

# DICTIONNAIRE

DES

# MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

COMPRENANT LES PRINCIPALES APPLICATIONS DES MATHÉMATIQUES :

A l'Architecture, à l'Arithmétique commerciale, à l'Arpentage,  
à l'Artillerie, aux Assurances,  
à la Ballistique, à la Banque, à la Charpente, aux Chemins de fer,  
à la Cinématique, à la Construction navale, à la Cosmographie, à la Coupe des pierres,  
au Dessin linéaire, aux Établissements de prévoyance, à la Fortification, à la Géodésie, à la Géographie,  
à la Géométrie descriptive, à l'Horlogerie, à l'Hydraulique, à l'Hydrostatique, aux Machines,  
à la Mécanique générale, à la Mécanique des gaz, à la Navigation, aux Ombres,  
à la Perspective, à la Population, aux Probabilités,  
aux Questions de Bourse, à la Topographie, aux Travaux publics,  
aux Voies de communication, etc., etc.,

ET L'EXPLICATION D'UN GRAND NOMBRE DE TERMES TECHNIQUES  
USITÉS DANS LES APPLICATIONS

PAR

**H. SONNET**

Officier de la Légion d'honneur, Docteur de sciences, Inspecteur de l'Académie de Paris  
Professeur d'analyse et de mécanique à l'École centrale des arts et manufactures  
Ancien Répétiteur de mécanique industrielle à la même École

OUVRAGE

CONTENANT 1900 FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE

DEUXIÈME ÉDITION

PARIS

LIBRAIRIE HACHETTE ET C<sup>ie</sup>

BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1874

Droits de propriété et de traduction réservés

composantes dans les plans de chaque tourillon, et que par conséquent il doit en être de même des forces  $R'$  et  $T' - T''$ , d'une part,  $R''$  et  $T'' - T'$ , de l'autre. L'équation [6] (Voy. Tauxil) devient donc ici, en ayant égard au frottement du pivot ou de l'épaulement,

$$2nFb = (T - T_1)r + \frac{1}{2}(A + BT) + f_1 \rho (T - T_1) + \frac{2}{3} f P \rho_1 \quad [1]$$

si l'arbre porte sur un pivot de rayon  $\rho_1$ , ou

$$2nFb = (T - T_1)r + \frac{1}{2}(A + BT) + f_1 \rho (T - T_1) + f P \left( \rho_1 + \frac{1}{3} \frac{e^2}{\rho_1} \right) \quad [2]$$

si l'arbre porte sur un épaulement dont  $\rho_1$  représente le rayon moyen et  $e$  la demi-épaisseur. (Voy. Pivot.)

Ces formules supposent les rayons des tourillons égaux; il serait facile de les modifier si les rayons des tourillons étaient différents. Le terme  $f_1 \rho (T - T_1)$  se trouverait alors remplacé par les deux termes

$$f_1 \rho' (T' - T'_1) + f_1 \rho'' (T'' - T''_1),$$

$\rho'$  et  $\rho''$  désignant les rayons des deux tourillons.

**CABINET D'EAU**, conduit fermé par lequel on est quelquefois obligé de faire passer l'eau d'une chute pour l'amener sur une roue hydraulique. Ce dispositif doit être évité, parce qu'il a pour effet d'augmenter les frottements de l'eau contre les parois et de diminuer la vitesse d'arrivée de l'eau sur la roue. (Voy. ROUES HYDRAULIQUES.)

**CADRAN AZIMUTAL**, cadran solaire horizontal dont le style est placé verticalement; il est ainsi nommé parce que les lignes horaires donnent l'azimut du soleil aux différentes heures du jour. On construit le cadran azimutal pour un jour déterminé, par exemple pour le jour de l'équinoxe, et c'est par le déplacement du style qu'on le fait servir pour les autres époques de l'année.

Voyons d'abord comment on trace le cadran pour le jour de l'équinoxe. Soit NOSE le cercle sur le-

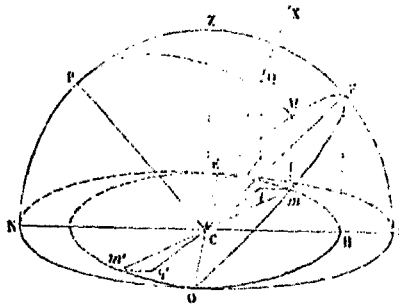


Fig. 1.

quel on se propose de tracer le cadran; soit NS la méridienne et EO sa perpendiculaire menées par le centre C du cercle. Imaginons une sphère décrite du point C comme centre avec CN pour rayon. Soit CZ une verticale; NZS l'intersection de la sphère par le plan du méridien; soit CP une parallèle à l'axe de la terre; et OFE un grand cercle de la sphère perpendiculaire à CP et parallèle à l'équateur. Concevons la circonférence de ce cercle divisée en

24 parties égales à partir du point P situé dans le méridien; les points de division appartiendront aux points horaires. Soit M un de ces points de division; joignons CM. L'ombre du style CZ au moment où le soleil sera dans la direction CM, c'est-à-dire à l'heure à laquelle répond le point de division M, sera la trace horizontale du plan vertical qui contient le point M; cette trace s'obtiendra en abaissant du point M sur le plan du cadran la perpendiculaire Mm, et tirant mCm'. La ligne horaire répondant au point M sera donc Cm'.

Les points tels que m étant les projections des points M d'un même cercle seront sur une ellipse ayant pour grand axe OE et pour demi petit axe la projection CH du rayon CF. Pour tracer le cadran on opérera donc de la manière suivante. Par le centre C on mènera une droite CA faisant avec CS

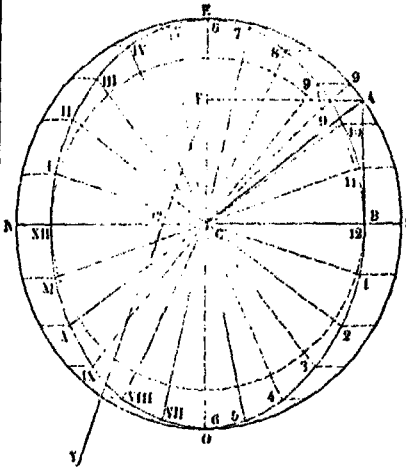


Fig. 2.

un angle égal au complément de la latitude du lieu; et l'on abaissera sur CS la perpendiculaire AB. Les longueurs CO et CB seront les demi-axes d'une ellipse que l'on construira par les procédés connus; on divisera le cercle NOSE en 24 parties égales, à partir du point S. On divisera de la même manière le cercle décrit du point C comme centre avec CB pour rayon. Par les points de division correspondants des deux cercles on mènera une parallèle à NS et une parallèle à OE, dont la rencontre donnera le point correspondant de l'ellipse. Cette construction est indiquée sur la figure pour le point 9. Les points ainsi obtenus étant numérotés comme la figure le montre, on joindra les lignes C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, etc.; C<sub>11</sub>, C<sub>10</sub>, C<sub>9</sub>, etc., dont les prolongements C<sub>I</sub>, C<sub>II</sub>, C<sub>III</sub>, etc., CXI, CX, CIX, etc., seront les lignes horaires. Il résulte en effet de la construction que les points 1, 2, 3, etc., 11, 10, 9, etc., sont les projections horizontales des points de division d'un cercle ayant OE pour diamètre et qui serait incliné sur l'horizon d'un angle égal à la latitude du lieu.

