on voit qu'il est inutile de tracer la projection horizontale ABCD.

VII. *Perspective d'un cercle tracé sur l'horizon* (fig. 42). Inscrivez ce cercle dans un carré ABFG, dont deux côtés soient parallèles à la ligne de terre; mettez ce carré en perspective : vous aurez un quadrilatère circonscrit à l'*ellipse* demandée, car la courbe cherchée est une ellipse : les contacts sont en quatre points connus, et on pourra tracer cette courbe. On peut d'ailleurs en trouver d'autres points en mettant en perspective quelque autre diamètre IK, par le problème I.

VIII. *Trouver la perspective d'un point situé dans l'espace* (fig. 44). On donne d'abord la projection horizontale H de ce point, d'où l'on tire sa perspective *h* : celle d'une verticale indéfinie élevée en H, est aussi une vesticale *hl*, car *la perspective d'une verticale est toujours verticale.* Il reste à assigner le point *l* où l'on doit limiter cette ligne indéfinie, et ce point sera la perspective du point dont il s'agit dans l'espace.

Tirez à part une verticale AB de même hauteur que celle qui répond au point H, et, des deux extrémités A et B, menez des droites CA, CB à un point arbitraire C de la ligne d'horizon : vous aurez ainsi un triangle ABC. Menez *ha* horizontalement, vous aurez un point *a* de section avec AC ; la verticale *ab* sera la hauteur cherchée ; ainsi il faudra prendre *hl* égale à *ab*, et *l* sera la perspective du point de l'espace, *hl* sera celle de la verticale élevée en H. Si cette verticale est l'axe d'une colonne, d'un arbre, l'arête de rencontre de deux murs, etc., on en aura ainsi la perspective.

Si l'on a une série d'objets d'égales hauteurs à mêmes distances du tableau, leurs projections sont sur une droite parallèle à la ligne de terre DE; on aura aisément les perspectives des bases, et la hauteur *ab* sera la même : ces perspectives seront même équidistantes si les objets sont également écartés. Ainsi, après avoir trouvé les perspectives *h* des projections horizontales H, et mené par ces points *h* des verticales, il restera à porter sur chacune la même hauteur *ab*. (V. fig. 41.) Mais si les objets sont autrement disposés, il faudra répéter sur chacun la construction précédente, afin d'obtenir d'abord la perspective de la projection horizontale, puis la hauteur, etc. Cela s'applique à des séries de colonnes, une allée d'arbres, des pieds-droits de portiques, etc.

Il est aisé de résoudre les problèmes suivans, en observant cette méthode.

IX. *Trouver la perspective d'un cube parallèle au tableau* (fig. 43). Faites le carré *abcd*, perspective de la face antérieure; de ses quatre angles, menez des lignes au point de vue N, puis, de *a* et *c*, des droites au point de distance P : celles-ci couperont les premières en *f* et *e*; par ces points, tirez les horizontales *fi*, *ck*, etc.; le reste est sans difficulté.

Si le cube a sa base disposée obliquement au tableau, on opèrera comme pour le prisme du problème XII (fig. 45).

X. *Trouver la perspective d'une pyramide.* On trace d'abord celle du polygone qui en est la base, et de la projection horizontale du sommet, en se guidant sur le problème III (fig. 37); puis on trouvera celle du sommet par le problème VIII (fig. 44); il ne restera plus qu'à joindre ce dernier point aux angles du polygone par des droites. Cette construction ne nous a pas paru exiger de figure pour être comprise.

XI. *Trouver la perspective d'une ligne oblique dans l'espace* (fig. 44). On cherche les perspectives de ses deux extrémités, ou de deux points quelconques pris sur la direction de cette ligne, et on joint par une droite les points ainsi déterminés : ainsi HH′ est la projection horizontale de la droite, et *hh′* sa perspective; les hauteurs des deux bouts au-dessus du plan géométral sont données; on les porte en AB et AB′ sur une verticale; les verticales *hl*, *h′l′*, respectivement égales aux parties *ab*, *a′b′*, interceptées dans les triangles ABC, AB′C, donnent les perspectives *l* et *l′* demandées, puis celle *ll′* de la droite dans l'espace.

XII. *Trouver la perspective d'un prisme droit* (fig. 45). Cette construction est assez expliquée par ce qui précède.

XIII. *Trouver les perspectives de plusieurs droites parallèles données.* On sait déjà que si ces lignes sont parallèles au tableau, leurs perspectives demeurent parallèles entre elles : c'est, au reste, ce que les constructions déjà exposées vérifient lorsqu'on les met à exécution. Mais il importe surtout d'examiner ce qui arrive quand les parallèles sont obliques au tableau.

Si, par l'œil O du spectateur (fig. 35), on conçoit une parallèle O R à ces droites, elle ira percer le tableau en un point R, qui jouit de cette propriété remarquable que les perspectives de toutes les parallèles proposées passeront par ce point R, en sorte que *ces lignes convergeront*, et par conséquent ne seront plus parallèles. Ce point de convergence R est appelé *point de fuite*. Donc *les perspectives de tout système de droites parallèles, convergent vers le point où le tableau est percé par une ligne menée de l'œil parallèlement aux proposées.*

Le point de fuite est d'une grande utilité lorsqu'on veut mettre des parallèles en perspective ; en effet il n'est plus nécessaire d'avoir que celle d'un point de chacune de ces lignes, puisque toutes devant passer par le point de fuite, on a un second point situé sur toutes leurs directions. Or, dans tous les tableaux, il est rare qu'on n'ait pas à représenter des séries de parallèles : les colonnes, les pilastres, les allées d'arbres, les routes droites, les corniches des édifices, les assises de pierres, etc., sont autant d'exemples auxquels s'applique cette théorie Nous en allons développer les conséquences.

1°. Si les parallèles sont des droites horizontales, la ligne menée par l'œil parallèlement à leur direction est dans le plan du niveau de l'œil, et va couper le tableau en un point de la ligne d'horizon. Donc *le point de fuite de droites parallèles horizontales est situé sur la ligne d'horizon.* C'est ce qu'on remarque, par exemple, dans la fig. 39, où les côtés parallèles AB, FG, ont pour perspectives *ab*, *fg*, lignes qui, prolongées, vont concourir en M sur la ligne PN.

Voici la *construction qui fait connaître, en général, le point de fuite de tout système de parallèles horizontales.* Par le point de vue N (fig. 39), tirez la verticale LN, et prenez la longueur LO égale à NP (*); par ce point O, menez la droite OQ parallèle aux horizontales proposées AB, FG, et le point Q de section de cette ligne avec DE sera connu; enfin prenez MM égal à LQ, et M sera le point de fuite cherché.

2°. *Si les parallèles horizontales sont perpendiculaires au tableau, le point de vue N est le point de fuite.* C'est ce qui suit de la construction précédente, et qu'on voit réalisé dans les fig. 38, 40, 42 et 43.

3°. *Si ces parallèles horizontales font avec le tableau un angle de 45 degrés, ou un demi-angle droit, le point P de distance est alors le point de fuite*, du côté opposé relativement à N : cela suit encore de notre même construction.

4°. Enfin, si généralement les parallèles sont obliques à l'horizon, il s'agit de trouver le point R (fig. 35), où la droite menée de l'œil O parallèlement à leurs directions, perce le tableau. On connaît les deux projections de l'une de nos droites, AB, sur le plan horizontal (fig. 46), *ab* sur le vertical. Il faut d'abord reproduire la construction ci-dessus; après avoir pris OL égal à NP, et mené OQ parallèle à AB, puis par le point Q la verticale indéfinie

(*) O est la projection horizontale de l'œil, OQ celle du rayon visuel parallèle aux droites proposées; en sorte qu'on cherche la rencontre de cette droite avec le tableau. Ces mêmes désignations conviennent à la figure 46, où OQ et OR sont les projections horizontale et verticale du rayon visuel; R est la rencontre avec le plan du tableau, comme dans la théorie des projections (fig. 33, p. 105).

QR, le point de fuite R sera sur cette verticale, mais non plus sur la ligne d'horizon PN. Tirez OR parallèle à la projection verticale *a b* ; cette ligne ira croiser la verticale QR au point cherché R.

La règle qui veut que les perspectives d'une suite de parallèles convergent en un même point est d'une grande importance; la violer, est, dans un dessin, l'une des fautes les plus choquantes, et, il faut le dire, le plus ordinairement commises. Pour vérifier si les règles de la perspective sont bien observées dans un tableau, il faut y distinguer certaines lignes que l'artiste a voulu représenter parallèles, prolonger ces lignes, et voir si elles vont concourir en un point : et si ces parallèles sont horizontales, ce qui est le cas le plus fréquent, il faudra que ce point de concours soit situé sur la ligne horizontale qui passe par le point de vue. On a donc ainsi un procédé de vérification très-commode, car le point de vue est toujours celui où concourent les lignes qu'on a voulu représenter perpendiculaires au tableau.

Cette théorie s'applique non-seulement à des droites parallèles, mais encore à toute ligne considérée seule, puisqu'elle doit passer par le point de fuite où convergeraient les perspectives de toutes ses parallèles. C'est surtout à la perspective des horizontales que cette remarque doit être appliquée, parce que la construction qui donne le point de fuite est très-simple. Par exemple, dans la fig. 45, pour trouver *ki*, perspective du côté KI, on peut chercher l'un des points tel que *k* de cette première droite, puis, sur NP, le point où vont converger toutes les perspectives des parallèles à KI.

Il importe de se rendre extrêmement familière la construction qui sert à trouver le point de fuite, surtout quand il est question d'horizontales, parce que cette recherche se rencontre à chaque instant.

