BnF Gallica

Voyage autour du monde sur la frégate "la Vénus" pendant les années 1836-1839. Tome 10 / , publié... par Abel Du [...]

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

{BnF Gallica

Du Petit-Thouars, Abel (1793-1864). Auteur du texte. Voyage autour du monde sur la frégate "la Vénus" pendant les années 1836-1839. Tome 10 / , publié... par Abel Du Petit-Thouars,.... 1840-1864.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter
utilisation.commerciale@bnf.fr.

VOYAGE
AUTOUR DU MONDE

SUR LA FRÉGATE

LA VÉNUS

COMMANDÉE

PAR ABEL DU PETIT-THOUARS,

Capitaine de vaisseau, Commandeur de la Légion-d'Honneur.

—

PHYSIQUE

PAR U. DE TESSAN,

Ingénieur-hydrographe, Chevalier de la Légion d'Honneur.

TOME V.

OBSERVATIONS DÉTACHÉES ET CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

PARIS,

GIDE, ÉDITEUR,

RUE DES PETITS-AUGUSTINS, 5, PRÈS LE QUAI MALAQUAIS.

—

1844

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Bibliothèque
Centrale

N° 1283

505

229(1)

VOYAGE
AUTOUR DU MONDE
DE LA FRÉGATE
LA VÉNUS

G
23070

VOYAGE

AUTOUR DU MONDE

SUR LA FRÉGATE

LA VÉNUS.

X.

DV
G
23070

DON 86 0111
(89)

Imp. d'A. Sirou, successeur d'A. Phan de la Forest, rue des Noyers, 37.

VOYAGE
AUTOUR DU MONDE

SUR LA FRÉGATE

LA VÉNUS,

PENDANT LES ANNÉES 1836-1839,

PUBLIÉ PAR ORDRE DU ROI,

SOUS LES AUSPICES DU MINISTRE DE LA MARINE,

PAR ABEL DU PETIT-THOUARS,

Capitaine de vaisseau, Commandeur de la Légion-d'Honneur.

TOME DIXIÈME.

MINISTÈRE
Bibliothèque
D'ÉTAT

PARIS,

GIDE, EDITEUR,

RUE DES PETITS-AUGUSTINS, 5, PRÈS LE QUAI MALAQUAIS

1844.

VOYAGE
AUTOUR DU MONDE

SUR LA FRÉGATE

LA VÉNUS.

PHYSIQUE.

V.

OBSERVATIONS DÉTACHÉES ET CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

VOYAGE
AUTOUR DU MONDE

SUR LA FRÉGATE

LA VÉNUS

COMMANDÉE

PAR ABEL DU PETIT-THOUARS,

Capitaine de vaisseau, Commandeur de la Légion-d'Honneur.

—

PHYSIQUE

PAR U. DE TESSAN,

Ingénieur-hydrographe, Chevalier de la Légion d'Honneur.

TOME V.

OBSERVATIONS DÉTACHÉES ET CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

PARIS,

GIDE, ÉDITEUR,

RUE DES PETITS-AUGUSTINS, 5, PRÈS LE QUAI MALAQUAIS.

—

1844

TABLE DES MATIÈRES

DU CINQUIÈME VOLUME

DE LA

PARTIE PHYSIQUE.

PHYSIQUE.

	Pages.
Rapport fait à l'Académie des sciences par M. Arago.	1
Remarques sur les cailloux roulés du Callao de Lima.	152
Bois de sapin devenu foudrier ; réflexions.	164
Id.	172
La baie d'Avatcha ne gèle pas, malgré des froids de —30°.	174
Tremblement de terre à Pétropawlowski.	175
Tremblements de terre à Acapulco.	196
Réflexions sur les raz-de-marée et les mouvements du sol.	202
Les tremblements de terre n'ont pas d'influence sensible sur la variation diurne de la déclinaison.	205
Préjugé sur l'acide sulfurique (huile de vitriol).	210
Bouteille revenue débouchée d'une grande profondeur.	214
Infection de la cale au vin et de la soute aux poudres dans les calmes de la ligne ; réflexions.	216
Possibilité de s'habituer à boire de l'eau de mer.	218
Coups de canons entendus à 22000 mètres de distance.	226
Vitesse des boulets de canon et de caronnade.	228
Couronne de fumée qui sort de la bouche d'un canon.	228
Mirage complet sur l'île San-Lorenzo au Callao de Lima.	227
Vision distincte à une grande et à une petite distance en même temps.	249

Pages.

Apparence de fumée dans le remous du navire. 279
Auréole autour de l'ombre de la tête ; explication. 290
Tourbillons dans le remous du navire. 297
Remarques sur l'expression : rayonner vers les espaces célestes, *et sur une observation curieuse de M. Arago.* 298
Sur la loi de la proportionnalité de la pression à la densité dans les gaz. 351

NAVIGATION.

Changements de date durant le voyage de la *Vénus.* 163
Id. 175
Id. 252
Réflexions sur le danger que court un bâtiment qui s'échoue. 242
Sur la grande vitesse apparente des pirogues. 161
Prix d'entretien journalier de la *Vénus ;* réflexions. 264
Remarque sur l'expression : *mollir la barre.* 266
Vitesse moyenne dans la traversée du Port-Jackson à l'île de Bourbon, par le sud de la Nouvelle-Hollande. 301
Longueur de la route parcourue par la *Vénus* depuis le départ. 324

HYDROGRAPHIE.

Corvette anglaise, le *Sulphur*, employée à l'hydrographie sur les côtes du Mexique. 180
Solution d'un problème d'hydrographie. 233
Position à donner à un bâtiment par rapport à un point qu'on veut déterminer. 234
Sur la solution analytique du problème général des levers sous voile. 238
Système de miroirs pour faciliter le dessin des vues de côte. 248
Sur les relèvements des points les uns par les autres. 257
Instrument pour mesurer les distances (longimètre). 259

Pages.

Sur la différence entre les positions calculées et les positions admises. 330

Directions suivant lesquelles les positions calculées peuvent surtout être déplacées. 330

Sur la méthode suivie dans le lever des cartes et plans. 334

Renvoi à la partie historique pour la description hydrographique des côtes parcourues. 335

Pas de découvertes nouvelles dans le Voyage de la *Vénus*. 335

Points sur lesquels il a été fait des recherches infructueuses. 336

Utilité de la détermination de la hauteur des terres. 337

Comparaison des résultats obtenus. 337

Moyen simple de trouver approximativement la distance à laquelle une terre est visible d'après sa hauteur. 338

LONGITUDES.

Occultation de ♈ du Bélier à Rio-Janeiro. 414

Eclipse de soleil à Valparaiso. 219

Occultation de ε du Bélier à Taïti. 245

Eclipse de lune en mer. 255

Occultations manquées, à la Nouvelle-Zélande, par suite du mauvais temps. 262

Solution analytique du problème général de la détermination des longitudes par les montres. 139

Sur les équidistances de M. Richard. 250

Mauvaise installation des montres à bord des bâtiments. 326

Utilité d'un petit appareil de chauffage appliqué à chaque montre. 327

Utilité d'une montre de poche à secondes pour les observations. 328

Montres marines qui marchent soixante heures. 328

Montres marines à double cadran. 329

Utilité simultanée des montres et des distances lunaires. 332

Pages.

Possibilité de rendre la mesure des distances lunaires plus facile. 332
Possibilité de faire servir le théodolite à l'observation des distances lunaires et des culminations lunaires. 412
Sur la longitude de Valparaiso. 420
Sur la longitude du Callao. 424
La longitude d'Honoloulou paraît trop forte de 8 minutes. 426
Sur la longitude de Pétropawlowski. 429
La longitude des îles Marquises a besoin de confirmation. 446

MARÉES.

Sur les observations des marées. 338
Rapprochement entre les marées du Callao, de Payta, de Brest et de Granville. 339
Sur l'effet des influences locales. 340
Sur la mesure directe de l'action de la lune. 340
Observations à faire aux îles Marquises. 345
Projet de maréomètre à mercure. 346
Sur la marée à Rio-Janeiro. 412
Id. à Valparaiso. 420
Id. au Callao de Lima. 424
Id. à Honoloulou. 427
Id. à Pétropawlowski. 429
Id. à Montérey. 431
Id. à la baie de la Madeleine (c'est la plus considérable). 433
Id. à Acapulco. 436
Id. à Payta, comparaison des heures. 438
Id. aux îles Galapagos. 442
Id. aux îles Marquises, position favorable pour les observations. 446
Id. à l'île Taïti, effet du vent. 448
Id. à la Baie-des-Iles. 452

OBSERVATIONS DIVERSES AYANT TRAIT A LA GÉOLOGIE.

	Pages.
Sur la formation du guano.	149
Id.	227
Désagrégation des roches et formation du sable dans les environs du Callao de Lima.	150
Ravins dans un pays où il ne pleut jamais.	151
Id.	229
Grande falaise de cailloux roulés, débris de poteries roulés et non roulés, couche d'argile.	153
Sur le volcan Koselskoï, au Kamtschatka.	175
Roche siliceuse friable, à Montérey.	183
Bitume sur les roches, à Montérey.	184
Sur les roches percées à jour.	186
Id.	233
Roches blanchies par la fiente des oiseaux.	187
Couche de coquilles fossiles entièrement semblables aux coquilles encore vivantes, à la baie de la Madeleine.	187
Source salée. Id.	187
Roche semblable à du minerai d'argent. Id.	188
Gisement d'un sable noir attirable à l'aimant. Id.	188
Ile volcanique (Isabelle).	191
Lave rouge, lave grise, pouzzolane, aux îles Galapagos.	230

OBSERVATIONS RELATIVES A DIVERS ANIMAUX.

Grosses tortues de terre vivant en domesticité.	163
Sur la grande quantité d'animaux dans les environs de San-Francisco ; réflexions sur l'effet du bruit des armes à feu.	179
Rats gris à longue fourrure, à la baie de la Madeleine.	188

Pages.

Nids de fourmis sur des arbres ; manière singulière de les bâtir. 192
Deux bancs de poissons pris pour des dangers, 88
Grande quantité de mollusques. 94
Grande quantité d'animaux marins. 100
Deux baleines jouant le long du bord. 147
Poisson volant faisant vibrer ses ailes. 149
Pulsations d'un cœur de requin. 157
Anatifes isolés. 166
Anatifes fixés sur un tronc d'arbre flottant. 172
Baleines dans les parages du Kamtschatka. 173
Nid d'ours. 174
Vitesse d'un marsouin. 176
Squelette d'ours. 184
Baleines. 178
Ours allaité par une chienne. 184
Grandes patelles ; leur force d'adhésion. 189
Combat d'une baleine et d'un espadon. 190
Baleines sautant hors de l'eau. 191
Requins en troupe. 192
Petite coquille vivante revenue d'une grande profondeur. 213
Cent trente-huit phoques dans un espace de une à deux encâblures. 227
Baleine morte prise pour un brisant ; requins, alcions. 229
Espèce d'iguane amphibie. 231
Langoustes et crabes naturellement rouges. 232
Sur la croissance des coraux de Taïti. 245
Grand mollusque en forme de ver, et autres. 278
Poissons volants faisant vibrer en l'air leurs ailes et leur queue. 296
Grande masse de frai de poisson. 314

OBSERVATIONS SUR LE VOL DES OISEAUX.

	Pages.
Vol des albatros.	104
Dimensions d'un albatros; réflexions sur la théorie du vol; erreur capitale.	107
Les os d'un albatros remplis d'eau.	118
Oiseau de terre pris à soixante-dix lieues en mer.	175
Vol d'un grand oiseau noir à trois cents lieues de terre.	176
Vol des pélicans.	180
Frégates à gorge rouge.	191
Vol de divers oiseaux.	225
Poids d'une frégate et d'un pélican.	232
Petits oiseaux familiers.	231
Vol oblique d'un grand pétrel.	257
Dimensions d'un albatros; réflexions sur le vol.	268
Vols d'oiseaux à 250 lieues de terre.	297

OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES.

Coupé l'équateur magnétique.		155
Id.	Id.	216
Id.	Id.	233
Le fer du bâtiment influe, comme un barreau aimanté, d'une manière permanente.		462
Définitions des points et des courbes magnétiques.		464

INTENSITÉ.

Perte considérable des aiguilles dans le trajet de Brest à Paris.	397
Utilité d'avoir des aiguilles stationnaires à Brest et à Toulon.	397

Pages.

Sur la perte des aiguilles durant la campagne. 404
Tableau des résultats corrigés des pertes et des variations des températures. 406
Perte de l'aiguille n° 2. 407
Possibilité d'observer l'intensité absolue au moyen de barreaux de fer doux. 407
Décroissement rapide des amplitudes à Ténériffe. 408
Comparaison des intensités dans les deux relâches à Valparaiso. 422
Id. Id. au Callao. 425
Comparaison des intensités des deux aiguilles à Honoloulou. 427
Id. Id. à Pétropawlowski. 429
Id. Id. à Montérey. 431
Coefficient de correction relatif à la température. 431
Comparaison des intensités des deux aiguilles à la baie de la Madeleine. 434
Id. Id. à Mazatlan, perte considérable. 435
Id. Id. à Acapulco. 436
Id. Id. à Payta. 440
Id. Id. aux îles Galapagos. 445
Coefficient de correction relatif à la température. 444
Réflexions sur les températures de l'aiguille, du sol et de l'air. 445
Comparaison des intensités des deux aiguilles à l'île Taïti. 451
Influence locale considérable à Taïti et aux îles Marquises. 449
Comparaison des intensités à la Baie-des-Iles. 452
Intensité à l'île de Bourbon. 455
Id. au cap de Bonne-Espérance. 456
Recherche d'une influence locale au cap de Boune-Espérance. 456
Laves magnétiques à l'île Sainte-Hélène et à l'île de l'Ascension. 457

INCLINAISON.

