TRAITÉ DE NAVIGATION.

PREMIÈRE SECTION.

Dans laquelle on donne les connoiſſances néceſſaires pour la conſtruction & l'uſage des Cartes, & où l'on enſeigne les principales méthodes pour réſoudre les queſtions de Navigation.

1. La partie de la Navigation dont il s'agit ici, a pour objet de determiner toutes les circonſtances de la route d'un vaiſſeau ; c'eſt-à-dire, d'aſſigner, à chaque inſtant le lieu de la mer où il ſe trouve, & la direction qu'il doit ſuivre pour ſe rendre à un lieu propoſé. Cette partie de la navigation ſe nomme *Pilotage*, & on en diſtingue de deux ſortes, le *Cabotage*, & la navigation *Hauturière*.

Le cabotage consiste à aller de *Cap* en *Cap*, ou le long des côtes, sans perdre la terre de vue. Il est fondé sur une connoissance détaillée des différentes parties des côtes, des rades, des havres, des rivières, des écueils, des sondes, des courans, des marées, &c. C'est-à-dire, qu'il porte principalement sur des connoissances de fait, & par conséquent sur l'expérience.

La navigation hauturière est celle qui se fait en pleine mer, & hors de la vue des côtes. Elle est ainsi nommée, parce qu'on y fait souvent usage de la hauteur des astres, pour se guider. On rapporte ensuite ces observations sur des cartes où sont marquées les positions respectives des différentes parties du globe terrestre : & par cette comparaison on détermine le lieu où l'on est arrivé, & la route qu'on doit tenir pour achever sa course.

L'une & l'autre de ces deux navigations supposent donc une description des lieux que l'on a à parcourir. La première n'embrassant que des espaces de peu d'étendue, n'a besoin, pour la formation de la plupart des plans dont elle fait usage, d'autres principes que de ceux que nous avons donnés en Géométrie.

Quant au cartes que la navigation hauturière emploie, elles exigent d'autres connoissances. Comme elles doivent représenter la position des lieux, relativement aux parties principales du globe terrestre, & que d'ailleurs leur construction doit, autant qu'il est poſſible, fournir les moyens les plus faciles d'y repréſenter la route que le vaiſſeau eſt eſtimé avoir tenue, où celle qu'il doit tenir, nous devons, pour en donner une connoiſſance ſuffiſante, commencer par examiner la figure & les dimenſions du globe que nous habitons : faire voir de quelle manière on en fixe les principaux points : pourquoi la méthode la plus naturelle pour les repréſenter ſur une carte, n'eſt pas celle qui convient le mieux aux uſages de la navigation ; enfin quelle eſt celle qu'il convient de ſuivre, & quels ſont ſes avantages.

De la figure du Globe terreſtre ; apparences qui réſultent de cette figure, & du mouvement de ce Globe ſur lui-même. Des principaux Cercles qu'on a imaginés pour fixer la poſition de ſes parties.

2. La ſurface de la terre n'eſt pas ce qu'elle ſemble au premier coup d'œil : ce n'eſt pas une ſurface plane ſur laquelle ſont répandues aſſez irrégulièrement des montagnes & des vallées. Dès qu'on change de place pour ſe tranſporter à des diſtances un peu conſidérables, on s'apperçoit bientôt que les objets dont on s'éloigne, diſparoiſſent, & que de nouveaux s'offrent à la vue. Ce changement d'aſpect ne vient pas ſeulement de ce que la lumière qui vient des objets éloignés eſt trop affoiblie pour nous les rendre ſenſibles. Il a lieu auſſi parce que ces objets ſont cachés par la ſurface de la terre

ou de la mer, & que les rayons de lumière qui partant de ces objets ſe dirigent vers l'œil, ſont arrêtés par la ſurface de la terre ou de la mer élevée, pour ainſi dire, entre eux & nous.

Suppoſons, par exemple, que *CRB* (*fig.* 1) repréſente une partie de la ſurface de la mer. Que *AB* ſoit un objet, & *OC* la hauteur de l'œil d'un ſpectateur. Pour que l'œil *O* puiſſe appercevoir le point *A* de l'objet *AB*, il faut que la droite *OA* imaginée par les deux points *O* & *A*, ne rencontre pas la ſurface *CRB*. Si elle la rencontre, l'œil ne pourra voir le point *A* qu'en s'élevant à une hauteur CO' plus grande que *CO*, & telle que la ligne $O'A$ ne rencontre point la ſurface *CRB*, ou ne faſſe tout au plus que l'effleuer. Mais dans ce dernier cas, il ne verroit encore que le point *A* de l'objet *AB*. Si l'œil *O* continue de s'élever, alors il pourra voir, non-ſeulement le point *A*, mais encore toute la partie AB' de l'objet *AB*, compriſe entre la ligne $O''A$, & la tangente $O''B'$ menée du lieu actuel O'' de l'œil, à la ſurface *CRB*.

Mais ſi la ſurface de la terre étoit plane, comme *CB* (*fig.* 2) dès que l'objet *AB* ſeroit devenu inviſible à la diſtance *BC*, ſans l'interpoſition d'aucun objet, & ſeulement parce qu'il ſeroit hors de la portée de la vue, il le ſeroit également à la diſtance $O'A$ ſi on s'élevoit à la hauteur CO', & encore plus ſi on s'élevoit plus haut.

Puis donc à la mer, lorſqu'après avoir

perdu de vue un objet élevé *AB* (*fig.* 1) ſitué ſur la côte, on le revoit néanmoins en montant à la hune, c'eſt une preuve que les rayons viſuels étoient interceptés par la convexité *CRB* de la mer : il en ſeroit de même ſi on s'elevoit dans une vaſte plaine ſur la terre ; donc la ſurface de la terre eſt courbe.

3. Pluſieurs obſervations ont fait connoître, non-ſeulement que la ſurface de la terre eſt courbe, mais encore qu'elle eſt ſphérique, ou à très-peu près ſphérique ; c'eſt-à-dire que tous les points de cette ſurface ſont également éloignés d'un même point, ou à très-peu près également éloignés. Nous la regarderons comme parfaitement ſphérique, dans le cours de cet Ouvrage, nous examinerons cependant, dans la quatrième Section, juſqu'à quel point il eſt néceſſaire d'avoir égard à ſa véritable figure. Mais nous devons obſerver dès à préſent que s'il eſt des cas où l'on ne puiſſe ſe permettre de regarder la terre comme exactement ſphérique, ce n'eſt pas parce que ſa ſurface eſt couverte en pluſieurs endroits, de chaînes de montagnes plus ou moins élevées. La hauteur de ces montagnes eſt comme nulle en comparaiſon du diamètre de la terre. En effet, la plus haute montagne connue ne s'éleve pas à plus de 3220 toiſes au deſſus du niveau de la mer ; or le diamètre de la terre eſt de 6537167 toiſes ; d'où il eſt facile de conclure que cette élévation n'eſt à l'égard du globe terreſtre, que ce que ſeroit une inégalité d'environ $\frac{2}{3}$ de ligne ſur

un globe de dix pieds de diamètre ; & la plus grande partie des autres montagnes est bien au dessous de cette hauteur.

4. Le globe terrestre est à l'égard des corps qui sont à sa surface, à peu près ce que seroit une pierre d'aimant à l'égard de plusieurs morceaux de fer placés à sa surface ou dans le voisinage de cette surface. Tous les corps qui environnent la terre tendent à se précipiter vers le centre, en vertu de leur pesanteur ; en sorte que les habitans situés sur des points opposés *A* & *B* (*fig.* 3) du globe, & qu'on appelle *Antipodes*, sont poussés vers le centre *C*, suivant des directions opposées.

En voyant les corps, dans les pays que nous habitons, tomber perpendiculairement à la surface de la terre, ou suivant des directions parallèles à *DA*, nous sommes portés à croire que ceux qui seroient dans le voisinage de la partie opposée *B*, devroient tomber suivant *FB* ; mais c'est tout le contraire : la même cause qui fait tomber suivant *DAC*, un corps placé en *D*, fait tomber suivant *EMC* celui qui seroit placé en *E*, & suivant *FBC* celui qui seroit placé en *F*, ensorte que toutes les parties de la terre & des eaux, par leur tendance commune vers *C*, se tiennent mutuellement en équilibre autour de ce même centre.

5. Il faut se représenter que la terre est un globe placé au dedans d'un autre globe immense qu'on appelle le *Ciel*. Les habitans qui sont en *A* voient une partie du ciel ;

ceux qui ſont en *B*, voient l'autre ; ceux qui ſont en *M*, voient une partie de ce qui eſt viſible en *A*, & une partie de ce qui eſt viſible en *B*.

Soit *T*, la terre (*fig.* 4) ; *A* & *B* deux points oppoſés de ſa ſurface. Si par les deux points *A* & *B* on conçoit deux plans tangents à cette ſurface (leſquels ſeront parallèles), & qu'on les imagine prolongés de toutes parts juſqu'à ce qu'ils rencontrent le ciel, & y forment les ſections circulaires *HOZR*, *H'O'Z'R'*; alors *HOZR* ſera ce qu'on appelle l'horizon ſenſible du lieu *A* ; & *H'O'Z'R'* ſera l'horizon ſenſible du lieu *B* qui eſt l'antipode de *A*.

L'horizon ſenſible eſt donc un cercle qui touche la ſurface de la terre. Il ſépare la partie viſible du ciel, de la partie inviſible. Un obſervateur dont l'œil ſeroit placé en *A*, ne peut voir que ce qui eſt au-deſſus du plan *HOZR*, & la ſurface de la terre lui empêche de voir ce qui eſt au deſſous. L'antipode *B*, au contraire, ne peut voir que ce qui, par rapport à lui, eſt au-deſſus du plan *H'O'Z'R'*. Il paroît donc qu'il y a entre ces deux horizons, un eſpace, une zone qui ne peut être vue ni de l'obſervateur *A*, ni de ſon antipode *B* ; & cela eſt vrai à la rigueur, du moins en ſuppoſant l'œil de l'obſervateur à la ſurface. Mais le diamètre *AB* de la terre eſt ſi petit en comparaiſon de la diſtance de la terre au ciel, c'eſt-à-dire aux étoiles, que l'arc *HH'* compris entre ces deux horizons, eſt abſolument inſenſible ; en ſorte que ces deux horizons peuvent être pris l'un & l'autre pour un ſeul & même horizon qui paſſeroit par le centre T de la terre, & qu'on appelle *Horizon rationnel.*

L'horizon rationnel eſt donc un cercle qui paſſe par le centre de la terre, & qui eſt parallele à l'horizon ſenſible. C'eſt un grand cercle de la ſphere céleſte.

6. Si par le centre T de la terre on imagine une droite LK perpendiculaire à l'horizon rationnel (& par conſéquent à l'horizon ſenſible), les points K & L où l'on peut imaginer que cette droite rencontre la ſphère céleſte, s'appellent les *Pôles de l'horizon.* Celui qui eſt au-deſſus de la tête de l'obſervateur, s'appelle le *Zénith*; & celui qui eſt ſous ſes pieds, s'appelle le *Nadir.* Ainſi K eſt le zénith d'un obſervateur placé en A, & L eſt ſon nadir. C'eſt le contraire pour un obſervateur placé en B.

7. Puiſque la figure de la terre eſt ſphérique; dès qu'un obſervateur ſe meut, il change d'horizon, d'antipodes, de zénith & de nadir : il ceſſe de voir certaines parties du ciel, & en découvre de nouvelles. Donc réciproquement ſi la terre, le ciel, & les différens aſtres qu'on y voit étoient immobiles, dès qu'un obſervateur appercevroit quelque changement dans la ſituation des aſtres, il pourroit en conclure qu'il a lui-même changé de place, & ſe ſervir de cette différence d'aſpect, pour connoître la différence de ſa ſituation actuelle à la première.

Mais comme la terre n'eſt point immobile;

que d'ailleurs, tous les aſtres ne ſont pas fixes dans le ciel; avant que d'entreprendre de faire uſage des différens aſpects ſous leſquels le ciel ſe préſente, pour déterminer la poſition d'un lieu ſur la terre, il faut ſavoir quelles apparences le mouvement de la terre, & celui des aſtres peuvent offrir à un obſervateur qui reſteroit conſtamment en un même lieu ſur la ſurface du globe. Pour ne point embraſſer trop d'objets à la fois, bornons-nous, pour le préſent, à ce qui regarde le mouvement de la terre, & celui que les aſtres paroiſſent avoir en vertu de ce même mouvement.

8 Soit donc $EPTp$ (*fig.* 5) le globe terreſtre. Concevons que ce globe tourne uniformément autour de l'un Pp de ſes diamètres que nous appellerons l'*Axe*. Il eſt clair 1°. que chaque point L de la ſurface de la terre décrit un cercle qui a ſon centre I dans l'axe Pp, & pour rayon la perpendiculaire LI menée ſur Pp. 2°. Que le point E également éloigné des deux points P & p qu'on appelle les *Pôles*, décrit le plus grand cercle. Ce cercle s'appelle l'*Équateur*, parce qu'il partage le globe en deux parties égales; il eſt perpendiculaire à l'axe Pp.

Chaque moitié du globe compriſe entre l'équateur & l'un des pôles, s'appelle *Hémiſphère*. On appelle hémiſphère *Boréal*, ou *Septentrional*, ou *Arctique*, celui qu'habitent les Européens; & l'autre s'appelle hémiſphère *Auſtral*, ou *Méridional*, ou *Antarctique*. On appelle pareillement pôle Boréal, ou Arctique, ou ſimplement *Nord*, celui qui eſt dans l'hémiſphère Boréal ; & pôle Auſtral, ou *Méridional*, ou Antarctique, ou ſimplement *Sud*, celui qui eſt dans l'hémiſphère Auſtral.

3°. De part & d'autre de l'équateur, les cercles décrits par les différens points de la ſurface de la terre, ſont d'autant plus petits qu'ils s'éloignent plus de l'équateur, ou qu'ils s'approchent plus des pôles, enſorte qu'aux pôles même il n'y a plus aucun mouvement. Ces cercles qui ſont parallèles à l'équateur ſe nomment ſimplement des *Parallèles*. Si L, par exemple, marque la ſituation de Paris ſur la terre, le cercle LMR qui paſſe par L, parallèlement à l'équateur, & qui eſt la trace que décrit Paris pendant une révolution de la terre, s'appelle la Parallèle de Paris.

4°. Si on ſuppoſe que le mouvement de la terre autour de l'axe Pp, ſe faſſe dans le ſens EQT, un obſervateur ſitué en quelque lieu que ce ſoit ſur la ſurface de la terre, verra les aſtres tournés en ſens contraire ; enſorte que ſi l'on imagine que le plan de l'équateur terreſtre EQT ſoit prolongé de toutes parts juſqu'au ciel, & y forme la ſection circulaire $E'Q'T'$ qu'on appelle l'équateur céleſte, & qui eſt par conſéquent un des grands cercles de la ſphère céleſte, un aſtre placé en un point quelconque de cet équateur paroîtra tourner dans le ſens $T'Q'E'$ contraire à celui EQT ſelon lequel la terre tourne réellement. Par la même raiſon un aſtre placé en tout autre point de la ſphère céleſte, paroîtra décrire un parallèle à l'équateur, mais en ſens contraire au mouvement de la terre. Ainſi les aſtres voiſins de l'équateur paroîtront tourner beaucoup plus vîte que ceux qui ſeront voiſins des pôles P' & p' de l'équateur céleſte, qu'on appelle les pôles du monde, & qui ſont les rencontres de l'axe terreſtre avec la ſphère céleſte. De plus ce mouvement des aſtres ſe ſera avec la même uniformité (*) que celui de la terre, & s'achèvera dans le même temps.

La raiſon de ces apparences eſt qu'à quelque endroit de la ſurface de la terre, que l'obſervateur porte ſa vue, les objets reſtent toujours à ſon égard dans la même ſituation : rien ſur la terre ne peut donc lui faire juger qu'il eſt en mouvement; ce n'eſt qu'en conſidérant le ciel qu'il peut s'appercevoir de quelque changement.

Or, ce changement ne peut lui faire voir autre choſe, ſinon qu'un aſtre qui étoit à ſa gauche, par exemple, eſt actuellement à ſa droite; c'eſt-à-dire, que cet aſtre eſt à ſon égard, comme s'il étoit réellement mu de gauche à droite.

9. Le ſens dans lequel ſe fait le mouvement de la terre, eſt d'occident en orient,

---

(*) Les parallèles que les aſtres paroiſſent décrire, ayant leurs centres dans l'axe $P'p'$, ce mouvement, à la rigueur, ne ſeroit pas uniforme pour un obſervateur placé à la ſurface de la terre, mais le rayon de la terre eſt ſi petit en comparaiſon de celui de la ſphère étoilée, que tout ſe paſſe pour l'obſervateur comme s'il étoit au centre C.

c'eſt-à-dire, du couchant vers le levant : & les aſtres paroiſſent, au contraire, tourner du levant au couchant. Néanmoins, pour nous conformer à l'uſage, nous nous exprimerons, à l'avenir, comme ſi le Soleil & les autres aſtres tournoient réellement autour de la terre d'orient en occident.

Cela poſé, par le centre *C* de la terre (*fig.* 6), concevons un plan parallele à l'horizon ſenſible du lieu quelconque *L*, & qui, prolongé de toutes parts, forme dans le ciel la ſection circulaire *HSON* qui ſera l'horizon rationnel du lieu *L*. Il eſt clair 1°. que cet horizon coupera l'équateur *ET* & ſes parallèles *IBR*, en deux parties dont l'une *BRN* qui eſt au-deſſous de l'horizon ne pourra être vue par l'obſervateur placé en *L*, & dont l'autre *BIN* qui eſt au-deſſus de l'horizon, pourra être vue par cet obſervateur.

2°. Que comme l'horizon & l'équateur ſont deux grands cercles qui ſe coupent en deux parties égales, un aſtre qui dans ſon mouvement decrit l'équateur même, eſt auſſi long-temps au-deſſus de l'horizon qu'au-deſſous.

3°. Que les parallèles à l'équateur étant coupés inégalement par l'horizon, & ayant au-deſſus de l'horizon une partie d'autant plus grande ou d'autant plus petite, que l'aſtre ou ſon parallèle s'approche plus ou s'éloigne plus du *Pôle élevé*, c'eſt-à-dire, du pôle P' qui eſt au-deſſus de l'horizon, cet aſtre ſera d'autant plus long-temps viſible, que ſon parallèle approchera plus du pôle élevé, & d'autant moins long-temps qu'il s'éloignera davantage de ce pôle ; enforte qu'il y aura des aftres qui ayant leur parallèle comme AA' entièrement au-deffus de l'horizon, feront toujours vifibles pour l'obfervateur L; d'autres au contraire, dont le parallèle $A''A'''$ fera tout entier fur l'horizon, & qui ne feront jamais vifibles du lieu L. Il n'y a que les lieux fitués fur l'équateur, pour qui les aftres foient auffi long-temps au-deffus de l'horizon qu'au-deffous, parce que leur horizon étant perpendiculaire à l'équateur, coupe tous les parallèles en deux parties égales.