Il arrive souvent que les constructions propres à déterminer le point de fuite sont tellement étendues, qu'elles ne peuvent être renfermées dans la feuille du dessin, et que ce point se trouve très-éloigné du cadre : alors voici comment on doit opérer. Supposons qu'après avoir mené la verticale ONL (fig. 47), ainsi que le veut notre opération graphique, on ne puisse pas, sans sortir de la feuille, prendre sur cette ligne, à partir de L, une longueur égale à la distance de l'œil au tableau, parce que l'œil en est trop écarté ; on ne portera de L en O que la moitié de cette distance ; puis tirant, à l'ordinaire, OQ parallèle à la projection horizontale donnée AB, on prendra MN égale à LQ ; M ne sera pas le point de fuite, mais ce sera un point M', tel que MN soit la moitié de M'N. Nous admettons ici qu'on ne puisse doubler MN sans sortir du cadre, en sorte qu'il faut trouver le moyen de diriger des droites vers ce point M' sans le connaître. Supposons que le point *a* soit sur l'une de ces perspectives qui doit tendre vers M' ; tirez *a*N, prenez le milieu *i* de cette longueur, menez *i*M, et enfin *ab* parallèle à *i*M ; *ab* sera la perspective cherchée, et se dirige nécessairement au point inconnu M'.

On pourra prendre OL le $\frac{1}{3}$ de NP, mais alors NM serait e tiers de NM', et il faudra que *i*N soit le tiers de *a*N : et si OL est le quart de NP, NM est aussi le quart de NM', et *i*N doit être le quart de *a*N, etc.

XIV. *Trouver la perspective d'un cône ou d'un cylindre.* On cherche celle de la base, par le problème VII, on a une ellipse ; puis celle du sommet s'il s'agit d'un cône, ou du bout de l'axe, dans le cas du cylindre : le reste est facile à tracer ; on a des fig. telles que 12 à 15 dans le quatrième tableau. Nous devons avertir que les perspectives de ces premières planches ne sont pas rigoureusement exactes, ou plutôt qu'elles supposent l'œil à une très-grande distance du tableau : c'est pour cela que le cube, par exemple, a pour bases supérieure et inférieure des parallélogrammes (fig. 18 du tableau de la 2e. classe) au lieu d'avoir des lignes fuyantes comme dans la fig. 43 de la pl. XII.

Les principes que nous venons d'exposer, suffisent pour obtenir toute espèce de perspective. On efface après coup les lignes de construction et les projections horizontales, pour ne laisser subsister sur la feuille que la perspective obtenue dans l'épure. Il faut alors supposer que l'œil, au lieu d'être situé derrière le tableau, comme on l'avait d'abord dit, afin de laisser en avant les projections horizontales, est au contraire situé au devant du tableau et l'objet derrière. Pour que l'œil puisse juger exactement de la forme d'un corps d'après sa perspective, il faut qu'il soit placé au point même où il a été supposé en faisant l'épure; ainsi l'œil doit être en avant de la feuille sur l'horizontale menée perpendiculairement au tableau, par le point de vue, et à une distance de ce point égale à celle PN du point de distance. Alors l'illusion produite par le dessin est complète, surtout s'il est ombré et colorié.

Quant à la place qu'il faut attribuer, en faisant l'épure, soit au tableau, soit à l'œil, cela est tout-à-fait arbitraire. Cependant il faut remarquer qu'on ne voit nettement ensemble, que les objets compris dans l'ouverture d'un angle qui ne dépasse pas 60 degrés : cette première condition détermine une limite du rapprochement des objets qu'on veut représenter. D'un autre côté, lorsqu'on est trop éloigné des détails, on ne peut plus les apprécier distinctement; ce qui donne une autre limite en sens contraire, d'après la multitude et la délicatesse de ces détails.

Ce n'est pas tout encore. Si le dessin est vu du point où l'œil a été supposé en le construisant, l'effet qu'on attend de la perspective sera produit : mais il pourra arriver que les lieux voisins de cette place fixée pour l'œil jouissent aussi de la même propriété; et c'est même ce qu'on s'efforce toujours d'obtenir, parce que les tableaux sont rarement vus du point précis où le dessinateur a supposé son spectateur placé; il doit donc éviter que son travail ne paraisse difforme, quand on le voit de divers lieux voisins du premier. Car il se peut qu'une perspective tracée selon les vrais principes, paraisse défectueuse, parce qu'on ne la regarde pas du point juste où l'artiste l'a supposé vue.

En éloignant le point de distance, les constructions n'exigent plus une aussi grande précision, parce que les points obtenus se trouvent fort peu différens de ce qu'ils devraient être pour les lieux voisins. Cela revient à déplacer l'œil sans que pour cela la perspective soit altérée. Voilà donc une raison très-forte pour ne pas placer l'œil trop près du tableau. Les édifices représentés sur nos théatres, et les jeux de décorations, sont des perspectives qu'on suppose vues d'un lieu situé au milieu du parterre; et cependant l'illusion est la même pour un grand nombre de spectateurs, parce que l'artiste a eu soin d'éloigner le point de vue, pour que l'effet optique fût presque indépendant de la place de ce point. Il est vrai qu'en éloignant ainsi la distance, le point P se trouve situé d'une manière qui n'est pas commode pour le tracé géométrique, parce qu'il se trouve hors du cadre, comme dans la fig. 47. Mais cet inconvénient est de nulle conséquence, puisqu'on a des moyens graphiques d'y remédier.

Les fig. 48, 49 et 50 qui représentent les perspectives d'une table sur ses quatre pieds, d'un tiroir rempli de cases carrées, et d'une allée de paysage, n'exigent aucune explication pour être comprises.

Instructions pour le maître.

Après avoir lu, compris et mis en pratique les principes qu'on vient d'exposer, l'instituteur les expliquera à son élève. Ici l'enseignement est nécessairement direct; c'est une chose inévitable. Il devra donc communiquer les règles précédentes successivement, en les faisant exécuter sous ses yeux, et s'assurant qu'elles sont bien comprises. Il proposera tour à tour les divers problèmes et les fera résoudre.

Pour varier les sujets, il aura soin de proposer plusieurs fois les mêmes questions, en changeant la position du point de vue, du point de distance, ou de la projection, ce qui ne changera que la forme de la perspective sans altérer la nature des constructions. Les figures devront être dessinées par l'élève sur le tableau noir, et ensuite sur le papier : dans ce dernier cas seulement, il fera l'épure en se servant de la règle et du compas, et y mettra tout le soin dont il est capable.

Cela fait, lorsque l'élève possédera parfaitement les principes, et même qu'il aura dessiné les perspectives des trois dernières figures de la planche XII, on lui fera résoudre les problèmes dont les solutions sont données dans le Xe. tableau. On y a supprimé toutes les lignes de construction, excepté les points de vue et de distance; mais dans l'exécution il faudra nécessairement les rétablir. Ainsi on commencera par tracer les projections horizontales des objets, et cette partie est abandonnée à la sagacité du maître qui pourra aisément les retrouver. La nécessité de ne pas multiplier inutilement les planches et les dépenses, nous a forcés à cette suppression. Ensuite il mettra chaque point de la projection en perspective, puis chaque verticale, etc., le tout conformément aux principes établis précédemment.

Les fig. 1, 2, 3 et 4 du dixième tableau, représentent des carrelages d'appartement, vus de face ou de côté, et de forme carrée ou hexagone : les constructions de ces figures rentrent dans ce qui a été exposé p. 140, pour expliquer les fig. 37, 38, 39 et 40 de la pl. XII; il n'est donc pas nécessaire d'entrer dans de nouveaux détails à ce sujet.

La fig. 5 représente une galerie dont les murailles en pierre et le plancher en dalles carrées, sont vus de face. On y retrouve l'application très-simple de lignes horizontales qui vont concourir au point de fuite placé à l'intersection des deux diagonales du mur de fond. V. p. 144.

La fig. 6 représente une galerie voûtée, vue de face ; on y retrouve aussi l'emploi des mêmes principes.

La fig. 7 est la perspective d'une suite de pièces de charpente équarries placées les unes debout, les autres horizontalement, de manière à former des travées successives. La plupart des ateliers de manufactures, des magasins, etc., sont construits de la sorte. Cette figure n'embarrassera nullement après celles qui précèdent, non plus que la fig. 8, qui est formée d'une suite d'arcades vues de côté.

Les fig. 9 et 10 représentent des entrées voûtées et des portiques vus obliquement. On y a laissé subsister, au ponctué, quelques lignes de constructions qui suffiront pour faire trouver les autres, d'après les préceptes donnés dans les généralités.

Les fig. 11 et 12 représentent deux perrons vus de côté.

La fig. 13 est la perspective d'un entablement de pilastre.

La fig. 14 offre la vue d'une terrasse, du mur qui soutient les terres et des grilles qui l'enferment, des gazons et pavés dont on l'a embellie, etc. Cette jolie figure est une de celles dont le tracé est le plus facile.

La fig. 15 est une perspective du *Casino Colonne* à Rome, qu'on regarde comme étant d'une belle architecture.

La fig. 16 représente un *fronton* vu de côté.

La fig. 17 une galerie souterraine en *ogive*, éclairée par une lampe suspendue à la voûte.

La fig. 18 est un piédouche. Quoique le dessin linéaire n'ait pas pour objet la distribution des ombres ni des couleurs sur les corps, nous avons cru devoir ombrer cette figure pour en mieux montrer la forme.

La plupart des figures de ce dixième tableau sont extraites de deux ouvrages recommandables sur la perspective, l'un de M. Cloquet, l'autre de M. Choquet : les personnes qui désireraient étudier avec plus de soin cette science pourront consulter avec fruit ces ouvrages.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES

SUR L'ENSEIGNEMENT

DES SECTIONS TROISIÈME, QUATRIÈME ET CINQUIÈME.