Mais le cadran construit ainsi pour le jour de l'équinoxe ne serait plus exact un autre jour de l'année. Soit, en effet (fig. 1), CX un rayon mené du point C au centre du soleil, à la même heure que

le rayon CM, mais à une époque différente de l'année, la déclinaison du soleil étant alors mesurée par l'angle XCM. Menons par le point M une parallèle à l'axe CF, laquelle rencontrera CX en un point Q. Si l'on projette le point Q en q sur le plan du cadran, et qu'on joigne qC, cette droite sera la trace du plan vertical contenant le centre du soleil au moment considéré; l'ombre du style vertical OZ sera donc Cq', différent de Cm'; ainsi la ligne horaire ne serait plus la même qu'à l'équinoxe. Mais on peut remédier à cet inconvénient. Soient m et m' (fig. 3) les deux points diamétralement opposés

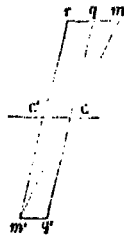


Fig. 3.

de l'ellipse horizontale qui sont dans le plan vertical du point M; soit qq' la nouvelle ligne d'ombre; prenons Cq' = Cq et joignons m'q'; les deux droites m'q' et mq seront égales et parallèles. Prenons sur la méridienne, du côté du nord, une longueur CC' égale à mq ou à m'q'; et imaginons que le style soit transporté au point C'. A cause de l'éloignement du soleil, l'ombre de ce nouveau style sera parallèle à qq', et passera par conséquent par le point m'. Si donc on a inscrit en m', sur l'ellipse, l'heure correspondante au point M de la fig. 1, l'heure indiquée par le nouveau style sera la même; ainsi lorsque le soleil est dans la direction CQ, l'ombre du style placé en C' donne la même heure que donnait le style placé en C quand le soleil était dans la direction CM. Or, la quantité CC' dont il a fallu déplacer le style sur la méridienne ne dépend point de l'heure que l'on a considérée: cette quantité est égale à m'q' et par conséquent à mq projection de MQ. Or, on a MQ = CM tang QCM ou MQ = R tang D, en appelant R le rayon du cadran et D la déclinaison du soleil au jour que l'on considère; d'ailleurs mq = MQ cos λ, en désignant par λ la latitude du lieu; il en résulte

$$mq = R \text{ tang } D \cos \lambda,$$

quantité constante. Le déplacement du style de C en C' aura donc pour effet de faire passer les lignes d'ombres aux mêmes points horaires indiqués sur l'ellipse qu'à l'époque de l'équinoxe. On se procure aisément le point C'. Pour cela, par le foyer F (fig. 2) de l'ellipse, on mène une droite FY faisant avec le grand axe CE un angle CFY égal à la déclinaison du soleil pour le jour considéré; le point C' où la droite ainsi menée rencontre le petit axe, est le point cherché. En effet, d'après la construction de l'ellipse, on a CB = CA sin λ; par conséquent

$$\overline{CA}^2 - \overline{CB}^2 = \overline{CA}^2 (1 - \sin^2 \lambda) \text{ ou } \overline{AB}^2 = \overline{CA}^2 \cos^2 \lambda;$$

mais CF = AB; donc

$$CF = R \cos \lambda.$$

Or, dans le triangle C'CF, on a

$$CC' = CF \text{ tang } CFY = CF \text{ tang } D;$$

$$CC' = R \cos \lambda \text{ tang } D.$$

donc Ainsi C' est bien le point cherché. On peut déterminer à l'avance la position du point C' pour toutes les époques de l'année, soit en calculant CC' par la formule ci-dessus, soit en construisant l'analemme (Voy. ce mot), dont F serait alors le sommet et FC l'axe de symétrie.

Pour réaliser le déplacement du style, le moyen le plus simple est de le fixer à une plaque mobile dans une rainure dirigée suivant la méridienne. On détermine à l'avance les positions de la plaque correspondantes aux diverses époques de l'année, de 5 jours en 5 jours, par exemple, ou à des intervalles plus rapprochés encore, suivant la grandeur du cadran. On détermine la longueur du style par la condition qu'à l'époque où le soleil atteint sa plus grande hauteur, c'est-à-dire au solstice d'été, l'extrémité de l'ombre atteigne encore l'ellipse, ce qui n'offre aucune difficulté.

Malgré quelques avantages, le cadran azimutal n'est qu'un objet de curiosité. L'obligation de déplacer sans cesse le style en rendrait l'usage extrêmement incommode.

**CADRAN LUNAIRE**, appareil qui donne les heures, pendant la nuit, par la position qu'occupe sur une surface donnée l'ombre d'un style exposé à la lumière de la lune. Les CADRANS SOLAIRES (Voy. ce mot), dans lesquels le style est parallèle à l'axe du globe, peuvent servir de cadrans lunaires, puisque la rotation diurne apparente de la lune s'effectue autour de cet axe. Mais alors les heures indiquées sont des heures lunaires, comptées à partir du passage de la lune au méridien. Pour traduire cette indication en temps solaire, il faut connaître l'âge de la lune, c'est-à-dire le nombre de jours écoulés depuis la dernière néoménie. Comme la lune retarde chaque jour sur le soleil de 50<sup>m</sup> 28<sup>s</sup>, 3, il faut d'abord multiplier ce nombre par le nombre des jours qui forment l'âge de la lune; puis au produit il faut ajouter l'heure indiquée par le cadran, convertie en temps solaire à raison de 1<sup>h</sup> 2<sup>m</sup> 6<sup>s</sup>, 2 par heure lunaire. (Voy. JOUR LUNAIRES.) Supposons, par exemple, qu'un cadran lunaire indique 2<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>, et qu'il y ait 15 jours écoulés depuis la dernière néoménie; on trouvera d'abord que le produit de 50<sup>m</sup> 28<sup>s</sup>, 3 par 15 est 12<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> 4<sup>s</sup>, 5; on trouvera ensuite que 2<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> de temps lunaire valent 2<sup>h</sup> 35<sup>m</sup> 15<sup>s</sup>, 5 de temps solaire; ajoutant les deux produits obtenus, on aura 15<sup>h</sup> 12<sup>m</sup> 20<sup>s</sup>; ou, en retranchant 12 heures, 3<sup>h</sup> 12<sup>m</sup> 20<sup>s</sup>. Telle est l'heure solaire correspondante à l'heure lunaire indiquée.

**CADRAN POLAIRE**, cadran solaire dont le plan est perpendiculaire au méridien et parallèle au style. Les lignes horaires, dans cette espèce de cadran, sont des parallèles au style. (Voy. CADRANS SOLAIRES.)

**CADRANS SOLAIRES**, appareils qui indiquent l'heure par la position qu'occupe sur une surface donnée, soit l'ombre d'un style, soit l'image produite par la lumière solaire en traversant un petit orifice pratiqué au centre d'une plaque. Nous supposons d'abord qu'il s'agisse de l'ombre d'un style. Si l'on donne à ce style une direction parallèle à l'axe du globe, les dimensions de celui-ci étant négligeables vis-à-vis de la distance qui nous sépare du soleil, on pourra imaginer que, dans son mouvement diurne, cet astre tourne uniformément autour du style. Si l'on conçoit un plan mené par le centre du soleil et par le style, il coupera la surface du cadran suivant une certaine ligne, avec laquelle l'ombre du style coïncidera; et toutes les fois que l'ombre viendra reprendre cette position, le plan contenant le centre du soleil et le style aura repris la sienne. Imaginons 24 plans analogues,

faisant entre eux des angles de 15 en 15 degrés, à partir du méridien, ce seront les *plans horaires*; et leurs traces sur la surface du cadran seront les *lignes horaires*; l'heure sera indiquée par la coïncidence de l'ombre du style avec l'une ou l'autre de ces lignes. Tel est le principe des cadrans solaires. Quand la surface du cadran est plane, la projection du style sur cette surface se nomme la *sous-style*.

