

LES APPORTS ESSENTIELS DU XIX^e SIÈCLE

Ainsi jusque vers la fin du premier tiers du XIX^e siècle, les méthodes lunaires pour obtenir le temps du premier méridien ont eu le pas sur les méthodes chronométrique, à cause de l'imperfection des montres qui exigeaient un contrôle incessant par les observations astronomiques directes. On peut au contraire dire de la plus grande partie du XIX^e siècle qu'elle a marqué le triomphe définitif du chronomètre; tandis que les méthodes lunaires peu à peu passées au second plan, à mesure que les montres devenaient de plus en plus sûres, ont fini par être totalement abandonnées avant la fin du siècle; si bien que la Connaissance des Temps a pu supprimer les tables relatives aux distances lunaires en 1905, comme devenues depuis des années inutiles. « Elles sont mortes comme Jules César », disait-on, quelques années auparavant en Angleterre en demandant leur suppression dans le *Nautical Almanac*.

C'est que l'observation et le calcul d'une distance lunaire ont toujours été des opérations laborieuses et longues et que, en outre, la méthode n'était pas tout instant à la disposition du navigateur en quête d'un point, puisqu'il fallait que la Lune fût sur l'horizon et à deux ou trois jours de la Nouvelle Lune. Avec les grandes vitesses le procédé eut même été tout à fait insuffisant. Il en va tout autrement avec un chronomètre sur lequel on peut compter. Commodité et rapidité se trouvent alors réunies et un astre quel qu'il soit y a exactement la valeur d'un autre, du moment que ses éphémérides sont entre les mains de l'observateur. On peut donc observer en tout temps dès que le ciel est découvert et l'horizon dégagé. On s'explique par conséquent les efforts faits pour l'utilisation des chronomètres et les progrès dans leur construction : progrès encouragés par l'institution de concours et d'épreuves compliquées et difficiles, sanctionnés par l'attribution

281 HISTOIRE GÉNÉRALE DE LA NAVIGATION DU XV^e AU XX^e SIÈCLE

de primes aux meilleurs instruments, qui étaient déposés, pour examen, à l'observatoire de Paris, au commencement du siècle ; puis au Service Hydrographique de la Marine. En 1835 les primes allaient jusqu'à 2.500 francs lorsque l'erreur moyenne sur la longitude en 3 mois au dépôt était de 10' au maximum.

Il en est résulté que leur conduite, à mesure des perfectionnements techniques, est devenue de plus en plus simple et leur usage de plus en plus général. Comme les progrès réalisés dans la fabrication du sextant ont simplifié la question de la correction des hauteurs, dans laquelle on a plus, depuis longtemps, à tenir compte de la prismaticité des miroirs et des verres, ni même en général à s'inquiéter de l'excentricité et des erreurs de division, depuis l'usage de collimateurs spéciaux destinés à les réduire et à les déterminer rapidement ; l'utilisation du chronomètre, qui a demandé beaucoup de soins pendant un temps, est devenue enfin toute simple grâce à une construction de plus en plus soignée, résultat des efforts d'artistes qualifiés, éclairés et soutenus par les savants et les marins. Car il y a eu de nombreux constructeurs dans ce XIX^e siècle. On peut citer ici en France avec les Bréguet, Motel, Jacob, Winnerl, Gannery, Dumas, Vissière, Lecoq, Le Roy prédécesseur du L. Leroy actuel.

Ces progrès réalisés au XIX^e siècle dans l'étude et l'utilisation des chronomètres sont publiés ou reproduits dans les cahiers de *Recherches Chronométriques* officiellement publiés par le « Service Hydrographique de la Marine » de 1859 à 1887 ; c'est-à-dire à partir du moment où le Service des chronomètres a été réorganisé en reliant le Dépôt de la Marine aux observatoires et à la Flotte « de manière à centraliser et à diriger les efforts de tous ». Ils sont au nombre de 13 et contiennent soit des analyses des études théoriques relatives aux chronomètres, soit des comptes rendus détaillés des travaux se rapportant à leur utilisation et à leur étude pratique, soit des

mémoires originaux. Il faut signaler tout d'abord dans le 11^e cahier (1857) un travail de l'ingénieur hydrographe E. Caspari où l'on trouve un exposé général de la question envisagée sous toutes ses faces ; depuis la description du chronomètre jusqu'à l'examen critique des études auxquelles il a donné lieu, tant pour sa théorie que pour ses applications. Cette étude constitue ainsi un résumé de tout

LES APPORTS ESSENTIELS DU XIX^e SIÈCLE.

283

ce qui était acquis au moment où elle a été écrite : c'est-à-dire en 1856. Or on peut classer tous ces travaux dans plusieurs catégories. Voici d'abord ceux qui sont d'ordre purement théorique et qui étaient destinés à justifier mathématiquement et à préciser les règles empiriques suivies par les constructeurs avec plus ou moins de tâtonnements.