Ces trois sections seront enseignées, comme nous l'avons dit, aux élèves les plus habiles, qui seront nécessairement en petit nombre; et le maître leur exposera successivement tous les préceptes nécessaires à l'intelligence des méthodes, ainsi qu'il a été expliqué. Mais l'expérience prouve qu'il y a des esprits très-difficiles à soumettre à la combinaison des principes de géométrie qu'on a exposés, et même que ce sont souvent les élèves les plus adroits au dessin qui se montrent les moins aptes à profiter de ce genre d'instruction. On sait, par exemple, que de fort habiles peintres, et même des hommes d'un génie remarquable, ne consentent qu'avec une extrême répugnance à se servir de traits rectilignes marqués sur leur tableau; et que des opérations de géométrie, que des architectes trouveraient très-faciles, sont pour eux d'une difficulté insurmontable. Il est vrai que le plus souvent cette circonstance est l'effet d'un défaut d'instruction primitive, et d'un manque d'exercice de ce genre de considérations : cependant il n'est pas très-rare de voir des esprits, judicieux d'ailleurs, inhabiles aux conceptions géométriques, qui n'en ont pas moins pour cela beaucoup de goût pour les beaux-arts. On s'excuse à soi-même cette paresse d'esprit ou ce défaut naturel, en prétendant que les règles refroidissent le génie, que les muses ne peuvent souffrir l'esclavage, et autres maximes aussi peu fondées. Les exemples ne manquent pas pour prouver que ces assertions sont fausses, et qu'au contraire les règles dirigent utilement l'artiste en l'empêchant de se livrer à la fougue d'une imagination trop vive.

Quoi qu'il en soit, comme pour apprendre le dessin linéaire il n'est pas question d'avoir du génie, mais seulement de la réflexion et de l'exercice, nous pensons qu'il y aura bien peu d'élèves inhabiles à concevoir et à pratiquer le petit nombre de principes que nous avons donnés. Cependant il convient d'examiner la conduite à tenir lorsque cela arrivera : d'ailleurs la légèreté d'esprit des enfans ne se laisse guère fixer par des abstractions de géométrie. Il faut donc prévoir le cas où les préceptes ne seraient pas compris par plusieurs élèves. Le maître ne doit alors s'en inquiéter nullement ; il continuera ses expositions à sa classe, comme s'il était entendu de tous, et en tirera comme conséquence les constructions dont nous avons parlé. Or, ce sont ces constructions seules qu'il importe que l'élève exécute ; en les voyant mettre en pratique très-fréquemment, il contractera malgré lui l'habitude de les faire et le but sera atteint. Il ne faudra qu'un peu plus de temps et de patience.

Nous voilà donc ramenés à ce fait que nous avions indiqué au commencement de cet ouvrage, p. 73, qu'*il est possible d'enseigner l'art du dessin, et même du dessin géométrique, sans donner de préceptes spéciaux et par la seule force de l'imitation et de l'habitude.* Cette vérité qu'on n'avait d'abord pu faire bien sentir que dans les deux premières sections, se trouve parfaitement applicable aux suivantes. Cependant nous insisterons pour que ce ne soit pas un motif qui dispense le maître d'indiquer ces préceptes, et qui favorise le penchant qu'il pourrait avoir de diminuer la fatigue de son travail. Parmi ses disciples, il y en aura toujours quelques-uns qui seront aptes à le comprendre, et qui l'aideront à faire concevoir ces principes aux autres, ce qui hâtera singulièrement les succès.

SIXIÈME SECTION.

PROBLÈMES

OÙ LES CALCULS SONT APPLIQUÉS A LA GÉOMÉTRIE.

Le dessin linéaire est d'une utilité première pour les classes inférieures de la société; pour me servir d'une expression heureuse de M. d'Allonville, préfet du Puy-de-Dôme; *il est l'achèvement des sens du pauvre*. Dans les écoles qui sont essentiellement dirigées vers l'instruction élémentaire, dès que le calcul et la connaissance des figures de géométrie en sont devenus parties nécessaires, il convient que ces connaissances ne soient pas stériles pour ceux qui les ont acquises. Il est facile de réunir ensemble deux branches d'enseignement si importantes, et qui ont tant d'analogie. Les artisans doivent être mis en état de mesurer eux-mêmes l'étendue des résultats de leur travail, sous quelque forme qu'ils l'aient exécuté; de faire eux-mêmes leurs devis; de composer leurs mémoires; de calculer les prix et la quantité de matériaux nécessaires aux entreprises; en un mot, de faire toutes les évaluations qui se rapportent à l'art qu'ils exercent.

Nous allons, d'après ces considérations, réunir en un corps de doctrine les connaissances simples de la géométrie et du calcul : nous exposerons la série des règles et des problèmes les plus fréquens, et nous y adjoindrons des exemples numériques pour faire concevoir l'application de ces principes. Les maîtres copieront ces règles, pour les faire ensuite copier et apprendre aux élèves les plus exercés au calcul; ce sera pour ceux-ci un exercice utile qu'on leur fera faire en classe d'arithmétique, et cette sorte de travail non-seulement occupera agréable-ment les enfans, mais ôtera l'aridité naturelle aux calculs dont on ne voit pas le but, en en présentant un qui est manifestement utile.

Ces règles, qu'on fera copier par les enfans, sous la dictée, sont imprimées en caractères italiques et sous la forme la plus concise : mais à chacune, un exemple numérique en montre aussitôt l'application. Ce sera au maître à faire exécuter ces exemples, et à les varier beaucoup en prenant pour élémens différens nombres à sa volonté. Ces petits problèmes seront écrits à la main, par l'instituteur, dans les termes mêmes où ils sont énoncés ici; mais on ne doit espérer que les élèves les comprendront et sauront en tirer parti pour leur usage, qu'autant que chaque question leur aura été présentée un grand nombre de fois, dans les mêmes termes, seulement en changeant les valeurs numériques qui y sont comprises. C'est au maître à prendre le soin de varier beaucoup ces quantités; il devra donc substituer d'autres nombres à ceux qui ont servi d'exemples dans le livre : le choix de ces nouvelles quantités est absolument arbitraire, et les premiers nombres venus sont aussi bons que d'autres, pourvu qu'ils n'expriment pas des dimensions beaucoup trop grandes ou trop petites. Par exemple, il serait ridicule de donner à une muraille mille mètres de hauteur; à une porte, un décimètre de largeur, etc.

Il est à regretter que l'enseignement de l'arithmétique soit si borné dans les écoles; s'il eût été plus étendu, il est une foule de questions curieuses et utiles que j'aurais pu comprendre ici; telles sont les lignes proportionnelles, les racines carrées, etc. Mais, comme ce n'est pas ici le lieu de réformer cette partie de l'instruction élémentaire, j'ai dû me borner aux seuls problèmes qu'on puisse résoudre par l'usage des quatre règles, ce qui a beaucoup restreint l'utilité de cette partie de mon travail. Tel qu'il est, j'espère qu'il remplira cependant l'objet que je me suis proposé ; je n'ai parlé de ce défaut, que pour qu'on ne s'en fasse pas un droit de me le reprocher, et pour inviter les hommes qui s'occupent de l'enseignement du calcul, à donner plus d'étendue à l'instruction ordinaire.

Avant d'aller plus loin, rappelons succinctement les noms des mesures, la manière dont on exprime leurs subdivisions en chiffres, et la marche des calculs.

Il y a cinq sortes de mesures : l'unité de longueur est le *mètre;* celle de surface est l'*are*, carré dont le côté a dix mètres ; l'unité de volume est le *stère* ou mètre cube ; celle de capacité est le *litre*, ou le cube qui a un décimètre de côté ; enfin, l'unité de poids est le *gramme.*

Pour dénommer les multiples de ces unités, on place avant ces divers noms les additifs : MYRIA, *dix mille;* KILO, *mille;* HECTO, *cent;* DÉCA, *dix*. Ainsi un kilogramme vaut mille grammes ; un hectolitre vaut cent litres, etc.

Quant aux subdivisions, on les désigne par MILLI, *mille;* CENTI, *cent,* DÉCI, *dix*. Un centimètre, par exemple, est la centième partie du mètre ; le décimètre est le dixième du mètre ; le décilitre, le dixième du litre, etc.

Ce petit nombre de mots suffit pour dénommer toutes les mesures ; elles se subdivisent, comme on voit, de dix en dix : le myriagramme vaut dix kilogrammes ; le kilogramme, dix hectogrammes ; l'hectogramme, dix décagrammes, etc.

Pour écrire les nombres, on place une virgule à la droite du chiffre des unités entières, qu'on a choisies pour mesure : cette virgule sépare les fractions vers la droite ; par exemple, pour 43 mètres, partie entière, et 576 millimètres, on écrit 43,576 mètres, ou 43^{m}, 576 ; la fraction décimale 0,576 est équivalente à 5 décimètres, 7 centimètres et 6 millimètres. Supposons qu'on ait écrit 43,576 kilomètres, ou 43km, 576, on veut exprimer 43 kilomètres entiers, et 576 millièmes de kilomètre, savoir 5 hectomètres, 7 décamètres, 6 mètres. Comme cette dernière façon d'énoncer les nombres, en appelant chaque chiffre à part, est laborieuse, on préfère toujours la précédente. Ainsi on ne fera que deux parts dans les nombres; l'une contenant la partie entière ou qui est à gauche de la virgule, l'autre qui la suit et est fractionnaire; puis on dénommera chaque partie séparément. Les quantités 13,25 mètres, 42,54 hectolitres, 123,425 mètres, 8,75 francs, sont lus comme il suit : treize mètres vingt-cinq centimètres; 42 hectolitres 54 litres; 123 mètres 425 millimètres, 8 francs 75 centimes.

La place que la virgule occupe est d'une grande importance. Si j'ai 15,34 mètres, ou 15 mètres et 34 centièmes (34 centimètres), je pourrai, à ma volonté, écrire 153,4 décimètres, 153 décimètres et 4 centimètres, ou 1534 centimètres. En déplaçant ainsi la virgule, on rend le nombre dix fois ou cent fois plus grand; mais l'unité qui est employée étant dix ou cent fois moindre, le langage et l'écriture ont changé, sans que la grandeur ait subi d'altération.

De même 543,27 litres équivalent à 5,4327 hectolitres, ou 54,327 décalitres, etc.

Le maître doit être exercé à reconnaître un nombre sous ces divers énoncés : mais il n'est pas nécessaire qu'il explique ces modifications aux élèves; ceux-ci les apprennent par l'usage. Les disciples les plus intelligens sont seuls capables de recevoir ces explications, que l'exercice rend d'ailleurs ordinairement inutiles.

Dans les additions et les soustractions, les parties de même espèce doivent être rangées dans une même colonne; le calcul se fait à l'ordinaire, comme s'il n'y avait pas de *fractions décimales* : cette virgule se place ensuite dans le résultat au même rang et dans la colonne des virgules. Les exemples suivans montrent l'usage de cette règle.

