

LA
GNOMONIQUE

OU L'ART DE TRACER

LES CADRANS SOLAIRES

avec toute la précision des calculs trigonométriques et sans tirer aucune autre ligne
que celles des heures

MIS A LA PORTÉE DES OUVRIERS ET DE CEUX QUI NE SAVENT FAIRE
QUE L'ADDITION ET LA SOUSTRACION

PAR

L'ABBÉ J.-B. VIDAL

curé de Châteaudouble (Var)

ancien Professeur de Mathématiques

Omnia in mensura et numero... disposuisti
Sap. C. II V. 21.

In numero est omnis operatio ejus
Eccl. C. XXXVIII V. 32.

DRAGUIGNAN
IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE GÉNÉRALES P. GIMBERT FILS
4, PLACE CLAUDE GAY, 4

1875

PROPRIÉTÉ DE L'AUTEUR

—

Tout exemplaire non revêtu de la signature de l'auteur sera considéré comme contrefait, et tout contrefacteur ou débitant de contrefaçons sera poursuivi selon la rigueur des lois.

J.-B. Vidal

AVIS

Il faut, pour bien comprendre cet opuscule, le lire, la plume à la main, et commencer par le commencement sans en rien omettre. Si on voulait l'entreprendre par le milieu, on risquerait de n'y rien comprendre.

PRÉFACE

—

Beaucoup de personnes désirant apprendre à tracer les cadrans solaires, ne trouvent, sur cette matière, que des ouvrages trop longs, trop scientifiques, et partant très obscurs, et sont obligées, faute de livres proportionnés à leur savoir, à renoncer à leur projet.

D'autres, ornées de connaissances superficielles et insuffisantes de cosmographie, s'imaginent qu'il suffit, pour faire un bon cadran, de prendre la direction de l'étoile polaire, et de fixer, dans un mur, une aiguille ou un axe parallèlement à cette direction, l'inclinant tant bien que mal sur ce mur et lui faisant faire, avec lui, un angle égal au complément de la hauteur du pôle. Mais comme d'une part, l'étoile polaire ne se trouve pas exactement sur le pôle, et qu'il est, d'un autre côté, très difficile, pour ne pas dire impossible, de donner à l'axe sa véritable inclinaison par ce procédé trop primitif et malheureusement trop en usage, il arrive qu'on voit très peu de bons cadrans solaires, et si on en rencontre deux qui ne soient pas éloignés l'un de l'autre, il sera bien rare de les voir marcher d'accord, preuve évidente que l'un ou l'autre se trompe, ou même encore, qu'ils sont dans l'erreur tous les deux.

Quelques amateurs ayant étudié le dessin linéaire ou la géométrie, essayent de tracer les cadrans par des procédés graphiques aussi précis en théorie qu'inexactes dans la pratique. En effet

outre la difficulté de tracer, avec précision, beaucoup de lignes dont la justesse dépend de la véritable direction d'autres lignes nombreuses et difficiles à déterminer, ils n'ont généralement, pour décrire certains angles, qu'un rapporteur insuffisant, à l'aide duquel on ne peut opérer qu'avec approximation.

Les officiers du génie, les mathématiciens profonds et quelques amateurs instruits sont seuls en mesure de tracer les cadrans solaires d'une façon irréprochable. Or, pour mettre cet art à la portée de tout le monde, nous avons entrepris cet opuscule. Nous l'avons rendu aussi court et aussi clair que possible, en écartant tous les procédés graphiques comme inutiles et défectueux, en n'enseignant jamais que le calcul le plus simple et menant droit au résultat.

Nous croyons avoir jeté assez de jour sur cette matière pour que les plus ignorants en mathématiques puissent la saisir. Mais, avouons avec franchise que nous nous sommes quelquefois aidés, dans notre travail, du magnifique ouvrage que nous a laissé, sur cette matière, le bénédictin Don Bédos. Nous n'avons certes pas la prétention d'égaliser ce savant praticien; mais, nous pouvons le dire cependant, l'usage du système métrique et les tables de logarithmes de La Lande nous ont permis de simplifier tellement ses procédés que, nous pouvons l'affirmer avec confiance, l'opuscule que nous offrons aujourd'hui au public est beaucoup plus simple et plus clair que le sien. Cependant nous avertissons le lecteur de deux choses : la première, qu'il ne nous comprendra pas s'il n'a pas l'attention de lire cet opuscule avec soin, en commençant par le commencement et en suivant toujours, sans omettre un seul paragraphe; la seconde est que, écrivant pour les ouvriers et pour des personnes peu instruites, nous avons dû tout sacrifier à la clarté, même la correction grammaticale.

J.-B. VIDAL.

LA GNOMONIQUE

OU L'ART DE TRACER

LES CADRANS SOLAIRES

CHAPITRE PREMIER

SECTION PREMIÈRE

Explication des termes et des principales opérations sur les lignes droites et circulaires.

1. *Horizontal* signifie qui est de niveau, qui n'est pas plus élevé d'un côté que de l'autre; de sorte que si l'on jetait de l'eau sur une surface bien horizontale ou de niveau elle se répandrait partout également.

Une ligne est horizontale quand elle est tirée bien de niveau.

2. *Une ligne est verticale* quand elle est bien à fil-à-plomb. Dans les cadrans que l'on fait sur les murailles la ligne de midi est toujours verticale ou à fil-à-plomb.

3. *Une ligne est perpendiculaire* quand elle tombe d'équerre sur une autre ligne. Il ne faut pas confondre le mot perpendiculaire avec le mot vertical; le mot vertical veut dire à fil-à-plomb, c'est-à-dire de haut en bas, comme la ligne que forme le fil d'un plomb suspendu librement. La ligne perpendiculaire se trouve quelquefois horizontale, quelquefois en pente et quelquefois verticale; mais elle est toujours à l'équerre ou à angle droit, sur une autre ligne; c'est là précisément ce qui l'a fait appeler perpendiculaire. Une ligne parfaitement horizontale ou de niveau est perpendiculaire à l'égard de la verticale; de même la verticale est perpendiculaire sur l'horizontale (voir fig. 1). Ainsi la ligne AB est perpendiculaire sur la ligne CD, parce que, quoique penchée, elle fait, sur la ligne CD, des angles d'équerre. De même la ligne CD est perpendiculaire sur la ligne AB.

4. Voici maintenant comment il faut s'y prendre pour élever une perpendiculaire à une ligne droite sur un point donné de cette droite (voir fig. 2). Prenons la droite AB sur laquelle il faut élever une perpendiculaire au point c. On ouvre le compas à volonté et, posant une des pointes sur le point c, on décrit, avec l'autre, les deux points D et F également éloignés du point c. On ouvre ensuite davantage le compas et des points D et F on décrit deux arcs qui se coupent au point E; de ce point d'intersection E des deux arcs, menons au point c la ligne EC, ce sera la perpendiculaire.

5. Si on avait une bonne équerre, on pourrait se passer du compas; il faudrait alors faire courir une branche dans le sens de la ligne AB, et quand l'angle arriverait au point c, on tirerait la perpendiculaire, en suivant l'autre branche avec le crayon.

6. Partager une ligne droite en deux parties égales, en élevant une perpendiculaire au milieu de cette ligne droite. Soit la ligne droite AB, au milieu de laquelle il faut élever une perpendiculaire (voir fig. 3). On ouvre le compas presque de toute la longueur de la ligne AB; et en plaçant une pointe à l'extrémité de la ligne, sur le point A on trace, avec l'autre pointe, en dessus et en dessous deux arcs en c et en D; puis plaçant la même pointe du compas sur le point B, on décrit, avec la même ouverture, deux autres arcs en c et en D, qui coupent les premiers. On tire une ligne CD qui, passant par les points d'intersection c et D, divise la droite AB en deux parties égales.

7. Deux lignes sont dites *parallèles* quand elles ne peuvent jamais se rencontrer, et qu'elles sont partout à égale distance l'une de l'autre (voir fig. 4). Les deux lignes AB et CD sont parallèles.

8. Mener une ligne parallèle à une autre. On suppose qu'il faut mener une parallèle à la ligne BC (voir fig. 5); vers les extrémités de la ligne BC, on pose une pointe de compas, et d'une ouverture convenable, à la distance que l'on veut donner à la parallèle, on décrit deux arcs A et G et l'on mène la parallèle AG, qui touche les deux arcs A et G. Remarquons que si l'on voulait que la parallèle AG fût à un décimètre de la ligne BC, il faudrait, pour tracer les arcs A et G, ouvrir le compas d'un décimètre.

9. Pour bien tirer une ligne droite qui doit passer par deux points marqués, il faut mettre la règle sur ces deux points, puis essayer, avec le crayon ou la plume, si l'on passera bien sur ces deux points, et ensuite tirer la ligne, en tenant toujours le crayon ou la plume également droit, sans le faire pencher plus au commencement qu'à la fin. Très peu de personnes sont capables de bien tirer une ligne droite, parce que beaucoup se dispensent d'y apporter une attention suffisante.

10. Le cercle est une figure ronde, formée par une ligne circulaire nommée *circonférence*, au milieu de laquelle est un point nommé centre, sur lequel on a placé une pointe du compas pour décrire, avec l'autre pointe, cette ligne circulaire. Par le mot cercle nous entendons le plus ordinairement la ligne courbe, que nous nommons aussi circonférence.

11. En général, il faut toujours concevoir le cercle, tant grand, que petit, divisé en 360 parties, qu'on appelle degrés; le degré se divise en 60 minutes, et la minute en 60 secondes, la seconde en 60 tierces, etc. On marque le degré par un petit zéro au-dessus du nombre, les minutes par une virgule, aussi au-dessus du nombre, et les secondes par deux virgules. Ainsi le nombre $48^{\circ} 36' 24''$ doit se lire 48 degrés, 36 minutes et 24 secondes.

12. Le rayon est une ligne droite, qui va du centre o à la circonférence. La ligne OA est un rayon (voir fig. 6).

13. Un arc est une ligne courbe qui fait partie de la circonférence. La ligne courbe AE est un arc.

14. Un angle est la rencontre de deux lignes en un point (voir fig. 7). Ainsi l'ouverture formée par les lignes BA et BC qui se touchent au point B forme un angle, dont le point B s'appelle le sommet. Les côtés d'un angle sont les deux lignes qui le forment; ainsi BA et BC sont les côtés de l'angle B.

15. On indique ordinairement un angle par trois lettres; celle du milieu dénote toujours le sommet. Par exemple, on dit l'angle ABC ou CBA.

16. Lorsqu'on parle d'un angle, on suppose toujours son sommet au centre du cercle, et ses deux côtés sont regardés comme des rayons du même cercle. L'arc qui se trouve entre ces deux côtés ou rayons désigne la valeur de l'angle, c'est-à-dire le nombre de degrés qu'il contient (voir fig. 8). Par exemple, l'angle EBD a son sommet au centre B du cercle; si l'arc ED contient 60° ou 80° , l'angle EBD sera de 60° ou 80° . Si l'arc ED est le quart de la circonférence, l'angle EBD vaudra le quart de 360° , c'est-à-dire 90° ; si cet arc n'est que le tiers, l'angle EBD vaudra le tiers de 360° , c'est-à-dire 120° . On voit donc par là que la valeur d'un angle ne dépend pas de la longueur de ses côtés; si longs ou si courts que soient ses côtés, la valeur d'un angle est la même, parce que un grand cercle et un petit sont toujours également divisés en 360° .

17. La corde d'un arc ou d'un angle est une ligne droite qui se termine aux deux extrémités de cet arc ou aux deux extrémités de ses côtés pris comme rayons. Ainsi la ligne droite ED est la corde de l'arc ED et de l'angle EBD.

18. Le complément d'un angle est ce qu'il faut ajouter à cet angle pour avoir un angle droit, ou 90° . Ainsi le complément d'un

6, 8, 10, etc., etc.), on prend séparément la moitié des degrés et des minutes. Exemple : la moitié de $42^{\circ} 30'$ est $21^{\circ} 15'$. Mais comme les degrés se divisent en 60' et les minutes en 60'', si le nombre de degrés dont il faut prendre la moitié est impair (les nombres impairs sont ceux qui sont terminés par les chiffres 1, 3, 5, 7, 9), on enlève 1 à ce nombre de degrés, avant d'en prendre la moitié et on ajoute 60 aux minutes. Exemple : Quelle est la moitié de $13^{\circ} 10'$? En enlevant 1 à 13 et en ajoutant 60 à 10, nous avons $12^{\circ} 70'$ dont la moitié est $6^{\circ} 35'$. Nous disons en effet, la moitié de 12 est 6, et puis 10' et 60' font 70'; la moitié de 70' est 35', ce qui fait $6^{\circ} 35'$.

27. Si les minutes forment un nombre impair, il reste 30''. Exemple : la moitié de $9^{\circ} 5'$ est $4^{\circ} 32' 30''$. Nous disons, la moitié de 9 est 4, et nous retenons 1° qui vaut 60'; 60' ajoutées à 5' font 65'; la moitié de 65' est 32' et $1/2$, ou 32' et 30''. De même la moitié de 45° est $22^{\circ} 30'$. La moitié de $45^{\circ} 33'$ est $22^{\circ} 46' 30''$. La moitié de $51^{\circ} 45'$ est $25^{\circ} 52' 30''$, etc.

SECTION III

Du complément arithmétique.

28. Pour trouver le complément arithmétique d'un nombre, il faut retrancher le dernier chiffre de ce nombre de 10 et tous les autres de 9.

Exemples :

Quel est le complément arithmétique de 9. 83712?

De 9. 9999¹⁰

Otons 9. 83712 nombre dont nous voulons le compl. arithm.

Reste 0. 16288 complém. arithm. de 9. 83712. Nous disons: de 10 ôté 2 reste 8; de 9 ôté 1 reste 8; de 9 ôté 7 reste 2; de 9 ôté 3 reste 6; de 9 ôté 8 reste 1; de 9 ôté 9 reste 0, et nous avons 0. 16288 qui est le complément arithmétique de 9. 83712.

Nous trouverions de même le complément arithmétique de 8. 65432, en retranchant, comme nous l'avons dit, le dernier chiffre de 10 et tous les autres de 9.

De 9. 9999¹⁰

Otons 8. 65432

Reste 1. 34568 qui est le complém. arithm. de 8. 65432.

Quand on en a un peu l'habitude, on a sitôt fait de copier le complément arithmétique d'un nombre, que le nombre lui-même.

29. Le complément arithmétique est très utile, en ce qu'il permet de convertir toutes les soustractions en additions.

SECTION IV

Explication des termes particuliers à la Gnomonique. — Instruments nécessaires à la construction des cadrans.

30. *La Gnomonique* est l'art de tracer les cadrans solaires.

31. *Un plan* est une surface sur laquelle on trace un cadran solaire, qui marque l'heure au moyen de l'ombre du style ou aiguille.

32. *L'aiguille*, le *style* ou *l'axe* (car ces trois mots signifient la même chose) est une verge de fer insérée dans le plan du cadran. Cette verge marque les heures par son ombre.

33. Le *pôle* est le point du ciel autour duquel tournent toutes les étoiles. Tout près du pôle, il y a une belle étoile qu'on appelle *l'étoile polaire*; toutes les autres étoiles tournent autour de celle-ci, qui seule semble ne pas bouger. Si les aiguilles des cadrans solaires étaient prolongées, elles iraient, d'un bout, aboutir au pôle, tout près de l'étoile polaire, et de l'autre, au centre de la terre. Quelques praticiens peu habiles se servent de l'étoile polaire pour donner, aux aiguilles des cadrans solaires, la direction du pôle; mais leur procédé étant trop grossier et ne pouvant conduire qu'à des résultats erronés, nous ne nous y arrêtons pas.

34. *La hauteur du pôle* ou la *latitude* (car ces deux mots, pour nous, signifient la même chose) est la distance, en degrés, depuis l'horizon jusqu'au pôle. Le pôle n'est pas également élevé dans tous les pays; à mesure que l'on s'avance vers le Nord, cette hauteur devient plus grande, et elle devient plus petite à mesure que l'on marche vers le Midi. Mais cette hauteur ne change pas si on se di-

rige vers le Levant ou vers le Couchant. Comme on ne peut faire un bon cadran solaire sans connaître la hauteur du pôle du lieu où l'on veut le construire, nous enseignerons plus tard à la trouver.

35. *Le méridien* est une ligne qui est censée tirée du point du Midi vers le point du Nord de la terre, en passant à un point, quel qu'il soit. On peut supposer qu'à tous les points de la terre, il y a un méridien qui va du Midi au Nord, passant par ce point. Sur les cartes de géographie, les méridiens sont tirés et marqués de degré en degré; ce sont des lignes qui vont de haut en bas de la carte.

36. *La soustylaire* est une ligne sur laquelle on place toujours l'aiguille ou l'axe. Dans les cadrans horizontaux, la soustylaire n'est pas différente de la ligne de midi. Mais dans les cadrans verticaux (que l'on trace sur les murailles), elle est différente quand ces cadrans déclinent ou sont tournés plus ou moins vers le Levant ou vers le Couchant. Mais si ces cadrans ne déclinent pas, c'est-à-dire s'ils sont bien exactement tournés vers le Midi, la soustylaire est encore la ligne de midi. La soustylaire passe toujours par le centre du cadran.

37. *Le centre du cadran* est le point où vont aboutir toutes les lignes des heures. Quelquefois le centre du cadran se trouve hors du cadran, comme nous le verrons dans la suite.

38. *La déclinaison du plan* est l'angle qui manque à ce plan pour être exactement tourné vers le Midi. Si un mur est bien exactement tourné vers le Midi, ce mur ne décline pas du tout. S'il s'en faut de trois degrés qu'il soit bien tourné vers le Midi, il décline de 3°, etc. Nous donnerons plus tard le moyen de trouver cet angle de la déclinaison du plan.

SECTION V

Instruments

39. On ne parviendra jamais à construire, comme il faut, un cadran solaire, sans instruments, quelque science et quelque habileté que l'on ait. La précision d'un cadran dépend beaucoup de la justesse des instruments employés.

40. Il faut avoir, pour tracer les petits cadrans sur le papier, sur

l'ardoise, sur les briques ou sur le marbre, *une boîte de compas*, dont les pointes soient bien effilées.

41. Pour construire les cadrans solaires sur les murailles, il faudra se procurer un compas assez grand pour qu'on puisse l'ouvrir d'un mètre cinquante centimètres. Il sera mieux de faire confectionner, par un menuisier, un compas à verge, appelé par les tonneliers *cintureau*. Ce compas est trop connu de tout le monde pour que nous soyons obligé d'en donner la description. Il est très commode pour tracer les cercles sur les murailles.

42. Il faut aussi se procurer une ou deux règles longues d'un peu plus d'un mètre, plates et bien droites, et avec une arête abattue. Comme ces règles sont sujettes à se voiler, il faut les faire redresser par un bon menuisier, avant de s'en servir.

43. On doit avoir un bon niveau à bulle d'air pour tirer les lignes horizontales et pour bien placer les cadrans horizontaux. Pour s'assurer si le niveau à bulle d'air est juste (on en vend beaucoup qui ne le sont pas), il faut placer, avec un niveau, une règle bien horizontalement, et, sans bouger la règle, tourner le niveau en sens inverse, c'est-à-dire de droite à gauche; si la bulle d'air vient encore au milieu, le niveau est bon.

44. On doit avoir aussi un fil-à-plomb suspendu par un fil de soie.

45. Il est indispensable de faire construire un *faux style*, dont nous allons donner la description (voir fig. 9). Faites confectionner à un menuisier une planche de bois tendre bien sec, de 0^m,40 à 0^m,50 centimètres de long sur 0^m,25 à 0^m,30 centimètres de large, et un pouce, à peu près, d'épaisseur. Sur une des arêtes les plus longues, faites enchasser, d'équerre, un liteau de bois, carré, de 30 à 50 centimètres de long (AB représente ce liteau carré) de manière que lorsque la planche CED sera appliquée sur une muraille, cette liste de bois soit dressée perpendiculairement sur cette muraille. Afin que ce liteau carré soit bien solidement placé d'équerre, il faudra faire coller, à son pied, un ou deux soutiens qui le maintiendront dans la position qu'il doit garder. L'extrémité A du liteau devra être coupée à biseau, c'est-à-dire coupée à onglet. Sur ce biseau de l'extrémité A vous clouerez une plaque de fer blanc percée d'un trou rond, de 3 à 5 millimètres de diamètre ou de large. Au lieu d'une plaque de fer blanc, on pourrait clouer une carte à jouer, percée d'un trou rond, comme nous l'avons dit; mais la carte se voilant au soleil, il vaut mieux employer le métal. Ce trou rond de la plaque ne doit pas arriver au milieu du liteau, mais bien sur l'arête AB, de manière qu'en regardant, comme le font les menuisiers, pour voir si l'arête AB est bien droite, on voie le milieu du trou de la plaque correspondant bien exactement avec l'arête AB, c'est-à-dire qu'il

faut que le centre du trou de la plaque se trouve bien sur l'arête AB. A l'extrémité de l'arête BA, au point A, il faudra, avec un couteau, couper un peu l'arête pour qu'elle n'empêche pas la lumière du soleil de passer par le trou de la plaque.

46. La double équerre de bois, qui est absolument indispensable pour poser l'aiguille ou l'axe des cadrans solaires, n'est pas autre chose qu'une planche bien dressée d'un côté (voir fig. 10), sur laquelle planche on fait clouer une liste de bois bien d'équerre avec le côté bien dressé AB. Cette liste ne doit point parvenir jusqu'à l'arête AB, mais s'arrêter vers le point S. La planche AB doit avoir de 40 à 60 centimètres de long et la règle si doit avoir, parfois 30, parfois 50, 60 ou même 80 centimètres. Aussi vaut-il mieux la faire clouer plus longue que trop courte. Il faut que cette règle soit clouée bien d'équerre sur la ligne AB, c'est-à-dire que la ligne IS ne penche pas plus vers le point B que vers le point A, mais qu'elle fasse les angles d'équerre IOB et IOA.

Du Mètre.

47. Les ouvriers ont tous la prétention de connaître le mètre qu'ils ont chaque jour entre leurs mains; mais comme beaucoup ne possèdent, sur cette mesure, qu'une connaissance superficielle, nous allons en donner la description, avec une courte instruction sur son usage.

Le mètre que l'on doit se procurer doit être de métal, cuivre ou acier, assez fort, et portant les millimètres marqués jusqu'au bout, c'est-à-dire tout le long.

Le mètre de métal se divise en dix morceaux, qui se plient les uns sur les autres. Ces morceaux s'appellent les *décimètres*. Chaque *décimètre* est lui-même partagé par dix lignes assez longues et marquées de chiffres. Ces dix lignes, qui partagent en dix parties chaque *décimètre*, s'appellent *centimètres*, parce qu'il y en a cent dans le mètre.

Quoique les centimètres ne soient pas plus longs que la largeur d'un ongle ordinaire, ils sont cependant divisés ou partagés aussi en dix parties qu'on appelle *millimètres*, parce qu'il y en a mille dans le mètre entier. (Les millimètres ne sont marqués que sur les mètres de métal).

Les *millimètres* sont très petits (l'épaisseur d'un sou est, à peu près, d'un millimètre). Mais, si petits qu'ils soient, on les suppose encore divisés chacun en dix parties qu'on appelle *dimillimètres*.

Les dimillimètres ne peuvent pas se marquer sur le mètre tant ils sont petits.

SECTION VI

Comment on doit écrire les décimètres, les centimètres, les millimètres et les dimillimètres.

48. Si en mesurant une distance nous trouvons qu'elle a 3 décimètres de long, il faut, pour écrire cette longueur, poser zéro mètre, virgule, et puis trois décimètres; de cette manière $0^m,3$. Si nous trouvons 6 décimètres, il faudrait de même écrire $0^m,6$ et ne pas nous contenter d'écrire simplement 6, qui pourrait signifier 6 mètres, plutôt que 6 décimètres.

Mais il est très rare qu'on trouve exactement un nombre complet de décimètres. Nous supposons donc qu'il faille écrire cinq décimètres et six centimètres, ou soit 56 centimètres; il faudra les écrire ainsi : $0^m,56$. S'il fallait mesurer une ligne si courte qu'elle n'eût pas même un décimètre, mais seulement 4 centimètres, il faudrait écrire 0 mètre, virgule, 0 décimètre et 4 centimètres; de cette manière : 0,04.

Les ouvriers n'ont généralement besoin, quand ils prennent des mesures, que de compter les centimètres; mais comme il faut une très grande précision quand on trace les cadrans solaires, on doit, en mesurant une ligne, compter non seulement les décimètres et les centimètres, mais encore les millimètres et autant que possible les dimillimètres. Si donc nous mesurons une ligne qui eût 0,35 centimètres et 4 millimètres, il faudrait écrire qu'elle a 0,354.

Si cette ligne n'avait que 4 centimètres et 6 millimètres, nous écririons 0,046. Si elle ne contenait que 8 millimètres, nous écririons 0,008.

Pour écrire 3 centimètres 7 millimètres et demi, nous mettrions 0,0375 (le demi est toujours un 5 placé après les autres chiffres).

Si nous voulions écrire 4 décimètres 5 centimètres 3 millimètres et à peu près 4 dimillimètres, nous mettrions 0,4534.

Il ne sera pas possible de faire un cadran solaire par le calcul, si l'on ne mesure pas exactement les lignes indiquées, ou si

L'on ne sait pas écrire correctement les mesures de la manière que nous venons d'indiquer. Il est donc indispensable de saisir tout ce qui précède, si l'on ne veut pas tomber dans des erreurs grossières; car c'est ici le fondement de tout le système que nous allons développer. Aussi donnerons-nous encore quelques exemples.

35 centimètres et 3 millimètres s'écriront : 0,353; 40 cent. et 5 millim., 0,405; 5 millim. et 3 dimillim., 0,0053; 1 mètre 40 cent. et 6 millim., 1,406; 10 mètres et 6 millim., 10,006.

49. De même si l'on trouve, par exemple, qu'une corde a 0,5068, il faudra dire que cette corde a 50 centimètres 6 millimètres et 8 dimillimètres, ou bien qu'elle a 507 millimètres (en augmentant de 1 l'avant-dernier chiffre, et en retranchant le dernier qui est un 8).

Si l'on trouve une corde de 0,0671, il faudra dire qu'elle a 67 millimètres (en négligeant le dernier chiffre qui est 1).

Si l'on rencontre une corde de 0,0039, il faudra savoir qu'elle a 39 dimillimètres ou soit 4 millimètres, en retranchant le dernier chiffre 9 et augmentant de 1 l'avant-dernier.

50. *Remarque.* — Quand le quatrième chiffre est un 1 ou un 2, on le néglige. Si c'est un 4, un 5, un 6 ou un 7, on l'évalue à peu près en mesurant, et si c'est un 8 ou un 9, on augmente de 1 les millimètres et l'on retranche le dernier chiffre. C'est ce qu'on appelle forcer le millième.

SECTION VII

Explication des Tables des Logarithmes. Des nombres naturels.

51. Nous allons expliquer l'usage des tables de logarithmes de La Lande. Ces tables sont les plus petites et se trouvent entre les mains presque de tout le monde. D'ailleurs, leur acquisition ne constitue pas une dépense, puisqu'on les vend au prix de 1 à 2 francs, chez tous les libraires et à Paris chez Firmin Didot, rue Jacob, 56, ou bien chez Bachelier, imprimeur, quai des Augustins, 55.

Ce petit opuscule, dont nous allons expliquer l'usage, est indispensable à tous ceux qui liront ce qui va suivre; ils ne pourraient nous comprendre sans le secours de cet ouvrage.

Le chapitre que nous allons développer contenant les bases de tous les calculs nécessaires à la construction d'un bon cadran solaire, il est très important qu'il soit bien compris et qu'il soit lu avec la plume à la main, afin de pouvoir s'en rendre un compte exact.

52. Les logarithmes sont des nombres admirables que le savant Néper inventa en 1614. Employés dans les calculs, ils les abrègent d'une façon surprenante et les rendent si faciles que tout le monde peut les effectuer. Il est facile, par leur concours, de faire dans moins d'une heure, ce que l'on ferait à peine dans un jour avec un travail très pénible, si l'on n'y avait pas recours. Sans les logarithmes, en effet, on serait obligé de faire des multiplications pour ainsi dire interminables, suivies de divisions non moins longues. Des erreurs, d'ailleurs, se glissent facilement dans les opérations d'arithmétique dans lesquelles entrent une grande quantité de chiffres, tandis qu'en se servant des logarithmes ces opérations deviennent très courtes, fort simples et faciles et, par conséquent, beaucoup moins sujettes à erreur.

LOGARITHMES DES NOMBRES NATURELS

53. Il existe deux sortes de tables de logarithmes; les tables de logarithmes des nombres naturels 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, etc., jusqu'à 10,000 et les tables de logarithmes des sinus et des tangentes.

Commençons par expliquer d'abord les logarithmes des nombres naturels.

54. Dans les tables de La Lande dont nous avons parlé plus haut, chaque page renferme trois colonnes doubles. En tête de la première colonne est écrit le mot *nombre* et au-dessous se trouvent les nombres naturels 1, 2, 3, 4, 5, 6, jusqu'à 30.

En tête de la seconde colonne est écrit le mot *logarithme* et au-dessous, en regard du nombre 1, se trouve son logarithme qui est 0.00000. En regard du nombre 2 de la première colonne on trouve dans la seconde son logarithme qui est 0.30103. En regard du nombre 3 de la première colonne on trouve dans la seconde son logarithme qui est 0.47712, et ainsi de suite, en regard de chaque nombre de la première colonne on trouve son logarithme dans la seconde. Le nombre 30 et son logarithme étant tout à fait au bas de la page, pour connaître le logarithme du

nombre 31 il faut recourir à la deuxième colonne, en tête de laquelle est placé ce nombre et en regard, dans la 2^{me} colonne, on trouve son logarithme qui est 1.49136. On continue ainsi jusqu'à la fin de la page et l'on remonte ensuite aux deux colonnes suivantes pour avoir successivement les logarithmes des nombres que l'on a besoin de connaître. Ainsi le logarithme de 99, par exemple, c'est 1.99564 qui se trouve en regard de ce nombre dans les tables.

Le logarithme de 105 est 2.02119

Le logarithme de 340 est 2.53148

Le logarithme de 986 est 2.99388

Le logarithme de 1326 est 3.12254

55. Lorsque, en poursuivant les tables, on arrive au nombre 1000, on rencontre, entre les colonnes doubles qui contiennent l'une les nombres naturels et l'autre leurs logarithmes, une autre petite colonne en tête de laquelle est écrit un D. Cette dernière colonne renferme la différence qui existe entre deux logarithmes consécutifs. Mais, comme on ne se sert jamais de cette différence dans la construction des cadrans solaires, nous pouvons nous dispenser d'en indiquer l'usage.

DE LA CARACTÉRISTIQUE DES NOMBRES ENTIERS

56. Il faut remarquer que le premier chiffre d'un logarithme est séparé par un point des autres qui le suivent. Ce premier chiffre ainsi séparé des autres s'appelle : *La caractéristique du logarithme.*

La caractéristique des nombres depuis 1 jusqu'à 10 est 0.

La caractéristique des nombres compris entre 10 et 100 est 1.

La caractéristique des nombres compris entre 100 et 1000 est 2.

A partir de 1000 jusqu'à 10,000 la caractéristique est 3.

Celle de 10,000 jusqu'à 100,000 est 4.

Ainsi, si nous cherchons le logarithme de 340, nous trouvons 2.53148, dont la caractéristique est 2. Le logarithme de 2628 est 3.41963, dont la caractéristique est 3.

DE LA CARACTÉRISTIQUE DES MÈTRES, DES DÉCIMÈTRES.

DES CENTIMÈTRES, DES MILLIMÈTRES, ETC.

57. Lorsque un ou plusieurs chiffres d'un même nombre sont séparés par une virgule, comme, par exemple, dans le nombre 45^m, 55, le logarithme de ce nombre est le même que s'il n'y

avait pas de virgule ; mais dans ce cas la caractéristique doit être écrite, comme on l'écrirait s'il ne se trouvait plus aucun chiffre après la virgule. Ainsi le logarithme de 45,55 est le même que celui de 4555 ; mais la caractéristique n'est que celle de 45. Or, le logarithme de 4555 étant 3.65849, celui de 45,55, sera, en changeant la caractéristique, 1.65849.

Le logarithme de 5 mètres, 45 centimètres ou de 5,45 est le même que celui de 545, mais en changeant en 0, la caractéristique 2 de ce dernier nombre. Ainsi au lieu d'écrire 2.73640 qui est le logarithme de 545, nous écrirons 0.73640, parce qu'en retranchant les deux chiffres 45 qui se trouvent après la virgule, il ne reste que 5 dont la caractéristique est 0.

De même, dans le logarithme de 54,5 qui est 1.73640, nous écrivons 1 à la caractéristique, parce que la caractéristique de 54 est 1, quoique le logarithme de 54,5 soit 2.73640.

58. Lorsque dans un nombre, les mètres sont représentés par un 0 et que le premier chiffre qui suit la virgule est un chiffre significatif, la caractéristique de ce nombre est 9.

Exemples :

Le logarithme du nombre 0 mètre, 545 millimètres aura pour caractéristique 9. Après avoir cherché dans les tables le logarithme de 545 qui est 2.73640 nous l'écrivons ainsi : 9.73640.

De même, si nous avons à déterminer le logarithme de 0,27 centimètres, comme ce nombre contient 2 décimètres (les décimètres sont placés immédiatement après la virgule), nous cherchons le logarithme de 27, qui est 1.43136 et nous l'écrivons avec la caractéristique 9, de la manière suivante : 9.43136 ; et le nombre 9.43136 est le logarithme de 0,27 centimètres ou soit de 2 décimètres 7 centimètres.

59. Lorsque, dans un nombre, le chiffre placé avant la virgule et le premier chiffre qui la suit sont des zéros, c'est-à-dire, lorsque le premier chiffre significatif indique des centimètres, la caractéristique du logarithme de ce nombre est 8. Ainsi pour avoir le logarithme de 0,056, nous cherchons le logarithme de 56 qui est 1.74819. Or, comme le premier chiffre significatif du nombre proposé exprime des centimètres, nous écrivons 8.74819, parce que la caractéristique 8 indique que le premier chiffre significatif du nombre proposé représente des centimètres.

60. Lorsque dans un nombre le chiffre placé avant la virgule et les deux premiers qui la suivent sont des zéros, la caractéristique du logarithme de ce nombre est 7. Ainsi, le logarithme de 0^m, 0094 est 7.97313. En effet, le premier chiffre significatif de

ce nombre occupant la place des millimètres, c'est-à-dire le troisième rang après la virgule, la caractéristique du logarithme de ce nombre doit être 7. Or, en procédant comme nous l'avons fait ci-dessus, nous cherchons le logarithme de 94 qui est 1.97313 et nous l'écrivons 7.97313.

Remarques :

61. Il arrive quelquefois qu'en faisant les opérations des calculs la caractéristique devient 19, 18 ou 17. Dans ce cas on supprime le chiffre 1 et il reste pour caractéristique 9, 8 ou 7.

62. Il peut arriver aussi que d'un logarithme dont la caractéristique est 8, par exemple, on ait à soustraire un autre logarithme dont la caractéristique est 9. Dans ce cas, quand on est arrivé à la caractéristique au lieu de dire de 8 ôté 9, on dit de 18 ôté 9, il reste 9. Exemple : du logarithme 8.36412 il faut retrancher le logarithme 9.43346,

Nous faisons l'opération de la manière suivante

de	18.36412
retranchons	9.43346
il reste	8.93066

Il peut encore arriver que d'un logarithme dont la caractéristique est 0 on ait à retrancher un autre logarithme dont la caractéristique est 9 ; dans ce cas on fait l'opération tout comme s'il y avait 10 à la place de 0.

exemple : de	0.84643
ôtons	9.48344
il reste	1.36299

arrivé à la caractéristique nous dirons de 10 ôté 9 reste 1.

SECTION VIII

Explication des tables des logarithmes, des sinus et des tangentes.

63. Il est essentiel de bien remarquer la disposition des tables des sinus et des tangentes pour pouvoir s'en servir avec avantage. Mais, qu'il nous soit permis de faire observer, une fois encore, qu'il est impossible au lecteur de comprendre ce qui va suivre s'il n'a pas sous les yeux, les tables des sinus et des tangentes, qui se trouvent à la fin de l'opuscule de La Lande.

Chaque page est divisée en huit colonnes verticales. Dans la

première colonne des pages, à gauche du lecteur, on a placé les minutes des degrés qui vont de haut en bas, en commençant par 0 minutes ou 0' et en suivant par les nombres 1, 2, 3, 4, 5, minutes jusqu'au nombre 30' qui se trouve tout à fait au bas de la page à droite.

Pour éviter d'avoir de trop longues pages, ce qui serait arrivé s'il avait fallu écrire les unes sous les autres toutes les minutes à partir de 1' jusqu'à 60', on les a disposées en deux pages qui, en réalité, n'en font qu'une et qui sont toujours vis-à-vis l'une de l'autre.

64. En tête de la seconde colonne de chaque page est écrit le mot *sin.* qui signifie *sinus* et à côté de ce mot un chiffre, de cette manière, *sin. 3°* par exemple ; ce chiffre indique le degré.

Dans cette colonne on trouve tous les sinus, de minute en minute, du degré qui est écrit en tête, à côté du mot *sin.* De sorte que, en regard de chaque chiffre qui indique les minutes, on trouve son sinus dans la colonne suivante. Ainsi, dans les pages en tête desquelles est écrit *sin. 3°*, en regard de 0' l'on trouve le sinus de 3°. En regard de 1', le sinus de 3° 1' ; en regard de 2', le sinus de 3° 2' et ainsi de suite jusqu'à 3° 30' qui est au bas de la page. Si l'on veut connaître les sinus des degrés dont les minutes dépassent 30, il faut les chercher dans les pages à droite.

65. *Remarque.* Nous appelons, dans cet ouvrage, *sinus, tangentes, cosinus, cotangentes*, tout court, ce que les mathématiciens nomment logarithmes sinus, logarithmes tangentes, logarithmes cosinus, logarithmes cotangentes.

66. Dans la troisième colonne, en tête de laquelle est écrit un *D* qui signifie différence, on trouve la différence qui existe entre deux sinus consécutifs. Mais, en gnomonique, on ne se sert presque jamais de cette colonne.

67. On a placé les tangentes dans la quatrième colonne de chaque page. De sorte que si nous voulons connaître la tangente de 4° 3', par exemple, il faut chercher la page en tête de laquelle on trouve 4° et descendant dans la première colonne de la page à gauche, en regard du chiffre 3' dans la seconde colonne nous trouvons le sinus de 4° 3' et à la quatrième la tangente que nous cherchons. Cette tangente est ici, pour 4° 3', 8.85006.