Mais pour les lieux placés de part ou d'autre de l'équateur, la durée de la préfence d'un aftre fur l'horizon, dépend de deux chofes ; 1°. de la diftance de l'aftre à l'équateur, ainfi qu'on vient de le voir ; 2°. de l'inclinaifon de cet horizon à l'égard de l'équateur ; car il eft évident que plus l'angle de l'horizon & de l'équateur fera petit, plus les parallèles feront coupés inégalement ; enforte qu'un aftre qui, fur un certain horizon, n'eft vifible que pendant un certain temps, eft vifible plus long-temps fur un horizon qui fait un angle plus petit avec l'équateur, c'eft-à-dire, dans les lieux qui s'approchent plus du pôle. Au pôle même, par exemple, où l'horizon fe confond avec l'équateur, les aftres, du moins ceux qui font fixes, ne fe lèvent ni ne fe couchent jamais. Ceux qui font vifibles tournent toujours autour de l'horizon, fans monter ni defcendre.

Le point S & fon oppofé, où l'horizon coupe l'équateur, s'appellent les vrais points d'*Est* & d'*Ouest*, ou le vrai *Levant*; & le vrai *Couchant*. Ce sont les deux points où un astre qui décrit l'équateur se lève & se couche, pour quelque horizon que ce soit.

10. Si par l'axe *Pp* & le lieu quelconque *Z* pris sur la surface de la terre, on conçoit un plan, qui prolongé dans le ciel y forme la section circulaire $P'E'p'T$; cette section passera par le zénith *Z*, & par les pôles P' & p'; elle sera par conséquent perpendiculaire à l'horizon *HSON*, à l'équateur, & à tous ses parallèles; elle les coupera par conséquent en deux parties égales, ainsi que leurs parties élevées au-dessus de l'horizon. Cette section est ce qu'on appelle le Méridien céleste; la section correspondante *Rp* sur la terre, est le méridien terrestre; & l'on appelle ligne *Méridienne*, la ligne droite *HO* qui est l'intersection du Méridien avec le plan de l'horizon.

11. Le *Méridien* est donc un grand cercle de la sphère, perpendiculaire à l'horizon & à l'équateur, ou perpendiculaire à l'horizon, & qui passe par les pôles du monde. On l'appelle Méridien, parce que coupant tous les parallèles en deux parties égales, il partage aussi en deux parties égales la durée de la présence d'un astre sur l'horizon. C'est l'instant où le Soleil passe par ce cercle, qu'on appelle Midi : & c'est par l'intervalle de temps entre le passage & le retour du Soleil à ce même cercle, qu'on mesure la durée totale du jour, que l'on est convenu de partager en 24 parties égales qu'on appelle *Heures*.

Les Aſtronomes comptent ces 24 heures de ſuite, d'un midi à l'autre; mais dans l'uſage ordinaire on les partage en deux douzaines, dont l'une ſe compte depuis midi juſqu'à 12 heures après, ou *minuit*; & l'autre depuis minuit juſqu'au midi du lendemain. Les heures de la première douzaine s'appellent heures du ſoir, & celles de la ſeconde, heures du matin.

12. On voit donc que tous les lieux ſitués ſur un même méridien terreſtre, comptent midi à un même inſtant; & qu'il en eſt de même pour une autre heure quelconque. Si par l'axe *Pp* de la terre (*fig.* 7) on conçoit tant d'autres plans qu'on voudra; toutes les différentes ſections *PEp*, *PRp*, &c. qu'ils formeront ſur la ſurface de la terre, ſeront autant de méridiens auxquels le Soleil correſpondra ſucceſſivement pendant la durée d'un jour. D'où l'on voit que lorſqu'il ſera midi pour ceux qui habitent ſur le méridien *PEp*, il ſera plus de midi pour ceux qui habitent ſur les méridiens ſitués vers l'orient; parce que le Soleil aura déjà paſſé au méridien de ceux-ci. Au contraire, il ne ſera pas encore midi pour ceux qui habitent ſur des méridiens ſitués vers le couchant du méridien *PEp*, parce que le Soleil n'aura pas encore paſſé à leur méridien.

13. Dans l'eſpace de 24 heures, le Soleil parcourt donc 360° autour de la terre, & par conſéquent 15 degrés par heure; c'eſt-à-dire, que d'heure en heure, il répond à des méridiens qui font entre eux des angles de 15°.

Donc réciproquement ſi deux méridiens ſont éloignés de 15°, ou de 30°, ou de 45°, &c, ; c'eſt-à-dire, ſi l'arc *ER* de l'équateur (*fig.* 7) compris entre deux méridiens, eſt de 15°, 30°, 45°, &c. la difference des temps où les peuples ſitués ſur ces méridiens, auront midi, ou une même heure quelconque, ſera d'une heure, de deux heures, de trois heures, & ainſi à proportion de la différence des méridiens. Ceux qui ſeront à 180° d'un méridien, ou qui ſeront dans l'autre moitié de ce méridien, compteront minuit lorſque ceux-là compteront midi. D'où l'on voit que ſi l'on faiſoit le tour de la terre en allant de l'eſt à l'oueſt, on compteroit, en revenant au méridien du départ, un jour de moins que ceux qui y ſeroient reſtés ; au contraire, on compteroit un jour de plus, ſi l'on avoit fait le tour en allant de l'oueſt à l'eſt.

14. Donc ſi l'on ſait qu'un certain phénomène qui peut être vu de différens lieux au même inſtant, doit arriver à une certaine heure ſous un méridien connu ; on pourra, en obſervant ce phenomène ſous un autre méridien, déterminer la difference de ces deux meridiens. Par exemple, ſi l'on ſait qu'une éclipſe de Lune doit être vue à Paris un certain jour à 6 heures 17 minutes du ſoir, & qu'obſervant cette éclipſe à Breſt, on trouve qu'elle y arrive à $5^h\ 39'\ 37''$; on en conclura que Breſt eſt à l'occident de Paris, puiſqu'au même inſtant on y compte moins qu'à Paris : & la différence $27'\ 23''$ des temps, fera connoître qu'à raiſon de 15° par heure, Breſt eſt plus

plus occidental que Paris, de 6° 51′ 45″.

15. C'eſt donc par la différence des temps que l'on compte au même inſtant en différens lieux, que l'on peut déterminer la différence des méridiens de ces lieux. Et comme cette différence de méridiens fixe en partie la poſition de ces lieux, il a été naturel d'employer les méridiens préférablement à tous autres cercles pour fixer ces poſitions.

On a donc choiſi arbitrairement un méridien *PEp*, auquel on eſt convenu de comparer tous les autres ; & on lui a donné le nom de *premier Méridien*. On eſt pareillement convenu d'appeler *Longitude* d'un lieu *L*, le nombre de degrés de l'arc *ER* de l'équateur, compris entre le premier méridien & celui qui paſſe par le lieu *L* dont il s'agit. Ainſi tous les lieux ſitués ſur un même méridien ont une même longitude. Cette longitude peut être meſurée indifféremment, ou par l'arc *ER* de l'équateur, ou par l'arc *ML* du parallèle qui paſſe par le lieu *L*, & qui eſt compris entre le premier méridien & celui du lieu *L* ; parceque ces deux arcs (*Géom.* 329) ont un même nombre de degrés.

16. On eſt aſſez généralement convenu de compter la longitude, dans le ſens du mouvement de la terre, c'eſt-à-dire, d'occident en orient. Néanmoins quelques Géographes ne comptent pas de ſuite les 360° ; ils comptent la longitude de part & d'autre du premier méridien, depuis 0° juſqu'à 180°. Cela eſt indifférent pourvu qu'on en avertiſſe. Il faut, dans ce dernier cas, ſi l'on dit, par exemple, qu'un lieu a 75° de longitude, dire en même temps ſi

cette longitude est orientale ou occidentale, pour faire connoître si ce lieu est à l'orient ou à l'occident du premier méridien.

17. D'après une ordonnance de Louis XIII; les François prennent pour premier méridien, le méridien de l'isle de fer qui est la plus occidentale des isles Canaries. On trouve cependant actuellement plusieurs cartes françoises, dans lesquelles on a pris Paris pour premier méridien. Les autres nations ont aussi choisi leur premier méridien.

Quoiqu'il fût à desirer, pour éviter les méprises, qu'il y eût plus d'accord dans ce choix; il sera néanmoins toujours facile de réduire la longitude comptée depuis un certain méridien, à la longitude comptée depuis tout autre méridien. Car, ou le nouveau méridien, d'où l'on veut compter tombe à l'ouest, ou il tombe à l'est de celui d'où l'on comptoit. Dans le premier cas, toutes les longitudes sont augmentées de la différence des deux méridiens; dans le second cas elles sont diminuées de cette même quantité. Ainsi dans le premier cas on ajoutera la différence des méridiens, à la longitude proposée, & lorsque la somme excédera 360°, on rejettera les 360°. Dans le second cas, on retranchera la différence des méridiens, de la longitude proposée augmentée de 360° lorsqu'il sera nécessaire. Par exemple, la longitude de Brest, par rapport à l'isle de Fer, est de 13° 3'. Si l'on veut avoir cette longitude comptée depuis Paris; comme Paris est 19° 54' à l'est de l'isle de Fer, il faudroit retrancher 19° 54', de 13° 3'; comme cela ne se peut, je retranche

19° 54′ de 373° 3′, & j'ai 353° 9′ pour la longitude de Breſt comptée du méridien de Paris. En effet, il eſt facile de voir que quoiqu'on augmente de 360° la longitude d'un lieu, on ne change rien à ſa poſition.

18. Puiſque (14) la différence des méridiens eſt déterminée par la différence des temps, que les peuples ſitués ſur ces méridiens comptent à un même inſtant, on peut donc indifféremment meſurer la longitude, ou en temps, ou en degrés. Pour faciliter certains calculs on la compte quelquefois de cette dernière manière. Or, d'après ce que nous avons dit (13), il ſera toujours facile de ramener l'une de ces manières de compter, à l'autre.

En effet, s'agit-il de convertir les degrés en temps? puiſque 15° valent 1 heure ou 60′, un degré vaudra 4′ de temps; une minute de degré vaudra 4″ de temps, & ainſi de ſuite; donc *pour réduire les degrés, minutes & ſecondes de degrés, en temps, il faut quadrupler le tout, & compter ſucceſſivement les parties de ce produit, pour des minutes, ſecondes & tierces d'heure*. Par exemple, ſi j'ai 17° 52′ 43″ de longitude; j'aurai, en quadruplant, 71° 30′ 52″; comptant donc les degrés, minutes & ſecondes de ce produit, pour des minutes, ſecondes & tierces d'heure, j'ai 71′ 30″ 52‴, ou 1^h 11′ 30″ 52‴.

Eſt-il, au contraire, queſtion de réduire le temps en degrés? puiſqu'une heure répond à 15°, 1′ de temps répondra à 15′ de degré ou à un quart de degré; une ſeconde de temps répondra à 15″ ou un quart de minute de degré, & ainſi de ſuite. Donc *pour convertir les heures & parties d'heure, en degrés & parties de degré, il faut réduire les heures & minutes de temps, tout en minutes; puis compter ces minutes, les ſecondes & les tierces, pour des degrés, minutes & ſecondes de degrés; le quart du tout ſera le nombre de degrés & parties de degré demandés.* Par exemple, ſi je veux ſavoir à combien de degrés & parties de degré répondent $7^h\ 17'\ 42''\ 53'''$; je changerai cette quantité en $437'\ 42''\ 53'''$ que je compterai pour $437^\circ\ 42'\ 53''$; & prenant le quart, j'aurai $109^\circ\ 25'\ 43''\ 15'''$ pour le nombre de degrés & partie de degré demandés.

19. La différence des méridiens, ou la longitude, eſt donc, ainſi que nous l'avons vu, un des élémens qui ſervent à déterminer la poſition des différens points de la terre. Mais comme tous les lieux ſitués ſur un même méridien ont une même longitude, quoique placés différemment ſur le globe, il eſt clair que la poſition d'un lieu quelconque *L* (*fig.* 7) n'eſt point ſuffiſamment déterminée par ſa longitude, il faut encore ſavoir quelle eſt la place que ce lieu occupe ſur ſon méridien. Or celle-ci ſe détermine par le nombre des degrés de l'arc *RL*, qui ſur le méridien *PRp*, meſure la diſtance du point *L* à l'équateur; & cet arc *RL* eſt ce qu'on appelle la latitude du lieu *L*.

20. La latitude d'un lieu eſt donc l'arc du méridien de ce lieu, compris entre ce lieu même & l'équateur. Puis donc que tous les points du parallèle qui paſſe par le lieu quelconque *L*, ſont également éloignés de l'équa-

teur, tous les lieux ſitués ſur un même parallèle, ont une même latitude.

21. La latitude ſe compte donc ſur un méridien, en allant de l'équateur vers l'un ou l'autre pôle; en ſorte qu'on diſtingue deux latitudes, dont l'une eſt nommée latitude ſeptentrionale, & l'autre latitude méridionale, ſelon que le lieu dont il s'agit eſt ſur l'hémiſphère ſeptentrional, ou ſur l'hémiſphère méridional.

22. C'eſt encore par l'obſervation des aſtres qu'on parvient à déterminer la latitude des lieux. Pour en donner une idée, ſuppoſons que $HSON$ (*fig.* 6) eſt l'horizon rationnel d'un lieu quelconque L; PLp le méridien terreſtre, RQ l'équateur terreſtre, & par conſéquent RL la latitude. Soit $P'ET$ le méridien céleſte; & en imaginant CL prolongée juſqu'au ciel en Z, il eſt clair que l'arc EZ compris entre le zénith Z, & l'équateur céleſte EST, eſt de même nombre de degrés que la latitude RL; enſorte qu'on peut dire auſſi que la latitude eſt égale à l'arc du méridien céleſte, compris entre l'équateur céleſte & le zénith. Or ſi l'on conçoit que HO ſoit la commune ſection de l'horizon & du méridien, il eſt clair que CZ eſt perpendiculaire à HO; & puiſque l'axe $P'p'$ eſt auſſi perpendiculaire à l'interſection CE du méridien & de l'équateur, les arcs OZ & $P'E$ ſont donc de 90° chacun; donc ſi de chacun on retranche l'arc $P'Z$, on aura la latitude ZE égale à la hauteur $P'O$ du pôle P' au deſſus de l'horizon, c'eſt-à-dire à l'arc qui meſure l'inclinaiſon $P'CO$ de l'axe, ſur l'horizon. Donc pour avoir la la-

titude, il ne s'agit que de déterminer l'arc $P'O$ de la hauteur du pôle.

Or nous avons vu (9) qu'entre tous les parallèles que les différens aftres décrivent par leur mouvement journalier apparent, il y en avoit qui étoient entièrement au-deffus de l'horizon. L'aftre ou l'étoile qui décrit un femblable parallèle eft donc toujours préfent fur l'horizon, & paffe par conféquent deux fois au méridien. Concevons donc qu'un obfervateur placé en L, obferve une de ces étoiles voifines du pôle, dont le parallèle AA' eft entièrement au deffus de l'horizon; & qu'au moment où l'étoile ceffe de monter ou eft prête à defcendre, il mefure avec un inftrument, l'angle ACO ou l'arc AO compris entre l'étoile & l'horizon: qu'il mefure de même l'angle $A'CO$ ou l'arc $A'O$, lorfque l'étoile ceffant de defcendre, eft prête à monter; il eft clair que le pôle P' étant également éloigné de tous les points du parallèle, fi l'on prend la moitié de la fomme des deux arcs obfervés AO & $A'O$, cette moitié fera l'arc $P'O$, ou la hauteur du pôle, qui eft égale à la latitude.

23. Nous verrons par la fuite, d'autres moyens de trouver la longitude & la latitude des Lieux. Concluons quant à préfent, que la pofition d'un lieu fur la terre eft donc déterminée lorfqu'on connoît fa longitude & fa latitude, & qu'en même temps, on fait fur quel hémifphère il eft placé. Ainfi pour repréfenter fur un globe, les pofitions des differens points de la terre, d'une manière femblable à celle felon laquelle ils font difpofés fur le globe

terrestre même, on tracera sur la surface du globe proposé (*fig.* 7) un grand cercle EQT pour représenter l'équateur ; & (*Géom.* 94) ayant marqué les pôles P & p, on divisera la circonférence de cet équateur, en degrés & parties de degré. Par chaque point de division, & par les pôles P & p, on fera passer autant de méridiens, dont on prendra arbitrairement un pour premier méridien. On divisera la circonférence de celui-ci, en degrés & parties de degré ; puis pour marquer un lieu quelconque L dont la longitude & la latitude sont connues, on cherchera quel est celui RLP des méridiens qui a même longitude que le lieu dont il s'agit ; puis comptant la latitude sur le premier méridien, depuis l'équateur E, si M est le point où elle se termine, on décrira du pôle P, le parallèle ML qui coupera le méridien RLP au lieu L que l'on veut marquer.

De la manière de représenter sur les Cartes, & particulièrement sur les Cartes réduites, la position des différens points de la surface de la terre.

24. Ce n'est que de la manière que nous venons de décrire ; c'est-à-dire, ce n'est que sur un globe, que l'on peut représenter les parties de la terre, dans des situations semblables à celles qu'elles occupent réellement. Les cartes ou surfaces planes, ne peuvent donner une similitude parfaite, puisque toutes les parties du globe terrestre ne sont pas dans un même plan. Mais ce n'est pas tant la similitude par-

faite que l'on doit ſe propoſer dans la conſtruction des cartes, que celle qui ſuffit pour juger des poſitions relativement à certains uſages. On n'a pas beſoin, par exemple, de ſavoir de combien les parties de la ſurface terreſtre ſont élevées à l'égard de l'axe de la terre, mais ſeulement de combien elles s'écartent à droite ou à gauche du premier méridien, à droite ou à gauche de l'équateur; & c'eſt ce qu'on marque, en effet, ſur les cartes. Celles qui repréſentent toute une moitié de la terre, ſe nomment *Mappemondes*. Leur conſtruction, ainſi que celle des autres cartes, eſt fondée ſur des principes aſſez ſimples, & qui doivent trouver place ici.

25. On imagine qu'un œil placé en un point de la ſurface de la terre, en obſerve les différentes parties à travers la maſſe du globe, comme s'il étoit tranſparent: & concevant un plan paſſant par le centre de la terre, & perpendiculaire à la ligne qui iroit de l'œil au centre, on imagine que les rayons tirés de tous les points de la partie du globe qui eſt au-delà de ce plan, par rapport à l'œil, rencontrent ce plan. Ces points de rencontre forment ſur le plan, une perſpective de cette partie du globe; & c'eſt cette perſpective qui eſt la mappemonde: or voici d'après quel principe on la conſtruit.