Additions.		*Soustractions.*	
432,1784	4,5	324,15	30,4
17,231	17,29	187,3	19,28
9,4	104,021	136,85	11,12
83,512	0,7		
7,0	126,511		
549,3214			

Pour mieux reconnaître le rang de chaque chiffre, il est utile de mettre des zéros aux places vacantes, afin que les nombres aient tous autant de chiffres après la virgule. Ces zéros ajoutés ne produisent rien dans l'addition, et donnent seulement de la facilité pour la faire : et il est bien évident qu'ils ne changent rien à la grandeur des nombres ; car, par exemple, 4 décimètres étant la même chose que 40 centimètres, on peut remplacer 30,4 mètres par 30,40 ; ce dernier nombre peut donc tenir lieu de l'autre dans la quatrième règle. C'est au reste ce qu'on a déjà fait observer précédemment.

Quant à la multiplication, elle se fait aussi comme s'il n'y avait pas de virgule, mais on la place, dans le résultat, de manière à séparer à droite autant de chiffres qu'il y avait de décimales, tant au multiplicande qu'au multiplicateur. Pour multiplier 4,37 par 2,3, je fais comme si j'avais 437 et 23, ce qui donne le produit 10051 : je compte deux décimales à l'un des nombres proposés, une à l'autre, en tout 3 ; je sépare donc trois chiffres au résulat : le produit demandé est 10,051.

4,37	54,231	183,2
2,3	17	0,24
1311	379617	7328
874	54231	3664
10,051	921,927	43,968

Pour la division, ajoutez des zéros à la droite de celui des deux nombres proposés qui a le moins de décimales, afin que le dividende et le diviseur se trouvent en avoir un égal nombre : supprimez la virgule, et divisez à l'ordinaire. Une fois les entiers du quotient obtenus, placez la virgule, et il restera à trouver les fractions décimales : mettez un zéro à la droite du reste, et divisez de nouveau, vous aurez le premier chiffre après la virgule : mettez encore un zéro au reste suivant, et divisez, vous aurez le 2e. chiffre décimal, etc. En un mot, *on agit comme si l'on descendait du dividende un zéro près de chaque reste.* Pour diviser 10,051 par 4,37, j'écris 4,370, et je divise 10051 par 4370, comme on le voit ci-après :

10051	4370	154,3	21,2
8740	2,3	1484	7,27
13110		590	
13110		424	
Reste 0		1660	
		1484	
		176 etc.	

Quand on a obtenu au quotient deux ou trois chiffres décimaux, on s'arrête le plus souvent ; il serait inutile de pousser le calcul plus loin, attendu que les parties seraient trop petites pour que leur valeur pût avoir quelque importance : c'est ce qu'on voit dans le second exemple.

Passons maintenant aux applications de ces principes.

1. SUR LES LIGNES.

PROBLÈME. *Trouver un côté de triangle rectangle, connaissant les deux autres côtés ?*

Multipliez par lui-même le nombre qui exprime chacun des côtés connus ; ajoutez les deux produits, si vous voulez avoir le grand côté du triangle ; retran-

chez, si vous voulez un des petits côtés. Cela fait, vous aurez le même résultat que si vous eussiez multiplié par lui-même le côté inconnu; ainsi il faut chercher un nombre qui, multiplié par lui-même, donne la somme obtenue dans le premier cas, la différence dans le second.

1er. *Exemple.* Les petits côtés d'un triangle rectangle sont, l'un de 3 mètres, l'autre de 4; trouver le grand côté?

3 fois 3 font 9	Comme 5 fois 5 font 25,
4 fois 4 font 16	le grand côté a 5 mètres.
J'ajoute. . 25	

L'opération d'arithmétique par laquelle on trouve un nombre qui, multiplié par lui-même, donne un produit connu, s'appelle prendre *la racine carrée* de ce produit. On a un procédé assuré pour trouver cette racine. Si les élèves le connaissent, ce qui arrivera rarement, on le leur fera pratiquer : autrement ils se borneront à essayer successivement divers nombres et à voir si, multiplié par soi-même, chacun en particulier ne se trouve pas trop grand ou trop petit pour reproduire le nombre donné. Ces tâtonnemens auront du moins l'avantage d'exercer les enfans à faire des multiplications.

2^e. *Exemple.* Dans un rectangle, on a trouvé la base de 8^m, 54 : la hauteur est inconnue; mais on a mesuré la diagonale, et on l'a trouvée de 15^m, 32; on demande la hauteur? c'est-à-dire, qu'on cherche un petit côté d'un triangle rectangle.

8,54	15,32		234,7024
8,54	15,32	Je retranche.	72,9316
3416	3064		161,7708
4270	4596		
6832	7660		
72,9316	1532		
	234,7024		

Il reste à trouver un nombre qui, multiplié par lui-même, donne 161,771, en s'en tenant aux millimètres. Quelques essais feront trouver à très-peu près 12,719, ainsi qu'on peut s'en convaincre en multipliant ce nombre par lui-même. La hauteur est 12^{m}, 719.

3^{e}. *Exemple.* Trouver la hauteur d'un triangle isocèle, dont la base est de 52 centimètres, et les côtés égaux de 87 ? La perpendiculaire menée du sommet coupe la base par moitié; cette moitié est un petit côté de triangle rectangle.

Demi-base 26	Grand côté 87		7569
26	87	Je retranche.	676
156	609		6893
52	696		
676	7569		

Quelques essais font connaître que la hauteur demandée est de 83 centimètres, à très-peu près; car 83 fois 83 font 6889.

PROBLÈME. *Trouver la circonférence d'un cercle développée en ligne droite ?*

Multipliez son diamètre par 3, *et ajoutez le septième; le produit sera la circonférence à fort peu près.* (*)

Exemple. Le diamètre d'un cercle est de 4^{m}, 523.

	4,523
	$3\frac{1}{7}$
Je multiplie par 3.	13,569
Je prends le septième de 4,523.	646
	14,215

(*) Quand les calculs doivent être précis, ce n'est pas par 3 et $\frac{1}{7}$ qu'il faut multiplier le diamètre, mais par 3,1416, ou même plus exactement encore, par 3,14159, encore le résultat n'est-il pas ri-

La circonférence a 14 mètres et 215 millimètres de développement.

Exemple. La largeur d'un basin est de 5 mètres et 5 décimètres, quel est le contour ? 3 fois 5,5 font 16,5 ; le 7e. de 5,5 est 0,786 ; le contour est donc de 17m,286.

PROBLÈME. *Trouver le rayon, connaissant la circonférence.*

Multipliez la circonférence par 0,159, *vous aurez le rayon.*

Exemple Pour trouver l'épaisseur d'une colonne, on a mesuré son contour à l'aide d'un fil ; on l'a trouvé de 2m, 542. Le calcul donne 0m, 404, ou 404 millim. de rayon.

On sépare 6 chiffres à droite, parce qu'il y en a 3 dans chaque nombre donné : le double est 808 millimètres, diamètre de la colonne.

	2,542
Je multiplie par	0,159
	22878
	12710
	2542
Rayon.	0,404178

II. DES SURFACES.

PROBLÈME. *Trouver la surface d'un parallélogramme.*

La surface d'un parallélogramme, ou d'un rectangle, s'obtient en multipliant la base par la hauteur : celle d'un carré, en multipliant le côté par lui-même.

La base et la hauteur doivent être exprimées en mesures de la même espèce ; par exemple, en mètres ou décimètres. Lorsqu'on veut évaluer une surface, on cherche combien de fois elle contient un carré dont le côté a pour lon-

goureusement juste : mais l'approximation est plus que suffisante pour les besoins des arts, et l'on se contente le plus souvent du multiplicateur 3 et $\frac{1}{7}$. De même dans le problème suivant, au lieu de 0,159, on pourra prendre le nombre plus approché 0,15916.

gueur celle d'une unité convenue, telle qu'un mètre, ou bien un décimètre, ou etc. La multiplication qu'on a faite indique combien la surface contient de ces carrés; par exemple, si l'unité de ligne est le décimètre, le résultat du calcul indique combien la surface contient de *décimètres carrés.*

Il faut aussi savoir que le mètre carré contient 100 décimètres carrés; et que chacun de ces décimètres contient 100 centimètres carrés : d'après cela, si l'unité linéaire est le mètre, le résultat de la multiplication indique combien la surface contient de mètres carrés; en reculant la virgule de *deux rangs* vers la droite, on a le nombre de décimètres carrés, et encore de deux rangs à droite, le nombre de centimètres carrés contenus dans la surface du parallélogramme proposé. Cela vient de ce que le déplacement de la virgule revient à multiplier le nombre par 100 dans un cas, par 1000 dans l'autre.

1er. *Exemple.* Un rectangle a $2^{m},24$ de base, et $4^{m},31$ de hauteur, quelle est la surface? On multiplie ces deux nombres et on sépare 4 chiffres au produit, parce qu'il y en a deux dans chaque nombre donné. La surface contient donc 9 mètres carrés, et les 65 centièmes d'un de ces carrés, c'est-à-dire, 65 décimètres carrés, et encore 44 centièmes de ceux-ci, ou 44 centimètres carrés.

$$\begin{array}{r} 2,24 \\ 4,31 \\ \hline 224 \\ 672 \\ 896 \\ \hline 9,6544 \end{array}$$

2^{e}. *Exemple.* Un canal a 154,6 mètres de long, sur 75,3 mètres de large; on demande combien sa surface contient d'ares.

On trouve 11641 mètres carrés et 38 centièmes : mais l'are étant un carré de 10 mètres de côté, contient 100 mètres carrés; donc pour exprimer le produit en ares, il faut reculer la virgule de deux rangs à gauche, savoir

$$\begin{array}{r} 154,6 \\ 75,3 \\ \hline 4638 \\ 7730 \\ 10822 \\ \hline 11641,38 \end{array}$$

116,4138 : ainsi le canal a 116 ares et 41 centièmes d'ares (en négligant les 38 dix millièmes), ou, si on veut, 1 hectare 16 ares 41 centiares, puisque l'hectare vaut 100 ares.