68. Dans la cinquième colonne, en tête de laquelle on voit les lettres *D. C.* qui signifient différence entre deux cotangentes, on trouve la différence qui existe entre deux tangentes et deux cotangentes consécutives. Mais, en gnomonique on fait rarement usage de cette colonne.

69. La sixième colonne, en tête de laquelle on a placé le mot *cot.* contient, de minute en minute, les cotangentes de toutes les

minutes du degré qui est écrit en tête de la colonne. Si donc nous voulons connaître la cotangente de $20^{\circ} 32'$, nous cherchons la page à droite, en tête de laquelle on voit 20° et descendant, à la première colonne jusqu'au point où nous rencontrons $32'$, nous suivons horizontalement sur la même ligne jusqu'à la sixième colonne et nous trouvons la cotangente cherchée qui est 0.42649.

70. Nous agirons de la même manière pour trouver les cosinus qui sont placés dans la 7^{me} colonne, en tête de laquelle est écrit le mot *cos*.

71. On ne fait presque jamais usage de l'avant dernière colonne qui contient les différences existant entre deux cosinus consécutifs.

72. Si l'on a à déterminer des sinus, des tangentes etc. des degrés plus grands que 44, il faut chercher ces degrés au bas des pages des tables en venant de la fin vers le commencement. A la fin de l'ouvrage et au bas de la dernière page il y a 45° ; en revenant vers le commencement on trouve successivement, toujours au bas de la page 46° , 47° , 48° etc. Pour tous ces degrés, à partir de 45° , les minutes au lieu de commencer en haut partent du bas de la page à la dernière colonne à droite et vont en montant.

Le sinus du degré qui est écrit au bas de la page devient le cosinus du degré écrit en haut de la même page dans la même colonne; la tangente du degré marqué au bas de la page est la cotangente du degré qui se trouve en haut de la même page. De sorte que dans la seconde colonne on voit en haut *sinus* et en bas *cosinus*; dans la quatrième colonne, en haut *tangente* et en bas *cotangente*; et enfin dans la sixième, *cotangente* en haut et *tangente* en bas, etc.

Soit donc à déterminer le sinus de $73^{\circ} 9'$. Pour y parvenir nous prenons à la page des tables, au bas de laquelle on trouve 73° , en remontant à la dernière colonne à droite jusqu'au chiffre 9, le sinus qui est à côté 9.98094 (ce nombre est aussi le cosinus de $16^{\circ} 51'$). En suivant sur la même ligne horizontale nous trouvons que la tangente de $73^{\circ} 9'$ est 0.51874 (ce nombre est aussi la cotangente de $16^{\circ} 51'$). Et enfin la cotangente de $73^{\circ} 9'$, qui est pareillement la tangente de $16^{\circ} 51'$, est 9.48126, et son cosinus 9.46220.

Si maintenant nous voulons connaître le sinus de $57^{\circ} 33'$, nous procédons de la manière que nous venons d'indiquer ci-dessus et nous prenons, à la page au bas de laquelle nous trouvons 57° , en montant à la page à gauche jusqu'à la rencontre du chiffre 33 de la dernière colonne, le sinus qui est à côté 9.92627; la tangente de $57^{\circ} 33'$ est aussi à côté et marquée par le nombre 0.19665, sa cotangente est 9.80335; son cosinus placé également à côté, est 9.72962.

73. Il arrive quelquefois que l'on ne trouve point d'une manière exacte dans les tables la *tangente*, le *sinus*, la *cotangente* ou le *cosinus* que l'on cherche. Dans ce cas on prend toujours celui qui s'en rapproche le plus. Cette règle s'applique non seulement aux *sinus* et aux *tangentes*, mais encore aux logarithmes des nombres naturels. Ainsi nous dirons que le sinus 9.46681 est le sinus de $17^{\circ} 2'$ quoique le véritable sinus de $17^{\circ} 2'$ soit 9.46676; mais c'est le nombre qui se rapproche le plus du sinus de $17^{\circ} 2'$, voilà pourquoi nous disons que c'est son sinus, bien qu'il ne le soit pas d'une manière rigoureusement exacte.

74. Ainsi nous voyons, d'après ce qui précède et en examinant les tables avec attention, 1^o que nous trouvons sur la même ligne horizontale le *sinus*, la *tangente*, la *cotangente* et le *cosinus* des degrés marqués en tête ou au bas de la colonne; 2^o que le *sinus* du degré écrit au haut de la colonne est en même temps le *cosinus* des degrés marqués au bas; que la *tangente* du degré qui se trouve en haut de la colonne est la *cotangente* du degré qui est écrit au bas; que la *cotangente* devient la *tangente* et que le *cosinus* devient le *sinus* du degré marqué au bas de la colonne et réciproquement: c'est-à-dire que le nombre qui est *sinus*, *tangente*, etc. du degré écrit en bas de la colonne devient *cosinus*, *cotangente*, etc. du degré écrit en tête de la même colonne. De sorte que le même nombre est toujours à la fois *sinus* et *cosinus*, mais de degrés différents; le même nombre est aussi toujours *tangente* et *cotangente*, mais de degrés également différents. Le sinus de 20° devient le cosinus de 70° et le sinus de 70° devient le cosinus de 20° , etc.

75. Il est à remarquer que la tangente de 45° est 0.00000 (1) dont la caractéristique est 0 et que celle de $89^{\circ} 59'$ a, pour caractéristique, un 3; par conséquent toutes les fois qu'une tangente a, pour caractéristique, soit 0, soit 1, soit 2, soit 3, c'est une preuve qu'elle appartient à un degré plus grand que 45° et il faut alors la chercher parmi les tangentes qui du bas de la page vont en montant. Exemple: 0.07824 est la tangente de $50^{\circ} 8'$.

76. Pour trouver le sinus, la tangente, le cosinus, la cotangente d'un nombre de degrés plus grand que 90° , il faut prendre le sinus, la tangente, le cosinus, la cotangente du supplément de ce nombre de degrés. Exemple: Quel est le sinus de $108^{\circ} 2'$? C'est le sinus de son supplément $71^{\circ} 58'$ qui est 9,97812. La tangente de 100° est la tangente de son supplément 80° , qui est 0,75368.

(1) Dans les tables imprimées par Bachelier la tangente de 45° est 10.00000 au lieu de 0.00000. Il sera facile de retrancher le 1 de la caractéristique.

TROUVER LE COMPLÉMENT D'UN NOMBRE DE DEGRÉS

77. Le complément des degrés écrits en tête de la page se trouve au bas de la même page ; et le complément de chaque nombre de minutes écrit dans la première colonne se trouve dans la dernière, sur la même ligne horizontale. Nous voulons savoir, par exemple, quel est le complément de $20^{\circ} 26'$. Nous regardons au bas de la page, en tête de laquelle il y a 20° et nous voyons 69° . Sur la même ligne horizontale que $26'$ nous trouvons à la dernière colonne $34'$. Le complément de $20^{\circ} 26'$ est donc $69^{\circ} 34'$.

CHAPITRE II

Des Cordes.

78. La corde d'un arc, comme nous l'avons dit, article 17, est la ligne droite qui unit les deux extrémités de cet arc. Ainsi, la ligne droite AB est la corde de l'arc ACB (fig. 11).

Tous les angles sont censés être terminés par leurs arcs et par leurs cordes. Ainsi l'angle AOB (fig. 11) est terminé par la corde AB et par l'arc ACB.

Les arcs étant formés par des lignes courbes ne peuvent se mesurer que très difficilement, tandis que les *sinus* qui sont des lignes droites se mesurent avec la plus grande précision. De même qu'on a calculé les sinus, les *tangentes*, etc. de tous les degrés et de chacune de leurs minutes, lorsque le rayon est un mètre ; de même aussi on a calculé la longueur des cordes de tous les degrés et de toutes les minutes et de tous ces calculs on a formé des tables qui sont à la fin de cet ouvrage. Pour opérer les calculs nous nous servirons toujours des sinus et des tangentes, mais pour décrire les angles nous ne ferons usage que des cordes.

EXPLICATION DE LA TABLE DES CORDES QUI SE TROUVE A LA FIN DE CET OUVRAGE.

79. Cette table contient les cordes de tous les angles ou de tous les arcs quand le rayon est un mètre.

80. Chaque page contient les cordes de neuf degrés consécutifs de minute en minute. On trouve à la première colonne les minutes depuis $0'$ jusqu'à $60'$ et aux autres, les cordes du degré écrit en tête de la colonne. Veut-on, par exemple, avoir la corde de $4^{\circ} 8'$? on prend la première colonne de la première page et descendant jusqu'à la neuvième ligne où il y a $8'$ on suit horizontalement cette ligne jusqu'à la colonne, en tête de laquelle on trouve 4° et on prend le nombre 0,0721 placé dans cette colonne

sur la même ligne horizontale que $8'$. Ce nombre 0,0721 est la corde de $4^{\circ} 8'$. On trouve de même que la corde de $41^{\circ} 6'$ est 0.7020. La corde de $36^{\circ} 36'$ est 0.6280. La corde de $73^{\circ} 40'$ est 1.1990.

FAIRE UN ANGLE QUAND ON A SA CORDE ET UN MÈTRE DE RAYON.

81. Nous voulons faire un angle de $25^{\circ} 35'$. Pour cela, nous commençons par chercher, dans la table des cordes, la corde de $25^{\circ} 35'$ qui est 0,4430. Nous tirons ensuite la ligne AB de un mètre de longueur ou un peu plus. (fig. 12). Nous donnons au compas à verge une ouverture bien juste de 1 mètre. Nous plaçons une pointe sur la ligne AB au point A qui sera le sommet de l'angle et avec l'autre pointe nous décrivons un arc de cercle indéfini BCD. Ouvrant ensuite le compas à une largeur de 44 centimètres 3 millimètres nous plaçons une pointe sur la ligne AB au point B et l'autre pointe sur l'arc BCD elle arrivera au point D. Nous joignons alors les points A et D par une ligne droite et nous avons l'angle BAD de $25^{\circ} 35'$ que nous cherchions.

82. Il arrive quelquefois que pour avoir plus de précision on trace, soit sur des églises, soit sur de grandes terrasses, les angles avec un rayon de 10 mètres.

Dans ce cas, après avoir trouvé la corde comme nous l'avons indiqué ci-dessus, on avance la virgule d'un rang vers la droite ; de cette manière la corde précédente étant 0,4430 devient par ce fait 4,430 ; le 4 placé avant la virgule représentant 4 mètres, le 4 qui la suit des décimètres et le 3 des centimètres et alors la corde de $25^{\circ} 35'$ a une longueur de 4 mètres 43 centimètres. Les angles décrits avec un si grand rayon ont beaucoup de précision.

83. On se sert habituellement d'un mètre de rayon pour tracer les cadrans ordinaires ; or, comme il faut, dans ce cas, opérer sur un plan vaste et uni, il arrive souvent que ce rayon d'un mètre est encore trop grand. Mais quand on peut l'employer, il est important de ne pas oublier que dans la corde, le chiffre placé avant la virgule représente les mètres, le premier chiffre qui la suit, les décimètres, le second les centimètres, le troisième les millimètres et le quatrième les dimillimètres. Ainsi dans la corde 0,1926 on ne trouve pas de mètres, mais 1 décimètre 9 centimètres, ce qui fait 19 centimètres, 2 millimètres et 6 dimillimètres ou soit 193 millimètres au lieu de 192.

QUELLE EST LA CORDE QUAND, POUR FAIRE LES ANGLES, ON SE SERT D'UN RAYON D'UN DÉCIMÈTRE.

84. On se sert ordinairement d'un rayon d'un décimètre de lon-

gueur pour tracer les angles sur le papier ou pour construire de petits cadrans sur des briques, des ardoises, etc. Dans ce cas, si l'on trouve à la corde un chiffre significatif, c'est-à-dire un 1 avant la virgule, ce chiffre indique un décimètre ; le premier après la virgule représente les centimètres, le second les millimètres et le troisième les dimillimètres. Si le chiffre qui exprime les dimillimètres est plus grand que 5, on le supprime et on augmente d'une unité le chiffre qui précède représentant les millimètres et s'il est inférieur à 5 on le supprime purement et simplement. C'est ainsi que dans la corde 0,1926 ci-dessus, nous avons supprimé le 6 qui exprime les dimillimètres et nous avons augmenté d'une unité le chiffre précédent exprimant les millimètres, parce que le chiffre 6 est plus grand que 5 et nous avons écrit 0,193 au lieu de 0,192.

Soit maintenant à tracer sur le papier un angle de 54° . Nous donnons à notre compas une ouverture de un décimètre ; nous plaçons une pointe de ce compas à l'endroit où nous voulons que se trouve le sommet de l'angle et avec l'autre pointe nous décrivons un arc de cercle suffisant ; puis cherchant la corde de 54° qui est 0,9080, nous ouvrons le compas de 90 millimètres et presque de 91 et nous appuyons, en pressant un peu les deux pointes du compas ainsi ouvert, sur l'arc que nous avons décrit de manière à marquer deux points à la distance l'un de l'autre de 90 ou près de 91 millimètres ; puis nous tirons du centre deux rayons qui passent par les deux points que nous avons marqués sur l'arc avec les deux pointes du compas. Ces deux rayons forment l'angle de 54° .

85. Si l'on se sert d'un rayon de 0,50 centimètres pour tracer les angles, il faut prendre la moitié de la corde trouvée dans les tables, parce que, dans ce cas, on prend la moitié du rayon ordinaire. Ainsi, pour tracer un angle de $25^\circ 35'$ avec un rayon de 0,50 centimètres, il faut prendre la moitié de la corde 0,4430 qui est 0,2215 et se comporter pour le reste comme nous venons de le faire ci-dessus.

Il est également nécessaire de prendre la moitié de la corde, si, au lieu d'employer un décimètre de rayon, on se sert d'un rayon d'un demi décimètre ou soit de 5 centimètres. C'est de ce dernier rayon dont nous avons presque toujours fait usage dans le cours de cet ouvrage pour tracer les angles, aussi avons-nous presque toujours pris la moitié des cordes.

86. Si, dans le tracé des angles, on emploie un rayon de deux décimètres ou de deux mètres, il faut doubler les cordes ou, ce qui est la même chose, les multiplier par deux. De même si on se sert d'un rayon de 3 mètres ou de 3 décimètres, il est nécessaire de multiplier les cordes par 3. On les multiplie par 4 si le rayon est de 4 mètres, de 4 décimètres, ou de 4 centimètres.

Règle générale. — Comme les cordes sont calculées pour un mètre de rayon, si nous doublons le rayon, il faut aussi doubler la corde ; si nous triplons le rayon, il est indispensable de tripler aussi la corde, etc. Si, par contraire, nous ne prenons que la moitié du rayon, nous ne devons prendre que la moitié de la corde.

87. Dans le tracé des angles on peut indifféremment se servir d'un rayon de 1 mètre, de 0,50 centimètres, de 1 décimètre ou de 2, 3, 4, décimètres, mais en observant deux choses : la première, c'est que l'on doit toujours, pour avoir plus de précision, se servir du plus grand rayon possible ; en d'autres termes : plus le rayon est grand, plus on a d'exactitude dans le tracé des angles ; la seconde, c'est qu'en choisissant un rayon de 1 mètre ou de 1 décimètre, on n'a pas de calcul à faire sur la corde dès qu'on l'a une fois trouvée dans les tables.

COMMENT ON PEUT TRACER LES ANGLES PLUS GRANDS QUE 90°

88. On peut quelquefois avoir besoin de tracer des angles de 100° à 120° et les tables ne donnent cependant les cordes que jusqu'à 90° . Dans ce cas, il faut s'y prendre à deux fois.

On prend d'abord, sur l'arc, la corde BC de 90° qui est 1,4142 (figure 13) et l'on met à la suite la corde de l'angle qu'il faut prendre en plus. Ainsi pour faire un angle de $100^\circ 12'$, nous traçons d'abord l'angle BAC de 90° et ensuite l'angle CAE de $10^\circ 12'$ et nous avons l'angle BAE de $100^\circ 12'$.

Remarque. — Il est très utile de copier les tables des cordes à la marge des tables des sinus et des tangentes ; de cette manière on trouve à côté de chaque degré et de chaque minute la corde de ce degré et de cette minute et le calcul des cadrans est ainsi abrégé de la moitié.

CHAPITRE III

SECTION PREMIÈRE

Trouver la hauteur du pôle à un pays quelconque au moyen de la Carte de France, etc.

(Voir ce que nous avons dit articles 33 et 34)

89. La hauteur du pôle d'un lieu quelconque peut se trouver par le moyen d'une carte de géographie sur laquelle ce lieu figure ou sur laquelle on peut désigner sa place. Voici comment :

Les cartes de la France, comme celles de chaque département, sont traversées par deux sortes de lignes, les unes allant de haut en bas s'appellent méridiens et ne sont d'aucune utilité pour ce qui nous occupe ; les autres lignes portent le nom de parallèles et vont en large, c'est-à-dire de gauche à droite de la carte. Ces dernières lignes portent à leur extrémité, dans l'encadrement de la carte, le chiffre de la hauteur du pôle de tous les lieux où elles passent. Si, à droite ou à gauche d'une carte, nous trouvons à l'extrémité d'une ligne parallèle le chiffre 43° , par exemple, ce chiffre nous indique que la hauteur du pôle ou la latitude de tous les lieux qui sont situés sur cette ligne est de 43° .

Un peu plus haut que cette ligne marquée, à ses deux extrémités du chiffre 43° , nous en trouvons une autre portant le chiffre 44° . Ce dernier chiffre nous indique également que la hauteur du pôle de toutes les villes qui sont placées sur cette ligne est de 44° .

Mais il arrive très rarement que la ville dans laquelle nous voulons construire un cadran solaire se trouve précisément sur l'une de ces lignes. Si par hasard cette ville dont nous désirons connaître la hauteur du pôle est placée au milieu de deux parallèles, c'est-à-dire entre la ligne marquée 43° et celle qui porte le chiffre 44° , nous savons tout de suite que la hauteur du pôle de cette ville est de $43^\circ 30'$. Si, au moyen d'un compas, nous partageons en six parties égales la distance qui sépare deux parallèles et si nous trouvons que la ville qui nous occupe est placée sur la première division, nous dirons que la hauteur du pôle de cette ville est de $43^\circ 10'$, si elle est sur la seconde, la hauteur du pôle sera de $43^\circ 20'$; si elle est sur la troisième, la hauteur du pôle sera de $43^\circ 30'$; si elle est sur la quatrième, la hauteur du pôle sera de $43^\circ 40'$ etc. En faisant bien attention que la distance entre deux parallèles est de $60'$. Nous pouvons trouver sur une carte la hauteur du pôle de toutes les villes avec assez de précision pour pouvoir calculer les cadrans solaires.

Il est bon de savoir encore que 5 kilomètres valent 3 minutes. Si donc, en connaissant la latitude ou la hauteur du pôle d'une ville, nous voulons construire un cadran solaire dans une localité distante de 5 kilomètres au nord de cette ville, nous augmentons la hauteur du pôle de cette ville de 3' et nous avons la hauteur du pôle de la localité dont il s'agit. Exemple : La hauteur du pôle de Toulon est de $43^\circ 7'$, à 5 kilomètres au nord de cette ville, la hauteur du pôle sera de $43^\circ 10'$ et ainsi de suite.

Remarquons bien, toutefois, que si la ville dont nous voulons connaître la hauteur du pôle, quoique distante de Toulon de 5 kil. ne se trouvait pas tout à fait au Nord, mais un peu au Levant ou au Couchant de cette ville, il ne faudrait tenir compte que de la

distance qui est plus au nord que cette ville, en nous souvenant que les villes qui sont au Levant et au Couchant de Toulon ont toutes la même hauteur du pôle que Toulon.

Si la ville dont il s'agit se trouvait à 5 kilomètres plus au midi, il faudrait retrancher 3' de la latitude de Toulon, etc.

SECTION II

Trouver la hauteur du pôle par calcul.

90. Nous allons maintenant expliquer le moyen de trouver par le calcul, la hauteur du pôle. Ceux qui penseront que notre procédé est trop long ou trop difficile pourront se contenter de la hauteur du pôle qu'ils trouveront sur une carte de France ou dans un dictionnaire de géographie qui indique la hauteur du pôle de chaque ville et de chaque village en particulier.

Il faut d'abord se procurer une table de marbre et l'exposer au soleil dans la direction du nord au midi, quant à sa longueur, la mettre bien de niveau en tous sens, de manière qu'en plaçant dessus de long en large un niveau à bulle d'air, la bulle d'air reste invariablement au milieu du niveau.

Lorsque cette table est ainsi disposée et bien nivelée, nous attendons que ce soit à peu près midi moins un quart et nous plaçons alors sur cette table de marbre le faux style que nous avons décrit à l'article 45, de manière que la tige BA qui se dirige en l'air soit tournée vers le nord, la planche CED étant appliquée sur le marbre et visant le midi, afin que l'instrument ne varie pas. Nous placerons à sa base, sur la planche CED, quelques pierres pour la consolider (figure 14).

Le faux style étant ainsi placé, si nous avons à notre portée un bon cadran solaire (ce qu'on rencontre très rarement), au moment où ce cadran indique l'heure de midi, nous marquons avec un crayon le centre de l'ovale de lumière qui passe par le trou de la plaque du faux style. Si nous ne connaissons pas l'heure exacte de midi, à l'approche de cette heure nous suivons pendant un quart d'heure ou vingt minutes avec un crayon le centre de l'ovale de lumière qui part du trou de la plaque et nous prenons pour midi le point où le crayon a passé le plus près du pied du style B. Cela fait, nous mesurons bien exactement, avec un mètre, la distance du pied du style B au point O, centre de lumière marqué à midi et nous trouvons par exemple, que cette distance a une longueur de $0^m,456$ millimètres.

Nous mesurons ensuite très exactement avec le mètre la lon-

gueur de la liste de bois BA à partir du pied du style B, jusqu'au centre du trou de la plaque A, c'est-à-dire à partir de la surface de la table de marbre B jusqu'au centre du trou de la plaque et nous trouvons, par exemple, que cette longueur BA est de 0^m,50 centimètres. Nous cherchons le logarithme de 0^m,50 centimètres qui, d'après ce que nous avons dit à l'article 58 est le nombre 9.69897 et nous en retranchons le logarithme du nombre déjà trouvé ci-dessus 0^m,456 qui est 9.65896. La différence de ces deux logarithmes est la tangente de la hauteur du soleil.

Du log. de la hauteur du style BA (0^m,50 c.) 9.69897
Otons log. de 0^m, 463 distance BO 9.65896

Il reste pour la tangente de la haut. du soleil à midi 0.04001

Nous cherchons donc ce nombre 0,04001 parmi les tangentes et nous trouvons que cette tangente correspond à 47° 38', d'où nous concluons qu'à midi le soleil était élevé de 47° 38' le jour pendant lequel nous avons fait notre opération; mais le soleil étant toujours un peu moins élevé qu'il ne paraît l'être, il faut aussi toujours retrancher ce qu'on appelle la *réfraction* de la hauteur trouvée. Le tableau suivant indique par degrés ce qu'il faut retrancher de toutes les hauteurs du soleil.

TABLE DES RÉFRACTIONS DU SOLEIL.

Hauteur	Réfract.	Hauteur	Réfract.	Hauteur	Réfract.	Hauteur	Réfract.	Hauteur	Réfract.	Hauteur	Réfract.	Hauteur	Réfract.	Hauteur	Réfract.	Hauteur	Réfract.
0° 33'		10° 3'		20° 3'		30° 2'		40° 1'		50° 1'		60° 1'		70° 0'		80° 0'	
1° 24'		11° 4'		21° 2'		31° 2'		41° 1'		51° 1'		61° 1'		71° 0'		81° 0'	
2° 19'		12° 4'		22° 2'		32° 2'		42° 1'		52° 1'		62° 1'		72° 0'		82° 0'	
3° 15'		13° 4'		23° 2'		33° 1'		43° 1'		53° 1'		63° 0'		73° 0'		83° 0'	
4° 12'		14° 4'		24° 2'		34° 1'		44° 1'		54° 1'		64° 0'		74° 0'		84° 0'	
5° 10'		15° 3'		25° 2'		35° 1'		45° 1'		55° 1'		65° 0'		75° 0'		85° 0'	
6° 8'		16° 3'		26° 2'		36° 1'		46° 1'		56° 1'		66° 0'		76° 0'		86° 0'	
7° 7'		17° 3'		27° 2'		37° 1'		47° 1'		57° 1'		67° 0'		77° 0'		87° 0'	
8° 6'		18° 3'		28° 2'		38° 1'		48° 1'		58° 1'		68° 0'		78° 0'		88° 0'	
9° 6'		19° 3'		29° 2'		39° 1'		49° 1'		59° 1'		69° 0'		79° 0'		89° 0'	

Dans ce tableau nous trouvons, à côté de 47°, une minute; c'est donc une minute qu'il faut retrancher de 47° 38' et cela fait, il nous reste pour la véritable hauteur du soleil 47° 37'. Après avoir déterminé la hauteur du soleil, nous cherchons dans l'almanach des marins ou dans l'annuaire du bureau des longitudes (1)

(1) Ces deux ouvrages se vendent à Paris chez Mallet-Bachelier, imprimeur, qua

quelle est la déclinaison du soleil le jour où nous opérons. Si cette déclinaison est indiquée comme australe (1) nous l'ajoutons à la hauteur du soleil et la somme nous donne la hauteur de l'équateur. Si par contraire nous opérons en été, c'est-à-dire pendant le temps compris entre le 21 mars et le 23 septembre, la déclinaison est alors boréale et il faut la retrancher de la hauteur du soleil. Le reste nous donne la hauteur de l'équateur.

Nous prenons le complément de cette hauteur de l'équateur, (2) en la retranchant de 90° ou ce qui est la même chose de 89° 60' et le reste nous donne la hauteur du pôle cherchée.

Dans l'exemple qui précède, la hauteur du soleil est de 47° 37'. Si nous supposons que nous ayons opéré le 15 mars, jour auquel la déclinaison du soleil est australe et de 2° 15', il faut ajouter ces 2° 15' au 47° 37' de la hauteur du soleil et nous avons 49° 52', qui est la hauteur de l'équateur. Pour connaître la hauteur du pôle nous retranchons 49° 52' de 90° et le reste nous donne cette hauteur.

de 90° ou de 89° 60'
ôtons 49° 52'

il reste 40° 08' qui est la hauteur du

pôle.

Si, par contraire, le jour que nous opérons la déclinaison est boréale, au lieu d'ajouter, il faut retrancher cette déclinaison de la hauteur du soleil 47° 37' pour avoir la hauteur de l'équateur et faire pour le reste comme nous venons de l'expliquer.

En résumé : pour trouver la hauteur du pôle par le calcul, il faut placer une table de marbre au soleil et la bien niveler; poser le faux style sur cette table; marquer, au moment de midi, le centre de l'ovale de lumière qui part du trou pratiqué dans la plaque; mesurer avec le mètre la hauteur du style et chercher le logarithme de cette hauteur; mesurer ensuite la distance du point de lumière marqué à midi au pied du faux style et prendre aussi son logarithme; retrancher ce dernier logarithme du premier: le reste donne la tangente de la hauteur du soleil; chercher ce reste parmi les tangentes et prendre l'angle auquel il correspond; retrancher la réfraction de cet angle; chercher ensuite dans l'almanach des marins quelle est la déclinaison du soleil le jour où l'on opère, et si

des Augustin, 55, pour le prix de 0, 50 à 1 fr. La déclinaison du soleil variant chaque année, l'Annuaire d'une année ne peut pas servir pour une autre année.

(1) En hiver, c'est-à-dire depuis le 21 septembre jusqu'au 21 mars la déclinaison est toujours australe.

(2) Voir pour les compléments l'article 18.

cette déclinaison du soleil est australe, l'ajouter à la hauteur du soleil pour avoir la hauteur de l'équateur. Si au contraire cette déclinaison est boréale, la retrancher de la hauteur du soleil pour avoir pareillement la hauteur de l'équateur. Retrancher cette hauteur de l'équateur de $89^{\circ} 60'$ et le reste donne la hauteur du pôle.

Autre exemple :

Nous opérons le 2 septembre 1855. Ce jour là la déclinaison du soleil est de $8^{\circ} 3'$. La hauteur du faux style est de $0^m,50$ dont le logarithme est 9.69897. La distance du pied du faux style au point de lumière, à midi, est de $0^m,358$ millimètres, le logarithme de ce dernier nombre est 9.55388. Nous faisons donc la soustraction.

de	9.69897	logarithme de $0^m,50$
ôtions	9.55388	logarithme de $0^m,358$

il reste 0.14509 qui est la tangente de la hauteur du soleil. Or, 0.14509 est la tangente de $54^{\circ} 24'$. Nous en retranchons 1 minute pour la réfraction et nous avons $54^{\circ} 23'$.

de	$54^{\circ} 23'$	
ôtions la déclinaison boréale	$8^{\circ} 3'$	du 2 sept. 1855

il reste pour la hauteur de l'équateur $46^{\circ} 20'$ que nous retranchons de $89^{\circ} 60'$.

de	$89^{\circ} 60'$	
ôtions	$46^{\circ} 20'$	

il reste $43^{\circ} 40'$ qui est la hauteur du

pôle cherchée.

La hauteur du pôle à Brignoles est de	$43^{\circ} 27'$
à Toulon	$43^{\circ} 7'$
à Grasse	$43^{\circ} 39'$
à la Verdière	$43^{\circ} 41'$
à Barjols	$43^{\circ} 39'$
à Draguignan	$43^{\circ} 32'$
à St-Julien-le-Montag.	$43^{\circ} 50'$
à St-Martin-les-Pallièr.	$43^{\circ} 38'$
à Châteaudouble	$43^{\circ} 39'$
à Gonfaron	$43^{\circ} 20'$

CHAPITRE IV

SECTION PREMIÈRE

Cadrans horizontal tracé par le calcul

91. Nous venons d'exposer les connaissances préliminaires au tracé des cadrans; nous allons maintenant développer les moyens qui doivent servir à les mettre en pratique. Mais, nous nous faisons un devoir d'avertir de nouveau nos lecteurs que pour comprendre ce qui va suivre, il est indispensable qu'ils connaissent parfaitement ce qui précède. Nous commençons donc par le cadran horizontal qui est le plus facile de tous et dont l'usage est le plus fréquent. Le tracé de ce cadran étant parfaitement compris, on n'éprouvera aucune difficulté à construire les autres.

92. On appelle cadran horizontal celui qui est tracé sur un plan de niveau. On le place à terre, dans un jardin, ou sur un support en pierre, sur le mur d'une terrasse, sur une fenêtre, etc. On le trace sur une plaque de marbre ou d'ardoise, sur une pierre polie, ou même sur un carreau d'appartement. Nous allons enseigner: 1^o à le calculer; 2^o à le tracer sur le plan; et 3^o à poser l'aiguille.

MÉTHODE PRATIQUE POUR CALCULER LES CADRANS HORIZONTALS.

93. La première chose à faire, avant de calculer un cadran horizontal, c'est de chercher quelle est la hauteur du pôle de la ville ou du village dans lequel on veut le placer (1). Supposons pour le moment, qu'il s'agisse de tracer un cadran de cette nature à Montmeyan, où la hauteur du pôle est de $43^{\circ} 45'$. Nous commençons par chercher, dans les tables des sinus et des tangentes de La Lande, le sinus de la hauteur du pôle de Montmeyan, nous trouvons que ce sinus est représenté par le nombre 9.83980. Nous prenons une feuille de papier sur laquelle nous écrivons onze fois ce sinus l'un au-dessous de l'autre à une distance convenable. Nous additionnons ensuite ce sinus successivement avec les onze nombres invariables qui suivent. La somme ou le résultat de chaque addition nous donne la tangente de l'angle horaire.

Pour midi $1/2$ et 11 h. $1/2$ ajoutons....	9.83980 à 9.11943
Pour 1 h. et 11 h. ajoutons.....	9.83980 à 9.42805
Pour 1 h. $1/2$ et 10 h. $1/2$ ajoutons....	9.83980 à 9.61722
Pour 2 h. et 10 h. ajoutons.....	9.83980 à 9.76144

(1) Nous donnons à la fin de cet ouvrage la hauteur du pôle de toutes les paroisses du département du Var.

Pour 2 h. 1/2 et 9 h. 1/2 ajoutons.....	9.83980 à 9.88498
Pour 3 h. et 9 h. ajoutons.....	9.83980 à 0.00000
Pour 3 h. 1/2 et 8 h. 1/2 ajoutons.....	9.83980 à 0.11502
Pour 4 h. et 8 h. ajoutons.....	9.83980 à 0.23856
Pour 4 h. 1/2 et 7 h. 1/2 ajoutons.....	9.83980 à 0.38278
Pour 5 h. et 7 h. ajoutons.....	9.83980 à 0.57195
Pour 5 h. 1/2 et 6 h. 1/2 ajoutons.....	9.83980 à 0.88057

Lorsque les onze additions que nous venons d'indiquer seront faites nous aurons onze sommes qui seront les tangentes des angles horaires que nous avons à calculer. Nous cherchons ensuite successivement chacune de ces sommes dans les tables, aux colonnes des tangentes et au fur et à mesure que nous les trouvons, nous voyons à quels degrés et à quelles minutes elles correspondent et nous écrivons ces degrés et ces minutes à côté de chaque somme. Nous cherchons ensuite les cordes de tous ces degrés et nous les écrivons à la suite. Mais pour éviter toute confusion et mieux nous faire comprendre, nous allons, en faisant le calcul, donner un exemple de la manière d'opérer.

Addit. sinus hauteur du pôle 43° 45'	9.83980
1° pour 12 h. 1/2 et pour 11 h. 1/2 avec	9.11943
La somme	8.95923 est la tang.
de 5° 12' dont la corde est 0,0908	
Addit. le même sinus haut. du pôle 43° 45'	9.83980
2° Pour 11 heures et 1 heure avec	9.42805
La somme	9.26785 est la tang.
de 10° 30' dont la corde est 0,1830	
Addit. le même sin. haut. du pôle 43° 45'	9.83980
3° Pour 10 h. 1/2 et 1 h. 1/2 avec	9.61722
La somme	9.45702 est la tang.
de 15° 59' dont la corde est 0,2781	
Addit. le même sinus haut. du pôle 43° 45'	9.83980
4° Pour 10 heures et 2 heures avec	9.76144
La somme	9.60124 est la tang.
de 21° 46' dont la corde est 0,3774.	
Addit. le même sin. haut. du pôle 43° 45'	9.83980
5° Pour 9 h. 1/2 et 2 1/2 avec	9.88498
La somme	9.72478 est la tang.
de 27° 57' dont la corde est 0,4830.	
Addit. le même sin. haut. du pôle 43° 45'	9.83980
6° Pour 9 heures et 3 heures avec	0.00000
La somme	9.83980 est la tang.
de 34° 40' dont la corde est 0,5958.	

Nous voyons ici que pour 9 heures et pour 3 heures l'addition

devient inutile ; car additionner le sinus de la hauteur du pôle avec des zéros, ce n'est pas l'additionner du tout. Nous ferons seulement remarquer que le sinus de la hauteur du pôle qui est ici 9.83980 doit être cherché parmi les tangentes pour donner l'angle horaire de 9 heures et de 3 heures. Cet angle est ici de 34° 40' et sa corde de 0,5959. Cela dit, continuons nos calculs.

Addit. le même sin. haut. du pôle 43° 45'	9.83980
7° Pour 3 heures 1/2 et 8 heures 1/2 avec	0.11502
La somme	9.95482 est la tang.
de 42° 2' dont la corde est 0,7172.	
Addit. le même sin. haut du pôle 43° 55'	9.83980
8° Pour 4 heures et 8 heures avec	0.23856
La somme	0.07836 est la tang.
de 50° 8' dont la corde est 0,8474.	
La caractéristique de cette dernière tangente 0.07836 étant 0, correspond nécessairement (1) à un nombre de degrés plus grand que 45° et par conséquent nous devons la trouver parmi les tangentes qui vont de bas en haut. Nous cherchons donc ce nombre 0.07836 parmi les tangentes qui vont en montant et à reculons et nous trouvons qu'il correspond à 50° 8'. Nous cherchons ensuite la corde de 50° 8' et nous trouvons 0,8474.	
Addit. le même sin. haut. du pôle 43° 45'	9.83980
9° Pour 4 heures 1/2 et 7 heures 1/2 avec	0.38278
La somme	0.22258 est la tang.
de 59° 5' dont la corde est 0,9860. N'oublions pas qu'il faut encore chercher ce nombre 0,22258 parmi les tangentes qui vont de bas en haut, parce que sa caractéristique est 0 ; après cette recherche nous trouvons qu'il correspond à 59° 5' dont la corde est 0,9860.	
Addit. le même sin. haut. du pôle 43° 45'	9.83980
10° Pour 5 heures et pour 7 heures avec	0.57195
La somme	0.41175 est la tang.
de 68° 49' dont la corde est 1,1302. La caractéristique de ce nombre 0,41175 étant 0, nous le cherchons également parmi les tangentes qui vont de bas en haut et nous trouvons qu'il correspond à 68° 49' dont la corde est 1,1302.	
Addit. le même sin. haut. du pôle 43° 45'	9.83980
11° Pour 5 h. 1/2 et pour 6 h. 1/2 avec	0.88057
La somme	0.72037 est la tang.
de 79° 13' dont la corde est 1,2752.	

(1) Voyez article 75.

Nous cherchons ce nombre 0,72037 parmi les tangentes qui vont de bas en haut et nous le trouvons à côté de $79^{\circ} 13'$. Nous cherchons la corde de $79^{\circ} 13'$ et nous trouvons qu'elle est représentée par le nombre 1,2752.

REMARQUES SUR LES ADDITIONS PRÉCÉDENTES

94. Pour procéder avec ordre, il faut, comme nous l'avons déjà dit, 1° écrire onze fois séparément le sinus de la hauteur du pôle qui est pour l'exemple proposé 9.83980 ; 2° écrire sous chacun de ces sinus l'un des onze nombres invariables que nous avons donnés ci-dessus ; 3° faire les onze additions ; 4° dès que les additions sont terminées, chercher successivement toutes les sommes dans les tables des sinus et des tangentes parmi les tangentes. Ainsi, il faut chercher parmi les tangentes d'abord la première somme 8.95923 ; puis la seconde 9.26785, etc. et lorsqu'on les a trouvées, écrire à côté de ces tangentes, les degrés et les minutes auxquels ils correspondent ; 5° chercher, dans les tables des cordes, les cordes de chacun de ces degrés et les écrire aussi à côté, comme nous l'avons fait ci-dessus.