Le plus simple des cadrans solaires est le cadran *équatorial* ou *équinoxial*, dont le plan est parallèle à l'équateur, et par conséquent perpendiculaire à l'axe autour duquel tourne le soleil. Il est clair que, dans ce genre de cadran, les traces des plans horaires sont des droites faisant entre elles des angles de 15 en 15 degrés, à partir de l'intersection du cadran avec le méridien. Malgré sa simplicité, ce cadran n'est point en usage; et il ne sert que d'intermédiaire pour arriver à la construction des cadrans solaires horizontaux ou verticaux.

**CADRAN HORIZONTAL.** Remarquons d'abord que le

style devant être parallèle à l'axe du globe doit faire avec la méridienne un angle égal à la latitude du lieu. Soit, en effet, PCP' (fig. 1) le méridien

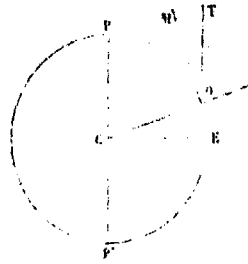


Fig. 1.

d'un lieu O, CP l'axe du globe, CE la trace de l'équateur sur le méridien, OM la méridienne, et OT la direction du style supposée parallèle à CP. Les

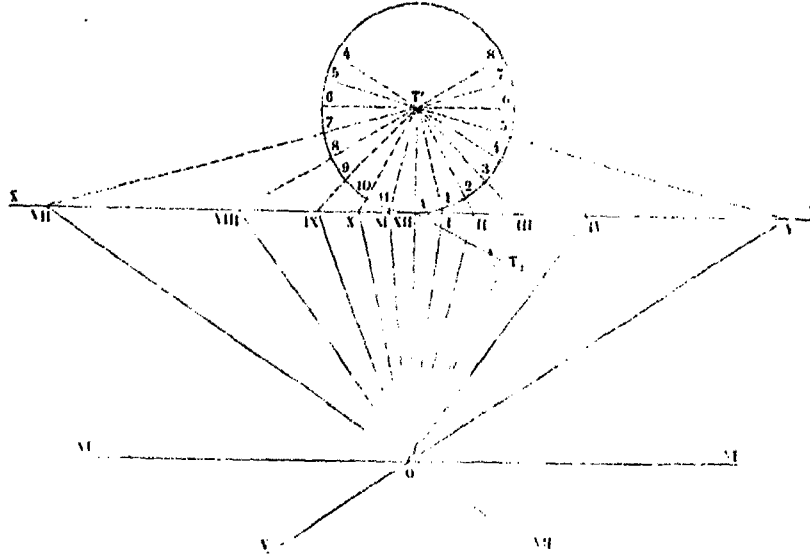


Fig. 2.

angles OCE et MOT seront égaux comme ayant leurs côtés respectivement perpendiculaires; savoir : MO perpendiculaire à la verticale OC du lieu, puisque c'est une horizontale, et OT perpendiculaire à CE, comme étant parallèle à CP. Or l'angle OCE mesure la latitude du lieu; l'angle MOT est donc égal à cette latitude.

Cela posé, soit (fig. 2) O le pied du style, et OA la méridienne. Appelons T l'extrémité du style. Si l'on rabat sur le plan horizontal le plan vertical qui contient le style, celui-ci viendra se rabattre en OT<sub>1</sub>, en faisant avec OA un angle OAT<sub>1</sub> égal à la latitude du lieu. Imaginons par le point T, extrémité du style, un plan perpendiculaire à la direction de ce style, et par conséquent parallèle à l'équateur; sa trace horizontale sera une droite XY

perpendiculaire à la méridienne; et il coupera le plan vertical du style suivant une droite qui dans le rabattement viendra prendre la position AT<sub>1</sub>, perpendiculaire à OT. Concevons que l'on ait pris le point T pour centre d'un cadran équatorial, et que nous rabattions ce cadran sur le plan horizontal en le faisant tourner autour de sa trace XY; le point T viendra en T' sur le prolongement de la méridienne OA, à une distance du point A égale à AT<sub>1</sub>. Décrivons donc du point T' comme centre un cercle ayant AT' pour rayon; divisons sa circonférence en arcs de 15 degrés en 15 degrés, à partir du point A, et menons aux points de division les rayons T'<sub>1</sub>, T'<sub>2</sub>, T'<sub>3</sub>, etc. Ces rayons seront les lignes horaires du cadran équatorial. Prolongeons-les jusqu'à la rencontre de XY, nous obtiendrons leurs traces ho-

horizontales, en I, II, III, etc. Or ces traces appartiennent aux plans horaires; si donc on les joint au point O, on aura les lignes horaires OI, OII, OIII, etc., du cadran horizontal. Il sera midi quand l'ombre du style coïncidera avec la méridienne OA, 1 heure quand elle coïncidera avec OI, 2 heures quand elle coïncidera avec OII, et ainsi de suite. Le point O est ce que l'on appelle le centre du cadran.

Il faut remarquer : 1° qu'à 12 heures d'intervalle le soleil repasse par les mêmes plans horaires, et que par conséquent les lignes horaires qui correspondent à une même heure du matin et du soir sont dans le prolongement l'une de l'autre; 2° que les lignes horaires qui répondent à 6 heures du matin et à 6 heures du soir sont perpendiculaires à la méridienne, parce que le rayon T6 du cadran équatorial étant parallèle à XY n'a pas de trace horizontale; et que par conséquent la ligne horaire correspondante du cadran horizontal rencontre XY à l'infini, c'est-à-dire lui est parallèle. — Comme on ne peut donner au cadran des dimensions indéfinies, on arrête les lignes horaires aux bords du cadran, quelle que soit sa forme, et c'est sur ces

bords que l'on inscrit les chiffres romains ordinairement consacrés à indiquer les heures. Dans la plupart des cadrans solaires horizontaux qui sont de petites dimensions, on remplace le style par l'a-

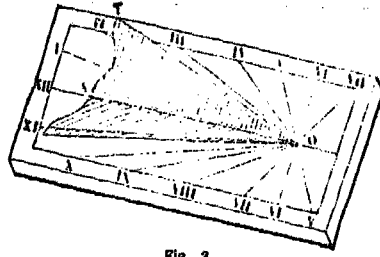


Fig. 3.

rête d'une plaque triangulaire fixée verticalement, comme on le voit indiqué en perspective (fig. 3).  
CADRAN VERTICAL. Soit XY la trace horizontale du mur; soit O' le pied du style dans le plan du mur, et O'A la verticale du point O'. Soit AB la

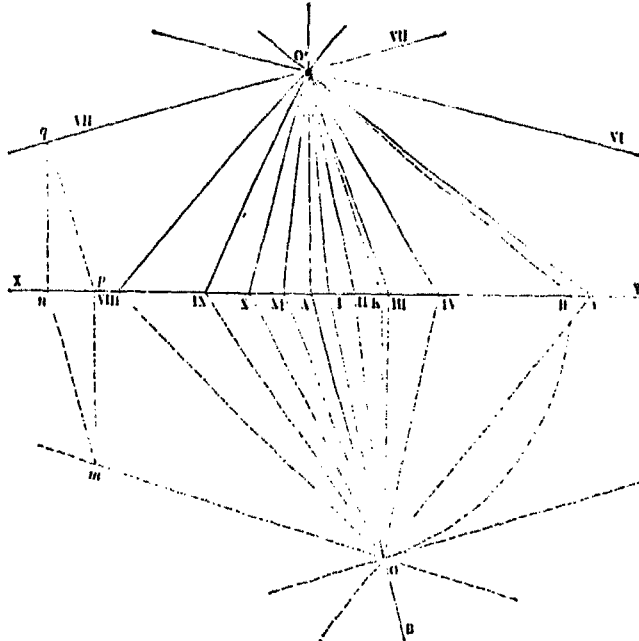


Fig. 4.

