

www.e-rara.ch

Dessin linéaire et arpentage, pour toutes les écoles primaires, quel que soit le mode d'instruction qu'on y suive

Francoeur, Louis Benjamin

Paris, 1832

ETH-Bibliothek Zürich

Shelf Mark: Rar 21716

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-59728>

II. Tracé géométrique.

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelinformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Condizioni d'utilizzo Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

II. 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 procédé ne peut, dans beaucoup de circonstances, suffire aux besoins des arts. Quelles que soient 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 jugera qu'ils sont 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 gravera sans effort cette pratique dans sa mémoire.

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

TROIS PREMIÈRES CLASSES.— 1^{er} TABLEAU.

Nota. Toutes les figures citées dans le texte se rapportent à la planche 11 à la fin du livre, et non point aux figures des tableaux de classes.

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 (1). Ce n'est

(1) 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

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 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.

Le *tire-ligne* est un instrument précieux pour tracer des lignes aussi fines ou épaisses qu'on veut; il est bien préférable à la plume, dont on n'est jamais certain de conserver l'écartement des parties du bec. Il 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, en sorte qu'on puisse faire des traits aussi fins qu'on veut.

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* : voyez la 4^e section.

Couper une longueur donnée en plusieurs parties égales.

Si l'on a une échelle de parties égales déjà tracée, et rien n'est plus facile que d'en former une (voyez p. 28), 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 consécutives d'un bout à l'autre.

Le plus souvent, dans les arts, la division des lignes se fait par des essais consécutifs ; 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 résout pas le problème géométriquement. Le procédé décrit p. 40 est assuré.

Supposons qu'on veuille couper la ligne AH en 6 parties égales (fig. 1, pl. II) ; par l'extrémité A , tirez une ligne indéfinie Am , 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. 82) : ces droites couperont AH en 6 parties égales.

Il est inutile de dire que si le nombre de parties est 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.

Tracer des lignes parallèles. Pour décrire par le point A (fig. 2), une droite AC parallèle à une autre BD, 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 place l'équerre de manière à faire coïncider l'un de ses bords avec la ligne donnée AE, et on applique une règle GH le long d'un autre bord; 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'un des bords de l'instrument glisse le long de la règle, pour qu'il se soit transporté parallèlement, et que les autres côtés, dans la nouvelle

position, soient respectivement parallèles aux premiers.

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.

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, p. II). 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'intersection, 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^o cette construction enseigne à couper une droite AB par moitiés, et doit être ajoutée à ce qu'on a dit à ce sujet page 81; 2^o 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.

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.

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

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 fait glisser l'équerre 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.

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.

1. *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 encoint 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.

2. *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 81.

3. *Pour faire un parallélogramme*, 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.

4. *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. Voy. le problème 14 de la page 34.

6. 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, DCB, seront égaux entre eux.

7. 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.

9. 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.

13. Faites un rhombe ou losange, 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 dé-

terminés, et vous aurez un losange, figure dont les côtés sont parallèles deux à deux, mais les contigus égaux. Ce serait un carré, si les parties AO , BO , étaient égales. Voy. problème 13, page 34.

17. *Coupez un angle droit par moitiés*, etc. La résolution de tous ces problèmes dépend de celle du problème 19, de la troisième classe ; du sommet de l'angle proposé (Voy. fig. 26, 27, 28, page 35), 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 premier angle est cinq fois le second, etc. Voy. page 89.

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 tiers, ou aux trois quarts, 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 (pages 28 et 81) la moitié, le tiers, les trois quarts 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 $b, c, d, \dots, h$ (nous ne supposons plus ici ces intervalles égaux, comme page 81), et voulant remplacer la longueur Ah par une 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 $dD, cC, \dots$, à celle-ci, par tous les points de division ; AH sera coupée en parties proportionnelles à celle de Ah . L'angle MAH est arbitraire.

QUATRIÈME ET CINQUIÈME CLASSES. — 2^e et 3^e TABLEAUX.

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. Voy. page 37.

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, etc.

Toutes les autres constructions des deux tableaux sont suffisamment expliquées dans le texte, pages 37 à 50; il est inutile de donner à ce sujet de nouveaux développemens. Ainsi les questions de 1 à 5 du tableau de la cinquième classe se résolvent par une suite de parallèles équidistantes et de perpendiculaires. On pourrait beaucoup varier ces figures, surtout en remplaçant les carrés par des losanges. C'est au maître à exciter l'imagination et le zèle des enfans, en leur proposant des changemens de ce genre.

SIXIÈME CLASSE. — 4^e TABLEAU.

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 *tire-ligne*. C'est avec ces compas qu'on prend des distances, et qu'on trace les cercles, au crayon ou à l'encre.

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

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, pl. II: 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 87, 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 compléter juste l'étendue. C'est ce qu'on a coutume de faire par divers tâtonnements : on peut faire ici la même remarque que page 81, pour la division des lignes droites, et en conclure que ce moyen n'est ni certain, ni 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 se servant de la règle et du compas. Voyez, page 65, ce qui a été dit du rapporteur.

Pour diviser un arc AO, par moitiés, 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 53; il suffit donc de mener ce rayon CB et d'y abaisser une perpendiculaire AB, par le point donné B; 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 84 et problème 16 ci-après.

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 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. (Voy. fig. 8 de la sixième classe, page 53.)

14. Nous avons déjà indiqué, p. 53, 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, pl. II.* 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 CADE 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, pl. II.

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 tangens l'un à l'autre, après avoir fait la première circonférence 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. Voy. fig. 13 et 14 du 4^e tableau, p. 55.

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 89 ; 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, page 89.

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 10^e et le 11^e, p. 90.