Formules pour calculer la valeur exacte de l'inclinaison sans changer les pôles des aiguilles. 400

Pages.

Inclinaison à bord, à Valparaiso. 421
Inclinaison à bord, à Honoloulou. 427
Le fer du bâtiment agit, comme un barreau aimanté, d'une manière permanente. 427
Inclinaison à bord, à Payta. 440
Id. Id. à l'île Taïti. 449

VARIATION DIURNE DE LA DÉCLINAISON.

Variation diurne à Rio-Janeiro. 414
Ce qu'il faut entendre par *amplitude rapportée*. 415
Sur le mode d'inversion des mouvements. 417
Il n'existe pas de lignes où l'amplitude de la variation diurne soit nulle. 417
Utilité d'observer les mouvements d'une aiguille entièrement libre. 418
Comparaison des deux séries d'observations faites à Valparaiso. 423
Variation diurne au Callao de Lima. 425
Sur le mode d'inversion des mouvements. 425
Variation diurne à Honoloulou. 428
Id. à Pétropawlowski. 430
Id. à Montérey. 432
Amplitude très-petite. 432
Réflexions sur l'influence du voisinage du fer. 432
Variation diurne à la baie de la Madeleine. 434
Id. à Acapulco. 436
Les tremblements de terre n'ont pas d'influence sensible; réflexions. 437
Variation diurne à Payta. 441
Mouvement particulier, mais réel, à Payta. 441
Variation diurne aux îles Galapagos. 446
Id. à l'île Taïti, analogie avec celle du Callao. 451
Id. à la Baie-des-Iles. 453
Id. au Port-Jackson (c'est la plus grande). 454
Id. au cap de Bonne-Espérance; comparaison. 456

Pages.

Mode d'inversion des mouvements. 459
L'observation de Rio-Janeiro est à refaire. 461

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

La cause de la variation diurne réside dans l'atmosphère. 466
La cause du magnétisme terrestre réside probablement dans l'atmosphère. 468
Cause de courants d'électricité dans l'atmosphère. 470

AURORES BORÉALES.

Les aurores boréales sont très-rares au Kamtschatka. 175
Aurore boréale à Montérey. 177
Id. Id. 185
Aurore australe. 270
Le centre de l'arc se trouve sur le prolongement de l'aiguille d'inclinaison. 270
Nuage noir dans l'intérieur de l'arc. 270
Bruit d'une aurore entendu en mer. 273
Affollement des compas attribué à l'action d'une aurore. 276
Couronne d'une aurore par un ciel couvert. 277

LUMIÈRE ZODIACALE ET ETOILES FILANTES.

Le 8 janvier 1837, la pointe de la lumière zodiacale est à 70° du soleil. 70
Le 11 mai 1838, la pointe à 80° et 110° du soleil. 224
Le 13 juin 1838, la pointe à 70° et 80° du soleil. 230
Le 15 août 1838, la pointe à 98° du soleil. 244
Le 15 septembre 1838, la pointe à 63° du soleil. 245
Le 8 octobre 1838, la pointe dépasse 50° de distance au soleil. 256
Le 5 janvier 1837, une trentaine d'étoiles filantes. 70

Pages.

Une étoile filante paraît passer entre un nuage et la mer. 89
Le 4 février 1837, un assez grand nombre d'étoiles filantes. 92
Le 14 octobre 1837, un gros bolibe. 177
Point d'averse d'étoile filante, les 11, 12, 13 et 14 nov. 1837. 185
Le 1er janvier 1838, étoile filante. 196
Le 14 mai 1838, étoile filante laissant une traînée lumineuse qui s'oriente au vent. 224
Temps couvert les 11, 12 et 13 novembre 1838. 262

MÉTÉOROLOGIE OPTIQUE.

ARCS-EN-CIEL.

Arc-en-ciel de grêle (peut-être). 66
Bande intérieure vert jaune-serin de l'arc-en-ciel. 66
Id. Id. 70
Id. Id. 70
Arc-en-ciel qui paraît se mouvoir. 90
Arc-en-ciel de lune coloré. 93
Arc-en-ciel paraissant elliptique. 100
Bande intérieure vert jaune-serin de l'arc-en-ciel. 162
Arc-en-ciel de brume. 182
Id. 221
Arc-en-ciel qui paraît se mouvoir ; la bande intérieure paraît et disparaît. 248

COURONNES ET HALOS.

Couronne autour de la lune, formée dans la couche inférieure des nuages. 73
Id. Id. 75
Id. Id. diamètre variable. 76
Id. Id. 143
Halos autour du soleil. 205

Pages.

Couronne autour de la lune. 210
Halos autour de la lune. 297
Id. Id. 318

COUCHERS DU SOLEIL ET DE LA LUNE.

Teinte vert jaune-serin qui se change en peu d'instants en jaune-orangé. 74
Magnifique coucher du soleil, distribution des teintes. 83
Id. Id. 88
Coucher de lune d'une pureté extraordinaire, sans coloration. 103
Coucher de soleil très-pur. 221
Beau coucher de soleil; ligne de séparation d'ombre et de lumière. 244
Coucher du soleil d'une pureté extraordinaire, sans coloration. 256
Anticrépuscule. 278
Ligne de séparation d'ombre et de lumière. 279
Anticrépuscule. 280
Changement apparent de coloration des nuages dans l'Est après le coucher du soleil. 280
Magnifique coucher de soleil; distribution des teintes. 282
Explication de la formation de ces teintes. 284
Anticrépusule. 298
Rayons communs au crépuscule et à l'anticrépuscule. 300

MÉTÉOROLOGIE.

PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES.

Essai pour mesurer l'électricité de l'atmosphère en mer. 67
Sur les paratonnerres à bord des bâtiments. 67
L'humidité empêche de charger l'électrophore. 84
Eclairs. 85

Pages.

Quelques éclairs. 90
Eclairs se succédant à dix secondes d'intervalle. 91
Orage à trente lieues de terre. 94
Vingt éclairs par minute. 94
Tonnerre avec roulement. 95
Trajectoire courbe de la foudre. 95
Foudre ascendante. 95
Nuage illuminé sur tous les bords à la fois. 95
Explication du bruit du tonnerre. 96
Cause possible du froid qui produit la grêle. 99
Cause possible de la suspension des nuages et de la forme des nuages orageux. 99
Relation possible entre l'électricité atmosphérique et la pression barométrique. 99
Observation douteuse de feu Saint-Elme. 175

GRÊLE.

Grêle sphérique, transparente, à soixante-douze lieues de terre. 66
Grêle de forme pyramidale, à centre neigeux; trajectoire courbe. 103
Grêle ovoïde, aplatie, neigeuse. 265

PLUIE.

27 millimètres d'eau en dix heures. 69
7 millimètres d'eau en trois heures. 70
Quelques petits grains. 84
Pluie très-fine et pluie à très-grosses gouttes. 84
4 millimètres d'eau dans une averse regardée comme tropicale. 85
Grande vitesse de chute de la pluie dans un grain. 90
3 millimètres d'eau dans la nuit. 93
6 millimètres d'eau dans un orage. 95
7 millimètres d'eau en cinq heures. 100
6 millimètres d'eau en sept minutes. 157
29 millimètres en vingt minutes dans une averse tropicale. 319

Pages.

Absence de pluie au Callao. 151
Absence de pluie à la baie de la Madeleine. 188
Absence de pluie dans les parties basses des îles Galapagos. 230

BRUME.

Brume très-mouillante, formée de gouttelettes d'eau. 100
Brume épaisse. 145
Brumes. 155
Id. 166
Id. 173
Couche très-dense et peu épaisse de brume. 181
Brume. 222
Commencement de brume. 224

NUAGES.

Aspect d'un nuage orageux sur l'île de Ténériffe. 70
Ciel blanchâtre, horizon brumeux, nuits claires. 71
Ciel blanchâtre, deux couches de nuages. 72
Ciel couvert, deux couches de nuages. 73
Une seule couche de nuages. 74
Id. Id. 75
Id. Id. 75
Formules pour calculer la hauteur des nuages. 76
Deux couches de nuages, hauteur de la couche inférieure, ciel blanchâtre. 82
Le soleil disparaît derrière un rideau brumeux. 83
Deux couches de nuages. 83
Une seule couche de nuages. 84
Deux couches de nuages. 85
Trois couches de nuages; la couche supérieure tourne plus vite que la terre. 85
Deux couches de nuages. 87
Id. Id. 87
Id. Id. ciel blanchâtre. 87

Pages.

Deux couches de nuages. 88
Id. Id. nuages orageux. 88
Id. Id. réflexions sur la forme plane de la face inférieure de nuages. 89
Id. Id. 90
Id. Id. 90
Transparence de l'air, contraste, ciel des tropiques. 91
Transparence extraordinaire de l'air. 91
Sur dix-neuf jours, seize ont offert deux couches de nuages. 93
Horizon brumeux. 100
Nuages à neige, à gouttelettes d'eau, à vapeur vésiculaire; réflexions. 101
Nuages analogues à ceux des vents alizés. 143
Transparence de l'air, contraste. 146
Deux couches de nuages sous l'équateur. 155
Deux couches de nuages, leur rapprochement dans les grains. 206
Hauteur de la couche inférieure. 216
Deux couches de nuages. 221
Projet d'instrument pour mesurer la distance des nuages. 261
Changement apparent de couleur des nuages après le coucher du soleil. 280
Trois couches de nuages très-rapprochées, celle du milieu va en sens contraire des deux autres. 304
Nuages parasites, leur formation. 305
Nuages des vents alizés, explication de leur distribution. 310
Deux couches de nuages sous l'équateur. 318

VENTS.

Changement brusque de direction des vents alizés. 84
Pas de calmes sous la ligne. 87
Calmes dans les parages du cap Horn. 104

Pages.

Calme plat extraordinaire de l'air et de la mer. 165
Rentrée dans les vents alizés sur les côtes du Mexique. 206
Calmes sous la ligne (16 jours). 207
Vents alizés sur la côte du Pérou. 221
Vents tourbillonnants à la limite des vents alizés. 262
Gros temps, coups de vent dans le Sud de la N^lle^-Hollande. 265
Entrée dans les vents alizés. 280
Changement brusque de direction des vents alizés. 319
Nécessité d'adopter la division de la rose des vents en degrés. 372
Utilité de l'emploi des compas corrigés dans l'étude des vents. 373
Nécessité de corriger la direction apparente du vent, d'après la vitesse du navire. 372
Moyen de mesurer la direction du vent. 374
Limite des vents alizés dans les deux océans. 375
Limite de l'influence des terres d'Amérique sur la direction des vents. 377
Calmes sous la ligne. 377
Vents tourbillonnants à la limite des vents alizés. 378
Sur la tenue des journaux météorologiques à bord des bâtiments. 379

OBSERVATIONS BAROMÉTRIQUES.

Variation diurne du baromètre en mer, du 12 au 17 janvier 1837. 75
Id. Id. du 19 au 24 janvier 1837. 87
Id. Id. du 7 au 13 février 1837. 93
Sur la difficulté d'observer le baromètre quand la mer est grosse. 103
Baromètre à 726^mm^,2. 104
Baromètre à 720^mm^,2 (c'est la plus petite hauteur observée). 105
La difficulté de faire les observations empêche d'obtenir la variation diurne. 146
Variation diurne du 17 au 22 mai 1837. 147

Pages.

Variation diurne du 24 au 29 mai 1837. 155
Id. du 2 au 11 juin 1837. 155
Id. du 20 au 29 juin 1837. 158
Id. du 2 au 4 juillet 1837. 158
Id. du 14 au 18 juillet 1837. 163
Id. du 26 au 31 juillet 1837. 163
Id. du 10 au 15 août 1837. 166
Sur les observations communiquées par M. le gouverneur du Kamtschatka. 175
Variation diurne du 13 au 18 novembre 1837. 186
Id. du 26 novembre au 4 décembre 1837. 188
Id. du 18 au 27 décembre 1837. 195
Id. du 2 au 6 janvier 1838. 196
Id. du 27 au 31 janvier 1838. 207
Id. du 1er au 14 février 1838. 216
Id. du 18 au 20 février 1838. 216
Id. du 6 au 8 mars 1838. 219
Id. du 16 au 18 mars 1838. 219
Id. du 26 mars au 26 avril 1838. 220
Sur les observations faites au cercle de la bourse à Valparaiso. 220
Variation diurne du 2 au 6 mai 1838. 221
Id. du 7 au 19 mai 1838. 226
Id. du 8 au 12 juillet 1838. 233
Id. du 15 au 21 juillet 1838. 241
Id. du 1er au 21 août 1838. 245
Id. du 30 août au 11 septembre 1838. 245
Id. du 23 septembre au 2 octobre 1838. 252
Id. du 12 au 21 octobre 1838. 262
Le baromètre marin est cassé. 270
Sur les observations barométriques faites à terre. 350
Sur le désaccord entre la théorie et l'observation relativement à la proportionnalité de la pression à la densité dans les gaz. 351
Sur la nécessité de comparer les résultats d'un grand nombre de voyages pour arriver à des résultats certains. 362
Baromètre plus bas sous l'équateur que sous les tropiques. 362

Pages.