3e. *Exemple.* Un parc a la forme rectangulaire, de 2023 mètres de long, sur 1145 de large; on demande quelle en est l'étendue? Le produit de la multiplication de ces deux nombres est de 2316335 mètres carrés, ou 23163 ares et 35 centiares, ou enfin 231 hectares 63 ares et 35 centiares.

PROBLÈME. *La surface d'un prisme droit, sans y comprendre les deux bases, se trouve en multipliant la hauteur par le contour de la base.* Cela suit de ce que toutes les faces latérales du corps sont des rectangles, ce qui les fait rentrer dans la règle qui précède.

1er. *Exemple.* On veut crépir les murs extérieurs du parc dont on vient de parler; ces murs ont 2,3 mètres de hauteur; combien présentent-ils de mètres superficiels? Le parc forme un parallélipipède de 2023 mètres de long, sur 1145 de large, et 2,3 mètres de haut. Je double les deux premiers nombres, et j'ajoute, pour avoir la longueur développée du mur; je trouve 6336 mètres de contour : multipliant par 2,3, j'ai enfin 14572,8 mètres carrés (*).

2e. *Exemple.* On veut tendre une étoffe sur les murs d'une chambre dont le contour est de 24m, 7 ; la hauteur de la surface à recouvrir, est 3m, 1 ; l'étoffe a 1m, 5 de lar-

---

(*) Lorsqu'il arrive qu'un mur est élevé sur un terrain en pente, sa surface est encore le produit de sa longueur par sa hauteur; mais cette hauteur se prend selon la perpendiculaire à la pente, et non plus verticalement. Le prix du crépis varie avec les localités et la nature des matériaux; il est bien facile de savoir ce que coûte un semblable travail, en multipliant l'étendue superficielle, exprimée en mètres carrés, par le prix convenu pour crépir la surface d'un de ces mètres.

geur, on demande combien il en faut de longueur ? J'évalue d'abord l'étendue superficielle qu'on veut couvrir, en multipliant la base $24^m,7$ par la hauteur $3^m,1$; je trouve 76,57 mètres carrés. Il faut que mon étoffe ait une longueur qui, multipliée par $1^m,5$, donne ce même résultat : je divise donc 76,57 par 1,5 (voy. p. 158) et je trouve 51,04, c'est-à-dire, qu'il faut un peu plus de 51 mètres de long pour tendre l'appartement avec l'étoffe dont il s'agit. Voici le détail des calculs :

$$\begin{array}{r} 24,7\\ \times\ 3,1\\ \hline 247\\ 741\ \ \\ \hline 76,57 \end{array} \qquad\qquad \begin{array}{r|l} 7657 & 150\\ \cline{2-2} 157 & 51,04\\ 700 & \\ 100 & \end{array}$$

Si l'on voulait couvrir les murs avec du papier de tenture, il suffirait de savoir que ce qu'on nomme un *rouleau* ordinaire (24 feuilles assemblées et formant 8 mètres de long sur un demi-mètre de large), suffit pour couvrir 4 mètres carrés environ. Il faudrait donc 19 rouleaux pour couvrir les murs de la chambre ci-dessus, sans compter la bordure.

Si le prisme est oblique, sa surface s'évalue en prenant celle de tous les parallélogrammes qui la forment.

PROBLÈME. *Trouver la surface d'un triangle.*

4 *Multipliez la base par la hauteur, et prenez la moitié.* (On peut aussi prendre la moitié de la base, ou celle de la hauteur, avant de faire la multiplication.)

On voit qu'un triangle est toujours la moitié d'un parallélogramme qui a même base et même hauteur.

1er. *Exemple.* On demande l'étendue d'un champ triangulaire, dont un côté, pris pour base, a 154 mètres de long et dont la perpendiculaire menée sur ce côté du sommet de l'angle opposé, est de 83 mètres Je multiplie 77, moitié de 154, par 83, et j'ai pour la surface demandée, 6391 mètres carrés, ou 63 ares 91 centiares.

La surface d'un polygone, celle d'une pyramide, s'estiment en décomposant, par des diagonales, la figure en triangles (comme dans la fig. 9, page 43), *et prenant séparément les surfaces des triangles composans.*

2^e. *Exemple.* Une cour irrégulière a la forme d'un quadrilatère : pour en trouver la surface, je mesure une des diagonales, que je trouve de $129^m,7$: des angles opposés à cette ligne, j'abaisse des perpendiculaires sur sa direction ; je trouve l'une de $52^m,5$, l'autre de $41^m,8$. Je considère la cour comme formée de deux triangles, dont il faut évaluer séparément les surfaces.

Premier triangle	129,7	Deuxième triangle.	129,7
Sur.	52,5	Sur.	41,8

Il faudrait faire deux multiplications ; mais j'ai plus promptement opéré en ajoutant les deux hauteurs 52,5 et 41,8 ; ce qui donne 94,3, dont la moitié 47,15 doit être multipliée par 129,7, et se trouve 6115,355 mètres carrés, ou 61 ares 15 centiares.

Si le polygone dont on veut trouver la surface est régulier, on mène du centre des lignes à deux des angles voisins, et on évalue la surface du triangle ainsi formé : on répète ensuite le résultat autant de fois qu'il y a de côtés. Cela résulte de ce que la surface est formée d'une suite de triangles égaux. Voy. les fig. 20 et 21, p. 57.

3^e. *Exemple.* Un bassin hexagone a pour côté $3^m,34$; sa largeur, du milieu d'un côté au milieu opposé, est de $2^m,88$; l'un des triangles a donc pour hauteur $1^m,44$, et pour surface le produit de 0,72 par 3,34, ou 2,4048 : je répète 6 fois, et j'ai 14,4288 mètres carrés ; c'est-à-dire, 14 mètres carrés, 42 décimètres carrés et 88 centimètres carrés.

PROBLÈME. *Trouver la surface d'un trapèze.*

Prenez la moitié de la somme des deux côtés paral-

lèles, ou (ce qui équivaut), *la parallèle menée à égale distance de ces lignes, et multipliez par la hauteur.*

Exemple. Un toit a la figure d'un trapèze dont les côtés parallèles sont de $44^m,7$, et $33^m,5$; la hauteur de ce trapèze (mesurée sur le toit dans la direction de la pente et perpendiculairement aux deux côtés précédens), est de $9^m,4$; quelle est la surface ?

	44,7	39,1
	33,5	9,4
Somme.	78,2	1564
Moitié.	39,1	3519
		367,54

On trouve 367 mètres carrés, et 54 décimètres carrés.

Si, par exemple, on demande combien de tuiles sont nécessaires pour couvrir ce toit, il suffit de savoir qu'il faut environ 70 tuiles pour chaque mètre carré, lorsqu'elle est de petit moule (22 centimètres sur 11). En répétant 70 fois 367,54, on trouve qu'il faut 25728 tuiles (*). Le grand moule (23 centimètres sur 35) n'exige que 38 tuiles par mètre carré, ou moitié moins. On ne laisse que le tiers de chaque tuile à nu (c'est ce qu'on nomme le *pureau*) ; le reste est recouvert par la tuile de dessus.

PROBLÈME. *Trouver la surface d'un cercle.*

Multipliez le rayon par lui-même, et ensuite le produit par 3 et $\frac{1}{7}$; *vous aurez la surface du cercle.* Voy. la note p. 160.

(*) Nous faisons ici abstraction de ce que l'on est dans l'usage d'ajouter aux dimensions réelles. C'est ainsi qu'on compte 3 décimètres de plus pour chaque partie où se termine un toit ; que les lucarnes se calculent à part, le toit étant d'ailleurs évalué plein, etc. Ce n'est pas ici le lieu d'énumérer ces usages, qui sont très-bien connus des ouvriers : les dimensions de la toiture en sont accrues d'autant, mais la forme du calcul reste la même.

1er. *Exemple.* Un bassin circulaire a 8,3 mètres de rayon ; 8,3 multiplié par 8,3 donne 68,89 ; triplant et ajoutant le septième, il vient 216 mètres carrés et 51 décimètres carrés (environ 216 mètres carrés et demi).

$$\begin{array}{r} 68{,}89 \\ 3\frac{1}{7} \\ \hline 20667 \\ 984 \\ \hline 216{,}51 \end{array}$$

2e. *Exemple.* On a mesuré le contour d'un bassin, et on l'a trouvé de 28m,5 ; on en conclut (page 161), que le rayon est 4m,53 ; multipliant 4m,53 par lui même, je trouve 20,52 qui, répété 3 et $\frac{1}{7}$ fois, donne 64,49, ou 64 mètres carrés et 49 décim. carrés.

PROBLÈME. *Trouver la surface d'un cylindre droit.*

Multipliez le contour de la base par la hauteur. Comme la base est un cercle, connaissant le rayon, on peut aisément en trouver la circonférence (page 160).

Exemple, Un peintre a décoré un salon circulaire ; les murs ont 3,4 mètres de hauteur, le diamètre du salon est de 5,42 mètres ; combien a-t-il peint de mètres carrés ? Multipliant 5,42 par 3 $\frac{1}{7}$ (voyez page 160), j'ai le produit 17,034 pour le contour du salon cylindrique ; je multiplie ce résultat par la hauteur 3,4, et je trouve 57,9156, savoir : 57 mètres carrés, 91 décimètres, et 56 centimètres carrés.

Nous avons fait abstraction des portes et fenêtres, qu'il faudra évaluer à part et retrancher. Les moulures dont les boiseries sont ornées, s'évaluent par *développement* ; un double décimètre en parchemin se courbe suivant les contours variés qu'elles affectent, et on obtient en résultat la dimension réelle de l'ouvrage exécuté.

On a coutume d'évaluer à 1 kilogramme de substance, la quantité de peinture, quelle qu'en soit la nature, qui, pour chaque couche, peut enduire 8 mètres carrés de muraille, de carreau d'appartement, de boiserie... ; mais cette proportion est un peu forte en général, et varie selon les corps qu'on veut enduire. Il est donc bien aisé de connaître combien il faudra employer de couleur pour peindre une muraille à plusieurs couches et de faire le devis de cette dépense.