28. *Inscrivez un cercle dans un triangle donné ABD,* fig. 18. Coupez par moitiés deux angles du triangle par des droites, telles que AC, pour A, et BC, 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.

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, 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 *circoncrire 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, fig. 24. Supposons que ce polygone soit déjà inscrit; pour en circoncrire un semblable, il suffira de mener une tangente à chaque sommet de polygone inscrit (Voy. la fig. 20 et page 61), ou bien à chaque milieu des arcs sous-tendus, ce qui donnera la fig. 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 2^e circonférence autant de fois que le polygone doit avoir de côtés: c'est ce qu'on voit par les constructions des figures 20 et 24. 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.

35. *Inscrivez un cercle tangent aux côtés d'un polygone régulier donné.* Le centre de ce cercle est le même que celui du cercle circonscrit (Voy. 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 DE égale à l'une d'elles, à a par exemple; des extrémités D et E prises tour à tour pour centres, 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 résolvable (1).

(1) La règle géométrique pour que le triangle soit possible avec

Décrire un triangle, étant donnés deux côtés et l'angle qu'ils forment ensemble, fig. 22. Supposons qu'on connaisse l'angle E , et les longueurs b et c des côtés qui sont inclinés de E l'un sur l'autre; on tracera deux droites indéfinies EF , ED , faisant entre elles l'angle donné E . Sur ces lignes on portera les longueurs connues EF égal à b , ED égal à a , ce qui déterminera les points F et D , et par suite la droite FD , qui ferme le triangle.

Décrire un triangle dont on connaît deux angles et un côté. C'est une propriété des angles de tout triangle, que leur somme vaut deux droits, ou 180 degrés. Si l'on coupe, par exemple, vers leur milieu les trois côtés du triangle EDF , on séparera les angles l'un de l'autre; et on pourra les ajuster de manière à donner pour sommet le même point à chaque angle, et à appuyer les côtés l'un sur l'autre. Ainsi l'angle D restant à sa place selon cDa , fig. 30, l'angle F pourra être tourné comme cDf , et l'angle E porté en fDg . Ces trois angles ainsi réunis, sont tels que la droite Dg est juste le prolongement de aD .

Il résulte de là qu'il suffit de connaître deux des angles d'un triangle pour connaître le troisième; car si, par exemple, l'angle E n'était pas donné, on le trouverait en faisant l'angle fDc égal à F , et prolongeant le côté aD vers g , l'angle fDg ferait la valeur de E . On se rappelle que la longueur des côtés d'un angle est arbitraire, et qu'il n'est question ici que du degré d'ouverture de ces côtés.

Dans notre problème, deux angles sont donnés; on les connaît donc tous les trois; ainsi on connaît, outre un

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 des longueurs ainsi obtenues.

côté a , fig. 22, les angles D et E des deux autres côtés avec DE . On tirera une droite DE de la longueur voulue a ; on fera en D et en E les angles donnés, et les côtés DF , EF prolongés se rencontreront en un point F , qui est le sommet du troisième angle.

SEPTIÈME CLASSE. — 5^e TABLEAU.

1, 2 et 3. *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. (Voy. le problème 16, p. 90.)

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 figure 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 .

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

4 et 5. *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; chacune de ces deux lignes coupe l'autre par moitiés, conformément à ce qui a été expliqué dans le texte, page 63. 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. Voy. les fig. 1 et 2 du 9^e tableau.

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, alonge toujours l'un des rayons MF, MF', aux dépens 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 ou-

vriers 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 de piliers ou *pied-droits*. On appelle *en plein cintre* les voûtes qui sont circulaires. V. fig. 4 et 5 du 9^e tableau.

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 courbure serait défectueuse.

Les autres problèmes du cinquième tableau, n'exigeant que des tracés d'ellipses, de circonférences et de droites parallèles ou perpendiculaires, n'ont besoin d'aucune explication. Nous avons indiqué, p. 65, comment on construit la *mappemonde* et le *rapporteur*.

6^e TABLEAU.

1, 2 et 3. Le kilogramme, sa moitié et son quart, dessinés dans ce tableau, sont supposés faits en cuivre jaune. Il faut

dra observer qu'en toute autre matière, les volumes seraient différens, en sorte qu'on ne peut juger d'un poids par son volume. D'ailleurs si ce corps était creux, son volume devrait être augmenté pour que son poids fût le même. V. p. 66.

8 et 9. C'est une propriété de l'ellipse qu'en menant deux tangentes à l'extrémité d'un diamètre, ces lignes sont parallèles. Et si l'on mène un autre diamètre parallèle à celles-ci, les tangentes à ses deux bouts compléteront un parallélogramme circonscrit.

4 à 7. Il n'y a rien à ajouter à ce qu'on a dit page 63.

11 et 12. Les explications données page 67 suffisent pour tracer les étoiles. Il est inutile de rien ajouter à ce sujet, non plus que relativement aux autres figures du tableau, excepté les trois suivantes :

13, 14 et 15. *Faire un angle d'un nombre de degrés désigné.* Prenons le rapporteur 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 50 degrés, et tombe au sommet A. Appliquez le rayon de votre rapporteur, qui est numéroté 50 degrés, sur la droite AB, de manière que le bord extérieur AC affleure le point A; puis avec un crayon, un tire-ligne, 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, ou sur le rayon prolongé.

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

Nous rapprochons ici les dimensions des diverses mesures de capacité, en recommandant aux maîtres d'insister sur la résolution des questions 18 à 21, pendant le temps du dessin au tableau noir.

HUITIÈME CLASSE. — 1^{er}, 2^e et 3^e TABLEAUX.

Le tracé géométrique des figures de ces trois tableaux 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 cinquième 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 géométriquement les figures des tableaux de la huitième classe.