26. Soit *ABMCO* (*fig.* 8) un cône quelconque ayant pour baſe le cercle *BOCM*. *ABC* la ſection triangulaire de ce cône, par un plan perpendiculaire à la baſe, & conduit par l'axe; c'eſt-à-dire par la droite qui va du ſommet au

centre de la base. Si l'on conçoit que ce cône soit coupé par un plan perpendiculaire à *ABC* & qui forme la section *GEFI*, de manière que les angles *AFG AGF* soient égaux aux angles *ABC*, *ACB*; la section *GEFI* sera un cercle.

En effet, concevons que par quelque point *E* que ce soit de cette section, on ait mené un plan parallèle à la base, & qui formant la section *DEHI*, rencontre la section *GEFI*, dans la droite *ELI*. Cette droite étant l'intersection commune des deux plans *DEHI*, *GEFI* perpendiculaires au même plan *ABC*, sera perpendiculaire à ce plan *ABC*, & par conséquent aux deux droites *DH* & *FG* qui sont les intersections de ces deux premiers plans avec le dernier. De plus, le plan *ABC* passant par l'axe du cône, *DH* & *FI* doivent couper les deux sections chacune en deux parties égales. Or *EL* étant perpendiculaire au diametre *DH* de la section *DEHI* qui (*Géom.* 199) est semblable à *BOCM*, & par conséquent est un cercle, doit être moyenne proportionnelle entre *DL* & *LH* (*Géom.* 125); on a donc $DL : LE :: LE : LH$, ou (*Arith.* 178) $DL \times LH = \overline{LE}^2$. Mais les triangles *DLG*, *FLH* sont semblables, puisque par la supposition l'angle *AFG* est égal à *ABC*, & par conséquent à *ADH*; d'ailleurs les angles opposés au sommet *FLH*, *DLG* sont égaux. On a donc (*Géom.* 109) $DL : LF :: GL : LH$, & par conséquent $DL \times LH = LF \times GL$; donc aussi $LF \times GL = \overline{LE}^2$; donc *LE* est aussi moyenne proportionnelle entre les deux parties du diametre

FG; & puiſque le point *E* a été pris à volonté; la courbe *GEFI* a donc la même propriété dans tous ſes points; elle eſt donc un cercle. C'eſt-là le principe fondamental.

27. Cela poſé, ſoit *BMCO* (*fig.* 9) un cercle formé en coupant la ſphère par un plan quelconque. Soit *A* un point de la ſurface de cette ſphère, d'où un œil regarde la ſection *BMCO* à travers le plan *NRKS* ſuppoſé tranſparent. Il eſt clair que les rayons viſuels qui vont à la circonférence *BMCO* forment un cône dont la rencontre avec le plan *NRKS* trace ſur ce plan la perſpective *GEFI* de la ſection *BMCO*, que l'on appelle auſſi ſa projection, & qui eſt toujours un cercle tant que le point *A* eſt ſur la ſurface de la ſphere.

Suppoſons que du point *A* on ait mené *AL* perpendiculaire ſur le plan *NRKS*, & que par cette droite & le centre de la ſection *BMCO*, on ait conduit un plan: celui-ci formera ſur la ſurface de la ſphère, le grand cercle *ANTK*, puiſque paſſant par la droite *AL* perpendiculaire au cercle quelconque *NRKS*, il paſſe néceſſairement par le centre de la ſphère. Ce même plan formera dans le cône, le triangle *ABC*; & ſur le plan *NRKS*, le diamètre *NLK*. Or le plan du grand cercle *ANTK*, paſſant par la droite *AL*, & par le centre de la ſection *BMCO*, eſt perpendiculaire à *NRKS* & à *BMCO*; donc réciproquement ces deux plans ſont perpendiculaires au plan *ANTK*, & par conſéquent au plan *ABC* qui paſſe par l'axe du cône. De plus les angles *AFG*, *AGF*, ſont égaux aux angles *ABC*, *ACB*; car *ACB*, par exemple, a pour mesure (*Géom.* 63) la moitié de *ANTB*; & *AGF* (*Géom.* 70) a pour mesure la moitié de *AK* ou de *AN* plus la moitié de *NTB*, c'est-à-dire la moitié de *ANTB*: on démontrera de même que *AFG* est égal à *ABC*; donc (26) la projection *GEFI* est un cercle.

Il ne s'agit donc plus, pour être en état de tracer la projection *GEFI*, que de déterminer les extrémités *G* & *F* du diamètre *GF*. Or si l'on conçoit *AL* prolongée jusqu'en *T*, l'angle *LAG* est déterminé en ce qu'il a pour mesure la moitié de l'arc *TB* qui mesure la distance du point *B* au point de la sphère opposé à l'œil. Ainsi comme le triangle *LAG* est rectangle, & que l'on connoît d'ailleurs la distance *AL* de l'œil, au plan de projection, il sera toujours facile de déterminer *LG*, soit en construisant un triangle semblable à *LAG*, soit en calculant *LG* par les règles de la Trigonométrie. Par un raisonnement semblable, on voit que *LF* se détermine d'une manière semblable, par le triangle *LAF*, dont l'angle *LAF* a pour mesure la moitié de la distance *CT* du point *C* au point de la sphère opposé à l'œil.

Appliquons maintenant ces principes.

28. Concevons que *NMKO* (*fig.* 10) soit un méridien, le premier méridien par exemple; *M* & *O* les deux pôles; que *BMCO* soit un autre méridien quelconque, faisant avec le premier, l'angle quelconque *BMN*. Supposant toujours l'œil au point *A* de la surface de la sphère qui répond perpendiculairement au centre, le cercle *ANTK* conduit suivant *AL*,

ſera l'équateur, puiſque ſelon ce qui précède, il ſera perpendiculaire aux deux méridiens *NMKO* & *BMCO*. L'arc *NB* meſurera donc la longitude du méridien *BMCO*, ainſi l'arc *BT* dont la moitié meſure l'angle *GAL* qui détermine le ſommet *G* de la projection *GEFI* du méridien *BMCO*, ſera le complément de la longitude de ce méridien. A l'égard du point *F*, on peut le trouver encore plus facilement que d'après ce qui a été dit (27), en obſervant que *BC* étant un diamètre de la ſphère, l'angle *BAC* ou *BAF* eſt droit. De-là on conclura que pour tracer les méridiens ſur une mappemonde, on doit s'y prendre de la manière ſuivante.

29. Ayant pris arbitrairement une droite quelconque *LA* (*fig.* 11) pour repréſenter le rayon de la terre, on décrira le cercle *ANTA* qui repréſentera le premier méridien. Ayant élevé au centre *L* les perpendiculaires *AT*, *NF*, on diviſera ce cercle en degrés, à commencer du point *N*. *AT* étant ſuppoſé repréſenter l'axe de la terre, le diamètre *NA'* repréſentera l'équateur, parce que le plan de l'équateur étant ſuppoſé paſſer par l'œil, ſa projection ne peut être qu'une ligne droite paſſant par le centre.

Pour avoir la projection d'un méridien dont la longitude feroit donnée, on prendra, à compter du point *N*, ſur le premier méridien, l'arc *ND* égal à la longitude de ce méridien; & ayant tiré *DA* qui rencontre *NA'* en *G*, le point *G* ſera l'une des extrémités du diamètre de la projection. Au point *A* on élevera ſur

AG la perpendiculaire *AF* qui rencontrant *NA'* prolongé, en *F*, déterminera *GF* pour le diamètre de la projection : enforte que décrivant un cercle fur *GF* comme diamètre, fa partie *AGT* terminée à l'axe *AT* repréfentera une moitié du méridien dont il s'agit, celle qui eft cenfée au-deffus du plan de projection. On fe conduira de même pour tous les autres méridiens.

30. A l'égard des parallèles : fi l'on fuppofe que *NRKS* (*fig.* 12) foit le premier méridien, les parallèles à l'équateur que je fuppofe repréfenté par *ARTS*, feront les cercles *BMCO* perpendiculaires à *NRKS*. Si par les points *B* & *C* où ils coupent le cercle *ANTK* perpendiculaire au premier méridien, on imagine les rayons vifuels *CA* & *BA* prolongés, s'il eft néceffaire, ils détermineront fur *NK* & fon prolongement, le diamètre *GF* du cercle *FMGO* qui feroit la projection du parallèle. La partie *MGO* terminée au premier méridien & comprife dans le cercle *NRKS*, eft la projection de la moitié *MBO* du parallèle fituée au-deffus de *NRKS*. Or il eft facile de déterminer les points *G* & *F*, en obfervant que *GL* eft le côté d'un triangle rectangle *GAL* dont l'angle *GAL* oppofé à ce côté, a pour mefure la moitié de *TB*, c'eft-à-dire la moitié de la latitude & dont le côté *LA* adjacent à cet angle eft égal au rayon de la fphère. *LF* eft le côté d'un triangle rectangle *FLA* dont l'angle *LAF* oppofé à ce côté eft la moitié de *TC*, c'eft-à-dire du fupplément de *AC* ou de la latitude, & dont le côté *LA* eft le même que dans le cas pré-

cédent. D'où l'on conclura que pour tracer un parallèle quelconque, on doit s'y prendre de la manière ſuivante.

31. On prendra depuis l'équateur NA' (*fig.* 11) ſur le premier méridien, l'arc NB égal à la latitude du parallèle ; & ayant tiré la perpendiculaire BC ſur l'axe TA, de l'extrémité A' du diamètre NA' on mènera $A'B$ & $A'CF'$ qui rencontreront AT prolongé, en G' & F'. Sur $G'F'$ comme diamètre, on décrira un cercle dont la partie $BG'C$ compriſe dans le cercle $ANTA'$ ſera la projection de la moitié du parallèle. On s'y prendra de la même manière pour tracer tout autre parallèle. Et c'eſt ainſi qu'a été tracée la mappemonde que l'on voit (*fig.* 13). On y voit, outre les méridiens & les autres parallèles, quelques autres cercles dont nous parlerons par la ſuite.

On emploie les mêmes principes pour conſtruire les cartes qui, ſans repréſenter toute une moitié du globe, doivent en repréſenter une partie conſidérable, comme l'Europe, l'Aſie, &c.

32. Quant à celles qui doivent repréſenter des eſpaces d'une moindre étendue (du moins en latitude), c'eſt-à-dire, qui n'ont qu'un petit nombre de degrés en latitude, on s'y prend d'une manière différente, & qui les repréſente plus au naturel.

Suppoſons que PEp, PQp (*fig.* 14) ſoient les deux méridiens extrêmes de cet eſpace ; & que MN & RS en ſoient les deux parallèles extrêmes. On conçoit que des milieux I & K des arcs MR & NS qui ſont la différence en latitude, on mène les tangentes *IT*, *KT*, qui rencontrent l'axe *Pp* au point *T*. Les arcs *MR* & *NS* étant d'un petit nombre de degrés, se confondent sensiblement avec les tangentes *IT* & *KT*; & l'espace *MRSN* peut être considéré comme faisant partie de la surface d'un cône droit qui a son sommet en *T*; ainsi pour représenter cet espace, développé sur un plan, on décrit (*fig.* 15) d'un rayon égal à *TI*, un arc *KI* de même nombre de degrés que la différence en longitude, comprise entre les deux méridiens; & ayant tiré *TIM* & *TKN*, on prend de part & d'autre des points *I* & *K*, les droites *IM*, *IR*, & *KN*, *KS* égales chacune en longueur aux arcs *IM*, *IR* de la figure 14, ou à leurs cordes qui n'en diffèrent pas sensiblement. Puis partageant *MR* & *NS* en autant de parties égales qu'il y a de degrés dans la différence en latitude, on décrit par chaque point de division, & du point *T* comme centre, autant d'arcs qui représentent autant de parallèles. Enfin on divise aussi l'arc *IK*, en autant de parties égales qu'il y a de degrés dans la différence en longitude, & menant par les points de division & par le point *T*, des lignes droites, elles représentent les méridiens; après quoi on dessine chaque lieu, selon sa longitude & sa latitude.

33. On voit donc que dans ces dernières cartes, ainsi que dans les précédentes, tous les méridiens tendent à concourir en un même point. Dans les précédentes, les parties du globe sont dessinées en perspective, & les degrés de l'équateur, non plus que ceux des

méridiens, n'y ſont point repréſentés par des parties égales. Dans celles-ci les méridiens ſont repreſentés par des lignes droites; les degrés de longitude ſont égaux entre eux, & les degrés de latitude auſſi égaux entre eux, quoique différens des degrés de longitude qui diminuent à meſure que la latitude augmente. Ces dernières repréſentent donc les parties du globe d'une manière beaucoup plus naturelle que les autres. Néanmoins ce ne ſont pas celles dont on fait uſage dans la navigation, pour la réduction des routes, c'eſt-à-dire, pour repréſenter la route qu'on a ſuivie ou qu'on veut ſuivre. Comme cette route fait conſtamment un même angle avec chaque méridien qu'elle rencontre, elle ne pourroit être repréſentée que par une ligne courbe, ſi les méridiens n'étoient pas parallèles ſur la carte; & les opérations pour la réduction des routes deviendroient trop compliquées. Pour lever cette difficulté, on a d'abord imaginé les *cartes plates*; voici quelle eſt leur conſtruction.

34. La conſtruction précédente reſtant toujours la même, ſi l'on imagine que par les points I & K (*fig.* 15) du parallèle moyen, on ait mené les deux droites AB & CD parallèles au méridien GT qui paſſe par le milieu G de ce parallèle, les cartes plates diffèrent des cartes précédentes, en ce que pour ſe diſpenſer d'avoir égard à la diminution des parallèles, de M en R, on ſuppoſe tous ces parallèles égaux au parallèle moyen IK; alors les parallèles MR, NS deviennent les droites AB, CD parallèles à GT; & le point de concours

T

T étant à une distance infinie, les arcs *MN*, *IK*, *RS* deviennent des droites *AC*, *IK*, *BD* perpendiculaires à *GT*; d'où résulte la construction suivante.

Ayant tiré arbitrairement une ligne *QT* (*fig.* 16) pour représenter le méridien qui doit passer par le milieu de la carte, on la divisera en autant de parties égales qu'on a de degrés de différence en latitude. Sur le milieu *G* on élevera la perpendiculaire *IGK* qui représentera le moyen parallèle; & pour déterminer de quelle longueur doivent être *GI* & *GK* pour marquer les degrés de différence en longitude, on se rappellera (*Geom.* 329) que les longueurs des arcs d'un même nombre de degrés, pris sur différens parallèles, sont proportionnelles aux cosinus des latitudes de ces parallèles; c'est pourquoi, d'un rayon *CA* (*fig.* 17) égal à la grandeur que l'on a prise pour un degré du méridien, qui est aussi celle d'un degré de l'équateur, on décrira l'arc *AB* que l'on fera d'autant de degrés qu'en a la latitude moyenne; puis on abaissera sur *CA* la perpendiculaire *BP* qui donnera *CP* pour la grandeur que doit avoir chaque degré du parallèle. Car dans le triangle rectangle *CBP*, on a (*Géom.* 295) *CB* ou *CA* : *CP* :: *R* : *sin.* *CBP* ou *cos.* *BCP*; or le rayon *R* est le cosinus de la latitude 0^o de l'équateur. On portera donc *CP*, de *G* (*fig.* 16) vers *I* & vers *K* autant de fois qu'il y a de degrés dans la moitié de l'étendue que la carte doit avoir en longitude; alors tirant par tous les points de division de *QT* des parallèles à *IK*, & par tous les points de division de *IK*, des parallèles à *QT*; on aura les parallèles & les méridiens, à l'aide desquels il sera facile de marquer les différens lieux, selon leur longitude & leur latitude.

35. Il est certain que ces cartes sont plus commodes que les précédentes, pour les usages de la navigation; mais on ne peut dissimuler qu'elles sont d'autant moins exactes, que la différence en latitude est plus grande, & qu'en même temps la latitude moyenne est plus grande. Elles donnent les degrés des parallèles, trop petits d'un côté, & trop grands de l'autre.

C'est pour remédier à ce défaut, en conservant néanmoins les méridiens parallèles, qu'on a imaginé les *cartes réduites* dont l'usage est tout à la fois exact & commode.

36. Les cartes réduites qui représentent le globe entier, ou du moins son contour dans le sens de l'équateur, comme est celle que l'on voit *Planche III*, ne sont à proprement parler, que le développement d'un cylindre qu'on imagine circonscrit à la terre, & qui a par conséquent pour diamètre, celui de l'équateur, mais qui est infini en longueur. Elles ne sont pas comme quelques-unes des précédentes, une projection, ou une perspective assujettie à un seul point. Le but de leur construction est uniquement de rendre les méridiens parallèles, sans néanmoins changer le rapport entre les parties du méridien & celles des parallèles.

Pour y parvenir, au lieu de diminuer l'étendue des degrés des parallèles, à mesure que la latitude augmente, on leur donne constamment la même grandeur; on les fait égaux aux degrés de l'équateur, ce qui rend néceſſairement les méridiens parallèles. Mais en même temps, on donne aux degrés d'un grand cercle quelconque du globe, une valeur plus grande à meſure que le parallèle dont il s'agit, eſt par une plus grande latitude. Ainſi, puiſque (*Géométrie* 329) la grandeur d'un degré pris ſur un parallèle quelconque, eſt à celle d'un degré pris ſur l'équateur, ou en général, à celle d'un degré de grand cercle, comme le coſinus de la latitude eſt au rayon, ou (*Géom.* 278) comme le rayon eſt à la ſécante de la latitude; ſi l'on fait conſtamment le degré de chaque parallèle, égal à celui de l'équateur, il faudra, lorſqu'il s'agira d'un point ſitué à une latitude quelconque, compter le degré de grand cercle, comme s'il avoit pour valeur, le degré de l'équateur, augmenté dans le rapport du rayon à la ſécante de la latitude, c'eſt-à-dire, multipliée par la ſécante de la latitude, diviſée par le rayon.

Cela poſé, il eſt aiſé de voir que ſi dans les cartes réduites, les degrés des parallèles ſont tous égaux à ceux de l'équateur, les degrés du méridien ou de latitude ne doivent pas être égaux, & qu'ils doivent augmenter à meſure que la latitude augmente. Mais on ſe tromperoit, ſi en ſuppoſant (*fig.* 14) que MN & RS étant deux portions de parallèles éloignés d'un degré, on concluoit de ce qui vient d'être dit, que l'arc NS d'un degré, qui meſure la diſtance de ces deux parallèles, doit être exprimé ſur la carte, par une ligne égale au degré de l'équateur multiplié par la ſécante de la latitude, diviſée par le rayon. En effet, il eſt bien vrai qu'en N, le degré de grand cercle doit valoir $\frac{D \times sec. QN}{R}$, en appelant D le degré de l'équateur ; mais par la même raiſon, au point S le degré doit valoir $\frac{D \times sec. QS}{R}$: ces deux quantités n'étant point égales, ne peuvent ni l'une ni l'autre être la meſure de la diſtance des deux parallèles. L'une eſt plus petite, & l'autre plus grande qu'il ne convient. Mais ſi au lieu de ſuppoſer les deux parallèles, éloignés d'un degré, nous les ſuppoſons ſeulement éloignés d'une minute; alors la valeur de la minute, en N, ſera $\frac{M . sec. QN}{R}$, en repréſentant par M la minute de l'équateur, & la valeur de la minute en S ſera $\frac{M . sec. QS}{R}$; quantités qui ne diffèrent que très-peu l'une de l'autre, & qui par conſéquent pourront être priſes également pour la meſure de la minute de N en S, ou de l'intervalle qu'on doit mettre entre les deux parallèles ſur la carte réduite.