III. DES VOLUMES.

PROBLÈME. *Trouver le volume d'un prisme ou d'un cylindre.*

Multipliez la base par la hauteur, vous aurez pour produit le volume du corps proposé.

Nota. Lorsqu'on veut évaluer le volume d'un corps, on cherche combien il renferme de cubes formés sur un côté pris pour unité, tel qu'un mètre, ou un décimètre; le produit de la multiplication indiquée par la règle est le nombre de ces cubes. Il faut toujours exprimer les trois dimensions par la même sorte de mesure, soit mètre, soit décimètre... qui est le côté du cube : de même qu'il fallait, pour les surfaces, évaluer avec la même unité, la longueur et la largeur. Observez qu'un mètre cube contient 1000 décimètres cubes, en sorte que si l'on veut exprimer un nombre de mètres cubes en décimètres cubes, il faut reculer la virgule de *trois rangs* à droite. Pour changer ces derniers en centimètres cubes, il faudrait encore reculer la virgule de trois autres rangs, par la même raison.

1er. *Exemple.* Un mur a $2^m,8$ de hauteur, 6 décimètres d'épaisseur, et $104^m,5$ de longueur : on demande combien il contient de mètres cubes de pierre. Je multiplie ces trois nombres, en écrivant 0^m, 6, au lieu de 6 décimètres, et j'ai :

2^m, 8 multiplié par 0^m, 6, fait 1,68 mètres carrés.

1,68 multiplié par 104^m, 5, fait 175,560 m. cubes.

J'ai donc 175 mètres cubes et 560 décimètres cubes. Du reste, la terre, le sable, le plâtre, qui peuvent entrer dans la construction du mur sont compris dans cette évaluation.

2e. *Exemple.* Une pile de bois, rangée en forme de parallèlépipède, a $22^m,3$ de largeur, $54^m,8$ de hauteur, $37^m,1$ de longueur; combien contient-elle de stères ou mètres cubes. Je multiplie ces trois nombres, et je trouve 45337 mètres cubes, et 684 décim. cubes.

3e. *Exemple.* Une chaudière à peu près cylindrique, a 8,3 décim. de profondeur, et 13 décim. de largeur; on en demande la capacité. Le rayon est 6,5 décimètres; multipliant 6,5 par 6,5, et ensuite par $3\frac{1}{7}$, je trouve pour la surface du cercle de la base 132,786 décimètres carrés (V. p. 166) : multipliant enfin par la profondeur 8,3, je trouve pour la capacité demandée, 1102,124 décimètres cubes, c'est-à-dire (1102 litres) à très-peu près 11 hectolitres.

4e. *Exemple.* La brique en terre cuite a 23 centimètres de long, 11,2 de large, et 3,6 d'épais; le produit de ces trois nombres est 930 cent. cubes environ, volume d'une brique. Le mètre cube contient 1000000 centim. Ainsi, en divisant par 930, on voit que le mètre cube renferme environ 1080 briques. On demande combien il en faut pour construire un mur de 300 mètres de long, $2^m,2$ de hauteur, et 3,6 décimètres d'épaisseur. Multipliant ces trois nombres (le dernier étant $0^m,36$), on trouve que le volume du mur est 237,6 mètres cubes : multipliant par 1080, il vient 256608, nombre des briques. Du reste, le plâtre qui est interposé pour former les joints, diminue cette quotité; ces calculs ne sont qu'approchés.

5e. *Exemple.* Un puits a $6^m,9$ de profondeur, $1^m,2$ de diamètre; on veut donner 4 décim. d'épaisseur au mur, on demande combien il faut de pierre pour cette construction? Je calcule le puits comme s'il devait être bâti plein, ce qui fait un cylindre dont le rayon est 6 décimètres, plus 4, c'est-à-dire 1 mètre : ensuite, j'en retranche la partie vide qui forme un autre cylindre de 6 décimètres de rayon.

1er. *Cylindre* : 1^m multiplié par 1 et par $3\frac{1}{7}$ donne

3,14 mètres carrés, pour cercle de la base, qu'il faudra multiplier par la hauteur 6m,9 . . . . 3,14 m. car.

2e. *Cylindre*: 0m, 6 multiplié par 0,6 et par 3 $\frac{1}{7}$ donne pour cercle de la base, . . . 1,13

Je retranche. . . . . 2,01 m. car.

Il reste à multiplier par 6m,9 (la multiplication pouvant indifféremment se faire avant ou après la soustraction), et je trouve pour produit 13m,869, environ 14 mètres cubes.

PROBLÈME. *Jauger un tonneau?*

Prenez les surfaces du cercle de la base, et deux fois le cercle de la bonde (p. 160); *ajoutez ces deux nombres, et multipliez la somme par le tiers de la longueur du tonneau.* Toutes ces mesures doivent être prises à la partie intérieure; sans cela l'épaisseur du bois serait comprise dans le volume,

Exemple. Un tonneau a 61 centimètres de profondeur à la bonde, 56 à la base, sa longueur est de 93 centim. quelle est sa capacité? Les rayons sont 30,5 et 28.

28 fois 28 multiplié par 3 $\frac{1}{7}$ produit. . . .	2464c. m. car.
30,5 fois 30,5 . . . *id.*	2923,64
	2923,64
Somme, en négligeant les fractions. .	8311 c. m. car.

Je multiplie cette somme par 31, qui est le tiers de la longueur, et j'ai 257641 centimètres cubes. Comme 1000 de ces centimètres font un décimètre cube, ou un litre, la capacité est de 257 litres et 641 centimètres cubes.

PROBLÈME. *Trouver le volume d'une pyramide ou d'un cône.*

Multipliez la base par la hauteur, et prenez le tiers du produit.

Exemple. Un pain de sucre a 2,4 décimètres pour largeur de sa base, et 4,1 décim. de hauteur; quel est le volume ? Le cercle de la base a pour surface (page 160) 1,2 multiplié par 1,2 et par 3 $\frac{1}{7}$; le produit 4,52 décim. car. Ce cercle doit être multiplié par 4,1 , et on trouve 18,532 ; le tiers, ou le volume, est 6 décim. cubes et 177 centim. cubes.

PROBLÈME. *Trouver le volume d'un tronc de cône à bases parallèles.*

1°. *Multipliez par lui-même chacun des rayons des deux bases, et multipliez-les entre eux* ; 2°. *ajoutez ces trois produits* ; 3°. *multipliez la somme par la hauteur, et ajoutez à ce produit le tiers de son* 9ᵉ. (c'est-à-dire son 27ᵉ.)

Exemple. Un seau a 2,9 décim. de largeur en haut, et 2,3 décim. en bas ; la profondeur perpendiculaire au fond est de 3 décim. Quel est le volume contenu ?

1,45 multiplié par 1,45 donne. . .	2,1025
1,15 multiplié par 1,15.	1,3225
1,45 multiplié par 1,15.	1,6675
Somme, en négligeant les dix-millièmes.	5,093 déc. car.
Multipliant par la hauteur 3. . . .	15,279 déc. cub.
Le neuvième de ce nombre est 1,698, dont le tiers est.	0,566
Ajoutant ces deux nombres. . . .	15,845

Ainsi le volume du seau est de 15 décim. cubes et 845 centim. cubes, ou près de 16 litres.

Et, si l'on veut savoir combien il faut de ces seaux pour remplir la chaudière dont on a trouvé (page 169), que le volume est 1102,124 décim. cubes, il faut diviser ce nombre par 15,845 : le quotient 69,55 marque que la chaudière contient à peu près 70 seaux.

IV. SUR LES POIDS ET MESURES.

Nous avons exposé (page 155), le système de nomenclature des poids et mesures, ainsi que leurs sous-divisions décimales: il nous reste à montrer comment on pourra les composer.

Il se peut qu'on ne se soit pas procuré un mètre; il faut être en état de s'en faire un, et voici plusieurs moyens d'y parvenir.

1°. Placez bout à bout, sur une même ligne, 27 pièces de 5 francs, vous aurez précisément la longueur du mètre (8 de ces pièces, ainsi rangées, font à peu près 3 décimètres).

2°. Si l'on peut se procurer l'ancienne mesure connue sous le nom *pied*, on prendra 3 pieds un pouce, et on aura un longueur égale au mètre (à peu près une demitoise; ou, si l'on veut, 11 pouces pour 3 décimètres).

3°. Suspendez une balle de fusil à un fil dont l'extrémité supérieure sera fixée à un clou fiché dans la muraille; écartez légèrement la balle de la situation verticale et laissez-la osciller sans frottement contre le mur. Si, en comptant les oscillations, on en trouve 60 durant une minute, le *pendule* aura, à fort peu près, le mètre pour longueur, en mesurant du point de suspension au centre de la balle. Lorsqu'on compte moins d'oscillations, on doit allonger le fil; on le racourcit quand il y en a plus qu'il ne faut, jusqu'à ce qu'on ait obtenu le nombre prescrit.

4°. Les nouvelles mesures sont liées entre elles, de sorte que la connaissance de l'une, entraîne celle des autres. Ainsi, une fois qu'on a la longueur du mètre, on a vu (p. 66), comment on peut trouver la largeur et la profondeur de l'hectolitre, du boisseau, etc.; réciproquement, si l'on a une de ces mesures, il est bien facile de retrouver le mètre.

Ce sera un exercice très-utile que de calculer les volumes des cylindres qui composent les mesures de capacité, en partant de leurs dimensions données (page 66) et de la règle (p. 168.) En effectuant le calcul d'après ces bases, on trouvera que :

L'hectolitre vaut 100 litres ou décimètres cubes.
Le demi-hectolitre. . 50
Le décalitre. . . . 10
Le boisseau. . . . 12 $\frac{1}{2}$ (C'est le huitième de l'hectolitre.)

Venons-en maintenant aux poids.

Qu'on prenne quatre pièces de 5 francs, le poids sera d'un hectogramme; 100 francs doivent peser juste un demi-kilogramme.

Lorsqu'on a un de ces poids anciens nommé *livre*, comme il équivaut à 4,9 hectogrammes, on a le demi-kilogramme à très-peu près.