Rapprochement des diverses déterminations de la variation diurne. 363

Baromètre très-bas au cap Horn et dans le sud de la Nouvelle-Hollande. 363

Utilité d'un thermomètre cylindrique sans boule pour les baromètres. 364

Moyen de M. Touboulic pour rendre un baromètre marin. 366

Influence des oscillations du baromètre comme pendule sur ses indications. 367

Sur le sympiésomètre. 367

Sur l'atmosphérotrace. 368

Sur le thermo-baromètre à air. 369

Sur les résultats des observations barométriques faites à terre à Valparaiso. 421

Id. Id. au Callao de Lima. 424

Id. Id. à Montérey. 431

Id. Id. à la baie de la Madeleine. 434

Id. Id. à Acapulco. 436

Id. Id. à Payta. 439

Id. Id. aux îles Galapagos. 443

Id. Id. à l'île Taïti. 449

Id. Id. à la Baie-des-Iles. 452

Id. Id. au Port-Jackson. 454

Id. Id. au cap de Bonne-Espérance. 456

OBSERVATIONS THERMOMÉTRIQUES.

Augmentation de 25° dans la température moyenne en 24 jours sans inconvénient pour la santé de l'équipage. 84

Thermomètre vêtu de duvet descendu à 3° au-dessous du point de rosée. 92

Abaissement subit de la température de l'eau de 26° à 22°. 92

Variation considérable de température de l'air et de la mer. 93

Id. Id. Id. 100

Pages.

Température du cœur d'un thon plus élévée que celle de l'eau. 100
Id. Id. Id. 102
Le thermomètre plongé dans la glace fondante marque +0°,3. 104
Température d'un pétrel. 139
Abaissement de température de la mer en approchant de terre. 145
Froid pendant la nuit au Callao de Lima. 149
Température de deux petites sources au Callao de Lima. 154
Température du cœur d'un requin. 157
Température de la pluie; réflexions. 157
Température des cœurs de deux requins. 165
Abaissement considérable de la température de la mer. 167
Température du cœur d'un marsouin. 176
Id. Id. 178
Température de la mer à Acapulco. 205
Le thermomètre étalon plongé dans la glace fondante marque +0°,3. 265
L'air s'échauffe directement par rayonnement. 298
Diminution de la température de l'eau sur le banc des Aiguilles. 302
L'air s'échauffe directement par rayonnement. 306
Observations de température le soleil étant au zénith. 319
Augmentation de température dans la mer de varec. 320
Les maxima de température de l'air sont plus élevés que ceux de l'eau, les minima sont plus bas. 357
L'air s'échauffe directement au soleil. 357
L'air et la mer s'échauffent très-peu au soleil. 358
La température de la mer influe beaucoup sur celle de l'air. 358
Le voisinage des terres influe beaucoup sur les variations de la température de l'air, et très-peu sur celle de la mer. 359
La pluie influe sur la température de l'air. 360
Influence des courants de la mer sur la température de l'air 359
Les plus hautes températures de l'air et de la mer ont été trouvées dans le voisinage d'Acapulco. 361
Sur les anomalies des températures de la mer. 381
Sur les températures de la mer aux attérages. 384

Pages.

La terre ne s'annonce pas toujours par un abaissement de température de l'eau de la mer. 384
Sur les températures de la mer sous l'équateur. 385
Sur les causes qui peuvent faire varier la température de la mer sous l'équateur. 387
Sur les températures sous-marines. 389
En chaque lieu, la température doit être invariable à une petite profondeur en mer. 389
Différence entre les températures à de grandes profondeurs, suivant qu'il existe ou non des courants méridiens. 389
Sur les deux nappes de la surface isotherme de 1°,4. 395
Décroissement de la température avec la profondeur. 394
Température des sources à Rio-Janeiro. 413
Température des thermomètres vêtus de blanc et de noir, exposés au soleil. 414
Températures des sources à Valparaiso. 420
Id. au Callao de Lima. 424
Id. à Honoloulou. 427
Id. à Montérey et à San-Francisco. 431
Température de la terre à Payta; influence du courant péruvien. 439
Comparaison des températures de la mer aux îles Galapagos, à Payta, au Callao, à Valparaiso. 443
Confirmation du mouvement ascendant des couches inférieures de l'eau le long des côtes du Chili et du Pérou. 443
Température d'une source à Papeïti. 449

DÉPRESSIONS DE L'HORIZON.

Influence de la hauteur des vagues sur la dépression apparente. 67
Correction à faire aux angles de hauteur des astres, par suite de la hauteur des vagues. 68

Pages

Cause d'erreur dans la mesure de la dépression. 68
Formules pour calculer les distances par les dépressions. 80
Dépression et réfraction extraordinaires. 92
Faible dépression à cause de la hauteur des lames. 105
Dépression, réfraction et transparence extraordinaire. 193
Dépression très-forte. 232
Dépression des tables, grande transparence de l'air. 256
Dépressions observées à Valparaiso. 421
Dépression plus forte sous l'équateur. 371
Coefficient de la réfraction terrestre plus faible à la mer qu'à terre. 371
Rayon de la terre d'après les mesures de la dépression. 371

PHÉNOMÈNES DE LA MER.

VAGUES.

$6^m,5$ de hauteur, mer très-grosse, vergue de rechange enlevée. 65
Influence des lames sur la dépression apparente de l'horizon. 67
$2^m,6$ à $3^m,3$ de hauteur, 75^m de largeur, mer déjà grosse. 102
$6^m,3$ à $6^m,6$ de hauteur, plus de 100 mètres de largeur, mer grosse. 104
$7^m,0$ de hauteur, mer très-grosse. 104
$5^m,0$ à $5^m,3$ de hauteur, influence sur la dépression apparente. 105
Sur la formation et la propagation des vagues. 121
3^m de hauteur, 150^m de largeur, belle mer ; réflexion. 219
6 à 8 mètres de hauteur, 100 à 150 mètres de largeur, très-grosse mer. 265

COURANTS.

Lit de courant. 93
Courant uniquement superficiel. 118

Pages.

Courant de masse sur la côte du Chili. 119
Id. Id. 144
Id. Id. 145
Courant chaud, analogue au gulph-stream. 166
Remous de courant. 166
Courant. 167
Formules pour la détermination de la vitesse des courants par l'inclinaison de la ligne de sonde. 167
Fort courant sur les côtes d'Acapulco. 206
Courant uniquement superficiel; réflexions. 207
Remous occasionnés par les îles Galapagos dans le courant péruvien, à 120 lieues de distance. 213
Id. Id. Id. 214
Lits de courants et remous occasionnés par les îles Galapagos. 215
Trois sortes de courants fermés. 253
Courant indiqué par la ligne de sonde en sens contraire de celui que donne l'estime. 255
Courants différents indiqués par la ligne et par l'estime. 262
Courant chaud dans le S. E. de la Nouvelle-Hollande. 265
Courant de masse dans le sud de la Nouvelle-Hollande. 267
Courant uniquement superficiel. 301
Courant puissant à l'ouvert du canal de Mozambique. 302
Courant de masse sur la côte S. O. d'Afrique. 318
Distribution générale des courants chauds et froids à la surface de la mer. 381
Courants superposés. 392
Utilité d'un nouveau lock pour estimer la route des navires et en déduire les courants. 380

GRANDES SONDES.

Sonde par 3700 mètres, effort de la ligne. 119
Sonde par 3900 mètres, étui crevé. 120
Fond par 170 mètres sur la côte du Chili. 145
Fond par 290 mètres. Id. 145

Pages.

Sonde par 3800 *mètres, étui écrasé et non crevé.* 155

Moyen d'éviter en partie les grandes tensions qu'éprouve la ligne de sonde. 170

Grosseur progressivement croissante à donner aux lignes de sonde. 171

Sonde par 3000 mètres, vitesse de chute du plomb, vitesse de halage. 172

Sonde par 2800, fond à 70 lieues de terre. 175

Sur la possibilité d'avoir la profondeur de la mer avec des bombes qui éclateraient en heurtant le fond. 226

Sonde par 1620 mètres. 252

Id. par 1800 mètres. 267

Id. par 1000 mètres. 301

Id. par 1400 mètres. 302

Sonde par 3400 mètres, ligne cassée, instrument perdu. 324

COULEUR DE LA MER.

Changement de couleur sur une étendue peu considérable. 71

Limpidité remarquable de l'eau (bleu de Prusse). 88

Longue ligne de poussière jaunâtre. 91

Id. Id. 94

Couleur vert-olive foncé; cause. 146

Dépôt huileux à la surface de la mer. 176

Mer verdâtre. 179

Couleur vermeille causée par des chevrettes et petits crabes naturellement rouges. 189

Couleur vert-olive. 222

Id. Id. 262

Changement de couleur dû à la présence du fond à 200 *mètres.* 303

Couleur rouge de la mer et phosphorescence extraordinaire. 314

Mer de varec, disposition des varecs en lignes parallèles au vent. 321

Changement de couleur de l'eau. 324

Id. Id. 324

SUR DIVERS INSTRUMENTS.

Pages.

Mécanisme à ajouter au cercle à réflexion pour marquer instantanément la place de l'alidade sur le limbe, et éviter la lecture immédiate des angles. 159

Sur la possibilité d'observer à l'horizon artificiel à bord. 222

Sur la possibilité de faire que les astres ne sortent pas du champ de la lunette malgré les mouvements du navire. 333

Projet d'instrument pour mesurer les distances (longimètre).

Nécessité de tremper davantage les aiguilles des compas. 220

Forme qu'il faudrait donner aux aréomètres pour pouvoir les observer à bord. 73

Utilité d'un hygromètre d'une observation plus facile que celui de Daniel. 370

Sur un thermométrographe métallique à lames épaisses. 121

Quatre thermomètres et deux aréomètres mis hors de service en dix-sept jours. 72

Emplacement du thermomètre destiné à donner la température de l'air. 72

Observations avec les thermomètres vêtus de noir et vêtus de blanc. 74

Id. Id. 105

Id. Id. 106

Deux thermomètres cassés d'eux-mêmes. 106

Accord de notre thermomètre étalon avec celui de l'observatoire de Brest. 324

Temps nécessaire à un thermométrographe enfermé dans son étui pour se mettre en équilibre de température. 69

Thermométrographe cédé à la *Vénus* par MM. D'Urville et Dumoulin. 247

Influence de la pression de l'eau sur les indications d'un thermométrographe. 316

Pages.

Thermométrographe perdu. 324

Nécessité d'avoir au Dépôt de la marine un assortiment d'instruments toujours prêts à partir. 396

OBJETS DIVERS.

Pompes d'irrigation mises en jeu par les vents alizés. 163

Plante d'une grande amertume. 187

Cactus gigantesques dans un sol aride. 188

Fruit d'un agave. 190

Exemple de végétation vigoureuse. 194

Varecs vivant et fructifiant sans racines. 322

Sur la cause des fièvres du Callao. 155

Fièvres contractées par les observateurs au Callao. 228

Sur un homme sauvé par M. Leroux. 263

Sur la confusion des dates vers le 180e degré de longitude. 147

FIN DE LA TABLE.

ERRATA.

Page 72, lignes 26, etc. Ce n'est que quinze jours plus tard que le changement de place indiqué a été effectué.
Page 85, ligne 24, piramidaux, *lisez*, pyramidaux.
Page 86, ligne 12, de, *lisez*, du.
Page 92, ligne 26, la, *lisez*, sa.
Page 92, ligne 29, perturpation, *lisez*, perturbation.
Page 97, ligne 23, colésion, *lisez*, cohésion.
Page 100, ligne 15, dans, *lisez*, pendant toute.
Page 123, ligne 15, conoïde, *lisez*, concoïde.
Id. ligne 17, direction qui suit, *lisez*, direction que suit.
Page 137, ligne 12, fraction de, *lisez*, fraction de seconde.
Page 139, ligne 3, pétrelle, *lisez*, pétrel.
Page 186, ligne 7, (44), *lisez*, (34).
Page 221, ligne 26, parlant, *lisez*, partant.
Page 243, ligne 6, d'alléger le navire, *lisez*, de l'alléger.
Page 249, ligne 23, vue, *lisez*, vision.
Page 340, ligne 7, supprimez la virgule après *fond*.
Id. ligne 8, id. après *considérable*.
Page 341, ligne 13, dem-iforce, *lisez*, demi-force.
Page 347, ligne 1, gênants, *lisez*, gênantes.
Page 353, ligne 25, tons, *lisez*, tous.
Page 359, ligne 26, au lieu de 27° à 28° que l'on trouverait en ces points sans la présence du courant, *lisez*, loin d'atteindre à 27° et 28°, comme cela aurait lieu sans la présence du courant.
Page 360, ligne 6, nans, *lisez*, dans.
Page 372, ligne 24, une préparation, *lisez*, un travail.
Page 373, ligne 3, supprimez la virgule après *direction*.
Page 382, ligne 18, l'action calorifique du soleil, *lisez*, la chaleur solaire.
Page 403, ligne 17, quand, *lisez*, Quand.
Page 404, ligne 28, laquelle, *lisez*, lequel.
Page 414, ligne 21, l'eût fait, *lisez*, le ferait.
Page 419, ligne 5, à lu, *lisez*, à lui.
Page 420, ligne 19, sysygées, *lisez*, sysygies.
Page 442, ligne 6, l'occasion comparer, *lisez*, l'occasion de comparer.

INTRODUCTION.

Après avoir donné, dans les quatre volumes précédents, les détails et les résultats numériques de nos diverses séries d'observations, en les faisant seulement précéder des indications strictement nécessaires à l'intelligence des chiffres nombreux que ces volumes contiennent, nous donnons dans celui-ci : d'abord, le journal des observations détachées et des remarques diverses faites dans le cours de la campagne de la *Vénus*, et ensuite une révision générale de tous les résultats obtenus, accompagnée des réflexions et des considérations générales que cette révision fait naître.

Nous avons adopté dans cette exposition l'ordre chronologique et géographique, comme of-

frant le plus de facilité pour la rédaction. Mais il résulte de là une grande confusion dans l'ordre des matières, et c'est pour remédier, autant que possible, à cet inconvénient, et faciliter en même temps les recherches, que nous faisons précéder cette introduction d'une table détaillée, classée par ordre de matière.