37. On voit donc que pour calculer les augmentations qu'on doit donner aux parties du méridien, relativement à celles qu'on donne aux parallèles dans la conſtruction des cartes réduites ; il faut concevoir le méridien partagé en parties très-petites, & multipliant la valeur de l'une quelconque de ces parties, par la ſécante de la latitude diviſée par le rayon, on a la valeur que cette partie doit avoir ſur la carte réduite ; & cela d'autant plus exactement, que cette partie a été priſe plus petite.

L'exactitude eſt ſuffiſante, lorſqu'on ſuppoſe le méridien diviſé en minutes. Ainſi pour avoir l'étendue qu'on doit donner au méridien pour marquer une certaine latitude, il ſuffit de prendre dans les Tables ordinaires, toutes les ſécantes, de minute en minute, depuis o degré, juſqu'au degré de latitude dont il s'agit. La ſomme de ces ſécantes étant diviſée par le rayon, donnera un nombre de minutes, qui étant porté depuis l'équateur ſur le méridien, déterminera le degré de latitude dont il s'agit, avec une exactitude ſuffiſante.

Ces parties du méridien, ſont ce qu'on appelle des *Parties Méridionales ;* & on appelle *Latitudes croiſſantes*, les latitudes marquées ſuivant cette méthode. Les parties méridionales ont encore d'autres uſages que celui d'être employées à la conſtruction des cartes réduites : nous les verrons par la ſuite.

De la grandeur abſolue des degrés ſur la Terre.

38. Juſqu'ici nous n'avons conſidéré que les poſitions relatives des différentes parties du globe ; c'eſt-à-dire, leurs diſtances réciproques meſurées en degrés. Mais pour être en état de repréſenter ſur les cartes les opérations que l'on fait, ou les meſures que l'on prend en mer pour connoître le chemin que fait le vaiſſeau, il faut de plus connoître la grandeur abſolue des degrés d'un grand cercle de la terre.

D'après les opérations faites pour connoître la figure & la grandeur de la terre, quoique les degrés de grand cercle ne ſoient pas parfaitement égaux, néanmoins, vu le peu de différence entre la figure réelle de la terre, & la figure ſphérique, on peut les regarder comme étant égaux; & par un milieu conclu des meſures qui ont été faites pour différens degrés de latitudes, prendre 57030 toiſes pour la valeur de chaque degré; enſorte que la minute eſt de 950 toiſes & demie.

39. C'eſt ſur l'étendue d'un degré que l'on fixe celle de la lieue. En France, dans la navigation, on entend par lieue, la vingtième partie d'un degré; ainſi la lieue marine eſt de 2851 toiſes & demie; elle répond à trois minutes de degrés. D'où il ſuit que pour convertir en degrés & minutes un nombre de lieues propoſé, il faut prendre le vingtième, qui donnera les degrés, & tripler le reſte, ce qui donnera les minutes; par exemple, le 20^e de 753 étant 37 avec un reſte 13 dont le triple eſt 39, j'en conclus que 753 lieues valent 37° 39'. Réciproquement, pour convertir les degrés & minutes en lieues; il faut multiplier par 20 le nombre des degrés, & pour chaque minute prendre le tiers de 20.

40. Les Hollandois font leur lieue marine de la quinzième partie d'un degré; ainſi elle eſt de 3802 toiſes. Les Italiens & les Anglois ne comptent point par lieues, mais par *milles*; & ils comptent 60 de ces milles dans un degré, enſorte que chaque mille répond préciſément à une minute, ou 950 toiſes & demie.

De la manière dont on meſure le chemin que fait le Navire : deſcription du Loch, & ſon uſage.

41. Après avoir expliqué la conſtruction des cartes marines, il ne s'agit plus, pour être en état d'en faire uſage, que de ſavoir comment on meſure le chemin que fait le navire, & comment on détermine la direction de ſa route.

Tous les moyens qu'on a employés juſqu'ici pour meſurer la vîteſſe du navire, ou ſon *ſillage*, ſe réduiſent à avoir en mer un point fixe, d'où l'on puiſſe compter l'eſpace parcouru pendant une partie connue de l'heure ou de la minute. On en conclut enſuite facilement ce que le navire fait dans une heure ou dans tout autre eſpace de temps connu, en ſuppoſant que ſa vîteſſe continue d'être la même que pendant l'expérience.

Ainſi la meſure du ſillage ſuppoſe eſſentiellement deux choſes; un terme fixe ſur la ſurface de la mer, & un moyen exact de meſurer le temps, ou du moins une portion déterminée de temps.

42. L'inſtrument qu'on emploie pour ce dernier objet eſt le ſablier. Il eſt ſuffiſant dans cette expérience dont la durée ordinaire n'eſt que d'une demi-minute, pourvu cependant qu'on obſerve de le vérifier de temps à autres; parce que le ſable en coulant uſe le trou qui eſt entre les deux ampoulettes, & l'agrandit inſenſiblement. Il eſt encore à propos de vérifier chacune des deux ampoulettes, car rarement ſont-elles parfaitement égales. Voici comment

on peut faire cette vérification à terre.

43. Suſpendez une balle de plomb de trois ou quatre lignes de diamètre, à l'extrémité d'un fil de ſoie plate, ou de fil tors que vous cirerez pour l'empêcher de ſe détordre, & par conſéquent de s'alonger. Faites paſſer ce fil dans une fente pratiquée en *B*, (*fig.* 18) dans quelque corps ſolide & fixe. Élevez ou abaiſſez la balle *A*, par le moyen du fil *AB*, juſqu'à ce que la diſtance *BA* depuis le point *B* où le fil commence à être pincé par la fente, juſqu'au centre *A* de la balle, ſoit de 9 pouces 2 lignes $\frac{1}{7}$ (*). Alors ſi après avoir écarté la balle *A* à peu de diſtance de ſa poſition naturelle *AB*, vous l'abandonnez à elle-même, elle fera chacune de ſes vibrations en une demi-ſeconde ; c'eſt-à-dire, qu'elle mettra une ſeconde entière à faire une allée & un retour. Ainſi, en comparant le ſablier avec ce pendule, il ſera facile de voir s'il dure exactement la demi-minute, ou de combien il en diffère.

44. Quant à la manière de ſe procurer le point fixe d'où l'on doit compter le chemin du navire pendant l'expérience ; on laiſſe tomber de la pouppe, & du côté oppoſé au vent, c'eſt-à-dire, *ſous-le-vent*, un morceau de bois (*fig.* 19) attaché à une longue ficelle qu'on lâche à meſure que le vaiſſeau avance, & qui, par la quantité dont elle a été lâchée peut faire juger du chemin qu'on a fait. Ce morceau de bois & ſa ficelle forment enſemble ce qu'on appelle le *Loch*.

(*) Cette meſure a été déterminée par pluſieurs expériences faites avec un très-grand ſoin.

Comme le morceau de bois, en tombant, a non-ſeulement la vîteſſe que lui donne la peſanteur, mais qu'il a encore dans le ſens du mouvement du vaiſſeau, une vîteſſe préciſément égale à celle du vaiſſeau, puiſque lorſqu'il a été lâché il étoit entraîné d'un mouvement commun avec le vaiſſeau, il s'enſuit que quand il tombe dans l'eau, il ne reſte pas au même endroit, mais ſuit encore le vaiſſeau pendant quelques inſtans ; on ne doit donc pas juger le chemin du vaiſſeau, par la quantité de ficelle qui a été lâchée, depuis que le loch eſt tombé dans l'eau. Une autre raiſon détermine encore à attendre : l'eau, qui vers la pouppe tend à remplir le vuide que laiſſe le vaiſſeau en s'avançant, a dans cet endroit & à quelque diſtance en arrière, beaucoup d'agitation ; & par ce mouvement qu'on nomme *Remoux*, elle donne au loch des mouvemens fort irréguliers. C'eſt pourquoi au lieu de compter les 30 ſecondes du ſablier dès l'inſtant que le loch eſt à la mer, on ne commence à les compter que lorſqu'il eſt éloigné de la pouppe, d'une quantité égale à la longueur du navire. Alors il eſt hors du Remoux, & ſtable, ſi d'ailleurs, la mer n'a aucun mouvement propre.

La figure du loch eſt ordinairement celle d'un triangle iſoſcèle de 6 à 7 pouces de hauteur. Sa baſe qui eſt un peu moindre, regarde le fond de la mer, & elle eſt chargée d'un peu de plomb, tant pour faciliter au loch le moyen de prendre une poſition verticale, que pour le faire plonger juſqu'à ſa pointe, pour ôter toute priſe au vent. C'eſt à cette pointe qu'eſt attachée la ficelle, qui à quelque diſtance comme en *D*, pouſſe une branche *DC*, laquelle ſert à maintenir le morceau de bois *BAC* dans la poſition verticale, & peut s'en ſéparer lorſqu'on retire le loch, parce qu'elle ne tient au morceau de bois *BAC* qu'à l'aide d'une cheville qui ſe détache par les efforts oppoſés de la tenſion de la ficelle de *A* vers *E*, & de la réſiſtance de l'eau ſur la ſurface *AC*.

Lors donc que l'on juge le loch à la diſtance convenable du vaiſſeau, celui qui le jette avertit par le mot *vire*, de tourner le ſablier; & celui-ci, par le mot *ſtop*, donne au premier, le ſignal d'arrêter le loch lorſque le ſablier finit. Pendant l'expérience on lâche la ficelle en faiſant tourner plus ou moins vîte, ſelon la vîteſſe du vaiſſeau, l'eſpèce de touret ſur lequel elle eſt roulée. Il y a une marque ſur la ficelle pour terminer la longueur qui doit être lâchée avant que l'on commence à compter; depuis ce point, la ficelle eſt diviſée en parties égales diſtinguées par des nœuds, afin qu'on puiſſe les compter dans l'obſcurité comme dans le jour, & ces eſpaces s'appellent auſſi des nœuds. Leur grandeur a un rapport déterminé avec la lieue marine : elle en eſt la 360ᵉ partie, ou la 120ᵉ partie d'un tiers de lieue marine. Or comme l'expérience dure une demi-minute, & que dans une heure, il y a 120 demi-minutes, pendant leſquelles le vaiſſeau marchant toujours de même doit faire 120 fois autant de chemin, il s'enſuit que pour chaque nœud qui aura été filé le navire fait un tiers de lieue par heure. Enſorte que, ſi pendant l'expérience il y a eu 9 ou 10 nœuds de filés, le navire fait 9 ou 10 tiers de lieue par heure, c'eſt-à-dire, 3 lieues ou trois lieues & un tiers.

Comme la lieue marine (39) eſt de 2851 $\frac{1}{2}$ toiſes, ou de 17109 pieds; ſi l'on en prend la 360ᵉ partie, on aura 47 pieds 6 pouces pour la longueur que doit avoir chaque nœud. Ainſi tant que la durée de l'expérience ſera de 30 ſecondes, chaque nœud doit être de 47 pieds & demi, pour répondre à un tiers de lieue par heure.

45. Pendant le cours d'une campagne, la ficelle eſt ſujette à des raccourciſſemens & des alongemens alternatifs : il eſt donc très-néceſſaire de la vérifier de temps à autre, & de la rectifier lorſqu'on y apperçoit quelque changement, ou d'en tenir compte dans l'évaluation du chemin du navire. Par exemple, ſi l'on s'appercevoit que la ligne de loch, ou la ficelle, s'eſt alongée d'un 20ᵉ, il eſt clair qu'elle feroit eſtimer le chemin, d'un 20ᵉ plus court qu'il n'eſt réellement, il faudroit augmenter d'un 20ᵉ le nombre des nœuds que l'on auroit comptés pendant la demi-minute.

46. Si en vérifiant le ſablier, de la manière que nous avons décrite ci-deſſus, on trouvoit que ſa durée n'eſt pas exactement de 30 ſecondes, enſorte qu'elle fût par exemple, de 32 ſecondes : il eſt viſible qu'on auroit compté plus de nœuds qu'on ne devoit. On feroit donc cette proportion, 32 ſecondes ſont à 30 ſecondes, comme le nombre de nœuds qu'on a comptés, eſt à celui qui répond à 30 ſecondes. Il faut encore faire attention ſi le commence-

ment & la fin des nœuds qu'on a filés ont répondu exactement au commencement & à la fin de l'écoulement du ſablier, & tenir compte, autant qu'il eſt poſſible, de la différence, s'il y en a. Cette différence produit le même effet que ſi le ſablier duroit trop ou trop peu. En général les attentions que nous rappelons ici, ſont d'autant moins à négliger, que la durée de l'expérience eſt par elle-même fort courte.

47. Avec ces ſoins, & en obſervant de répéter l'expérience autant que le vaiſſeau paroîtra changer de vîteſſe, on pourroit faire une eſtime du ſillage, ſuffiſamment exacte, ſi le morceau de bois ou *bateau de loch*, pouvoit être regardé comme fixe. Mais il n'en eſt pas ainſi, & par pluſieurs cauſes dont les effets ſont fort variables & peu connus. La mer eſt ſujette à des mouvemens particuliers dont la direction & la vîteſſe n'ont rien de conſtant. Les courans qui naiſſent de ces mouvemens donnent au navire une vîteſſe que le loch ne fait pas découvrir puiſqu'il la reçoit auſſi; enſorte qu'il ne fait connoître que le mouvement du vaiſſeau par rapport à la mer, & non le mouvement à l'égard de la terre qui eſt celui qui importe véritablement.

Il y a quelques courans dont la direction ainſi que la vîteſſe ſont aſſez bien connus: on ſait par exemple, qu'à l'équateur & à quelque diſtance de part & d'autre, la mer ſe meut vers l'occident & forme un courant perpétuel dont la vîteſſe eſt de 3 lieues par jour. Mais il en eſt une infinité d'autres, qui, ne tenant pas à des cauſes auſſi générales, & auſſi régulières, laiſſeront toujours beaucoup d'incertitudes ſur le ſillage. Tels ſont par exemple les mouvemens que la mer peut prendre lorſque le vent a ſoufflé pendant un certain temps vers un même côté. On ne peut douter que ſa ſurface & les parties voiſines ne prennent une certaine partie de la vîteſſe du vent ; mais quelle eſt cette partie ? combien ne peut-elle pas varier dans le voiſinage des terres par la poſition des côtes ? comment reconnoître ſi elle n'eſt pas jointe à quelques autres mouvemens occaſionnés par le vent qui a régné auparavant, ou par toute autre cauſe, &c. Sur ce point l'expérience doit être beaucoup conſultée, & peut-être ſera-t-elle toujours le ſeul guide ; mais il faut encore beaucoup d'attention & de diſcernement pour bien juger ce que l'expérience décide véritablement ſur ces objets. Nous verrons par la ſuite comment on doit corriger les routes, de l'effet ſuppoſé connu, de ces différentes cauſes.

De la manière de connoître la direction de la route du Navire : de la Bouſſole & de ſes uſages.

48. C'eſt à l'aide de la bouſſole qu'on détermine la direction de la route du vaiſſeau. La bouſſole conſiſte principalement en une aiguille d'acier, qui ayant été frottée à une pierre d'aimant, en a reçu la propriété ſingulière de ſe diriger conſtamment vers un même point de l'horizon : c'eſt-à-dire, que dans un même lieu & dans un même temps, ſi ayant ſuſpendu cette aiguille, à l'aide d'un fil ou ſur un pivot, de manière qu'elle puiſſe tourner librement, on

l'écarte à droite ou à gauche de la poſition où elle ſeroit en repos, elle reviendra à cette poſition après quelques balancemens, & s'y arrêtera.

Cette ligne, dans laquelle l'aiguille ſe fixe ainſi d'elle-même, s'appelle le *Méridien Magnétique.*

49. Le méridien magnétique n'eſt pas le même dans tous les lieux de la terre. Et dans un même lieu, il n'eſt pas non plus toujours le même dans tous les temps. A la vérité, dans un court intervalle de temps, il ne change pas ſenſiblement ſi ce n'eſt par des cauſes accidentelles ; mais d'année en année ſa variation eſt ſenſible, paroît régulière, & ſe faire toujours vers le même côté.

50. C'eſt à la ligne méridienne qu'on rapporte la ſituation de l'aiguille, & on appelle *déclinaiſon* ou *variation* de l'aiguille, l'angle qu'elle fait dans le plan horizontal, avec la méridienne ou la ligne nord & ſud. A Paris, cet angle étoit, en Avril 1766, de 19° 6′ du nord à l'oueſt ; en Avril 1767, il étoit de 19° 16′ ; & en Mars 1768, il étoit de 19° 25′. Il paroît qu'il augmente annuellement d'environ 10 minutes à Paris. Il y a environ un ſiècle, cet angle étoit entre le nord & l'eſt. Il eſt donc très-néceſſaire de s'aſſurer de la variation de la bouſſole, ſelon le temps & ſelon les lieux. Nous en donnerons les moyens par la ſuite.

51. Pour les bouſſoles ordinaires, on ſuſpend l'aiguille ſur un pivot, dans une boîte que l'on recouvre d'une glace. Les bords de la boîte, ou le fond, ſont diviſés en degrés ; & la ligne qui

paſſe par les points 0° & 180° repréſente la méridienne, ſur laquelle le nord eſt diſtingué par une fleur-de-lis. Sur le fond de la boîte, on colle, où l'on trace la roſe des vents dont nous allons parler.

52. Quant à la bouſſole dont on fait uſage à la mer, l'aiguille n'eſt pas libre comme dans la précédente ; on la charge d'un carton léger, ou d'un morceau de Talc taillé en rond, & collé entre deux morceaux de papier, enſorte que dans ſon mouvement elle eſt obligée d'entraîner avec elle ce cercle, qui par ſa maſſe modère la facilité qu'elle auroit à vaciller. On donne quelquefois à l'aiguille la figure d'un loſange évidé tel qu'on le voit (*fig.* 20). Mais cette forme peut la rendre infidelle, en ce que ſi par quelque cauſe que ce ſoit, comme la rouille, ou tout autre choſe, la vertu magnétique venoit à n'avoir pas la même action ſur les deux côtés *AD* & *DB* que ſur les deux côtés *AE*, *EB*, la ligne *AB* ne ſeroit pas la vraie direction ſuivant laquelle s'exerceroit l'effort total de la vertu magnétique. La *fig.* 21 eſt plus convenable.