PROBLÈME. *Trouver le poids d'un volume donné d'eau.*

Le kilogramme est le poids d'un décimètre cube d'eau bien pure. Qu'on prenne un vase de forme régulière, celle d'un cylindre, par exemple, comme le sont certains verres à boire, seaux, bouteilles, etc. On en mesure la hauteur et la largeur intérieure pour en conclure la capacité par le calcul. On remplit ensuite le vase d'eau en tout ou en partie, et on a le poids du liquide contenu en prenant un kilogramme pour chaque décimètre cube, un gramme pour chaque centim. cube, etc.

1er. *Exemple.* Quel est le poids de l'eau qui remplit le tonneau dont la capacité a été évaluée de 257 litres et 64 centièmes, page 170? la réponse est 257,64 kilogrammes.

2e. *Exemple.* La chaudière qui a été calculée p. 169 devoir contenir 11 hectolitres, contient un poids d'eau égal à 1100 kilogrammes.

3e. *Exemple.* Quel est le poids dont est chargé un homme qui porte deux seaux d'eau de la dimension donnée p. 171 ? Chaque seau contenant 16 litres, cet homme porte donc 32 kilogrammes sans compter le poids des seaux.

4e. *Exemple.* Un verre cylindrique a 7,32 centimètres de largeur, jusqu'à quelle hauteur doit-on l'emplir d'eau pure, pour avoir le poids d'un quart de kilogramme, c'est-à-dire, un quart de décimètre cube, ou 250 centimètres cubes. Le cercle de la base s'obtient en multipliant le rayon 3,66 par 3,66 centimètres et par $3\frac{1}{7}$; on trouve 42 centimètres carrés. La hauteur d'eau multipliée par 42 doit donner 250 centimètres cubes; divisant 250 par 42, le quotient 5,95 montre qu'il faut mettre à très-peu près la hauteur de 6 centimètres d'eau dans le verre, pour obtenir un poids d'un quart de kilogramme ou 2 hectogrammes et demi.

PROBLÈME. *Trouver le poids d'un volume donné de fer, de cuivre, de sable,...*

Calculez le poids d'un égal volume d'eau, et multipliez ce poids par le nombre indiqué dans la table suivante, auprès de la substance dont il s'agit.

Argent.	10,70	Grès. . .	2,42	Craie. . .	2,25	Chêne. . .	1,07
Plomb. .	11,35	Marbre.	2,72	Sucre. . .	1,61	Orme. . .	0,67
Cuivre. .	8,86	Pierre à plâtre. .	2,21	Sel marin	1,92	Poirier. . .	0,66
Fer. . .	7,70	Pierre à bâtir. . .	2,08	Huile. . .	0,91	Cerisier. .	0,72
Étain. .	7,29			Lard, suif, beurre. .	0,95	Vin. . . .	0,99
Acier. .	7,67					Eau-de-vie.	0,86

1er. *Exemple.* On demande ce que pèse le mètre cube de marbre ? Comme le mètre cube contient 1000 décimètres cubes, dont chacun pèse 1 kilogramme, quand il s'agit d'un volume d'eau, le poids total est de 1000 kilogrammes. Je multiplie ce nombre par 2,72 que je trouve indiqué dans la table, et j'ai pour le poids du mètre cube de marbre 2720 kilogrammes.

2e. *Exemple.* Un essieu a été forgé d'un prisme de fer de 9,5 centimètres sur 6,1 d'écarrissage, et 18 décimètres de longueur, on en demande le poids? Je multiplie 9,5 par 6,1 et par 180, et j'ai pour volume de l'essieu 10431 centimètres cubes, ou 10,431 décimètres cubes. Le poids d'un volume égal d'eau est de 10,431 kilogr. Je multiplie ce nombre par 7,70 et je trouve 80,32 kilogrammes pour le poids de l'essieu.

3e. *Exemple.* On demande ce que pèse le tonneau dont la jauge est donnée, page 170, lorsqu'il est plein d'eau-de-vie? Vous avez trouvé pour le volume du liquide 257,641 décimètres cubes; si le tonneau était plein d'eau, il pèserait 257,641 kilogrammes; multipliant par 0,86, nombre donné dans la table, vous trouvez 222 kilogrammes pour le poids de l'eau-de-vie contenu dans la tonne.

4e. *Exemple.* Quel est le poids du pain de sucre, dont on a trouvé, page 170, que le volume est 6,177 décimètres cubes. Multipliez ce nombre par 1,61, vous trouverez 9,95 kilogrammes.

FIN.

LIVRET DES PROBLÈMES.

OBSERVATION.

Les feuillets suivans, qui terminent l'ouvrage, doivent être détachés du livre : chaque feuillet sera collé à part sur une tablette, qui sera entre les mains du maître pour faire exécuter les dessins sous ses yeux. Celui-ci devra y lire les diverses phrases de commandemens des figures qu'il voudra faire dessiner aux élèves des cinq premières classes; et, s'il est au peloton devant le tableau noir, il aura soin de montrer en même temps la figure qui s'y rapporte sur le modèle gravé.

PREMIÈRE CLASSE.

1. Tirez une ligne droite, *fig.* 1.
2. Tirez une droite et coupez-la au milieu, *fig.* 2.
3. Tirez une droite et coupez-la en quatre parties égales, *fig.* 3.
4. Tracez une droite et prolongez-la d'une longueur égale, *fig.* 2.
5. Tracez une droite et prolongez-la du double, *fig.* 4.
6. Tracez une droite et prolongez-la du triple, *fig.* 3.
7. Coupez une droite en trois parties égales, *fig.* 4.
8. Coupez une droite en six parties égales ou en huit parties.
9. Trouver la moitié d'une droite, *fig.* 2.
10. Trouver le quart et les trois quarts d'une droite, *fig.* 3.
11. Trouver le tiers et les deux tiers d'une droite, *fig.* 4.
12. Tirer une droite de 1, 2, 3... décimètres de long, *fig.* 1.
13. Tirer une droite et la partager en décimètres, *fig.* 2 à 4.
14. Quels sont la hauteur et la largeur du boisseau de grains ? Voyez *au bas du tableau.*
15. Tirez une horizontale et coupez-la en 2, 3, 4 parties égales; *ou bien*, faites une échelle de parties égales, *fig.* 2 à 4 (*).
16. Tirez une verticale et coupez-la en 2, 4, 3 part. égales, *fig.* 5.
17. Tracez des horizontales (ou des verticales) équidistantes, *fig.* 1 à 4.
18. Tracez une oblique et coupez-la en 2, 4, 3 parties égales (*), *fig.* 6.
19. Tracez des obliques parallèles et équidistantes, *fig.* 6.
20. Joindre par une droite deux points marqués d'avance au hasard, *fig.* 1 à 6.
21. Tracez une horizontale de droite à gauche, *fig.* 1 à 4.
22. Tracez une verticale de bas en haut, *fig.* 5.
23. Par un point donné, mener une parallèle à une droite, *fig.* 6.
24. Faites un angle aigu, *fig.* 7, ou un angle obtus, *fig.* 28.
25. Faites un angle aigu dont l'ouverture soit tournée en haut, ou en bas, ou à gauche, *fig.* 7.
26. Faites un triangle, *fig.* 11, 18, 19, 20.

(*) Proposez toutes les questions précédentes, en y ajoutant la condition que la ligne droite soit *horizontale*, *verticale* ou *oblique*.

12.

PREMIÈRE CLASSE. — *Suite.*

27. Menez une horizontale et une verticale qui se croisent, *fig.* 8.
28. Menez une perpendiculaire sur une droite donnée, *fig.* 9.
29. Tracez deux lignes qui se croisent à angle droit, *fig.* 9.
30. Tracez un triangle rectangle, *fig.* 10 et 11.
31. Faites un triangle rectangle isocèle, *fig,* 11.
32. Faites un rectangle, *fig.* 12.
33. Faites un rectangle et coupez-le en rectangles égaux, *fig.* 13.
34. Faites un parallélogramme, marquez-en la hauteur, *fig.* 14.
35. Faites un carré, *fig.* 15.
36. Tracez des angles à côtés parallèles, *fig.* 16 et 17.
37 Menez des obliques également écartées de la perpendiculaire, *fig.* 18.
38. Faites un triangle isocèle, *fig.* 18. (*Donnez la base et la hauteur.*)
39. Tracez un triangle scalène, puis un autre à côtés parallèles, *fig.* 19 et 20.
40. Faites un triangle équilatéral, *fig* 21. (*Donnez le côté.*)
41. Par un point donné hors d'une droite, menez une perpendiculaire à cette droite, *fig.* 8 et 9.
42. Par un point donné sur une droite, menez une perpendiculaire à cette droite, *fig.* 8 et 9.
43. Menez une perpendiculaire au bout d'une ligne, *fig.* 10.
44. Faites un rhombe ou losange, *fig.* 22.
45. Faites un carré, à diagonales placées obliquement (ou l'une étant horizontale et l'autre verticale), *fig.* 23.
46. Faites un triangle équilatéral, dont le sommet soit sous la base, *fig.* 24.
47. Faites un triangle équilatéral placé obliquement.
48. Coupez un angle droit par la moitié, *fig.* 25.
49. Coupez un angle en deux parties égales, *fig.* 26. (En 4, 8... parties.)
50. Doublez un angle, *fig.* 26.
51. Triplez un angle, *fig.* 27.
52. Coupez un angle en trois parties égales, *fig.* 27.
53. Coupez un angle obtus en six parties égales, *fig.* 28.

SECONDE CLASSE.

1. Faites deux angles à côtés perpendiculaires, *fig.* 1.

2. Faites deux triangles à côtés perpendiculaires, *fig.* 2.

3. Construisez un trapèze dont les bases et la hauteur sont données, *fig.* 3.

4. Faites des polygones de 5 ou 6 côtés, en marquant d'abord les sommets (ou connaissant plusieurs angles et côtés), *fig.* 4 et 5.

5. Construisez deux polygones à côtés parallèles inégaux (ou égaux), *fig.* 5 et 6.

6. De l'un des sommets d'un polygone, menez des diagonales, puis des parallèles, qui forment un polygone semblable, *fig.* 7.