méridienne, qui fait avec XY un angle égal à l'azimut du mur, ou à 360° moins cet azimut (Voy. Azimut). Dans le plan du mur, menons la droite O'H faisant avec la verticale un angle égal au complément de la latitude; puis, dans le plan horizontal décrivons, du point A comme centre, avec AH pour rayon, un arc de cercle jusqu'à la rencontre de la méridienne en O; ce point sera la trace horizontale du style, prolongé; car la droite qui va du point O' au point O est située dans le plan méridien O'AO, et elle fait avec la méridienne AO un

angle égal à O'HA, c'est-à-dire à la latitude du lieu. Construisons, comme il a été dit ci-dessus, un cadran horizontal dont le point O soit le centre; et prolongeons les lignes horaires jusqu'à la rencontre de XY; les points de rencontre étant situés dans les plans horaires, appartiendront aux traces de ces plans sur le plan du mur, c'est-à-dire aux lignes horaires du cadran vertical; il suffira donc de les joindre au point O' pour obtenir ces lignes horaires O'I, O'II, O'III, etc. Il sera midi quand l'ombre du style coïncidera avec la verticale O'A ou

O'XII; il sera 1 heure quand elle coïncidera avec O'I; 2 heures quand elle coïncidera avec O'II, et ainsi de suite. — Il peut arriver qu'une ou plusieurs des lignes horaires du cadran horizontal ne rencontrent le mur qu'en dehors de la surface sur laquelle on opère : c'est ce qui a lieu dans la figure pour la ligne O'VII; cette circonstance n'empêche pas de mener par le point O' une droite qui aille concourir avec les deux premiers O VII et XY ; c'est un problème de Géométrie descriptive facile à résoudre. Pour cela, on déterminera la projection verticale O'K du style; par un point quelconque m de la ligne horaire O'VII, on mènera une parallèle mn à la méridienne, et une perpendiculaire mp au mur; au point n on élèvera une verticale nq; et par le

point p on mènera une parallèle à O'K, qui rencontrera cette verticale en un point q; on joindra O'q; ce sera la ligne horaire O'VII du cadran vertical, correspondante à la ligne horaire O'VII du cadran horizontal. Car il résulte de la construction que la droite dont les projections sont mn et pq, est parallèle au style; or sa trace horizontale m est dans le plan horaire OO'VII; sa trace verticale q est donc aussi dans le même plan, et par conséquent sur la ligne horaire O'VII.

Au lieu de se servir comme auxiliaire du cadran horizontal, on peut rabattre directement le cadran équatorial sur le plan du mur. Soient, comme ci-dessus, OA et O'K (fig. 5) les projections du style. Rabattons le triangle O'KO sur le plan du mur; pour cela, élevons en K une perpendiculaire à la

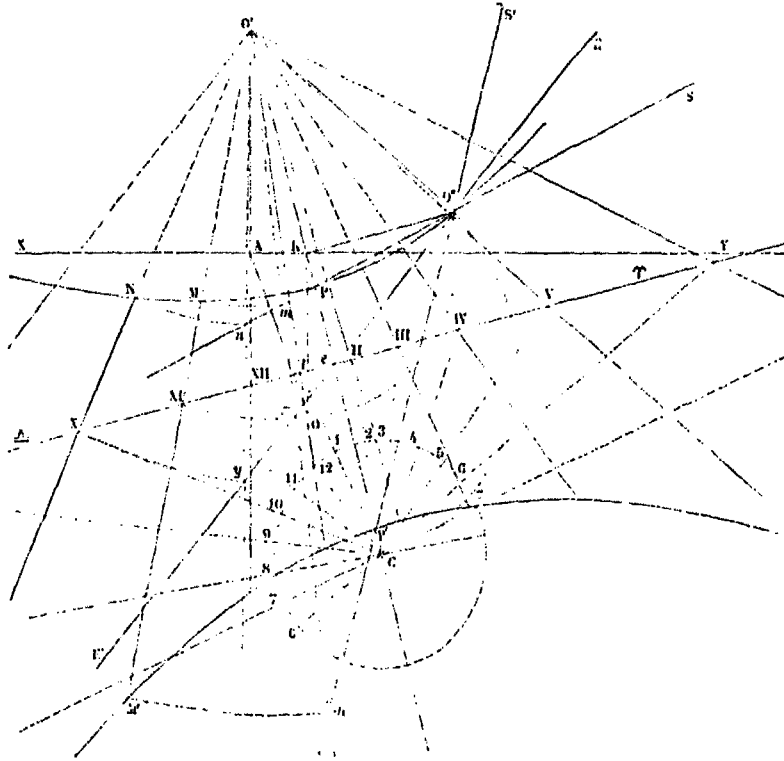


Fig. 5.

sous-style O'K, et prenons sur cette perpendiculaire une longueur KO' égale à KO. Concevons par le point O un plan perpendiculaire au style; il coupera le plan O'KO suivant une droite qui, dans le rabattement, viendra prendre la position O'e, perpendiculaire à O'O'. Le point e où cette perpendiculaire rencontre le prolongement de la sous-style O'K, est un point de la trace verticale du plan perpendiculaire au style; cette trace est donc une droite  $\epsilon\gamma$  menée par le point e, perpendiculaire à la projection verticale O'K du style. On la nomme l'équinoxiale, parce que c'est la ligne que

décrit, au moment de l'équinoxe, l'extrémité de l'ombre du style, supposé terminé en O. En effet, à ce moment de l'année, la droite menée du point O au centre du soleil décrit un plan parallèle à l'équateur et par conséquent perpendiculaire au style; l'intersection de ce plan avec le plan du mur est donc le lieu décrit par l'ombre du point O. — Concevons maintenant un cadran équatorial dont le point O soit le centre, et rabattons-le sur le plan du mur en le faisant tourner autour de sa trace verticale, c'est-à-dire autour de l'équinoxiale; le point O' ou O se rabattra en C, sur la sous-sty-

laire, à une distance  $Ce$  égale à  $O'e$ . Remarquons que la verticale  $OA$  du point  $O$  est l'intersection du plan du mur avec le méridien ; le point  $XII$ , où elle rencontre l'équinoxiale, appartient donc au méridien, et par conséquent au plan horaire qui répond à l'heure de midi. La ligne  $C XII$  est donc le rabattement de la ligne de midi sur le plan équatorial. Du point  $C$  comme centre, décrivons une circonférence avec un rayon quelconque, et divisons-la en arcs de 15 en 15 degrés à partir du point  $12$  situé sur  $C XII$  ; puis menons les lignes horaires  $C1, C2, C3$ , etc., qui viendront rencontrer l'équinoxiale aux points  $I, II, III$ , etc. Enfin joignons les droites  $O'I, O'II, O'III$ , etc., ce seront les lignes horaires du cadran tracé sur le mur. On les arrêtera au cadre comme nous l'avons expliqué tout à l'heure. Si l'une des lignes horaires du cadran équatorial ne rencontre pas l'équinoxiale dans l'étendue de la surface sur laquelle on opère, ce qui arrive sur la figure pour les lignes  $C9, C8, C7$ , on obtiendra les lignes horaires correspondantes du cadran vertical, en faisant pour chacune d'elles une construction analogue à celle qui a été indiquée plus haut dans une circonstance semblable.