53. C'eſt ſur le cercle dont nous venons de parler qu'eſt tracée la *Roſe des vents*. On appelle ainſi un cercle (*fig.* 22) diviſé en 32 parties égales, par des rayons qu'on nomme *Rhumbs* ou *Airs de vent*. On appelle auſſi Rhumbs, ou Airs de vent, les quantités angulaires compriſes entre ces rayons. Le nord eſt indiqué par une fleur-de-lis ; & le diamètre qui paſſe par ce point, eſt ſuppoſé repréſenter la méridienne qu'on appelle auſſi la *ligne nord & ſud* de la

bouſſole. A 90° de part & d'autre des extrémités de cette ligne ſont les points d'eſt & d'oueſt. Le diamètre qui joint ces deux-ci, s'appelle la *ligne eſt & oueſt.*

Ces quatre points, nord, ſud, eſt & oueſt, partagent donc l'horizon en quatre parties égales; on les nomme les *Points* ou *les Vents Cardinaux*, parce qu'ils communiquent leurs noms à tous les autres vents.

On ſubdiviſe chaque quart de l'horizon, en deux parties égales : & le rayon ou l'air de vent qui part de chacune de ces nouvelles diviſions, prend un nom compoſé de ceux des deux points cardinaux, entre leſquels il ſe trouve, & dans lequel on nomme le premier celui qui appartient à la ligne nord & ſud. Ainſi pour nommer le milieu entre le ſud & l'eſt, on dira *ſud-eſt*, & non pas eſt-ſud. On appellera de même *nord-oueſt*, celui qui tient le milieu entre le nord & l'oueſt.

On partage chacun de ces airs de vent, en deux parties égales, & l'on donne à chacun un nom compoſé des deux entre leſquels il ſe trouve, en nommant toujours le premier celui des quatre points cardinaux dont il eſt le plus voiſin. Ainſi celui qui tient le milieu entre l'eſt & le nord-eſt, s'appellera *eſt-nord-eſt.* Celui qui tient le milieu entre le nord & le nord-oueſt, s'appellera *nord-nord-oueſt.*

Enfin, pour avoir les 32 airs de vent, on ſubdiviſe ces derniers, chacun en deux autres : & pour former le nom de chacun, on emprunte ceux des deux des huit premiers airs de vent, entre leſquels il tombe, en mettant toujours le le premier celui dont il eſt le plus voiſin ; mais on ſépare ces deux noms par le mot *quart*. Par exemple, pour énoncer l'air de vent qui tient le milieu entre le nord & le nord-nord-eſt, on dira *nord-quart de nord-eſt*, parce qu'il eſt près du nord, mais avancé vers le nord-eſt, du quart du nord au nord-eſt : & l'on écrira $N \frac{1}{4} N\text{-}E$. Pour énoncer celui qui tient le milieu entre le nord-eſt, & le nord-nord-eſt, on diroit *nord-eſt quart de nord*, & l'on écriroit $N\text{-}E \frac{1}{4} N$.

54. L'aiguille eſt portée ſur un pivot, comme dans les autres bouſſoles; mais la boîte qui porte ce pivot eſt renfermée dans une autre boîte, dans laquelle elle eſt mobile dans deux ſens différens. *CDEF* (*fig.* 23) repréſente la boîte qui porte l'aiguille. Cette boîte au moyen de deux boulons *A* & *B* qui entrent dans le balancier *ARBS* peut tourner autour de la droite *AB* ; & le balancier lui-même peut tourner autour de la droite *RS* perpendiculaire à *AB*, au moyen des deux boulons *B* & *S* qui entrent dans une boîte quarrée extérieure : enſorte que la boîte intérieure peut ſe balancer en même temps, autour de *AB* & autour de *BS*. Pour diminuer ſa mobilité & lui donner plus de diſpoſition à garder ſa ſituation naturelle, on charge de plomb ſa concavité ; & ſa ſuſpenſion lui procure l'avantage de revenir à ſa ſituation naturelle, par un mouvement plus doux lorſqu'elle en a été dérangée par l'agitation du vaiſſeau.

55. Le pivot ſur lequel porte l'aiguille, la boîte intérieure, & le balancier, ſont communément de cuivre ; & en général, tant pour ces

pièces que pour toutes les autres parties de la bouſſole, on doit éviter d'y employer le fer ou l'acier; ils ne manqueroient pas d'altérer la poſition de l'aiguille; on doit même éviter d'en avoir dans le voiſinage de la bouſſole.

56. Lorſque la bouſſole eſt employée à diriger le navire, on l'appelle *Compas de route.* Sa boîte extérieure qui eſt quarrée, eſt placée dans une armoire ouverte, ſituée perpendiculairement à la quille; cette armoire s'appelle l'*habitacle.* La ſituation de la roſe à l'égard de la boîte, ſuffit pour faire connoître la direction de la quille du navire.

57. Quand la bouſſole ſert à relever les objets, c'eſt-à-dire, à reconnoître l'air de vent auquel ils répondent, on l'appelle *Compas de variation.* Alors on la garnit de deux pinnules, *A* & *B* (*fig.* 24) par leſquelles on viſe aux objets. Pendant qu'un obſervateur aligne les deux pinnules avec l'objet, un autre examine quelle eſt la ſituation de la ligne nord & ſud de la roſe, à l'égard d'un fil *MN*, tendu d'un bord à l'autre de la boîte, perpendiculairement à la ligne *AB* imaginée par les fentes des deux pinnules. L'angle que font ces deux lignes eſt préciſément égal à celui dont l'objet eſt écarté à l'égard de la ligne eſt & oueſt de la bouſſole. C'eſt ce qu'il eſt facile de voir, en jettant les yeux ſur la *figure* 25, où il eſt évident que ſi *SN* repréſente la ligne nord & ſud du compas, *OE* perpendiculaire à *SN* repréſentera la ligne eſt & oueſt; & puiſque le fil repréſenté par *PM*, eſt perpendiculaire au rayon viſuel *RC*, les angles *OCN*, *RCM* ſeront égaux; & retran-

chant refpectivement les angles égaux *OCP*, *ECM*; les angles reftans *PCN* & *RCE* feront égaux. Mais il faut obferver que ces angles font fuppofés dans un plan horizontal; enforte que quand il s'agit d'un objet élevé fur l'horizon, comme du Soleil, par exemple, l'angle *RCE* que l'on mefure avec le compas, n'eft pas l'angle compris entre le rayon vifuel qui va au Soleil, & la ligne eft & oueft du compas: c'eft l'angle compris entre cette dernière ligne, & celle qui iroit du centre *C* de la rofe des vents, au point où tomberoit la perpendiculaire abaiffée de l'objet ou de l'aftre, fur l'horizon.

58. Le compas de route fert à déterminer la pofition de la quille du vaiffeau, à l'égard de la vraie ligne nord & fud, & à la maintenir ou à la ramener à cette pofition lorfqu'elle s'en écarte. Mais il ne fait pas connoître la direction de la route du vaiffeau, qui le plus fouvent, eft différente de la direction de la quille. C'eft le compas de variation qu'on emploie pour connoître l'angle que la route fait avec la quille, angle que l'on appelle la *dérive:* voici comment on la détermine.

Le vaiffeau faifant route, laiffe affez au loin en arrière de lui, une trace qu'on appelle la *houache*, qui étant l'effet de fa marche eft fur la ligne même qu'il fuit, du moins en fuppofant que la mer n'ait aucun mouvement propre. Il n'y a donc qu'à relever cette trace avec le compas de variation; on faura par-là quel angle elle fait avec la ligne eft & oueft du compas; & comme on fait quel angle la quille fait avec cette dernière, on connoîtra facilement l'angle de la dérive.

Principes fondamentaux de la réduction des routes.

59. Dans tout ce qui va être dit ſur la réduction des routes, nous ferons abſtraction des erreurs que l'on eſt expoſé à commettre, tant ſur le fillage que ſur le rhumb de vent. Nous regarderons l'un & l'autre comme exactement connus; nous verrons dans la ſeconde ſection comment on détermine la variation de l'aiguille; mais nous ſuppoſons ici qu'on y a eu égard ainſi qu'à la dérive.

Lorſqu'un vaiſſeau fait route, il ſuit toujours la même direction ou le même air de vent, tant que la direction & la force du vent reſtent les mêmes, & que les voiles reſtent en même quantité & orientées de la même manière; ou ſi par intervalles il s'écarte, par les coups de lame, on le ramène par le moyen du gouvernail dont le timonier fait uſage à meſure que les changemens indiqués par le compas de route, en font voir la néceſſité.

Quand nous diſons que le vaiſſeau ſuit toujours la même direction, nous n'entendons pas que pour ſe rendre d'un point à un autre, on prenne toujours le rhumb de vent direct, & qu'on y aille par ce ſeul rhumb; au contraire, cela n'arrive preſque jamais: on eſt ſouvent obligé de prendre un rhumb fort différent, pour pouvoir *décaper*, c'eſt-à-dire, s'éloigner des caps, ou des écueils voiſins du rhumb de vent direct, & ſur leſquels on s'exposeroit à être jeté si l'on suivoit celui-ci. D'autres fois on cherche à gagner des parages où soufflent les vents qui peuvent favoriser le reste de la navigation. En un mot il y a plusieurs motifs qui peuvent déterminer à préférer une route quelconque, à la route directe, & qui peuvent faire changer plusieurs fois dans le cours d'une traversée. Mais quoiqu'on coure par intervalles sur différens airs de vent, on reste néanmoins sur chacun pendant un certain espace de temps. Ainsi puisque la route est la somme de plusieurs routes plus on moins longues, décrites chacune sur un certain air de vent, nous pouvons considérer chacune de ces routes partielles, comme si elle étoit la route totale ; il ne s'agira que de répéter, pour chacune, des opérations analogues à celles que l'on aura faites pour l'une d'entre elles.

60. Observons d'abord que puisque la surface de la terre est courbe, & qu'à mesure qu'on change de place, on change nécessairement d'horizon, les rhumbs de vent ne sont pas des lignes droites ; mais des lignes courbes. Cela est évident puisqu'ils sont tracés sur une surface courbe. Mais ils le sont encore par une autre raison ; parce que chacun doit faire constamment un même angle avec le méridien de chaque lieu. En effet, soient A & B (*fig.* 26) deux points infiniment voisins, placés sur deux méridiens différens. Soient AB & BR les lignes qui pour chaque point marquent le nord-ouest ou tout autre rhumb de vent : les angles BAP & RBP sont donc égaux ; mais comme les arcs

BP & *AP* ne ſont point parallèles, & qu'au contraire l'arc *BP* ſe rapproche de l'arc *AP*, il eſt clair que l'angle *PBQ* qu'il forme avec *AB* prolongé, ſera plus grand que l'angle *PAQ*, & par conſéquent plus grand que *PBR*; donc puiſque *BR* marque le même rhumb de vent que *AB*, les parties *AB* & *BR* d'un même rhumb de vent ne ſont point ni en ligne droite ni dans un même plan.

61. Chaque rhumb de vent *AB* (*fig* 27) forme donc ſur la ſurface du globe, une ligne courbe : cette ligne s'appelle une *Loxodromie.* Un vaiſſeau qui ſuivroit conſtamment le même rhumb de vent, s'approcheroit ſans ceſſe du pôle, en tournant autour; mais ſans pouvoir jamais y arriver, excepté le cas où il ſuivroit la ligne nord & ſud. Examinons maintenant la propriété de cette courbe, qui ſert de fondement à toutes les réductions des routes.

Concevons que *AB* ſoit une partie quelconque d'un rhumb de vent; *PBN*, *PAM* les deux méridiens extrêmes; *NM* l'équateur; *PCK*, *PEL* deux méridiens qui coupent le rhumb de vent *AB* en deux points infiniment voiſins *C* & *E*. Si l'on conçoit que du pôle *P* on ait décrit les arcs *BS* & *CD* parallèles à l'équateur; il eſt clair que ſi *AB* eſt le rhumb de vent ou la route qu'a ſuivie un vaiſſeau, *AS* ſera le chemin fait ſuivant la ligne nord & ſud, depuis le point de départ *A* juſqu'au point d'arrivée *B*, & que l'arc *MN* de l'équateur, marquera le changement ou la différence en longitude.

Donc, par la même raiſon, ſi *EC* marque l'eſpace parcouru, pendant un inſtant, ſur le rhumb de vent *AB*, *DE* marquera le chemin fait ſuivant la ligne nord & ſud, pendant ce même inſtant, & *KL* ſera le changement en longitude. Or comme le triangle *CDE* rectangle en *D* eſt infiniment petit, on peut le regarder comme rectiligne. Et ſi l'on conçoit la route *AB* partagée en une infinité de parties égales telles que *CE*, & que pour chacune on conçoive un petit triangle tel que *CDE*, il eſt clair que tous ces triangles ſeront tous égaux entre eux, parce qu'outre l'angle droit & l'hypothénuſe, qui ſont les mêmes dans chacun, ils auront d'ailleurs chacun l'angle *CED* du rhumb de vent, le même. On pourra donc en conclure que la ſomme de toutes les hypothénuſes *CE*, ou la longueur *AB* de la route, eſt à la ſomme de tous les côtés *DE*, ou au chemin total fait ſuivant la ligne nord & ſud, comme une des hypothénuſes *CE*, eſt au côté correſpondant *DE*. Or puiſque le triangle *CDE* eſt rectiligne, il s'enſuit qu'il ſera ſemblable à tout autre triangle rectiligne qui auroit les mêmes angles; donc ſi (*fig.* 28) on conſtruit un triangle rectiligne rectangle *GIH* dont l'angle *G* ſoit égal à l'angle du rhumb de vent, ce triangle ſera ſemblable au triangle *CDE* (*fig* 27), & l'on aura par conſéquent *GH* : *GI* : : (*fig* 28) *CE* : *DE* : : *AB* : *AS*, ainſi qu'on vient de le voir; donc ſi l'on fait *GH* égal à la longueur *AB* de la route, *GI* ſera le chemin fait ſuivant la ligne nord & ſud.

On peut donc, quoique la route ſoit une ligne courbe, déterminer le chemin fait ſuivant la *ligne nord & ſud*, en *conſtruiſant un triangle rectiligne rectangle dont l'hypothénuſe ſoit égale à la longueur de la route, & dont un des angles ſoit égal au rhumb de vent ; le côté adjacent à cet angle ſera le chemin fait ſuivant la ligne nord & ſud.* C'eſt un des principes fondamentaux de la réduction des routes.

62. Voyons maintenant comment on détermine le chemin fait ſuivant la ligne eſt & oueſt.

Il eſt clair que ce chemin eſt repréſenté par *CD* lorſque *CE* repréſente celui que fait réellement le vaiſſeau. Or ſi l'on imagine, comme ci-deſſus, tous les triangles *CED* correſpondans aux différentes parties *CE* de la route, on verra de même, que la ſomme de toutes les hypothénuſes *CE*, ou la route entière *AB*, eſt à la ſomme de tous les côtés *CD* ou au chemin total fait ſuivant la ligne eſt & oueſt, comme *CE* eſt à *CD*, ou à cauſe des triangles ſemblables *CED* : *HGI* (*fig.* 27 & 28) : : *GH* : *HI*; donc *ſi l'on fait un triangle rectiligne rectangle dont l'hypothénuſe ſoit égal à la longueur de la route & dont un angle ſoit égal au rhumb de vent ; le côté oppoſé à cet angle ſera le chemin fait ſuivant la ligne eſt & oueſt.*

On peut donc repréſenter par les parties d'un ſeul triangle rectiligne rectangle, la longueur de la route, le chemin fait ſuivant la ligne nord & ſud, le chemin fait ſuivant la ligne eſt & oueſt, & le rhumb de vent.

63. Ces deux propoſitions ſont vraies, quelle que ſoit la longueur de la route. Quoique la route, le chemin fait ſuivant la ligne nord &

ſud, & le chemin fait ſuivant la ligne eſt & oueſt, ſoient tous des lignes courbes, il n'en eſt pas moins rigoureuſement exact de les repréſenter par l'hypothénuſe & les côtés d'un triangle rectiligne tel qu'on vient de le dire. Mais on ſe tromperoit, ſi ayant vu que le côté *GI* (*fig.* 28) eſt égal à *AS* (*fig.* 27), on en concluoit que *HI* eſt égal à *BS*. En effet *HI* eſt la ſomme de tous les petits arcs *CD*, laquelle eſt plus grande que *BS*, puiſque *CD* eſt plus grand que *OQ*. Et ſi du pôle *P* on imagine l'arc *AR*, on verra de même, que *HI*, ou la ſomme des petits arcs *CD*, eſt plus petite que *AR*.

64. Lorſqu'une fois on a déterminé le chemin fait ſuivant la ligne nord & ſud, il eſt facile d'en conclure la différence en latitude; car ce chemin faiſant partie d'un grand cercle, on doit pour chaque vingtaine de lieues, compter un degré. Il ne s'agira donc (39) que de prendre le vingtième, pour avoir les degrés, & de tripler le reſte, pour avoir les minutes.

65. Quant à la différence en longitude, elle ne peut pas ſe conclure auſſi immédiatement, de la valeur du chemin fait ſuivant la ligne eſt & oueſt. En effet, ce dernier chemin a pour valeur *HI* (*fig.* 28) qui eſt la ſomme de toutes les petites parties *CD* (*fig.* 27), ſomme qui, comme nous venons de le voir, eſt plus grande que *BS* & plus petite que *AR*.

Si l'on ſavoit à quelle latitude *MT* ſe trouve l'arc *TV*, qui étant terminé par les deux méridiens *PM*, *PN*, ſeroit préciſément égal à la ſomme de tous les petits arcs *CD* ou à *HI*, il feroit facile d'en conclure la longueur de l'arc *MN* qui mefure la différence de longitude, parce que nous favons (*Géom.* 329) que la longueur de l'arc *TV*, eft à celle de *MN*, comme le cofinus de l'arc *MT* eft au rayon. Ayant donc trouvé par cette proportion, la valeur de l'arc *MN*, en lieues, on la réduiroit en degrés & minutes comme il vient d'être dit pour la latitude. Mais on ne peut déterminer ce point, d'une manière généralement exacte, que par la même méthode qui donneroit immédiatement la différence en longitude fans exiger d'ailleurs cette dernière proportion. Voyons donc comment on peut déterminer directement & exactement la différence en longitude.

66. Puifque (*Géom.* 329) on a $CD : LK :: cof. RD : R$, ou $:: L : fec. LD$; que d'ailleurs le triangle rectangle *CED* (*Géométrie*, 296) donne $ED : CD :: R : tang. CED$, on aura en multipliant ces deux proportions, $ED : LK :: R^2 : fec. LD \times tang. CED$; donc $LK = \ldots$ $\frac{ED \times \text{fec.}\, LD \times \text{tang.}\, CED}{R^2} = \frac{ED \times \text{fec.}\, LD}{R} \times \frac{\text{tang.}\, CED}{R}$.

