

peut aussi procurer l'économie d'un aide quand il est substitué à la chaîne. Cet instrument est le *micromètre*, dont la théorie est fondée sur ce seul principe, que les angles sous lesquels un même objet est vu sont en raison inverse de sa distance. Si l'on a vu un objet placé à une distance quelconque sous un angle de 20 minutes, et qu'après s'en être rapproché il soit aperçu sous un angle de 40 minutes, on est assuré que la nouvelle distance est exactement la moitié de la première, parce que l'angle s'est trouvé double à la seconde station; mais si l'on forme un angle fixe dans la lunette, cet angle embrassera une plus ou moins grande partie d'un même objet, suivant que sa distance sera plus grande ou plus petite. Si, de plus, cet objet est d'une grandeur connue, et qu'il porte des divisions, on pourra connaître la distance à laquelle on est de l'objet, si l'on sait d'ailleurs le nombre de divisions auquel répond l'ouverture de l'angle fixe à une distance donnée.

Telle est l'invention de la *stadia* ou mire, qui, avec la pièce placée au foyer de la lunette, forme tout l'appareil de ce procédé.

La *stadia* est une règle de sapin d'un peu plus de 3 mètres de long, d'un décimètre de large, et de deux centimètres d'épaisseur. Elle est armée par le bas d'une pointe de fer; elle se plie en deux au milieu au moyen d'une charnière de toute la largeur de la règle; un fil à plomb attaché à la *stadia* sert à la placer dans une position verticale. La *stadia* est peinte en blanc; on trace en noir les divisions de 15 centimètres de hauteur, qui représentent chacune 10 mètres. Une division de la *stadia* au milieu, et une dans la partie supérieure, seront divisées en 10 parties, et chaque partie représente un mètre.

Nous n'entrerons pas dans plus de détails sur ce bel instrument, qui jusqu'à présent n'a guère été employé que dans la topographie militaire.

CHAPITRE HUITIÈME.

DE LA BOUSSOLE.

95. La boussole, qui d'abord ne servait que dans la marine, a été plus tard appropriée aux besoins de l'arpentage (1).

La boussole d'arpenteur (*fig. 55*) se compose d'une aiguille aimantée, munie d'une chape d'aga-

(1) La propriété directrice de l'aimant est une des plus belles découvertes que les hommes aient jamais faites; elle a fourni aux navigateurs le moyen de reconnaître leur route à travers l'immensité des mers, au milieu des nuits les plus obscures qui dérobent la vue des astres.

Une simple aiguille aimantée, suspendue en équilibre sur un pivot, devient un guide sûr qui permet aux hommes d'aller à la découverte de continents nouveaux, ou d'arriver directement dans un port après avoir parcouru des mers étendues.

On ignore le nom de celui auquel le genre humain doit un si grand bienfait. Cependant on trouve des preuves certaines de l'existence de la boussole appliquée à la navigation, dans le 12^e siècle; vers l'an 1150. La boussole, après avoir été employée seulement dans la marine, fut, plus tard, appliquée à l'arpentage, et rangée parmi les *gorimètres*, ou instruments qui fournissent l'amplitude numérique des angles. Des voyageurs dignes de foi racontent que la boussole était employée de temps immémorial en Chine, mais que les Chinois ne s'en servaient que dans les voyages sur terre. (*Manuel général*, journal officiel de l'instruction primaire, t. 6, n^o 3.)

te; elle est soutenue dans une situation horizontale par la pointe d'un pivot aigu d'acier.

La pointe de l'aiguille répond à un limbe divisé en 400 grades ou 360 degrés.

La boussole est renfermée dans une boîte carrée, dont le couvercle s'adapte à coulisses. Pour empêcher que les mouvements de l'air n'influent sur ceux de l'aiguille aimantée, le limbe est recouvert d'une glace qui intercepte toute communication avec l'extérieur.

Quand on transporte la boussole d'un lieu dans un autre, on empêche l'aiguille de ballotter au moyen d'un petit ressort *a* qui la rend immobile à volonté.

Sur une des faces latérales de la boîte est appliquée une alidade à visière, pivotant autour d'un axe, ou une alidade à lunette. Il y a plusieurs manières d'adapter l'alidade à la boîte, mais l'usage en est toujours le même. Dans toutes les méthodes, les pinnules sont dirigées du *nord* au *sud*.

La boussole s'adapte sur un pied par un genou à coquilles, ou préférablement par un genou à deux mouvements: elle doit être maintenue dans un plan horizontal.