Dans un mémoire soumis à l'Académie des Sciences le 28 mai 1860, Philips, ingénieur des mines, étudie le spiral réglant et donne la théorie des courbes terminales dérivées des courbes « tâchées » dont parlait déjà Pierre Le Roy et que des artistes anglais comme Arnold par exemple employaient depuis longtemps pour assurer l'isochronisme.

L'astronome Yvon Villarceau dans un « Mémoire sur le mouvement et la compensation des chronomètres », publié dans les « Annales de l'Observatoire » de 1862, s'occupe d'abord du mouvement du balancier, en ayant égard à la résistance de l'air, à celle des pivots, au choc produit par l'échappement et aux effets de l'épaississement des huiles ; puis il fait, dans une 2^e partie, la théorie du balancier bilame : compensation et réglage. Il propose enfin de représenter la marche par la formule de Taylor en la considérant comme fonction du temps et de la température ; et, s'arrêtant aux termes du 2^e degré, il demande à l'observation les données nécessaires pour la détermination des valeurs numériques des coefficients.

Résal, ingénieur des mines, fait en 1868-69 une étude complète du ressort moteur et de la forme de la fusée et Caspari dans le travail cité démontre et justifie théoriquement la règle d'isochronisme de Le Roy, en tenant compte des frottements et il en donne l'énoncé correct et complet, énoncé qui s'est trouvé conforme à la pratique des artistes.

D'un autre côté, dans la première moitié du siècle, un certain nombre d'hydrographes, tels que Daussy, Vincendon-Dumoulin, de Tessan, Ploix, sans analyser les facteurs dont dépendent les marches, se sont proposé d'appliquer des formules d'interpolation au calcul des longitudes par les chronomètres. Leurs travaux, destinés aux calculateurs qui discutent les longitudes *après coup*, ne faisaient pas intervenir les températures ; de sorte qu'ils ont réduit la question à un problème d'analyse pure

286 HISTOIRE GÉNÉRALE DE LA NAVIGATION DU XV^e AU XX^e SIÈCLE

en cherchant à représenter les états par une courbe aussi continue que possible.

Une troisième catégorie de travaux, due surtout à des officiers de marine, envisage principalement au contraire l'utilisation pratique immédiate des montres et l'étude directe de la marche.

Le premier à citer ici, de Cornulier, a publié quatre mémoires sur le calcul de la marche des chronomètres (*Annales Maritimes*, 1831-32 et 1843-44). Il y consigne les résultats de son expérience acquise sur l'*Allier* dans les mers du sud et à l'observatoire de Lorient. De Cornulier expose que dans les essais officiels des montres au XVIII^e siècle, on a tenu compte de tables de températures et qu'il est nécessaire de recommencer à étudier les montres à ce point de vue ; ce qui avait été entièrement perdu de vue après les travaux de Fleurieu et de Borda. Il croit également du reste à la nécessité de tenir compte d'un second terme ou « accélération », indépendant de la température. Il pose ainsi la question de la forme de la fonction qui donne la

marche en fonction du temps et de la température, et il admet que l'effet de la température s'exprime par un terme linéaire. Le problème posé par de Cornulier est en tout cas celui qui a orienté le plus grand nombre de recherches pratiques ultérieures, parmi lesquelles celles de Licussou et de Mouchez sont capitales. Lieussou, ingénieur hydrographe, a publié les résultats de ses travaux en 1854. Il a surtout opéré à terre comme de Cornulier d'ailleurs, dans les conditions où les variations de la température étaient lentes et régulières. Construisant en fonction du temps, porté en abscisses, les courbes des marches et des températures, il a été conduit à sa célèbre formule :

$$m = a + bt + c(\Theta - \theta)^2 ;$$

formule qui a fait l'objet de vérifications en plusieurs pays, en particulier à l'observatoire de Kiel où Peters la vérifia par des observations portant sur 91 chronomètres; où la température entre au second degré et où la constante Θ est la température de réglage.

Mouchez, d'autre part, après une campagne de 1850 à 1854

LES APPORTS ESSENTIELS DU XIX^e SIÈCLE.

287

sur la *Capricieuse* dans le Pacifique et les mers de Chine, a préconisé dès 1853 l'emploi exclusif des courbes pour la détermination de la marche; et il croit comme de Cornulier que l'effet de la température s'exprime simplement par un terme en θ .

Mais en 1859, le capitaine de frégate Pagel, étudiant à priori et par le raisonnement la fonction m , conclut à la nécessité de l'introduction d'un terme en $t\theta$, dépendant à la fois du temps et de la température. Ses conclusions sont aussi celles de de Magnac qui chercha cette fonction de 1864 à 1867 à bord de la *Victoire* sur les côtes ouest de l'Amérique. Dans ce travail, de Magnac s'est efforcé de déterminer les coefficients de la formule de Villarceau. Mais ses méthodes étaient trop laborieuses pour la pratique; aussi, plus tard, il recommanda un procédé graphique plus simple en procédant comme Mouchez pour la construction des courbes.