Mais felon ce que nous avons vu (36) $\frac{ED \times \text{fec.}\, LD}{R}$ exprime la grandeur qu'on doit donner aux parties *ED* du méridien, pour avoir les latitudes croiffantes ; donc en raifonnant de même pour tous les arcs *CD* correfpondans aux différentes parties de *AB*, on conclura que la fomme de tous les arcs *LK*, ou l'arc *MN*, eft égal à la fomme de toutes les parties méridionales de la différence *AS* en latitude, multipliée par le rapport de la tangente du rhumb de vent, au rayon ; c'eſt-à-dire, eſt égal à la différence des latitudes croiſſantes du point d'arrivée & du point de départ, multipliée par le rapport de la tangente du rhumb de vent, au rayon ; ce qui donne cette règle fort ſimple, pour déterminer la différence en longitude. Faites cette proportion..... *Le rayon, eſt à la tangente du rhumb de vent, comme la différence des latitudes croiſſantes de l'arrivée & du départ, eſt à la différence en longitude.* Sur quoi il faut obſerver que ſi les deux latitudes étoient de dénomination contraire, c'eſt-à-dire, l'une auſtrale & l'autre boréale, au lieu de la différence des latitudes croiſſantes, on prendroit leur ſomme.

67. On peut exécuter cette même règle, par une opération graphique fort ſimple auſſi. En conſtruiſant un triangle rectangle *GKL* (*fig.* 28) dont l'angle *G* ſoit égal au rhumb de vent, & le côté *GK* égal à la différence des latitudes croiſſantes ; alors *KL* ſera la différence de longitude, puiſque (*Géom.* 296) *GK* : *KL* : : *R* : *tang. KGL.*

68. Le triangle *GKL* qui détermine la différence en longitude, eſt donc ſemblable à celui *GIH* qui (62) détermine le chemin fait ſuivant la ligne eſt & oueſt.

Quant à la différence des latitudes croiſſantes, elle eſt toujours facile à avoir, ſoit par la règle donnée (37), ſoit par une table calculée (& nous en donnerons une à la fin de ce volume), ſoit par les cartes réduites, ſoit enfin par les règles ou échelles graduées qui ſont en uſage dans la navigation, & dont nous parlerons plus bas.

69. Lorſque la route a peu d'étendue en longueur, comme lorſqu'elle n'excede pas 200 lieues, & qu'on ne paſſe pas au-delà du 60ᵉ degré de latitude, on peut ſans erreur ſenſible (*) ſuppoſer que l'arc *TV* (*fig.* 27) du parallele qui paſſe à diſtances égales des deux paralleles extrêmes *AR* & *BS*, eſt préciſément égal au chemin *HI* (*fig.* 28) couru ſuivant la ligne eſt & oueſt, & l'on appelle cet arc, le *Moyen Parallèle*. Lors donc qu'on a déterminé le chemin *GI* (*fig.* 28) fait en latitude, & qu'on la réduit en degrés, il ne s'agit plus que d'en ajouter la moitié à la plus petite latitude *AM* (*fig.* 27), & de faire cette proportion, le coſinus de la latitude *MT* du moyen parallèle, eſt au rayon, comme le chemin ou le nombre de lieues *TV* ou *HI* fait ſuivant la ligne eſt & oueſt, eſt au nombre de lieues de l'arc *MN* que l'on réduit enſuite en degrés pour avoir la différence en longitude.

(*) La plus grande erreur qu'on puiſſe commettre ſur la longitude, en prenant le moyen parallèle, eſt, en minutes, $\frac{2}{11}$ du cube du nombre des centaines de lieues de la route, vers le parallèle de 45°; elle eſt la moitié de ce cube vers le parallèle de 60°; mais elle ſeroit de 482 fois ce cube, vers le parallèle de 75°; nous le démontrerons vers la fin de ce volume. Donc ſi la route eſt de 200 lieues ou de deux centaines de lieues, la plus grande erreur ſera un peu plus d'une minute vers le parallèle de 45°; elle ſera de 4′ vers le parallèle de 60°; & de 392′ ou 6° 32′ vers le parallèle de 75°. Mais comme ces différences augmentent en raiſon du cube de la longueur de la route, il eſt clair qu'on ne doit guère ſe permettre l'uſage du moyen parallèle, au-delà des limites que nous preſcrivons ici.

Ou bien on forme un triangle rectangle *ABC* (*fig.* 29) dont l'angle *BAC* ſoit égal à la latitude du moyen parallèle, & dont le côté *AB* de l'angle droit adjacent à l'angle *BAC* ſoit égal au nombre de lieues de *TV* (*fig.* 27) ou de *HI* (*fig* 28); alors le côté *AC* eſt la valeur de l'arc *MN*, puiſque (*Géom.* 295) $AB : AC :: fin.\ BCA$ ou $coſ.\ CAB : R$.

70. Les lieues qu'on a courues ſuivant la ligne eſt & oueſt s'appellent *Lieues mineures*, quand elles ſont courues ſur un parallèle; & *Lieues majeures*, ſur l'équateur. On leur a donné ce nom, parce qu'il faut un moindre nombre de lieues ſur un parallèle, pour faire un certain nombre de degrés, qu'il n'en faut ſur l'équateur; mais ces lieues ne diffèrent pas les unes des autres pour la grandeur.

71. Quelques auteurs ont propoſé de prendre pour moyen parallèle, non pas celui qui répond au milieu de la différence en latitude, mais celui dont la latitude croiſſante tiendroit le milieu entre les latitudes croiſſantes de l'arrivée & du départ. Cette méthode n'eſt, ainſi que la précédente, qu'une méthode d'approximation, renfermée à peu près dans les mêmes limites. Mais comme la réduction par le moyen parallèle, n'eſt certainement pas plus facile, même pour les perſonnes les moins inſtruites, que ne l'eſt la réduction par les latitudes croiſſantes, il eſt clair, puiſqu'elle n'eſt d'ailleurs qu'une approximation, qu'on ne doit l'employer que dans le cas (bien rare aſſurément) où l'on n'auroit ni tables ni échelles de latitudes croiſſantes, ni cartes réduites. Or, dans ce cas, la

ſeconde méthode du moyen parallèle ſeroit impraticable. La méthode des latitudes croiſſantes donne la différence des longitudes par un procédé fort ſimple & généralement exact; celle du moyen parallèle exige au moins une opération de plus, & n'eſt d'une exactitude ſuffiſante que juſqu'à un terme aſſez borné. Voyons maintenant comment on réduit ces règles en pratique.

De la manière de réſoudre les problêmes de Navigation, par le moyen des Cartes réduites.

72. La réſolution de ces différentes queſtions ſe réduit donc, ainſi qu'on vient de le voir, à former ſur la carte, le triangle *GIH* & le triangle *GKL* (*fig.* 28) dont nous avons parlé (61 *& ſuiv.*) Les roſes des vents que l'on marque en divers endroits des cartes marines facilitent les moyens de tracer ces triangles, ou ce qui revient au même, de déterminer la poſition & la grandeur de leurs côtés, ſans les tracer réellement ſur la carte, ce que l'on évite, en effet, pour en prolonger le ſervice. Faire ces opérations eſt ce qu'on appelle *pointer* la carte.

En expoſant comment on doit ſe conduire pour les cartes réduites, (que l'on doit toujours préférer à toutes les autres,) nous ferons remarquer à quoi ſe réduiroit l'opération ſur les cartes plates.

73. 1°. *Connoiſſant le point de départ (c'eſt-à-dire, ſa longitude & ſa latitude), le rhumb de vent qu'on a ſuivi, & le chemin qu'on a fait, ou les lieues de diſtance, il s'agit de déterminer le*

lieu de l'arrivée , sa longitude & sa latitude.

Par exemple , on est parti de l'Isle Saint-Michel, marquée *G* (*Planche IV*) sur la carte , & qui est située à 29° de longitude occidentale , comptée du méridien de Paris , & 38° 15′ de latitude nord. On a couru 154 lieues au *S-E* 8° 10′ *E*.

Comme le rhumb de vent qu'on a suivi n'est pas marqué sur la carte , & qu'il tombe entre le *S-E* & le *S-E* $\frac{1}{4}$ *E* , & à 3° 5′ de celui-ci , on estimera ces 3° 5′ ; en prenant depuis le *S-E* $\frac{1}{4}$ *E* une ouverture qui soit contenue 3 fois & $\frac{2}{3}$ dans un rhumb entier. Soit *AB* la ligne qui marque alors le *S-E* 8° 10′ *E*. Avec un compas on prendra la plus courte distance du point de départ *G* au rhumb de vent *AB*, & faisant glisser l'une des pointes le long de *AB* en tenant toujours les deux pointes dans une direction qui lui soit perpendiculaire , l'autre pointe tracera la route *GH* que l'on terminera en *H* en prenant avec un autre compas , un intervalle *GH* de 154 lieues ou de 7° 42′ pris sur l'échelle des longitudes qui est au bas de la carte. Le point *H* ne sera pas le point d'arrivée , quoique l'intervalle *GH* soit du nombre de lieues qu'on a courues ; parce que , de même que les degrés de latitude sont augmentés sur les cartes réduites , de même les distances réciproques des lieux y sont aussi augmentées ; mais ce point *H* servira à déterminer , de la manière suivante , le vrai point d'arrivée.

Par le même moyen qu'on a employé pour mener *GH* parallèle à *AB* , on mènera par les points *G* & *H* , les lignes *GI* & *HI* parallèles à la ligne nord & ſud & à la ligne eſt & oueſt; *GI* (61) ſera le changement en latitude; portant donc *GI* ſur l'échelle des degrés de longitude, on connoîtra le nombre de degrés & minutes de la différence en latitude. On comptera cette différence de latitude ſur le méridien depuis la latitude du départ, en allant vers l'équateur, parce que dans cet exemple la route tend à diminuer la latitude; puis par le point où elle ſe terminera, on mènera une parallèle à la ligne eſt & oueſt, qui rencontrera *GH* prolongée en *L*; alors le point *L* ſera le vrai point d'arrivée, & dont il ſera facile de connoître la longitude en obſervant à quel point il répond ſur l'échelle des longitudes. On trouvera donc qu'on eſt arrivé par $32^{\circ}\ 32'$ de latitude nord, & par $19^{\circ}\ 52'$ de longitude occidentale; c'eſt-à-dire, qu'on eſt à Madère.

La raiſon de cette pratique eſt évidente après ce qui a été dit (61 *& ſuiv.*), & en obſervant que *GK* eſt la différence des latitudes croiſſantes d'arrivée & de départ.

Si après avoir couru les 154 lieues dont il vient d'être queſtion, on change de route; par exemple, ſi l'on court 53 lieues au *S-E* $\frac{1}{4}$ *S* 4° *S*: on prendra pour point de départ, non pas le point *H*, mais le point *L*; & ayant déterminé, comme dans l'exemple précédent, la ligne *LC* parallèle au *S-E* $\frac{1}{4}$ *S* 4° *S*, on prendra ſur cette ligne la partie *LF* de 53 lieues, ou $2^{\circ}\ 39'$ pris ſur l'échelle des longitudes; puis menant par les points *L* & *F* les lignes *LE*, *FE* parallèles à la ligne eſt & oueſt, & à la ligne nord & ſud, *FE*, portée ſur l'échelle des longitudes,

longitudes, fera connoître la différence de latitude, que l'on comptera ensuite sur le méridien, depuis la latitude du départ, en allant vers l'équateur, parce que la route tend ici à diminuer la latitude. On aura donc la latitude d'arrivée. Par ce point on mènera une parallèle à la ligne est & ouest, laquelle coupera *LF* prolongée en un point *C* qui sera celui de l'arrivée. On trouvera dans cet exemple, qu'on est arrivé par 30° 10′ de latitude nord, & 18° 35′ de longitude occidentale, c'est-à-dire, qu'on est arrivé près l'Isle Salvage.

74. Si le rhumb de vent qu'on a suivi étoit précisément sur la ligne est & ouest, ou s'il en étoit extrêmement voisin; alors pour trouver la différence en longitude, on compteroit depuis le centre de la rose des vents, sur la ligne est & ouest, le nombre de lieues qu'on a courues, ou plutôt le nombre de degrés qui lui correspond, sur l'échelle des longitudes; par le point *M* où se termine ce nombre, on mèneroit une parallèle à la ligne nord & sud, & observant en quel point elle coupe celui des rhumbs de vent, qui fait avec la ligne est & ouest, un angle égal à la latitude du départ, on prendroit la distance *AN* de ce point au centre *A*, & la portant sur l'échelle des longitudes, on auroit la différence de longitude. Par exemple on est parti de Porto-Santo, qui est par 18° 40′ de longitude occidentale comptée de Paris, & par 33° 35′ de latitude nord; on a couru à l'est, & on a fait 135 lieues. On prendra *AM*, de 6° 45′ valeur des 135 lieues sur l'échelle des longitudes; & comme la latitude

vaut à très-peu près 3 rhumbs de vent, on examinera à quel point *N*, *MN* parallele à la ligne nord & ſud, coupe le troiſième rhumb de vent *AN*; la diſtance *AN* étant portée ſur l'échelle des longitudes fera connoître que la différence de longitude eſt de 8° 15′; on eſt donc arrivé près du Cap Blanc.

La raiſon de cette pratique eſt évidente, en ſe rappelant que le nombre des lieues courues ſur un parallèle, eſt au nombre de lieues qui leur correſpondent ſur l'équateur, comme le coſinus de la latitude eſt au rayon. Or dans le triangle rectangle *NAM*, *AN* : *AM* : : *R* : *ſin. AMN* ou *coſ. NAM*; or ce dernier angle a été fait égal à la latitude.

75. *Sur les cartes plates*, on porte de *G* en *H* le nombre de lieues qu'on a courues; le point *H* eſt le point d'arrivée dont on connoîtra la longitude & la latitude, en obſervant ſur l'échelle de longitude & ſur le méridien, à quels points répond le point *H*.

76. Si dans le cours des opérations, il arrivoit que quelqu'une des routes dût ſortir de la carte, alors on partageroit celle-ci en deux parties qui auroient le même rhumb de vent, & ayant déterminé le point d'arrivée qui convient à la partie qui peut ſe trouver ſur la carte dont on s'eſt ſervi juſques-là, on le prendroit pour point de départ ſur la ſeconde carte. Bien entendu que pour chaque carte on doit employer l'échelle qui lui eſt propre.

77. 2°. *Connoiſſant le point de départ, le rhumb de vent, & la latitude de l'arrivée, on demande les lieues de diſtance, & le lieu de l'arrivée.*

Soit *G* le point de départ; *AB* le rhumb de vent qu'on a suivi. On mènera, comme il a été dit dans l'article précédent, *GH* parallele à *AB*, & *GI* parallele à la ligne nord & sud. Sur cette derniere on portera de *G* vers *I*, si la route tend à diminuer la latitude, (ou à l'opposite dans le cas contraire) la différence en latitude, prise sur l'échelle des longitudes; puis menant par le point *I*, la ligne *IH* parallèle à la ligne est & ouest, si l'on porte *GH* sur l'échelle des longitudes, & qu'on réduise en lieues le nombre de degrés que *GH* occupera, on aura la longueur de la route.

Pour avoir le point d'arrivée; par la latitude d'arrivée comptée sur le méridien, on menera une parallèle à la ligne nord & sud, laquelle rencontrera la route *GH* en un point *L* qui sera celui d'arrivée, dont on aura par conséquent la longitude, en observant à quel point de l'échelle des longitudes il répond.

78. Si la latitude d'arrivée étoit égale à celle du départ; c'est-à-dire, si l'on avoit suivi la ligne est & ouest; alors l'énoncé de la question ne seroit pas suffisant pour trouver le point d'arrivée & la longueur de la route.

79. *Sur les cartes plates*, on fait *GI* parallèle à la ligne nord & sud, & égale au nombre de lieues qui correspond à la différence des latitudes (ou à leur somme quand elles sont de dénominations différentes); le point *H* déterminé en menant *IH* parallèle à la ligne est & ouest, est le point d'arrivée.

80. 3°. *Connoissant le point de départ, la longueur de la route & la latitude d'arrivée*; on

demande le rhumb de vent, & le lieu de l'arrivée.

Par le point *G* du départ on mènera *GI* parallèle à la ligne nord & ſud, & égale au nombre de degrés & minutes de la différence des latitudes (ou de la ſomme quand les latitudes ſont de dénominations différentes), priſes ſur l'échelle des longitudes. Ayant mené par le point *I*, une parallèle à la ligne eſt & oueſt, on la coupera en un point *H* par un arc décrit du point *G* comme centre & d'un rayon *GH* égal au nombre des lieues de la route réduit en degrés & minutes, & compté ſur l'échelle des longitudes. Si par le centre *A* de la roſe, on mène *AB* parallèle à *GA*, *AB* ſera le rhumb de vent.

Pour avoir le point d'arrivée, par l'extrémité de la latitude d'arrivée priſe ſur le méridien, on mènera une parallèle à la ligne eſt & oueſt, laquelle coupera *GH* prolongée, en un point *L* qui ſera celui d'arrivée, dont il ſera facile de connoître la longitude.

81. Si la latitude d'arrivée étoit égale à celle du départ; alors pour avoir la longitude d'arrivée, on feroit, comme il a été dit (74) pour ce même cas.

82. *Sur les cartes plates*, *H* eſt le point d'arrivée, & *GI* ainſi que *GH* ſe comptent en lieues.

83. 4°. *Connoiſſant le point de départ & celui d'arrivée, on demande le rhumb qui conduit de l'un à l'autre, & le nombre de lieues qu'il y a à faire pour s'y rendre.*

Soient *G* & *L*, les lieues de départ & d'arrivée. Par le centre *A* de la roſe des vents, on mènera *AB* parallèle à *GL* ; ce ſera le rhumb de vent qu'on doit ſuivre.

Par le point, qui ſur le méridien marque la latitude d'arrivée, & par celui, qui ſur l'échelle des longitudes marque la longitude du départ, on mènera les lignes *LK*, *GK* parallèles à la ligne eſt & oueſt, & à la ligne nord & ſud. De *G* vers *K* on prendra *GI* égale au nombre de degrés de la différence en latitude comptée ſur l'échelle des longitudes ; puis tirant par le point *I*, la ligne *IH* parallele à la ligne eſt & oueſt, la diſtance *GH* portée ſur l'échelle des longitudes donnera un certain nombre de degrés & minutes, qui étant réduit en lieues exprimera la longueur de la route.

84. Si les latitudes du départ & de l'arrivée étoient égales, le rhumb de vent ſeroit la ligne eſt & oueſt ; & pour avoir les lieues de diſtance, on feroit l'inverſe de ce qui a été dit (74) pour ce cas ; c'eſt-à-dire, qu'ayant compté la latitude, en rhumbs de vent, depuis la ligne eſt & oueſt, on prendroit ſur le rhumb *AN* qui la termine, la quantité *AN* égale à la différence de longitude priſe ſur l'échelle des longitudes ; alors menant *NM* parallèle à la ligne nord & ſud, on porteroit *AM* ſur l'échelle des longitudes, & réduiſant en lieues le nombre de degrés qu'on trouveroit, on auroit les lieues de diſtance.