Je saisis avec plaisir l'occasion qui m'est offerte ici de rendre un hommage public à l'ardeur, au dévouement et à l'intelligence avec lesquels mes jeunes collaborateurs de la *Vénus* ont concouru à des observations si longues, si minutieuses et si peu en rapport avec les travaux ordinaires de leur noble profession. Je dois surtout des remercîments à M. Lefebvre (Louis-Jules), enseigne de vaisseau, pour le bienveillant et ardent concours qu'il n'a cessé de me prêter pendant toute la durée de cette pénible campagne (M. Lefebvre me remplaçait toujours dans la direction des observations lorsque j'étais forcé de l'abandonner pour des travaux purement hydrographiques). L'énergie morale de cet officier est au-dessus de tout éloge, et sa rare instruction ne peut manquer de le faire remarquer un jour entre tous les officiers instruits du corps royal de la marine.

Nos collaborateurs étaient : M. Dubosq (Ca-

simir-Charles-François), chef de timonnerie, auquel ses connaissances, son zèle et la régularité de sa conduite avaient bien certainement mérité la faveur qu'il a obtenue de franchir le pas difficile qui, dans la marine militaire, sépare la classe des sous-officiers de celle des officiers;

M. Goury (Gustave-Pierre-Hippolyte), très-jeune élève de beaucoup d'espérance, plein d'ardeur, animé des plus nobles sentiments, et remarquable par la grande promptitude et la justesse de ses jugements;

MM. Sireuil (Antoine), Kerzérho (Toussaint), Bertrand (Pierre-Jean), Brissault (Aimé-Dieu-donné), tous jeunes gens pleins de bonne volonté et d'intelligence, qui se destinaient à la noble carrière de capitaine du commerce.

Les mouvements de la marée ont été suivis par M. Raulline (Pierre-Charles), dont je ne saurais trop louer la scrupuleuse exactitude, l'infatigable assiduité et la haute moralité. C'est avec une bien vive satisfaction que j'ai vu récompenser, sur la demande de M. le commandant Du Petit-Thouars, la réunion de qualités aussi précieuses, par la croix de la Légion d'honneur. Cette décoration ne pouvait être mieux placée que sur la poitrine d'un homme de cette énergie et de ce caractère.

Une maladie grave, contractée dans l'accomplissement de ses devoirs, nous ayant privés de la coopération de M. Raulline dans la dernière partie de la campagne, il a été remplacé par M. Leroux (Joseph-Henri), jeune homme de beaucoup d'intelligence, d'une ardeur extraordinaire, et bien digne assurément de succéder à M. Raulline.

Il m'était impossible, comme on voit, de désirer mieux en fait de collaborateurs, et j'en adresse mes remercîments bien sincères à M. le commandant Du Petit-Thouars et à M. Chiron du Brossai, commandant en second de la *Vénus*, pour l'heureux choix qu'ils en avaient fait.

Quant aux instruments mis à notre disposition, la collection se composait [1] :

D'une *boussole de variation diurne de la déclinaison*, provenant des ateliers de notre célèbre artiste M. Gambey;

D'une petite *boussole de déclinaison* de Lenoir;

D'une *boussole d'inclinaison* de chez M. Gambey;

D'une *boussole d'intensité* de chez M. Gambey;

[1] On trouvera la description et l'usage de ces divers instruments dans le *Traité de Physique* de M. Pouillet et dans le *Traité d'Electricité et de Magnétisme* de M. Becquerel.

D'un *théodolite répétiteur* de chez M. Gambey;

De cinq *montres marines* et deux *compteurs de poche* de nos meilleurs horlogers, Bréguet, Bertoud et Motel;

D'une *lunette astronomique* de chez M. Cauchoix;

De deux *baromètres portatifs* de chez M. Bunten;

D'un *baromètre marin* de chez M. Lerebours;

De douze *thermomètres* et de six *thermométrographes* de chez M. Bunten.

Nous avions en outre quelques instruments propres à la mesure de l'électricité atmosphérique de chez MM. Gourjon et Pixii; mais, par une cause tout à fait indépendante de notre volonté, nous n'avons pas pu en faire usage.

Tous ces instruments étaient en bon état, et ils étaient tous susceptibles de donner dans les observations la plus grande précision qu'on pût alors désirer, sauf toutefois la *boussole de déclinaison* qui ne pouvait donner cet élément de la force magnétique qu'à plusieurs minutes près, tandis qu'on aurait pu l'avoir, à quelques secondes près, avec la *grande boussole de déclinaison de Gambey*.

Nous avons pris dans les observations toutes

les précautions que les faibles ressources dont nous pouvions disposer nous permettaient de prendre pour écarter toute cause d'erreur et d'incertitude. Mais en cela nous sommes loin d'avoir toujours et complétement réussi, comme il est facile de le voir d'après les différences assez considérables que plusieurs de nos résultats partiels présentent entre eux.

Dépourvus de tente d'observation, obligés d'opérer sous un très-mauvais abri, et pour ainsi dire en plein vent; forcés de nous installer dans les points les moins gênants pour le service du bord, et non dans ceux qui eussent été le plus favorablement placés pour les observations; privés de piédestal solide; toujours pressés par le temps, on conçoit qu'il nous ait été impossible d'arriver à des résultats partiels parfaitement concordants entre eux, malgré tous les autres éléments de succès que nous possédions.

Il se présente à cet égard une réflexion qu'il ne sera peut-être pas inutile de consigner ici.

C'est par millions que l'on compte les dépenses occasionnées par une campagne comme celle de la *Vénus* (elle a coûté un million et demi environ); c'est par centaines de mille francs que l'on compte les frais de publication de pareils voyages (ceux du voyage de la *Vénus* s'élèveront à cent

vingt-cinq mille francs environ), et si une dépense de trois à quatre mille francs, répartie sur deux ou trois ans de campagne, est nécessaire pour assurer la perfection des résultats obtenus, l'ingénieur, ni même le commandant de l'expédition ne peuvent se la permettre. En sorte que, pour éviter l'abus qui pourrait être fait de cette somme comparativement si faible, on prive les résultats de ce qui fait leur principal mérite, l'exactitude scrupuleuse, et l'on diminue ainsi considérablement l'utilité de ces campagnes sous le rapport scientifique. Il conviendrait, ce me semble, pour le bien du service, que l'ingénieur pût, avec l'approbation du chef de l'expédition, disposer d'une somme de trois à quatre mille francs, dont il aurait à justifier l'emploi lors de son retour en France.

Le défaut d'une bonne installation s'est fait sentir surtout dans les observations si minutieuses et si longues de la variation diurne de la déclinaison de l'aiguille aimantée. Plusieurs des petites irrégularités que l'on remarque dans nos résultats partiels proviennent bien certainement de cette cause; et comme ces irrégularités se confondent avec celles que produisent les variations accidentelles, mais réelles, du magnétisme terrestre, il en résulte que celles-ci ne peuvent

se déduire avec exactitude de nos observations. Nous ne pensons pas toutefois que ce défaut d'installation ait influé d'une manière bien sensible sur la marche moyenne générale de l'aiguille telle qu'on la déduit de l'ensemble des observations faites dans un même lieu, excepté pour celles faites à Rio-Janeiro et à Valparaiso lors de notre première relâche. Mais l'observation de Valparaiso a été refaite à l'époque de notre seconde relâche, et celle de Rio-Janeiro reste ainsi seule à vérifier.

La déclinaison de l'aiguille aimantée s'obtenait à terre en visant un objet fixe dont l'azimuth astronomique avait été déterminé avec beaucoup de précision, au moyen du théodolite.

L'inclinaison était observée dans deux plans rectangulaires, dont l'un était pris toujours très-voisin du plan du méridien magnétique, et l'on changeait à chaque fois les pôles des aiguilles par vingt frictions sur chacune de leurs faces. Pour les calculs, on a fait usage de la formule

$$\text{Tang. } \mathrm{I} = \text{tang. } \mathrm{I}' \cos. x$$

$$\text{Tang. } x = \frac{\text{tang. } \mathrm{I}'}{\text{tang. } \mathrm{I}''}$$

dans laquelle I est l'inclinaison cherchée, I l'in-

clinaison dans le plan voisin du méridien magnétique, I' l'inclinaison dans le second plan perpendiculaire au premier; l'angle auxiliaire x est l'angle de ce premier plan avec le plan du méridien magnétique.

C'est au moyen d'oscillations horizontales qu'on a déterminé l'intensité du magnétisme terrestre. L'aiguille était suspendue à un fil de soie sans torsion, et l'on notait l'heure à chaque série de vingt oscillations. On n'a fait entrer dans le calcul que les oscillations dont les amplitudes ont été au-dessous de 12°, et l'on a fait usage de la formule

$$J = \frac{k}{\cos. I}\left(\frac{N}{T}\right)^2$$

dans laquelle J est l'intensité cherchée, k un nombre constant déduit de l'observation faite au point de départ, I l'inclinaison du lieu, N le nombre des oscillations infiniment petites faites dans le temps quelconque T.

Les latitudes déterminées dans les diverses relâches résultent d'observations faites à terre avec le théodolite répétiteur de Gambey. Elles proviennent généralement de séries de hauteurs circumméridiennes du soleil ou d'étoiles, et plus

rarement de séries de hauteurs de la polaire prises en un point quelconque de son cours. Elles ont toutes été calculées avec toute l'exactitude désirable, par M. Lefebvre, à qui sont dus également tous les autres calculs astronomiques.

Dans les observations des baromètres et des thermomètres, on a pris toutes les précautions que les circonstances ont pu permettre de prendre.

Toutes les hauteurs barométriques citées dans ce volume sont réduites à zéro degré de température et au niveau de la mer.

Toutes les températures indiquées doivent être diminuées de $0^{\circ},3$, à moins qu'il ne soit dit expressément que cette correction a été faite.

Toutes les mesures linéaires peu considérables sont exprimées en mètres; les grandes distances sont exprimées en lieues marines de 20 au degré, ou en milles marins de 60 au degré.

Toutes les directions sont rapportées au nord du monde, à moins que le contraire ne soit spécifié.

Le rapport fait à l'Académie des sciences, par l'illustre M. Arago, au nom de la commission nommée pour examiner nos travaux, résumant avec une lucidité et une profondeur de

vue admirables les divers résultats que nous avons obtenus, nous ne croyons pouvoir mieux faire que de le donner ici en tête de ce volume. C'est à nos yeux la plus belle récompense de nos fatigues et de nos veilles, et c'est aussi avec un juste sentiment d'orgueil que nous le reproduisons.

Me sera-t-il permis d'exprimer à cette occasion, au nom de mes collaborateurs de la *Vénus* et au mien, toute notre gratitude pour l'honorable indulgence avec laquelle nos travaux ont été jugés, et pour les éloges flatteurs que l'Académie des sciences a bien voulu nous donner, par l'organe de l'illustre rapporteur?

Je croirais, quant à moi, manquer au plus sacré des devoirs, si je n'insistais ici d'une manière toute spéciale pour faire agréer à M. Arago l'expression de la profonde reconnaissance que m'a inspirée la rare bienveillance avec laquelle il a bien voulu m'accueillir, et les encouragements flatteurs qu'il n'a cessé de me prodiguer.

Je dois encore des remercîments à MM. Laugier, Plantamour et Eugène Bouvard, ainsi qu'à M. Lottin, pour le concours empressé qu'ils ont bien voulu me prêter.

Pour quelqu'un qui s'est uniquement occupé du fond et de la valeur des idées et jamais de leur forme ou de leur expression, c'est une tâche bien rude que celle de faire un livre, lors même que ce livre ne doit contenir que la simple énonciation des faits dont il a été témoin et des réflexions qui en ont été la suite. J'ai fait, dans le peu de temps qui m'a été accordé pour cette publication, tous les efforts possibles pour parvenir à justifier la confiance qui m'a fait imposer une pareille tâche; mais je ne puis me flatter d'y avoir réussi; et il ne me reste plus qu'à réclamer l'indulgence du lecteur pour les innombrables incorrections de langage et de style qu'il rencontrera dans cet ouvrage. J'espère qu'il voudra bien, à son tour, faire porter son jugement, non sur la forme, mais sur le fond, pour ne pas rendre mes zélés collaborateurs responsables d'un défaut dont je dois, seul, avoir à souffrir. Il voudra bien aussi, j'espère, ne pas oublier que la mission de la frégate la *Vénus* étant uniquement politique et commerciale, et nullement scientifique, l'ingénieur hydrographe embarqué sur ce bâtiment avait pour unique mission de profiter des occasions qui se présenteraient de faire quelques observations utiles à la science.

Cette mission a-t-elle été suffisamment bien remplie? c'est au lecteur à en juger. Le témoignage honorable et unanime de mes compagnons de voyage me permet toutefois d'affirmer que ce n'est ni l'ardeur, ni la bonne volonté qui peuvent avoir manqué.

RAPPORT

FAIT A L'ACADÉMIE DES SCIENCES

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

EXÉCUTÉS PENDANT LE VOYAGE

DE LA FRÉGATE LA *VÉNUS*,

COMMANDÉE PAR M. LE CAPITAINE DE VAISSEAU

DU PETIT-THOUARS.

Commissaires, MM. Beautemps-Beaupré, de Blainville, Elie de Beaumont; Arago, rapporteur.