Si, comme nous l'avons conseillé à la remarque de l'article 88, nous avons eu soin d'écrire les cordes en marge des tables des sinus et des tangentes, nous n'aurions pas besoin d'écrire les degrés et les minutes auxquels correspond chaque tangente ou soit chaque somme, nous nous bornerions à écrire, seulement sur la même ligne que la tangente trouvée, la corde qui se trouverait à côté de la minute.

95. Il n'y a pas de calcul à faire pour 6 heures, ni pour les heures suivantes du soir et du matin, comme nous le verrons tout à l'heure.

96. Rappelons-nous bien que les onze nombres que nous avons donnés pour être successivement ajoutés au sinus de la hauteur du pôle, ne varient jamais quel que soit le cadran horizontal que l'on ait à calculer et quel que soit le lieu où l'on ait à le tracer. Le sinus de la hauteur du pôle qui, dans l'exemple précédent est 9.83980 ne varie jamais non plus pour la même localité et pour le même cadran ; mais il changerait incontestablement si l'on avait à faire des cadrans dans d'autres localités où la hauteur du pôle ne serait plus la même.

97. Avant d'aller plus loin expliquons ce que l'on entend par angle horaire. On appelle ainsi l'angle que fait au centre du cadran chaque ligne des heures avec la ligne de midi. Tous les angles

horaires d'un côté du cadran horizontal, sont égaux à ceux du côté opposé, ainsi il suffit de trouver par le calcul les angles horaires d'un côté de ces cadrans, soit de droite, soit de gauche, le même calcul nous donnera les angles du côté opposé.

98. Dans les additions que nous avons faites ci-dessus, nous avons eu soin de spécifier que l'une avait pour but de déterminer l'angle horaire de midi et demi et celui de onze heures et demie, que l'autre donnait l'angle horaire de 1 heure et celui de 11 heures, etc. Si nous voulions marquer les quarts-d'heure sur un cadran solaire horizontal, il serait nécessaire d'additionner le sinus de la hauteur du pôle qui, dans l'exemple proposé est 9.83980, successivement avec les 23 nombres invariables suivants :

1° Pour midi $1/4$ et midi moins $1/4$, il faudrait additionner le sinus de la hauteur du pôle avec le nombre . . .	8.81653
2° Pour midi $1/2$ et 11 h. $1/2$, additionner le sinus de la hauteur du pôle avec le nombre	9.11943
3° Pour midi $3/4$ et 11 h. $1/4$, add. le sin. avec . . .	9.29866
4° Pour 1 h. et 11 h. add. le sin. avec	9.42805
5° Pour 1 h. $1/4$ et 10 h. $3/4$, add. le sinus avec . . .	9.53078
6° Pour 1 h. $1/2$ et 10 h. $1/2$, add. le sinus avec . .	9.61722
7° Pour 1 h. $3/4$ et 10 h. $1/4$, add. le sinus avec . .	9.69298
8° Pour 2 h. et 10 h., add. le sinus avec	9.76144
9° Pour 2 h. $1/4$ et 9 h. $3/4$, add. le sinus avec . . .	9.82489
10° Pour 2 h. $1/2$ et 9 h. $1/2$, add. le sinus avec . . .	9.88498
11° Pour 2 h. $3/4$ et 9 h. $1/4$, add. le sinus avec . . .	9.94299
12° Pour 3 h. et 9 h., add. le sinus avec	0.00000
13° Pour 3 h. $1/4$ et 8 h. $3/4$, addit. le sinus avec . . .	0.05701
14° Pour 3 h. $1/2$ et 8 h. $1/2$, addit. le sinus avec . . .	0.11502
15° Pour 3 h. $3/4$ et 8 h. $1/4$, addit. le sinus avec . . .	0.17511
16° Pour 4 h. et 8 h., additionner le sinus avec	0.23856
17° Pour 4 h. $1/4$ et 7 h. $3/4$, addit. le sinus avec . . .	0.30702
18° Pour 4 h. $1/2$ et 7 h. $1/2$, addit. le sinus avec . . .	0.38278
19° Pour 4 h. $3/4$ et 7 h. $1/4$, addit. le sinus avec . . .	0.46922
20° Pour 5 h. et 7 h., additionner le sinus avec	0.57195
21° Pour 5 h. $1/4$ et 6 h. $3/4$, addit. le sinus avec . . .	0.70134
22° Pour 5 h. $1/2$ et 6 h. $1/2$, addit. le sinus avec . . .	0.88057
23° Pour 5 h. $3/4$ et 6 h. $1/4$, addit. le sinus avec . . .	1.18347

Et ces vingt-trois additions nous donneraient les vingt-trois tangentes des angles horaires de quart d'heure en quart d'heure. De sorte qu'en additionnant le sinus de la hauteur du pôle avec le premier nombre 8.81653, nous aurions au total la tangente des angles que les lignes de midi et quart et de midi moins un quart font avec la ligne de midi.

En additionnant le même sinus avec le second nombre 9.11943

nous avons au total la tangente des angles que font, avec la ligne de midi, les lignes de midi et demi et de onze heures et demie.

En additionnant le même sinus avec le troisième nombre 9.29866, nous avons au total la tangente des angles que la ligne de midi fait avec les lignes de onze heures et quart et de une heure moins un quart et en continuant ainsi, nous trouvons toutes les tangentes des angles horaires de quart d'heure en quart d'heure. Lorsque nous connaissons ces tangentes, nous les cherchons les unes après les autres dans la table des sinus et des tangentes pour savoir à quel degré et à quelle minute chacune d'elles correspond et après les avoir trouvés nous cherchons la corde de chacun de ces angles ou degrés.

98. Il pourrait nous arriver de commettre quelque erreur, soit en faisant les additions, soit en prenant un nombre ou un chiffre pour un autre, ou une corde pour une autre. Aussi, lorsque le calcul est terminé, nous devons nous assurer qu'il n'existe pas d'erreur, en examinant attentivement si les cordes se suivent assez bien, c'est-à-dire s'il n'y a pas entre l'une et l'autre une différence beaucoup plus grande que celle que l'on trouve entre deux autres cordes consécutives. Si nous remarquons, entre deux cordes consécutives, une différence trop considérable, c'est une preuve que nous avons fait erreur, et pour la réparer, nous devons recommencer toutes les opérations de calcul.

SECTION II.

Tracer le cadran horizontal.

100. Les angles et leurs cordes étant trouvés, il s'agit de tracer le cadran. La condition la plus essentielle d'une bonne exécution, est que le plan sur lequel on doit le décrire soit parfaitement aplani, c'est-à-dire bien dressé, bien dégauchi, en sorte qu'en plaçant en tous sens sur la surface une règle bien droite, cette règle touche partout; sans cela le cadran serait faux et il serait impossible de le poser exactement de niveau.

En général, plus un cadran est grand, plus il est juste, parce qu'alors l'espace qui sépare les lignes des heures étant plus grand, on peut les tracer avec plus de précision, il est cependant possible d'en construire de 0,04, 0,05, 0,25 centimètres de côté qui aient aussi toute la précision désirable. Le cadran est susceptible de recevoir la forme qu'on désire lui donner, rond, carré, ovale, hexagone, etc.

La matière à employer pour le plan peut indifféremment être le marbre, l'ardoise, la pierre, la brique, etc., mais dans aucun cas le bois.

101. Supposons que le plan sur lequel nous voulons tracer le cadran soit de forme carrée. Nous commençons d'abord par tirer tout autour de la plaque qui doit recevoir le cadran, des lignes suffisamment distancées des extrémités pour que nous puissions écrire les chiffres des heures dans cet encadrement. (Figure 15).

Nous tirons ensuite la ligne droite AB de manière à ce qu'elle le partage en deux parties égales. Nous divisons en trois parties égales la longueur de la ligne AB, dont nous laissons les deux tiers pour la ligne de midi et nous plaçons le centre du cadran au point c, qui marque le troisième tiers de la longueur totale de la ligne AB au point c sur la ligne AB; nous tirons la perpendiculaire GcG qui marquera d'un côté 6 heures du matin et de l'autre 6 heures du soir.

102. Nous ouvrons ensuite le compas d'un décimètre. Il est très important que cette ouverture soit bien exacte, s'il en était autrement tout le cadran serait faux; nous devons donc apporter la plus grande attention à ne lui donner qu'une ouverture bien juste d'un décimètre; pour y parvenir nous n'avons qu'à prendre un mètre et placer une pointe du compas sur la première ligne qui marque 1 centimètre et nous l'ouvrons ensuite jusqu'à ce que l'autre pointe arrive exactement sur la ligne marquée 11 centimètres; ou bien, nous plaçons une pointe sur la ligne marquée 5 centimètres et nous écartons l'autre jusqu'à la rencontre de la ligne qui marque 15 centimètres, etc. Le compas restant ainsi ouvert, nous en plaçons une pointe sur le centre c du cadran et avec l'autre pointe nous décrivons le demi-cercle FGH, qui aura un décimètre de rayon. Cela fait, il ne nous reste plus qu'à marquer les points horaires sur ce demi-cercle, ce que nous faisons de la manière suivante (1) :

Sur un décimètre de cuivre où les millimètres sont marqués, nous prenons une ouverture de compas de 9 millimètres qui est la corde trouvée par la première addition que nous avons faite pour midi et demi et pour onze heures et demie et posant une pointe du compas ainsi ouvert à l'endroit où la ligne de midi coupe le demi-cercle au point G, avec l'autre pointe nous marquons le même demi-cercle à droite et à gauche; à droite, à l'endroit où doit passer la ligne de 11 heures et demie et à gauche à celui où doit passer la ligne de midi et demi.

Ouvrant ensuite le compas de 18 millimètres et un tiers qui est la corde trouvée pour les angles horaires de 1 heure et de 11

(1) Nous ne marquerons ici que les heures et les demi heures.

heures, nous en plaçons encore une pointe sur le même point *g* et avec l'autre pointe nous marquons sur le demi cercle le point où doit passer d'un côté la ligne de 1 heure et de l'autre, celle de 11 heures.

Nous continuons ainsi à marquer sur le demi cercle, tous les points sur lesquels doivent passer les heures et les demi heures; en observant toutefois que pour les lignes de 5 heures du soir et de 7 heures du matin la corde est 1.1302, ce qui indique qu'il faut donner au compas une ouverture de un décimètre 13 millimètres, etc... (1).

103. REMARQUE. Si le cadran avait une dimension plus grande, au lieu de décrire l'arc de cercle *FGH* avec un décimètre de rayon, nous devrions, pour plus de précision, le décrire avec un rayon de deux décimètres. (2) Dans ce cas nous aurions soin de multiplier toutes les cordes par 2, parce que le rayon devenant le double plus long, il faut nécessairement que les cordes deviennent aussi le double plus longues. S'il était possible de décrire l'arc de cercle *FGH* avec un rayon de 3 décimètres, il faudrait le faire, mais en multipliant, dans ce cas, toutes les cordes par 3. Il serait pareillement nécessaire de multiplier par 4 toutes les cordes, si nous pouvions donner au rayon une longueur de 4 décimètres.

Remarquons encore que toutes les cordes doivent partir du point *g*, qui se trouve sur la ligne de midi. Ainsi, quelle que soit l'heure que nous ayons à tracer, quand nous avons ouvert le compas de la longueur de la corde de cette heure, nous en plaçons toujours une pointe sur le point *g*, pour marquer avec l'autre l'arc de cercle *FGH*.

105. Lorsque tous les points horaires sont marqués, nous plaçons une règle bien droite exactement sur le centre *c* du cadran et sur l'un des points horaires marqués sur l'arc *FGH*, et, la règle étant tenue sur ces deux points, on tire la ligne horaire. L'on fait de même pour tous les autres points marqués sur l'arc *FGH*, c'est-à-dire qu'on place chaque fois la règle sur le centre *c* du cadran et successivement sur chacun des points horaires pour tracer les lignes indicatives de toutes les heures et des demi-heures, de manière à ce que la pointe ou le pinceau qui nous sert à tracer ces lignes passe très exactement sur le centre *c* et sur chacun des points horaires marqués sur le demi cercle *FGH*.

106. En prolongeant la ligne qui marque 4 heures du soir au delà du centre *c* du cadran, nous aurons la ligne qui marquera 4 heures du matin. De même la ligne indiquant 5 heures du soir

(1) Revoir les articles 84, 85, 86, 87 et 88.

(2) Articles 86 et 87.

prolongée de l'autre côté du centre *c*, marquera 5 heures du matin; celle de 7 heures du matin également prolongée donnera la ligne de 7 heures du soir et celle de 8 heures du matin, aussi prolongée, donnera 8 heures du soir.

Ce que nous venons de dire pour les heures s'applique aussi aux demi heures. Ainsi en prolongeant la ligne qui marque 5 heures et demie du soir, nous aurons celle qui marquera 5 heures et demie du matin, et ainsi des autres.

107. Si nous prolongions toutes les lignes qui indiquent les heures jusqu'au centre *c* du cadran, ce centre disparaîtrait complètement. Toutes les lignes arrivant sur le même point se confondraient et donneraient au cadran un aspect fort disgracieux, pour éviter cette confusion de lignes on a pris l'habitude de tracer près du centre du cadran un petit cercle où viennent aboutir toutes les lignes des heures. Les lignes qui indiquent les demi heures doivent être plus courtes que celles des heures. Pour leur donner une longueur régulière nous ouvrons le compas d'une largeur convenable, nous plaçons une pointe de ce compas vers le milieu du plan, sur la ligne de midi, et nous décrivons, avec l'autre pointe, un cercle sur lequel viennent s'arrêter toutes les lignes des demi-heures.

108. On fait ordinairement les chiffres de haut en bas, parce que le cadran horizontal étant tourné vers le nord, la manière la plus naturelle de le regarder est par le côté du centre. Le contraire a lieu dans les cadrans verticaux.

SECTION III.

Poser l'aiguille et orienter le cadran.

109. L'aiguille du cadran horizontal doit être de cuivre plutôt que de fer; qu'elle prenne la forme d'un rondin de fer soit étamé, soit galvanisé, ou d'une plaque, il est nécessaire que l'angle *gcs* (fig. 16) qu'elle fait sur la ligne de midi soit égal à la hauteur du pôle.

Dans l'exemple que nous avons donné, cette hauteur du pôle est de $43^{\circ}45'$. Il faut d'abord chercher la corde de cet angle $43^{\circ}45'$, qui est dans ce cas 0,7452. Si l'arc *FGH* a été décrit avec un décimètre de rayon, nous prenons, pour la corde de $43^{\circ}45'$, une ouverture de compas de 0,74 millimètres et demi; et en plaçant une pointe sur le point *g*, nous marquons avec l'autre pointe le demi cercle en *s*. Posant ensuite la règle sur le point *c* et sur le point *s*, nous tirons la ligne *cs* et nous avons l'angle *gcs* de $43^{\circ}45'$. La ligne *cs* prolongée convenablement représentera l'aiguille.

110. Il faut remarquer que l'aiguille doit avoir, en longueur, un

peu plus que la distance du centre *c* du cadran aux lignes des demi-heures ou des quarts d'heure les plus éloignés du centre *c*. Si l'aiguille n'était pas aussi longue pendant l'été l'ombre n'arriverait pas jusqu'à ces lignes.

111. Nous prenons un fil de cuivre ou de fer étamé d'une épaisseur convenable et de la longueur que nous venons d'indiquer ; ce rondin doit être bien droit et limé en pointe à ses deux extrémités, comme, par exemple, un crayon taillé des deux bouts. Il est important que les deux pointes soient exactement au centre de ce rondin.

Tout cela étant fait nous plaçons ce rondin sur la ligne *cs* du cadran, ou sur un papier à part sur lequel nous avons préalablement tracé l'angle *gcs* (fig. 16) et nous traçons ensuite deux supports qui doivent entrer dans le plan du cadran aux endroits que nous marquons *D* et *F*. Ces supports doivent arriver sur la ligne de midi, en faisant, avec elle, des angles droits ou d'équerre. Ces supports étant ainsi tracés et coupés, nous les faisons souder par un ferblantier de manière que les angles *cDe* et *cFg* soient droits. Nous plaçons cette aiguille ainsi préparée et soudée sur la ligne *cs* du cadran, de manière qu'une pointe arrive exactement sur le point *c* et l'autre sur la ligne *cs*, vers le point *s*, les supports étant tournés vers la ligne de midi, nous marquons les endroits *D* et *F* où l'on doit faire les trous sur la ligne de midi. Lorsque les trous *D*, *F*, sont percés, nous essayons l'aiguille pour savoir si elle se tient bien sur la ligne de midi, sans pencher ni d'un côté, ni d'un autre, l'une des pointes arrivant exactement au centre *c* du cadran. Nous traçons de même bien exactement le point *x* sur la ligne *cx*, pour avoir sur cette ligne la longueur de l'aiguille *cx*. Nous plaçons ensuite la même aiguille sur la ligne de midi, de manière que l'une des extrémités arrive parfaitement sur le centre *c* du cadran et nous marquons le point *r* sur lequel vient aboutir l'autre extrémité de l'aiguille. Nous tirons ensuite au moyen de l'équerre ou autrement (art. 4.) une perpendiculaire *ri* sur la ligne de midi, au point *r* ; et prenant, avec le compas, la distance *rx*, nous la portons sur l'une des branches d'une équerre, à partir de l'angle droit *o* jusqu'au point *m*, que nous marquons (fig. 16).

Tout étant préparé, comme nous venons de le dire, et les trous *D* et *F* étant percés, nous mettons un peu d'argile détrempée au fond seulement des trous *D* et *F* et nous essayons d'y placer l'aiguille. Pour cela, nous posons une branche de l'équerre sur la ligne *ir*, de manière que l'angle droit de l'équerre arrive exactement sur la ligne de midi au point *r* ; et tenant l'autre branche de l'équerre en l'air, nous mettons l'aiguille à sa place, les supports entrant dans les trous *D* et *F* et l'une des extrémités de l'aiguille ar-

rivant au point *c*, centre du cadran et le touchant, tandis que l'autre extrémité aboutit au point *m* de l'équerre convenablement penchée. L'aiguille étant tenue dans cette position, nous versons dans les trous du soufre ou du plomb fondu qui la fixera dans la situation où elle doit rester. Ce qui précède, indique assez que l'aiguille doit, non seulement faire avec la ligne de midi, un angle égal à la hauteur du pôle (ici $43^{\circ}45'$), mais encore ne pencher sur la ligne de midi ni d'un côté ni d'un autre.

112. Si le cadran horizontal ne doit pas être exposé à être dérangé par les enfants, il vaudrait peut-être mieux mettre l'aiguille en fil de laiton, en fil de fer, ou même en fil de soie. Pour cela, on fait avec un foret d'horloger, un petit trou au centre *c* du cadran, ce trou allant, de part en part. Vers le point *g* du cadran on perce la ligne de midi d'un trou plus large dans lequel on plante, bien d'équerre, un support qui doit avoir une longueur telle qu'un fil, partant du centre *c* du cadran et s'appuyant bien tendu sur ce support, fasse avec la ligne de midi, un angle égal à la hauteur du pôle qui est ici supposé de $43^{\circ}45'$. Pour s'assurer si cet angle est bien tel qu'il doit être, on coupe un morceau de papier fort ou de fer blanc suivant l'angle *gcs* et le plaçant sur la ligne de midi, on voit en le tenant droit si le fil qui forme l'aiguille ne monte pas plus haut, ou ne reste pas plus bas. Si, avec une bonne équerre, on ne reconnaît pas que cette aiguille penche plus d'un côté que d'un autre, on élève ou on abaisse le support, selon le besoin ou on l'incline d'un côté pour faire arriver l'aiguille à la position qu'elle doit avoir, alors on verse du soufre fondu dans le trou du support pour le fixer, après avoir bouché d'un côté avec de l'argile. On peut aussi fixer l'aiguille avec du mastic de vitrier.

113. Il est aussi très à propos de marquer avec un crayon un décimètre de longueur sur l'aiguille à partir du centre *c*, quand l'aiguille est placée. Pour s'assurer si elle est réellement dans la situation où elle doit se trouver, on examine si, à partir du point *g*, jusqu'à l'endroit que l'on a marqué sur l'aiguille, il y a bien la longueur de la corde de l'angle *gcs* de la hauteur du pôle. Si cet angle n'était pas bien fait, soit parce que le sommet de l'aiguille n'arrive pas jusqu'à la ligne de 6 heures, soit parce qu'il la dépasse, soit enfin parce que le support est trop élevé, il faudrait corriger cette erreur jusqu'à ce que l'aiguille arrivât exactement dans la position où elle doit être.

114. Quand l'aiguille est placée, il s'agit d'orienter le cadran, ou de le poser à l'endroit où nous voulons le mettre, de manière qu'il marque exactement les heures.

Pour cela, nous tournons la ligne de midi vers le nord et nous tournons le cadran jusqu'à ce qu'il marque l'heure précise d'un

bon cadran qui pourrait se trouver dans les environs. Après cela, nous examinons à l'aide d'un niveau à bulle d'air si le cadran est bien de niveau en tous sens et après l'avoir bien nivelé en long et en large, nous le tournons encore de manière à ce qu'il marque très exactement l'heure, tout en restant de niveau. Toutes ces opérations prennent assez de temps, car d'ordinaire lorsqu'on tourne le cadran pour lui faire marquer l'heure exacte, on dérange le niveau et lorsqu'on met le cadran de niveau, on dérange l'heure.

L'heure de midi est celle de toutes les heures qui est la plus convenable pour placer et orienter un cadran horizontal. Si un bon cadran solaire se trouve dans notre voisinage, c'est sur ce cadran qu'il faudra prendre le midi, mais comme il est très rare de rencontrer des cadrans solaires qui ne varient pas à midi, au moins de quelques minutes (quoique les personnes qui s'y fient, faute d'autre, se fassent les garants de la précision des moins exacts), nous allons donner plusieurs méthodes pour trouver l'heure de midi, avec la plus grande précision.

CHAPITRE IV

SECTION PREMIÈRE

Trouver avec précision l'heure de midi du soleil.

115. Comme d'une part, il est indispensable de savoir avec précision l'heure de midi du soleil, soit pour orienter les cadrans horizontaux, soit pour trouver la déclinaison des plans verticaux dont nous parlerons dans la suite, soit pour les usages de la vie civile et les besoins de l'astronomie, soit pour trouver la déclinaison de l'aiguille aimantée ; et que d'une autre, on peut regarder comme certain que les cadrans solaires qui ne sont pas tracés par le calcul, ne donnent pas même l'heure de midi avec exactitude, nous allons développer plusieurs méthodes pour trouver avec précision l'heure de midi.

SECTION II

Première méthode pour trouver l'heure de midi.

116. Dans un lieu bien exposé au soleil, nous plaçons un dessus de commode en marbre; nous le nivelons très exactement au moyen d'un niveau à bulle d'air, que nous posons d'abord en

long, puis en large, pour nous assurer si le marbre est de niveau dans ces deux sens. Lorsque la table de marbre (fig. 17) est bien de niveau (le côté long du marbre doit être tourné à peu près du midi au nord), vers le milieu de sa largeur, mais à 0, 20 centimètres à peu près de l'extrémité tournée du côté du midi, nous choisissons un point *c*, sur lequel nous faisons un petit trou au moyen d'une pointe à tracer, et posant une pointe de compas dans le petit trou *c*, nous décrivons avec l'autre pointe plusieurs circonférences dont le point *c* est le centre, nous pouvons en décrire 10 à 12 à 0,03 ou 0,04 centimètres de distance l'une de l'autre en observant que les traits soient fins. Il est mieux de décrire ces circonférences au crayon seulement.

Nous plaçons sur la table de marbre le faux style que nous avons décrit à l'article 43, de manière que la planche *CEP* soit tournée vers la ligne *AB* et que le pied *B* du style soit exactement sur le centre *c* des circonférences, comme on le voit sur la figure 17. Dans la matinée nous observons le centre de l'ovale de lumière lorsqu'il arrive à la première circonférence extérieure comme en *A*, nous marquons sur cette circonférence le point *A* avec le crayon, nous continuons à observer de même le centre de l'ovale de lumière et quand il touche le point *B* sur la seconde circonférence, nous marquons ce point *B*. Nous en faisons de même aux points *N*, *D* et *S*.

Après midi, lorsque le centre de l'ovale de lumière commence à toucher la circonférence au point *E*, nous marquons ce point. Nous en faisons de même aux points *F*, *G*, *H* et *X*.

Tous les points étant marqués, nous tirons une ligne droite du point *A* à son autre point correspondant *X*; nous en tirons une autre du point *B* à son autre point correspondant *H*, et nous en faisons de même sur toutes les circonférences. Si tous les points sont marqués avec exactitude, toutes ces lignes doivent se trouver parallèles les unes aux autres. Ensuite (art. 6) de deux points correspondants, *N* et *G*, par exemple, comme centre, nous décrivons avec la même ouverture de compas des arcs de cercle, qui se coupent aux points *I* et *K*. De ces points d'intersection *I* et *K* nous tirons une ligne droite *CM*, qui doit passer par le point *c*, pied du style. Nous nous assurons ensuite si cette ligne *CM*, qui est la ligne de midi, ou soit le méridien, partage d'une manière bien égale toutes les parallèles *AX*, *BH*, *NG*, etc. Si cela est, nous pouvons être certains que nous avons opéré exactement.

117. Une seule circonférence suffirait, à la rigueur, pour tracer la méridienne *CM*; mais il est bon d'en décrire plusieurs pour être plus sûrs de la justesse de l'opération. C'est pourquoi, il importe de tracer la méridienne de tous les points marqués sur la circonférence, au lieu de se contenter de deux, comme nous l'avons fait

ci-dessus. Les arcs de cercle doivent tous se couper sur la ligne de midi.

118. Il faut avoir soin de ne remuer ni le faux style, ni la table de marbre, en marquant les points A, B, X, etc. Si par hasard on avait déplacé l'un ou l'autre, il faudrait les remettre à leur place. Le faux style que l'on emploie pour cette opération ne doit pas être d'un bois qui se voile facilement au soleil. Aussi serait-il préférable que ce faux style fut en métal plutôt qu'en bois ; car si le soleil le fait tourmenter pendant l'opération, toute l'opération devient fautive.

119. Le lendemain, un peu avant midi, nous replaçons le faux style à la même place qu'il occupait la veille, le point B du style sur le point C, centre des cercles, et lorsque le centre de l'ovale de lumière arrive sur la ligne CM, il est midi précis.

120. Cette méthode pour trouver l'heure de midi n'est bien juste qu'à deux époques de l'année, depuis le 6 ou le 8 décembre jusqu'au 6 ou au 8 janvier de l'année suivante, et cette époque est la meilleure si le faux style a la tige assez courte ; car, alors l'ombre est très longue, ce qui fait qu'elle se projette plus au loin et qu'elle donne plus de précision à l'opération. La seconde époque pendant laquelle on peut se servir de ce procédé est celle qui va du 8 juin jusqu'au 8 juillet ; mais alors l'ombre étant fort courte, il faut, pour plus de précision, se servir d'un faux style qui ait la tige assez longue et qui soit peu capable de se tourmenter par l'effet de la chaleur du soleil. Pendant les autres époques de l'année, ce procédé n'a plus assez d'exactitude. Il existe, il est vrai, des calculs pour rectifier l'erreur que donne cette méthode, pendant le reste de l'année ; mais les difficultés que présentent ces calculs sont peu à la portée des ouvriers, c'est pourquoi nous nous dispensons de les donner.

SECTION III

Seconde méthode pour trouver l'heure de midi.

121. La seconde méthode pour trouver l'heure de midi s'exécute au moyen des étoiles, de la manière que nous allons indiquer. Nous plantons verticalement deux fortes perches A et B (figure 18), éloignées l'une de l'autre de 0,50 c. à 1 mètre et placées l'une vers le couchant, l'autre vers le levant. Ces perches doivent avoir environ deux mètres de hauteur. Nous attachons horizontalement une ficelle F tendue de l'une à l'autre perche que

nous affermissons le mieux possible. Nous plantons deux autres fortes perches D et L (fig. 18) vers le midi, de telle sorte que la table de marbre ou de pierre ME se trouve entre les quatre perches qui forment par leur disposition un carré long. Nous attachons aussi, horizontalement, une autre ficelle G d'une perche à l'autre, ensuite nous attachons horizontalement, ou à peu près, un fil blanc bien fin ou une soie blanche H de telle manière que du milieu de la ficelle G il aille au milieu de l'autre ficelle F et de façon que chaque bout de ce fil blanc puisse couler facilement d'un bout des ficelles à l'autre. Aux deux extrémités de ce fil blanc horizontal nous attachons deux autres soies blanches, ou fils très-blancs I et K, avec un plomb au bout de chacun. Afin de fixer plus aisément ces plombs et les empêcher d'être agités par les vents, nous disposons deux seaux pleins d'eau de façon que chaque plomb plonge dans l'un des seaux. Nous faisons en sorte que le fil horizontal H qui se trouve au-dessus du plan ME, corresponde à peu près avec le milieu de ce plan, sur lequel nous avons à tracer le méridien.

122. Tout étant disposé comme nous venons de le dire, ou d'une façon équivalente, au gré de chacun, nous nous plaçons devant la soie verticale I qui est du côté du Midi et nous visons vers le Nord, de façon que les deux fils I et K nous cachent l'étoile polaire. Pour cela nous faisons couler un bout du fil H du côté du levant ou du couchant jusqu'à ce que nous voyions les fils disposés à nous cacher l'étoile polaire P, dans le moment où le carré de la Grande Ourse est à droite des soies, c'est-à-dire vers le levant, et les trois de la queue à gauche, de sorte que la première de la queue soit prête à passer. Voir la disposition de ces étoiles à la figure 18.

Les soies des plombs étant ainsi placées dans le sens du méridien, si nous menons une ligne EM sur le plan qui est au-dessous de la soie H, de manière que cette ligne se trouve dans le même plan, ou, ce qui est la même chose, qu'elle soit entièrement cachée par les deux fils I et K, cette ligne est le méridien ; et si nous laissons la soie horizontale H, qui supporte le plomb, l'ombre de ce fil nous marque midi sur la ligne EM. Si nous posons un fil de fer ou de cuivre sur un endroit quelconque de cette ligne et qu'il soit parfaitement d'aplomb, son ombre marque midi, lorsqu'elle arrive sur la méridienne. Ou bien il sera midi lorsque les ombres des trois fils H, I et K se confondront sur la même ligne.

Cette méthode, toute mécanique qu'elle est, est excellente et très sûre et nous pouvons nous en servir toutes les fois que les étoiles arrivent, pendant la nuit, à la position que nous venons d'indiquer. Ce qui a lieu au 1^{er} août vers 4 heures, du matin ; au 15

août, vers 3 h. du matin; au 1^{er} septembre, vers 2 h. du matin; au 15 septembre, vers 1 h. du matin; au 1^{er} octobre, vers minuit; au 15 octobre, vers 11 h. du soir; au 1^{er} novembre, vers 10 heures du soir; au 15 novembre, vers 9 h. du soir; au 1^{er} décembre, vers 8 h. du soir; au 15 décembre, vers 7 h. du soir; et au 1^{er} janvier, vers 6 heures du soir.

Aux époques qui ne sont pas comprises entre le 1^{er} août et le 1^{er} janvier, l'étoile polaire n'arrive pas pendant la nuit à la position que nous venons d'indiquer et l'on risquerait fort de prendre un méridien faux si on la visait avec les fils quand elle se trouve dans une autre situation.

Remarque. — Au lieu de planter les quatre perches que l'on voit à la fig. 18 pour pouvoir tendre le fil μ dans la direction du méridien, il est plus expéditif et plus sur de chercher quelque mur de maison, de campagne ou de jardin qui soit à peu près dans la direction du méridien. On plante alors dans ce mur, à une hauteur convenable, deux tringles de fer à un mètre de distance l'une de l'autre. Ces tringles remplacent les fils σ et κ et permettent de diriger et de fixer les fils à plomb ι et κ dans la direction que nous avons indiquée ci-dessus.

Nous avons supposé dans cet article que l'opérateur connaît l'étoile polaire. L'étoile polaire est une très belle étoile qui est toujours au Nord, à peu près à la même place. Etant très près du pôle Nord, elle paraît ne pas bouger, et toutes les autres étoiles semblent tourner autour d'elle. Tout le monde connaît la Grande Ourse, appelée aussi le Char ou *Carri*, composée de sept belles étoiles. Il suffit de tirer une ligne droite entre les deux dernières étoiles du Char x et y pour trouver l'étoile polaire p . La Petite Ourse ou le petit Char n'est visible que dans les nuits fort obscures.

SECTION IV

Régler une bonne pendule ou une montre au soleil, sans avoir de cadran solaire.

123. Avant d'étudier cet article, il est bon de revoir ce que nous avons dit du complément arithmétique, page 10.

124. Une montre ou une pendule nous est nécessaire, et si elle est à secondes nous aurons plus de précision dans notre opération. Après avoir disposé une table de marbre et le faux style, comme nous l'avons dit à l'article 90 (fig. 14), lorsque la montre ou la pendule

marque précisément 9 heures, par exemple, (car il importe peu que la montre ou la pendule soit mise ou non exactement à l'heure véritable), nous marquons dans le même instant le point de lumière o , sur le marbre, au milieu de l'ovale de lumière; et en mesurant la hauteur du style BA et la distance BO , nous trouvons la hauteur du soleil: comme il a été dit au même article 90. (fig. 14).

125. Supposons que nous opérions le 13 novembre 1855. Le soleil ce jour-là, à midi, décline de $17^{\circ} 55'$. La veille, à midi, la déclinaison était de $17^{\circ} 38'$. Cette déclinaison est australe et augmente chaque jour, à cette époque de l'année; du 12 au 13 novembre elle a augmenté de $17'$ (on le voit en retranchant $17^{\circ} 38'$ de $17^{\circ} 55'$). Si donc nous avons marqué le point de lumière le 13 novembre, à midi, la déclinaison serait bien de $17^{\circ} 55'$; mais nous l'avons marqué à 9 heures du matin. Or, pour connaître quelle était la déclinaison du soleil le 13 à 9 heures du matin, nous établissons la proportion suivante; si en 24 heures la déclinaison augmente de $17'$ en 21 heures (du 13 à midi au lendemain 9 heures, il y a 21 heures), elle augmentera de x , c'est-à-dire

$$24 \text{ h.} : 17' :: 21 : x = 15'$$

La déclinaison le 13 à 9 heures était donc de $17^{\circ} 38'$ et $15'$ en plus, c'est-à-dire de $17^{\circ} 53'$. Il faut donc ajouter 90° à $17^{\circ} 53'$, parce que la déclinaison est méridionale ou australe et nous avons pour la distance du soleil au pôle $107^{\circ} 53'$.

Supposons que le calcul nous ait donné la hauteur du soleil de $11^{\circ} 29'$ il faut en ôter la réfraction (art. 90) qui est $4'$, il reste $11^{\circ} 25'$ pour la véritable hauteur du soleil, dont nous avons à prendre le complément (art. 18), qui est $78^{\circ} 35'$, c'est la distance du soleil au zénith. Nous supposons le complément (art. 18) de la hauteur du pôle $45^{\circ} 5'$. Voilà les éléments au moyen desquels il s'agit de trouver l'heure qu'il était réellement au soleil, à l'instant où nous avons marqué le point de lumière.

126. A cet effet nous proposons le triangle pzs , (fig. 19), dont nous connaissons les trois côtés: pz , complément de la hauteur du pôle $45^{\circ} 5'$; sz , complément de la hauteur du soleil $78^{\circ} 35'$; ps distance du soleil au pôle $107^{\circ} 53'$.

Nous additionnons ces trois côtés parce qu'il s'agit de trouver l'angle spz .

pz complément de la hauteur du pôle	$45^{\circ} 5'$
sz complément de la hauteur du soleil	$78^{\circ} 35'$
ps distance du soleil au pôle	$107^{\circ} 53'$
Total	<hr/> $231^{\circ} 33'$

	Du total	231° 33'
il faut d'abord prendre la moitié (art. 26)		115° 47'
de cette moitié il faut ôter pz		45° 5'
(art. 25) et nous avons pour premier reste		70° 42'
	puis de	115° 47'
il faut aussi ôter ps		107° 53'
		7° 54'

Ce qui nous donne pour le 2^{me} reste

Observons que pz et ps sont les deux côtés entre lesquels se trouve l'angle spz qu'il s'agit de trouver.

Nous additionnons ensuite :

Complément arithmétique du sinus de pz	0.14988
Complément arithmétique du sinus de ps	0.02151 (1)
Sinus du premier reste 70° 42'	9.97488
Sinus du second reste 7° 54'	9.13813

La somme est 19.28440 dont il faut prendre la moitié qui est 9.64220. Ce nombre est le logarithme sinus de 26° 4' 25". Nous doublons ce nombre de degrés et nous avons 52° 3' pour l'angle spz en réduisant en temps ces 52° 3', à raison de 15° par heure et de 15' de degré pour une minute d'heure, nous trouvons 3 heures 28 minutes qu'il faut retrancher de 12 heures, parce que le point de lumière a été marqué avant midi. Cette opération donne pour résultat 8 heures 31 minutes 48 secondes qui était l'heure véritable du soleil, à l'instant où nous avons marqué le point de lumière ; et comme il était alors 9 heures précises à la montre, il s'en suit que la montre avançait de 28' 12". Ainsi, au moment où la montre donnera l'heure de midi 28' 12", nous marquerons un point sur le plan, au milieu de l'ovale de lumière, et ce sera le point de midi.

Nous pouvons, pour faire le calcul précédent, prendre la hauteur du soleil sur un plan vertical, comme nous l'enseignerons plus tard et faire le reste du calcul ainsi que nous l'avons démontré ci-dessus. Ce procédé est très commode pour prendre la déclinaison des plans verticaux qui, à midi, sont éclairés par le soleil.

CHAPITRE V

Cadran vertical non déclinant.

127. Les cadrans verticaux non déclinants sont très faciles à faire. On les trace ordinairement sur une plaque de marbre, d'ar-

(1) P S étant de 107° 53', son sinus sera le sinus de son supplément 72° 7' (voir art. 19 et 76).

doise, sur une brique, sur une pierre de taille polie, et même quelquefois sur des murs qui ne déclinent pas du tout, ce qui est pourtant très-rare. Il ne faudrait cependant pas s'aventurer à tracer un de ces cadrans sur un mur qui paraîtrait bien tourné vers le midi, avant de s'assurer par la méthode que nous donnons plus loin, s'il ne décline pas du tout.