Lorsque, comme dans l'exemple de la figure, le mur vertical sur lequel on trace le cadran solaire n'est pas perpendiculaire au méridien, le cadran solaire porte le nom de *cadran déclinant*, parce que l'angle que fait le mur avec la ligne Est et Ouest, lequel est le complément de son azimut, s'appelle la *déclinaison* du mur.

Toutes les lignes horaires ne sont pas nécessaires ; et l'on ne trace que celles qui répondent à la période du jour pendant laquelle le plan du cadran est éclairé, et que l'on nomme pour cette raison la *durée de l'illumination du cadran*. Pour les cadrans horizontaux, cette période est la durée même du jour (Voy. COUCHE). Mais pour les cadrans verticaux déclinants, elle est limitée par l'azimut du cadran : si cet azimut est moindre que  $90^\circ$ , auquel cas on dit que le cadran décline vers l'est, l'illumination dure depuis le lever du soleil jusqu'à l'instant où cet astre traverse le plan du cadran prolongé ; si, au contraire, l'azimut est supérieur à  $90^\circ$ , auquel cas on dit que le cadran décline vers l'ouest, l'illumination dure depuis l'instant où le soleil traverse le plan du cadran jusqu'au coucher de cet astre. L'instant où le soleil se trouve dans le plan du cadran est facile à déterminer : si l'on considère à cet instant le triangle sphérique qui a pour sommets le pôle  $P$ , le zénith  $Z$  et le centre du soleil  $S$ , on y connaît le côté  $PZ$  égal au complément de la latitude du lieu, le côté  $PS$  égal au complément de la déclinaison du soleil, et l'angle en  $Z$ , supplément de l'azimut du mur ; on peut donc calculer l'angle en  $P$ , qui n'est autre chose que l'angle horaire (Voy. ce mot) ; en le convertissant en temps, à raison de  $15^\circ$  par heure, on aura l'intervalle de temps compris entre midi et l'instant que l'on considère. La connaissance de cet instant, pour l'époque du solstice, déterminera les lignes horaires qui doivent servir de limites au cadran.

Sur les cadrans ordinaires, on se contente de tracer les lignes horaires ; mais sur les cadrans plus soignés on trace aussi les *lignes de déclinaison* ou *lignes zodiacales* : on nomme ainsi les lignes dé-

crites chaque jour par l'extrémité de l'ombre du style. Nous avons déjà dit que le jour de l'équinoxe la ligne ainsi décrite est une droite, l'équinoxiale. Aux autres époques de l'année, et dans les latitudes moyennes, les lignes de déclinaison sont des hyperboles, au moins approximativement ; et, d'une manière plus générale, ces lignes sont approximativement des sections coniques. En effet, la déclinaison du soleil variant très-peu dans l'espace d'un jour, on ne commet, en négligeant cette variation, qu'une erreur de l'ordre de celles qu'entraînent les constructions graphiques nécessaires pour tracer le cadran. Si donc on considère le soleil comme décrivant dans l'espace d'un jour un parallèle de la sphère céleste, un rayon lumineux émané du centre de l'astre et passant par l'extrémité du style décrit autour de l'axe du monde, ou, ce qui revient au même à cause des faibles dimensions du globe, autour du style prolongé, un cône de révolution dont l'intersection avec le plan du cadran est précisément la ligne de déclinaison pour le jour considéré. Cette ligne de déclinaison est donc une section conique. En considérant, pour fixer les idées, un mur vertical perpendiculaire au méridien, on reconnaîtra sans peine que, pour les lieux situés dans les zones tempérées ou dans les zones glaciales, le plan du mur coupe les deux nappes du cône et que par conséquent les lignes de déclinaison sont des hyperboles, sauf à l'époque de l'équinoxe. Sous le tropique, on aurait une parabole au moment du solstice et des ellipses tout le reste de l'année. Entre les tropiques, il y a toujours une époque où la ligne de déclinaison est une parabole : c'est celle où la déclinaison du soleil est égale à la latitude du lieu ; quand la déclinaison est plus grande, on a une hyperbole ; quand elle est moindre, on a une ellipse.

Au pôle, le style étant toujours supposé parallèle à l'axe du globe, deviendrait parallèle au plan du cadran, ce qui a fait donner le nom de *cadrans polaires* aux cadrans qui présentent cette particularité. Les lignes de déclinaison seraient encore des hyperboles. (Voy. CADRAN POLAIRE.)

Nous montrerons comment on trace la ligne de déclinaison correspondante au solstice d'hiver ; la construction serait analogue pour les autres époques de l'année. Pour cela, il faut chercher sur chaque ligne horaire l'extrémité de l'ombre du style à l'époque considérée. Cherchons d'abord cette extrémité sur la ligne horaire qui se confond avec la sous-stylaire  $O'e$ . Pour cela, faisons au point  $O$  un angle  $EO'S$  égal à l'obliquité de l'écliptique, soit  $3^\circ 27' 1,2$  environ (exactement  $23 27' 14''$  au 1<sup>er</sup> janvier 1867) ; cette ligne prolongée viendra rencontrer la sous-stylaire en un point  $P$  qui sera le point cherché ; car  $SO'P$  est la génératrice du cône considéré contenue dans le plan qui projette le style sur le mur. Ce point  $P$  sera en même temps le sommet de la branche d'hyperbole correspondante, puisque la génératrice  $SO'P$  dont il s'agit est contenue dans un plan perpendiculaire au plan coupant, c'est-à-dire au plan du mur. Supposons que l'on veuille obtenir le point de la même ligne de déclinaison situé sur la ligne horaire  $O'XI$  ; on remarquera d'abord que le triangle de l'espace dont les sommets sont  $O, O'$  et  $XI$ , est rectangle en  $O$ , puisque  $O XI$  est contenu dans le



Soit O (fig. 7) le centre de la plaque; P la projection du point O sur le plan du mur; le point P et la distance OP sont supposés connus. Par le point P menons une horizontale PA, et une verticale PV,

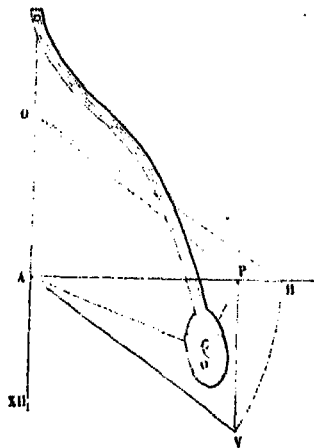


Fig. 7.

sur laquelle nous prendrons une longueur  $PV = PO$ ; puis, par le point V, menons une droite VA qui fasse avec l'horizontale PA un angle VAP égal à l'azimut du mur, qui est supposé donné. Le point A sera déterminé. Par ce point élevons la verticale AO'; rabattons AV sur l'horizontale en AH au moyen d'un arc de cercle décrit du point A; puis, au point H faisons l'angle AHO' égal à la latitude du lieu; le point O', où la droite ainsi menée rencontrera la verticale du point A, sera le centre du cadran, c'est-à-dire le point où sa surface est rencontrée par le style fictif ayant pour extrémité le point O. En effet, il résulte de la construction que la droite qui joint les points O et O' est située dans un plan vertical faisant avec AH un angle égal à l'azimut du mur, c'est-à-dire dans le méridien du point O, et qu'elle fait avec l'horizontale AO un angle égal à AHO' ou à la latitude du lieu; cette droite a donc la direction que devrait avoir un style ayant pour extrémité le point O. Dès lors toutes les constructions précédemment indiquées sont applicables à ce style fictif, et le cadran se tracera d'après les règles ci-dessus exposées.