Pour mesurer l'angle B (*fig. 53*) au moyen de la boussole, placez l'instrument horizontalement au point B, dirigez la visière sur le point A, et examinez le nombre de degrés qu'indique la flèche de l'aiguille aimantée; dirigez ensuite la visière sur le jalon planté en C; examinez de nouveau le nombre de degrés que marque sur le limbe la flèche de l'aiguille aimantée: la différence de ces deux résultats est l'expression de l'amplitude numérique de l'angle B, quand l'aiguille aimantée a toute la liberté de ses mouvements.

96. Plusieurs motifs empêchent de substituer la boussole au graphomètre dans la mesure des angles: le mouvement de l'aiguille ne permet pas d'obtenir leur valeur à moins d'un demi-degré près, approximation souvent insuffisante; d'un autre côté, la présence des matières ferrugineuses dérange l'aiguille autant que les variations atmosphériques.

Mais si la boussole n'est pas susceptible de donner une grande précision, on l'emploie utilement pour lever le plan des bâtiments; elle donne rapidement l'inclination des murs et des cloisons. Plusieurs arpenteurs habiles préfèrent même la boussole à la planchette et au graphomètre pour relever de grandes surfaces: un de ses avantages est de ne pas laisser les erreurs s'accroître dans la mesure des angles.

Avec la boussole on n'opère pas immédiatement comme avec la planchette, mais on suit la marche que nous avons indiquée pour le graphomètre, c'est-à-dire que l'on fait un croquis. On rapporte ses mesures sur le papier; savoir, les longueurs avec l'échelle de proportion, et les angles avec le rapporteur. Ce qui a été dit sur les plans levés au graphomètre s'applique aux plans levés à la boussole.

97. Il est d'usage d'*orienter les plans*, c'est-à-dire de tracer une ligne dans la direction du *nord* au *sud*. Une perpendiculaire à cette ligne donne les deux autres points cardinaux, l'*est* et l'*ouest*.

Pour orienter un plan, on mesure un angle avec le graphomètre.

On porte le graphomètre à boussole au point C (*fig. 54*); on dirige l'alidade parallèle à la ligne du nord de la boussole, sur le côté CD, de manière que le point nord de la boussole soit dirigé vers D.

On relève l'angle indiqué par l'aiguille de la boussole. Si l'on trouve que l'angle donné par l'aiguille de la boussole et le rayon visuel de l'alidade soit de 45 g., en retranchant de ce nombre la déclinaison de la boussole, que nous supposons ici de 24 g. le reste 21 g. indiquera le vrai nord ou la méridienne du lieu.

98. Si l'aiguille aimantée se dirigeait toujours vers le vrai nord, rien ne serait plus difficile que d'orienter un plan; mais elles s'en écarte d'une certaine quantité, qu'on appelle *déclinaison*. Cette déclinaison n'est pas assujettie à des lois invariables; elle change même d'une année à l'autre, et varie selon les lieux. Il est donc important d'avoir la déclinaison du temps et du lieu. On l'obtient en traçant une méridienne ou ligne du vrai nord: l'angle que fait cette ligne avec l'aiguille aimantée est la déclinaison du temps et du lieu.

99. Pour tracer une méridienne, on élève, sur un terrain bien horizontal un bâton de 18 pouces de haut, portant à son extrémité supérieure une plaque de fer percée d'un petit trou et inclinée un peu à l'horizon. Par le trou, faites passer un fil à plomb: il indiquera sur la terre le pied d'une perpendiculaire dont le petit trou de la plaque est le sommet. A dix heures du matin, quand il fait soleil, marquez sur le terrain le point brillant qui se trouve dans l'ombre projetée par la plaque. Ce point est fourni par le petit trou dont nous avons déjà parlé. Du pied de la perpendiculaire, indiqué par le fil à plomb, et avec un rayon terminé au point brillant, décrivez un arc de cercle. On observe après midi l'instant où le centre du petit trou éclairé tombe exactement sur l'arc que l'on a tracé. Si l'on joint par une ligne droite le pied de la perpen-

dicière au milieu de l'arc dont les extrémités ont été formées par les deux points lumineux avant et après midi, cette ligne sera la méridienne cherchée.

Nous ferons remarquer que ce moyen bien simple n'est d'une grande exactitude qu'aux mois de juin et de décembre; il est moins exact dans les autres mois; cependant l'erreur n'est pas considérable, et peut être négligée quand il s'agit d'orienter un plan.