85. *Sur les cartes plates ; GL* meſuré en lieues donneroit les lieues de diſtance ; & *AB* parallèle à *GL* ſeroit le rhumb de vent.

86. 5°. *Connoiſſant le point de départ, le rhumb de vent, & la longitude d'arrivée, on de-*

mande le lieu de l'arrivée, & les lieues de distance.

La solution de cette question peut être utile pour trouver la latitude d'arrivée, lorsqu'à l'aide d'une bonne montre marine, on est assuré de la longitude.

Par le point *G* du départ on mènera *GL* parallèle au rhumb de vent, que je suppose être *AB*. Par le point, qui, sur l'échelle des longitudes, marque la longitude d'arrivée, on mènera une parallèle à la ligne nord & sud; cette parallèle rencontrera *GL* en un point *L* qui sera le point d'arrivée; on en aura la latitude en observant à quelle division du méridien il répond.

Pour avoir les lieues de distance, on prendra sur *GK* parallèle à la ligne nord & sud, la partie *GI* égale à la difference des latitudes, connue par l'opération précédente, & mesurée sur l'échelle des longitudes; puis menant *IH* parallèle à la ligne est & ouest; si l'on porte *GH* sur l'échelle des longitudes, & qu'on réduise en lieues le nombre de degrés & minutes que l'on trouvera, on aura les lieues de distance.

87. Si l'on avoit suivi la ligne est & ouest, on auroit les lieues de distance comme il a été dit (84) pour ce cas.

88. *Sur les cartes plates.* Cette question peut aussi avoir sa solution sur les cartes plates; mais cette solution ainsi que celles des questions précédentes, ne peuvent être réputées suffisamment exactes, que pour de petites distances; ainsi nous ne nous y arrêterons pas davantage.

Sur la manière dont on détermine le point de départ ou de Partance, *ainsi que le lieu où l'on se trouve à la vue de deux terres.*

89. Le lieu de départ ne se prend pas toujours au lieu d'où l'on est parti d'abord. On ne le compte, le plus souvent, que de celui où l'on est prêt à perdre la terre de vue. Alors si l'on peut appercevoir sur la terre deux points qui soient marqués sur la carte, on les relevera avec la boussole. Puis sur la carte, on mènera par chacun de ces deux points une ligne parallèle au rhumb de vent sur lequel ce point a été apperçu. La rencontre de ces deux lignes déterminera le point de partance, ou en général le point duquel les deux autres ont été relevés (*).

Quand on ne peut observer qu'un seul point, comme il arrive lorsqu'on quitte une petite isle, & qu'elle est seule; on estime la distance à laquelle on en est, & on la marque, depuis cette isle, sur le rhumb de vent sur lequel elle a paru.

(*) Cette pratique suppose tacitement que le rhumb de vent auquel un objet paroît, étant vu d'un certain point, est le même que celui qu'il faudroit suivre pour se rendre de l'un à l'autre, ce qui n'est pas rigoureusement vrai; mais la distance à laquelle les objets qu'on veut relever, peuvent être vus, n'est jamais assez grande, pour que cette supposition puisse occasionner une erreur qui mérite attention.

Du quartier de réduction, & de ſon uſage pour la réſolution des Problêmes de Navigation.

90. Le quartier de réduction (*Planche VI*) eſt un quarré de carton, partagé en pluſieurs petits quarrés par des lignes parallèles à deux de ſes côtés contigus, dont l'un eſt ſuppoſé repréſenter la ligne eſt & oueſt, & l'autre la ligne nord & ſud.

Un des angles de ce quarré eſt le centre de pluſieurs circonférences concentriques, qui paſſent toutes par les diviſions des deux côtés contigus. L'une de ces circonférences, eſt diviſée en degrés : & les tranſverſales menées entre deux de ces circonférences, de la manière que le repréſente la Planche, donnent le moyen d'y évaluer la cinquième partie du degré. Le but de cet inſtrument eſt d'épargner la peine de tracer, ou de calculer le triangle qui (61 *& ſuiv.*) ſert à réſoudre les problêmes de navigation. Ce triangle ſe trouve tout formé ſur cet inſtrument, quel que ſoit le rhumb de vent.

On marque auſſi ſur le quartier, les principaux rhumbs de vent ; & les autres diviſions de la circonférence donnent le moyen de reconnoître les rhumbs intermédiaires, ce qui ſe fait en tendant un fil ſur le centre & ſur la diviſion qui convient à ce rhumb.

Dans l'uſage ordinaire du quartier, on détermine les differences en longitude, par le moyen parallèle ; ainſi conformément à ce que nous avons dit (69), on ne doit l'employer que pour la réduction des routes qui n'excèdent pas 200 lieues, à moins qu'on ne les partage en plusieurs parties plus petites que 200 lieues, pour calculer séparément la différence de longitude qui convient à chaque partie. Mais on trouve ordinairement sur les bords du quartier une échelle des latitudes croissantes qui peut servir à en étendre l'usage à des routes assez grandes, ainsi que nous le dirons dans peu. Voyons d'abord comment on emploie le quartier de réduction, pour réduire les lieues mineures, en lieues majeures, & réciproquement.

91. *Pour réduire les lieues mineures d'un parallèle connu, en lieues majeures;* on comptera depuis le rayon CB, de B vers A, sur la circonférence graduée, le nombre des degrés de la latitude de ce parallèle; & ayant compté le nombre des lieues mineures sur CB, de C en D, en faisant valoir une lieue à chaque intervalle (ou deux lieues, ou trois lieues, si le quartier n'étoit pas assez grand), on remarquera en quel point E la parallèle à CA, qui passe ou qu'on imagine passer par D, couperoit le fil tendu sur le centre C & sur le point F qui termine la latitude; alors le nombre d'intervalles d'arcs compris depuis C jusqu'en E, comptés chacun pour autant de lieues qu'on en a fait valoir à chaque intervalle de CB, donnera le nombre de lieues majeures.

Par exemple, si l'on demande à combien de lieues majeures répondent 34 lieues courues sur le parallèle de $50^\circ\ 18'$; on comptera $50^\circ\ 18'$, de B en F, & 34 lieues, de C en D, sur

CB ; alors on trouvera que de C en E, il y a 53 intervalles, les 34 lieues mineures, ſur ce parallèle, valent donc 53 lieues majeures.

La raiſon de cette pratique eſt évidente, après ce qui a été dit (69) ; en effet, dans le triangle rectangle CDE, on a (*Géom.* 295) $CD : CE :: \textit{ſin}.\ CED$ ou $\textit{coſ}.\ DCE : R$.

92. *Pour réduire les lieues majeures, en lieues mineures d'un parallèle connu*, on comptera, comme dans le cas précédent, la latitude de ce parallèle de B en F ; & ſur le fil tendu ſuivant CF, on comptera par le nombre des intervalles d'arcs, le nombre CE des lieues majeures. Obſervant enſuite ſur CB à quel point D tomberoit la parallèle ED, à CA ; le nombre des intervalles compris de C en D donnera le nombre des lieues mineures.

93. Voyons maintenant la manière de réſoudre par le quartier, les queſtions que nous avons réſolues ci-deſſus par les cartes réduites.

1°. *Connoiſſant le lieu du départ, la longueur de la route, & le rhumb de vent ; trouver la latitude & la longitude d'arrivée.*

Tendez le fil ſur le rhumb de vent connu, & comptez depuis le centre, ſur ce rhumb, les lieues que vous avez courues, en faiſant valoir à chaque intervalle, une ou pluſieurs lieues ſelon que la diſtance totale pourra ou ne pourra être compriſe dans le quartier. Au point G où elles ſe terminent, plantez une épingle, & voyez combien il y a d'intervalles depuis C juſqu'au point H qui ſur CA répond perpendiculairement à G; ce ſera le nombre des lieues courues ſuivant la ligne nord & ſud, en comptant chaque intervalle pour autant de lieues que vous en avez ſuppoſé à ceux qui repreſentent les lieues de diſtance.

Comptez de même, combien il y a d'intervalles depuis *C* juſqu'au point *I* qui, ſur *CB* répond perpendiculairement à *G*; & vous aurez les lieues courues ſuivant la ligne eſt & oueſt. Réduiſez-les (91) en lieues majeures. Puis réduiſez, en degrés, ces lieues majeures & les lieues courues ſuivant la ligne nord & ſud, & vous aurez la différence en longitude & la différence en latitude.

EXEMPLE.

Latitude du départ. .	48° 53′	Longitude du départ. .	22° 12′
Rhumb de vent. . .	N-N-O	Lieues de diſtance. . . .	64
Donc, lieues N.	$59\frac{1}{3}$	Lieues O.	$24\frac{2}{3}$
Différence en lat. . . .	2° 58′	Lieues majeures.	$38\frac{2}{5}$
Latitude d'arrivée N...	51° 51′	Différence en longitude.	1° 56′
Moyen parallèle. . .	50° 22′	Longitude d'arrivée. .	20° 16′

A la latitude du départ, nous avons ajouté la différence de latitude; & de la longitude du départ nous avons ôté la différence de longitude, parce que la route ayant été faite au *NNO*, tend à augmenter la latitude & à diminuer la longitude.

94. 2°. *Connoiſſant le point de départ, le rhumb de vent, & la latitude d'arrivée; on demande la longueur du chemin qu'on a fait, & la longitude de l'arrivée.*

Tendez le fil ſur le rhumb de vent connu, & ayant compté ſur *CA* le nombre de lieues qui convient au changement en latitude, ſuppoſons qu'il ſe termine en *H*. Plantez une épingle ſur le rhumb de vent, vis-à-vis de *H* : je ſuppoſe que ce ſoit en *K*. Comptez le nombre d'intervalles d'arcs de *C* en *K* ; ce ſera le nombre des lieues qu'on a courues en droite ligne. Comptez pareillement le nombre d'intervalles, qui ſur *CB*, répondent à *KH* ; ce ſera le nombre de lieues courues eſt & oueſt, que vous réduirez en lieues majeures (91), puis en degrés (39), & vous aurez la différence en longitude.

EXEMPLE.

Latitude du départ N... 1° 19′	Longitude du départ... 1° 17′
Latitude d'arrivée S... 1°. 38′	Rhumb de vent. . S-O 3° O
Donc, changeant en lat. 2° 57′	Lieues O. . . . . 71′
Lieues N & S. 59	Lieues majeures. . . . . . 71′
Lieues de diſtance. . . . 89	Différence en longitude. 3° 33′
Moyen parallèle. . . . 1° 28′	Longitude d'arrivée. 357° 44′

Pour avoir le changement en latitude, nous avons ajouté les deux latitudes ; parce qu'elles ſont l'une nord, l'autre ſud. Et pour avoir la longitude d'arrivée, nous avons retranché la différence de longitude, de la longitude du départ, augmentée de 360° ; parce que le changement en longitude s'étant fait vers l'oueſt, & étant plus grand que la longitude du départ, il eſt clair qu'on a paſſé le premier méridien, en allant vers l'oueſt.

95. 3°. *On connoît le point de départ, le chemin qu'on a fait & la latitude d'arrivée : on demande quel rhumb on a ſuivi, & la longitude d'arrivée.*

Comptez de *C* vers *A* le nombre de lieues qui convient au changement en latitude ; je ſuppoſe qu'il ſe termine en L. Comptez les lieues de diſtance, par les intervalles d'arcs ; & voyez où l'arc qui termineroit cette diſtance, rencontre ou peut rencontrer la parallèle à CB, qui paſſeroit par le point L ; je ſuppoſe que ce ſoit en M. Arrêtez le fil ſur CM : vous verrez ſur l'arc gradué, quel eſt le rhumb de vent ; & le nombre des intervalles que comprendra LM vous donnera les lieues mineures que vous réduirez (91) en lieues majeures, puis (39) en degrés & vous aurez la différence en longitude.

Exemple.

Latitude du départ N. 50° 30′	Longitude du départ... 35° 10′
Latitude d'arrivée N. 48° 10′	Lieues de diſt. entre S & O. 85
Donc, differ. en lat. 2° 20′	Lieues O. 71
Lieues S. . . . . 46 $\frac{2}{3}$	Lieues majeures. 109
Rhumb de vent. S-O $\frac{1}{4}$ O 30′ O	Différence en longitude. 5° 27′
Moyen parallèle. . 49° 20′	Longitude d'arrivée. . 29° 43′

96. 4°. *On connoît le lieu du départ, & celui de l'arrivée ; on demande quel rhumb de vent on doit ſuivre pour ſe rendre de l'un à l'autre, & le chemin qu'il y a à faire.*

Par la différence des latitudes (ou par leur ſomme ſi elles ſont de dénomination contraire) on connoîtra le chemin qu'on doit faire ſuivant la ligne nord & ſud. Il ſera facile auſſi d'avoir le moyen parallèle.

Par la différence des longitudes, on connoîtra les lieues majeures que l'on réduira (92) en lieues mineures. Alors on comptera de C vers

A, les lieues nord & ſud ; ſuppoſons qu'elles ſe terminent en *L* : on prendra, ſur *LM* parallèle à *CB*, le nombre des lieues mineures ; *CM* ſera le rhumb qu'on doit ſuivre ; & le nombre d'intervalles d'arcs compris entre *C* & *M*, ſera le nombre de lieues que l'on a à courir ſur ce rhumb.

EXEMPLE.

Latitude du départ N.	50° 30′	Longitude du départ.	35° 10′
Latitude d'arrivée N.	48° 10′	Longitude d'arrivée.	29° 43′
Donc, différ. en latit.	2° 20′	Différence de longitude.	5° 27′
Lieues S.	46 $\frac{2}{3}$	Lieues majeures.	109
Moyen parallèle. . .	49° 20′	Lieues O.	71
Rhumb de vent.	S-O $\frac{1}{4}$ O 30′ O	Lieues de diſtance. . . .	85

La cinquième queſtion, que nous avons énoncée (86), ne peut être réſolue par le quartier de réduction, ſi ce n'eſt par un tâtonnement que nous propoſerons d'autant moins que toutes les ſolutions qu'on obtient par le quartier de réduction ne ſont déjà, par elles-mêmes, que des approximations.

Uſage de l'Échelle des latitudes croiſſantes, qui accompagne le Quartier de réduction.

97. On peut réſoudre les queſtions précédentes avec plus d'exactitude pour des diſtances plus grandes, en y employant l'échelle des latitudes croiſſantes. Elle ſe conſtruit d'après le principe expoſé (37), en donnant pour valeur à ſon premier degré, un des intervalles du quartier ; c'eſt-à-dire, qu'ayant pris un des

intervalles du quartier, pour représenter le premier degré de latitude, on aura le second degré de latitude, par cette proportion..... La somme des sécantes, de minute en minute, depuis 0° jusqu'à 1°, est à l'un des intervalles du quartier, comme la somme des sécantes, de minute en minute, depuis 0° jusqu'à 2°, est au nombre d'intervalles du quartier, que l'on doit porter sur l'échelle pour avoir l'étendue des deux premiers degrés de latitude ; & ainsi des autres.

Ayant ainsi construit l'échelle des latitudes croissantes qui convient au quartier dont on veut faire usage, voici comment on l'emploie.

98. *Pour la première question* (93). On opérera comme il est dit dans cet article, jusqu'à ces mots..... *Comptez de même :* & ayant réduit le nombre des lieues de *CH*, en degrés de latitude, pour connoître la latitude d'arrivée, on prendra sur l'échelle des latitudes, l'intervalle depuis la latitude du départ, jusqu'à celle d'arrivée, & l'ayant porté de *C* vers *A* ; si *N* est le point où elle tombe, *NO* parallèle à *CB*, & terminée au rhumb de vent, exprimera par le nombre & les parties d'intervalles, le nombre des degrés & parties de degré de la différence en longitude, chaque intervalle étant compté pour un degré. Cette pratique n'est évidemment que l'exécution de la proportion énoncée (66), puisque $CN : NO :: R : tang. NCO$, (*Géom.* 296).

99. *Pour la seconde question* (94). Opérez comme il est dit dans cet article, jusqu'à ces

mots...... *Comptez pareillement* ; puis achevez comme il vient d'être dit (98).

100. *Pour la troisième question* (95). Opérez comme il est dit dans cet article, jusqu'à ces mots..... *& le nombre des intervalles* ; puis achevez comme il a été dit (98).

101. *Pour la quatrième question* (96). Comptez de *C* en *H* sur *CA*, les lieues faites en latitude. Marquez aussi, de *C* en *N* sur *CA*, l'intervalle pris sur l'échelle, entre la latitude du départ & celle de l'arrivée. Comptez sur *NO* parallèle à *CB*, les degrés & parties de degré de la différence en longitude, en faisant valoir un degré à chaque intervalle ; alors le fil tendu sur *CO*, marquera le rhumb de vent ; & *CG* déterminé par la parallèle *HG* qui passe par *H*, marquera les lieues de distance.

102. *Pour la cinquième question* (86). Tendez le fil sur le rhumb de vent *CO*; & ayant compté sur *CB*, la différence *CP* en longitude, en prenant chaque intervalle pour un degré, observez le point *O* du rhumb de vent qui répond perpendiculairement au point *P*, & fixez-y une épingle. Prenez sur *CA* la distance *CN* au point *N* qui répond perpendiculairement à *O* ; portez-la sur l'échelle des latitudes croissantes, depuis la latitude d'arrivée, en montant ou en descendant, selon que la route tend à augmenter ou à diminuer la latitude ; vous connoîtrez la latitude d'arrivée. Réduisez le changement en latitude, en lieues, que vous compterez de *C* en *H*; alors le point *G*, qui sur *CO* répond perpendiculairement à *H* déterminera, par le nombre des intervalles de *CG*, les lieues de distance.

Des

Des routes composées, par le Quartier de Réduction.

103. On a donné le nom de *Règle composée*, à celle que l'on suit pour réduire en une seule, plusieurs routes que l'on a courues successivement. Elle consiste à chercher, par ce qui a été dit ci-devant, le chemin fait, pour chaque route, tant suivant la ligne nord & sud, que suivant la ligne est & ouest; d'où l'on conclut le chemin total fait suivant chacune de ces deux lignes, en prenant la somme des quantités qui ont été courues dans un même sens, & la différence de celles qui ont été courues en sens opposés. Par le chemin total fait suivant la ligne nord & sud, on a la différence en latitude, qui avec la latitude du départ, fait connoître le moyen parallèle. Par le moyen parallèle & le chemin total fait suivant la ligne est & ouest, on trouve, comme il a été dit (91), les lieues majeures, & par conséquent la différence totale de longitude. D'où, par ce qui a été dit (96), il est facile de conclure le rhumb de vent & le nombre de lieues de la route directe. En voici un exemple: le lieu de départ est supposé à 45° de latitude *N*, & 110° de longitude.