Si l'azimut du mur n'était pas connu, au lieu de le déterminer directement, on pourrait observer avec une bonne montre, et en tenant compte de l'équation du temps, l'image de l'orifice O à l'instant du midi vrai. Soit XII cette image; comme on sait qu'elle est située sur la verticale du centre O' du cadran, en menant par le point XII une verticale A XII on aura une droite contenant le point O'. Du point P, qui est connu, on abaissera sur cette verticale la perpendiculaire PA, qui sera horizontale; au moyen des longueurs OP et PA on calculera, ou l'on mesurera la distance AO; on la portera sur l'horizontale AP, de A en H; au point H on fera un angle AHO' égal à la latitude du lieu; et l'on obtiendra le point O'.

Si l'on n'avait point de moyen de déterminer

l'instant du midi vrai, on pourrait opérer de la manière suivante :

On observerait l'image du point O à une heure quelconque; soit a (fig. 8) cette image. Du point P comme

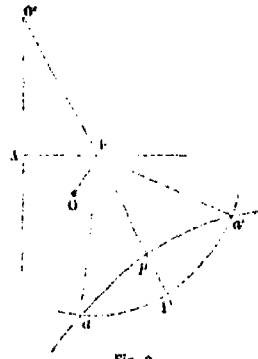


Fig. 8.

centre, avec Pa pour rayon, on décrirait un arc de cercle; et l'on attendrait que l'image du point O vint de nouveau coïncider avec l'arc de cercle, en a'; la bissectrice Pl de l'angle aPa' serait la sous-stylaire; c'est-à-dire l'axe transverse de l'hyperbole aPa'; car la ligne Pl est un axe de symétrie pour les points a et a': ce qui ne peut avoir lieu que pour l'axe de la courbe. Connaissant la direction de la sous-stylaire, on considérerait l'angle trièdre qui a pour arêtes les droites OA, O'A, et O'P; dans cet angle trièdre on connaît la face AO'P, résultant de la construction, la face AO'O, complément de la latitude du lieu, et l'angle dièdre O'P qui est droit; on pourrait donc construire (Voy. ANGLE TRIÈDRE) la face OO'P; et comme O P est connu, on en déduirait le point O'.

Indépendamment des cadrans horizontaux et verticaux, on a construit des cadrans diversement inclinés, et particulièrement des cadrans dont le plan est perpendiculaire au méridien et parallèle au style; ces cadrans portent le nom de *cadrans polaires*, déjà indiqué plus haut. Il est aisé de voir que dans ces sortes de cadrans, les lignes horaires étant les intersections des plans horaires passant par le style avec le plan du cadran qui est parallèle au style, ces lignes horaires sont elles-mêmes parallèles au style; et leurs distances au plan du méridien sont proportionnelles à la tangente de l'angle que fait le plan horaire avec le méridien. Le principal avantage de ces cadrans est de pouvoir, une fois tracés, être installés à une latitude quelconque. Néanmoins ils ne sont point en usage.

On a construit des cadrans horizontaux à style vertical, dits *cadrans azimutaux* (Voy. ce mot).

On a construit également des cadrans solaires sur des surfaces courbes, et notamment sur des surfaces cylindriques à génératrices verticales (Voy. MONTE DES PASTEURS). Le problème se réduit toujours à trouver l'intersection de la surface du cadran, soit avec un plan s'il s'agit de déterminer les lignes horaires, soit avec un cône de révolution s'il s'agit des lignes de déclinaison. La Géométrie descriptive fournit des règles pour construire ces diverses intersections.

Il est clair que le problème des cadrans solaires, au lieu d'être résolu par des constructions graphiques, pourrait être traité par le calcul. Mais comme il faudrait toujours en venir aux constructions graphiques pour traduire les résultats du calcul, on préfère employer sur-le-champ la règle et le compas.

La construction des cadrans solaires peut donner lieu à un grand nombre de problèmes particuliers, pour lesquels nous renvoyons aux traités spéciaux de *Gnomonique* (Voy. ce mot).

**CADRATURE**, ensemble de pièces, ordinairement placées sous le cadran, qui forme le mécanisme de répétition dans les montres et pendules, ou qui sert à obtenir certaines indications particulières, telles que le quantième, l'équation du temps, dans les horloges, etc. (Voy. MONTRE A RÉPÉTITION, HORLOGE A EQUATION.)

**CAGNARDELLE**, machine soufflante à laquelle M. Cagniard de Latour a donné son nom. C'est une vis d'Archimède (Voy. ce mot) qui, au lieu de fonctionner dans l'eau, fonctionne dans l'air. Elle tourne en sens inverse de la vis d'Archimède ordinaire; en vertu de ce mouvement, l'air descend dans les canaux formés par la vis, et s'écoule dans un tuyau disposé à la partie inférieure. Cette machine, d'un très-faible rendement, est aujourd'hui à peu près abandonnée. (Voy. VENTILATEUR A VIS.)

**CAISSE D'AMORTISSEMENT**. Caisse où sont déposés les sommes annuellement affectées par un Etat à l'amortissement de la dette publique. Les sommes versées dans cette caisse y sont considérées comme placées à intérêts composés. (Voy. AMORTISSEMENT.)

**CAISSE D'ÉPARGNE**, établissement de prévoyance fondé en France en 1818, à l'imitation des institutions analogues de Suisse et d'Angleterre.

I. La Caisse d'épargne reçoit, tous les dimanches, les dépôts qui lui sont confiés, et qui, pour chaque déposant, ne peuvent être inférieurs à 1 fr., ni supérieurs à 300 fr. Ces dépôts commencent à porter intérêt à partir du dimanche suivant; le taux de l'intérêt a été fixé à 4 pour 100 par la loi du 7 mai 1853, mais la Caisse retient 1/2 pour 100 pour frais d'administration. Dans le calcul des intérêts on suppose l'année de 52 semaines exactement. Si, par exemple, on veut savoir ce que rapportera une somme de 75 fr. au bout de 38 semaines à partir du dépôt, on aura à chercher l'intérêt de 75 fr. à 3 1/2 pour 100 pendant 37 semaines. En appelant  $x$  cet intérêt, on aura donc (Voy. INTÉRÊTS)

$$x = \frac{75 \cdot 0,035 \cdot 37}{52} = 1^r,86,$$

c'est-à-dire que pour l'obtenir il faut multiplier la somme déposée par l'intérêt annuel de 1 fr., et par le nombre de semaines diminué d'une unité, et diviser le produit par 52.

II. Les intérêts produits par un versement, depuis le dimanche qui suit le dépôt jusqu'à la fin de l'année, c'est-à-dire jusqu'au dernier dimanche, portent, dans la comptabilité des Caisses d'épargne, le nom d'intérêts anticipés, parce qu'on les inscrit au compte du déposant au moment du dépôt. Lorsqu'un déposant retire une somme déposée, les intérêts de cette somme cessent de courir le dimanche même où se fait la demande de remboursement. Mais on appelle *intérêts rétrogrades* les intérêts

qu'aurait produits cette somme depuis le dimanche qui suit la demande en remboursement jusqu'au dernier dimanche de l'année. Pour faire le compte des intérêts quand un déposant retire ses fonds, on n'a qu'à retrancher la somme des intérêts rétrogrades de la somme des intérêts anticipés.