Il a appliqué ce nouveau procédé aux chronomètres de la *Renommée* en 1874-75 dans une navigation entre Brest, Toulon et la Horta.

Fleurirais enfin sur le Jean-Bart, rendant compte des procédés qu'il a enseigné aux aspirants pendant les années 1871, 1872, 1873, est aussi de l'avis de de Cornulier sur l'effet de la température.

Et du reste les opinions de de Cornulier et de Lieussou peuvent s'accorder si on opère assez loin et d'un même côté de la température de réglage. La première revient en effet à remplacer l'arc de la parabole isotemps par une droite. Ajoutons que vers 1880 les constantes de la correction thermométrique furent déterminées à Liverpool par le passage de la montre à l'étuve.

Toutes les formules se montrent à elles seules insuffisantes en pratique, car elles ne tiennent pas compte des sauts et des anomalies de la marche.

D'autres études subsidiaires ont également été entreprises. De Magnac, Mouchez, Martin ont ainsi constaté que l'effet du roulis était pratiquement négligeable.

En 1858-1859, Delamarche et Ploix, ingénieurs hydrographes, cherchent l'effet des champs magnétiques sur le chronomètre en plaçant l'instrument dans des champs analogues ;à ceux qui

288 HISTOIRE GÉNÉRALE DE LA NAVIGATION DU XV^e AU XX^e SIÈCLE

existent à bord, champs qu'ils constituaient simplement au moyen des compensateurs ordinaires des compas. Des études poursuivies dans le même but avaient été d'ailleurs déjà faites en Angleterre en 1820-21 par Fisher et Barlow et en 1833 par Dent et Arnold. Ils conclurent que l'état magnétique des bâtiments ne doit pas avoir d'influence sensible sur les marches des

chronomètres, au moins tant que le spiral et le balancier ne possèdent aucune propriété magnétique.

Enfin Royaux, dans une campagne en Chine sur le *Decrès* en 1874-76, a montré, par l'étude des « différences de marches » que l'hélice pouvait avoir une influence; ces différences pouvant ne pas se comporter de la même manière suivant que le bâtiment naviguait à la voile ou à la vapeur.

Les *Cahiers* se terminent par l'exposé de la méthode pratique (1884) que le lieutenant de vaisseau de Carfort a appliquée sur la *Romanche* dans une expédition au cap Horn en 1882-1883. De Carfort a employé une méthode mixte. Une fois calculés les coefficients de Lieussou, il construisait la parabole isotemps, puis une courbe *isotherme* qui révélait immédiatement les sauts. Il insistait sur l'analyse des comparaisons des chronomètres entre eux, procédé qui est devenu règlementaire dans la marine militaire, et préconisait les comparaisons par la « méthode des coïncidences » qu'Arago avait exposée dans la *Revue Maritime*, mais qui était très peu employée.

C'est ainsi que la conduite des chronomètres était devenue assez pratique pour pouvoir faire partie du bagage courant de tout officier quelque peu entraîné et beaucoup y étaient devenus habiles vers le moment où nous sommes arrivés. Et ces résultats avaient été obtenus, d'après le rapport annuel du secrétaire de la Marine des États-Unis, en 1876, grâce aux Français « qui, depuis Licussou, avaient pris le premier rang dans ces sortes de recherches, sur les résultats desquelles on pouvait fonder les plus belles espérances ».

Mais une nouvelle manière *précise et commode* d'interpréter et d'utiliser les observations devait, en même temps que l'abandon de plus en plus absolu des distances *lunaires*, conduire à un changement total dans la manière de traiter et d'interpréter les observations; changement que l'on peut caractériser en disant

LES APPORTS ESSENTIELS DU XIX^e SIÈCLE.

289

qu'au lieu de déterminer séparément la latitude et la longitude en se servant pour cette dernière soit des distances lunaires, soit du chronomètre, et calculant alors, après la détermination exacte de la latitude par l'observation, l'erreur sur la longitude qui résultait de l'erreur sur la latitude employée dans le calcul d'angle horaire; ce qui constituait dans les deux cas « l'ancienne navigation » ; on a navigué, surtout à partir de 1875-1880 environ, par lieux géométriques exacts et uniquement avec le chronomètre, méthode qui est celle de la « nouvelle navigation ».