Le Gouvernement envoie de temps à autre des bâtiments de l'Etat, dans les régions où il lui semble utile de montrer notre pavillon, de donner appui et protection aux navires baleiniers, de demander la réparation de quelque insulte, de recueillir des documents précis sur les rades, les ports où des escadres pourraient aller se réparer, renouveler leurs vivres et s'approvisionner d'eau et de bois. Tel fut, nous le supposons du moins, le but du voyage de *la Vénus*. Les journaux apprirent au public, il y a environ un an, que la frégate venait de rentrer à Brest après avoir rem-

pli, avec beaucoup de distinction, la mission dont elle était chargée. En rapprochant cette circonstance du Rapport que nous allons présenter à l'Académie, personne ne doutera plus que, sans s'écarter en rien d'un itinéraire tracé par les besoins de la politique, du commerce ou par les exigences de l'honneur national, les navires de guerre ne puissent, à l'avenir, grandement contribuer au progrès des sciences. L'exemple donné par M. Du Petit-Thouars fructifiera : nous en avons pour garant le zèle, l'ardeur et les connaissances solides de la plupart des officiers de notre marine.

Itinéraire du voyage.

La *Vénus* quitta *Brest* le 29 décembre 1836. Elle jeta l'ancre à *Sainte-Croix-de-Ténériffe* le 9 janvier 1837, en partit le lendemain et arriva à *Rio-Janeiro* le 4 février suivant. La frégate remit à la voile le 16 février, doubla le *Cap Horn* le 21 mars, par 60° de latitude australe, et mouilla à *Valparaiso* le 26 avril. Le 25 mai, nous trouvons la *Vénus* au *Callao :* elle était sortie de *Valparaiso* le 13 du même mois. Sa traversée du *Callao* à *Honoloulou* (îles *Sandwich*) s'effectua du 2 juin au 9 juillet; celle des îles *Sandwich* à la baie d'*Avatscha*, dans le *Kamtschatka*, du 25 juillet au 30 août; la traversée du *Kamtschatka* à *Monterey* (*Haute-Californie*), du 15 septembre au 18 octobre. La frégate appareillait de *Monterey* le 14 novembre; elle entrait dans la *baie* de *la Magdeleine* (*Basse-Californie*)

le 25 novembre; remettait sous voiles le 7 décembre; atteignait *Mazatlan* (côte du *Mexique*) le 12 du même mois; y séjournait jusqu'au 18; mouillait à *San-Blaz* (*Mexique*) le 20; en partait le 27 et, après avoir prolongé la côte, arrivait à *Acapulco* le 7 janvier 1838. Le 24, la *Vénus* se dirigeait vers *Valparaiso*, et y jetait l'ancre le 18 mars. Le 28 avril, nous la trouvons sous voiles, faisant de nouveau route pour le *Callao de Lima*, où elle entre le 10 mai. Le 6 juin, la frégate était à *Payta*. Le 17, nous la voyons cinglant vers l'archipel des *Galapagos;* elle pénètre dans ce groupe d'îles le 21; le quitte le 15 juillet, faisant route vers les îles *Marquises* et ensuite vers *Taïti;* elle jette l'ancre dans la baie de *Papeïti* le 29 août; en part le 17 septembre; détermine, pendant sa traversée, les positions des îles *Taboui-Manou*, *Hul*, *Mangia*, *Rarotonga;* arrive à la *Baie des Iles* (*Nouvelle-Zélande*), devant *Kororareka*, le 11 octobre; quitte cette baie le 14 novembre; jette l'ancre le 23 au port *Jackson*, d'où elle part le 18 décembre; passe au sud de la terre de *Van-Diémen* et atteint l'*île de Bourbon* le 5 mars 1839. Le 9 du même mois, la *Vénus* mettait déjà sous voiles. Le 29, nous la trouvons à *False-Bay* du cap de *Bonne-Espérance;* le 22 avril, elle quitte cette rade, mouille à *Sainte-Hélène* le 7 mai, en part le 11, visite, le 16, l'*île de l'Ascension* et jette enfin l'ancre, en rade de *Brest*, le 24 juin 1839, après 30 mois de navigation.

« Voilà l'itinéraire du voyage de la *Vénus*. Faisons maintenant l'énumération des acquisitions dont la

science sera redevable à cette campagne, mais sans perdre de vue que la frégate avait une mission purement politique, commerciale; sans jamais oublier que les officiers n'étaient nullement tenus de se livrer aux nombreuses observations météorologiques, magnétiques, de physique terrestre, qui ont tant ajouté à leurs fatigues.

Géographie.

Dans l'état actuel de la géographie, les tables de latitudes et de longitudes ne pourront guère être perfectionnées que par des observateurs sédentaires. Les navigateurs, à qui les exigences de missions politiques, commerciales ou militaires ne donnent pas la faculté de coordonner les époques de départ et d'arrivée avec les phénomènes célestes, se trouvent souvent dans l'impossibilité de recourir, pour leurs travaux, aux observations, aux méthodes qui donneraient le plus d'exactitude. Cependant, le voyage de la *Vénus* sera loin d'être sans intérêt, même sous ce rapport. Nous voyons, en effet, dans les journaux de terre :

« Une observation d'occultation de δ du Bélier faite à *Rio-Janeiro* [1] ;

[1] Cette observation, calculée provisoirement en mer pendant le voyage, sur les données de la *Connaissance des Temps*, a conduit, pour la longitude de Rio-Janeiro, au nombre. . . 45° 3o′ 47″
Dans la table de la *Connaissance des Temps*, on trouve 45° 3o 0″

« Une observation d'occultation de ε du Bélier faite à *Tahiti* ;

« Une observation d'éclipse de soleil, faite à *Valparaiso* ;

« Plusieurs séries de culminations lunaires ;

« Plusieurs séries de hauteurs de deux astres et de leurs différences d'azimut, obtenues à l'aide d'un théodolite de M. Gambey, répétiteur sur le sens vertical et sur le sens horizontal. On pourra apprécier, par ce travail, le degré d'exactitude que le nouveau procédé promet, quant à la détermination des coordonnées géographiques à terre. »

Dans plusieurs points importants, à *Valparaiso*, à *Monterey*, à *Acapulco*, à *Kororareka* (Baie des Iles), M. *Du Petit-Thouars* s'est occupé, personnellement, de la vérification des longitudes, à l'aide d'observations de distances de la lune au soleil.

A Monterey, le résultat moyen, déduit par M. le lieutenant Lefebvre, de l'ensemble des observations de M. le commandant de la *Vénus*, ne surpasse la longitude que donne la *Connaissance des Temps*, que de $2''{,}5$ (en temps); à *Acapulco* la différence, en sens contraire, s'élève à $12''{,}5$. A *Valparaiso*, elle va jusqu'à $27''{,}5$; à la Baie des Iles elle redescend à $2''{,}6$.

L'officier qui s'est chargé de calculer les distances lunaires de M. Du Petit-Thouars, les a partagées par groupes de quatre distances ou d'une seule répétition. Prenons les circonstances favorables, et nous trouverons que la longitude déduite d'une quelconque de ces *courtes* séries d'*observations courantes*, ne diffère de

la moyenne de toutes que *d'une minute* en temps, au maximum. *Une* minute en temps, *quinze* minutes de degré, environ *six* lieues à l'équateur, telle serait l'incertitude sur la position d'un navire en longitude, après *une* observation facile, à la portée de tout le monde et qui n'exige pas pour être faite et complétée plus d'une à deux minutes. Si l'on ajoute que rien n'empêche de renouveler la mesure de la distance de la lune à un autre astre, quatre, six, huit, dix fois; que les erreurs à craindre, en tant qu'elles dépendent des observations, diminuent proportionnellement au nombre de répétitions, on demeure vraiment étonné de voir avec quelle facilité, avec quelle exactitude un navigateur, grâce au progrès des sciences, peut aujourd'hui, à l'aide d'un coup d'œil sur le ciel, trouver sa place sur le globe à toutes les époques du plus long voyage.

Ces résultats ne sauraient être proclamés assez haut, dans un temps surtout où des esprits superficiels préconisent outre mesure la navigation purement chronométrique. Les vrais chronomètres sont incontestablement des machines admirables; dans aucune de ses œuvres, l'homme n'a montré plus d'adresse, plus de persévérance, plus de ressources, plus de génie; ne nous écrions pas, cependant, que l'art est arrivé à ses dernières limites; disons, au contraire, qu'il reste encore beaucoup à faire. Nous n'en voulons pour preuve que les six chronomètres dont la *Vénus* avait été pourvue. Ces instruments portaient des noms assurément bien célèbres : les noms de Louis Berthoud, de Motel, de Breguet, et cependant :

« Dans le passage du Callao à Honoloulou, le n° 75 de Berthoud était déjà hors de service : il ne marchait plus ;

« Le 12 juin 1839, le n° 9 de Breguet s'était aussi arrêté ;

« Le n° 76 de Louis Berthoud qui, au départ de Brest, retardait sur le temps moyen de 5″,0 par jour, avançait au Callao de 0″,8 ; à Honoloulou, de 3″,4 ; à Valparaiso de 5″,1 ; au port Jackson de 7″,2, ce qui correspond, depuis le départ, à une variation totale, pour la marche diurne, de 12″,2.

« Le n° 127 du même excellent artiste, varia, pendant toute la durée de la campagne, entre 11″,3 d'avance et 0″,9 de retard. Le changement total de marche en deux ans et demi, fut donc encore de 12″,2.

« Les n^os^ 175 et 186 de Motel ont plus varié encore : le premier de 20″,6 ; le second de 26″,0. »

Il est juste de remarquer que ces changements ne s'opèrent pas brusquement ; qu'à chaque point de relâche le navigateur a la ressource de déterminer la marche diurne chronométrique qu'il faudra employer dans le calcul des longitudes, pendant la traversée de ce point au point suivant ; que, dès-lors, les erreurs se trouvent bien circonscrites. Néanmoins, en choisissant un exemple dans les registres de la *Vénus*, nous trouvons qu'au port Jackson le n° 186 de M. Motel avançait de 25″,7 par jour ; au cap de Bonne-Espérance cette avance n'était plus que de 22″,1. Prenons la moyenne de ces deux nombres, 23″,9, pour le vrai retard moyen

durant la traversée entre la côte orientale de la Nouvelle-Hollande et le Cap ; 23″,9 différent de 25″,7, retard du port Jackson, de 1″,8; en arrivant au Cap, après 90 jours de navigation, l'erreur de la longitude chronométrique aurait donc été de 2′42″, c'est-à-dire trois fois plus considérable que l'erreur du résultat qu'on eût pu déduire d'une seule double observation de distance lunaire, faite avec le cercle à réflexion.

Loin de nous la pensée de porter atteinte, par ces remarques, à la grande et juste considération dont jouissent de fort habiles horlogers de France, d'Angleterre, de Danemarck, et particulièrement les trois constructeurs français de chronomètres, que nous venons de citer. Tout ce que nous avons voulu, c'est de montrer, en opposition à certaines décisions irréfléchies, que dans l'horlogerie elle-même, que dans la branche de la mécanique où nos pères se sont le plus illustrés, le rôle de leurs descendants n'est pas irrévocablement celui de copistes serviles. Enfin, il nous a paru utile de prouver, qu'à l'époque actuelle, et pour qui sait y lire, la sphère céleste est encore le plus direct, le plus sûr, le plus exact des instruments de longitude. Une telle conclusion n'a rien, ce nous semble, dont l'amour-propre de personne au monde puisse s'offenser [1].

[1] Voici quelques résultats qui pourront intéresser les navigateurs :

Après vingt-cinq jours de traversée, à partir de Tahiti, la montre n° 76, correction faite de la variation de sa marche, a

Les journaux de la *Vénus* renferment une très-nombreuse suite de déterminations de la distance de deux points de l'horizon visible diamétralement opposés. Ces déterminations, obtenues à l'aide d'un instrument de M. Daussy, sont accompagnées de toutes les données nécessaires sur l'état du baromètre et de l'hygromètre, sur la température de l'atmosphère, et sur celle des eaux. Il sera donc facile de soumettre à une nouvelle discussion les règles empiriques d'après lesquelles on se croit aujourd'hui certain de deviner, sinon la valeur, du moins le signe des erreurs qui peuvent affecter les dépressions observées de la ligne bleue le long de laquelle l'atmosphère paraît reposer sur la mer. Hâtons-nous déjà de dire que dans cette multitude de résultats, il n'en est que deux d'où l'on déduise un exhaussement, au lieu d'une dépression; que deux fois seulement, pendant la plus longue campagne, l'horizon visuel s'est trouvé au-dessus de l'horizon rationnel.

Les marins sont obligés de prendre hauteur dans des états de la mer quelquefois très-peu favorables. La masse liquide, au lieu d'être unie, se trouve couverte de vagues mobiles, c'est-à-dire de sillons qui, par leurs crêtes, s'élèvent au-dessus de la surface gé-

donné pour la longitude de l'observatoire à la Baie des Iles (Nouvelle-Zélande. . . . . 171° 47′ 16″ E.
Les distances lunaires de M. Du Petit-Thouars. 171. 49. 40 E.
Les distances lunaires de M. Lefèbvre. . . . . 171. 50. 40 E.
La *Connaissance des Temps* de 1842 donne. . . 171. 50. 20 E.

nérale d'équilibre, de toute la quantité, ni plus, ni moins, dont les *creux* s'abaissent au-dessous de cette même surface. Quelle influence un pareil état de la mer doit-il avoir sur la position de l'horizon visible? Quand on songe que le point observé peut correspondre dans certaines directions au sommet ou au creux d'une vague; que le navire est lui-même, tantôt dans l'une et tantôt dans l'autre de ces positions extrêmes, le problème semble d'abord assez compliqué. En y réfléchissant davantage, on voit, cependant, que l'existence simultanée des creux et des protubérances liquides, ne doit pas empêcher les protubérances de former seules, définitivement, la ligne bleue où se dirige la visée de l'observateur, où il prend ses points de repère; que dès-lors l'horizon visuel devra d'autant plus s'élever que la mer sera plus grosse.