Supposons, par exemple, qu'une personne ait déposé 235 fr. à la Caisse d'épargne, 11 semaines après le commencement de l'année, et qu'elle les retire 33 semaines plus tard. Les intérêts anticipés devront être calculés pour 52 — 12 ou 40 semaines, ce qui donnera

$$\frac{235^r,0,035 \cdot 40}{52} \quad \text{ou} \quad 6^r,32.$$

Les intérêts rétrogrades devront être calculés pour 52 — 44, ou 8 semaines, ce qui donnera

$$\frac{235^r,0,035 \cdot 8}{52} \quad \text{ou} \quad 1^r,26.$$

Les intérêts à ajouter au capital retiré seront la différence

$$235^r + 5^r,06 \quad \text{ou} \quad 240^r,06.$$

III. D'après la loi du 30 juin 1851, aucun versement nouveau n'est admis lorsque le compte du déposant a atteint la somme de 1000 fr. Si son compte vient à dépasser cette somme, par suite du règlement des intérêts qui se fait à la fin de chaque année, et qu'il laisse passer trois mois sans demander de remboursement, la Caisse d'épargne lui achète d'office 10 fr. de rentes. Les intérêts continuent à courir jusqu'au moment de l'achat de cette rente; mais les centimes qui accompagnent la somme en francs ne portent aucun intérêt.

Si, par exemple, par suite du règlement annuel des intérêts, le compte du déposant s'élève à 1009<sup>r</sup>,15, les 1009 fr. continueront à porter intérêt pendant 3 mois ou 13 semaines, ce qui donnera 8<sup>r</sup>,82 à ajouter au compte, lequel s'élèvera ainsi à 1017<sup>r</sup>,97. Supposons qu'à ce moment la rente 4 1/2 pour 100 soit à 94<sup>r</sup>,50, le prix de 10 fr. de rentes sera (Voy. RENTES).

$$\frac{94^r,50 \times 10}{4,5} \quad \text{ou} \quad 210 \text{ fr.}$$

Il restera donc au compte du déposant 1017<sup>r</sup>,92 — 210<sup>r</sup>, c'est-à-dire 807<sup>r</sup>,92.

**CAISSE DE RETRAITES POUR LA VIEILLESSE**, établissement de prévoyance fondé par la loi du 18 juin 1850, complétée elle-même par la loi du 28 mai 1853, par le décret du 18 août de la même année et enfin par la loi du 4 mai 1864.

I. Cette Caisse offre à l'ouvrier prévoyant le moyen de s'assurer une rente viagère qui peut aller jusqu'à 1500 fr. L'entrée en jouissance peut commencer, au choix du déposant, à 50 ans, 51 ans, 52 ans, etc., jusqu'à 65 ans; et, dans ces limites, il a le droit de reculer l'âge qu'il avait primitivement fixé pour l'entrée en jouissance de la rente, pourvu que la déclaration de cette intention nouvelle soit faite au plus tard dans le trimestre qui précède l'époque primitivement fixée.

Le plus faible versement qui puisse être opéré est de 5 fr. pour un célibataire, ou de 10 fr. pour un homme marié; et les versements annuels ne peuvent dépasser 4000 fr. Les intérêts sont calculés à 2 1/4 pour 100 par semestre, et ils se capitalisent par trimestre. Ils commencent à courir le premier

Cela fait, si les parallèles doivent être tracés de 10 degrés en 10 degrés par exemple, on divisera CP en 9 parties égales; on divisera de même en 9 parties égales les arcs AP et A'P; puis, par les points de division correspondants on fera passer des arcs de cercle. On aura ainsi un demi-fuseau APA' qui, appliqué sur le globe, couvrira le 12° d'un hémisphère; et les arcs qui représentent les parallèles se raccorderont, d'un demi-fuseau à l'autre, de manière à figurer sans erreur appréciable les cercles parallèles à l'équateur. L'opération serait analogue pour un plus grand nombre de fus. aux. Ordinairement on échancre ces demi-fuseaux du côté du pôle, et l'on couvre toute la partie polaire, à partir du 70° parallèle, par un cercle préparé d'avance, et fendu suivant quelques-uns de ses rayons de manière à pouvoir s'appliquer exactement sur la surface de la sphère. La figure 3 indique ce cercle complémentaire.

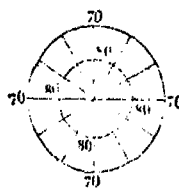


Fig. 3.

Les globes terrestres en usage dans l'enseignement ont depuis 15 centimètres jusqu'à 66 centimètres de diamètre. On cite parmi les plus grands appareils de ce genre le globe terrestre de la Bibliothèque Mazarine, qui a 1<sup>m</sup>,30 de diamètre; celui de Götting, en Russie, qui a plus de 3<sup>m</sup>,50; et les deux globes de la Bibliothèque impériale à Paris, qui ont près de 4<sup>m</sup>. Ces derniers, qui ont près de deux siècles, ne représentent plus l'état actuel de la science.

On peut consulter sur l'usage des globes terrestres l'*Introduction à la connaissance de la sphère* de de Lacroix, et le *Traité de la sphère* de Rivard. GLOBULAIRE (PROJECTION), système de canevas des cartes géographiques, et particulièrement des mappemondes, dans lequel les méridiens équidistants sont représentés par des arcs de cercle coupant en parties égales la droite qui représente l'équateur, et les parallèles équidistants par des arcs de cercle coupant en parties égales le méridien sur lequel se fait le tracé, et la droite qui représente le méridien perpendiculaire. Ce n'est point, à proprement parler, une projection, et ce système de canevas, qui n'a d'autre avantage que de ne pas trop déformer les continents, ne jouit d'aucune propriété géométrique. Il est néanmoins fréquemment employé en Angleterre, et même en France. (Voy. CARTES GÉOGRAPHIQUES.)

GNOMON (mot grec signifiant *indicateur*), instrument d'Astronomie dont se servaient surtout les anciens. Il se compose d'un style vertical ou d'une pyramide, dont on mesurait l'ombre à différentes époques de l'année, au moment du passage du soleil au méridien. Quelquefois le gnomon, au lieu de se terminer par une pointe, était surmonté d'une plaque circulaire percée d'un trou central; la distance de l'image de ce trou sur le sol au pied de l'appareil jouait le même rôle que la longueur de l'ombre.

Les anciens astronomes déterminaient à la fois la latitude du lieu et l'obliquité de l'écliptique, en mesurant, pendant une période d'une année, le maximum et le minimum de longueur de l'ombre.

Solent, en effet, GH (fig. 1) la hauteur du gnomon, H son pied, AH la plus petite longueur de l'ombre et A'H la plus grande, au moment du passage du soleil au méridien; les angles AGH et A'GH, respec-

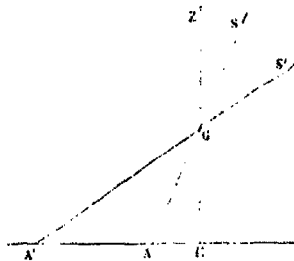


Fig. 1.

tivement égaux à SGZ et S'GZ, représenteront le minimum et le maximum de distance zénithale méridienne du soleil; et si l'on appelle ζ et ζ' ces distances zénithales, l et l' les longueurs correspondantes de l'ombre, et h la hauteur du gnomon, on aura  $\tan \zeta = \frac{l}{h}$ ,  $\tan \zeta' = \frac{l'}{h}$ .