128. Dans les cadrans verticaux l'aiguille fait, avec la ligne de midi, un angle égal, non pas à l'élevation du pôle, mais au complément (art. 18) de l'élevation du pôle. Dans l'exemple que nous avons donné au chapitre précédent, la hauteur du pôle étant de 43° 45', l'aiguille doit faire, avec la ligne de midi, un angle de 46° 15', parce que 46° 15' est le complément de 43° 45' (art. 18). Les heures du matin sont placées à la gauche du côté du couchant, et les heures du soir à la droite, du côté du levant. Ce cadran ne peut marquer les heures que depuis six heures du matin jusqu'à six heures du soir, par la raison que le soleil ne l'éclaire plus après six heures du soir et ne l'éclaire pas le matin avant six heures.

129. Pour calculer le cadran vertical non déclinant (fig. 20), il faut se comporter exactement comme nous l'avons indiqué pour le cadran horizontal (art. 93, 94) ; avec cette seule différence qu'au lieu d'additionner le sinus de la hauteur du pôle, on additionne le cosinus de la hauteur du pôle du lieu où l'on veut le décrire. Or, nous avons supposé que pour le cadran horizontal la hauteur du pôle était de 43° 45', dont le cosinus est 9.85876 ; donc il faut additionner ce nombre 9.85876 successivement avec les onze nombres 9.11943, 9.42805, 9.61722, 9.76144, 9.88498, 0.00000, 0.11502, 0.23856, 0.38278, 0.57195, 0.88057. Les résultats de ces onze additions donnent les onze tangentes des angles horaires de demi-heure en demi-heure.

Nous cherchons ensuite en particulier chacune de ces onze sommes parmi les tangentes et nous trouvons ainsi à quels angles chacune d'elles correspond et quand nous connaissons les angles, nous en prenons les cordes. Nous traçons ce cadran de la même manière que nous avons indiquée pour le cadran horizontal aux articles 100, 101, 102, et 107, mais sans prolonger aucune ligne au-delà du centre.

Nous plaçons l'aiguille de manière à ce qu'elle fasse, avec la ligne de midi, un angle égal au complément de la hauteur du pôle. Ce qui nous est facile en prenant la corde de ce complément de la hauteur du pôle qui, dans l'exemple cité, serait la corde de 46° 15' et qui est 0.7854. La figure 20 représente un cadran vertical tout tracé.

CHAPITRE VI

Cadrans orientaux et accidentaux.

130. Nous allons maintenant indiquer la manière de tracer le cadran oriental.

Sur une pierre qui pourra être exactement tournée vers le levant, ou sur un mur dont la façade sera bien précisément tournée de ce côté, c'est-à-dire qui ne déclinera pas du tout, ce dont il faut s'assurer par la méthode que nous donnerons plus loin, nous tirons la ligne horizontale HR (fig. 21) et choisissant sur cette ligne un point quelconque, le point p par exemple, nous faisons l'angle CPR égal à l'élévation du pôle (art. 81 à 86). La ligne CP est la ligne de 6 heures, sur laquelle il faut placer l'aiguille. Nous tirons ensuite les lignes de l'encadrement EN, XS de manière qu'elles soient perpendiculaires (art. 3) sur la ligne de 6 heures CP. Nous faisons ensuite creuser deux trous sur la ligne de 6 heures, l'un en c, l'autre vers le point p et nous plaçons dans ces trous les deux supports de l'aiguille AI de manière que cette aiguille soit partout à un décimètre de distance de la ligne de 6 heures et qu'elle ne penche ni d'un côté ni d'un autre.

Nous ouvrons le compas de 0,027 millimètres et nous en plaçons une pointe sur la ligne de 6 heures. Vers le point c, nous décrivons à droite et à gauche deux arcs de cercle. Nous plaçons ensuite la même ouverture de compas sur la même ligne de 6 heures, vers le point p, nous décrivons de même à droite et à gauche deux arcs de cercle et nous traçons sur ces deux arcs de cercle les lignes parallèles de 5 heures et de 7 heures de la manière que nous l'avons indiqué à l'art. 8. Pour 4 heures et 8 heures nous traçons deux parallèles à la ligne de 6 heures, une à droite, l'autre à gauche avec une ouverture de compas de 58 millimètres.

Nous faisons la même chose pour toutes les heures, c'est-à-dire que pour toutes les heures nous tirons des parallèles à la ligne de 6 heures avec des ouvertures de compas spécifiées dans le tableau suivant, dans lequel nous avons mis les demi-heures pour ceux qui voudraient les tracer, parce que notre figure ne porte que les heures.

DISTANCE DE LA LIGNE DE 6 HEURES AUX PARALLÈLES DE

5 h. 1/2 et 6 1/2 — 0,01317 ou 13 millimètres de distance
5 heures et 6 h. — 0,0268 ou 27 millimètres id.

4 h. 1/2 et 7 1/2 — 0,04142 ou 41 millimètres de distance
4 heures et 8 h. — 0,05773 ou 58 millimètres id.
3 h. 1/2 et 8 1/2 — 0,07673 ou 77 millimètres id.
3 heures et 9 h. — 0,1 décimètre id.
2 h. 1/2 et 9 1/2 — 0,1303 ou 130 millimètres id.
2 heures et 10 h. — 0,1732 ou 173 millimètres id.
1 h. 1/2 et 10 1/2 — 0,2414 ou 241 millimètres id.
1 heure et 11 h. — 0,3732 ou 373 millimètres id.
12 h. 1/2 et 11 1/2 — 0,7596 ou 760 millimètres id.

131. Si l'aiguille était élevée de deux décimètres au-dessus de la ligne de 6 heures, il faudrait multiplier par 2 tous les nombres ci-dessus. Si elle était placée à 3 décimètres ou soit à 30 centimètres de distance de la ligne de 6 heures, il faudrait également multiplier tous les nombres ci-dessus par 3 ; et si elle était à 0,15 centimètres il faudrait les multiplier par 1,5, etc..

132. Le cadran occidental est celui qui est tracé sur un plan exactement tourné vers le couchant. C'est précisément le même que le cadran oriental, mais dans une situation opposée. Au lieu d'y marquer les heures du matin, telles que 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, il faut y mettre celles du soir 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 heures. Nous plaçons toujours l'aiguille sur la ligne de 6 heures et parallèlement à cette ligne. Si nous traçons un cadran oriental sur une feuille de papier huilé et que nous le regardions du côté opposé à travers le papier, nous verrions un cadran occidental tout tracé. Nous traçons ce cadran de même manière que le précédent, avec cette différence pourtant qu'au lieu de tracer sur l'horizontale HR, la ligne PC du côté droit, nous la traçons du côté gauche. Les lignes de l'encadrement sont aussi perpendiculaires (art. 18) aux lignes des heures. La figure 22 représente le tracé d'un cadran occidental.

CHAPITRE VII

Cadran septentrional non déclinant.

133. Le cadran septentrional non déclinant est celui que l'on trace d'ordinaire sur une pierre taillée que l'on tourne directement vers le nord. On peut aussi le tracer sur un mur dont la façade est exactement tournée dans la direction du nord, sans décliner ni vers le levant ni vers le couchant. C'est précisément l'opposé du cadran vertical non déclinant dont nous avons parlé aux articles 127, 128 et 129. Sa description est fort simple. Nous

n'avons qu'à renverser et à tourner de haut en bas un cadran vertical non déclinant et nous avons un cadran septentrional non déclinant. L'aiguille alors monte en haut et se trouve dans la vraie position. Les angles horaires sont les mêmes ; mais il faut prolonger au-delà du centre du cadran les lignes horaires de 7 et de 8 heures du matin pour avoir 7 heures et 8 heures du soir, et prolonger également au-delà du centre du cadran les lignes de 4 et de 5 heures du soir pour avoir 4 heures et 5 heures du matin.

Ce cadran ne pouvant marquer que 4, 5, 6, 7 et 8 heures du matin et 4, 5, 6, 7 et 8 heures du soir, on efface, par conséquent, les lignes de 9, 10, 11, 12, 1, 2, 3 heures. Les heures du matin sont tracées du côté du couchant du cadran et les heures du soir, du côté du levant.

La figure 23 représente un cadran septentrional non déclinant.

Ce cadran a le centre en bas, et son aiguille monte en haut, vers le pôle. L'aiguille est posée sur la ligne de midi qui devient la ligne de minuit et elle fait, avec cette ligne, un angle égal au complément de la hauteur du pôle (art. 18). En un mot, ce cadran n'est ni plus ni moins que le cadran vertical non déclinant, renversé et tourné vers le nord de haut en bas.

134. Ce cadran septentrional non déclinant, le vertical non déclinant, l'oriental et l'occidental que nous venons d'expliquer, ainsi que l'horizontal se tracent ordinairement tous cinq sur une pierre taillée de forme cubique, qui en porte ainsi un à chaque face, c'est-à-dire, un au midi, un au nord, un au levant, un au couchant et un au-dessus, l'horizontal.

CHAPITRE VIII

SECTION PREMIÈRE

Cadrans verticaux déclinants.

135. Il importe beaucoup de bien comprendre le chapitre que nous allons développer ; car, l'usage des cadrans verticaux déclinants est si ordinaire et si fréquent, qu'on n'en fait pour ainsi dire jamais d'autre. Il est, en effet, extrêmement rare de trouver un mur parfaitement orienté, par conséquent on est presque toujours obligé de tracer un cadran déclinant. Nous nous efforcerons de ne rien oublier pour en rendre la pratique le moins difficile possible. Nous commencerons d'abord par traiter de la manière de préparer le plan. Nous donnerons ensuite le moyen de trouver

par le calcul, la déclinaison des plans verticaux. Nous développerons, en troisième lieu, la méthode pour faire le calcul des angles horaires et les autres opérations nécessaires à la confection de ce même cadran ; enfin nous indiquerons comment il faut faire pour tracer le cadran et poser l'aiguille.

MANIÈRE DE PRÉPARER LE PLAN

136. Avant de tracer un cadran solaire sur un mur, il faut préparer l'endroit où on veut le faire, afin qu'il soit bien plan, c'est-à-dire, bien droit. Il est difficile de trouver des ouvriers qui y regardent d'assez près, il importe donc de les diriger soi-même, voici comment on doit s'y prendre.

Si le mur est crépi on enlève tout l'ancien mortier qui le couvre, jusque dans les joints des pierres. On compose le nouveau mortier de la façon suivante : on prend un tiers de chaux qui ne soit pas récemment éteinte, deux tiers de gros sable et une partie considérable de brique pilée qu'on appelle ciment. On gache le tout sans y mettre de l'eau jusqu'à ce que ces divers matériaux soient bien incorporés ensemble. Si l'on craint que ce mortier se fendille, on y mêle suffisamment de la bourre, que l'on bâte bien auparavant, afin de la défaire exactement. Tout étant bien mêlé et bien pétri, on mouille abondamment ce mur et on lui donne une couche de crépissage avec ce mortier.

Lorsque cette première couche de mortier est bien sèche, on fait aux deux extrémités du plan, c'est-à-dire aux deux côtés, une bande de plâtre allant de haut en bas, en ayant soin de placer l'une et l'autre de ces bandes hors de l'étendue du plan du cadran. Si le plan a une étendue assez vaste, comme, par exemple, de deux ou trois mètres carrés, on fait une troisième bande au milieu. Ces trois bandes établies sur la même ligne doivent être exactement à plomb, et parfaitement droites, ce que l'on reconnaît en appliquant horizontalement une grande règle récemment dressée. Si cette règle touche les trois bandes à la fois en la faisant couler de haut en bas et en la posant obliquement en deux sens différents, les trois bandes sont bien faites. Les trois bandes étant bien sèches et droites, on examine si les entre-deux sont assez profonds pour recevoir une seconde couche de crépissage, mais on ne passe jamais une nouvelle couche de mortier, avant que la première soit parfaitement sèche. On mouille bien le plan et on passe une seconde couche de crépissage avec le même gros mortier. Lorsque cette seconde couche est bien sèche, on présente la règle sur les bandes de plâtre et on voit si elle touche presque la règle. Alors on fait la même composition de mortier que ci-dessus, mais sans

y mêler de la bourre, et après avoir passé à travers un tamis de crin le sable et le ciment, et avec ce mortier qui doit être fin comme du plâtre, on passe sur toute la surface du plan un enduit que l'on unit soigneusement à l'aide du bœclier : on présente à tout instant la règle et on fait en sorte qu'elle touche partout également.

Cette dernière couche doit être fort mince si l'on veut réussir. C'est pourquoi il faut mettre du gros mortier suffisamment pour que le plan soit presque droit quand il la reçoit, il est nécessaire qu'il soit parfaitement sec et puis mouillé avant de passer le mortier fin.

Tout étant fait et reconnu bien plan, on fait disparaître les bandes de plâtre et l'on donne au cadran la forme que l'on désire, ronde, carrée, hexagonale, etc.

Le plan terminé et bien sec on y passe une couche d'huile de lin ou de noix très chaude sans aucune préparation et l'on continue de suite à passer l'huile sur le plan et tant qu'il peut en absorber, sans attendre qu'elle sèche, afin qu'elle imbibe le mortier et le pénètre aussi profondément que possible. Lorsque ces couches d'huile sont devenues parfaitement sèches, ce qui arrive en 12 ou 15 jours, on passe dessus une couche de cêruse à l'huile qu'on laisse bien sécher.

La blancheur de la cêruse se conserve d'autant mieux qu'elle est parfaitement broyée et qu'on l'emploie aussi épaisse que possible. On fera bien de ne pas préparer l'huile ; elle restera plus longtemps de sécher, mais aussi elle ternira moins. Un plan fait comme nous venons de l'indiquer peut avoir une durée de 150 à 200 ans.

SECTION II

Trouver la déclinaison d'un mur ou d'un plan.

137. La déclinaison d'un plan est l'angle que ce plan fait avec la ligne imaginaire qui, partant du vrai levant, se dirige vers le couchant vrai.

On peut dire aussi que la déclinaison d'un plan est l'angle qui manque à ce plan pour être perpendiculaire au méridien, (art. 38). Si un mur a sa façade exactement tournée vers le midi, sa surface est parallèle à la ligne du levant au couchant vrai et perpendiculaire au méridien ; dans ce cas sa déclinaison est nulle. Mais si ce mur n'est pas parfaitement tourné vers le midi, il fait, avec la

ligne qui, du levant se dirige vers le couchant, un angle qu'on appelle la déclinaison du plan.

On dit pareillement qu'un mur ne décline pas, lorsque la déclinaison est exactement de 90° . Sa surface est alors parallèle au méridien et, dans ce cas, on peut construire sur ce mur le cadran vertical oriental ou occidental.

138. Voici comment nous procédons pour trouver la déclinaison d'un mur ou d'un plan. Nous tirons d'abord, vers le milieu du plan (fig. 24) une ligne ac qui soit parfaitement à fil-à-plomb. Pour bien tracer cette ligne, nous nous servons d'un plomb suspendu à un fil de soie et d'une règle bien droite. S'il fait du vent au moment de notre opération nous suspendons le plomb à un clou et nous le faisons librement tremper dans un vase rempli d'eau. Lorsque cette ligne ac est très exactement tirée, nous choisissons un point a vers le haut de cette ligne et sur ce point a , à l'aide de la règle et du niveau à bulle d'air nous traçons au crayon la ligne horizontale ho (art. 1) ; Nous prenons ensuite le faux style dont nous avons donné la description à l'article 45, et, la planche étant tournée en haut, nous le plaçons de manière que le point b de l'arête ba (fig. 9 ou 14) soit exactement sur la rencontre de l'horizontale et de la verticale, comme on le voit dans la figure 24 ; et tenant d'une main le faux style, au moment de midi précis, nous marquons un point s sur le plan, bien au milieu de l'ovale de lumière qui vient du trou de la plaque.

139. On peut s'assurer du moment de midi, soit par une méridienne horizontale qu'on aurait préalablement décrite pour cet usage dans le voisinage du cadran, soit par l'une des méthodes que nous avons expliquées dans cet ouvrage à partir de l'article 113 jusqu'à l'article 123 ; soit par un cadran de la justesse duquel on serait certain. Quand même ce cadran serait à quelque distance du lieu où l'on opère, pourvu que l'on ait à sa disposition une bonne montre qu'on réglerait sur le cadran à 11 heures ou à 11 heures et demie, par exemple, on pourra connaître exactement l'heure de midi.

140. Soit donc ac (figure 24) la ligne à fil-à-plomb. Le faux style étant placé comme le représente la même figure 24, de manière que le point a de l'extrémité de l'arête ai se trouve très exactement sur la rencontre de la ligne à fil-à-plomb ac avec l'horizontale ho , au moment de midi précis nous marquons le point s au centre de l'ovale de lumière. Puis, prenant le fil-à-plomb et le plaçant sur le point s nous tirons la ligne si bien verticale (2). Prenant ensuite, au moyen du compas, la hauteur du faux style ai depuis le centre de la plaque i jusqu'au point a , nous le transportons de a en p de manière que la ligne ap égale ai . Nous tirons

ensuite la ligne PL et l'angle APL est celui de la déclinaison du plan. Voici maintenant ce qu'il faut faire pour mesurer cet angle.

141. Nous ouvrons le compas d'une longueur égale à la longueur de la ligne AL, ce que nous obtenons en plaçant une pointe du compas sur le point L et en l'ouvrant jusqu'à ce que l'autre pointe arrive sur le point A. Portant ensuite cette ouverture de compas sur le mètre en cuivre nous la mesurons très-exactement, sachant de compter non-seulement les décimètres, les centimètres et les millimètres, mais encore autant que possible les dimillimètres, et nous écrivons cette longueur comme nous l'avons expliqué aux articles 48 et 49.

Supposons que cette ouverture de compas soit de $0^m,2675$, nous cherchons le logarithme de ce nombre $0^m,2675$ en ayant soin d'observer ce que nous avons dit aux articles 57, 58, 59 et 60. Le logarithme de $0,2675$ est 9.42732 .

Nous mesurons ensuite très exactement la longueur de la tige du faux style depuis le centre I de la plaque jusqu'au point A qui touche la verticale et l'horizontale, ou, ce qui revient au même, nous mesurons la ligne AP et nous écrivons cette longueur aussi avec les décimètres, les centimètres, les millimètres et les dimillimètres ; cette longueur AI ou AP, nous la supposons ici de $0,50$ centimètres. Nous cherchons pareillement son logarithme qui est 9.69897 et nous le retranchons du logarithme trouvé ci-dessus. Le reste nous donne la tangente de la déclinaison du plan.

de 9.42732 logarit. de AL (61, 62) $0^m,2675$
 ôtons 9.69897 logarithme de AP ou AI $0^m,50$

il reste 9.72835 qui est la tangente de la déclinaison du plan APL. Nous cherchons ce nombre 9.72835 parmi les tangentes et nous trouvons qu'il est la tangente de $28^\circ 9'$. Le mur décline donc de $28^\circ 9'$.

142. Si le point de lumière marqué à midi, se trouve du côté du levant par rapport à la verticale AC, c'est une preuve que le mur décline vers le levant. Si, par contraire, le point de lumière se trouve vers le couchant, par rapport à la même ligne à fil-à-plomb AC, on en conclut que le mur décline vers le couchant.

Si le point de lumière marqué à midi se trouvait sur la verticale AC, ce serait la preuve que le mur ne déclinerait pas du tout et l'on pourrait alors y tracer le cadran vertical non déclinant que nous avons expliqué aux articles 127, 128 et 129.

143. Remarquons que si le mur destiné à recevoir un cadran solaire est beaucoup plus éclairé le matin que le soir, en d'autres termes, si le soleil l'éclaire toujours en se levant et le quitte peu après midi, c'est une preuve que ce mur décline beaucoup vers le

levant ; dans ce cas il peut arriver qu'en tirant la verticale AC au milieu du plan, le point de lumière qu'il faut marquer à midi aille tomber en dehors du cadran. Il est donc prudent, dans ce cas, de tirer cette ligne verticale AC un peu du côté du couchant. Si, au contraire, le mur est plus éclairé le soir que le matin, cette ligne AC doit être tirée du côté du levant.

144. Pour marquer le point de lumière s avec exactitude et bien au centre de l'ovale de soleil, nous nous servons d'une carte à jouer (fig. 25), voici comment :

Nous décrivons au moyen du compas plusieurs circonférences concentriques, sur cette carte et au centre de tous ces cercles, nous pratiquons un petit trou rond. Au moment de midi nous recevons l'ovale de lumière qui part du trou de la plaque, sur cette carte en la tournant de manière que la lumière ne fasse pas sur elle un ovale, mais un cercle qui remplisse l'un de ceux que nous avons tracés sur cette même carte et lorsqu'au moment de midi, la lumière remplit l'un de ces ronds, nous marquons ou nous faisons marquer par quelqu'un autre le centre du petit ovale de lumière qui, partant du trou de la plaque, se reflète sur la carte et ne laisse arriver sur le mur qu'un très petit ovale. On comprend facilement qu'il faut être deux pour cette opération ; l'un pour tenir le faux style immobile dans sa position, tandis que l'autre tient d'une main la carte appuyée sur la muraille et de l'autre marque le centre en question.

Observons, cependant, que cet emploi de la carte n'est point indispensable et, nous avouons que personnellement nous n'en avons jamais fait usage.

145. Cette méthode que nous venons d'expliquer pour prendre la déclinaison est très simple et très sûre, en supposant une grande précision dans l'heure de midi. Mais très souvent il devient difficile et trop long pour trouver cette heure de midi vrai, et quelquefois aussi il arrive que le cadran ne peut marquer midi, parce qu'à cette heure, il n'est plus éclairé par le soleil. Cette raison et bien d'autres que nous pourrions indiquer, font désirer une autre méthode pour trouver la déclinaison du plan sans être assujéti à aucune circonstance ; aussi allons-nous en donner une autre plus avantageuse, plus commode et même plus sûre ; mais aussi, nous l'avons, un peu plus longue et un peu plus difficile à saisir. Cependant nous devons ajouter que dès qu'on l'aura mise en pratique pendant 4 ou 5 fois, on sera tout étonné de la trouver si facile et on aura la satisfaction de sentir que l'on travaille avec toute la précision que l'on peut désirer.

SECTION III

Autre méthode pour trouver la déclinaison du plan.

146. A une heure quelconque de la matinée ou de l'après-midi, nous marquons sur le mur, à l'aide de la carte, comme nous l'avons expliqué à l'article 144, ou sans carte, mais en tenant le faux style sur la verticale suivant ce que nous avons dit à l'article 140, un point de lumière F (fig. 24) et présentant un fil-à-plomb suspendu au devant de ce point F, nous marquons le point L', à l'endroit où le fil-à-plomb coupe l'horizontale HO. Nous mesurons d'une manière très exacte les lignes AL', PA, FL' et PL' écrivant très exactement chaque mesure (art. 48, 49 et 141) et cherchant le logarithme de chacun de ces nombres (art. 57, 58, 59 et 60). Mais pour mieux nous faire comprendre nous allons donner un exemple.

147. Le point de lumière F a été marqué le 28 août 1855, à 8 heures du matin.

La longueur de la ligne AL' est de 0^m,434 millimètres dont le logarithme est 9.63749 (art. 58).

La longueur de la ligne PA est de 0^m,25 centimètres dont le logarithme (art. 58) est 9.39794.

La ligne FL' est de 0^m,298 millimètres dont le logarithme est 9.47422.

La ligne PL' est de 0^m,5008 dimillimètres dont le logarithme est 9.69966.

148. Cela fait, nous calculons d'abord l'angle APL' et pour cela
 du logarithme de AL' 9.63749 log. de 0^m,434 mi.
 ôtons le logarithme de PA 9.39794 log. de 0^m,25 cent.
 Le reste 0.23955 est la tangente de l'angle APL'. Nous cherchons ce nombre 0,23955 parmi les tangentes et nous le trouvons à côté de 60° 3'; ce qui nous prouve que l'angle APL' est de 60° 3'.

149. Le second angle que nous avons à déterminer par les mesures que nous avons prises est celui de la hauteur du soleil, au moment où nous avons marqué le point de lumière F; pour y parvenir nous n'avons qu'à faire la soustraction suivante dont le reste est la tangente de la hauteur du soleil.

du logarithme de FL'	9.47422
ôtons le logarithme de PL'	9.69966
Le reste	9.77456 est la tangente de

la hauteur du soleil. Nous cherchons dans ce nombre 9.77456 parmi les tangentes et nous trouvons qu'il correspond à 30° 45'. La hauteur du soleil est donc de 30° 45' d'où nous avons à retrancher la réfraction (art. 90 tableau) qui est ici de 2' et il nous reste pour la hauteur du soleil 30° 43' dont il faut prendre le complément qui est 59° 17' (art. 18).

150. Remarquons, en passant, que le calcul suivant serait beaucoup plus simple si nous prenions le point de lumière sur la verticale AC.

En effet, outre les autres simplifications nous n'aurions pas à déterminer l'angle APL' qui n'existerait pas. En supposant donc que le point de lumière fut le point c, pour trouver la hauteur du soleil nous ferions la soustraction suivante :

Du logarithme de AC, retranchons le logarithme de PA, le reste est la tangente de la hauteur du soleil que l'on corrige en en retranchant la réfraction.

151. Nous avons trouvé jusqu'ici deux angles APL' et la hauteur du soleil 30° 43' dont le complément est 59° 17'. Soit maintenant LAN (fig. 26) l'horizontale du mur; AP le style; MPE le méridien; s le soleil et SPL' le rayon de soleil ou la direction de la lumière. Il s'agit de trouver les deux angles SPE et SPM que les rayons du soleil font au point P avec le méridien ME. Nous avons un triangle SPE dont SP égale le complément de la hauteur du soleil, complément qui est ici de 59° 17'.

PE égale le complément de la hauteur du pôle. En supposant la hauteur du pôle de 43° 30', PE égalera 46° 30'.

Le côté SE égale 90° plus la déclinaison du soleil, si elle est australe, et moins la déclinaison, si elle est boréale. Il ne faut pas oublier que le point F a été marqué à 8 heures du matin et le 28 août 1855. Nous cherchons donc dans l'almanach des marins ou dans l'annuaire du bureau des longitudes pour l'année 1855 et nous trouvons que le 28 août 1855 la déclinaison est boréale et de 9° 51' à midi. Et comme elle va en diminuant, nous remarquons que la veille, à midi, elle était de 10° 12' nous prenons la différence entre 10° 12' et 9° 51'; cette différence est de 21'. Nous faisons alors la proportion suivante : si en 24 heures à partir de midi 27 jusqu'au midi 28 août, la déclinaison diminue de 21', de combien diminuera-t-elle en 20 heures, prises de midi 27 jusqu'à 8 heures du matin du 28 août, ou soit 24 h. : 21' :: 20 : x = 17' 30". Nous négligeons les 30" et nous voyons que de midi 27 à 8 heures du matin du 28 la diminution a été de 17'. Nous retranchons donc (art. 25) ces 17' de la déclinaison du 27 août

de	10° 12'
retranchant	17'

il reste 9° 55' qui est la déclinaison du soleil le 28 août à 8 heures du matin. Comme cette déclinaison est boréale, nous la retranchons de 90°, en disant de 89° 60' ôté 9° 55' il reste 80° 5'. Le côté SE, est donc de 80° 5'.

Si nous nous étions trouvés à une époque où la déclinaison augmente d'un jour à l'autre, au lieu de soustraire, nous aurions ajouté la déclinaison et posé la proportion de la manière suivante : si dans 24 heures la déclinaison a augmenté de 21', de combien aura-t-elle augmenté en 20 heures, nous aurions trouvé le même résultat 17' qu'il aurait fallu ajouter à la déclinaison du jour précédent, à midi, pour avoir la déclinaison que nous cherchions.

Le côté SE a été évalué à 80° 5', c'est-à-dire à 90° moins la déclinaison 9° 55', parce que celle-ci était boréale ; mais si par contraire cette déclinaison avait été australe, il aurait fallu ajouter la déclinaison 9° 55' à 90° et, dans ce cas, SE serait devenu de 99° 55'.

Pour trouver l'angle SPE additionnons les trois côtés suivants :

SP complément de la hauteur du soleil	59° 17'
PE complément de la hauteur du pôle	46° 30'
SE 90° moins la déclinaison	80° 5'
Du total qui est	185° 52'
prenons la moitié	92° 56'

De cette moitié 92° 56' nous avons à retrancher successivement les deux côtés qui forment l'angle SPE.

de	92° 56'		de	92° 56'
ôtons SP	59° 17'		ôtons PE	46° 30'
1 ^{er} reste	33° 39'		2 ^{me} reste	46° 26'

Après ces opérations additionnons :

Complément arithmétique du sinus de SP 59° 17'	0.06565
Complément arithmétique du sinus de PE 46° 30'	0.13944
Sinus du premier reste 33° 39'	0.74360
Sinus du second reste 46° 26'	0.86008
De la somme qui est	19.80877
Prenons la moitié	9.90438

Cette moitié 9.90438 est le sinus de 53° 21'. Doublons cet angle et nous avons 106° 42' qui est l'angle SPE. Prenons le supplément (art. 19) en retranchant 106° 42' de 179° 60' il reste 73° 18'. L'angle SPM est donc de 73° 18'.

152. Si le point de lumière a été marqué sur la verticale AC (fig. 24), l'angle SPM sera celui de la déclinaison du plan et dans ce cas le mur déclinera de 73° 18'.

S'il a été marqué ailleurs, l'angle SPM (fig. 26) égalera l'angle LPL' (fig. 24) qui est de 73° 18'. Retranchons l'angle APL' que nous avons trouvé à l'article 148 ; le reste sera la déclinaison du plan ; ou, du plus grand de ces deux angles retranchons le plus petit, le reste nous donnera la déclinaison du plan. Dans le cas qui nous occupe l'angle APL' a été trouvé de 60° 3', il faut donc de 73° 18' retrancher 60° 3', le reste 13° 15' est la déclinaison du plan.

Si cependant le point de lumière F (fig. 24) avait été marqué entre la ligne de midi LS et la verticale AC, il faudrait, dans ce cas, pour avoir la déclinaison du plan, additionner l'angle SPM (fig. 26) avec APL' (fig. 24) ; la somme de ces deux angles serait la déclinaison cherchée.

Si l'angle SPM était égal à l'angle APL', le point F étant marqué ailleurs qu'entre les lignes LS et AC (fig. 24), le plan ne déclinera pas du tout.

Les deux observations qui précèdent démontrent qu'il est très utile de tracer, au moins à peu près, la ligne LS (fig. 24).

153. Il s'agit maintenant de savoir si le plan décline vers le levant ou vers le couchant.

Si le point de lumière F (fig. 24), étant marqué le matin, se trouve à la droite de la verticale AC, le plan déclinera toujours vers le levant. (Nous appelons la droite ou la gauche, la droite ou la gauche de celui qui regarde le plan).

De plus si le point F, étant marqué le matin, se trouve à gauche ou au couchant de la ligne AC, le plan déclinera vers le levant, si l'angle SPM est plus grand que l'angle APL'. Si, au contraire SPM est plus petit que APL', le plan décline vers le couchant.

154. Si le point F, étant marqué le soir, se trouve à la gauche ou au couchant de la ligne AC, le plan décline vers le couchant, et s'il se trouve vers le levant, il déclinera aussi vers le couchant si l'angle SPM est plus grand que APL' ; il déclinera vers le levant s'il est plus petit.

155. Si le point de lumière F a été marqué sur la verticale AC, le plan déclinera vers le levant, si le point F a été marqué le matin, et il déclinera vers le couchant, s'il a été marqué le soir. Cela est vrai soit qu'il décline du nord, soit qu'il décline du midi.

SI LE PLAN REGARDE LE NORD

156. Si le plan regarde le nord, c'est-à-dire s'il ne peut jamais marquer midi, il ne faut pas prendre le supplément de l'angle SPE, comme nous l'avons fait à la fin de l'article 151. Cet angle SPE lui-même devient la déclinaison du plan, si le point F a été

marqué sur la verticale. Le plan décline vers le couchant, si le point F étant marqué le matin, SPE est plus petit que APL', et il décline au contraire vers le levant si SPE est plus grand que APL', ou si le point F, marqué le matin se trouve à la gauche de la verticale AC. Dans ce cas, pour avoir la déclinaison du plan il faut ajouter SPE à APL'.

Si le point F a été marqué le soir et que l'angle SPE soit plus grand que APL', le plan décline vers le couchant; c'est le contraire qui a lieu, s'il est plus petit. Il décline aussi vers le couchant, si le point F marqué le soir se trouve à la droite de AC et dans ce dernier cas, pour avoir la déclinaison du plan, il faut ajouter SPE à APL'.

157. Dans l'exemple que nous avons expliqué, le point F a été marqué le matin et se trouve à la gauche de AC. (Le plan regarde le midi). De plus l'angle SPM ayant $73^{\circ} 18'$ est plus grand que l'angle APL' qui n'a que $60^{\circ} 5'$; donc le plan décline vers le levant de $13^{\circ} 13'$.

158. On comprend bien qu'un seul point de lumière, pris à quelque heure que ce soit, suffit pour trouver la déclinaison du plan par calcul, comme nous venons de le voir et qu'on le trouve même plus exactement par cette méthode que par celle des articles 137-144.

Cependant pour avoir encore mieux l'assurance que nous avons réussi dans cette opération, il convient de marquer plusieurs points F à des heures différentes tant du matin que du soir et de faire le même calcul sur chaque point. En agissant ainsi nous trouvons toujours une déclinaison un peu différente, ce qui prouve non seulement l'imperfection du plan et des instruments employés, mais encore la nécessité de prendre un nombre considérable de points, 20, 30 ou 40, et de faire le calcul sur chacun d'eux, si nous voulons arriver à toute la précision désirable.

Si, en calculant plusieurs points nous trouvons par exemple, à l'un $13^{\circ} 13'$, à un autre $13^{\circ} 8'$, et successivement aux autres $13^{\circ} 15'$, $13^{\circ} 10'$, nous additionnons toutes les minutes de ces divers résultats $13'$, $8'$, $15'$, $10'$ et nous divisons la somme obtenue par le nombre des résultats additionnés. Le quotient de cette division nous donne la moyenne des minutes et par conséquent le nombre de minutes le plus précis. Si, cependant, quelque point avait donné un résultat beaucoup trop différent des autres, nous ne le ferions pas entrer dans l'addition, parce que nous aurions évidemment fait erreur en le calculant.

159. Avant d'aller plus loin, nous allons donner encore un exemple pour trouver la déclinaison.

Nous supposons donc que la soustraction de l'article 148 nous a donné l'angle APL' de $21^{\circ} 50'$. Nous supposons aussi que la soustraction de l'article 149 nous a donné la hauteur du soleil pour l'instant où nous avons marqué le point F, hauteur que nous avons supposée de $4^{\circ} 47'$ dont il faut retrancher la réfraction qui, pour $4^{\circ} 47'$ ou pour 5° est $10'$. En retranchant donc $10'$ de $4^{\circ} 47'$, il nous reste $4^{\circ} 37'$. Le complément de $4^{\circ} 37'$ est $85^{\circ} 23'$.

160. Nous supposons cette fois que le point de lumière F a été marqué le 10 novembre 1855 vers 4 heures et demie du soir. Ce jour là, ainsi qu'on le trouve dans l'annuaire du bureau des longitudes, la déclinaison du soleil, à midi, est méridionale et de $17^{\circ} 5'$. N'oublions pas que la déclinaison va en croissant, c'est-à-dire, que le lendemain elle est plus grande, puisque elle est de $17^{\circ} 22'$.

La déclinaison du soleil a donc augmenté de $17'$ en 24 heures. Or, comme le point de lumière a été marqué à 4 heures et demie du soir, il faut ajouter aux $17^{\circ} 5'$ de déclinaison, telle qu'elle était à midi, les 3 minutes d'augmentation qu'elle a acquises à 4 heures et demie, et nous avons $17^{\circ} 8'$ pour la déclinaison du soleil le 10 novembre 1855, à 4 heures et demie du soir. Afin d'effectuer le calcul nécessaire pour trouver l'angle que fait le rayon solaire PS avec le méridien ME (fig. 26) nous avons besoin de nous servir de la distance du soleil S au pôle E qui est ici de $107^{\circ} 8'$ somme de 90° ajoutés à la déclinaison $17^{\circ} 8'$, parce qu'elle est méridionale. Nous allons donc chercher l'angle SPE.

160. bis. Additionnons ensemble

SP Complément de la hauteur du soleil	$85^{\circ} 23'$
PE Complément de la même hauteur du pôle	$46^{\circ} 30'$
SE Dist. du soleil au pôle 90° plus la déclin.	$107^{\circ} 8'$

	De la somme	$239^{\circ} 1'$
	prenons la moitié qui est	$119^{\circ} 30'$; de
cette moitié $119^{\circ} 30'$ retranchons successivement SP et PE		
de $119^{\circ} 30'$	de $119^{\circ} 30'$	
retranchons SP $85^{\circ} 23'$	retranchons PE $46^{\circ} 30'$	
1 ^{er} reste $34^{\circ} 7'$	2 ^{me} reste $73^{\circ} 00'$	

Additionnons ensuite

Complément arithmétique du sinus SP de $85^{\circ} 23'$	0.00141
Complément arithmétique du sinus PE de $46^{\circ} 30'$	0.13944
Sinus du 1 ^{er} reste 73°	9.98060
Sinus du 2 ^{me} reste $34^{\circ} 7'$	9.74887

La somme est 19.87032 dont

il faut prendre la moitié qui est 9.93516. C'est le sinus de $59^{\circ} 28'$, moitié de l'angle cherché. Doublons ce nombre nous avons $118^{\circ} 56'$ pour l'angle entier SPE ; son supplément $61^{\circ} 4'$ sera l'angle SPM.

161. Nous avons dit à l'article 154, page 63, que le plan décline vers le couchant si le point F, étant marqué le soir, se trouve à la gauche ou au couchant de la verticale AC (fig. 24) et si l'angle SPM (fig. 26) est plus grand que APL'. Or, c'est ici le cas : le point F a été marqué à quatre heures et demie du soir, il se trouve à la gauche de AC (fig. 24) et l'angle SPM (fig. 26) de $61^{\circ} 4'$ est plus grand que APL' qui n'a que $60^{\circ} 3'$; il faut donc en conclure que le plan décline vers le couchant de toute la différence qu'il y a entre $61^{\circ} 4'$ et $60^{\circ} 3'$, c'est-à-dire de $1^{\circ} 1'$.

162. Nous devons avertir que tous les instruments tant anciens que nouveaux que nous avons à notre disposition pour mesurer la déclinaison d'un mur, ne peuvent nous la donner que par approximation. Il faut donc rejeter l'usage de la boussole, des déclinoires, etc., parce que les moyens que nous indiquons, dans notre ouvrage, sont seuls exacts. Si l'on rencontre si peu de bons cadrans, la cause en est très souvent en ce que ceux qui les tracent ne prennent pas la déclinaison avec assez d'exactitude.