Le changement qui ne s'est pas fait sans résistances doit être raconté. L'initiateur de ces lieux géométriques fut le capitaine américain Sumner qui découvrit « la droite de hauteur » par hasard, mais qui eut le mérite de l'interpréter correctement. Sumner allait à Greenock. Dans la nuit du 17 décembre 1837 l'estime le plaçait à environ 40 milles du phare de Tuscar, à l'entrée du canal Saint-Georges. Il n'avait pu faire d'observations depuis le méridien de 22" W. et il voulait entrer dans la mer d'Irlande. La brise au S.-E., la terre sous le vent, route à l'E. - N.-E... Le 18 décembre vers 10 h. 30 il put enfin prendre une hauteur de Soleil. Mais il avait fait près de 700 milles sans observations. Alors, ne pouvant compter sur sa latitude, ni par suite sur l'angle horaire conclu, il calcula trois horaires avec trois latitudes croissant de 10 en 10'. Comme il avait un bon chronomètre il put conclure trois longitudes des trois angles horaires. Il porta donc trois points sur la carte. Ces points se trouvèrent en ligne droite et cette ligne droite se trouva passer par le phare de Smalls. Il était évident qu'il était quelque part sur cette droite. Il s'y maintint certain d'arriver ainsi en vue, droit devant, du bateau phare; ce qui arriva effectivement. Il venait de tracer par points la première « droite de hauteur ». Et voici en effet son interprétation. Il assimilait la Terre à une sphère, ce qu'on lui passera. Il observe alors qu'elle a à chaque instant un hémisphère obscur et un hémisphère illuminé, ce dernier ayant un pôle illuminé qui est le point de la Terre qui est juste place sous le Soleil (qui a le Soleil au zénith). Par assimilation aux

parallèles de latitude, il appelle alors « parallèles de hauteur » les petits cercles dont le pôle commun est

290 HISTOIRE GÉNÉRALE DE LA NAVIGATION DU XV^e AU XX^e SIÈCLE

ce pôle illuminé, autrement dit nos « cercles de hauteur » et il justifie son appellation en remarquant que ces petits cercles étaient des lieux géométriques le long desquels on observerait partout une même hauteur. Le chronomètre lui donnait la position du centre de ces cercles. Donc le point pouvait résulter de l'observation de deux hauteurs par intersection des deux lieux géométriques correspondants. De tout temps les marins ont éprouvé une véritable séduction, trop souvent peu raisonnable, pour les constructions graphiques, de préférence au calcul. Sumner proposa donc de tracer sur la carte marine les portions utiles de ces lieux et de les remplacer, dans leur voisinage du point estimé, par des droites obtenues en déterminant deux points de chaque lieu au moyen de deux valeurs de la latitude, traçant ainsi une corde de la courbe. Et il fut cette fois bien inspiré.

La découverte de Sumner ne fut connue en France qu'en 1847. A cette époque elle fut l'objet dans les *Annales Maritimes* d'un article dû à un navigateur du nom de Barthet qui résidait aux États-Unis et qui annonce qu'il va présenter une *méthode graphique* de faire le point qu'il a « puisée dans un petit ouvrage publié naguère à Boston par le capitaine Thomas H. Sumner ». L'extrait de Barthet contient une planche où plusieurs courbes de hauteur sont tracées par points, mais sans systématisation.

Avant de poursuivre, marquons ici ce qu'on pensait des distances lunaires en cette même année 1847, par les extraits suivants d'un ouvrage du lieutenant de vaisseau Pagel : « A la mer, 2 ou 3 distances donneront la longitude à 8 ou 10' près. On n'emploiera donc pas ces distances en Méditerranée où, les traversées étant courtes, un chronomètre médiocre donnera de meilleurs résultats, mais dans l'océan où les traversées durent 20, 30 jours et davantage, les distances lunaires seront d'un grand secours, car quelque bons que soient les chronomètres que l'on possède à bord, ce sont des machines sujettes à varier et, après 30 jours de navigation on ne pourra pas compter sur une longitude exacte à 10' près. Les distances sont donc d'autant plus utiles que les traversées sont longues, surtout lorsque les huiles sont anciennes; il y a alors de la témérité et de l'imprudence à compter sur le chronomètre. »

LES APPORTS ESSENTIELS DU XIX^e SIÈCLE.

291

Ce n'est donc qu'une vingtaine d'années plus tard qu'on se préoccupa activement des études théoriques auxquelles donnait lieu la méthode de Sumner. Vers 1870 le professeur d'hydrographie Fasci plaida la cause des lieux géométriques rectilignes, que Caillet en 1868 indique seulement en appelant la droite de Sumner « ligne de position » ; et dont Dubois vers le même temps ne parle pas du tout. « Ils sont, disait Fasci, très appréciés par les marins. Ils les emploient très souvent pour déterminer la position du navire près des côtes. » Cette dernière remarque, qui a été répétée à plusieurs reprises, provient évidemment des circonstances de la découverte de Sumner et de l'usage qu'il fit de la première droite qui ait été tracée. Elle résulte encore de ce qu'une droite, bien choisie dans une circonstance déterminée, peut donner de très utiles renseignements sur la route à donner pour naviguer en sécurité. Et Fasci indiquait un moyen pour déterminer, non une corde, par le calcul de deux points, mais une tangente, par le calcul d'un point au moyen de la latitude estimée, et de l'azimut. Enfin il employait le nom de « droite de hauteur ».