Mais si OZ (fig. 2) est la verticale du lieu, S et S'

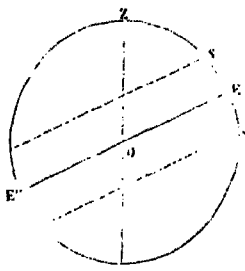


Fig. 2.

les positions du soleil répondant aux solstices, d'où il suit que  $SZ = \zeta$  et  $S'Z = \zeta'$ ; si enfin EE' est la trace de l'équateur sur le plan du méridien, il est évident que l'on a

$$ZE = \frac{1}{2}(SZ + S'Z) \text{ et } SE = \frac{1}{2}(S'Z - SZ),$$

c'est-à-dire, en appelant λ la latitude du lieu et ω l'obliquité de l'écliptique,

$$\lambda = \frac{1}{2}(\zeta + \zeta') \text{ et } \omega = \frac{1}{2}(\zeta' - \zeta),$$

relations qui font connaître la latitude λ du lieu, et l'obliquité ω de l'écliptique. Dans ce calcul, les distances zénithales ζ et ζ' doivent être corrigées de la RÉFRACTION (Voy. ce mot).

La méthode dont on vient de parler a été employée en Chine sous une forme peu différente, onze cents ans avant J.-C.; Pythéas l'employait à Marseille trois cent cinquante ans avant notre ère; enfin elle était encore usitée à l'Observatoire de Paris à la fin du dix-septième siècle. Les observations faites à l'aide du gnomon ont suffi par faire reconnaître la diminution progressive de l'obliquité de l'écliptique.

On donne aussi le nom de *gnomons* à de véritables cadrans solaires horizontaux (Voy. CADRANS SOLAIRES), établis le plus souvent dans des églises, et où l'heure est indiquée par la position de l'image que produit la lumière solaire introduite par un petit orifice pratiqué dans la paroi. On peut voir un gnomon de ce genre à l'hôpital de Tonnerre.

Enfin, on donne quelquefois le nom de *gnomons* aux cadrans solaires, verticaux ou autres, surtout lorsque le style est remplacé par une plaque circulaire percée d'un trou central.

**GNOMONIQUE**, art de tracer les gnomons et les cadrans solaires; c'est une application intéressante de l'Astronomie et de la Géométrie descriptive. (Voy. GNOMONS, CADRANS SOLAIRES, CADRAN AZIMUTAL, etc.). Les principes fondamentaux de la Gnomonique sont exposés dans tous les traités de Cosmographie et d'Astronomie élémentaire. On peut consulter sur ce sujet le *Cours d'Astronomie* de l'École polytechnique; les *Traité de Clavius* (1708); les *Écrits d'Ozanam*, de Lahire, de Deparcieux, de Rivard, etc. Voy. aussi *l'Histoire de l'Astronomie ancienne* de Delambre; un *Mémoire de M. Mahistre*, et la *Gnomonique* de M. Bouterseau, qui contient quelques indications utiles.

**GORGE**, sorte de moulure circulaire (Voy. MOULURES).

**GORGE**, nom donné dans la FORTIFICATION (Voy. ce mot) à l'intervalle compris entre les extrémités des faces d'une DEMI-LUNE, d'une LUNETTE, d'un REDAN, d'un RÉDUIT, etc. (Voy. ces mots), ou entre les points où les flancs d'un BASTION rencontrent les courtines adjacentes. Un ouvrage extérieur est dit ouvert à la gorge lorsqu'il n'est point fortifié du côté de la place; la même expression s'applique à un ouvrage détaché lorsqu'il n'est fortifié que sur les faces tournées vers l'ennemi.

**GOUSSET**, l'une des pièces de l'enrayure d'une CROUPE (Voy. ce mot); elle relie le tirant de la forme de long pan avec le tirant de la demi-ferme de croupe et sert à porter un des bouts du *coyer*.

**GOUTTES**, ornements, de forme pyramidale ou conique, placés au-dessous des triglyphes dans l'ordre dorique, et figurant des gouttes d'eau. Elles sont au nombre de 6 sous chaque triglyphe.

Dans l'ordre d'ionique mutulaire, le dessous de chaque MUTULE (Voy. ce mot) est orné de 36 saillies circulaires, auxquelles on donne aussi le nom de gouttes, et qui sont disposées sur 6 rangs, de manière à former un carré. (Voy. ORDRES.)

**GOVERNAIL**, appareil mobile placé à l'arrière d'un navire qui sert à le gouverner, c'est-à-dire à donner à sa marche la direction convenable. Le gouvernail se compose de deux parties. L'une AA (fig. 1), que l'on nomme la *mèche*, est une forte pièce de chêne, articulée avec l'étambot, au moyen d'aiguillots, qui traversent des orifices pratiqués dans les *femelots* fixés à l'étambot. La mèche dépasse l'étambot par sa partie supérieure. Sa section droite n'est pas un rectangle; elle offre, du côté de l'étambot, des faces inclinées qui lui permettent de tourner, dans un sens ou dans l'autre, d'un angle de 35° environ (Voy. JAUZIÈRE). La seconde partie, BBB, appelée le *safran*, est faite de planches de sapin assemblées par des ferrures; elle forme la partie saillante du gouvernail. Sa forme se rapproche plus ou moins d'un trapèze dont la largeur

moyenne est peu considérable relativement à la hauteur. La partie supérieure de la mèche est percée d'une forte mortaise dans laquelle s'engage la *barre d'usage* à l'aide de laquelle on fait mouvoir le gouvernail. Pour cela, une corde très-solide et d'une fabrication particulière, appelée *drosse*, est fixée à l'extrémité de la barre; elle passe de chaque côté du navire dans des poulies très-mobiles, et va s'enrouler sur un tambour placé sur le pont, et que les timoniers font mouvoir au moyen d'une roue à chevilles.

Dans les navires en fer, le gouvernail est lui-même en fer; la mèche peut être en fer massif, ou bien en tôle creuse; du reste, sauf le mode d'assemblage des pièces, la construction est la même que pour un gouvernail en bois. Lorsque la mèche est creuse, elle est entamée de distance en distance pour donner passage aux femelots; une barre en fer rond, introduite dans l'intérieur de la mèche, la traverse dans sa longueur, passe par les trous des femelots et remplace les aiguillots.

L'effet du gouvernail est facile à concevoir. Soit OX (fig. 2) la direction d'une parallèle à la quille;

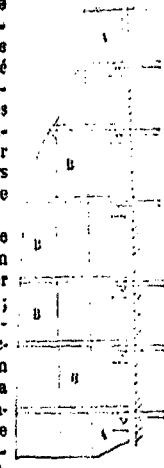


Fig. 1.

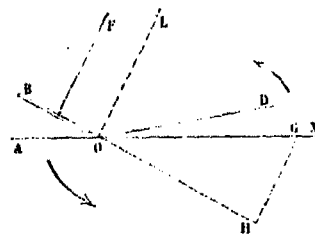


Fig. 2.

soit O un point de l'étambot, OA une coupe horizontale du gouvernail dans sa position moyenne, c'est-à-dire lorsque son plan se confond avec le longitudinal. Si on lui fait prendre la position OB, il s'exercera de la part du fluide une résistance normale F, dont le moment par rapport au centre de gravité G du navire aura pour effet de faire tourner celui-ci dans le sens des flèches; c'est-à-dire que lorsqu'on met le gouvernail en saillie sur l'un des côtés du bâtiment, ce déplacement a pour effet de porter la proue du même côté.

On peut obtenir aisément l'expression du moment de la force F. Nous supposons d'abord que l'étambot n'ait point de quête, c'est-à-dire qu'il soit vertical, comme cela a lieu dans beaucoup de navires modernes, et particulièrement dans les bâtiments à hélice. Nous admettons que le navire ait une dérive DOX =  $\theta$ , et que sa vitesse soit V. Désignons par H le poids du mètre cube du fluide, par A l'aire du gouvernail, par  $k$  un coefficient numérique déterminé conformément à la RÉSISTANCE DES