SECTION IV

Manière de calculer les angles horaires du cadran vertical déclinant

163. Avant de procéder au calcul des angles horaires d'un cadran vertical, nous avons d'abord à connaître quelle est la hauteur du pôle du lieu où nous voulons le tracer (articles 89, 90), et à chercher ensuite aussi exactement que possible, la déclinaison du mur sur lequel nous devons le tracer, déclinaison que nous trouvons par l'une des méthodes que nous avons enseignées, des articles 137 à 161. Nous calculons ensuite les trois angles fondamentaux. Ces trois angles que nous désignons sous ce nom sont :

1° L'angle BCM entre la ligne de midi CM et la soustylaire, (article 36, fig. 27).

2° L'angle BCS entre la soustylaire BC et l'aiguille CS (art. 32).

3° L'angle de la différence des longitudes, que nous ne décri-

vons pas sur le cadran, parce qu'il n'est utile que pour faire le calcul.

Nous supposons que le mur sur lequel nous voulons tracer notre cadran décline vers le couchant de 10° . La hauteur du pôle est supposée de $43^{\circ} 30'$.

164. Nous trouvons le premier angle BCM, c'est-à-dire l'angle que fait la méridienne CM avec la soustylaire CB *en additionnant le sinus de la déclinaison du plan avec la cotangente de la hauteur du pôle. Le total nous donne la tangente de l'angle compris entre la méridienne CM et la soustylaire CB.* Nous additionnons donc le sinus de 10° déclinaison du plan 9.23967 avec la cotangente de $43^{\circ} 30'$ hauteur du pôle 0.02273 ce qui donne

un total qui est la tangente de BCM 9.26242

Nous cherchons ce nombre 9.26242 parmi les tangentes et nous le trouvons correspondant à $10^{\circ} 22'$. Nous prenons ensuite la corde de ces $10^{\circ} 22'$ et nous trouvons qu'elle est 0,1808. L'angle BCM est donc de $10^{\circ} 22'$ et sa corde de 0,1808.

165. Pour trouver le second angle BCS compris entre la soustylaire CB et l'aiguille CS, nous additionnons le cosinus de la hauteur du pôle avec le cosinus de la déclinaison du plan. Le total sera le sinus de l'angle BCS que fait l'aiguille CS avec la soustylaire CB.

Cosinus hauteur du pôle $43^{\circ} 30'$	9.86036
Cosinus de la déclinaison du plan 10°	9.99333

Total qui est le sinus de l'angle BCS \times 9.85391

Nous cherchons ce nombre 9.85391 parmi les sinus et nous trouvons qu'il correspond à $45^{\circ} 36'$. Nous prenons la corde de cet angle, cette corde est 0.7750.

Nous gardons ce sinus BCS représenté par le nombre 9.85391, parce que nous aurons besoin, tout à l'heure, de l'additionner un bon nombre de fois, comme nous allons le voir ci-après.

166. Pour trouver le troisième angle de la différence des longitudes, nous additionnons le sinus de la hauteur du pôle avec la cotangente de la déclinaison du plan. Le total nous donne la cotangente de la différence des longitudes.

Au sinus de la hauteur du pôle $43^{\circ} 30'$	9.83781
ajoutons la cotangente de la déclinaison du plan 10°	0.75368

Le total sera la cotang. de la différence des longitudes 0.59149

Nous cherchons pareillement ce nombre 0.59149 parmi les tangentes ou les cotangentes, ce qui revient au même, et nous trou-

vons qu'il est la tangente de $75^{\circ} 38'$, et la cotangente de $14^{\circ} 22'$ qui est la différence des longitudes.

167. Dans la pratique, pour ne pas chercher trois fois le même nombre, quand on a trouvé dans les tables la déclinaison du plan qui est ici de 10° , nous prenons et nous écrivons sur une feuille de papier à part destinée à faire le calcul 1° le sinus de la déclinaison du plan, pour la première addition, 2° son cosinus, pour la seconde, 3° sa cotangente pour la troisième. Ces trois nombres se trouvant sur la même ligne dans les tables, il est facile de les copier.

De même, lorsque nous avons trouvé dans les tables l'angle de la hauteur du pôle qui est ici de $43^{\circ} 30'$, nous copions encore sur la même feuille 1° sa cotangente, pour la première addition, 2° son cosinus, pour la seconde et 3° son sinus, pour la troisième. De cette manière les trois angles fondamentaux sont trouvés dans un instant.

168. Pour s'assurer de la justesse des trois additions précédentes, du premier total qui est ici 9.26242
nous retranchons le second qui est 9.85391

Le reste 9.40851 doit être la tangente du dernier angle trouvé qui est, dans le cas présent, $14^{\circ} 22'$.

Lorsque cette tangente arrive ainsi juste, c'est une preuve que les trois opérations précédentes ont été bien faites.

Cette dernière opération n'est pas absolument nécessaire, mais elle est très utile aux commençants pour leur donner l'assurance qu'ils n'ont pas commis d'erreur dans les calculs de ces trois angles.

169. Faisons remarquer avant d'aller plus loin, que la soustylaire (art. 36), étant la méridienne du plan, tous les angles horaires que nous allons calculer sont formés par la soustylaire et par les lignes de ces heures et non point par la ligne de midi. Ainsi pour tracer ces angles horaires, nous plaçons la pointe du compas sur le point *b* (fig. 27) où la soustylaire coupe l'arc et non point, comme nous l'avons fait pour les autres cadrans, sur le point *o* où la ligne de midi coupe l'arc.

170. Faisons remarquer encore que la soustylaire doit toujours, dans les plans déclinants être tracée du côté de la méridienne opposée à la déclinaison du plan, c'est-à-dire, si le plan décline vers le levant, la soustylaire doit être tracée du côté du couchant de la ligne de midi et si le plan décline vers le couchant, la soustylaire doit être tracée au levant de la ligne de midi. Dans l'exemple que nous avons donné, le plan décline vers le couchant de 10°

la soustylaire doit donc être tracée vers le levant de la ligne de midi.

Dans les cadrans verticaux, les heures du soir étant vers le levant et les heures du matin, vers le couchant, la soustylaire, dans notre exemple se trouve vers le levant et par conséquent nous la traçons parmi les heures du soir. Le contraire arrive si le plan décline vers le couchant. Dans ce dernier cas, la soustylaire se trouve parmi les heures du matin.

Tout ce que nous venons de dire étant bien compris, il s'agit de procéder au calcul des angles horaires. Voici donc ce que nous avons préalablement à faire.

171. Sur une feuille de papier à part, et à deux ou trois doigts de distance, nous écrivons 24 fois le total de la seconde addition, (art. 165), ci-dessus, qui, dans notre exemple, est 9.85391 sinus de l'angle *bcs* ; c'est là le premier nombre qu'il faut successivement additionner avec plusieurs autres que nous allons indiquer tout à l'heure. Mais auparavant observons que :

172. Les heures du matin ne se calculent pas bien de la même manière que celles du soir. Il se présente donc deux cas : ou nous avons à trouver les angles horaires qui sont situés du côté de la ligne de midi opposée à la soustylaire, c'est-à-dire du côté *oi* ; ou bien nous avons à calculer les angles des heures, au milieu desquelles se trouve la soustylaire, c'est-à-dire du côté *obs* (fig. 27).

173. Pour calculer, de demi heures en demi heures, les angles horaires qui se trouvent du côté de la méridienne, opposée à la soustylaire, c'est-à-dire du côté *oi*, nous devons, sur une feuille à part, ajouter successivement $7^{\circ} 30'$ à la différence des longitudes et écrire pour second nombre à additionner avec le sinus *bcs*, la tangente de chacune des sommes et faire l'addition. Les totaux ainsi obtenus sont les tangentes des angles horaires cherchés.

174. Second cas : Pour calculer, de demi heures en demi heures, les angles horaires qui se trouvent du côté de la méridienne où est la soustylaire, c'est-à-dire du côté *obs*, il faut, de la différence des longitudes, retrancher toujours $7^{\circ} 30'$, jusqu'à ce que la soustraction devienne impossible, et lorsque le reste est devenu trop petit pour pouvoir en retrancher $7^{\circ} 30'$, alors il faudra changer les rôles et de $7^{\circ} 30'$ retrancher le dernier reste obtenu. Puis, à ce dernier reste ajouter successivement $7^{\circ} 30'$. Les tangentes de ces différences ou de ces sommes sont les seconds nombres que nous avons à additionner successivement avec le sinus *bcs*.

L'heure à laquelle il ne nous est plus possible de retrancher $7^{\circ} 30'$ du reste, mais pour le calcul de laquelle nous sommes obligés de retrancher ce reste de $7^{\circ} 30'$ doit être tracée non point

de B en o entre la méridienne et la soustylaire, mais du côté de la soustylaire opposé à la ligne de midi, c'est-à-dire de B en s.

175. Dans l'exemple que nous avons proposé, la soustylaire se trouve parmi les heures du soir. Par conséquent, pour calculer les heures du matin qui sont situées du côté de la méridienne opposé à la soustylaire, il faut, pour avoir le second nombre à additionner avec le sinus bcs, prendre la tangente du total de la différence des longitudes additionnées avec $7^{\circ} 30'$, ce que nous faisons de la manière suivante :

CALCUL PRÉLIMINAIRE DES HEURES DU MATIN

à	$14^{\circ} 22'$ différence des longitudes trouvée à l'art. 166
ajoutons	$7^{\circ} 30'$ et nous avons
le 1 ^{er} total	$21^{\circ} 52'$ dont la tangente est pour calculer 11 h. 1/2
ajoutons	$7^{\circ} 30'$ et nous avons le
2 ^{me} total	$29^{\circ} 22'$ dont la tangente est pour calculer 11 heures
ajoutons	$7^{\circ} 30'$ nous avons le
3 ^{me} total	$36^{\circ} 52'$ dont la tangente est pour calculer 10 h. 1/2
ajoutons	$7^{\circ} 30'$ nous avons le
4 ^{me} total	$44^{\circ} 22'$ dont la tangente est pour calculer 10 heures
ajoutons	$7^{\circ} 30'$ nous avons le
5 ^{me} total	$51^{\circ} 52'$ dont la tangente est pour calculer 9 h. 1/2
ajoutons	$7^{\circ} 30'$ nous avons le
6 ^{me} total	$59^{\circ} 22'$ dont la tangente est pour calculer 9 heures
ajoutons	$7^{\circ} 30'$ nous avons le
7 ^{me} total	$66^{\circ} 52'$ dont la tangente est pour calculer 8 h. 1/2
ajoutons	$7^{\circ} 30'$ nous avons le
8 ^{me} total	$74^{\circ} 22'$ dont la tangente est pour calculer 8 heures
ajoutons	$7^{\circ} 30'$ nous avons le
9 ^{me} total	$81^{\circ} 52'$ dont la tangente est pour calculer 7 h. 1/2
ajoutons	$7^{\circ} 30'$ nous avons le
10 ^e total	$89^{\circ} 22'$ dont la tangente est pour calculer 7 heures

176. Il ne nous est pas possible, par cette méthode, de trouver les angles horaires de 6 heures 1/2, de 6 heures, de 5 heures 1/2, etc. En effet, si à $89^{\circ} 22'$ nous ajoutons $7^{\circ} 30'$ nous avons pour total $96^{\circ} 52'$ dont nous ne trouvons plus la tangente dans les ta-

bles, celles-ci n'allant que jusqu'à 90° . Si donc nous sommes bien aise de marquer sur le cadran encore 6 heures et demie et 6 heures du matin, nous calculons d'abord 6 h. et demie du soir par la méthode que nous allons indiquer p. 75 et nous retranchons son angle de 180° ou de $179^{\circ} 60'$; la différence nous donne l'angle horaire de 6 h. et demie du mat. Nous en faisons de même pour 6 h., c'est-à-dire, nous calculons 6 heures du soir et nous retranchons aussi son angle de 180° ou de $179^{\circ} 60'$ et le reste nous donne également l'angle horaire de 6 heures du matin.

Dans tous les cadrans déclinants, nous sommes presque toujours amenés à chercher une ou deux heures par ce dernier procédé, dont nous donnerons plus bas des exemples, page 75.

177. Passons maintenant aux heures du soir, parmi lesquelles se trouve la soustylaire. Dans ce cas, ainsi que nous l'avons fait remarquer à l'article 174, de la différence des longitudes $14^{\circ} 22'$ nous retranchons successivement les $7^{\circ} 30'$, au lieu de les additionner, pour trouver le nombre de degrés dont les tangentes doivent être additionnées avec le sinus bcs.

De $14^{\circ} 22'$ différence des longitudes
retranchons $7^{\circ} 30'$ et nous aurons le

1^{er} reste $6^{\circ} 52'$ dont nous prenons la tangente pour calculer midi et demi.

178. Le plan dont nous nous occupons déclinant de peu, nous apercevons que du 1^{er} reste $6^{\circ} 52'$ nous ne pouvons plus retrancher $7^{\circ} 30'$; nous allons donc faire le contraire, c'est-à-dire de $7^{\circ} 30'$ nous retranchons $6^{\circ} 52'$ et ensuite nous ajouterons toujours au reste obtenu $7^{\circ} 30'$, comme nous l'avons fait pour les heures du matin ; en observant toutefois que toutes ces heures, à partir de celle pour le calcul de laquelle nous avons interverti l'ordre, doivent être tracées du côté de la soustylaire opposé à la ligne de midi, c'est-à-dire dans la partie BS (fig. 27). Voici donc les calculs :

de	$7^{\circ} 30'$
retranchons	$6^{\circ} 52'$ nous avons le
2 ^{me} reste	$0^{\circ} 38'$ dont la tangente est pour calculer 1 heure
ajoutons	$7^{\circ} 30'$ nous avons le
1 ^{er} total	$8^{\circ} 8'$ dont la tangente est pour calculer 1 h. 1/2
ajoutons	$7^{\circ} 30'$ nous avons le
2 ^{me} total	$15^{\circ} 38'$ dont la tangente est pour calculer 2 heures
ajoutons	$7^{\circ} 30'$ nous avons le
3 ^{me} total	$23^{\circ} 8'$ dont la tangente est pour calculer 2 h. 1/2

3 ^{me} total	23° 8'
ajoutons	7° 30' nous avons le
4 ^{me} total	30° 38' dont la tangente est pour calculer 3 heures
ajoutons	7° 30' nous avons le
5 ^{me} total	38° 8' dont la tangente est pour calculer 3 h. 1/2
ajoutons	7° 30' nous avons le
6 ^{me} total	45° 38' dont la tangente est pour calculer 4 heures
ajoutons	7° 30' dont nous avons le
7 ^{me} total	53° 8' dont la tangente est pour calculer 4 h. 1/2
ajoutons	7° 30' nous avons le
8 ^{me} total	60° 38' dont la tangente est pour calculer 5 heures
ajoutons	7° 30' nous avons le
9 ^{me} total	68° 8' dont la tangente est pour calculer 5 h. 1/2
ajoutons	7° 30' nous avons le
10 ^e total	75° 38' dont la tangente est pour calculer 6 heures
ajoutons	7° 30' nous avons le
11 ^e total	83° 8' dont la tangente est pour calculer 6 h. 1/2

179. Les calculs qui précèdent ne sont que les préliminaires, ou si l'on veut les préparatifs de ceux qui vont suivre. Après les avoir terminés nous écrivons, comme nous l'avons dit à l'article 171, vingt-quatre fois le sinus bcs qui, dans notre exemple, est 9.85391, sinus que nous avons trouvé pour le total de la seconde addition que nous avons faite à l'article 165. Nous l'écrivons donc 24 fois sur une feuille de papier à part et à deux doigts de distance l'un sous l'autre.

180. Nous cherchons ensuite successivement pour 11 heures et demie la tangente de 21° 52' premier total trouvé à l'article 175 et nous l'écrivons sous le sinus bcs pour en faire l'addition. Le total nous donne la tangente de l'angle horaire de 11 heures et demie. De même pour 11 heures nous cherchons la tangente de 29° 22' second total trouvé à l'article 175 et nous l'additionnons avec le second sinus bcs. Le total nous donne pareillement la tangente de l'angle horaire de 11 heures. Et nous continuons ainsi de suite, de la manière suivante :

à	9.85391 sinus bcs trouvé à l'article 165
ajoutons	9.60349 tang. du premier total 21° 52' (art. 175)
le total	9.45740 est la tang. de l'angle horaire de 11 h. 1/2.

Nous cherchons parmi les tangentes le nombre 9.45740 et nous trouvons qu'il correspond à 16° ; nous en prenons la corde qui est 0,2783.

à	9.85391 sinus bcs trouvé à l'article 165
ajoutons	9.75028 tangente du 2° total 29° 22'
le total	9.60419 est la tang. de l'angle horaire de 11 heures. Nous cherchons cette tangente dans les tables et nous trouvons qu'elle correspond à 21° 54' ; nous en prenons la corde qui est 0,3798.

à	9.85391 sinus bcs
ajoutons	9.87501 tangente du 3° total 36° 52'
le total	9.72892 est la tang. de l'angle horaire de 10 h. 1/2. Nous cherchons cette tangente dans les tables et nous trouvons qu'elle correspond à 28° 10' ; nous en prenons la corde qui est 0,4868.

à	9.85391 sinus bcs
ajoutons	9.99040 tangente du 4° total 44° 22'
le total	9.84431 est la tang. de l'angle horaire de 10 heures, laquelle correspond dans les tables à 34° 56', dont la corde est 0,6008.

à	9.85391 sinus bcs
ajoutons	0.10511 tangente du 5° total 51° 52'
le total	9.95902 est la tang. de l'angle horaire de 9 heures et demie qui, cherchée dans les tables correspond à 42° 18', dont la corde est 0,7216.

à	9.85391 sinus bcs
ajoutons	0.22754 tangente du 6° total 59° 22'
le total	0.08145 est la tang. de l'angle horaire de 9 heures qui, cherchée dans les tables parmi les tangentes, correspond à 50° 21', dont la corde est 0.8507.

à	9.85391 sinus bcs
ajoutons	0.36934 tangente du 7° total 66° 52'
le total	0.22325 est la tang. de l'angle horaire de 8 heures et demie, qui correspond à 59° 7', dont la corde est 0,9865.

à	9.85391 sinus bcs
ajoutons	0.55310 tangente du 8° total 74° 22'
le total	0.40701 est la tang. de l'angle horaire de 8 heures, qui correspond à 68° 36', dont la corde est 1,1270.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 0.84492 tangente du 9° total 81° 52'

le total 0.69883 est la tang. de l'angle horaire de 7 heures et demie qui correspond à 78° 41', dont la corde est 1,2680.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 1.95647 tangente du 10° total 89° 22'

le total 1.81038 est la tang. de l'angle horaire de 7 heures, qui correspond à 89° 7', dont la corde est 1,4033.

Passons maintenant aux heures du soir.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 9.08071 tangente du 1^{er} reste 6° 52' (art. 177)

le total 8.93462 est la tang. de l'angle horaire de midi et demi qui, cherchée dans les tables, correspond à 4° 55', dont la corde est 0,0858.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 8.04353 tangente du 2^e reste 38' (art. 178)

le total 7.89744 est la tang. de l'angle horaire de 1 h., qui cherchée dans les tables correspond à 27', dont la corde est 0,0079,

Cette dernière heure pour laquelle nous avons interverti l'ordre de la soustraction (art. 178) doit être tracée, ainsi que les suivantes, du côté de la soustylaire opposé à la ligne de midi, c'est-à-dire dans la partie BS (fig. 27).

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 9.15508 tangente du 1^{er} total 8° 8' (art. 178)

le total 9.00899 est la tang. de l'angle horaire de 1 h. 1/2 qui, cherchée dans les tables correspond à 5° 50' et dont la corde est 0,1018.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 9.44690 tangente du 2^e total 15° 38'

le total 9.30081 est la tang. de l'angle horaire de 2 heures qui correspond à 11° 48' dont la corde est 0,1970.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 9.63066 tangente du 3^e total 23° 8'

le total 9.48457 est la tang. de l'angle horaire de 2 h. 1/2 correspondant à 16° 58' dont la corde est 0,295.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 9.77246 tangente du 4^e total 30° 38'

le total 9.62637 est la tang. de l'angle horaire de 3 heures, correspondant à 22° 56' dont la corde est 0,3975.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 9.89489 tangente du 5^e total 38° 8'

le total 9.74880 est la tang. de l'angle horaire de 3 h. 1/2, qui correspond à 29° 17' dont la corde est 0,5056.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 0.00960 tangente du 6^e total 45° 38'

le total 9.86351 est la tang. de l'angle horaire de 4 heures, correspondant à 36° 9' dont la corde est 0,6206.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 0.12499 tangente du 7^e total 53° 8'

le total 9.97890 est la tang. de l'angle horaire de 4 h. 1/2, correspondant à 43° 36', dont la corde est 0,7428.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 0.24972 tangente du 8^e total 60° 38'

le total 0.10363 est la tang. de l'angle horaire de 5 heures, qui correspond à 51° 46' et dont la corde est 0,8731.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 0.39651 tangente du 9^e total 68° 8'

le total 0.25042 est la tang. de l'angle horaire de 5 h. 1/2, qui correspond dans les tables à 60° 40', dont la corde est 1,0101.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 0.59153 tangente du 10 total 75° 38'

le total 0.44544 est la tang. de l'angle horaire de 6 heures du soir, correspondant à 70° 17'.

Remarquons que le cadran dont nous nous occupons ne doit pas marquer 6 heures du soir. Nous l'avons calculée cependant, afin que son supplément (art. 19) nous donne 6 heures du matin. Nous prenons donc le supplément de 70° 17' en retranchant ces 70° 17' de 179° 60', le reste 109° 43' est l'angle de 6 heures du matin. Nous en prenons la corde comme nous l'avons dit à l'article 88.

La même remarque s'applique également à l'heure suivante, 6 h. 1/2.

à 9.85391 sinus BCS
ajoutons 0.91929 tangente du 11° total $83^\circ 8'$

le total 0.77320 est la tang. de l'angle horaire de 6 h. $1/2$ du soir, qui correspond dans les tables à $80^\circ 26'$ dont il faut prendre le supplément pour avoir 6 heures et demie du matin. Le supplément de $80^\circ 26'$ est $99^\circ 34'$, c'est l'angle horaire de six heures et demie du matin, angle dont il faut prendre la corde, comme nous l'avons dit à l'article 88.

180 bis. Remarquons encore que les angles horaires qui sont du côté de la méridienne opposé au côté où se trouve la soustylaire, doivent, comme les autres, être comptés à partir de la soustylaire et non pas à partir de la méridienne. Ainsi l'angle de 11 heures et demie est formé par la soustylaire et par la ligne de 11 heures et demie ; il faut en dire autant de tous les angles horaires quels qu'ils soient ; et, de quelque côté du cadran qu'ils puissent être placés, nous devons toujours les compter à partir de la soustylaire et prendre leurs cordes à partir du point B (fig. 27).

181. Quel que soit le cadran vertical déclinant du midi que nous ayons à tracer, nous aurons soin de ne jamais mettre aucune heure qui fasse plus d'un angle droit ou d'équerre ou soit de 90° avec la ligne de midi, en d'autres termes, aucune heure ne doit se trouver au-dessus d'une ligne horizontale qui passe par le centre du cadran, parce que l'ombre, penchant toujours en bas, ne peut jamais aller au-dessus de cette ligne. Il n'en est pas de même des cadrans verticaux déclinants du nord, la raison en est que l'aiguille de ces cadrans, étant tournée en haut, ils peuvent tout aussi bien marquer des heures en dessus et en dessous.

182. Si, au lieu de décliner du midi au couchant, comme nous l'avons supposé dans l'exemple précédent, le cadran vertical déclinait du côté du levant, il faudrait faire le calcul pour les heures du matin, comme nous l'avons fait pour les heures du soir ; et pour celles du soir, comme nous l'avons fait pour les heures du matin, parce que la soustylaire se trouverait, dans ce cas, du côté du couchant parmi les heures du matin.

183. Il ne faut jamais mettre plus de 12 heures sur quelque cadran vertical que ce soit, sans compter les demi et les quarts d'heure, parce qu'il ne peut marquer que 12 heures en quelque position qu'on le suppose ; il peut toujours en recevoir 12 s'il ne décline pas du tout, ou s'il ne décline que fort peu. Mais si un cadran décline de beaucoup vers le levant, de 70° à 80° , par exemple, il est peu éclairé après midi et si par contraire il décline beaucoup vers le couchant il est peu éclairé le matin par le soleil. Par conséquent il devient inutile d'y tracer toutes les heures.

184. Il est presque toujours nécessaire de calculer une ou deux heures de la manière que nous l'avons fait pour 6 heures et pour 6 heures et demie du matin pour avoir les heures correspondantes du soir, c'est-à-dire, en calculant les heures correspondantes du soir et en retranchant de $179^\circ 60'$ les angles trouvés, le reste est l'angle cherché dont on prend la corde en deux fois, comme nous l'avons dit à l'article 88.

185. Si nous voulons savoir au juste les dernières heures que peut marquer le cadran vertical déclinant de moins de 35° , nous prenons un cadran horizontal et nous faisons faire, avec la ligne de 6 heures, un angle égal à la déclinaison du plan du cadran vertical que nous calculons. Le centre de cet angle doit être, bien entendu, au centre même du cadran horizontal. Si le plan décline vers le levant, l'ouverture de cet angle se trouve parmi les heures du soir si, par contraire, il décline vers le couchant, l'ouverture doit être parmi les heures du matin. Lorsque cet angle est fait, toutes les heures et les demi heures qui sont au-dessus de la ligne qui le forme ne sont pas marquées par le cadran vertical dont il s'agit, mais toutes celles qui se trouvent en dessous sont marquées.

Si le cadran décline de plus de 35° la méthode n'est plus aussi sûre. Mais, comme d'une part, il y a peu d'inconvénient à ce que l'on marque une heure de plus ou de moins sur un cadran et que de l'autre, il faudrait expliquer des calculs longs et compliqués pour parvenir à trouver exactement la dernière heure que peut marquer le cadran, nous n'en dirons pas davantage à cet égard.

186. Dans l'exemple précédent nous faisons au centre du cadran (figure 15) un angle de 10° dont l'ouverture soit tournée vers les heures du matin et nous nous apercevons que cet angle nous enlève toutes les heures qui sont au-dessus de 5 heures. Nous concluons de là que le cadran, que nous avons calculé, ne peut marquer que jusqu'à 5 heures.

187. Dans le même exemple nous n'avons calculé que les heures et les demi heures. Si nous voulions tracer les quarts d'heures sur le cadran, nous aurions à faire les mêmes calculs, avec cette différence pourtant qu'au lieu de retrancher ou d'ajouter $7^\circ 30'$, comme nous l'avons fait, aux articles 175 à 178, nous retrancherions ou nous ajouterions successivement $3^\circ 45'$ et nous trouverions ainsi les heures de quart d'heure en quart d'heure.

188. Le meilleur moyen de concevoir et d'apprendre à faire le calcul en ce genre c'est de faire soi même un calcul semblable à celui que nous avons proposé pour exemple. Si l'on se contente de lire seulement il est fort à craindre qu'on ne comprenne qu'à demi et qu'on ne se trouve embarrassé quand il s'agira de tracer

un cadran. D'ailleurs, pour mieux nous faire comprendre, nous allons donner encore un exemple de ce calcul pour un cadran déclinant vers le levant de 40° , à la hauteur du pôle de $43^\circ 30'$.

Sinus de la déclinaison du plan de 40° 9.80807 ajouté à la
cotangente de la hauteur du pôle $43^\circ 30'$ 0.02275 donne le

1^{er} total qui est la tangente de BCM 9.83082 qui, cherchée dans les tables parmi les tangentes, correspond à $34^\circ 7'$ dont la corde est 0,5870

Au cosinus de la hauteur du pôle $43^\circ 30'$ 9.86056
ajout. le cosin. de la déclinais. du plan 40° 9.88425

nous avons le 2^{me} total qui est le sinus BCS 9.74481 qui, cherché dans les tables parmi les sinus, correspond à $33^\circ 45'$ dont la corde est 0,5807.

Au sinus de la hauteur du pôle $43^\circ 30'$ 9.83781 ajoutons la
cotangente de la déclinaison du plan 40° 0.07619

le tot. est la cot. de la différence des longit. 9.91400 qui cherchée dans les tables correspond à $50^\circ 38'$.

Du premier total 9.83082
ôtons le 2^e total 9.74481

Le reste 0,08601 est la tangente de $50^\circ 38'$

à $50^\circ 38'$ différence des longitudes
ajout. $7^\circ 30'$ 9.74481 sinus BCS additionné avec
le tot. $58^\circ 8'$ a 0.20646 pour tangente
9.95127 t. de $41^\circ 48'$, c. 0.7134 p. 12 h. 1/2.

à $58^\circ 08'$
ajout. $7^\circ 30'$ 9.74481 sinus BCS
le tot. $65^\circ 38'$ a 0.34398 pour tangente
0.08879 tang. $50^\circ 49'$, corde 0.8581 p. 1 h.

ajout. $7^\circ 30'$ 9.74481 sinus BCS
le tot. $73^\circ 8'$ a 0.51829 pour tangente
0.26310 t. $61^\circ 23'$, c. 1,0208 pour 1 h. 1/2.

à $73^\circ 08'$
ajout. $7^\circ 30'$ 9.74481 sinus BCS
le tot. $80^\circ 38'$ a 0.78264 pour tangente
0.52745 t. $73^\circ 28'$, c. 1,1961 pour 2 h.

à $80^\circ 38'$
ajout. $7^\circ 30'$ 9.74481 sinus BCS
le tot. $88^\circ 8'$ a 1.48690 pour tangente
1.23171 t. $86^\circ 38'$, c. 1,3721 pour 2 h. 1/2.

Passons maintenant aux heures du matin.

de $50^\circ 38'$ différence des longitudes
ôtons $7^\circ 30'$ 9.74481 sinus BCS
le reste $43^\circ 8'$ a 9.97168 pour tangente
9.71649 t. $27^\circ 30'$, c. 0,4752 p. 11 h. 1/2

ôtons $7^\circ 30'$ 9.74481 sinus BCS
le reste $35^\circ 38'$ a 9.85540 pour tangente
9.60021 t. $21^\circ 43'$, c. 0,3767 p. 11 h.

ôtons $7^\circ 30'$ 9.74481 sinus BCS
le reste $28^\circ 8'$ a 9.72811 pour tangente
9.47292 t. $16^\circ 33'$, c. 0,2879 p. 10 h. 1/2

ôtons $7^\circ 30'$ 9.74481 sinus BCS
le reste $20^\circ 38'$ a 9.57581 pour tangente
9.32062 t. $11^\circ 49'$, c. 0,2056 p. 10 h.

ôtons $7^\circ 30'$ 9.74481 sinus BCS
le reste $13^\circ 8'$ a 9.36795 pour tangente
9.11276 t. $7^\circ 23'$, c. 0,1288 p. 9 h. 1/2.

de	$9^{\circ} 22'$		
ôtons	$7^{\circ} 30'$		9.74481 sinus bcs
le reste	$5^{\circ} 38'$	a	8.99405 pour tangente
			<u>8.73885 t. $3^{\circ} 8'$, c. 0,0547 p. 9 h.</u>
189. Nous nous apercevons ici que de $5^{\circ} 38'$ nous ne pouvons plus retrancher $7^{\circ} 30'$; nous intervertissons donc les rôles, c'est-à-dire de $7^{\circ} 30'$ nous retranchons $5^{\circ} 38'$ et à partir de cet endroit nous ajoutons toujours au reste $7^{\circ} 30'$ comme pour les heures du soir, mais toutes les heures suivantes à partir de 8 h. 1/2 seront écrites du côté de la soustylaie opposé à la ligne de midi.			
de	$7^{\circ} 30'$		
ôtons	$5^{\circ} 38'$		9.74481
le reste	$1^{\circ} 52'$	a	8.51310 pour tangente
			<u>8.25791 t. $1^{\circ} 2'$, c. 0,0177 p. 8 h. 1/2</u>
ajoutons	$7^{\circ} 30'$		9.74481
le reste	$9^{\circ} 22'$	a	9.21736 pour tangente
			<u>8.96217 t. $5^{\circ} 14'$, c. 0,0913 p. 8. h.</u>
ajoutons	$7^{\circ} 30'$		9.74481
le total	$16^{\circ} 52'$	a	9.48171 pour tangente
			<u>9.22652 t. $9^{\circ} 34'$, c. 0,1668 p. 7 h. 1/2</u>
ajoutons	$7^{\circ} 30'$		9.74481
le total	$24^{\circ} 22'$	a	9.65602 pour tangente
			<u>9.40083 t. $14^{\circ} 7'$, c. 0,2458 p. 7 h.</u>
ajoutons	$7^{\circ} 30'$		9.74481
le total	$31^{\circ} 52'$	a	9.79354 pour tangente
			<u>9.53835 t. $19^{\circ} 3'$, c. 0,3310 p. 6 h. 1/2.</u>
ajoutons	$7^{\circ} 30'$		9.74481
le total	$39^{\circ} 22'$	a	9.91404 pour tangente
			<u>9.65885 t. $24^{\circ} 30'$, c. 0,4244 p. 6 h.</u>

à	$39^{\circ} 22'$		
ajoutons	$7^{\circ} 30'$		9.74481
le total	$46^{\circ} 52'$	a	0.02832 pour tangente
			<u>9.77312 t. $30^{\circ} 40'$, c. 0,5288 p. 5 h. 1/2</u>
ajoutons	$7^{\circ} 30'$		9.74481
le total	$54^{\circ} 22'$	a	0.14460 pour tangente
			<u>9.88941 t. $37^{\circ} 47'$, c. 0,6475 p. 5 h.</u>
ajoutons	$7^{\circ} 30'$		9.74481
le total	$61^{\circ} 52'$	a	0.27189 pour tangente
			<u>0.01670 t. $46^{\circ} 7'$, c. 0.7834 p. 4 h. 1/2</u>
ajoutons	$7^{\circ} 30'$		9.74481
le total	$69^{\circ} 22'$	a	0.42419 pour tangente
			<u>0.16900 t. $55^{\circ} 53'$, c. 0,9371 p. 4 h.</u>
ajoutons	$7^{\circ} 30'$		9.74481
le total	$76^{\circ} 52'$	a	0.63205 pour tangente
			<u>0.37686 t. $67^{\circ} 13'$ p. 3 h. 1/2 qui,</u>
retranché de $179^{\circ} 60'$, donne pour 3 h. 1/2 du matin $112^{\circ} 47'$ dont la corde est pour 90° 1,4142 et pour $22^{\circ} 47'$, corde 0,3950.			
ajoutons	$7^{\circ} 30'$		9.74481
le total	$84^{\circ} 22'$	a	1.00595 pour tangente
			<u>0.75076 t. $79^{\circ} 56'$ pour 3 h. qui, re-</u>
tranché de $179^{\circ} 60'$, donne pour 3 heures du matin $100^{\circ} 4'$, dont la corde est pour $10^{\circ} 4'$, 0.1755. Nous avons calculé ces deux dernières heures pour donner un exemple, bien que le soleil ne puisse pas les marquer, n'étant pas levé à cette heure-là.			
190. Pour exécuter avec ordre et facilité le calcul précédent, nous commençons par faire toutes les additions et les soustractions de la première colonne et pour ne pas confondre un nombre avec un autre, nous marquons d'un signe particulier les totaux et les restes dont nous aurons à prendre les tangentes pour le calcul des heures. Après avoir terminé toutes les additions et les soustractions de la première colonne à gauche, nous écrivons, à quelle distance les uns les autres, 24 fois le sinus bcs. Puis cher-			

chant, dans les tables, successivement et par ordre, toutes les tangentes des totaux ou des restes trouvés dans la première colonne, nous écrivons, à fur et à mesure que nous les trouvons, chacune de ces tangentes sous l'un des sinus vcs, comme il est indiqué dans le modèle de calcul qui précède, en ayant soin de noter à tous et à chacun à quelle heure ils correspondent. Quand nous avons trouvé et écrit toutes ces tangentes, nous faisons alors les additions de la colonne à droite. Nous cherchons ensuite successivement toutes les sommes dans les colonnes des tangentes et à fur et à mesure que nous en trouvons une, nous écrivons à côté sa corde seulement, si dans les tables des sinus et des tangentes, les cordes se trouvent à côté des minutes de chaque degré. Mais si nous n'avons pas une table semblable, nous écrivons, à côté de chaque total, les degrés, et les minutes auxquels il correspond et nous cherchons ensuite les cordes, une fois que tous les angles sont trouvés.

191. Il convient de remarquer que les minutes reviennent périodiquement dans les calculs de la colonne à gauche et qu'ensuite les degrés, les sommes et les cordes doivent se suivre aussi, sans laisser entre deux nombres consécutifs une différence trop grande, si donc nous remarquons entre deux degrés consécutifs, entre deux sommes consécutives aussi, ou entre deux cordes qui se suivent une différence trop accentuée, nous pouvons en conclure que nous avons fait erreur quelque part, et il faut, dans ce cas, revoir les calculs pour les corriger.

MANIÈRE DE TRACER LE CADRAN VERTICAL DÉCLINANT

192. Nous conseillons très fort de tracer d'abord le cadran dans toute sa grandeur, soit sur un parquet, soit sur une table, avant de le décrire sur le mur. Cette précaution devient d'autant plus nécessaire que le plan décline davantage. L'expérience d'ailleurs prouve l'utilité de cette pratique ; car il est des circonstances où l'on a besoin de voir toute la disposition du cadran pour en placer le centre comme il faut. Si on commence par le tracer sur le mur sans l'avoir préalablement tracé ailleurs, on s'expose à refaire plusieurs fois cet ouvrage et à gâter son plan par une infinité de lignes inutiles.

193. Après avoir donné au cadran la figure que nous voulons telle que celle d'un carré, d'un cercle, d'un hexagone, d'un octogone, etc. Nous déterminons vers le milieu de la partie supérieure du plan, si la déclinaison n'est pas grande, le point où nous devons placer le centre c du cadran (fig. 28).