Les nombreuses observations faites à bord de la *Vénus*, confirment cet effet des vagues et en donneront la mesure. Ce sujet de recherches, malgré son importance, avait été à peine effleuré.

Hydrographie.

Longtemps avant de partir pour sa dernière expédition, en 1819 et en 1820, M. Du Petit-Thouars avait pris une part très-honorable aux travaux hydrographiques exécutés sur les côtes occidentales de France et à une exploration des courants de la baie de la Seine.

Il était donc naturel de prévoir que l'hydrogra-

phie ne serait pas négligée pendant la campagne de la *Vénus*.

Lorsque le commandant de cette frégate choisissait pour collaborateur, M. de Tessan qui déjà en 1825, 1826, 1829, 1830, 1831, 1832 et 1833, concourait activement aux levés détaillés des côtes de France et de l'Algérie, il ne donnait pas une moindre garantie du soin et de l'exactitude dont toutes ses cartes, dont tous ses plans porteraient l'empreinte.

Les cartes et plans que la *Vénus* ajoutera au riche portefeuille de la marine française, sont au nombre de vingt-un, savoir :

« 1° Le plan de la baie de Valparaiso (Chili);

« 2° Le plan de la baie du Callao de Lima (Pérou);

« 3° Le plan des roches Hormigas (près du Callao de Lima);

« 4° Le plan de la baie d'Avatscha (Kamtschatka);

« 5° Le plan de la baie de Monterey (Californie);

« 6° Le plan de la baie de San-Francisco (Californie);

« 7° Le plan de l'île Guadalupa (côte de Californie);

« 8° Le plan des roches Alijas (côte de Californie);

« 9° Le plan de la baie de la Magdeleine (Basse-Californie);

« 10° La carte de diverses parties de la côte du Mexique (entre le cap San-Lucar et Acapulco);

« 11° Le plan de la baie d'Acapulco;

« 12° Le plan de l'île de Pâques;

« 13° La carte des îles Maz-à-Fuera et Juan Fernandez;

« 14' La carte des îles Saint-Félix et Saint-Ambroise ;

« 15° Le plan de l'île Charles (Galapagos) ;

« 16° La carte d'une partie de l'archipel des Galapagos ;

« 17° La carte de l'archipel des Marquises de Mendoça ;

« 18° Le plan de la baie de Papeïti (île Tahiti) ;

« 19° La carte des îles Krusenstern, Tahiti, Tabouai-Manou, etc. ;

« 20° La carte des îles Hul, Mangia et Rarotonga ;

« 21° Le plan de la Baie des Iles (Nouvelle-Zélande). »

Ce travail n'est pas seulement remarquable par son étendue ; l'exactitude en fait le principal mérite. MM. Du Petit-Thouars et Tessan, à qui la géographie le doit, ont constamment suivi les meilleures méthodes : celles dont l'hydrographie française donna l'exemple pendant l'expédition de d'Entrecasteaux et qui depuis servent de règle à tous les ingénieurs pénétrés des exigences, des devoirs rigoureux de leur noble profession. M. de Tessan exécutait les triangulations et levait les détails. M. Du Petit-Thouars s'était réservé l'opération délicate, minutieuse des sondes. Celui de vos commissaires à qui l'obligation est échue d'examiner plus particulièrement les nombreuses données recueillies par la *Vénus*, n'hésite pas à leur attribuer une précision supérieure à celle qu'on avait remarquée dans les résultats hydrographiques de plusieurs voyages récents.

Un supplément aux Instructions nautiques rédigées pour la *Bonite*, invitait les officiers de ce navire à prendre des vues, développées sous forme de panoramas, des points les plus remarquables des côtes qu'ils longeraient. M. de Tessan doit être remercié de n'avoir pas oublié cette recommandation de l'Académie. Les vues dont il va enrichir le dépôt des cartes et plans de la Marine, sont des données presque immuables que les géographes, les hydrographes et les navigateurs pourront souvent consulter avec beaucoup d'avantage.

Marées.

Des navigateurs, physiciens et astronomes, ne pouvaient oublier d'observer les marées. Le tableau, ci-joint, de l'heure de l'établissement et de l'unité de hauteur dans quinze ports différents, sera éminemment utile aux marins qui visitent la côte occidentale d'Amérique et les archipels de la Polynésie. Le problème des influences locales s'y présente d'ailleurs totalement dégagé d'une foule de circonstances auxquelles les bras de mer resserrés, sinueux, compris entre la France et l'Angleterre, ont peut-être fait attribuer un rôle trop prépondérant.

NOMS DES LIEUX.	HEURES DE L'ÉTABLISSEMENT.	UNITÉ DE HAUTEUR.
Petropauloskoy.....	3h 54m	0,46
Monterey.....	9h 52m	0,98
Baie de la magdeleine.....	7 37	1,38
Acapulco.....	3 5	0,32
Ile Charles (Galapagos).....	3 19	0,89
Payta.....	3 18	0,89
Callao de Lima.....	6 0	0,38
Valparaiso.....	9 40	0,79
Honoloulou (Sandwich).....	3h 35m	0,29
Baie de la Résolution (Marquises)..	5 7	0,92
Baie de Papëiti (Tahiti).....	de 1 à 2 h tous les jours	0,14
Baie des Iles (Nouvelle-Zélande)...	7h 40m	1,02
Port Jackson (Nouvelle-Hollande).	9 0	0,93
False-Bay (Cap de Bonne-Espérance)	3 10	0,85
Rio-Janeiro.....	2 30	0,52

Après avoir vu, à l'aide de ce tableau, que la mer monte quatre fois moins à Acapulco qu'à la Magdeleine, et remarqué les différences de deux heures et quart, de quatre heures et demie entre les heures des marées dans des ports peu éloignés les uns des autres et situés sur une côte où l'Océan peut cependant se développer en toute liberté; après avoir pris note de l'intervalle d'environ trois heures, qui s'écoule depuis le moment de la haute mer à Payta jusqu'au moment de la haute mer au Callao, personne ne pourra soutenir que la question des marées soit épuisée; qu'il ne reste pas encore beaucoup à faire pour décider de quelle manière des obstacles invisibles, de quelle manière les inégalités du fond de la mer agissent sur une vitesse de propagation des vagues et sur leur hau-

teur. Dans le siècle où nous vivons, poser une question scientifique avec netteté, c'est la résoudre à moitié.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

Observations barométriques.

Les journaux de la frégate offriront aux physiciens des observations de la pression atmosphérique, faites en mer, d'heure en heure, de jour comme de nuit, pendant près de deux ans et demi. Les observations barométriques sont très-difficiles dans certains états de la mer. On ne peut guerre alors arriver à quelque exactitude qu'à force d'attention ou par des moyennes. Nous avons cru un moment que cette dernière ressource ne manquerait pas à ceux qui discuteront les registres de la *Vénus*. Ils y trouveront, en effet, trois suites de hauteurs barométriques simultanées, obtenues avec trois instruments différents : un baromètre à colonne très-étranglée, dit *baromètre marin*, construit par Lerebours, et qui a bien fonctionné pendant toute la durée de la campagne ; un autre baromètre ordinaire et un sympiésomètre. Malheureusement ces deux derniers instruments s'étant trouvés dépourvus de suspensions à la Cardan, furent invariablement arrêtés à des supports situés dans la batterie. Ils devaient donc suivre les oscillations du navire ; s'incliner plus ou moins suivant ses allures, s'incliner de quantités inconnues, en sorte que leurs

indications exigeraient des corrections sans cesse différentes, et qui, aujourd'hui d'ailleurs, ne pourraient être calculées.

L'examen attentif que nous avons fait des observations du *baromètre marin suspendu*, nous autorise à penser qu'elles serviront très-utilement à lever les doutes qu'on a encore sur la valeur de la période diurne barométrique *en pleine mer;* sur la manière dont cette oscillation varie avec la latitude, quand l'atmosphère ne subit pas, toutes les vingt-quatre heures, d'aussi grands changements de température que les atsmosphères continentales.

La frégate, comme on l'a vu quand nous tracions son itinéraire, a successivement sillonné les régions de l'Océan les plus éloignées. Les observations barométriques y ont toujours été faites avec les mêmes instruments. Il est donc à peu près certain qu'elles fourniront de nouvelles données touchant les zones, en certains lieux assez circonscrites, où le mercure se soutient constamment au-dessus, ou constamment au-dessous de la hauteur moyenne générale. Ces différences, aujourd'hui bien constatées, mais dont jadis les physiciens n'auraient pas même voulu admettre la possibilité, doivent être étudiées avec d'autant plus d'intérêt, qu'elles ont sans doute une certaine part à la production des inextricables courants de l'atmosphère et de l'Océan. Si l'on se rappelle l'influence que M. Daussy a si bien établie de l'état du baromètre sur la hauteur des marées, la manière dont nous venons d'envisager les observations barométriques de la *Vé-*

nus, fixera certainement l'attention de ceux qui seront appelés à les discuter.

Sur la proposition de Laplace, l'Académie chargea, il y a quelques années, une commission nombreuse de déterminer avec toute la précision possible, diverses quantités, peut-être graduellement variables, qui jouent un rôle capital dans la physique du globe. Il s'agissait, par exemple, de refaire l'analyse de l'air atmosphérique, sous un grand nombre de latitudes, en mer, au milieu des continents et à toutes sortes d'élévations; de tracer, pour l'époque actuelle, la forme exacte des lignes *isothermes;* de soumettre à une discussion approfondie la loi du décroissement de la température atmosphérique suivant la hauteur, et, au besoin, d'entreprendre de nouveaux voyages aérostatiques; d'apprécier, par des expériences susceptibles d'être en tout temps identiquement reproduites, la puissance éclairante et la puissance calorifique du soleil; de mesurer, dans un certain nombre de stations convenablement choisies, les éléments du magnétisme terrestre, y compris l'intensité absolue de la force mystérieuse qui en chaque lieu maîtrise l'aiguille d'inclinaison, etc., etc. La commission, comme chacun doit le présumer en voyant l'immensité du programme, n'a pas encore fait son rapport; elle ne s'est même réunie qu'une fois et dans la vue de répartir les questions à résoudre entre ses divers membres. Celui qui a été chargé de déterminer, jusqu'à une petite fraction de millimètre, la hauteur moyenne du baromètre au niveau de l'Océan et sous diverses latitudes, s'empresse

de reconnaître que les observations faites à terre pendant le voyage de la *Vénus*, complètent entièrement les nombreux documents qu'il avait déjà réunis. Dès ce moment on pourra fixer avec précision, pour la première moitié du XIX^e^ siècle, les valeurs absolues de la pression atmosphérique, dans nos climats et dans les régions équinoxiales; tenir compte de l'influence considérable qu'exercent sur cet élément les vents de diverses régions; donner, enfin, à nos successeurs les moyens de reconnaître si les absorptions et les dégagements de gaz que la chimie a étudiés, se balancent exactement, ou si, au contraire, l'atmosphère terrestre finira dans la suite des siècles par s'épuiser. Des tableaux où sont consignés les résultats d'une foule de déterminations, toutes obtenues avec des baromètres comparés au départ et au retour, seront prochainement mis sous les yeux de l'Académie. On pourra alors apprécier la large place qui revient aux observations empruntées aux journaux météorologiques de la *Vénus*.

Observations du thermomètre.

Pendant toute la durée du voyage de la *Vénus*, c'est-à-dire depuis le 1^er^ janvier 1837, jusqu'au 20 avril 1839, on a tenu à bord de cette frégate, d'heure en heure, de jour comme de nuit, une note exacte, de la température de l'atmosphère et de la température de la mer. Les originaux de ces observations sont contenus dans vingt-cinq cahiers, où les collaborateurs de

M. Du Petit-Thouars ont trouvé les bases des tableaux qui seront pour la physique du globe une très-précieuse, une très-importante acquisition. Nous devons remarquer, cependant, que ces journaux météorologiques, suffisamment détaillés, peut-être, s'ils devaient toujours rester dans les mains de ceux qui ont exécuté ou dirigé le travail, laisseraient quelque chose à désirer quand une personne étrangère au voyage recevrait la mission de les discuter. Nos navigateurs, en général, se sont trop fiés à leur mémoire. Il manque dans les nombreux registres mis sous les yeux de la Commission, une foule de détails sur la place des instruments, sur la manière de les observer, sur les erreurs de graduation déterminées d'après des étalons authentiques, etc., etc. Nous savons bien, car nous nous en sommes assurés, que ces lacunes seront comblées, pour la plupart, en recourant aux souvenirs des officiers de la frégate, en feuilletant les journaux personnels, en consultant jusqu'aux *agenda ;* mais nous savons aussi que rien ne peut suppléer complétement aux notes prises et transcrites sur place. Puissent ces remarques convaincre l'administration de la Marine, de la nécessité de pourvoir les bâtiments de l'État, de types imprimés, uniformes, où les officiers trouveront, toutes tracées d'avance, les cases où il faudra inscrire les résultats numériques de chaque observation et les quelques mots destinés à en faire apprécier l'exactitude.