Vers ce moment les études se précipitent. Dès 1868 Mottez, sur le vaisseau école *Jean-Bart* enseigne la méthode et en 1872, sur le même bâtiment, Fleuriat l'autographie pour les élèves. En 1873 Marcq Saint-hilaire étudie d'une manière définitive l'utilisation d'une seule observation,

détermine la droite par deux points ou comme Fasci, et il fait en outre remarquer que ces procédés sont très suffisants pour la pratique ainsi « qu'on peut s'en assurer en traçant exactement la courbe dans différents cas, par trois ou quatre points ».

En 1862, l'ingénieur hydrographe Estignard, dans un travail qui semble avoir été longtemps à peu près ignoré et qui a paru dans le tome III des *Cahiers de Recherches Chronométriques*, qui va de 1877 à 1885, avait étudié analytiquement, d'une manière déjà très complète, les courbes de hauteur; c'est-à-dire les images des cercles de hauteur sur une carte de Mercator pour la sphère. Il avait distingué leurs trois formes, les avait ramenées à leurs axes de symétrie. En 1874 Hilleret donna une étude analogue, déduisant les équations des courbes de l'expression de leur équation différentielle. Il chercha les transformations

292 HISTOIRE GÉNÉRALE DE LA NAVIGATION DU XV^e AU XX^e SIÈCLE

d'une courbe d'un même astre depuis son lever jusqu'à son coucher ; proposa un tracé par deux tangentes voisines pour tenir compte de la courbure. Et son travail fut élogieusement cité en Angleterre dans le *Naval Science* de 1875. En 1875 Marcq Saint-Hilaire découvre sa méthode du « point rapproché », universellement employée aujourd'hui par d'innombrables bâtiments de toutes les nationalités, sur toutes les mers. C'est à cette occasion qu'il disait excellemment que : « déterminer sa position en mer par deux observations de Soleil, ou en vue de terre par deux relèvements d'un même point, sont deux opérations qui présentent une grande analogie ». Et il insistait sur les avantages de l'emploi des lieux géométriques.

C'est que la lutte paraissait vive à ce moment, comme aux temps lointains de « Master Bourne », entre les partisans des anciennes méthodes et les marins qui tenaient pour les nouvelles; mais tous les éléments de nature à préciser et à opposer les deux points de vue allaient être réunis dans deux publications importantes parues en 1877. Le traité encyclopédique de Ledieu, *Les nouvelles méthodes de Navigation*, contenait un exposé critique de toutes les ressources mises alors à la disposition de l'homme de mer. Il mettait sous les yeux du lecteur toutes les pièces du procès qui venait de s'élever « entre les partisans éclairés des modes courants » qui « protestaient énergiquement contre leur abandon » et les « promoteurs des nouvelles méthodes » qui « ne pariaient de rien moins que d'une refonte radicale de la théorie et de la pratique de la navigation ». Ledieu cependant se refusait, mais assez mollement, à abandonner les distances lunaires et les angles horaires calculés avec la latitude estimée et il n'insistait sur l'emploi des droites qu'aux atterrissages. Quant à la *Nouvelle Navigation astronomique* de Y. Villarceau et de de Magnac, elle contenait dans la partie rédigée par l'astronome, un exposé analytique complet, trop complet même, des nouvelles méthodes. Villarceau l'avait entrepris à la prière d'officiers et du ministre de la Marine et pour chercher la raison de la crise dans laquelle il était appelé à prendre parti. L'année précédente, en 1876, il avait justement distingué trois phases dans la navigation : 1° l'estime ; 2° l'ancienne navigation ou l'on déterminait la latitude à midi et la

LES APPORTS ESSENTIELS DU XIX^e SIÈCLE.

293

longitude par des distances lunaires ; 3° enfin la nouvelle navigation dans laquelle il voyait l'effet nécessaire du fait que « dans les derniers temps l'emploi des montres marines avait fini par acquérir un degré de supériorité bien constaté et avait permis d'opérer la transformation qui constituait cette nouvelle navigation ». « Les nouvelles méthodes ne pouvaient produire tous leurs résultats, disait-il, tant que la question chronométrique n'aurait pas été résolue. » Et il ne paraît pas douter non plus que la substitution du lieu géométrique au calcul de l'angle horaire ou de la latitude ne dût également s'imposer. Une transition devait en effet se faire avant l'emploi exclusif des lieux géométriques. Elle consistait à substituer le chronomètre aux distances ; mais

en conservant la détermination séparée de la latitude et de la longitude. Comme lui enfin Ledieu insistait sur les « avantages que pouvait présenter l'application des recherches pour l'usage perfectionné des chronomètres ». Ajoutons cependant qu'en 1882 Faye regretta d'avoir à constater le désintéressement croissant des officiers pour les distances lunaires, qui restaient toujours le seul moyen certain d'avoir l'heure du premier méridien, car, remarque-t-il, les chronomètres doivent toujours être considérés comme sujets à des dérangements. En outre Faye n'aimait pas non plus les droites de hauteur quand il s'agissait de faire le point par deux observations. Il trouvait que la méthode indirecte de Lalande n'était pas plus longue et était plus exacte.