Cependant, si la déclinaison du plan est fort grande, comme par exemple de 40 à 50°, le centre ne doit pas être placé au milieu ; mais un peu à côté, afin qu'il y ait plus de place du côté où il doit y avoir un plus grand nombre de lignes horaires ; c'est ce que nous examinerons en traçant d'avance le cadran sur le parquet. Dès que nous avons choisi le centre c, nous suspendons au-dessus de ce centre, un plomb à un fil de soie qui descende jusqu'au bas du plan, en ayant soin, s'il fait le moindre vent, de le faire plonger librement soit dans un verre, soit dans un sseau rempli d'eau. Ce fil nous sert pour marquer la ligne de midi cm qui doit être parfaitement verticale et passer par le centre c du cadran (fig. 28). Du centre c nous décrivons un demi cercle DME ayant exactement un mètre de rayon, si c'est possible, si le plan est trop petit pour donner à ce demi cercle un mètre de rayon, nous le décrivons avec une ouverture de compas de 0^m, 50 centimètres bien exactement. Seulement nous observons qu'en prenant un rayon de 0^m, 50 centimètres, nous aurons à prendre la moitié de toutes les cordes trouvées, ou ce qui est la même chose, les diviser par 2 ; tandis que nous les prenons telles que nous les trouvons si nous nous servons d'un mètre ou d'un décimètre de rayon (revoir au besoin les articles 81 à 87).

194. Nous commençons par tracer la soustylaire cb. Pour cela nous cherchons au résultat de la première addition quelle est la corde de l'angle vcm. Dans le cadran déclinant de 40 que nous avons calculé à l'article 188 nous trouvons qu'elle est de 0^m, 587. (Nous supposons que pour tracer le demi cercle DME, nous avons pris une ouverture de compas de un mètre). Nous prenons donc sur le mètre, avec le compas, une ouverture de 58 centimètres et 7 millimètres et posant une pointe de compas sur le point m où la ligne de midi coupe l'arc, nous dirigeons l'autre pointe sur l'arc du côté du couchant, parce que le plan décline vers le levant (art. 170) et elle arrive sur l'arc au point b. Nous tirons alors la ligne cb qui est la soustylaire cherchée.

195. Nous marquons sur le demi cercle, l'angle vcs que fait la soustylaire avec l'aiguille et pour cela nous prenons dans la seconde addition, la corde de cet angle qui est ici de 0,5807. Nous donnons donc au compas une ouverture de 58 centimètres et un peu plus de la moitié d'un millimètre pour les 7 dixièmes et posant une pointe sur le point b, l'autre pointe arrive sur l'arc au point s. Nous tirons la ligne cs qui représente l'aiguille.

Nous marquons sur le demi cercle DMBSE tous les points horaires, en les faisant tous partir du point b. Nous allons en spécifier quelques uns, en choisissant ceux qui peuvent offrir quelque difficulté.

196. Commençons par les heures du matin, parmi lesquelles se trouve la soustylaire. Pour 11 heures et demie nous trouvons que la corde est 0,4752. Nous ouvrons donc le compas de 47 centimètres et 5 millimètres et nous portons cette ouverture sur l'arc du point *b* vers la ligne de midi et nous marquons ainsi le point où doit passer la ligne de onze heures et demie. Nous faisons de même pour toutes les heures, mettant toujours, pour les marquer, une pointe de compas sur le point *b*, l'autre pointe allant sur l'arc vers la ligne de midi, jusqu'à ce que nous arrivions à 8 heures et demie. Là nous voyons, dans le calcul, que 8 heures et demie doit être tracée du côté de la soustylaire opposé à la ligne de midi. La corde de 8 heures et demie est 0,0177. Nous ouvrons donc le compas de 1 centimètre, 7 millimètres et 7 dimillimètres ou mieux encore de 18 millimètres et posant une pointe sur le point *b* et dirigeant l'autre pointe vers *e*, nous l'appuyons sur l'arc et nous marquons ainsi le point où doit passer la ligne de 8 heures et demie.

Nous continuons à tracer les autres heures de la même manière, mais arrivé à 4 heures du matin nous nous apercevons que cette ligne va en haut et par conséquent nous ne la traçons pas.

197. Lorsqu'on a tracé tous les points horaires du matin du côté du couchant, on fait de même, pour tous les points horaires du soir, qui doivent être placés du côté du levant. Par exemple, pour midi et demi, la corde étant de 0,7134, nous ouvrons le compas de 71 centimètres 3 millimètres et tant soit peu plus, et posant une pointe sur le point *b* l'autre arrive sur l'arc, au point où doit passer la ligne de midi et demi.

198. Après avoir tracé 2 heures et demie, pour trouver le point où passera la ligne de 3 heures, nous prenons parmi les heures du matin, à trois heures du matin et nous voyons là que pour trois heures du soir la corde est partagée en deux (art. 88) :

Celle de 90° qui est toujours 1,4142 et celle de 10° 4' qui est 0,1755. Nous ouvrons donc le compas de 1 mètre 414 millimètres. Nous en plaçons une pointe sur le point *b* et l'autre arrive au point *d* ; l'ouvrant ensuite de 175 millimètres et demi, nous en plaçons une pointe sur le point *d* et l'autre pointe arrive sur l'arc au point où doit passer la ligne de 3 heures.

Pour ce qui regarde 3 heures et demie nous prenons seulement la corde 0,395 de 395 millimètres et nous la portons du point *d* jusqu'au point de l'arc où doit passer la ligne de 3 heures et demie.

199. Lorsque nous avons marqué tous les points horaires, nous traçons toutes les lignes horaires au moyen d'une règle nouvellement dressée et avec la pointe d'un couteau que nous avons soin de tenir toujours également droit d'un bout à l'autre de la règle

dont un bout appuie sur le centre *c* du cadran et l'autre sur le point horaire qu'il s'agit de tracer. Nous traçons les lignes des heures de toute la longueur, celle des demi-heures plus courtes et celles des quarts, si nous avons besoin de les marquer, plus courtes encore. Toutes les lignes doivent, comme au cadran horizontal, être dirigées vers le centre *c* du cadran et passer par le milieu des points horaires marqués sur l'arc *dme*, même les plus courtes, quoiqu'elles ne soient pas tracées de toute leur longueur ; en sorte que, si elles étaient prolongées elles passeraient sur les points horaires et iraient se réunir au centre *c* du cadran.

Il faut faire arrêter les lignes qui marquent les demi heures à un demi cercle que chacun peut tracer selon son goût. Si l'on se sert de chiffres romains pour désigner les heures, la hauteur de ces chiffres doit être double de leur longueur non compris les cornes. On a soin de les tourner en bas.

SECTION V

Manière de poser l'aiguille des cadrans verticaux

200. Pour connaître la longueur qu'il faut donner à l'aiguille, nous mesurons la distance du point *c* jusqu'à la demi heure ou au quart d'heure le plus éloigné du centre *c*. Cette distance est la longueur que doit avoir l'aiguille. D'ailleurs la longueur de l'aiguille n'influe en rien sur la justesse du cadran. Il vaut mieux cependant qu'elle ait un peu plus qu'un peu moins de longueur, afin qu'en hiver l'ombre puisse atteindre les demi et les quarts s'ils se trouvent marqués. C'est un mauvais moyen de sceller une aiguille par son bout supérieur seulement ; outre qu'il n'est guère possible de la bien poser ainsi, il est très difficile qu'elle demeure longtemps dans sa vraie position, en supposant qu'elle ait été bien posée.

201. La longueur de l'aiguille étant déterminée, nous tirons, sur une table suffisamment grande, ou sur le parquet, une ligne *cb* (fig. 29), qui représente la soustylaire et le point *c* le centre du cadran.

Du centre *c*, avec une ouverture de compas de un mètre, nous décrivons l'arc indéfini *bs*. Nous prenons ensuite dans la seconde

addition la corde de l'angle bcs qui, dans notre exemple est de 0,5807, c'est-à-dire, de 58 centimètres et un peu plus de la moitié d'un millimètre et la portant de b en s nous déterminons le point s sur lequel nous faisons passer la ligne cs qui représente l'aiguille.

Si le cadran a été tracé comme il a été dit à l'article 195, l'angle bcs se trouve sur le parquet, sans avoir besoin de le tracer ailleurs.

202. Vers le milieu de l'aiguille nous traçons le grand support gr (fig. 29) le prolongeant au-delà de la ligne cb d'une quantité gr d'environ 10 à 12 centimètres. Cette partie sera scellée dans le mur. Nous traçons un second support kh beaucoup plus petit, à la distance de 10 à 12 centimètres du bout c et on lui donne également 10 ou 12 centimètres de plus pour pouvoir le fixer dans la muraille. Ces deux supports doivent, autant que possible, tomber perpendiculairement sur la ligne cb . L'aiguille ronde et partout d'égale épaisseur se termine en pointe bien aigüe à chaque bout ; mais cette pointe doit venir de loin au bout c et être fort courte au bout r , il faut que la pointe de chaque bout se trouve exactement au centre du rondin, quand même le bout r se termine en forme de lance. Il est important que les supports soient parfaitement rivés et que l'aiguille soit bien droite. Si en la tenant dans la position qu'elle doit occuper on remarque qu'elle fléchit par son propre poids, on la fait un peu courber au-dessus, afin que son poids la redresse quand elle sera en place.

L'aiguille étant tracée de toute sa grandeur, comme nous le voyons dans la figure 29, nous portons la table sur laquelle l'aiguille est tracée chez un serrurier ou chez un bon maréchal-fer-rant à qui nous la faisons confectionner de manière qu'étant entièrement finie nous puissions l'appliquer sur le tracé de telle sorte que le rondin couvre exactement le tracé de l'aiguille et que les supports couvrent parfaitement les supports tracés sur la figure.

203. Il ne suffit pas que l'aiguille soit bien faite, la difficulté est de la bien poser. Si l'aiguille n'est pas placée dans la direction qu'elle doit avoir, tout le cadran devient faux, quoique bien tracé d'ailleurs. Voici donc comment il faut s'y prendre.

Nous couchons l'aiguille sur le parquet ou sur la table sur laquelle nous avons tracé l'angle bcs , de façon que les deux pointes de chaque bout du rondin soient précisément sur la ligne cs , une extrémité de l'aiguille arrivant sur le point c . Nous mesurons exactement la longueur de l'aiguille cr depuis l'extrémité de la pointe d'un bout, jusqu'à l'extrémité de la pointe de l'autre bout. Nous portons cette longueur sur la ligne cb de c en e . Nous portons ensuite l'espace er sur la double équerre que nous avons dé-

crité à l'article 46, la mettant sur l'arête or (fig. 10) de cette double équerre depuis le point o jusqu'en x où nous marquons un point au moyen d'un crayon ou d'un couteau.

204. Il est mieux et plus juste de chercher, par le calcul la distance er , en supposant toujours que la distance ce est égale à l'aiguille cr . Nous sommes alors dispensé de faire l'angle des articles précédents et de l'article 111 ; nous n'avons qu'à mesurer exactement la longueur de l'aiguille en mètre, centimètres, etc., et à ajouter le logarithme de la longueur de l'aiguille, avec le sinus de la moitié de l'angle bcs . Le total nous donne la moitié de la distance er .

Supposons la longueur de l'aiguille de 0^m, 4564 dimillimètres. L'angle bcs est de 33° 45' dont la moitié est 16° 52'.

Logarithme de 0,4564	9.65935
Sinus de 16° 52'	9.46262

total	9.12197	qui est le
-------	---------	------------

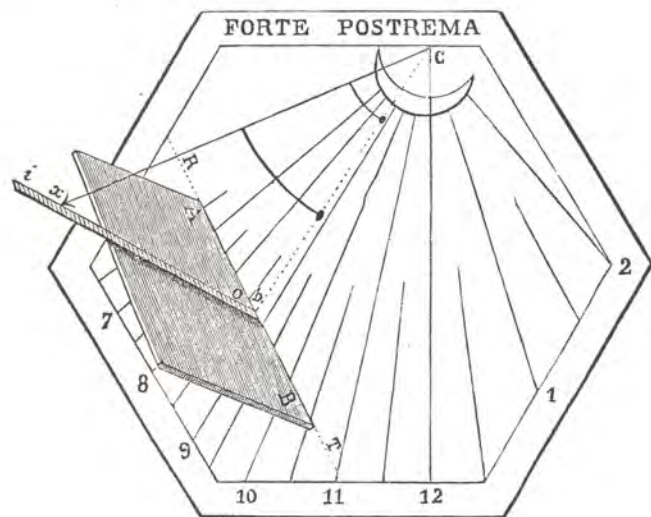
logarithme de 0.1324 qu'il faut doubler, ce qui donne 0.2648. La distance er est donc de 0,2648 dimillimètres que nous portons sur la double équerre de o en x .

205. Le cadran étant tracé et tout étant ainsi préparé, nous présentons l'aiguille sur le plan du cadran, en faisant coïncider sa tringle avec la ligne cs (fig. 28) qui est celle qui représente l'aiguille et les deux supports sont couchés vers la soustylaire cb , de sorte que l'aiguille tout entière est appliquée contre le mur. Nous marquons les trous pour les supports aux endroits où ils coupent la soustylaire. Les trous étant marqués, nous retirons l'aiguille pour les faire creuser. Si les supports arrivent perpendiculairement sur la soustylaire, ces trous n'ont pas besoin d'être très larges.

206. Ensuite nous prenons très exactement la mesure entière de la longueur de l'aiguille ; nous la portons sur la soustylaire de c en b (fig. ci-après) et nous tirons au point b une perpendiculaire rt à la soustylaire et nous la prolongeons de chaque côté, à peu près de la longueur de la planche de la double équerre.

207. Après qu'on a fait dans le mur les trous assez grands pour que les deux supports n'y soient pas gênés du tout, nous posons la double équerre sur le plan de manière que le bord du pied ab soit précisément sur la ligne rt qui traverse la soustylaire. Nous faisons coïncider la ligne io de la double équerre avec le point b de la soustylaire et afin qu'elle ne puisse pas perdre cette position en descendant par son propre poids, nous plantons au-dessous quelques petites pointes pour la soutenir. Pendant qu'une ou deux personnes soutiennent la double équerre dans cette situation, une autre personne, prenant l'aiguille, non par sa longue tringle de

fer qu'elle ne doit pas toucher, mais par son grand support en tenant ses mains très près de la tringle de fer, place les supports dans les trous et dispose l'aiguille de manière que le bout supérieur touche exactement le centre c du cadran, tandis que l'autre pointe arrive au point x de la double équerre. La personne tenant ainsi l'aiguille immobile ne doit pas perdre de vue le point x de la double équerre, ni le point c centre du cadran. Et l'autre personne qui tient le bout supérieur de la même double équerre, ne doit pas non plus perdre de vue le point x pour le tenir toujours très près du bout inférieur de l'aiguille, sans cependant qu'il y touche. Cette dernière personne doit aussi faire attention à ce que la double équerre ne descende pas, et que la ligne oi arrive exactement sur la soustylière au point b .



208. Lorsque tout est ainsi disposé, un maçon remplit les trous des supports de bon plâtre, en y insérant des petits morceaux de briques pas plus gros que des noix. Il enfonce bien avant ce plâtre avec ces morceaux de briques sans pourtant forcer les supports. Il continue ainsi jusqu'à ce que les trous soient entièrement remplis. Si le plâtre est de bonne qualité et gâché plus fort qu'à l'ordinaire, il se trouve durci à la fin de l'opération. Alors l'aiguille est solide, bien placée et reste dans la situation où on l'a mise.

Nous ne conseillons pas pour cette opération l'emploi du ciment de Roquefort, qui très souvent ne fait point corps avec le mortier du cadran et laisse tomber l'aiguille.

209. Dès que l'aiguille est parfaitement posée et les trous bouchés nous faisons passer sur le plan une dernière couche de cêruse à l'huile et nous faisons peindre en noir toute l'aiguille. Le blanc et le noir étant secs, nous tirons les lignes horaires auxquelles nous donnons une épaisseur de deux millimètres moindre que l'épaisseur de l'aiguille. Pour cela nous nous servons d'une règle plate d'une longueur suffisante et dont une arête est abattue. Nous la plaçons de façon que le pinceau passe juste au milieu des lignes horaires déjà tracées avec la pointe du couteau. Chaque fois qu'une ligne a été tirée au pinceau nous essayons soigneusement la règle avec un torchon, en ayant soin de garantir nos mains de toute tache de peinture, pour ne pas maculer le plan en le touchant.

210 Pour éviter l'aspect disgracieux que présenteraient les lignes horaires se touchant toutes vers le centre du cadran, ce qui arriverait si nous les prolongions jusqu'au centre c , nous décrivons près du centre, soit une demi-lune, soit un soleil sur lequel viennent aboutir toutes ces lignes en laissant entre elles un espace convenable.

Nous recommandons de bien broyer le noir à la molette, avant de l'employer. Sans cette précaution et si l'on s'en servait tel qu'on le prend chez les marchands, il serait difficile de tracer les lignes horaires, parce que la couleur coulerait, ou ne marquerait pas.

CHAPITRE IX

Cadran vertical sans centre

211. On donne le nom de *cadran sans centre*, à celui dont le centre se trouve hors du plan. Il y a même des cadrans qui n'ont pas de centre du tout, tels sont l'oriental, l'occidental, etc. Or, ce n'est pas de ceux qui sont absolument privés de centre que nous entendons parler, mais bien de ceux qui en ont un et qui est hors du plan.

212. Lorsque le plan sur lequel nous voulons construire un cadran décline de 70° à 80° ou davantage, nous sommes obligé de faire un cadran vertical *sans centre*, par la raison que plus le plan décline, plus les lignes horaires sont serrées entre elles aux envi-

rons de la soustylaire. Si la déclinaison est plus grande encore que celle que nous venons d'indiquer, les lignes des heures sont si serrées entre elles qu'elles se touchent mutuellement, c'est pourquoi il est indispensable de faire, *sans centre*, un cadran qui décline de 70, 80 ou 85°. Mais on fait quelquefois des cadrans sans centre, quand même ils déclinent beaucoup moins, si l'on veut que les heures soient très écartées les unes des autres pour être vues de loin.

213. Un cadran vertical sans centre n'est pas autre chose qu'un cadran tracé à l'ordinaire, dont les lignes horaires ont une longueur de 7 à 8 mètres. Lorsque ce dernier cadran est entièrement tracé on en retranche 6 mètres dans sa partie supérieure, pour ne laisser paraître que la partie inférieure qui n'a plus alors qu'un mètre de long. Plus le plan est déclinant, plus il faut porter loin du plan le centre du cadran ; de sorte que si le plan déclinait de 89° 55', ou d'un nombre de degrés approchant, il faudrait porter le centre de ce cadran prodigieusement loin, peut-être à 400 ou 500 mètres, selon la hauteur que l'on donnerait à l'aiguille.

Nous avons vu, à l'article 130, que les cadrans déclinants de 90° ont leurs lignes horaires parallèles entre elles. Or, un cadran déclinant de 89° décline presque de 90°, ses lignes horaires sont donc aussi presque parallèles et l'aiguille est également presque parallèle à la soustylaire.

214. Le calcul des angles horaires, pour les cadrans verticaux sans centre, est précisément le même que celui des cadrans qui ont un centre sur le plan, ainsi que nous allons le voir par l'exemple suivant dans lequel nous prenons un plan déclinant de 89° 16', à la hauteur du pôle 46° 20'.

Nous supposons que nous avons trouvé les trois angles fondamentaux qui sont :

L'angle BCM entre la méridienne et la soustylaire	43° 40'
L'angle bcs entre la soustylaire et l'aiguille	0° 31'
L'angle de la différence des longitudes	89° 27'

Nous n'avons pas besoin, dans ce cas-ci, de prendre les cordes des angles.

215. Le cadran déclinant vers le levant, la soustylaire se trouve du côté du couchant, parmi les heures du matin ; par conséquent, pour calculer les heures du matin, il faut, de la différence des longitudes, retrancher toujours 7° 30', si nous voulons tracer les demi-heures. Mais nous supposons que nous ne voulons tracer que les heures ; dans ce cas, il faut successivement retrancher 15° de la différence des longitudes. Faisons donc ce calcul.

216. Pour 11 heures du matin il faut retrancher 15° de 89° 27' différence des longitudes, le reste est 74° 27' dont la tangente,

additionnée avec le sinus bcs de 0° 31' donne la tangente de 1° 52' qui est l'angle horaire que fait la ligne de 11 heures avec la soustylaire.

Pour 10 heures il faut, de 74° 27' ôter encore 15°, reste 59° 27' dont la tangente additionnée avec le sinus bcs de 0° 31', donne la tangente de 0° 52' pour l'angle que fait la ligne de 10 heures avec la soustylaire.

t Pour 9 heures, il faut retrancher encore 15° de 59° 27', il reste 44° 27', dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne la tangente de 30' pour l'angle de 9 heures.

Pour 8 heures, il faut encore retrancher 15° de 44° 27', il reste 29° 27' dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne la tangente de 17' pour l'angle de 8 heures.

Pour 7 heures il faut ôter 15° de 29° 27', le reste est 14° 27' dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne la tangente de 8' pour l'angle de 7 heures.

Pour 6 heures, nous remarquons que nous ne pouvons plus retrancher 15° de 14° 27' dernier reste obtenu, alors nous intervertissons les rôles et nous retranchons 14° 27' de 15°. Ce changement dans les opérations nous indique que la ligne de 6 heures doit être tracée du côté de la soustylaire opposé à la ligne de midi. Retranchant 14° 27' de 15°, ou ce qui est la même chose de 14° 60', il reste 33' dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne la tangente de 8" environ de degré pour l'angle de 6 heures.

Pour 5 heures, il faut maintenant non plus retrancher, mais ajouter 33' à 15°, ce qui fait 15° 33' dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne la tangente de 9' pour l'angle de 5 heures.

Pour 4 heures il faut encore ajouter 15° 33' à 15° ce qui fait 30° 33' dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne la tangente de 20' pour l'angle de 4 heures.

217. Ce cadran ne peut marquer aucune heure après midi. La soustylaire se trouvant placée du côté du couchant du cadran, parmi les heures du matin que nous venons de calculer, pour faire les calculs des heures de l'après-midi, nous sommes obligé d'ajouter la différence des longitudes à 15°. Or, la différence des longitudes étant de 89° 27', il s'en suit que pour calculer 1 heure, il faut ajouter 15° à 89° 27' ce qui donne un total de 104° 27' qui ne peut se calculer. Tout au plus il pourrait marquer midi, mais il faudrait que le plan eût quelques centaines de mètres de grandeur.

TRACER CE CADRAN

218. Nous menons sur le plan l'horizontale HR (art 1, fig. 31) sur laquelle nous choisissons un point P, par lequel nous nous proposons de faire passer la soustylaire. Nous déterminons la hauteur du style à ce point, par exemple 0^m, 25 centimètres. S'il est nécessaire que le cadran soit grand, il faut donner beaucoup d'élévation au style, et ne lui en donner que peu, s'il doit être petit.

Nous traçons la soustylaire de la manière suivante : sur l'horizontale HR nous faisons l'angle pPR, égal au complément de l'angle formé par la ligne de midi et la soustylaire. Cet angle pPR est de 46° 20'. En effet, 46° 20' est le complément de 43° 40' que nous avons vu ci-dessus être l'angle compris entre la méridienne et la soustylaire. Pour faire cet angle exactement de 46° 20', on se servira de la méthode que nous avons enseignée à l'article 81.

Nous menons ensuite EQ perpendiculaire à pP et sur cette ligne EQ nous trouvons les points horaires en additionnant ensemble :

1° Le complément arithmétique (art. 28, 29) de la tangente de l'angle bcs qui est ici de 31'

2° Le logarithme de la hauteur du style que nous avons supposée pour ce cas de 0^m, 25 centimètres.

3° La tangente de l'angle horaire que nous voulons marquer sur EQ. Le total est le logarithme de la distance de P à la ligne horaire cherchée.

1° Complément arithmétique de la tangente bcs de 31'	2.04490
2° Logarithme de 0,25 hauteur du style	9.39794
2° Tangente de 1° 52' pour 11 heures	8.51310

Total	9.95594
-------	---------

Cherchons ée total 9.95594 dans les tables des logarithmes des nombres naturels avec la caractéristique 3, c'est-à-dire au lieu de chercher 9.95594 cherchons 3.95594, nous trouverons qu'il correspond au nombre naturel 0,903, c'est une preuve qu'à partir du point P jusqu'à la ligne de 11 heures et sur la ligne PQ il y a 0^m,903 millimètres ou soit 90 centimètres et 3 millimètres (art. 58). En répétant la même addition pour toutes les heures, mais en changeant chaque fois le troisième nombre, nous trouvons successivement tous les points horaires sur la ligne EQ.

219. Mais avant d'aller plus loin, nous avons à faire observer 1° que lorsque la caractéristique d'un logarithme est composée de

deux chiffres, il faut toujours supprimer le premier à gauche. Ainsi la caractéristique 11 est mise pour 1 ; 10 est mis pour 0 ; 19 est mis pour 9 ; 18 pour 8 ; 17 pour 7, etc.

2° Que quelle que soit la caractéristique d'un logarithme que nous avons besoin de chercher dans les tables pour connaître à quel nombre naturel il correspond, nous devons toujours le chercher avec la caractéristique 3.

3° Que si la caractéristique primitive d'un logarithme, c'est-à-dire, celle que l'addition nous a donnée est 11 ou 1 ce qui revient au même, les deux premiers chiffres à gauche du nombre naturel auquel ce logarithme correspond, représentent des mètres et ceux qui les suivent expriment des décimètres et des centimètres.

Si la caractéristique primitive et réelle d'un logarithme est 10 ou soit 0 seulement, le premier chiffre à gauche du nombre naturel auquel ce logarithme correspond représente des mètres, ceux qui le suivent expriment des déci, des centi, des millimètres.

Enfin si la caractéristique d'un logarithme est 19 ou soit 9, avant d'écrire le nombre naturel auquel correspond ce logarithme, il faut mettre un zéro et une virgule et le premier chiffre à gauche de ce nombre représente des décimètres.

Ainsi dans le cadran que nous avons à tracer nous trouvons en dernier lieu pour total de 10 heures 19.62691 qui, cherché avec la caractéristique 3, correspond au nombre 4236. Mais, comme la caractéristique primitive n'est point 3, mais 19 ou soit 9, nous l'écrivons de la manière suivante 0,4236.

De même nous trouvons que le total dernier pour 9 heures est 19.38958 qui correspond, d'après ce que nous venons de dire, au nombre 0,2452 ; celui de 8 heures est 19.14968 qui correspond à 0,1411 ; celui de 4 heures est 19.16893 qui correspond à 0,1475.

Si la caractéristique réelle d'un logarithme est 18 ou soit 8, avant d'écrire le nombre naturel auquel ce logarithme correspond, il faut écrire un zéro, une virgule et un zéro immédiatement après la virgule. Exemple : la dernière addition donne pour 7 heures 18.80901 qui, cherché comme si nous avions 3.80901, correspond au nombre 6442 que nous écrivons ainsi : 0,06442.

Si la caractéristique réelle d'un logarithme est 17 ou soit 7, avant d'écrire le nombre naturel auquel correspond ce logarithme, il faut écrire un zéro, une virgule et à la suite deux zéros. Ainsi dans l'exemple précédent, nous trouvons que le total pour 7 heures est 17.38017 qui correspond au nombre naturel 2400 que nous écrivons de la manière suivante 0,002400.

Si la caractéristique d'un logarithme était 6, en écrivant le nombre naturel auquel correspond ce logarithme, il faudrait écrire zéro, virgule et puis trois zéros après la virgule. Il en faudrait 4,

si la caractéristique était 5. Tout cet article ne contient que les réciproques des articles 48, 59 et 60.

220. Nous avons trouvé jusqu'ici, sur la ligne EQ , tous les points sur lesquels doivent passer les lignes des heures ; mais afin de pouvoir tracer ces lignes horaires, il faut avoir deux points sur lesquels elles passent. Voici comment on doit s'y prendre pour déterminer ces deux points :

Nous traçons epq parallèle (art 8) à EPQ ; nous mesurons avec le mètre la distance entre les deux parallèles de p à p ; nous supposons que cette distance est de $0^m, 939$ millimètres. Nous cherchons ensuite la distance de p au centre du cadran en additionnant

Le complément arithmétique de la tang. de $BCS, 31'$	2.04490
avec le logarithme de la hauteur du style $0^m, 25$ c.	9.39794
	<hr/>
le total	1.44284

est le logarithme de $27^m, 73$ c. distance de p au centre du cadran, de laquelle distance il faut ôter la distance entre les deux parallèles pp qui est 0.939 , reste $26^m, 791$ millimètres.

Pour connaître la hauteur de l'aiguille sur la soustylaire au point p , il faut additionner 1^o le complément arithmétique de la distance du point p au centre du cadran, c'est-à-dire, le complément arithmétique du dernier total ci-dessus.

2° Le logarithme de la distance du point p au centre du cadran.

3° Le logarithme de la hauteur de l'aiguille $0^m, 25$.

Le total nous donne la hauteur de l'aiguille au point p .

Complément arithmétique logarithme de $27^m, 73$ c. 8.55716

Logarithme de $26,791$ distance de p au centre du cadran 4.42798

Logarithme de $0^m, 25$ c. hauteur du style 9.39794

le total 9.38308

est le logarithme de $0^m, 2416$ hauteur de l'aiguille au point p .

Pour trouver tous les autres points horaires nous répétons l'addition de la page 92, mais en changeant le second terme 9.39794 par 9.38308, total de la dernière addition ci-dessus. A chaque addition nous trouverons de nouveau les distances des heures sur la parallèle epq , comme nous les avons trouvées sur la ligne EQ .

Comme ce cadran est presque oriental, la soustylaire se confond presque avec la ligne de 6 heures. L'aiguille ss (fig. 31) doit être posée sur la soustylaire pp à angle droit comme à l'ordinaire ; sa hauteur au bout inférieur est, comme nous l'avons supposé de $0^m, 25$ et sa hauteur au bout supérieur doit être, ainsi que nous l'avons trouvé de $0,2416$.

CHAPITRE X

Cadran déclinant du nord (figure 32)

221. Lorsque un mur n'est éclairé par le soleil que le matin ou le soir et jamais à midi, c'est une preuve qu'il décline du nord.

Après avoir calculé sa déclinaison comme nous l'avons enseigné des articles 143 à 154, nous faisons le calcul de ce cadran de la manière suivante :

222. Nous supposons un mur déclinant du nord vers le couchant de 10^o , à la hauteur du pôle $43^o 30'$. Nous trouvons les angles fondamentaux comme il a été dit aux articles 164, 165, 166, savoir BCM de $10^o 22'$ dont la corde est 9,4808 ; BCS de $43^o 36'$ dont la corde est 0,7750. La différence des longitudes qui est $14^o 22'$. Ce cadran déclinant vers le couchant, la soustylaire se trouve parmi les heures du soir. S'il déclinait du nord vers le levant, la soustylaire se trouverait parmi les heures du matin.

222 bis. Il est bon de remarquer ici que les angles horaires des cadrans déclinant du nord ne se calculent pas exactement de la même manière que ceux des cadrans déclinant du midi ; au lieu donc de commencer par chercher l'angle de midi et demi ou de 11 heures et demie en ajoutant ou en retranchant, suivant le cas, $7^o 30'$, à la différence des longitudes, nous calculons d'abord 8 heures du soir ou 4 heures du matin en ajoutant ou en retranchant la différence des longitudes de 60^o et en ajoutant ensuite $7^o 30'$ comme à l'ordinaire.

(Nous supposons ici que le plan décline de moins de 60^o ; s'il déclinait de plus de 60^o , on se comporterait comme nous le verrons ci-après).

Les tangentes des sommes ou des restes successifs additionnées avec le sinus BCS qui, dans notre exemple est 9.85391 donnent de nouvelles sommes qui sont les tangentes des angles horaires cherchés.

223. Mais faisons le calcul pour mieux nous faire comprendre.

La soustylaire se trouvant parmi les heures du soir, il faut retrancher la différence des longitudes $14^o 22'$ de 60^o , (remarquons en passant que ce nombre de 60^o reste le même pour tous les cadrans déclinant du nord).

de 60° ou	59° 60'	pour 8 heures du soir	
retr.	<u>14° 22'</u>		
1 ^{er} reste	45° 38'	qui a	$\frac{9.85391 \text{ sinus BCS}}{0.00960}$ pour tangente
			<u>9.86351 t. 36° 8', c. 0,6205 p. 8 h.</u>
ajoutons	<u>7° 30'</u>		
1 ^{er} total	53° 8'	qui a	$\frac{9.85391 \text{ sinus BCS}}{0.12499}$ pour tangente
			<u>9.97890 t. 43° 37' c. 0,7430 p. 7 h. 1/2</u>
ajoutons	<u>7° 30'</u>		
2 ^e total	60° 38'	qui a	$\frac{9.85391 \text{ sinus BCS}}{0.24972}$ pour tangente
			<u>0.40363 t. 51° 46', c. 0,8732 p. 7 h.</u>
ajoutons	<u>7° 30'</u>		
3 ^e total	68° 8'	qui a	$\frac{9.85391 \text{ sinus BCS}}{0.39651}$ pour tangente
			<u>0.25042 t. 60° 40', c. 1,0103 p. 6 h. 1/2</u>
ajoutons	<u>7° 30'</u>		
4 ^e total	75° 38'	qui a	$\frac{9.85391 \text{ sinus BCS}}{0.59153}$ pour tangente
			<u>0.44544 t. 70° 16', c. 1,1512 p. 6 h.</u>
ajoutons	<u>7° 30'</u>		
5 ^e total	83° 8'	qui a	$\frac{9.85391 \text{ sinus BCS}}{0.91929}$ pour tangente
			<u>0.77320 t. 80° 26', c. 1,2914 p. 5 h. 1/2</u>

Passons maintenant aux heures du matin

A	60°	pour 4 heures du matin	
ajoutons	<u>14° 22'</u>		
1 ^{er} total	74° 22'	qui a	$\frac{9.85391 \text{ sinus BCS}}{0.55310}$ pour tangente
			<u>0.40701 t. 68° 37', c. 1,127 p. 4 h.</u>

à	74° 22'		
ajoutons	<u>7° 30'</u>		
2 ^e total	81° 52'	qui a	$\frac{9.85391 \text{ sinus BDS}}{0.84492}$ pour tangente
			<u>0.69883 t. 78° 41', c. 1,2678 p. 4 h. 1/2</u>
ajoutons	<u>7° 30'</u>		
3 ^e total	89° 22'	qui a	$\frac{9.85391 \text{ sinus BCS}}{1.95647}$ pour tangente
			<u>1.81038 t. 89° 7', c. 1,4032 p. 5 h.</u>

224. Pour tracer ce cadran (fig. 32), il faut remarquer 1^o que sa méridienne n'est pas la ligne de midi, mais la ligne de minuit ; de telle sorte que, si la terre devenait transparente, la méridienne marquerait réellement minuit. 2^o que la soustylaire doit être tournée en haut et l'aiguille de même. Dans notre exemple la soustylaire doit être parmi les heures du soir, c'est-à-dire, à la droite de la méridienne, 3^o que ce cadran peut marquer des heures en dessus et en dessous du centre du cadran, 4^o qu'il est indispensable de tracer ce cadran sur le parquet, avant de le peindre sur le mur.

AUTRE EXEMPLE

225. Nous allons maintenant donner un exemple du calcul à faire pour tracer un cadran déclinant du nord de plus de 60°. Supposons donc un mur déclinant du nord vers le couchant de 88°, à la hauteur du pôle de 44° 50'. Nous cherchons les angles fondamentaux comme nous l'avons déjà fait et nous trouvons, savoir l'angle BCM entre la soustylaire et la ligne de minuit de 45° 9' dont la corde est 0,7619. Celui de l'aiguille avec la soustylaire BCS de 1° 25' dont la corde est 0,0247. La différence des longitudes de 88° 35'.

Nous commençons par 8 heures du soir, en supprimant les demi heures pour plus de brièveté. Comme la soustylaire se trouve parmi les heures du soir, il faut retrancher 60° de la différence des longitudes qui est ici de 88° 35' et par conséquent plus grande que 60° ; puis du reste obtenu nous retranchons successivement 15° pour chaque heure. Nous opérons donc de la manière suivante :

De 88° 35' différence des longitudes retranchant 60°, pour 8 heures, nous avons pour 1^{er} reste 28° 35' dont la tangente addi-

tionnée avec le sinus bcs donne la tangente de $0^{\circ} 46'$ dont la corde est 0,0134. Du 1^{er} reste $28^{\circ} 35'$ ôtons 15° pour 7 heures, nous avons pour 2^e reste $13^{\circ} 35'$ dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne la tangente de $0^{\circ} 20'$ dont la corde est 0,0058.

Du second reste $13^{\circ} 35'$, ne pouvant plus retrancher 15° , nous changeons les rôles et de 15° nous retranchons $13^{\circ} 35'$ pour 6 heures. Le 3^{me} reste est $1^{\circ} 23'$ dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne $0^{\circ} 2$, dont la corde est 0,0006. Cette dernière heure doit être tracée du côté de la soustylaire opposé à la ligne de minuit.

Maintenant pour 5 heures nous ajoutons 15° au 3^{me} reste $1^{\circ} 23'$ et nous avons le 1^{er} total $16^{\circ} 25'$ dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne $0^{\circ} 25'$ dont la corde est 0,0073'.

Pour 4 heures, nous ajoutons 15° au 1^{er} total précédent $16^{\circ} 25'$ et nous avons pour second total $31^{\circ} 25'$, dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne 0, 52' dont la corde est 0,0151.

Pour 3 heures, nous ajoutons 15° au 2^{me} total $31^{\circ} 25'$ et nous avons pour troisième total $46^{\circ} 25'$, dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne la tangente de $1^{\circ} 29'$ dont la corde est 0,0259.

Pour 2 heures nous ajoutons 15° au total ci-dessus et nous avons $61^{\circ} 25'$ dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne la tangente $2^{\circ} 36'$ dont la corde est 0,0454.

Pour 1 heure nous ajoutons 15° au 4^{me} total $61^{\circ} 25'$ et nous avons pour 5^{me} total $76^{\circ} 25'$ dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne la tangente $5^{\circ} 20'$ dont la corde est 0,0931.

Enfin pour midi $1/2$ nous ajoutons $7^{\circ} 30'$ au précédent total $76^{\circ} 25'$ et nous avons pour 6^{me} total $83^{\circ} 55'$ dont la tangente additionnée avec le sinus bcs donne la tangente de $13^{\circ} 14'$ dont la corde est 0,2304.

226. Voici maintenant de quelle manière il faut s'y prendre pour tracer ce cadran. Nous supposons qu'on ne veut pas le faire bien grand.