EXEMPLE.

	N	S	E	O
I. Route.. 100 lieues au N-E $\frac{1}{4}$ N.	83^{li}.	0^{li}.	$55\frac{1}{2}^{li}$.	0
II. Route.. 230 lieues à l'O-N-O.	$88\frac{1}{2}$	0	0	212
III. Route.... 80 lieues à l'E $\frac{1}{4}$ S-E.	0	$15\frac{3}{4}$	$78\frac{1}{2}$	0
Sommes.	$171\frac{1}{2}$	$15\frac{3}{4}$	134	212
	$15\frac{3}{4}$			134
Reste des lieues N & des lieues O..	$155\frac{3}{4}$			78

Rhumb de vent direct... N-N-O $4^{\circ}\ 12'$ O... lieues de dist. 174.

Cette manière d'opérer a pour but d'abréger le travail, en ne faisant qu'une seule fois la réduction des lieues mineures en lieues majeures; mais par cela même elle peut être souvent très-défectueuse. On ne doit s'en permettre l'usage que pour réduire à une seule, toutes les différentes routes que l'on auroit pu faire dans un jour, & non pas pour réduire celles qu'on auroit faites en plusieurs jours consécutifs. On doit sur-tout s'en abstenir lorsque quelques-unes des routes ayant été très-voisines de la ligne nord & sud, d'autres ont été très-voisines de la ligne est & ouest. L'application de la méthode du moyen parallèle, à la réduction totale, pourroit alors être très-fautive.

Résolution des questions précédentes, par le calcul.

104. Les méthodes précédentes ont été imaginées en faveur de ceux qui, n'étant point instruits des principes d'Arithmétique & de Géométrie, ont besoin d'être guidés dans leur

travail, par quelque chose de sensible, & qui leur présente une espèce de tableau de leurs routes. Mais lorsqu'on a les principes nécessaires pour appliquer le calcul à la résolution de ces mêmes questions, on seroit blâmable de ne pas le faire : 1°. parce que ces opérations sont au moins aussi faciles par le calcul. 2°. Parce que les méthodes de calcul ne sont assujetties à aucune limitation, & qu'il n'en est pas de même de celles que l'on suit dans l'usage des instrumens. 3°. Parce que les résultats du calcul ne peuvent être affectés d'autres erreurs que de celles qui affecteroient les données ; au lieu que les opérations graphiques joignent à ces mêmes erreurs, celles qui résultent nécessairement des défauts des instrumens, des bornes que doit avoir l'étendue de leurs divisions, & de plusieurs causes semblables. En vain diroit-on que les erreurs qu'on peut commettre en vertu de ces dernières causes, sont au-dessous de celles qui peuvent résulter des défauts dans la mesure du sillage, & dans celle du rhumb de vent. Les erreurs inévitables ne sont pas la mesure de celles qu'on peut se permettre.

105. On peut résoudre par le calcul trigonométrique, toutes les questions qu'on résout par le quartier de réduction, puisque toutes se réduisent à la résolution d'un triangle rectangle, qui a pour hypothénuse, la longueur de la route ; pour côtés de l'angle droit, le chemin fait suivant la ligne nord & sud, & le chemin fait suivant la ligne est & ouest ; & pour angles aigus adjacens à ces côtés, le rhumb de vent & son complément. Connoissant dans ce trian-

gle, deux chofes, outre l'angle droit, & dont l'une foit un côté, nous avons vu en Géométrie, comment on calcule tout le refte; ainfi nous ne le répéterons point ici.

106. Quant à la manière de réduire les lieues mineures en lieues majeures, & réciproquement; elle fe réduit à la proportion que nous avons donnée (69), & par conféquent à une fimple addition & une fouftraction, en employant les logarithmes. Cela eft trop facile d'après ce que nous avons dit en Arithmétique & en Géométrie, pour qu'il foit befoin d'en donner un exemple.

107. La meilleure méthode qu'on puiffe employer pour réfoudre les queftions de Navigation, eft la méthode des latitudes croiffantes. On trouvera à la fin de cet Ouvrage, une Table de ces latitudes (Table XIX). Dans le cas où n'en ayant point, on voudroit en former une, on le pourra par ce qui a été dit (37), ou plus exactement & plus brièvement, par la règle fuivante (*).

Prenez dans les Tables le logarithme de la cotangente de la moitié du complément de la latitude, avec cinq chiffres feulement, après la caractériftique; ôtez-en le logarithme du rayon, multipliez le refte, par 7915, 7; fupprimez les cinq dernières décimales du produit, & vous aurez, en minutes & dixièmes de minute, la latitude croiffante qui convient à la latitude propofée.

(*) Voyez, pour la démonftration, les *Principes de Calcul qui fervent d'introduction aux fciences phyfico-mathématiques.*

Par exemple on demande la latitude croiſſante qui convient à 70° ; le complément de 70° eſt 20° dont la moitié 10°. Je trouve dans les Tables ordinaires, que le logarithme de la cotangente de 10°, diminué du logarithme 10,00000 du rayon, eſt 0,75368. Je multiplie ce dernier nombre par 7915,7, & rejettant les cinq dernières décimales du produit, j'ai 5965',9 ou 5966 minutes pour la latitude croiſſante qui convient à 70° de latitude.

108. Chacune des queſtions que nous allons réſoudre, n'exige que deux proportions, & par conſéquent, en employant les logarithmes, ſe réduit à des additions & des ſouſtractions. On peut même réduire le tout à des additions, en employant, au lieu des logarithmes qu'on doit ſouſtraire, leurs complémens arithmétiques. Ce complément qui n'eſt autre choſe que le nombre même qu'on doit ſouſtraire, retranché de l'unité ſuivie d'autant de zéros qu'il a de chiffres, ſe trouve facilement en prenant la différence entre 9, & chacun de ſes chiffres, excepté le dernier qu'on retranche de 10. Par exemple, le complément arithmétique de 9,523526 eſt 0,476474, que l'on trouve en retranchant 9, 5, 2, 3, 5, 2, chacun de 9 & le dernier chiffre 6, de 10. Lors donc qu'on aura une ſouſtraction à faire, on pourra la changer en une addition, en ſubſtituant au nombre qu'on doit retrancher, ſon complément arithmétique; mais il faudra obſerver de diminuer d'une unité le premier chiffre ſur la gauche de la ſomme, parce que lorſqu'au lieu de retrancher 9,523526, par exem-

ple, de 9,872345, j'ajoute au contraire à celui-ci, le complément arithmétique du premier, c'eſt ajouter 10,000000 moins 9,523526; c'eſt donc augmenter le réſultat, de 10,000000; ou l'augmenter d'une unité à ſon premier chiffre. Au reſte on peut tenir compte de cette unité de trop, en comptant dans l'opération, le premier chiffre du réſultat, avec une unité de moins.

Dans les opérations ſuivantes, nous emploierons donc les complémens arithmétiques, lorſqu'il y aura des ſouſtractions de logarithmes; excepté le cas où le logarithme à retrancher ſeroit celui du rayon, parce qu'alors l'opération ſe réduit à ôter une unité du premier chiffre de la ſomme, ou à écrire ce premier chiffre avec une unité de moins. Ainſi dans les exemples ci-deſſous, le mot *ſomme* ſignifie la ſomme des nombres ſupérieurs diminuée d'une unité à ſon premier chiffre. Venons à la réſolution de nos queſtions.

109. 1°. *Étant donnés, le point de départ, le rhumb de vent, & la longueur de la route, trouver la latitude & la longitude d'arrivée.*

Faites cette proportion... Le rayon eſt au nombre de lieues de la route, comme le coſinus du rhumb de vent eſt à un quatrième terme qui ſera le chemin fait ſuivant la ligne nord & ſud (61). Réduiſez-le en degrés & minutes, & vous aurez le changement en latitude, & par conſéquent la latitude d'arrivée.

Cherchez par le moyen de la Table des latitudes croiſſantes (Table XIX), la différence des latitudes croiſſantes d'arrivée & départ

(ou leur ſomme ſi elles ſont de dénomination contraire); puis faites cette proportion (66)..... Le rayon eſt à la tangente du rhumb de vent, comme la différence ou la ſomme des latitudes croiſſantes (ſelon que les latitudes ſont de même ou de différente dénomination), eſt à la différence de longitude.

EXEMPLE.

On eſt parti de 325° de longitude, & de 45° de latitude nord : on a couru 652 lieues au N O 9° 44′ N, c'eſt-à-dire que le rhumb eſt de 35° 16′.

Log. 652.	2,81425	Donc, lieues N. . .	532,3
Log coſ. 35° 16′. .	0,91194	Différence en latit. .	26° 37′
Somme. . . .	2,72619	Latitude d'arrivée. .	71° 37′
		Differ. lat. croiſſante.	3232
Log. 3232.	3,50947	Donc, diff. en longitude.	2286′
Log. tang. 35° 16′. .	9,84952	ou	38° 6′
Somme. . . .	3,35899	Longitude d'arrivée.	286° 54′

Si l'on avoit calculé cette différence de longitude, par le moyen parallele, on auroit trouvé 35° 49′; l'erreur feroit donc de 2° 17′.

110. 2°. *Connoiſſant le point de départ, le rhumb de vent, & la latitude d'arrivée, on demande le chemin qu'on a fait, & la longitude d'arrivée.*

Réduiſez en lieues, la différence en latitude (ou leur ſomme ſi les deux latitudes ſont de dénomination différente). Faites cette proportion.... Le coſinus du rhumb de vent, eſt au rayon, comme le nombre de lieues qui répond au changement en latitude, eſt au nombre de lieues de diſtance.

Cherchez, par la Table des latitudes croiſſantes, la différence des latitudes croiſſantes du départ & de l'arrivée (ou leur ſomme ſi les latitudes ſont de dénomination différente), & faites cette proportion (66).... Le rayon, eſt à la tangente du rhumb de vent, comme la différence (ou la ſomme, dans le ſecond cas) des latitudes croiſſantes, eſt à la différence en longitude.

Exemple.

On eſt parti de 14° 50′ de latitude nord, & 297° de longitude; on a couru à l'*E-N-E*, & l'on eſt arrivé par 26° 20′ de latitude nord. Le rhumb eſt donc de 67° 30′.

Différence de lat. . .	11° 30′	Log. 230.	2,36173
Lieues N.	230	Log. du rayon. . .	10, . . .
Diff. des lat. croiſſantes. .	739	Complément arithm.	
		log. coſ. 67° 30′	0,41716
		Somme.	2,77889
Donc, lieues de diſt. . .	601	Donc, diff. de long.	1784′. E
Log. 739.	2,86864	ou.	29° 44′
Log. tang. 67° 30′.	10,38278	Longitude d'arr. .	326° 44′
Somme. . . .	3,25142		

111. 3°. *On connoît le point de départ, le chemin qu'on a fait, & la latitude d'arrivée; on demande quel rhumb on a ſuivi, & la longitude d'arrivée.*

Réduiſez en lieues la différence des latitudes (ou leur ſomme ſi elles ſont de dénomination différente). Faites cette proportion....

Le nombre des lieues de distance, est au nombre des lieues nord & sud, comme le rayon est au cosinus du rhumb de vent.

Cherchez, par la Table des latitudes croissantes, la différence des latitudes croissantes de départ & d'arrivée (ou leur somme, si ces latitudes sont de dénomination différente), & faites cette proportion.... Le rayon, est à la tangente du rhumb de vent, comme la différence des latitudes croissantes (ou leur somme, dans le second cas), est à la différence en longitude.

EXEMPLE.

On est parti de $4^{\circ}\ 30'$ de latitude nord, & de $351^{\circ}\ 33'$ de longitude. On a couru $659\ \frac{2}{3}$ lieues entre le *S* & l'*O*, & on est arrivé par $20^{\circ}\ 20'$ de latitude sud.

Somme des lat. . . . . $24^{\circ}\ 50'$	Log. $496\frac{2}{3}$. 2,69607
Lieues S. . . . . $496\frac{2}{3}$	Log. du rayon. . . 10,
Somme des lat. croiss. 1516	Compl. arit. log. $659\frac{2}{3}$. 7,18067
Lieues de distance. . . $659\frac{2}{3}$	Somme. 9,87674

Donc, rhumb de vent. . . $41^{\circ}\ 9'$ ou S-O $3^{\circ}\ 51'$ S

Log. 1516. 3,18070	Donc, diff. en longit. $1325'$ O
Log. tang. $41^{\circ}\ 9'$. . 9,94146	ou. . . . . $22^{\circ}\ 5'$ O
Somme. 3,12216	Longit. d'arrivée. . $329^{\circ}\ 28'$

112. 4°. *On connoît le lieu du départ & celui de l'arrivée. On demande le rhumb de vent qu'on doit suivre, & le chemin qu'il y a à faire.*

Réduisez en minutes, la différence en longitude. Cherchez, par la Table des latitudes croissantes, la différence des latitudes croisfantes de départ & d'arrivée (ou leur fomme, fi les latitudes font de dénomination différente), & faites cette proportion.... La différence des latitudes croiffantes (ou leur fomme dans le fecond cas), eft à la différence en longitude, comme le rayon eft à la tangente du rhumb de vent.

Réduifez en lieues, la différence en latitude (ou la fomme des latitudes, dans le fecond cas), & faites cette proportion.... Le cofinus du rhumb de vent, eft au rayon, comme le nombre des lieues nord & fud, eft au nombre des lieues de diftance.

EXEMPLE.

On veut partir de 32° 40′ de latitude nord, & de 339° 12′ de longitude, pour fe rendre en un lieu fitué par 14° 37′ de latitude nord, & 297° 6′ de longitude.

Diff. de longitude. . . 42° 6′	Log. 2526. 3,40243
ou. . . . . 2526′	Log. du rayon. . . 10,
Diff. des latitudes croiff. 1189′	Compl. arit. log. 1189. 6,92482
	Somme. . . . 10,32725

Donc, rhumb de vent. 64° 48′ ou O-S-O 2° 42′ S

Diff. en latitude. . . 18° 3′	Log. 361. 2,55751
Lieues S. 361	Log. du rayon. . . 10, . . .
	Complément arithm.
	log. cof. 64° 48′. 0,37082
Donc, lieues de dift. 848	Somme. . . . 2,92833

113. 5°. *On connoît le lieu de départ, le rhumb de vent, & la longitude d'arrivée. On demande la latitude d'arrivée, & les lieues de diftance.*

Réduiſez en minutes, la différence de longitude, & faites cette proportion.... La tangente du rhumb de vent, eſt au rayon, comme la différence en longitude, eſt à un quatrième terme qui ſera la différence des latitudes croiſſantes ſi l'on n'a pas changé d'hémiſphère, ou leur ſomme, dans le cas contraire. Dans le premier cas, ajoutez cette différence à la latitude croiſſante du départ ſi la route tend à augmenter la latitude, ou retranchez-l'en ſi la route tend à diminuer la latitude. Dans le ſecond cas, retranchez de cette ſomme, la latitude du départ, & vous aurez la latitude d'arrivée.

Réduiſez en lieues, le changement en latitude; & faites cette proportion.... Le coſinus du rhumb de vent, eſt au rayon, comme le nombre de lieues du changement en latitude, eſt au nombre de lieues de la route.

EXEMPLE.

On eſt parti de 38° 10′ de latitude nord, & de 329° de longitude: on a couru au *N E $\frac{1}{4}$ E* juſques par 348° 32′ de longitude, c'eſt-à-dire, que le rhumb de vent eſt de 56° 15′.

Diff. de longitude. . 19° 32′	Log. 1172. 3,06893
ou. . . . . 1172′	Log. du rayon. . . 10, . . .
Latit. croiff. du départ. 2481′	Complément arithm.
	log. tang. 56° 15′. 9,82489
	Somme. 2,89382
Donc, diff. des lat. croiff. 783′	Log. 190 $\frac{1}{5}$. 2,27952
Latit. croiffante d'arriv. 3264	Log. du rayon. . . 10, . . .
Latitude d'arrivée. . . 47° 41′	Complément arithm.
Différence de latitude. 9° 31′	log. cof. 56° 15′. 0,25526
Lieues N. . . . . 190 $\frac{1}{5}$	Somme. 2,53478
	Donc, lieues de dift. 342 $\frac{1}{5}$

Cette dernière queftion pourra être d'ufage lorfqu'on aura de bonnes montres marines. Nous pourrions en ajouter ici une fixième, qui ne diffère de la précédente qu'en ce que le rhumb de vent y eft inconnu, & les lieues de diftance, au contraire, font fuppofées connues. Elle a également pour objet de faire conclure la latitude, de la longitude. Mais l'ufage n'en feroit pas auffi fûr, parce que l'incertiude fur la mefure du fillage, eft plus grande que fur celle du rhumb de vent. D'ailleurs cette queftion ne pouvant être réfolue que par approximation, nous n'en dirons rien ici. Au refte, ceux qui defireront favoir comment on peut réfoudre cette queftion, le trouveront vers la fin de cet Ouvrage.

Remarque.

114. Les folutions des queftions précédentes fuppofant une mefure exacte du fillage, ou du rhumb de vent, on doit bien fe garder de négliger les autres moyens qui peuvent s'offrir pour en confirmer ou en corriger les ré-

ſultats. Nous nous occuperons, dans la Section ſuivante, de ceux que l'Aſtronomie fournit. Mais nous ne devons pas omettre de faire mention de l'uſage qu'on peut faire de la ſonde. On trouve dans les Routiers, des états ou mémoires détaillés des différentes profondeurs de l'eau, & des qualités du fond de la mer, dans un grand nombre d'endroits. On ne doit pas négliger de les conſulter. Ces renſeignemens, joints aux autres obſervations qu'on aura eu lieu de faire, peuvent ſervir beaucoup à connoître le lieu où l'on eſt. Dans certains parages, on trouve le fond lorſqu'on eſt encore à plus de 150 lieues des côtes, & il monte inſenſiblement à meſure qu'on avance. On doit donc, lorſque d'après l'eſtime faite par les méthodes précédentes, on a lieu de ſe juger à une certaine proximité des terres, ſe tenir ſur ſes gardes, n'aller de nuit qu'à petites voiles, reprendre même quelquefois le large, conſulter les routiers, & ſonder.

Pour cette dernière opération, on fait deſcendre, au fond de la mer, un poids qui eſt communément de 20 ou 30 livres de figure conique, & dont la baſe eſt creuſée & garnie de ſuif pour rapporter des échantillons de la nature du fond. Pour pouvoir juger de la profondeur de l'eau, il faut que le poids deſcende verticalement; c'eſt pourquoi, lorſqu'on veut ſonder, il faut s'arrêter, ou mettre côté en travers; car outre que dans le cas où l'on ſonderoit en faiſant route, on eſtimeroit la profondeur plus grande qu'elle n'eſt réellement, on s'expoſeroit d'ailleurs à faire rompre la ligne de ſonde.