Depuis la publication des Instructions que l'Académie remit à la *Bonite*, les physiciens se sont gé-

néralement accordés sur l'importance des observations météorologiques faites dans le voisinage de l'équateur, loin des continents et loin des grandes îles. Ils ont surtout considéré qu'entre les tropiques et en pleine mer, la température de l'eau de l'Océan varie peu ; que la moyenne température déduite de trois ou quatre passages de la ligne, que la moyenne déduite de dix, douze ou vingt observations analogues, faites, sans choix, entre 10° de latitude nord et 10° de latitude sud, est partout la même à une fraction de degré près ; qu'on peut ainsi attaquer avec succès une question capitale restée jusqu'ici indécise : la question de la constance des températures terrestres, sans avoir à s'inquiéter des influences locales, naturellement fort circonscrites, provenant du déboisement des plaines et des montagnes, des changements de culture, du desséchement des lacs et des marais, etc., etc. ; que chaque siècle, en léguant aux siècles futurs quelques chiffres bien faciles à obtenir, leur donnera le moyen, peut-être le plus simple, le plus exact, le plus direct de décider si le soleil, aujourd'hui source première, aujourd'hui source à peu près exclusive de la chaleur de notre globe, change de constitution physique et d'éclat comme la plupart des étoiles, ou si, au contraire, cet astre est arrivé, sous ce double rapport, à un état permanent. Les observations de la *Vénus*, loin de contrarier les vues que nous venons de rappeler, ne feront que les fortifier. D'un premier coup d'œil jeté sur les tableaux, nous avons déduit, par exemple, pour la température moyenne de la région de

l'Atlantique voisine de l'équateur, à midi, dans le mois de janvier 1837. . . . . 26°,6 centigr., et pour le mois de mai 1839. . . . . 26°,8.

L'Océan Pacifique nous a donné, pour la région équatoriale correspondante à 130° de longitude occidentale, dans le mois de juin 1837. . . 26°,9; et dans un méridien plus rapproché de celui de l'archipel des Galapagos, dans le mois de février 1839. . . . 26°,9.

Températures sous-marines.

Il y a déjà bien longtemps qu'on s'est avisé de rechercher quelle température marquent les eaux de la mer à de grandes profondeurs. La Méditerranée, l'Atlantique, la mer Pacifique, les régions équatoriales, les régions polaires ont été et sont encore, tour à tour, le théâtre de sondes thermométriques exécutées avec les plus grandes précautions, et dont la science a toujours soin d'enregistrer les résultats. Le contingent qu'apporte aujourd'ui la *Vénus* occupera, parmi toutes ces richesses, une place distinguée, à cause du nombre, de l'exactitude des observations et de l'immense échelle de profondeurs qu'elles comprennent.

En tenant note seulement des expériences qui ont réussi, qui ont conduit à un chiffre entouré de toutes les garanties désirables, nous en avons compté dans les journaux de la *Vénus* jusqu'à *quarante-cinq*.

Ces expériences embrassent l'espace qui s'étend du 52^me^ degré de latitude nord au 60^me^ degré de latitude sud ; de 22 à 180° de longitude occidentale, de 5 à 176° de longitude orientale. L'échelle des profondeurs verticales varie entre 30 et 1150 brasses. Quand la sonde descendit à plus de 2000 brasses, quand l'étui en cuivre qui renfermait le thermométrographe eut à subir des pressions de 3 à 400 atmosphères, étui et instruments revinrent à la surface entièrement brisés.

Ce n'est pas ici le lieu de discuter en détail ces précieuses observations de températures sous-marines. Nous nous contenterons d'en extraire quelques chiffres qui semblent de nature à faire apprécier ou, tout au moins, à faire pressentir la place qu'elles occuperont dans la science.

Les sondes faites à bords de la *Vénus* ont souvent donné pour température de la mer à de grandes profondeurs, dans les régions tempérées et intertropicales, des nombres aussi petits que +3°,6 centigrades, +3°,2; +3°,0; +2°,8 et +2°,5, quand la surface marquait de 26 à 27°.

S'il s'est glissé des erreurs dans ces déterminations, elles ont dû être toutes positives, comme il est facile de s'en convaincre. Les chiffres vrais ne peuvent, en aucun cas, surpasser ceux que nous venons de citer. Il faut donc espérer que le fameux nombre +4°,4, si étourdiment emprunté aux observations comparatives faites à la surface et au fond des lacs d'*eau douce* de Suisse, cessera de paraître dans des dissertations *ex professo*, comme la limite au-dessous de laquelle la

température du fond des mers ne saurait jamais descendre.

Ceux-là se tromperaient beaucoup qui imagineraient que plusieurs degrés de plus ou de moins dans la détermination des températures sous-marines, n'ont aucune importance. Ces quelques degrés peuvent porter le dernier coup à la théorie suivant laquelle les eaux froides du fond des mers, même sous l'équateur, ne seraient autre chose que les eaux correspondantes de la surface, refroidies d'abord par voie de de rayonnement ou d'évaporation, et précipitées ensuite à raison de leur excès de pesanteur spécifique. On voit, par exemple, qu'on ne pourrait soutenir aujourd'hui la théorie dont nous venons de parler, sans douer en même temps le rayonnement ou l'évaporation, dans les régions intertropicales, de la faculté d'abaisser la température de la mer, au moins de 26°,8 diminué de 2°,5 ou de 24°,3, ce qui paraîtra à tous les physiciens un résultat inadmissible.

Nous voilà ramenés, par la puissance des chiffres, à la conclusion que les phénomènes thermométriques de la Méditerranée nous avaient imposée dans une autre circonstance; nous voilà encore forcés d'admettre l'existence de courants sous-marins qui transportent jusqu'à l'équateur les eaux inférieures des mers glaciales.

Mais dans les mers glaciales, il ne manque pas de régions, du moins à en juger par des expériences faites entre le Groënland, le Spitzberg et l'Islande, où la température du fond surpasse les 2°,5 que les obser-

vateurs de la *Vénus* ont trouvés au fond des mers tempérées. Qui ne voit déjà que de semblables comparaisons, quand elles seront suffisamment multipliées, donneront des indications utiles sur une chose qui semblait devoir nous rester à jamais inconnue : la direction des courants dont tout le mouvement s'opère dans les plus grandes profondeurs de l'Océan?

Voici les principales températures sous-marines déterminées pendant le voyage de la *Vénus :*

DATES.	LATITUDE.	LONGITUDE.	PARAGES.	PROFOND. en brasses.	TEMPÉRAT. à cette profondeur.	TEMPÉRAT. à la surface.
1837.						
26 février.	38°12'S.	56° 0'O.	Océan Atlantique par le travers de la Plata . . .	570	3°0	16°8
5 mars.	45.38 S.	63.30 O.	Océan Atlantique au nord des îles Malouines . . .	70	5,2	14,0
				40	5,8	14,0
				30	9,0	14,2
				70	5,2	14,8
16 avril.	45.47 S.	81.26 O.	Océan Pacifique par le travers de Chiloe.	500	4,1	13,2
				1100	2,3	13,0
24 avril.	33.26 S.	74.23 O.	Océan Pacifique près de Valparaiso.	160	9,5	12,6
22 mai.	13.50 S.	79. 1 O.	Océan Pacifique près de Pisco.	130	13,0	18,3
25 mai.	12.39 S.	79.27 O.	*Id.* *Id.*	128	15,2	19,9
9 juillet.	21. 6 N.	158.19 O.	Océan Pacifique près des îles Sandwich.	100	13,0	25,0
13 août.	41.42 N.	160.22 E.	Océan Pacifique.	170	5,1	12,0
18 septembre.	51.34 N.	159.21 E.	Océan Pacifique au sud des îles Aleutiennes. . . .	1080	2,5	11,7
1838.						
30 septembre.	26.53 S.	176.51 O.	Océan Pacifique au nord des îles Kermadec.	1000	5,6	19,3
7 octobre.	32.51 S.	174.22 E.	Océan Pacifique au nord de la Nouvelle-Zélande. .	880	5,4	16,5
14 novembre.	34.37 S.	168.41 E	*Id.* *Id.*	550	6,0	17,0
19 novembre.	34.34 S.	158.42 E.	Entre le port Jackson et la Nouvelle-Zélande. . . .	630	4,9	18,3
1839.						
17 janvier.	43. 2 S.	129.34 E.	Au sud de la Nouvelle-Hollande.	1100	5,1	13,0
23 janvier.	39. 4 S.	121. 2 E.	*Id.*	350	8,6	16,0
27 janvier.	36.36 S.	116. 8 E.	*Id.* près du port du Roi-George.	990	2,8	17,9
1 février.	37.42 S.	112.38 E.	*Id.* au sud du cap Leewin	990	3,0	16,7
11 février.	27.47 S.	98. 0 E.	Mer des Indes, à l'est de la baie des Chiens-Marins.	990	2,8	23,8
23 mars.	31.33 S.	31.10 E.	Canal de Mozambique.	900	4,2	24,0
26 avril.	29.33 S.	8.34 E.	Océan Atlantique, près du cap de Bonne-Espérance. .	1150	5,1	19,0
29 avril.	26.36 S.	5.12 E.	*Id.* *Id.*	1000	3,6	20,0
1 mai.	25.10 S.	5.59 E.	*Id.* *Id.*	1000	3,0	19,6
8 mai.	15.54 S.	8. 3 O.	*Id.* près de Sainte-Hélène.	200	12,0	23,6
24 mai.	4.23 N.	28.26 O.	*Id.* près du Pénédo de San-Pédro.	1130	3.2	27,0

Températures sur les hauts-fonds et dans les attérages.

Franklin et Jonathan Williams observèrent les premiers l'influence refroidissante que les hauts-fonds exercent ordinairement sur la température de la mer. La remarque ayant été depuis confirmée par MM. de Humboldt et John Davy, les physiciens ont cru pouvoir la généraliser. Maintenant ils tiennent pour complétement avéré que, *sans aucune exception*, l'eau est sensiblement plus froide *sur* un haut-fond qu'en pleine mer. Ils croient même que l'action des hauts-fonds se fait sentir à distance; que la marche descendante d'un thermomètre placé à la surface de l'eau, indique avec certitude le voisinage d'un de ces dangers. Le phénomène intéresse donc à un égal degré la physique et la navigation : celle-ci, à raison des indications précieuses qu'il fournirait dans des temps de brumes; la physique, en portant l'attention des observateurs sur les diverses manières dont la température des couches superficielles de l'Océan peut être troublée.

Que nous apporte la *Vénus* touchant cette question délicate ?

De l'ensemble de ses observations résulte, sous certaines restrictions, une confirmation évidente du principe actuellement admis. Quand la frégate approchait de terre, toutes circonstances restant égales, l'eau de la mer diminuait de température. Quand la frégate, partant d'un port, d'une baie, faisait voile au contraire vers la haute mer, le thermomètre présentait aussi une marche inverse : il montait.

Nous donnerons à ce Rapport une valeur durable, en transcrivant ici les différences de température qui ont été observées au nord et au midi de l'équateur, soit à l'entrée de la *Vénus* dans les ports, soit à sa sortie, et cela depuis qu'elle fit voile de Brest, le 29 décembre 1836, jusqu'au 24 juin 1839, époque de son retour. Ces nombres montreront dans quelles limites il est permis d'admettre l'expression, un tant soit peu ambitieuse, de *navigation thermométrique*, proposée par *Jonathan Williams*.

« A *Brest*, l'eau de la mer marquait le même degré en rade qu'au large, et 1° de plus qu'à l'attérage ;

« A *Valparaiso*, la température du mouillage était de 4 à 5° au-dessous de la température du large ;

« Au *Callao*, la différence, dans le même sens, ne s'élevait qu'à 1°,5 ;

« A *Payta*, nos voyageurs trouvèrent jusqu'à 2° ;

« Aux *îles Galapagos*, 1° seulement ;

« A *Monterey*, 1°,5 ;

« A la baie de la Magdeleine, 1°,0 ;

« Au *Port Jackson*, 1°,5 ;

« A *False-Bay* (cap de Bonne-Espérance), les officiers de la *Vénus* observèrent, entre la baie et la haute mer, jusqu'à 4°,0 de différence. Dans ces parages le phénomène est complexe à cause du courant du banc des Agullas. »

Voici maintenant sur quels points le voisinage de la terre sembla complétement sans action sur la température des eaux :

« *Honoloulou* (Sandwich) — (très-grand fond à peu de distance de terre);

« *Tahiti;* — (côte à pic);

« *Baie d'Avatscha* (Kamtschatka);

« Baie des Iles (Nouvelle-Zélande);

« Ile Bourbon;

« Ile Sainte-Hélène »

C'est presque autant d'exceptions qu'il y a de confirmations de la règle.

Laissons maintenant de côté les attérages et venons à un fait plus simple, à l'influence d'un banc, d'un haut-fond proprement dit.

Cette influence n'a pas toute la généralité qu'on s'est plu à lui attribuer. Les journaux de la *Vénus* en fournissent la preuve la plus convaincante. Un événement fortuit dont nous dirons un mot, s'y présente, en effet, avec tous les caractères d'exactitude d'une expérience préparée de longuemain.

Le 14 août 1838, la frégate approchait de l'archipel des Marquises. La vigie, à moitié aveuglée par la réverbération des rayons du soleil couchant sur la surface de la mer, aperçut beaucoup trop tard un large banc situé près de ces îles. La *Vénus* ne put pas changer de route assez vite; elle franchit les accores du banc et ne se trouva bientôt que par 6 à 8 brasses de profondeur, tandis que peu d'heures auparavant, 200 brasses de ligne n'atteignaient pas le fond de la mer. Eh bien! cet énorme changement de brassiage, n'amena aucune différence dans la température de l'eau. Les chiffres ici parlent d'eux-mêmes :

HEURES.	TEMPÉRATURE de la mer.	PROFONDEUR en brasses.	HEURES.	TEMPÉRATURE de la mer.	PROFONDEUR en brasses.
Midi.	26°6	Plus de 200	1	26°5	»
1	26,7	»	2	26,3	»
2	26,7	»	3	26,2	»
3	26,8	»	4	26,2	»
4	26,8	Plus de 200	5	26,3	»
5	26,7	»	6	26,3	»
6	26,5	6 et 8	7	26,5	»
7	26,5	»	8	26,5	»
8	26,5	Plus de 200	9	26,5	»
9	26,5	»	10	26,6	»
10	26,5	»	11	26,6	»
11	26,5	»	Midi.	26,7	Plus de 200
Minuit.	26,5	»			

Ces quelques chiffres sont la condamnation définitive des théories d'où résulte la conséquence que l'eau *doit toujours* être plus froide sur un banc qu'en pleine mer. Ils ne laissent de place qu'aux explications plus modestes : à celles qui prétendent seulement établir qu'un refroidissement est la conséquence *ordinaire* du voisinage d'un banc, mais que certaines causes peuvent masquer ce premier effet.