100. On applique la boussole aux planchettes, qui prennent alors le nom de *planchettes orientées*. Ces planchettes sont très commodes pour arpenter les terrains couverts, et qui offrent beaucoup de détails. Avec les planchettes orientées on ne mesure pas l'angle que fait chaque rayon visuel avec les rayons précédents, mais celui qu'il fait avec le méridien, en sorte que les erreurs ne s'accroissent pas à chaque nouvelle opération, comme il n'arrive que trop souvent avec les planchettes ordinaires. Elles ont encore un autre avantage sur les planchettes ordinaires, c'est que le plan se dessine sur le terrain même, et que les erreurs se découvrent tout de suite.

Nous ajouterons encore un mot sur la planchette. Le papier se tend ou s'allonge, par suite de la chaleur ou de l'humidité. On remédie à cet inconvénient en se servant d'une planchette vernissée sur laquelle on dessine comme si elle était couverte de papier; mais il faut reporter ensuite le plan sur une feuille de papier au moyen d'un compas. Quand le plan est terminé, on enlève, avec une éponge, les traces des lignes.

Dès que le vernis est usé, on en met un nouveau, après avoir soigneusement enlevé les traces de l'ancien. Il faut appliquer plusieurs couches successives.

101. Nous avons donné les règles pour arpenter avec la planchette, le graphomètre et la boussole. Nous n'entrerons pas dans des détails qui nous écarteraient du but que nous nous sommes proposé. Une expérience de quelques jours sur le terrain et l'usage des instruments en apprendra plus aux élèves que de longues explications, toujours difficiles à saisir à la lecture.

En résumant, nous dirons que l'on peut mesurer un terrain :

- 1° Avec la chaîne seule et des jalons (les *jalons* sont nécessaires dans tous les cas);
- 2° Avec l'équerre d'arpenteur et la chaîne;
- 3° Avec la planchette et la chaîne (nous comprenons dans cette indication générale la planchette orientée et la planchette vernissée);
- 4° Avec le graphomètre et la chaîne.
- 5° Avec la boussole et la chaîne.

CHAPITRE NEUVIÈME.

DESSIN DU PLAN.

102. Nous supposons qu'au moyen du graphomètre ou de la boussole on a mesuré les angles, et qu'au moyen de la chaîne on a relevé exactement sur le terrain, et indiqué sur le croquis toutes les longueurs utiles à connaître; il reste encore à dessiner le plan sur le papier.

On a besoin, pour ce travail, de compas, d'équerres en bois ou en cuivre, de rapporteurs en cuivre

ou en corne, d'une échelle de proportion, et d'une bonne règle.

103. *Compas.* Nous n'en ferons pas la description; nous dirons seulement qu'un compas, pour être bon, doit avoir ses pointes bien fines, que ces pointes doivent coïncider avec une grande précision quand le compas est fermé, et que la charnière doit être convenablement serrée. Dans les compas fins, on serre et on desserre la charnière avec une petite clé à deux pointes. L'instituteur recommandera aux élèves le plus grand soin dans la conservation de cet instrument; il ne faut pas s'en servir pour jouer, il faut l'essuyer quand on s'en est servi, pour que l'humidité ne rouille pas les pointes. La pointe de rechange, qui porte un tire-ligne, a besoin d'être nettoyée très proprement; c'est au maître à exercer une surveillance active.

104. *Équerre en cuivre.* Les équerres en cuivre sont exactes, mais elles offrent un grand inconvénient, celui de salir le papier. Nous préférons de bonnes équerres en bois; nous en parlerons au chapitre *Du lavis.*

105. *Rapporteurs en cuivre ou en corne.* Un rapporteur est un demi-cercle dont le limbe ou bord est divisé en 200 grades ou en 180 degrés. On trouve des rapporteurs avec la double division du limbe en 200 grades et en 180 degrés. Le centre du cercle est indiqué par un point, et le diamètre par une ligne apparente. Le rapporteur en cuivre a l'inconvénient de salir le papier. Le rapporteur en corne est plus agréable à employer; mais, comme il se déjette souvent par l'effet de l'humidité ou de la sécheresse, il faut avoir soin de ne pas le laisser exposé au soleil ou à l'humidité.

106. *Échelle de proportion.* Nous avons donné

plus haut l'explication de l'échelle de proportion, et les moyens de la construire. On vend des échelles de proportion tracées sur des règles de cuivre ou sur des règles de buis.