On peut douter toutefois que l'énorme travail de Villarceau ait bien servi la cause des lieux géométriques. Ses études des courbes de hauteur faites au moyen des fonctions hyperboliques et les développements, trop poussés et trop généraux pour être d'une application possible à la mer, aux problèmes qui résultent de leur emploi étaient de nature à indisposer beaucoup d'esprits, qui ne demandaient qu'à se rallier, plutôt qu'à les attirer. Mouchez par exemple, moins que suspect, ne put s'empêcher d'insister à plusieurs reprises dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, sur ce qu'ils avaient d'impraticable à la mer. Une aigre polémique s'éleva entre eux, où Mouchez réédita une fois de plus les critiques déjà portées près de deux siècles et demi auparavant par le Père Fournier contre les purs théoriciens de cabinet qui « n'avaient jamais navigué » et dont les méthodes

294 HISTOIRE GÉNÉRALE DE LA NAVIGATION DU XV^e AU XX^e SIÈCLE

ne pouvaient qu'être « stériles, faute d'expérience technique ». L'un parlait en pur mathématicien qui avait cherché des méthodes exactes générales et souvent élégantes, ne sacrifiant rien au désir d'une extrême précision théorique; l'autre en praticien pressé, comme l'est tout marin à la mer. C'est dans ce livre de Villarceau qu'on trouve entre autres, la distance de la courbe à son cercle osculateur. Le rayon de courbure avait été calculé par Hilleret et Marcq Saint-Hilaire; mais son emploi est pour ainsi dire toujours inutile et le principal résultat de ces études a été précisément de montrer que dans la quasi-totalité des cas, on pouvait se contenter de la substitution de la droite à la courbe : c'était un résultat important. Et il faut ajouter que d'autres résultats de même nature justifient en grande partie des études telles que celles de Villarceau.

En 1875 Fasci avait étudié, inutilement pour la pratique, les courbes définies sur la terre ellipsoïdale comme les cercles de hauteur le sont sur la sphère géocentrique ; et de 1884 à 1901, le commandant Guyou est revenu plusieurs fois sur l'étude des courbes de hauteur, sans réussir, malgré d'intéressants efforts, à fonder sur elles des procédés nouveaux d'utilisation. Il faut noter enfin qu'en 1878, Preuss d'Esfleth a résolu le problème du point au moyen des projections stéréographiques polaires des cercles de hauteur.

De plus, pendant tous ces travaux les distances lunaires accentuaient irrémédiablement leur déclin. En 1868 Caillet écrivait encore il est vrai qu'un grand nombre de navires n'étaient pas munis de chronomètres et que, de toute façon, il fallait de temps à autre vérifier les résultats des montres par l'observation des distances lunaires. Mais en 1870 Dubois est plus formel : « Depuis le perfectionnement apporté aux chronomètres et surtout depuis qu'on en embarque plusieurs sur les navires, nous devons dire que la détermination des longitudes par les distances lunaires est beaucoup moins employée. » Et la même année le témoignage de Fleuriais est décisif : « à la mer, dit-il, la longitude ne se détermine que très rarement d'une autre façon que par les chronomètres. » Ainsi la situation respective du chronomètre et des distances lunaires était complètement renversée par rapport à ce qu'elle était cinquante ans plus tôt.

LES APPORTS ESSENTIELS DU XIX^e SIÈCLE.

295

Mais le XIX^e siècle avait à résoudre une question nouvelle, impérieusement posée par la substitution du fer au bois dans la construction des navires. Alors en effet l'aiguille du compas ne marque plus le nord magnétique, dont elle s'écartait quelque peu même auparavant. L'étude du magnétisme du bâtiment et de ses effets sur les boussoles devint nécessaire. Nous avons déjà dit ce qu'en pensait Flinders. Les règles de Flinders auquel la question s'était présentée sous une forme trop simple et sans analyse suffisante, furent infirmées par des expériences entreprises en 1812 par ordre de l'Amirauté sur cinq bâtiments ; puis par le D^r Scoresby, 1813-1817 (Phil. Trans. 1819), dans un voyage au Gröenland et au Spitzberg ; enfin par le capitaine Sabine qui accompagna Parry et Ross à la découverte du passage du N. W. (1818-24), qui montra qu'il fallait employer le cap au compas au lieu du cap magnétique utilisé par Flinders.

Le D^r Young le premier découvrit que la déviation due au magnétisme permanent variait en raison inverse de la composante horizontale H et que l'induction dans les fers doux verticaux donnait une déviation variant comme la tangente de l'inclinaison. Il considéra aussi la déviation quadrantale. Barlow en 1820 expérimenta les effets produits sur une aiguille par une sphère *pleine* ou *creuse*, aimantée par la Terre. Il découvrit qu'elles agissent également, et il proposa de corriger les déviations par l'action d'une sphère ou d'une plaque convenablement placée par tâtonnements.