7. De l'un des sommets d'un polygone, menez des diagonales; puis formez une autre suite de triangles à côtés parallèles, *fig.* 9 et 10.

8. D'un point intérieur, menez des lignes à tous les sommets d'un polygone, et faites un second polygone à côtés parallèles, *fig.* 8.

9. Donnez la hauteur et la largeur du demi-hectolitre de grains. Voyez *au bas du tableau.*

10. Construisez une pyramide triangulaire, *fig.* 11, (quadrangulaire, *fig.* 12), et marquez-en la hauteur.

11. Faites une pyramide droite et régulière à 5 ou 6 faces, *fig.* 13 et 14.

12. Coupez une pyramide par un plan parallèle à sa base, *fig.* 12 et 14.

13. Tracez un tronc de pyramide à bases parallèles, *fig.* 12 et 14.

14. Construisez un prisme oblique triangulaire, *fig.* 16.

15. Faites un prisme droit triangulaire, *fig.* 15.

16. Faites un parallélipipède droit, *fig.* 17.

17. Faites un parallélipipède oblique, *fig.* 19.

18. Faites un parallélipipède obliquement placé sur l'horizon.

19. Construisez un cube, *fig.* 18.

20. Construisez un cube obliquement placé.

21. Faites un prisme oblique, *fig.* 20; droit, *fig.* 21.

22. Coupez un prisme par un plan parallèle à sa base, *fig.* 21.

23. Coupez un prisme en 2, en 4, en 3 parties égales, *fig.* 21.

24. Doublez, triplez un prisme, *fig.* 21.

25. Couchez un prisme horizontalement, *fig.* 22.

SECONDE CLASSE.

1. Faites deux angles droits, perpendiculaires, *fig.* 1.
2. Faites deux triangles à côtés perpendiculaires, *fig.* 2.
3. Construisez un [illegible] dont la base et la hauteur sont données, *fig.* 3.
4. Faites des polygones de 3 ou 4 côtés, en traçant d'abord [illegible] plusieurs [illegible] et côtés, *fig.* 4 et 5.
5. Construisez deux polygones à côtés parallèles lesquels l'un [illegible], *fig.* [illegible]
6. De l'un des sommets d'un polygone, menez des diagonales [illegible] des parallèles, qui forment un polygone semblable, *fig.* 7.
7. De l'un des sommets d'un polygone, menez des diagonales, puis formez une autre suite de triangles à côtés parallèles, *fig.* [illegible] et 10.
8. D'un point intérieur, menez des lignes à tous les sommets d'un polygone, et faites un second polygone à côtés parallèles, *fig.* 8.
9. Donnez la hauteur et la largeur du demi-[illegible] du grain [illegible]
10. Construisez une pyramide triangulaire, *fig.* 11, (quadrangulaire, *fig.* 12), [illegible] la hauteur.
11. Faites une pyramide droite à 3, 4, 5 ou 6 faces, *fig.* 13 et 14.
12. Coupez une pyramide par un plan parallèle à sa base, *fig.* [illegible]
13. Tracez un tronc de pyramide à bases parallèles, *fig.* 12 et 14.
14. Construisez un prisme oblique triangulaire, *fig.* 15.
15. Faites un prisme droit triangulaire, *fig.* [illegible]
16. Faites un parallélipipède droit, *fig.* [illegible]
17. Faites un parallélipipède oblique, *fig.* 19.
18. Faites un parallélipipède obliquement placé sur l'horizon.
19. Construisez un cube, *fig.* 19.
20. Construisez un cube obliquement placé.
21. Faites un prisme oblique, *fig.* 20; droit, *fig.* 21.
22. Coupez un prisme par un plan parallèle à sa base, *fig.* [illegible]
23. Coupez un prisme en 2, en 3, en 4 parties égales, *fig.* [illegible]
24. Doublez, triplez un prisme, *fig.* [illegible]
25. Couchez un prisme horizontalement, *fig.* [illegible]

TROISIÈME CLASSE.

1. Tracez un cercle et marquez-en le centre, un rayon, un diamètre, *fig.* 1.
2. Faites un cercle dont le centre ou le rayon est donné, *fig.* 1.
3. Coupez un cercle par deux diamètres perpendiculaires, *fig.* 3,
4. Coupez un cercle en huit parties égales, *fig.* 3.
5. Décrivez des cercles concentriques (équidistans ou non), *fig.* 2.
6. Tracez deux circonférences, le diamètre de l'une étant double ou triple de celui de l'autre.
7. Tracez un arc de cercle et marquez le centre et un rayon, *fig.* 4 et 5.
8. Tracez un arc dont le rayon est donné, *fig.* 4 et 5.
9. Coupez un arc par moitié, *fig.* 4, en trois parties, *fig.* 5.
10. Tracez un cercle, menez une tangente en un point donné sur cette courbe, *fig.* 6.
11. Tracez un arc et une tangente en un point donné de cet arc, *fig.* 7.
12. Menez 4 tangentes au cercle, formant un quadrilatère, *fig.* 8.
13. Circonscrivez un carré à un cercle, *fig.* 8.
14. Inscrivez un carré dans un cercle, *fig.* 9.
15. Doublez un arc de cercle, *fig.* 4, triplez-le, *fig.* 5.
16. Menez au cercle une tangente partant d'un point au dehors, *fig.* 6.
17. Menez 2 tangentes au cercle par un point extérieur, *fig.* 10.
18. Coupez un cercle en six parties égales, formez l'hexagone régulier inscrit, *fig.* 11.
19. Coupez un cercle en trois parties égales, inscrivez un triangle équilatéral, *fig.* 12.
20. Faites deux cercles inégaux tangens en dehors, *fig.* 13, tangens en dedans, *fig.* 14.
21. La même chose, en donnant d'avance les centres et le point de contact, *fig.* 13 et 14.
22. Inscrivez un octogone régulier dans un cercle, *fig.* 15.
23. Inscrivez un pentagone régulier dans un cercle, *fig.* 16.
24. Tracez un polygone régulier de 5, 6 ou 8 côtés, sans faire de cercle.
25. Faites un triangle et décrivez le cercle circonscrit, *fig.* 12.
26. Faites un cercle et tracez un triangle tangent, *fig.* 18.
27. Un polygone régulier étant donné, tracez un cercle qui passe par tous les sommets, *fig.* 9, 11, 12, 15 et 16.
28. Inscrivez un cercle dans un triangle, *fig.* 19.
29. Faites un arc qui passe par deux points donnés, *fig.* 4 et 7.
30. Faites plusieurs arcs qui passent par 2 points donnés, *fig.* 17.
31. Construisez un cercle qui passe par 3 points donnés, *fig.* 1.
32. Circonscrivez un cercle à un triangle donné, *fig.* 12.
33. Etant donné un cercle, circonscrivez un polyg. régulier, *fig.* 20.
34. Etant donné un polygone régulier, inscrivez un cercle, *fig.* 20.
35. Inscrivez et circonscrivez au cercle deux polygones parallèles, *fig.* 21.
36. Faire un triangle, étant donnés les 3 côtés.

QUATRIÈME CLASSE.

1. Tracer une droite qui touche deux cercles, *fig.* 1.

2. Décrire quatre tangentes à deux cercles qui ne se coupent pas, *fig.* 1.

3. Ajouter deux carrés, *fig.* 2.

4. Doubler un carré, *fig.* 3.

5. Retrancher un carré d'un autre, *fig.* 2.

6. Prendre la moitié d'un carré, *fig.* 3.

7. Ajouter trois carrés, *fig.* 4.

8. Tripler un carré, *fig.* 4.

9. Construire un rapporteur, *fig.* 5.

10. Faire un angle de 36 degrés, de 50 degrés, etc., *fig.* 5.

11. Construisez une sphère et ses méridiens, *fig.* 6.

12. Construisez une sphère et ses petits cercles qui la divisent en zones, *fig.* 7.

13. Dessinez une mappemonde, *fig.* 8.

14. Construisez une ellipse, *fig.* 9 et 10.

15. Tracez un cône oblique, *fig.* 11.

16. Dessinez un cône droit, *fig.* 12.

17. Tracez un cylindre droit, *fig.* 13.

18. Dessinez un cylindre oblique, *fig.* 14.

19. Dessinez un litre, un boisseau, un hectolitre. Tracez les dimensions de la velte ou du décalitre (*).

20. Faites une section parallèle à la base d'un cône ou d'un cylindre, *fig.* 11, 12, 13, 14.

21. Doublez un cylindre ou prenez-en moitié; triplez-le ou prenez-en le tiers, *fig.* 13 et 14.

22. Faites un cylindre dont l'axe soit horizontal, *fig.* 15.

(*) Voyez au bas du quatrième tableau.

CINQUIÈME CLASSE.

1. Tracez un filet, *fig.* 1.
2. Tracez une baguette ou listel, *fig.* 2.
3. Tracez un congé ou cavet, *fig.* 3.
4. Dessinez un tore avec son plinthe, *fig.* 4.
5. Tracez un quart-de-rond droit, avec ses filets, *fig.* 5.
6. Tracez un quart-de-rond renversé, avec ses filets, *fig.* 6.
7. Dessinez un talon droit, avec ses filets (*), *fig.* 7.
8. Dessinez un talon renversé, avec ses filets (*), *fig.* 8.
9. Tracez une doucine droite, avec ses filets (*), *fig.* 9.
10. Tracez une doucine renversée, avec ses filets (*), *fig.* 10.
11. Construisez un pot à fleurs, *fig.* 11.
12. Construisez un piédouche, *fig.* 12.
13. Dessinez une aiguière et sa cuvette, *fig.* 13.
14. Dessinez un bol, *fig.* 14.
15. Dessinez une soupière, *fig.* 15.
16. Tracez une vasque, formant fontaine, *fig.* 16.
17. Tracez une théière, *fig.* 17.
18. Dessinez une caraffe, *fig.* 18.

(*) *On fera en outre tracer toutes ces moulures dans le sens opposé*, c'est-à-dire, en les tournant à gauche.

TABLE
DES MATIÈRES.

FIN DE LA TABLE.