Dans une vaste salle ou dans un grand corridor (fig. 33.) nous tirons la ligne *cm*, qui, dans tous les cadrans tournés vers le midi, représente la ligne de midi, mais qui est ici la ligne de minuit, de façon que si la terre devenait transparente elle marquerait réellement minuit. Vers le bas de cette ligne *cm*, nous déterminons le centre *m* du cadran et de ce point *m* comme centre nous décrivons l'arc de cercle *ce* de 10 mètres de rayon; au moyen de cet arc nous faisons l'angle compris entre la ligne de minuit et la soustylaire de $45^{\circ} 9'$ dont la corde est 0,7619. Nous prenons donc, à partir du point *c* vers *e*, sur l'arc *ce*, 7 mètres 61 centimètres et 9 millimètres. Ce qui nous désigne le point où doit passer la sous-

stylaire en venant du point *m*. L'angle entre la soustylaire et l'aiguille étant de $1^{\circ} 23'$ et sa corde de 0,0247, nous prenons, à partir de la soustylaire 247 millimètres et nous marquons sur l'arc le point où doit passer la ligne qui représente l'aiguille. Nous opérons de la même manière pour toutes les heures en partant toujours du même point de la soustylaire. Tous les points horaires étant marqués sur l'arc *ce*, nous tirons du centre *m* les lignes qui, passant sur les points horaires, soient suffisamment prolongées pour atteindre ces points. Ce sont les lignes horaires. Nous prenons ensuite la partie *agfd* aussi éloignée que l'on veut du centre *m*, c'est le cadran tout tracé. La ligne *cm* qui se trouve dans le cadran est parallèle à la ligne de minuit *cm*, c'est-à-dire, à fil-à-plomb.

Si ce cadran, au lieu d'être déclinant vers le couchant, déclinait vers le levant de la même quantité, il ne faudrait que le tourner et le regarder par derrière ou à l'envers, supposé qu'on l'eût tracé sur un papier assez transparent, on verrait un cadran déclinant du nord au levant tout fait, mais au lieu d'y mettre les heures du soir on y tracerait les heures du matin, à commencer par 4 heures.

CHAPITRE XI

Méridiennes du temps moyen

On distingue deux sortes de temps : le temps vrai et le temps moyen. Le temps vrai est marqué par un bon cadran solaire. Le temps moyen est celui qui est marqué par une pendule qui ne varie jamais et que l'on a une fois réglée sur un bon cadran solaire. Le soleil éprouve, dans sa marche apparente, certaines petites variations.

Pour aller du midi d'un jour au midi du lendemain, il met quelquefois un peu plus, quelquefois un peu moins de 24 heures ; de sorte qu'une pendule bien réglée étant mise sur l'heure du soleil, un certain jour de l'année, ne se rencontre plus avec le soleil qu'à pareil jour de l'année suivante. Tous les jours elle s'en trouve différente et cela parce que le soleil ne paraît pas avoir un mouvement égal et uniforme, au lieu que celui de la pendule ne peut être que toujours égal. Par exemple, si l'on met la pendule à midi du soleil, le premier novembre, elle avancera, tous les jours, sur

le soleil, selon une gradation connue ; en sorte que le 10 février suivant, elle avancera sur le soleil de 31 minutes 5 secondes. Après le 10 février, la différence diminuera chaque jour, de façon que le 15 mai la pendule n'avancera plus sur le soleil que de 12 minutes 8 secondes et, après plusieurs variations, le 1^{er} novembre suivant le soleil et la pendule seront de nouveau d'accord.

On appelle *équation du temps* la différence qu'il y a chaque jour entre l'heure du soleil et l'heure d'une bonne pendule. On est parvenu à composer des tables qui marquent chaque jour, de combien de secondes l'heure vraie du soleil avance ou retarde sur celle d'une pendule, à midi de chaque jour. C'est ce qu'on appelle les *tables des équations*.

Afin que la différence entre l'heure vraie et l'heure moyenne ne soit pas trop considérable, on ne met plus les pendules d'accord avec le soleil le premier novembre à midi ; mais on les met, ce jour-là, sur 11 heures 43' 50", lorsqu'il est midi au soleil. Par ce moyen la pendule avance quelquefois sur le soleil et quelquefois le soleil avance sur la pendule ; mais aussi l'heure moyenne n'avance jamais sur l'heure vraie que de 14' 39", ce qui arrive vers le 10 février, et ne peut retarder sur l'heure vraie que de 16' 12", vers le 2 ou 3 novembre. Nous donnons, p. 110, cette table d'équation qui est indispensable à toute personne qui veut avoir l'heure juste.

En mettant, comme nous l'avons dit, la pendule à 11 heures 43' 50" lorsqu'il est midi au soleil, il en résulte un autre avantage ; c'est qu'il y a quatre jours de l'année auxquels le temps moyen est d'accord avec le temps vrai. Cela arrive vers le 15 avril, le 16 juin, le 31 août et le 24 décembre. Aussi le temps moyen suit-il une courbe qui a la figure d'un 8 fort allongé et que coupe la ligne du midi vrai en quatre endroits. La lumière qui part du trou de la plaque qui termine l'aiguille, passe deux fois par jour sur l'une des lignes de ce 8 : une fois avant, une fois après midi du soleil ; mais cette courbe ne marque le midi moyen que d'un côté à une saison. Le côté opposé est pour une saison différente.

Si l'on règle une pendule à une méridienne du temps moyen, au moment où la lumière arrive sur la courbe, cette pendule devra toujours suivre le midi sur cette courbe du temps moyen.

Voici maintenant de quelle manière il faut tracer la méridienne du temps moyen : on examine d'abord la table suivante où l'on voit l'ordre naturel des signes du zodiaque tels que le soleil paraît les parcourir par le point de lumière qui part du trou de la plaque. Ensuite après avoir tracé le cadran, il faut penser à placer l'aiguille et choisir pour celle-ci une longueur qui nous permette de tracer la méridienne du temps moyen de toute la longueur de notre plan ; car si l'aiguille est trop courte, il nous reste de la

Signes	Degrés des signes de 3 en 3	Déclinaison du soleil	CORDES		Degrés des signes de 3 en 3	Déclinaison du soleil	CORDES			
			Long. des secondes addit.				Long. des secondes addit.			
Signes méridionaux et ascendants	♈	0°	23 28'	0,4068	45	♉	0°	23 28'	0,4068	45
		3	23 26'	4061	2*		3	23 26'	4061	33
		6	23 20'	4044	20		6	23 20'	4044	50*
		9	23 10'	4018	38		9	23 10'	4018	68
		12	22 55'	3974	51*		12	22 55'	3974	84*
		15	22 37'	3922	71		15	22 37'	3922	100
	♊	18	22 15'	0,3859	86*	♋	18	22 15'	0,3859	115
		21	21 49'	37-6	101		21	21 49'	3786	129
		24	21 20'	3702	115		24	21 20'	3702	142
		27	20 47'	3608	138		27	20 47'	3608	154
		30	20 10'	3502	148		30	20 10'	3502	164
		3	19 31'	0,3394	148		3	19 31'	3394	173
Signes septentrionaux et descendants	♌	6	18 48'	3268	156*	♍	6	18 48'	3268	181
		9	18 2	3136	163*		9	18 2	3136	187
		12	17 13'	2993	169		12	17 13'	2993	191*
		15	16 21'	2845	173		15	16 21'	2845	196
		18	15 27'	0,2688	176		18	15 27'	2688	196
		21	14 31'	2530	177		21	14 31'	2530	196
	♎	24	13 32'	2356	177	♏	24	13 32'	2356	191*
		27	12 32'	2182	176		27	12 32'	2182	192
		30	11 29'	2001	173		30	11 29'	2001	187*
		3	10 25'	0,1816	169		3	10 25'	1816	182
		6	9 19'	1622	161		6	9 19'	1622	175*
		9	8 42'	1430	157*		9	8 42'	1430	168*
Signes méridionaux et descendants	♐	12	7 4'	1233	150	♑	12	7 4'	1233	159
		15	5 55'	1032	142		15	5 55'	1032	139
		18	4 45'	0,0829	133		18	4 45'	08-9	127*
		21	3 34'	0622	123*		21	3 34'	0622	116
		24	2 23'	0416	113		24	2 23'	0416	103
		27	1 12'	0209	102*		27	1 12'	0209	91
	♒	30	0 0'	0000	91	♓	30	0 0'	0,0000	78
		3	4 12'	0,009	80		3	4 12'	0,009	65
		6	2 22'	0416	68*		6	2 22'	0416	52
		9	3 34'	0622	57		9	3 34'	0622	39
		12	4 45'	08-9	46		12	4 45'	08-9	26
		15	5 55'	1032	34*		15	5 55'	1032	14
Signes septentrionaux et ascendants	♈	18	7 4'	0,1433	23	♉	18	7 4'	1433	2
		21	8 12'	1430	13		21	8 12'	1430	9
		24	9 19'	1622	3		24	9 19'	1622	20
		27	10 25'	1816	6		27	10 25'	1816	30
		30	11 29'	2001	15		30	11 29'	2001	39
		3	12 32'	0,2182	22*		3	12 32'	2182	47
	♊	6	13 31'	2356	29*	♋	6	13 31'	2356	54
		9	14 31'	2530	35*		9	14 31'	2530	60*
		12	15 27'	2688	40*		12	15 27'	2688	65*
		15	16 21'	2845	44*		15	16 21'	2845	69
		18	17 13'	0,2993	47*		18	17 13'	2993	72
		21	18 2'	3136	49		21	18 2'	3136	73*
♌	24	18 48'	3268	49*	♍	24	18 48'	3268	74	
	27	19 31'	3394	49		27	19 31'	3394	74	
	30	20 10'	3502	47*		30	20 10'	3502	71	
	3	20 47'	0,3608	45		3	20 47'	3608	68	
	6	21 20'	3702	41		6	21 20'	3702	63*	
	9	21 49'	3786	36		9	21 49'	3786	58*	
Signes méridionaux et descendants	♎	12	22 15'	3859	30*	♏	12	22 15'	3859	52*
		15	22 37'	3922	21		15	22 37'	3922	46
		18	22 55'	0,3974	17		18	22 55'	3974	38*
		21	23 10'	4018	10		21	23 10'	4018	31
		24	23 20'	4044	2		24	23 20'	4044	22*
		27	23 26'	4061	6		27	23 26'	4061	additives
	♐	30	23 28'	4068	14	30	23 28'	4068	additives	

place, si par contraire elle est trop longue, cette place nous manque pour ce que nous avons à faire. Afin donc de trouver la longueur exacte que nous devons donner à l'aiguille, il faut mesurer avec le mètre toute la longueur $C\sigma$ (fig. 34) que nous pouvons donner à la ligne de midi. Nous supposons que cette longueur est de 3 mètres 383 millimètres. Nous supposons aussi la hauteur du pôle de $43^{\circ} 19'$. Nous avons donc à additionner les trois nombres suivants : 1° Le cosinus du complément de la hauteur du pôle augmenté de $23^{\circ} 28'$. Le complément de $43^{\circ} 19'$ est $46^{\circ} 41'$, qui augmenté de

$23^{\circ} 28'$ donne $70^{\circ} 9'$ dont le sinus est	9,53092
2° Logarithme de $3^m 383$ longueur $C\sigma$	0,52937
3° Nombre invariable	0,03749

Le Total 0,09778 est le logarithme de $1^m 252$ millimètres, longueur cherchée de l'aiguille (37).

Nous plaçons l'aiguille dont la longueur est aussi déterminée tout comme nous l'avons expliqué articles 200 à 209.

Remarquons cependant que pour placer l'aiguille, il faut que son extrémité s soit terminée par une pointe très aiguë, mais qu'une fois que la méridienne est finie, cette aiguille doit se terminer par une plaque de tôle percée à son centre d'un trou de 10 à 12 millimètres de large. Nous chargeons donc un bon serrurier de nous confectionner cette aiguille de manière que la plaque puisse s'enlever et ne soit retenue que par des vis ; qu'elle soit placée de telle sorte que le centre du trou de cette plaque arrive très exactement à l'extrémité de la pointe et quand tout est terminé nous enlevons, au moyen d'une lime, la pointe s de l'aiguille, pour laisser le trou de la plaque parfaitement rond.

Lorsque nous avons tracé le cadran et placé l'aiguille, nous prolongeons la ligne du midi et nous traçons aussi fort longuement les lignes du midi moins un quart et du midi un quart comme nous l'avons expliqué à l'article 187 et suivants. Nous marquons ensuite sur la méridienne du temps vrai, les points des parallèles des lignes du zodiaque comme il suit : Nous plaçons une grande équerre, de la précision de laquelle nous sommes certain, de manière qu'une branche suive la ligne de midi, tandis que l'autre arrive à la pointe s de l'extrémité de l'aiguille. Lorsque l'équerre est dans cette situation, nous marquons, à la rencontre des deux branches de l'équerre le point L sur la ligne de midi (figure 34 ou 35), à ce point L nous tirons l'horizontale HR , nous mesurons la distance LS avec le compas ou avec le mètre et nous la portons en LO sur l'horizontale. Du point o comme centre, et avec un rayon d'un

décimètre (1) nous décrivons l'arc PIX (fig. 34). Au moyen de la table des cordes nous tirons la ligne SB ou OB de manière à ce qu'elle fasse avec la ligne LO un angle BOL ou BSL égal au complément de la hauteur du pôle sur l'horizon du lieu (2) le point B marqué sur la méridienne est celui du Bélier Υ et de la Balance ζ la ligne OB traverse l'arc px en un point i . Nous ouvrons ensuite le compas de 0,4068 qui est la corde de $23^{\circ} 28'$, déclinaison du soleil au premier degré du Capricorne X et au premier degré de l'Ecrevisse σ et posant une pointe sur le point i l'autre pointe arrive sur l'arc en Capricorne X d'un côté et en Ecrevisse σ de l'autre. Ouvrant ensuite le compas de 0,3502 qui est la corde $20^{\circ} 10'$ déclinaison du Verseau \sim et du Sagitaire \rightarrow (voir la table), nous en plaçons une pointe sur le point i et avec l'autre pointe nous marquons l'arc en dessus vers la partie ip et en dessous vers la partie ix et nous obtenons ainsi sur l'arc pix les deux points sur lesquels devront passer les lignes $\sim o$ ou $\rightarrow o$ d'une part et $H \Omega o$ de l'autre. Ouvrant encore le même compas de 0,2001 corde de $11^{\circ} 29'$ déclinaison des Poissons M et du Scorpion η d'une part et du Taureau Y et de la Vierge ν de l'autre nous en plaçons une pointe sur le point i et nous marquons en dessous l'arc pix et nous obtenons encore le point de l'arc sur lequel doit passer la ligne $\text{M} \eta o$ d'une part et $\text{Y} \nu o$ de l'autre. Prenant ensuite successivement avec le compas toutes les cordes des degrés spécifiés dans la table précédente, dans la colonne des cordes, nous plaçons chaque fois une pointe du compas sur le point i et portant l'autre également à droite et à gauche sur l'arc de cercle nous obtenons d'un côté, le point par lequel doit passer la ligne droite qui, du point o ou s ira aboutir sur la méridienne au degré du signe dont il s'agit et de l'autre côté, au point qui conduit au degré du signe correspondant.

Nous trouvons ainsi sur la méridienne non seulement tous les signes du zodiaque, mais encore leurs degrés de trois en trois.

Pour ne pas trop compliquer les figures 34, 35, et 36 nous n'avons marqué que les signes. On marquera de la même manière tous les degrés des signes de 3 en 3 degrés.

Lorsque tous les signes sont marqués sur la ligne de midi avec leurs degrés de trois en trois, si le plan ne décline pas, à tous les

(1) Il va sans dire que plus le rayon sera grand, plus l'opération sera juste ; si donc le plan est assez considérable, il faut se servir d'un rayon d'un mètre.

(2) Si la hauteur du pôle est $43^{\circ} 19'$, le complément de cette hauteur sera $46^{\circ} 41'$ dont la corde est 0,7925.

points de ces signes et de leurs degrés, nous élevons, à l'aide de l'équerre, des perpendiculaires sur la méridienne ; ces perpendiculaires doivent aller aboutir d'un côté, à la ligne de midi moins un quart et de l'autre, à celle de midi un quart.

Si, au contraire, le plan décline, il faut prolonger, au crayon les deux lignes de midi moins un quart et de midi un quart jusqu'au point *c*, et se comporter d'abord pour la ligne de midi moins un quart comme on l'a fait pour la ligne de midi ; c'est-à-dire il faut faire courir sur cette ligne de midi moins un quart une grande équerre, de manière qu'une des branches de cette équerre suive la ligne de midi moins un quart jusqu'à ce que l'autre arrive à la pointe *s* de l'aiguille. Lorsque l'équerre est dans cette situation, on marque, à la rencontre des deux branches, le point *m* sur la ligne *emc* (fig. 34 ou 35), à ce point *m* on élève une perpendiculaire *mo'* sur *ec* et, mesurant avec le compas la distance du point *m* jusqu'à la pointe *s* de l'extrémité du style, nous transportons cette distance *ms* sur la perpendiculaire du point *m* jusqu'à *o'*, ce qui nous donne un nouveau centre diviseur *o'* pour la ligne *ce*. Nous faisons de nouveau sur cette ligne *cmē* et de ce centre diviseur *o'* toutes les opérations que nous avons faites pour la ligne de midi et nous trouvons ainsi les points de tous les signes et de leurs degrés de trois en trois sur la ligne de midi moins un quart.

Nous agissons de même pour la ligne de midi et quart, c'est-à-dire que nous trouvons avec l'équerre le point *n* ; nous élevons à ce point la perpendiculaire *no''* sur *cn* ; la distance *ns* nous donne la distance de *n* à *o''* et *o''* est le troisième centre diviseur sur lequel nous opérons pour la ligne de midi et quart, comme nous l'avons fait pour les deux autres et nous atteindrons ainsi sur les trois lignes, non seulement les signes, mais encore leurs degrés de trois en trois. Nous réunissons tous et chacun de ces degrés avec leurs correspondants respectifs, c'est-à-dire les trois points des signes entre eux ; les trois points des 3^{mes} degrés entre eux aussi, etc, au moyen d'une règle flexible qui nous permette de réunir ces trois points suivant une courbe. Les courbes des signes sont tracées au pinceau et les lignes de leur degrés, au crayon.

Il est évident que si nous tracions les divers points des signes et de leurs degrés comme nous venons de l'indiquer, le plan se couvrirait d'une multitude de signes inutiles au milieu desquels il serait très difficile de se reconnaître. Voici donc ce qu'il faut faire pour abrégér les opérations.

Sur un carré de fer blanc ou de tout autre métal, nous décrivons l'angle *poi* (fig. 34) égal au complément de la hauteur du pôle sur l'horizon du lieu ; puis les angles *io* \propto et *io* \ominus de 23° 28' etc. tout comme dans la figure 34. Puis quand tous les angles sont

tracés sur ce carré de fer blanc, nous le portons sur le plan de manière que la ligne *po* de la plaque soit bien sur l'horizontale *po* et le centre *o*. de la plaque sur le centre *o* du plan. Puis, au moyen d'un fil qui part du centre *o* ou d'une règle qui, partant aussi du centre *o* est placée tour à tour sur les points des signes et sur leurs degrés respectifs, nous marquons sur la méridienne tous les points qu'il s'agit d'y tracer. Plaçant ensuite le même carré de fer blanc de manière que le centre diviseur *o* de la plaque soit exactement sur le centre diviseur *o'* du plan et la ligne *po* de la plaque sur la ligne *mo'*, nous marquons de la même façon tous les points nécessaires sur la ligne de midi moins un quart. Plaçant ensuite la même plaque de telle sorte que son centre diviseur *o* se trouve sur le centre diviseur *o''* du plan, et la ligne *po* de la plaque sur la ligne *no''* nous traçons tous les points nécessaires sur la ligne de midi et quart.

Ce dernier procédé est aussi juste qu'expéditif, mais il demande ordinairement le concours de deux personnes, l'une pour tenir la plaque solidement à sa position, l'autre pour marquer les points utiles sur les lignes de midi, de midi moins un quart et de midi et quart. De plus, ce carré de fer blanc peut servir pour toutes les méridiennes du temps moyen que l'on aurait besoin de tracer sous la même latitude.

Lorsque tous les points sont trouvés et qu'ils sont tous réunis de trois en trois par des courbes, comme nous l'avons dit ci-dessus nous écrivons les lignes du zodiaque dans l'ordre suivant : (voir les figures 34, 35 et 36).

Nous commençons, si nous voulons, par le Bélier \propto que nous plaçons à la gauche ou au couchant de la méridienne et nous indiquons ses degrés au crayon 3, 6, 9, 12 etc en descendant. Ensuite vient le Taureau \mathcal{T} du même côté, en descendant. Ensuite les Gémeaux, \mathcal{H} dont le dernier degré se trouve au bout inférieur de la méridienne, de même que le premier degré du Cancer \mathcal{C} et la suite du cancer 3, 6, 9, 12 etc. va en montant de l'autre côté de la méridienne, qui est le côté du levant. Après le Cancer \mathcal{C} vient toujours en montant et du côté du levant le Lion, \mathcal{L} et ensuite la Vierge \mathcal{V} après la Vierge \mathcal{V} la Balance, \mathcal{B} toujours du même côté du levant et en montant ; ensuite le Scorpion, \mathcal{S} le Sagittaire, \mathcal{A} dont le dernier degré se trouve tout à fait au bout supérieur de la méridienne, de même que le premier degré du Capricorne, \mathcal{C} dont la suite va en descendant du côté du couchant. Ensuite le Verseau \mathcal{V} et enfin les Poissons \mathcal{P} , dont le dernier degré est aussi le premier du Bélier \propto . Cet ordre se voit d'ailleurs dans la table de la page 101.

Lorsque une fois on a marqué sur les trois lignes de midi, midi moins un quart et midi un quart, les points des degrés des signes et les perpendiculaires ou les courbes qui doivent réunir ces divers points de 3 en 3, c'est le moment de marquer sur ces courbes les points où se terminent les équations.

Pour cela, nous devons remarquer que les équations qui, dans la table précédente, sont marquées comme *additives*, se placent toujours du côté du couchant de la ligne de midi, ou entre la ligne de midi et celle de 11 heures $3/4$ et les équations *soustractives* se posent au levant de la ligne de midi, entre la méridienne et la ligne de midi et quart. Nous remarquons encore que la distance qui existe entre la ligne de 11 heures $3/4$ et celle de midi, ou entre celle de midi et celle de midi et quart est toujours divisée en 180 parties et que dans la quatrième colonne de la table précédente, en tête de laquelle se trouvent les mots cinquièmes des secondes, il y a le nombre des parties qu'il faut prendre et porter sur chaque courbe. Nous observons aussi que, quoique cette distance d'un quart d'heure avant ou après midi, ou soit les courbes qui mesurent cette distance, soit toujours divisée en 180 parties égales, elles ne sont pas cependant d'égale longueur, puisque en certains endroits ces lignes d'un quart d'heure sont courtes et en d'autres, un peu plus longues. Tout cela étant compris, voici de quelle manière on doit s'y prendre : Nous supposons que nous voulions commencer au 1^{er} degré du Bélier Υ dont l'équation est additive et de 91 ; nous ouvrons le compas de toute la longueur $m\Upsilon$ de la ligne de midi au point m (fig. 36) jusqu'à la ligne de midi moins un quart, au point Υ et prenant ensuite le *compas de proportion*, nous l'ouvrons de manière que les deux points des parties égales marqués des chiffres 180, 180 arrivent sur chaque pointe du compas ordinaire, ouvert comme nous venons de le dire. Le *compas de proportion* restant ainsi ouvert, nous fermons le compas ordinaire, jusqu'à ce que ses deux pointes arrivent sur les deux points marqués 91, 91 des parties égales ; nous portons cette ouverture de compas du point m sur l'arc $m\Upsilon$ et le point où arrive l'autre pointe est l'endroit où doit passer la courbe du temps moyen. (La fig. 37 représente un compas de proportion).

Si nous voulons marquer l'équation au 3^{me} degré du Bélier Υ , nous remarquons dans la table ci-devant que cette équation est aussi additive et de 80. Nous ouvrons le compas ordinaire de toute la distance de la ligne de midi à la ligne de midi moins un quart à l'arc du 3^{me} degré du Bélier Υ et nous ouvrons le *compas de proportion* de manière que les deux pointes du compas ordi-

naire restant ouvert, comme nous l'avons dit, arrivent aux deux points des parties égales marqués 180, 180. Le compas de proportion restant ainsi ouvert, nous fermons le compas ordinaire de manière que les deux pointes arrivent sur les points des parties égales marqués 80, 80 et nous portons cette ouverture sur l'arc du 3^{me} degré du Bélier à partir de la méridienne ; l'autre pointe du compas marque aussi l'endroit où doit passer la courbe du temps moyen. Nous continuons ainsi de suite jusqu'à ce que nous arrivions aux équations soustractives. Ces équations soustractives s'écrivent de la même manière, mais du côté opposé de la méridienne, c'est-à-dire, entre la ligne de midi et celle de midi et quart.

Quelque utile que puisse être le compas de proportion, quelque nombreux que soient ses usages, tout le monde n'en a pas en sa possession et les ouvriers principalement ne savent que très rarement s'en servir, même pour ce que nous venons d'indiquer. Voici donc une autre méthode : Pour marquer les équations sur les divers arcs des signes nous prenons une ouverture de compas égale à l'arc Υe la plus petite distance d'un quart d'heure (fig. 36) et nous la portons à part en Υe (fig. 38). Nous faisons à quelque distance de Υe la ligne rg égale à la plus grande distance d'un quart d'heure rg (fig. 36) et nous réunissons er Υg (fig. 38). Nous partageons ensuite $e\Upsilon$ et eg chacun en 18 parties égales. Chacune de ces divisions vaut 10 parties égales. Nous joignons ces points de divisions et nous tirons de distance en distance les parallèles ab , cd , ef , etc.

Lors donc que nous avons à marquer les équations sur les arcs des signes, nous ouvrons le compas de toute la longueur de l'arc, depuis le point où il coupe la ligne de midi, jusqu'à l'une des extrémités de cet arc et nous portons cette ouverture sur la figure dans le sens des parallèles, pour savoir à quel endroit il faut prendre ces divisions. S'il faut marquer l'équation 91 sur la ligne $m\Upsilon$, nous ouvrons le compas de la longueur de l'arc $m\Upsilon$, et le portant sur la figure, nous nous apercevons que nous devons prendre et compter les divisions entre les parallèles $e\Upsilon$ et ab . Nous ouvrons donc le compas de 9 de ces divisions, prises à l'endroit susdit et nous les portons sur l'arc $m\Upsilon$ à partir du point m etc.

Remarquons que lorsqu'on se sert de la figure 38, il faut toujours négliger le dernier chiffre de l'équation et dire 9 au lieu de 91, et 8 au lieu de 80, etc. Le dernier chiffre indique des dixièmes de divisions sus mentionnées. Tous ces points des équations étant marqués sur les arcs des signes, nous les joignons les uns aux autres au moyen d'une règle mince que nous faisons fléchir suivant le besoin et nous formons ainsi peu à peu la ligne courbe qui ressemble à un 8 fort allongé. Pour terminer la méridienne

nous marquons tout autour les mois de l'année comme on le voit dans la figure. Nous plaçons le mot *mars* de façon que la première lettre soit entre le 9° et le 12° degré des poissons ♉ du côté du couchant de la méridienne en descendant. Le mot *avril* se place du même côté et en descendant, entre le 9° et le 12° degré du Bélier ♈. Nous plaçons le mot *mai* du côté du levant de la méridienne et sa première lettre entre le 9° et le 12° degré du Taureau ♉, toujours en descendant. La première lettre du mot *juin* se place aussi du côté du levant en descendant et entre le 9° et le 12° degré des Gémeaux ♊. Le mot *juillet* se place du côté du couchant et en montant, en sorte que sa première lettre soit entre le 9° et le 12° degré de l'Écrevisse ♋. Le mot *août* du côté du couchant en montant de manière que la première lettre soit au 9° degré du Lion ♌. Le mot *septembre* du côté du levant entre le 9° et le 12° degré de la Vierge ♍. Le mot *octobre* du côté du levant en montant entre le 9° et le 12° degré de la Balance ♎. Le mot *novembre* du côté du levant en montant entre le 9° et le 12° degré du Scorpion ♏. Le mot *décembre* se pose du côté du levant en montant et sa première lettre au 9° degré du Sagittaire ♐. Le mot *janvier* se place du côté du couchant en descendant et sa première lettre entre le 9° et le 12° degré du Capricorne ♑. Le mot *février* se place entre le 9° et le 12° degré du Verseau ♒.

Lorsque tout est terminé nous effaçons les arcs des degrés des signes et les numéros dont nous les avons marqués, pour ne laisser que les mois et les signes, comme nous l'avons fait dans la figure qui nous a servi pour la démonstration.

Si la méridienne n'est pas assez grande, pour nous permettre d'écrire en entier le mot du mois, nous l'écrivons en abrégé. La petitesse de notre format nous ayant empêché de marquer, sur nos figures, tous les arcs des signes de trois en trois degrés, nous sommes borné à les marquer aux endroits où ils sont le moins serrés entre eux; mais le lecteur intelligent suppléera facilement à ce qui leur manque, comme il suppléera à la clarté de nos explications, si elles laissent quelque chose à désirer sous ce rapport.

DEVICES A ÉCRIRE SUR LES CADRANS

{ *Hoc monstrante diem radiis dimetior æquis*
 { *Horaque festinum strenua rapiat iter.*
Superni luminis ductu — Cuique suum metitur —
Labitur occulte, fallitque volatilis atas (Ovide).
Tempora labuntur tacitisque senescimus annis.
 { *Itque reditque viam constans quam suspicis umbra*
 { *Umbra fugax homines non reditura sumus.*
Volat irrevocabilis — Suprema metitur — Sua quemque latet —
Sol me vos umbra (regit) — Vulnerant omnes ultima necat.
Umbras umbra regit, pulvis et umbra sumus.
Quota sit hora petis, dum petis ipsa fugit.
Flos brevis, umbra fugax, bulla caduca sumus.
Pereunt et imputantur — Ultima multis forsan tibi.
Sic transit gloria mundi — Hæc que vita placet transit ut aura
levis. — Quid aspicias? fugit. —

Provençal

Badaou saï toun camin, l'houro passo.
Passan, et tu passaras.
Aquesto es estado sachó eici.

Pour une Méridienne du temps moyen

{ *Indigitat verum mediumque foramine tempus*
 { *Ac umbra jaculi certam delineat horam.*

TABLE D'ÉQUATION INDISPENSABLE A TOUTE

quant. du mois	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN
	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.
1	12 3 50	12 13 53	12 12 37	12 4 0	11 56 58	11 57 26
2	12 4 18	12 14 1	12 12 25	12 3 42	11 56 51	11 57 35
3	12 4 46	12 14 8	12 12 12	12 3 24	11 56 44	11 57 43
4	12 5 13	12 14 13	12 11 59	12 3 6	11 56 37	11 57 55
5	12 5 41	12 14 19	12 11 45	12 2 48	11 56 31	11 58 5
6	12 6 7	12 14 23	12 11 31	12 2 30	11 56 26	11 58 13
7	12 6 33	12 14 26	12 11 17	12 2 13	11 56 22	11 58 26
8	12 6 59	12 14 29	12 11 2	12 1 56	11 56 17	11 58 37
9	12 7 24	12 14 30	12 10 47	12 1 39	11 56 14	11 58 48
10	12 7 48	12 14 31	12 10 31	12 1 22	11 56 11	11 59 0
11	12 8 12	12 14 32	12 10 15	12 1 5	11 56 8	11 59 12
12	12 8 36	12 14 31	12 9 59	12 0 49	11 56 6	11 59 24
13	12 8 58	12 14 30	12 9 42	12 0 33	11 56 5	11 59 36
14	12 9 21	12 14 28	12 9 26	12 0 18	11 56 4	11 59 48
15	12 9 42	12 14 25	12 9 8	12 0 3	11 56 4	12 0 1
16	12 10 3	12 14 21	12 8 31	11 59 48	11 56 5	12 0 14
17	12 10 23	12 14 17	12 8 34	11 59 33	11 56 6	12 0 27
18	12 10 42	12 14 12	12 8 16	11 59 19	11 56 8	12 0 40
19	12 11 1	12 14 7	12 7 58	11 59 6	11 56 10	12 0 53
20	12 11 19	12 14 0	12 7 40	11 58 52	11 56 13	12 1 6
21	12 11 36	12 13 53	12 7 22	11 58 40	11 56 16	12 1 19
22	12 11 52	12 13 46	12 7 4	11 58 27	11 56 20	12 1 32
23	12 12 8	12 13 38	12 6 45	11 58 15	11 56 24	12 1 45
24	12 12 23	12 13 29	12 6 27	11 58 4	11 56 29	12 1 58
25	12 12 37	12 13 20	12 6 8	11 57 53	11 56 35	12 2 11
26	12 12 51	12 13 10	12 5 50	11 57 43	11 56 41	12 2 23
27	12 13 3	12 12 59	12 5 32	11 57 33	11 56 47	12 2 36
28	12 13 15	12 12 48	12 5 13	11 57 23	11 56 54	12 2 49
29	12 13 26		12 4 55	11 57 14	11 57 2	12 3 1
30	12 13 36		12 4 36	11 57 6	11 57 9	12 3 13
31	12 13 45		12 4 18		11 57 18	

Au midi solaire, une montre bien réglée, marque :

PERSONNE QUI DOIT AVOIR L'HEURE JUSTE

JUILLET	AOUT	SEPTEMB.	OCTOBRE	NOVEMBR	DÉCEMBR
h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.
12 3 25	12 6 2	11 59 56	11 49 44	11 43 44	11 49 12
12 3 36	12 5 39	11 59 37	11 49 25	11 43 43	11 49 33
12 3 47	12 5 54	11 59 18	11 49 7	11 43 43	11 49 58
12 3 58	12 5 49	11 58 58	11 48 48	11 43 43	11 50 22
12 4 9	12 5 44	11 58 39	11 48 30	11 43 44	11 50 47
12 4 19	12 5 38	11 58 19	11 48 12	11 43 47	11 51 12
12 4 29	12 5 31	11 57 58	11 47 55	11 43 50	11 51 38
12 4 39	12 5 24	11 57 38	11 47 38	11 43 53	11 52 4
12 4 48	12 5 16	11 57 18	11 47 22	11 43 58	11 52 31
12 4 56	12 5 7	11 56 57	11 47 6	11 44 4	11 52 58
12 5 5	12 4 58	11 56 36	11 46 50	11 44 10	11 53 25
12 5 12	12 4 49	11 56 15	11 46 35	11 44 18	11 53 53
12 5 20	12 4 39	11 55 54	11 46 21	11 44 26	11 54 22
12 5 27	12 4 28	11 55 33	11 46 7	11 44 35	11 54 50
12 5 34	12 4 17	11 55 12	11 45 53	11 44 45	11 55 19
12 5 40	12 4 5	11 54 51	11 45 41	11 44 55	11 55 49
12 5 45	12 3 53	11 54 30	11 45 28	11 45 7	11 56 18
12 5 51	12 3 40	11 54 9	11 45 17	11 45 20	11 56 48
12 5 55	12 3 27	11 53 48	11 45 6	11 45 33	11 57 18
12 5 59	12 3 13	11 53 27	11 44 53	11 45 47	11 57 48
12 6 3	12 2 59	11 53 6	11 44 46	12 46 2	11 58 18
12 6 6	12 2 45	11 52 45	11 44 36	11 46 18	11 58 48
12 6 8	12 2 30	11 52 25	11 44 28	11 46 34	11 59 18
12 6 10	12 2 14	11 52 4	11 44 20	11 46 51	11 59 48
12 6 11	12 1 58	11 51 44	11 44 13	11 47 9	12 0 18
12 6 12	12 1 42	11 51 23	11 44 7	11 47 28	12 0 48
12 6 12	12 1 25	11 51 3	11 44 4	11 47 47	12 1 17
12 6 11	12 1 8	11 50 43	11 43 56	11 48 8	12 1 47
12 6 10	12 0 50	11 50 23	11 43 52	11 48 28	12 2 16
12 6 8	12 0 33	11 50 4	11 43 49	11 48 50	12 2 45
12 6 6	12 0 14		11 43 46		12 3 14

Hauteur du Pôle des VILLES et VILLAGES du VAR prises sur la Carte de l'Etat-Major.
 (Sur ces cartes la hauteur du pôle, en degrés, est marquée, de minute en minute, aux derniers filets de l'encadrement de droite et de gauche. Dans l'avant-dernier filet de droite et de gauche, la hauteur du pôle y est marquée en grades et centigrades, ce qui est inutile pour nous).