La question sortit enfin de l'empirisme avec Poisson. Celui-ci étudia d'abord le magnétisme ; il établit les lois de la distribution du magnétisme dans les corps aimantés par influence et les effets qu'ils exercent sur des points donnés. Il parvint à résoudre ses équations dans quelques cas, en particulier dans le cas de la sphère. Il montra que les composantes induites sont des fonctions linéaires des composantes terrestres. Opérant ainsi, il n'étudia d'ailleurs que le magnétisme induit. Il pensait que le magnétisme permanent avait peu d'influence ; mais il souhaitait que l'hypothèse fût vérifiée par des expériences directes. Or, elle n'était plausible à peu près que sur les navires en bois.

Le fer augmentant dans la construction des navires Johnson, en 1835, sur ordre de l'Amirauté, fit de nouvelles expériences ;

296 HISTOIRE GÉNÉRALE DE LA NAVIGATION DU XV^e AU XX^e SIÈCLE

(Phil. Trans. 36) et il insista, ce qui était normal, sur l'effet du navire considéré comme aimant permanent. Là-dessus l'Amirauté chargea Airy d'entreprendre des expériences nouvelles sur le *Rainbow*, bâtiment à vapeur en fer (1839). Airy choisit quatre stations sur le navire, mais il donna une théorie du magnétisme induit moins générale que celle de Poisson et moins satisfaisante. Il étudia cependant d'une manière originale l'effet du magnétisme permanent et il proposa de corriger les déviations par un ou plusieurs aimants et par une masse de fer doux. C'est donc de lui que datent les correcteurs dans leur première forme. Pour corriger la quadrantale, il proposait de mettre le cap aux quatre caps intercardinaux, de prendre la moyenne des déviations correspondantes, puis de corriger de la valeur de cette moyenne, le bâtiment étant au N.-E. magnétique par exemple, au moyen d'un parallélépipède ou d'un cylindre de fer doux de 20 à 30 centimètres de long sur 8 à 20 de diamètre, composé de rondelles alternées avec des feuilles de carton, en dirigeant son axe, situé dans le plan de la rose, vers le centre de celle-ci.

L'expression *quadrantale* est de lui. Il attribua la semi-circulaire, qu'il appelait « polaire magnétique », au magnétisme permanent, tout en y comprenant la composante verticale induite, et il proposa la correction de la semi-circulaire uniquement par des aimants permanents, admettant d'abord que sa partie variable (dépendant de Z) était négligeable vis-à-vis de sa partie constante; opinion dont il douta par la suite. Plus tard il proposa une masse de fer doux pour cette partie variable induite. Scoresby procédant expérimentalement de 1821 à 1856, découvrit, et opposa à Airy, la relation qui existe entre la semi-circulaire et le cap de construction. En 1852 il annonçait qu'il y a outre les fers doux et durs, les fers *intermédiaires* ne pouvant recevoir ou

perdre le magnétisme qu'avec le temps ou par une action mécanique : c'est son magnétisme *rétentif*. Il affirmait qu'au début une grande partie de la déviation lui était due, mais qu'elle diminuait rapidement ensuite. Sabine (Phil. Tr. 1843) avait été sur le point de découvrir le même phénomène. A. Smith en 1843 transforma les formules de Poisson pour y mettre en évidence les données et les inconnues qui se présentent

LES APPORTS ESSENTIELS DU XIX^e SIÈCLE.

297

en navigation. C'est lui qui donna son nom à la *semi-circulaire*, en 1856. La perte du *Taylor* en 1854, attribuée par Scoresby aux chocs de la mer sur la carène qui auraient changé le magnétisme des fers (le compas de route de ce bâtiment avait une déviation initiale de 60° qu'on avait corrigée avec un aimant) porta à l'état aigu la polémique entre Airy et Scoresby. En 1856 Airy proposa de corriger la quadrantale une fois pour toutes par une masse de fer doux et de faire varier la distance des aimants au compas pour tenir compte de la variation de la semi-circulaire, dont il estima le maximum à 5 ou 6°. Cette polémique amena la formation du *Comité des Compas de Liverpool* : armateurs, constructeurs, capitaines, hommes de science, dont le premier rapport est de 1855. Le Comité constata les changements rapides du magnétisme peu de temps après le lancement ; mais jusqu'à une limite qu'on peut considérer comme invariable et qui est atteinte après un ou deux voyages. Il s'occupa de l'effet de la bande et trouva que la quadrantale était positive. Le rapport le plus important, le 3^e est de 1861. Le magnétisme permanent et le sous-permanent y sont bien caractérisés. Malheureusement le *Royal Charter*, qui était le bâtiment d'expérience, fit naufrage et sa perte entraîna celle de beaucoup de résultats des recherches. Evans avait étudié en particulier le « Great Eastern » (Ph. Tr. 1860) en se servant des formules d'A. Smith. Il observait des compas de l'amirauté à 2 ou 4 aiguilles parallèles, disposées, d'après les indications d'A. Smith, pour égaliser les moments d'inertie de la rose. Evans annonça des termes sextantaux avec les longues aiguilles. En 1861 A. Smith étudia cette question. La quadrantale atteignait alors 7 à 8°. L'Angleterre faisait ainsi pour les compas ce que nous avons fait pour les montres près d'un siècle auparavant.