107. *Règles.* On vérifie une règle en l'ajustant à l'œil, comme font les menuisiers, mais ce résultat ne fournit qu'une approximation.

Voici le moyen employé par les ingénieurs : On trace une ligne sur le papier avec la règle ; on la retourne bout à bout, et on trace un second trait sur le premier ; si les deux traits coïncident, la règle est juste.

108. Pour montrer l'usage des instruments, nous allons indiquer la construction d'un plan d'après un croquis (*fig. 56*).

Sur la feuille de papier que l'on destine à recevoir le plan, on tracera au crayon de mine de plomb, et avec la règle, une ligne indéfinie qui servira à représenter la droite IE. On choisit une échelle selon la grandeur que l'on veut donner au plan. Supposons que les parties de la ligne IE mesurées sur le terrain sont :

Mesure des parties de la directrice.

| | | |
|-------|---|----------------|
| IQ | = | 4 ^m |
| QE | = | 11 50 |
| LM | = | 15 10 |
| MP | = | 18 25 |
| PE | = | 8 35 |
| <hr/> | | |
| IK | = | 7 60 |
| KN | = | 18 70 |
| NO | = | 20 80 |
| OE | = | 8 10 |

Total. 110.40

Supposons la perpendiculaire AQ de 9^m10 et la perpendiculaire KH de 8^m20.

En adoptant l'échelle d'un millimètre par mètre, comme nous l'avons indiqué pour les plans d'une certaine étendue, la ligne IE serait représentée par 110 millim. 40, longueur beaucoup trop petite. Nous pouvons aisément prendre ici un demi-centimètre par mètre, ce qui donnera à la base IE une longueur de 5 décimètres 52, c'est-à-dire d'un demi-mètre environ. Cette dimension est un peu considérable, mais elle sert ici pour un très petit terrain, et les mesures sont plus faciles à prendre sur l'échelle.

D'après ce que nous avons dit, chap. V, on fera usage du décimètre, qui remplace ici l'échelle.

Sur une ligne indéfinie *ac* (*fig. 57*), je porte de *a* en *b* une ouverture de compas égale à 2 centimètres et correspondante à IQ, qui est de 4 mètres. Au point *b*, je pose une équerre ou le rapporteur en corne, et j'élève une perpendiculaire indéfinie ; je prends une ouverture de compas égale à 4 centimètres 5 dixièmes, ou 45 millimètres, de *b* en *d*, et je trace avec la règle et le crayon de mine de plomb la ligne *ad*. Le triangle *abd* du plan est semblable au triangle IAQ du croquis.

Pour déterminer le point C, je remarque que IK est de 7 mètres 60, ce qui me donne proportionnellement 3 centimètres 8 millimètres ou 38 millimètres ; je prends donc une ouverture de compas de 38 millimètres, que je porte de *a* en *e*. Au point *e*, avec l'équerre ou le rapporteur, j'élève une perpendiculaire indéfinie, et je détermine *e* en portant de *e* en *e* une perpendiculaire de 4 centimètres 1 millimètre, proportionnelle à KH, qui est sur le croquis de 8 mètres 20. Je pose la règle sur

les extrémités a et e , et je trace au crayon la ligne ae ; le triangle ace du plan est semblable au triangle IKH du croquis.

On déterminera par la même méthode les points $L, B, M, G, N, C, O, P, F$, de la figure 56, et on fermera le polygone, qui sera le plan exact du terrain, dont la figure 56 n'est supposée que le croquis. Si l'on veut évaluer la superficie de ce plan, voici les calculs que l'on sera obligé de faire :

Mesure des perpendiculaires.

$$AQ=9^m10, KH=8^m20, BL=12^m80, GN=14^m60, \\ CM=6^m60, DO=10^m80, FP=9^m70.$$

On combine les mesures des perpendiculaires avec les mesures des parties de la directrice indiquées plus haut; ce sont les côtés des triangles et des trapèzes.

| | | |
|---------------|--|--------------------|
| Triangle AIQ. | Multiplier la base 4^m par la hauteur 9.10 , et prendre la moitié du produit | 18 ^m 20 |
| Trapèze AQLB. | Ajouter les deux bases parallèles 9.10 et 12.80 , multiplier cette somme par la hauteur 11.50 , et prendre la moitié du produit. | 125.93 |
| Trapèze BLNC. | Ajouter les deux bases parallèles 12.80 et 6.60 , multiplier cette somme par la hauteur 13.10 , et prendre la moitié du | |