LOCALITÉS		Degrés	Minut.	LOCALITÉS		Degrés	Minut.
Ampus		43	37	Monferrat		43	37
Arcs-sur-Argens (Les)		43	28	Montfort-sur-Argens		43	28
Aups		43	38	Montmeyan		43	39
Bargemon		43	37	Motte (La)		43	30
Barjols		43	33	Muy (Le)		43	28
Belgentier		43	15	Neoules		43	19
Besse-sur-Issole		43	21	Pierrefeu		43	14
Bormes		43	9	Pignans		43	18
Bras		43	28	Plan-de-la-Tour (Le)		43	20
Brignoles		43	24	Pontevès		43	23
Brue-Auriac		43	32	Pguet-de-Fréjus (Le)		43	28
Cabasse		43	26	Puget-Ville		43	18
Callas		43	36	Ramatuelle		43	13
Camps		43	23	Régusse		43	39
Cannet (Le)		43	24	Revest (Le)		43	11
Carcès		43	29	Rocbaron		43	18
Carnoules		43	18	Roquebrune		43	27
Celle (La)		43	24	Roquebrussane		43	20
Châteaudouble		43	36	Salernes		43	34
Châteauvert		43	30	Salins-d'Hyères (Les)		43	5
Claviers		43	36	Seillans		43	38
Cogolin		43	15	Seillons		43	30
Collobrières		43	14	Seyne (La)		43	6
Correns		43	29	Sillans		43	34
Cotignac		43	32	Six-Fours		43	6
Crau (La)		43	9	Solliès-Farède		43	10
Cuers		43	14	Solliès-Pont		43	11
Draguignan		43	32	Solliès-Toucas		43	12
Entrecasteaux		43	31	Solliès-Ville		43	11
Fayence		43	37	Sainte-Anastasie		43	20
Figanières		43	34	Sainte-Maxime		43	18
Flassans		43	22	Saint-Paul-de-Fayence		43	34
Flayosc		43	32	Saint-Tropez		43	16
Forcalqueiret		43	20	Saint-Mandrier		43	5
Fox-Amphoux		43	35	Taradeau		43	27
Garde (La) près Toulon		43	7	Tavernes		43	36
Garde-Fréinet (La)		43	19	Thoronet (Le)		43	27
Gareoult		43	20	Toulon		43	7
Gassin		43	14	Tourrettes		43	37
Gonfaron		43	19	Tourtour		43	35
Grimaud		43	17	Tourvés		43	24
Hyères		43	7	Trans		43	30
Lavandou		43	8	Val (Le)		43	26
Lorgues		43	30	Vallette (La)		43	8
Luc (Le)		43	24	Varages		43	36
Mayons-du-Luc (Les)		43	19	Verdière (La)		43	38
Mazaugues		43	21	Vérignon		43	39
Méounes		43	17	Vidauban		43	26
Moissac		43	39	Villecroze		43	35
Mole (La)		43	13	Vins		43	26

Hauteur du Pôle, en degrés et en minutes, de quelques autres villages du Var, prise sur les cartes de l'Etat-Major

LOCALITÉS	Degrés	Minut.	LOCALITÉS	Degrés	Minut.
Antibes	43	35	Châteauvieux	43	47
Aiguines	43	47	Comps	43	43
Artignosc	43	42	Fréjus	43	26
Bagnols	43	33	Maître (la)	43	46
Bargème	43	44	Montauroux	43	37
Baudinard	43	43	Roque-sclapon (la)	43	43
Bauduen	43	44	Salles (les)	43	46
Bastide (la)	43	44	Séranon	43	47
Bourguet (le)	43	47	Saint-Raphaël	43	26
Brenon	43	46	Tourrettes	43	37
Brovès	43	41	Tanneron	43	34
Callian	43	37	Trigance	43	46
Cannes	43	33	Val-de-Roure (le)	43	48

TABLE DES CORDES

DE MINUTE EN MINUTE

POUR TOUS LES DEGRÉS DU QUART-DE-CERCLE

REMARQUE SUR LA TABLE DES CORDES

Outre les explications que nous avons données aux pages 24, 25 et 26, il faut encore observer que, pour économiser les chiffres, on n'a mis, dans la table suivante, que la partie variable des nombres ou des cordes, pour ne pas répéter sans cesse la partie du nombre qui reste invariable presque tout le long de la colonne. Ainsi, en cherchant la corde de 4° 8' on ne trouve que 21, mais en remontant jusque vers le haut de la même colonne on trouve 0,07. ce qui étant ajouté aux 21 trouvés donnera, pour la corde de 4° 8', 0,0721. De même si l'on cherche la corde de 14° 25', on trouve 10 pour la partie variable de la corde; mais en regardant dans la même colonne, un peu au-dessus, on trouve le nombre 0,25 qui, ajouté au nombre 10, donnera 0,2510 pour la corde de 14° 25'.

TABLE DES CORDES.

Minut	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Degré	Degré.	Degrés.	Degrés.	Degrés.	Degrés.	Degrés.	Degrés.	Degrés.
0	0,0000	0,0175	0,0349	0,0524	0,0698	0,0872	0,1047	0,1221	0,1395
1	0,0003	77	52	26	0,0701	75	50	24	98
2	6	80	55	29	04	78	52	27	0,1401
3	9	83	58	32	07	81	55	30	04
4	0,0012	86	61	35	10	84	58	33	07
5	15	89	64	38	13	87	61	35	10
6	17	92	66	41	15	90	64	38	13
7	20	95	69	44	18	93	66	41	16
8	23	98	72	47	21	96	70	44	18
9	26	0,0201	75	50	24	99	73	47	21
10	29	04	78	53	27	0,0901	75	50	24
11	32	07	81	56	30	04	78	53	27
12	35	09	84	58	33	07	82	56	30
13	38	12	87	61	36	10	85	59	33
14	41	15	90	64	39	13	87	62	36
15	44	18	93	67	42	16	90	65	39
16	47	21	96	70	45	19	93	67	42
17	49	24	99	73	47	22	96	70	45
18	52	27	0,0401	76	50	25	98	73	47
19	55	30	04	79	53	28	0,1102	75	50
20	58	33	07	82	56	31	05	79	53
21	61	36	10	85	59	33	07	82	56
22	64	39	13	88	62	36	11	85	59
23	67	41	16	90	65	39	14	88	62
24	70	44	19	93	68	42	16	91	65
25	73	47	22	96	71	45	19	94	68
26	76	50	25	99	74	48	22	96	71
27	79	53	28	0,0602	76	51	25	99	74
28	81	56	30	05	79	54	27	0,1302	76
29	84	59	33	08	82	57	31	05	79
30	87	0,0202	36	11	85	60	34	08	82
31	90	65	39	14	88	62	37	11	85
32	93	68	42	17	91	65	40	14	88
33	96	71	45	19	94	68	43	17	91
34	99	73	48	22	97	71	46	20	94
35	0,0102	76	51	25	0,0800	74	48	23	97
36	105	79	54	28	03	77	51	26	0,1500
37	108	82	57	31	06	80	54	28	03
38	111	85	60	34	08	83	57	31	06
39	113	88	63	37	11	86	60	34	08
40	116	91	65	40	14	89	63	37	11
41	119	94	68	43	17	92	66	40	14
42	122	97	71	46	20	94	69	43	17
43	125	0,0300	74	49	23	97	72	46	20
44	128	03	77	51	26	0,1000	75	49	23
45	131	06	80	54	29	03	77	52	26
46	134	09	83	57	32	06	80	55	28
47	137	11	86	60	35	09	83	57	31
48	140	14	89	63	38	12	86	60	34
49	143	17	92	66	40	15	89	63	37
50	145	20	94	69	43	18	92	66	40
51	148	23	97	72	46	21	95	69	43
52	151	26	0,0500	75	49	23	98	72	46
53	154	29	03	78	52	26	0,1201	75	49
54	157	32	06	81	55	29	04	78	52
55	160	35	09	83	58	32	07	81	55
56	163	37	12	86	61	35	09	84	58
57	166	40	15	89	64	38	12	87	60
58	169	43	18	92	67	41	15	89	63
59	172	46	21	95	69	44	18	92	66
60	175	49	24	98	72	47	21	95	69

TABLE DES CORDES.

Minut.	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Degrés.	Degrés.	Degrés.	Degrés.	Degrés.	Degrés.	Degrés.	Degrés.	Degrés.
0	0,1569	0,1743	0,1917	0,2091	0,2264	0,2437	0,2611	0,2783	0,2956
1	72	46	20	94	67	40	14	86	59
2	75	49	23	96	70	43	17	89	62
3	78	52	26	99	73	46	19	92	65
4	81	55	28	0,2102	75	49	22	95	68
5	84	58	31	05	78	52	25	98	71
6	86	61	34	08	81	55	28	0,2801	74
7	89	64	37	11	84	58	31	04	77
8	92	66	40	14	87	60	34	08	79
9	95	69	43	16	90	63	36	09	82
10	98	72	46	19	93	66	39	12	85
11	0,1601	75	49	22	96	69	42	15	88
12	04	78	52	25	99	72	45	18	91
13	07	81	55	28	0,2302	75	47	21	95
14	10	84	57	31	05	78	51	24	97
15	13	86	60	34	07	81	54	27	99
16	16	89	63	37	10	84	57	30	0,3002
17	18	92	66	40	13	87	60	33	05
18	21	95	69	43	16	89	63	36	08
19	24	98	72	45	19	92	66	39	11
20	27	0,1801	75	48	22	95	68	41	14
21	30	04	78	51	25	98	71	44	17
22	33	07	81	54	28	0,2501	74	47	20
23	36	10	84	57	31	01	77	50	22
24	39	13	86	60	34	07	80	53	25
25	42	16	89	63	36	10	83	56	28
26	45	18	92	66	39	13	85	59	31
27	47	21	95	69	42	16	88	61	34
28	50	24	97	72	45	18	91	64	37
29	53	27	0,2001	75	48	21	94	67	40
30	56	30	04	78	51	24	97	70	42
31	59	33	07	80	54	27	0,2700	73	44
32	62	36	10	83	56	30	03	76	46
33	65	39	13	86	59	33	06	79	48
34	68	42	16	89	62	36	08	81	51
35	71	45	18	92	65	39	11	84	54
36	74	47	21	95	68	41	14	87	57
37	77	50	24	97	71	44	16	90	60
38	79	53	27	0,2200	74	47	20	93	63
39	82	56	30	03	77	50	23	96	65
40	85	59	33	06	80	53	26	99	68
41	88	62	35	09	83	56	28	0,2502	71
42	91	65	38	12	86	59	32	05	74
43	94	68	41	15	88	61	35	07	77
44	97	71	44	18	91	64	37	10	80
45	0,1700	74	47	21	94	67	40	13	83
46	03	76	50	24	97	70	43	16	87
47	06	79	53	26	0,2400	73	46	19	89
48	08	82	56	29	03	76	49	22	91
49	11	85	59	32	06	79	52	25	94
50	14	88	62	35	08	82	55	27	97
51	17	91	65	38	11	85	57	30	0,3100
52	20	94	67	41	14	88	60	33	03
53	23	97	70	44	17	90	63	37	06
54	26	0,1900	73	47	20	93	66	40	09
55	29	03	76	50	23	96	69	42	11
56	32	05	79	53	26	99	72	45	14
57	35	08	82	56	29	0,2602	75	47	17
58	37	11	85	58	32	05	78	50	20
59	40	14	88	61	35	08	81	53	23
60	43	17	91	64	38	11	83	56	26

Minut.	18 Degrés.	19 Degrés.	20 Degrés.	21 Degrés.	22 Degrés.	23 Degrés.	24 Degrés.	25 Degrés.	26 Degrés.
0	0,3129	0,3304	0,3473	0,3643	0,3816	0,3987	0,4159	0,4329	0,4499
1	32	04	75	47	19	90	61	32	0,4502
2	35	07	79	50	22	93	64	35	05
3	38	10	82	53	25	96	67	37	08
4	40	13	85	56	27	99	70	40	10
5	43	16	87	59	30	0,4002	73	43	13
6	46	19	90	62	33	03	76	46	16
7	49	22	93	65	36	07	78	49	19
8	52	24	96	68	39	10	81	52	22
9	55	26	99	70	42	13	84	55	25
10	58	30	0,3502	73	45	16	87	58	27
11	60	33	05	76	47	19	90	60	30
12	63	36	07	79	50	22	93	63	33
13	66	39	10	82	53	25	96	66	36
14	69	41	13	85	56	27	98	69	39
15	72	44	16	88	59	30	0,4201	71	42
16	75	47	19	90	62	33	04	74	45
17	78	50	22	93	65	36	07	77	47
18	80	53	25	96	68	39	10	80	50
19	83	56	27	99	70	42	12	83	53
20	86	59	30	0,3702	73	45	15	86	56
21	89	61	33	05	76	47	18	89	59
22	92	64	36	08	79	50	21	91	61
23	95	67	39	10	82	53	24	94	64
24	98	70	42	13	85	56	27	97	67
25	0,3200	73	45	16	87	59	29	0,4400	70
26	03	76	47	19	90	61	32	03	73
27	06	79	50	22	93	64	35	06	76
28	09	81	53	25	96	67	38	09	79
29	12	84	56	27	99	70	41	11	81
30	15	87	59	30	0,3902	73	44	14	84
31	18	90	62	33	05	76	47	17	87
32	21	93	65	36	07	79	49	20	90
33	24	96	67	39	10	81	52	23	93
34	26	99	70	43	13	84	55	26	96
35	29	0,3401	73	46	16	87	58	30	99
36	32	04	76	48	19	90	61	31	0,4601
37	35	07	79	50	22	93	64	34	04
38	38	10	82	53	24	96	67	36	06
39	41	13	85	56	27	98	69	39	09
40	44	16	87	59	30	0,4101	72	42	12
41	46	19	90	62	33	04	75	45	15
42	49	21	93	65	36	07	77	48	18
43	52	24	96	67	39	10	80	51	21
44	55	27	99	70	42	13	83	54	24
45	58	30	0,3602	73	45	16	86	57	27
46	61	33	05	76	17	19	89	59	29
47	63	36	07	79	50	21	92	62	32
48	66	39	10	82	53	24	95	65	35
49	69	41	13	85	56	27	97	68	38
50	72	44	16	87	59	30	0,4300	71	41
51	75	47	19	90	62	33	02	74	44
52	78	50	22	93	65	36	06	76	47
53	81	53	25	96	67	39	09	79	49
54	84	56	27	99	70	41	12	82	52
55	86	59	30	0,3802	73	44	15	85	55
56	89	62	33	05	76	47	17	88	57
57	92	65	36	07	79	50	20	91	60
58	95	67	39	10	82	53	23	94	63
59	98	70	42	13	85	56	26	97	66
60	0,3301	73	45	16	87	59	29	99	69

Minut.	27 Degrés.	28 Degrés.	29 Degrés.	30 Degrés.	31 Degrés.	32 Degrés.	33 Degrés.	34 Degrés.	35 Degrés.
0	0,4669	0,4839	0,5008	0,5176	0,5345	0,5513	0,5680	0,5848	0,6014
1	72	41	10	78	48	16	83	50	17
2	75	44	13	80	50	18	86	53	20
3	77	47	16	83	53	21	88	56	23
4	80	50	19	86	56	24	91	58	25
5	83	53	22	90	59	27	94	61	28
6	86	56	25	93	62	30	97	64	31
7	89	58	27	96	65	33	0,5700	67	34
8	92	61	30	99	68	36	03	70	36
9	95	64	33	0,5202	70	39	06	73	39
10	96	67	36	05	73	41	08	75	42
11	0,4700	69	39	07	76	44	11	78	45
12	03	72	41	10	78	47	14	81	48
13	06	75	44	13	81	49	16	84	50
14	09	78	47	16	84	52	18	86	52
15	11	81	50	18	87	55	20	89	54
16	14	84	53	21	90	57	23	92	56
17	17	87	56	24	93	60	27	95	58
18	20	89	58	27	96	63	30	97	60
19	23	93	61	30	99	66	33	0,5900	67
20	26	95	64	33	0,5401	68	36	03	70
21	29	98	67	36	04	71	39	06	73
22	31	0,4601	70	38	07	74	42	08	75
23	34	04	73	41	09	77	45	11	78
24	37	07	76	44	12	80	47	14	81
25	40	09	78	46	15	83	50	17	84
26	43	12	81	49	18	86	53	20	86
27	46	15	84	52	20	88	56	23	89
28	49	17	87	55	23	91	59	25	92
29	51	20	89	58	26	93	61	28	95
30	54	23	92	61	29	97	64	31	97
31	57	25	95	64	32	99	67	34	0,6100
32	59	29	97	66	35	0,5602	69	37	03
33	62	32	0,5100	69	37	05	72	39	05
34	65	35	03	72	40	08	75	42	08
35	68	37	06	75	43	11	78	45	11
36	71	40	09	77	46	14	81	48	14
37	74	43	12	80	49	17	84	50	16
38	76	46	15	83	51	19	87	53	19
39	79	48	17	85	54	22	89	56	22
40	82	51	20	88	57	25	92	58	25
41	85	54	23	91	60	27	95	61	27
42	87	57	26	94	63	30	97	64	30
43	90	60	29	97	66	33	0,5800	67	33
44	93	63	31	0,5300	69	36	03	70	36
45	96	66	34	03	71	39	06	73	39
46	99	69	37	06	74	41	09	76	42
47	0,4802	71	40	08	77	44	11	78	45
48	05	74	43	11	79	47	14	81	47
49	07	76	46	14	83	50	17	84	50
50	10	79	49	17	86	53	20	86	53
51	13	82	51	20	88	56	23	89	55
52	16	85	54	23	90	58	26	92	58
53	19	88	57	26	93	61	29	95	61
54	22	91	60	28	96	64	31	97	64
55	25	94	63	31	99	67	34	0,6000	66
56	27	96	66	34	0,5502	69	37	03	69
57	30	99	68	36	05	72	39	06	72
58	33	0,5002	71	39	08	75	42	08	75
59	35	05	74	42	10	78	45	11	77
60	39	08	76	45	13	80	48	14	80

Minut.	36 Degrés.	37 Degrés.	38 Degrés.	39 Degrés.	40 Degrés.	41 Degrés.	42 Degrés.	43 Degrés.	44 Degrés.
0	0,6180	0,6346	0,6511	0,6676	0,6840	0,7004	0,7167	0,7330	0,7492
1	83	49	14	79	43	07	70	33	95
2	86	52	17	82	45	10	73	35	97
3	88	55	20	85	48	13	75	38	0,7500
4	91	57	23	87	51	15	78	41	03
5	94	60	26	90	54	18	81	43	05
6	97	63	28	93	57	20	84	46	08
7	0,6200	65	31	96	60	23	86	49	11
8	03	68	34	98	63	25	89	52	14
9	06	71	36	0,6701	65	28	92	55	16
10	08	74	39	04	68	31	95	58	19
11	11	76	42	06	70	34	97	60	22
12	14	79	45	09	73	37	0,7200	63	25
13	16	82	47	12	75	40	03	66	27
14	19	85	50	15	78	43	05	68	30
15	22	88	53	17	81	45	08	71	33
16	25	90	55	20	84	47	11	74	35
17	28	93	58	23	87	50	14	76	38
18	30	95	61	26	90	53	16	79	41
19	33	98	64	29	93	55	19	81	44
20	36	0,6401	66	31	95	58	22	84	46
21	38	04	69	34	98	61	25	87	48
22	41	06	72	36	0,6901	64	28	90	51
23	44	10	75	39	04	66	30	93	54
24	46	13	77	42	07	69	33	95	57
25	49	15	80	45	10	72	35	98	60
26	52	18	83	47	13	75	38	0,7400	63
27	55	21	85	50	15	78	41	03	65
28	57	24	88	53	18	80	44	05	68
29	60	26	91	56	20	83	46	08	70
30	63	29	94	58	22	86	49	11	73
31	66	32	96	61	25	88	51	14	75
32	69	35	99	64	28	91	54	16	78
33	72	36	0,6602	66	31	94	57	19	81
34	75	40	05	69	34	96	60	22	84
35	77	43	07	72	36	99	63	25	86
36	80	46	10	75	38	0,7102	65	28	89
37	83	49	13	78	41	05	68	30	92
38	85	51	15	80	44	07	70	33	95
39	88	54	18	83	47	10	73	35	97
40	91	56	21	85	50	13	75	38	0,7000
41	94	59	24	88	53	15	78	41	03
42	96	62	27	91	55	18	81	44	06
43	99	65	30	94	58	21	84	46	08
44	0,6302	67	33	96	61	24	86	49	11
45	05	70	35	99	64	26	89	52	14
46	07	73	37	0,6802	66	29	93	55	16
47	10	75	40	05	68	32	95	58	18
48	13	78	43	08	71	35	98	60	21
49	15	81	45	10	74	38	0,7300	63	24
50	18	84	48	13	77	40	03	65	27
51	21	86	51	16	80	43	05	68	29
52	24	89	54	18	83	45	08	71	32
53	27	92	57	21	85	48	11	74	35
54	30	95	60	24	87	51	14	76	37
55	33	97	63	26	91	54	16	78	40
56	36	0,6500	65	29	94	56	19	81	43
57	38	03	68	32	96	59	22	84	46
58	41	06	71	35	98	62	25	86	48
59	44	08	74	38	0,7001	65	28	89	51
60	46	11	76	40	04	67	30	92	54

Minut.	45 Degrés.	46 Degrés.	47 Degrés.	48 Degrés.	49 Degrés.	50 Degrés.	51 Degrés.	52 Degrés.	53 Degrés.
0	0,7654	0,7815	0,7975	0,8135	0,8294	0,8452	0,8610	0,8767	0,8924
1	57	18	78	37	96	55	13	70	26
2	59	20	80	40	99	57	15	73	29
3	62	22	83	43	0,8302	60	18	75	32
4	65	25	85	46	05	63	21	77	35
5	67	28	88	48	07	66	24	80	38
6	70	31	91	51	10	68	26	83	40
7	73	34	94	54	13	71	28	85	43
8	76	36	96	56	15	74	31	88	45
9	79	38	99	58	18	76	34	91	48
10	81	41	0,8002	61	20	78	36	94	50
11	84	44	05	64	23	81	39	96	53
12	86	46	07	66	25	84	42	98	55
13	88	49	10	69	28	86	45	0,8801	58
14	91	52	13	72	31	89	47	04	60
15	94	55	15	75	34	92	50	06	63
16	95	58	18	78	36	95	53	09	65
17	99	60	20	80	39	97	55	12	68
18	0,7702	63	23	83	41	0,8500	57	15	71
19	05	65	25	85	44	03	60	17	74
20	08	68	28	88	46	05	63	20	76
21	10	71	31	90	49	07	65	23	78
22	13	74	34	93	52	10	68	25	81
23	15	76	36	96	55	13	71	28	84
24	18	79	39	98	57	15	74	30	86
25	21	82	42	0,8201	60	18	76	33	89
26	24	85	45	04	63	21	79	35	92
27	26	87	48	06	65	24	81	38	95
28	28	90	50	09	68	26	84	41	97
29	31	93	53	12	71	28	86	43	99
30	34	95	55	14	73	31	89	46	0,9002
31	37	97	57	17	75	34	92	48	05
32	40	0,7900	60	20	78	36	95	51	08
33	43	03	63	23	81	39	97	54	10
34	45	06	65	25	84	42	99	56	13
35	47	09	68	28	86	45	0,8702	59	15
36	50	11	71	30	89	47	05	64	18
37	53	14	74	33	92	50	07	64	20
38	56	16	76	35	95	53	10	66	23
39	59	19	79	37	97	57	13	69	26
40	61	22	82	39	0,8400	60	15	72	29
41	64	25	85	42	03	63	17	75	34
42	67	28	87	45	05	65	20	77	34
43	70	30	90	48	07	67	23	80	36
44	73	33	93	51	10	69	25	83	38
45	75	35	96	54	13	71	28	86	41
46	78	38	98	57	15	74	31	88	44
47	80	40	0,8100	59	18	76	34	90	46
48	83	43	03	62	21	78	36	93	48
49	86	45	06	64	24	81	39	95	51
50	89	48	08	67	26	84	41	98	54
51	91	51	11	70	28	86	44	0,8900	56
52	94	53	14	73	31	89	46	03	59
53	96	56	16	75	34	92	49	05	60
54	98	59	18	78	36	95	52	08	63
55	0,7801	62	21	81	39	97	55	11	67
56	04	65	23	83	42	0,8600	57	14	69
57	06	68	26	85	45	03	60	16	72
58	09	70	29	88	48	05	63	18	75
59	12	73	32	91	50	07	65	21	77
60	15	75	35	94	52	10	67	24	80

TABLE DES CORDES.

Minut.	54 Degrés.	55 Degrés.	56 Degrés.	57 Degrés.	58 Degrés.	59 Degrés.	60 Degrés.	61 Degrés.	62 Degrés.
0	0,9080	0,9235	0,9389	0,9543	0,9696	0,9848	1,0000	1,0154	1,0301
1	83	38	92	45	99	51	02	53	03
2	85	40	95	49	0,9701	54	05	55	06
3	88	43	98	54	02	56	08	58	08
4	90	45	0,9400	54	05	58	10	61	11
5	93	47	03	56	08	61	12	63	13
6	95	50	05	58	11	63	14	65	16
7	98	52	07	61	13	65	18	68	18
8	0,9101	55	10	64	16	68	20	71	21
9	04	57	13	66	19	71	22	73	23
10	06	61	15	69	22	73	25	75	26
11	08	64	18	74	24	75	28	78	28
12	11	66	20	73	26	78	30	81	31
13	14	69	23	76	29	81	32	83	33
14	16	71	25	79	32	83	35	85	35
15	18	74	28	81	35	85	38	88	38
16	21	77	30	83	37	88	40	91	41
17	24	79	33	86	39	91	42	93	43
18	26	81	36	89	42	93	45	95	46
19	29	84	39	92	45	95	48	98	48
20	32	86	41	95	48	98	50	1,0201	51
21	35	89	43	97	50	0,9902	52	03	54
22	37	92	45	99	53	04	55	05	56
23	39	95	48	0,9602	55	06	58	08	58
24	42	97	51	05	58	09	60	11	61
25	45	99	54	07	60	12	62	13	63
26	48	0,9302	56	10	63	14	65	15	65
27	50	05	59	13	65	16	69	18	68
28	53	07	61	15	68	19	70	21	70
29	55	10	64	17	70	22	72	23	73
30	57	12	67	20	72	24	75	26	75
31	60	14	69	23	75	27	78	28	78
32	63	17	72	25	78	29	80	31	80
33	65	20	75	27	80	32	82	33	82
34	67	23	77	30	83	34	85	35	85
35	70	25	79	33	85	36	88	38	88
36	73	28	82	35	88	39	91	41	90
37	75	30	85	38	90	42	93	43	92
38	78	33	87	40	93	45	95	45	95
39	81	36	89	43	95	47	98	48	98
40	83	38	92	45	98	50	1,0104	51	1,0400
41	86	41	95	47	0,9800	53	03	53	02
42	88	44	97	50	02	55	05	55	05
43	91	46	0,9500	53	05	57	08	58	08
44	94	48	02	56	08	60	11	61	10
45	96	51	05	58	10	62	13	63	12
46	98	54	08	61	12	64	15	65	15
47	0,9201	56	10	63	15	67	18	68	18
48	04	59	13	66	18	70	21	71	20
49	06	61	15	69	21	73	23	73	22
50	09	64	18	74	23	75	25	75	25
51	12	66	20	73	25	77	28	78	28
52	15	69	23	76	28	80	31	81	30
53	17	71	25	79	31	83	33	83	32
54	19	74	28	84	33	85	35	85	35
55	22	76	30	83	35	87	38	88	38
56	25	79	33	86	38	90	41	91	40
57	27	82	35	89	41	93	43	93	42
58	30	85	38	91	43	95	45	95	45
59	33	87	41	94	45	97	48	98	48
60	35	89	43	96	48	1,0000	51	1,0301	50

TABLE DES CORDES.

Minut.	63 Degrés.	64 Degrés.	65 Degrés.	66 Degrés.	67 Degrés.	68 Degrés.	69 Degrés.	70 Degrés.	71 Degrés.
0	1,0450	1,0598	1,0746	1,0893	1,1039	1,1184	1,1328	1,1472	1,1614
1	52	1,0601	48	95	41	86	31	74	16
2	55	03	50	98	43	89	33	76	18
3	58	06	53	1,0900	45	91	35	78	20
4	60	08	55	03	47	93	38	81	22
5	62	11	58	05	50	95	40	83	25
6	65	13	61	07	53	98	42	85	27
7	68	16	63	10	55	1,1201	45	87	30
8	70	19	65	13	58	03	48	90	33
9	72	21	68	16	60	05	50	93	35
10	75	23	71	18	63	08	52	95	38
11	78	26	73	20	65	10	55	98	40
12	80	28	75	23	68	13	57	1,1501	42
13	82	30	78	25	70	15	59	03	45
14	85	32	80	27	73	17	62	05	48
15	88	35	83	29	75	20	65	07	50
16	90	38	85	31	78	23	67	10	52
17	92	40	87	33	80	25	69	13	55
18	95	42	89	36	83	28	71	15	57
19	98	45	92	38	85	30	73	17	59
20	1,0300	48	95	40	88	33	75	19	61
21	03	50	97	43	90	35	78	22	63
22	05	52	1,0800	45	93	37	81	24	65
23	07	55	02	48	95	39	83	27	68
24	09	58	05	51	97	42	85	29	70
25	12	60	07	53	99	44	88	31	72
26	14	62	10	55	1,1102	46	90	34	75
27	16	65	12	58	05	48	93	36	78
28	19	68	15	61	07	50	96	38	80
29	22	70	17	63	09	53	98	40	83
30	24	72	20	65	11	56	1,1400	43	86
31	26	75	23	68	13	58	02	45	88
32	29	78	25	71	15	61	05	48	90
33	32	80	27	73	18	63	07	50	92
34	35	82	29	76	20	65	09	53	94
35	36	85	32	78	23	68	12	55	96
36	39	88	34	80	25	70	14	58	98
37	42	90	36	83	28	73	16	60	1,1700
38	44	92	38	85	30	75	19	63	02
39	46	95	41	88	33	78	21	65	05
40	49	97	43	90	35	80	23	67	08
41	51	99	45	93	38	83	26	69	10
42	53	1,0702	47	95	40	85	29	71	13
43	56	05	50	97	43	88	31	74	15
44	59	07	53	1,1000	45	90	33	76	18
45	61	09	55	03	48	93	36	79	20
46	63	12	57	05	50	95	38	81	22
47	66	14	60	07	53	97	41	83	25
48	69	17	63	10	55	99	43	85	28
49	71	19	65	13	58	1,1302	46	88	30
50	73	21	68	15	60	05	48	90	32
51	76	23	70	17	63	07	50	93	35
52	79	26	73	19	65	09	52	95	37
53	81	28	75	21	67	12	55	98	39
54	83	31	78	23	69	14	58	1,1600	41
55	86	33	81	25	72	17	60	03	43
56	89	36	83	28	75	19	62	05	45
57	91	38	85	31	77	22	65	07	57
58	93	41	87	33	79	24	67	09	50
59	96	43	90	36	81	26	69	11	52
60	98	46	93	39	84	28	72	14	55

Minut.	72 Degrés.	73 Degrés.	74 Degrés.	75 Degrés.	76 Degrés.	77 Degrés.	78 Degrés.	79 Degrés.	80 Degrés.
0	1,1735	1,1896	1,2035	1,2175	1,2313	1,2450	1,2587	1,2722	1,2854
1	58	98	37	78	46	52	89	24	56
2	60	1,1901	40	80	49	54	91	25	58
3	63	03	42	82	21	56	93	28	60
4	65	05	45	84	23	58	95	30	63
5	67	08	47	87	25	61	97	33	65
6	70	11	50	89	27	63	1,2600	35	68
7	72	13	53	91	29	65	02	37	70
8	74	15	56	94	31	68	04	40	72
9	76	17	58	96	33	70	06	42	73
10	78	20	60	98	35	73	08	44	78
11	81	22	62	1,2201	37	75	10	46	80
12	83	24	65	03	40	78	13	48	82
13	86	26	67	65	42	80	15	50	84
14	88	28	69	68	44	82	18	53	86
15	90	31	72	10	47	84	20	55	88
16	92	33	74	12	50	86	22	57	91
17	95	35	77	14	52	88	24	60	93
18	98	38	79	17	54	91	26	62	96
19	1,1800	41	81	19	56	93	28	64	98
20	02	43	84	21	58	95	30	66	1,2900
21	05	45	86	23	60	97	33	68	02
22	07	47	88	26	62	1,2500	35	70	04
23	10	50	90	28	65	02	37	73	05
24	12	52	92	31	67	04	40	75	08
25	14	54	94	33	70	06	43	77	10
26	17	56	96	35	72	08	45	80	13
27	19	58	98	37	74	11	47	82	15
28	21	61	1,2101	40	77	13	50	84	17
29	24	63	03	42	80	15	53	86	20
30	26	65	05	44	82	18	55	88	22
31	28	68	08	47	84	20	57	90	24
32	30	70	11	49	86	22	59	93	26
33	32	72	14	51	88	25	61	95	28
34	35	74	16	54	90	27	63	97	30
35	38	77	18	56	92	30	65	1,2800	33
36	40	80	20	58	95	32	67	02	35
37	42	83	22	60	98	34	70	04	37
38	45	85	24	63	1,2400	36	72	06	40
39	48	87	27	65	02	38	74	08	42
40	50	90	29	67	04	41	76	11	44
41	52	93	31	70	06	43	78	13	46
42	54	95	33	72	08	45	81	15	48
43	56	97	35	74	10	47	83	17	51
44	59	99	37	77	13	50	85	20	53
45	61	1,2002	40	79	15	52	87	22	55
46	64	04	43	81	18	54	90	24	58
47	66	06	45	83	20	56	92	26	60
48	68	08	48	86	22	58	94	28	62
49	71	11	50	88	24	61	96	30	64
50	73	13	53	90	27	63	98	33	66
51	75	15	55	93	30	65	1,2701	35	68
52	77	18	57	95	32	67	03	37	71
53	80	20	59	97	34	70	05	40	73
54	83	22	61	99	36	73	08	42	75
55	85	24	63	1,2302	38	75	10	44	78
56	87	26	65	01	41	78	12	46	80
57	89	28	67	04	43	80	14	48	82
58	91	31	70	09	45	82	16	50	84
59	93	33	72	11	48	84	19	52	86
60	96	35	75	13	50	87	22	54	88

Minut.	81 Degrés.	82 Degrés.	83 Degrés.	84 Degrés.	85 Degrés.	86 Degrés.	87 Degrés.	88 Degrés.	89 Degrés.
0	1,2988	1,3120	1,3250	1,3380	1,3512	1,3640	1,3767	1,3893	1,4018
1	50	22	33	83	14	42	69	95	20
2	92	26	35	86	16	44	71	97	22
3	94	28	37	89	18	46	73	99	24
4	97	30	39	91	20	48	75	1,3902	26
5	1,3000	32	41	94	22	51	78	04	29
6	02	34	43	96	25	53	80	06	31
7	04	36	45	98	27	55	82	08	33
8	06	38	47	1,3101	29	57	84	10	35
9	08	40	49	03	31	59	86	12	37
10	10	43	51	05	33	61	88	14	39
11	12	45	53	07	35	63	90	16	41
12	15	48	55	09	37	65	92	18	43
13	17	50	57	11	40	68	94	20	45
14	20	52	59	13	42	70	97	22	47
15	22	54	61	15	44	72	99	25	49
16	24	56	63	17	46	74	1,3801	27	51
17	26	58	65	19	48	76	03	29	53
18	28	60	67	21	50	78	05	31	55
19	31	62	69	23	52	80	07	33	58
20	33	64	71	25	54	82	09	35	60
21	35	66	73	27	56	84	11	37	62
22	38	68	1,3300	30	58	86	13	39	64
23	40	71	02	32	61	89	15	41	66
24	42	73	04	34	63	91	18	43	68
25	44	75	06	37	65	93	20	45	70
26	46	78	08	39	67	95	22	47	72
27	48	80	10	41	70	97	24	50	74
28	51	82	13	43	72	99	26	52	76
29	53	84	15	45	74	1,3702	28	54	78
30	55	86	18	47	76	01	30	56	80
31	57	88	20	49	78	03	32	58	82
32	60	90	22	51	80	05	34	60	84
33	62	92	24	53	82	07	36	62	86
34	64	94	26	55	84	09	38	64	88
35	66	97	28	57	86	11	40	66	91
36	68	1,3200	30	59	88	13	42	68	93
37	70	02	32	61	90	15	44	70	95
38	72	04	34	63	92	17	46	72	97
39	74	06	36	65	94	19	48	74	99
40	76	08	38	67	96	21	50	76	1,4101
41	78	10	40	69	98	23	52	78	03
42	81	13	42	71	1,3602	25	54	80	05
43	83	15	44	73	04	27	56	82	07
44	85	18	46	75	06	29	58	84	09
45	87	20	48	77	08	31	60	86	11
46	90	22	50	79	10	33	62	88	13
47	92	24	52	81	12	35	64	90	15
48	94	26	54	83	14	37	66	92	17
49	96	28	56	85	16	39	68	94	19
50	98	30	58	87	18	41	70	96	21
51	1,3100	32	60	89	20	43	72	98	23
52	03	34	62	91	22	45	74	1,4002	25
53	05	36	64	93	24	47	76	04	28
54	07	38	66	95	26	49	78	06	30
55	10	40	68	1,3501	28	51	80	08	32
56	12	42	70	02	31	53	82	10	34
57	14	44	72	04	33	55	84	12	36
58	16	46	74	06	35	57	86	14	38
59	18	48	76	08	37	59	88	16	40
60	20	50	78	10	39	61	90	18	1,4142

Corde de l'angle droit : 1,4142

ERRATA

- Page 25, après le paragraphe 80 mettre le paragraphe qui précède la table des cordes, page 113.
- Page 42, 2^e ligne, *au lieu de* : aur la ligne cs cadran, *lisez* : sur la ligne cs du cadran.
- Page 52, 1^{re} ligne, *au lieu de* : accidentaux, *lisez* : occidentaux.
- Page 61, 1^{re} ligne, *au lieu de* : nous cherchons dans, *lisez* : nous cherchons donc. — 19^e ligne, *au lieu de* : LAN, *lisez* : L'AN.
- Page 66, à l'avant-dernière ligne, *lisez* : et la soustylaire CB.
- Page 70, au titre, *au lieu de* : calcul préliminaire des heures du matin, *lisez* : calcul préliminaire des heures qui, dans le cas actuel, sont les heures du matin. — Même remarque au titre de la page 74, pour les heures qui, dans le cas actuel, sont les heures du soir.

TABLE DES MATIÈRES

Explication des termes et principales opérations sur les lignes droites et circulaires	5
Perpendiculaires et parallèles	6
Cercle, circonférence, rayon, arc, angle, corde, complément d'un angle.	7
Supplément d'un angle, sinus, cosinus, tangente.	8
Comment il faut additionner les degrés et en prendre la moitié.	9
Du complément arithmétique	10
Explication des termes particuliers à la gnomonique. Instruments nécessaires	11
Du mètre	14
Comment on doit écrire les décimètres, les centimètres, les millimètres, etc.	15
Explication des tables de logarithmes des nombres naturels.	16
De la caractéristique des nombres entiers. Des décimètres etc.	18
Explication des tables des sinus et tangentes	20
Des cordes et de la table des cordes	24
Faire un angle quand on a sa corde et un mètre de rayon.	25
Faire un angle quand on a sa corde et un décimètre de rayon.	25
Manière de tracer les angles plus grands que 90°.	27
Trouver la hauteur du pôle au moyen de la carte de France.	27
Trouver la hauteur du pôle par le calcul.	29
Cadran horizontal tracé par le calcul	33
Tracer le cadran horizontal	38
Poser l'aiguille et orienter le cadran horizontal.	41
Première méthode pour trouver l'heure de midi	44

Seconde méthode pour trouver l'heure de midi	46
Régler une pendule ou une montre sans avoir de cadran solaire	48
Cadran vertical non déclinant	50
Cadran orientaux et occidentaux	52
Cadran septentrional non déclinant	53
Cadran verticaux déclinants	54
Manière de préparer le plan. — Mortier à faire	55
Trouver la déclinaison d'un mur ou d'un plan	56
Autre méthode pour trouver la déclinaison d'un mur	60
Manière de calculer les angles horaires du cadran vertical déclinant	66
Calcul préliminaire des heures	70
Manière de tracer le cadran vertical déclinant	82
Manière de poser l'aiguille des cadrans verticaux	85
Cadran verticaux sans centre	89
Quelques explications sur les logarithmes	92-93
Cadran déclinant du nord	95
Méridiennes du temps moyen	99
Devises à écrire sur les cadrans	109
Table d'équation indispensable à toute personne qui veut savoir l'heure juste	110
Note sur la table des cordes	113
Table des cordes	114-124