Les méthodes qui ne sont pas entrées dans la pratique basées sur la mesure des rapports des forces horizontales au moyen des déviations produites par un aimant approché du compas, sont dérivées de la boussole des sinus de Pouillet. Elles dispensent de l'observation des astres ou de points à terre et utilisent comme on sait le déflecteur imaginé par William Thomson.

L'idée a été exploitée par Sabine en 1849, par le lieutenant

298 HISTOIRE GÉNÉRALE DE LA NAVIGATION DU XV^e AU XX^e SIÈCLE

de vaisseau Raphaël en 1862, par le lieutenant de vaisseau Fournier en 1871, enfin par S. W. Thomson (1878) dans son *Déflecteur*, plus souple et mieux construit que les appareils précédents; Caspari, et Hanusse s'en sont aussi occupés.

William Thomson a créé son compas après trois années de recherches sur son yacht *Salla Rookh* (1878). Il a cherché une rose stable et a rendu la correction de la quadrantale imaginée par Airy réellement possible, pratique et exacte par l'emploi de sphères ; il a résolu la question par de *petites* aiguilles et a donné les règles actuelles de compensation pratique sans compensation préalable, A et E étant négligeables. C'est lui enfin qui introduisit le « flinders » tel que nous le connaissons.

Joseph Peichl a imaginé un compas tout différent. Il a conservé de grandes aiguilles de 15 à 18 centimètres, mais a pris des aimants très courts, de 2 à 7 centimètres en les disposants pour éviter les termes sextantaux. Il est surtout original dans sa compensation de la quadrantale. Il la fait, tout en évitant les termes octantaux, au moyen de systèmes composés chacun de 32 tiges de fer doux; il peut ainsi augmenter la force directrice jusqu'à 80 %.

Tous ces travaux de savants ou de spécialistes n'aboutissaient cependant pas à une utilisation pratique sur les navires. Ils étaient, il est vrai, touffus et compliqués et vers 1870, Dubois, professeur à l'École Navale, écrivait dans son *Cours de Navigation* que les moyens proposés ne permettant pas d'obtenir pratiquement les déviations ni de les corriger, il fallait déterminer le plus souvent possible la variation convenant au cap auquel on gouvernait. Quant à Ledieu, il ne consacrait que quelques pages à la déviation et renvoyait à la traduction de l'*Admiralty Manual*, dont la première édition est de 1831, de Collet, pour tout ce qui concerne la compensation. Enfin ce dernier, en 1882, se croyait encore tenu d'écrire : « C'est la première fois, qu'en France, on affirme la nécessité de la compensation et qu'on explique les règles pratiques qui permettent de l'obtenir. » Il s'était proposé, en effet, de dissiper les préventions et les préjugés dont la compensation des compas était encore l'objet » ; car beaucoup l'admettaient en principe, mais à

LES APPORTS ESSENTIELS DU XIX^e SIÈCLE.

299

la condition de ne jamais l'appliquer. C'est à peu près l'époque où Chabirand et Brauld, tous deux officiers de marine, concluaient une longue étude sur la déviation en écrivant simplement (1878) : « il n'est pas bien difficile d'imaginer des dispositions qui atténuent en grande partie l'influence du fer du navire » et ne s'occupaient pas davantage de la compensation.

Le XX^e siècle s'ouvre sur les pratiques que nous venons d'indiquer. Mais alors de nouvelles ressources sont mises à la disposition des navigateurs, lesquelles, on peut peut-être se risquer de le prophétiser, feront sans doute rentrer bientôt dans l'histoire, nos procédés actuels, si laborieusement conquis. Le compas gyrostatique, le sondeur ultra-sonore transforment aujourd'hui la technique de la navigation. D'autre part, bien que la télégraphie sans fil, en rendant la navigation astronomique plus sûre, plus précise et plus aisée qu'autrefois, fasse cette dernière plus précieuse encore que par le passé, elle infirme, avec la radiogoniométrie, la saisissante parole de Bailly : « En haute mer, l'homme ayant tout perdu, n'a plus que le ciel pour ressource ». L'avenir n'est peut-être pas éloigné où, sur l'étendue des mers, le recours aux astres sera devenu inutile et où le « point résultera de procédés que l'on pourra faire rentrer dans ceux du pilotage, si on étend ce terme, en le généralisant, aux méthodes qui utilisent directement des points à terre pour fixer une position sur mer. Alors une immense somme de labeurs deviendra sans emploi ; mais les services qu'elle aura rendus resteront acquis à jamais.