144^m13

| | | |
|---------------|---|----------------------|
| | <i>Report.</i> | 144.13 |
| Trapèze CNOD. | Ajouter les deux bases parallèles 6.60 et 10.80 , multiplier la somme par la hauteur 18.25 , et prendre la moitié du produit. | 127.07 |
| Triangle DOE. | Multiplier la base 8.35 par la hauteur 10.80 , et prendre la moitié du produit. | 158.78 |
| Triangle PFE. | Multiplier la base 8.10 par la hauteur 9.70 , et prendre la moitié du produit. | 45.09 |
| Trapèze PFGM. | Ajouter les deux bases parallèles 9.70 et 14.60 , multiplier la somme par 20.80 , et prendre la moitié du produit | 39.29 |
| Trapèze MGHK. | Ajouter les deux parallèles 14.60 et 8.20 , multiplier la somme par 18.70 , et prendre la moitié de ce produit. | 252.72 |
| Triangle KIH. | Multiplier la base 7.60 par la hauteur 8.20 , et prendre la moitié du produit. | 213.18 |
| | Total. | 51.16 |
| | | 1011 ^m 42 |

La surface de la figure 56 est de 1011 mètres carrés, 42 décimètres carrés, ou de 10 ares 11 centiares.

Pour vérifier l'exactitude du plan, supposons 5..

que l'on ait mesuré au graphomètre, sur le terrain, l'angle ABC, valant 125 grades, on posera le rapporteur sur le plan, et on prendra exactement la mesure des deux angles du plan correspondant aux deux angles ABL et LBC du croquis : la somme doit être de 125 grades, ou n'en différer que de très peu de minutes.

109. Nous ne faisons pas connaître les formules trigonométriques pour la résolution des triangles, parce que l'on ne peut opérer le calcul qu'avec le secours des tables de logarithmes et des tables de sinus, et que nous croyons l'intelligence et l'usage de ces tables beaucoup trop difficiles pour les personnes qui emploieront ce traité élémentaire.

D'un autre côté, faisons observer à nos lecteurs que, malgré l'excellence des résultats obtenus par les procédés trigonométriques, il faut toujours en venir à l'exécution matérielle du plan. Quelles que soient les connaissances mathématiques d'un arpenteur, il faut qu'il se serve des instruments graphiques pour indiquer sur le plan la direction des côtés qui comprennent les angles : l'ouverture de ces angles eût-elle été prise en grades, minutes et secondes, ne saurait être reportée sur le plan qu'au moyen d'un rapporteur en corne ou en cuivre. Or, ces instruments ne sont pas assez exacts pour donner une précision de secondes et même de minutes : on est donc forcé de s'en tenir à des approximations.

Ainsi donc, tout en accordant une haute estime aux procédés théoriques, il faut toujours, pour dessiner le plan, recourir aux procédés graphiques; et c'est là où l'on s'aperçoit de l'insuffisance des instruments.

Dans la topographie militaire et dans le cadas-

tre, la triangulation et les résolutions trigonométriques sont les meilleurs moyens à employer; mais dans la pratique ordinaire, dans l'arpentage des terres, dans le travail des géomètres particuliers du cadastre, les moyens graphiques suffisent et sont employés presque toujours avec un grand succès. La difficulté consiste à opérer avec exactitude, et pour cela il faut de l'habitude, de l'adresse et de l'intelligence.

CHAPITRE DIXIÈME.

MOYENS SIMPLES D'ARPENTAGE QUE LES INSTITUTEURS PEUVENT EMPLOYER POUR INSTRUIRE LEURS ÉLÈVES.

110. Les instituteurs n'ont pas toujours à leur disposition des instruments, qui coûtent fort cher quand ils ont quelque précision; et il est cependant indispensable que les élèves opèrent sur le terrain, si l'on veut qu'ils aient des notions qui puissent s'appliquer. Nous avons cru rendre service aux instituteurs et aux élèves en leur fournissant des moyens simples pour relever presque toutes les surfaces.

Nous supposons que l'instituteur a parfaitement expliqué à ses élèves le commencement de cet ouvrage, et qu'il ne lui reste plus qu'à les faire opérer sur le terrain.

Soit le terrain accessible ABCDEFG (*fig. 58*) : pour marquer l'alignement GD, on substituera aux jalons des baguettes de coudrier bien droites et un peu fortes, que l'on rendra pointues par une extré-