Température des sources.

On sait bien aujourd'hui qu'il ne faut pas prendre aveuglément la température d'une source pour la température moyenne de la localité où elle perce la surface de la terre, où elle vient au jour. Si la source a son origine à de grandes profondeurs, elle est inévitablement thermale. Plaçons, au contraire, cette origine vers la sommité de quelque montagne voisine, et nous verrons probablement sourdre l'eau à un degré du

thermomètre peu élevé. Toutefois, on se tromperait beaucoup en concluant de là que les observations des températures des fontaines, des puits, n'ont plus aucune valeur en météorologie. Ces observations, convenablement rapprochées des circonstances géographiques et géologiques qui peuvent exercer de l'influence, convenablement discutées, enfin, doivent contribuer au progrès des sciences. Les observations de ce genre que les officiers de la *Vénus* ont faites, sont certainement une excellente acquisition.

Parmi ces observations, nous remarquons :

A Rio-Janeiro (latitude 22° 54′ S.),

« Celle d'un puits, dans l'île de Villegagnon, à 4 mètres de profondeur avec $\frac{1}{5}$ de mètre d'eau ; le 5 février 1837, vers 8 heures du matin, on trouva..... 23°,0 centigr. ;

« La température d'une source assez abondante et bien abritée, près du village de Saint-Domingue, le 14 février, vers 8 heures du matin, était..... 23°,2 ;

« La température de l'eau de l'aqueduc de Sainte-Thérèse, un peu au-dessous du couvent de ce nom, le 15 février, était..... 23°,5.

Tous ces nombres seraient bien faibles, si l'on jugeait de la température de Rio-Janeiro, par celle de la Havane, que Ferrer a fixée à + 25°,6.

Callao de Lima (latitude 12° 3 S.).

La différence, toujours dans le même sens, entre la température moyenne de l'air et la température des

sources, serait bien plus tranchée encore au Callao de Lima, si le climat dépendait exclusivement de la latitude.

« Le 16 mai 1838, nos voyageurs trouvèrent que deux sources assez abondantes, sortant de terre à mi-falaise entre le Callao et Moro-Solar, marquaient l'une et l'autre. . . . . + 21,8, là où l'on aurait dû s'attendre à trouver environ 26°.

Papeiti (Tahiti. Latit. 17°32′ S.).

« Source très-forte, sortant de la colline au sud de la ville, le 11 septembre 1838, à midi. . . . . +24°,8.
à 6h du soir. +24°,8.

Payta (latit. 5°7′ S.).

« La température de la terre, dans une case, à $\frac{2}{3}$ de mètre de profondeur, par une moyenne de dix observations faites de 3h en 3h, était, les 15 et 16 juin 1838, de. . . . . + 25°2.

Si l'on rapproche ces diverses observations de celles que le capitaine Tuckey fit en 1816, et qui lui donnèrent pour la température d'une source située sur le bord du Zaïre, à 5° de latitude sud, + 22°,8 seulement; si l'on se rappelle, en outre, que + 27°5 sont généralement considérés comme la température moyenne des régions équatoriales, on restera de plus en plus convaincu que dans ces régions, il y a une cause particulière qui maintient les sources un peu au-dessous de la température moyenne du lieu.

Iles Sandwich (latitude, 21°18′ N.).

« A la capitale de Wahou, à Honoloulou, la tempé-

rature de l'eau du puits de la Mission catholique était, le 13 juillet, vers 6[h] du soir..... + 24°,3.

A Valparaiso (latitude, 33°2 S.).

« Source assez abondante, dans une *quebrada*, près du vieux port San-Antonio, le 28 mars 1838, vers 1[h] du soir..... ..... + 16°,6.

« Autre nappe provenant de diverses sources, le 5 mars 1837, à 3[h] du soir..... + 17°,1.

« L'eau de l'aiguade, à l'Almandral, le 4 mai 1837, vers 1[h] du soir..... + 17°,0.

Monterey (latitude, 36°36 N.).

« Faible source, près de la pointe Pinos, le 4 novembre 1837..... + 16°,2.

Idem, au sud de la ville, le 6 novembre 1837..... + 16°,0.

San-Francisco (latitude, 37°56 N.).

« Source très-faible, près du rivage, le 31 octobre 1837..... + 17°,1.

Idem, plus élevée..... + 16°,3.

Idem, *Idem*..... + 16°,3.

Les observations de Monterey et de San-Francisco, comparées à celles de Valparaiso, ne paraissent certainement pas indiquer que, par des latitudes modérées, sur la côte orientale de l'Amérique, la température des régions situées au nord de l'équateur surpasse celle des régions situées au midi. Ces mêmes observations, rapprochées de celles des Etats-Unis,

sont une nouvelle preuve de l'extrême dissemblance qu'il y a, sous le rapport du climat, entre la côte orientale et la côte occidentale de l'Amérique du nord.

MÉTÉOROLOGIE OPTIQUE.

La campagne de la *Vénus* n'a pas été favorisée par le hasard, sous le point de vue des phénomènes de lumière atmosphérique qui sont aujourd'hui rangés dans la météorologie. Pendant les trente mois qu'a duré le voyage, de nombreux observateurs, dont plusieurs étaient constamment en station sur le pont de la frégate, n'ont vu que :

« *Trois aurores polaires :* deux boréales et une australe ;

« Aucun halo ne s'est offert à eux sous une forme elliptique ;

« Aucun arc-en-ciel n'a paru s'écarter des règles communes ;

« Aucune particularité saillante n'a distingué les apparitions de la lumière zodiacale de celles que d'autres voyageurs avaient anciennement décrites ;

« Aucune averse extraordinaire d'étoiles filantes n'a eu lieu, même aux époques qui depuis quelques années ont été recommandées à l'attention du public, etc., etc. »

On aurait tort néanmoins de conclure de là que désormais ces questions ne devront plus figurer dans les instructions remises aux navigateurs.

Il est certain que les halos *semblent* quelquefois elliptiques. Si *des mesures* montrent que c'est une pure illusion, tout sera dit. Supposons, au contraire, que l'ellipticité soit réelle : alors il faudra étudier l'influence de la température des prismes flottants de glace sur lesquels le halo paraît se former; il faudra rechercher si les parties supérieures et inférieures de la courbe étant engendrées par des prismes diversement élevés dans l'atmosphère, par des prismes qui dès-lors doivent avoir des températures dissemblables, la différence de réfraction de ces prismes peut expliquer l'inégalité observée des diamètres du halo. En cas d'insuffisance de cette cause, on étudiera les effets de la couche d'humidité, probablement prismatique, dont se couvrent sans doute en descendant à travers l'atmosphère, les glaçons, prismatiques eux-mêmes, dans lesquels, depuis Mariotte et depuis des observations de polarisation récentes, il semble en tout cas difficile de ne pas voir la cause générale du phénomène. Ajoutons que des mesures exactes de halos, fussent-ils circulaires, que ces mesures faites spécialement entre les tropiques, seront toujours une donnée météorologique importante.

La série d'arcs secondaires, principalement rouges et verts, dont le premier arc-en-ciel est bordé intérieurement, paraît avoir pour cause, d'après la théorie et d'après l'expérience, des gouttes d'eau sphériques de très-petites dimensions. Si dans quelques régions du globe les arcs secondaires manquent toujours, il faudra en conclure que, toujours aussi, la pluie s'y

détache des nuages à un état de grosseur inusité, assignable d'ailleurs par le calcul.

Tel paraît être le cas dans les régions équatoriales; car les registres manuscrits que M. d'Abbadie, en partant pour l'Abyssinie, a déposés dans les mains d'un de nous, renferment ce passage :

« *Olinde* (Brésil), le 8 mars. Peu de temps après le « lever du soleil, j'ai observé un *bel arc-en-ciel* par « une pluie d'une extrême finesse. Je n'y ai point « aperçu d'arcs supplémentaires, pas plus que dans « cinq autres arcs-en-ciel que j'ai vu dans les régions « équinoxiales.—9 *mars*, 7 heures et demie du matin. « Bel arc-en-ciel. Absence complète d'arcs supplé- « mentaires. »

Les observations faites pendant la campagne de la *Vénus*, confirment, plutôt qu'elles ne contredisent, les remarques de M. d'Abbadie. Toutefois, comme il s'agit ici d'un phénomène peu apparent et dont les couleurs, pour qui n'est pas bien averti, semblent se confondre avec celles du premier arc-en-ciel ordinaire, il est prudent d'en appeler à un plus ample informé. Il nous semble qu'on hâterait beaucoup la solution de ce curieux problème de météorologie optique, en publiant une *figure coloriée* de l'arc-en-ciel principal et des couleurs périodiques qui le bordent intérieurement. Nous prendrons la liberté de rappeler cette remarque à l'Académie, si jamais elle se décide à réunir, en un seul volume les instructions éparses, qu'elle a données à diverses époques.

La lumière zodiacale a été observée pendant la campagne de la *Vénus :*

« Le 7 janvier 1837, de 7 à 8^{h} du soir (latit. 31°43′ N., longit. 17°22′ O.).

Son sommet ne paraissait s'éloigner du soleil que de 70°.

« Le 11 mai 1838, à 7 du soir (latit. 12°4′ S., longit. 79°33′ O.). Elle était très-belle, très-apparente.

La distance de sa pointe au soleil était de 110°.

« Le 14 et le 15 septembre 1838, le soir (latit. 17°32′ S., longit. 151°54′ O.). La lumière se voyait bien.

Sa distance au soleil était de 63°.

« Le 7 et le 8 octobre, 8^{h} du soir (latit. 33° S., longit. 174° E.). Le ciel et l'horizon d'*une pureté extraordinaire*.

La distance de la pointe du phénomène au soleil n'est que de 57°. »

On voit que la moindre longueur a correspondu au *ciel d'une pureté extraordinaire*. N'est-ce pas une confirmation de cette assertion de Cassini, peu admise jusqu'ici à cause des éternels changements des atmosphères d'Europe, qu'en peu de jours la longueur du phénomène peut varier de 69 à 100° ?

COURANTS.

Un voyage pendant lequel on a pu si souvent comparer la position de la frégate, déduite d'observations astronomiques, à celle qui lui était assignée par l'*estime*, donnera, sur la direction et sur la vitesse des

courants, une multitude de résultats précieux ; mais ce n'est pas seulement de cette manière que la *Vénus* aura contribué à l'avancement d'une branche de l'art nautique dont l'imperfection saute aux yeux de tout le monde, même quand on la considère comme une simple collection de faits, et qui, d'autre part, n'offre presque rien de bien établi sous le point de vue théorique. Des observations de la température de la mer, faites d'heure en heure, de jour comme de nuit, pendant trente mois consécutifs, ne manqueront pas de nous éclairer sur le cours de plusieurs de ces mystérieuses rivières d'eau chaude et d'eau froide qui sillonnent la surface des mers.

Par exemple, il a été souvent question dans cette enceinte, de l'immense courant d'eau froide qui, venant de l'océan Antarctique, rencontre la côte occidentale de l'Amérique vers le parallèle de Chiloë, remonte ensuite le long des côtes du Chili et du Pérou, avec l'empreinte tellement manifeste d'une basse température empruntée aux régions polaires, que dans le port de *Lima* (au *Callao*), les Espagnols, peu de temps après la conquête de l'Amérique, reconnurent déjà que pour rafraîchir leurs boissons, il fallait les plonger dans l'eau de la mer.

Les limites de ce courant n'ont pas encore été tracées avec toute la précision désirable. Sur certaines cartes, nous les trouvons notablement au nord de l'équateur ; sur d'autres, elles restent tout entières dans l'hémisphère austral ; il en est, enfin, qui font de l'équateur lui-même la limite où les eaux froides s'arrêtent.

Ces doutes nous semblent devoir être dissipés à l'aide des nombreuses observations de tout genre que la *Vénus* a recueillies : notamment en 1837, dans les traversées successives de Chiloë à Valparaiso, de Valparaiso à Lima, de Lima aux îles Sandwich ; en 1838, dans les voyages d'Acapulco à Valparaiso ; de Valparaiso au Callao, suivant une route différente de celle que la frégate parcourut l'année précédente ; enfin, dans la traversée du Callao à Payta et, surtout, pendant l'exploration des Galapagos. Déjà, en jetant un simple coup d'œil sur les registres de l'expédition, nous apercevons le 15 juillet 1838, une observation de la température de la mer, faite *sous l'équateur méme* et par 94° de longitude occidentale, qui donne seulement 23°,0 centigrades, lorsque, sans la présence du fleuve d'eau froide, on aurait certainement trouvé 4° de plus. Le 16 et le 17 du même mois, cette température s'était encore abaissée : l'eau ne marquait que 22°,4 et 22°,8 ; mais le 17, la *Vénus* naviguait par $1°\frac{1}{2}$ de latitude sud.

La traversée, de 1837, de Lima aux îles Sandwich s'opéra, à fort peu près, pendant les quinze premiers jours, dans la direction d'un parallèle de latitude. En suivant de l'œil les températures sur les tableaux numériques, on les voit croître avec une grande régularité. Ce voyage donnera donc la largeur exacte du courant, en tant du moins qu'on voudra le définir par l'anomalie de sa température.

Un courant d'eau froide ne semble pas pouvoir être, dans les mers tempérées, un courant superficiel.

Si l'eau froide n'existait qu'à la surface, elle se serait bientôt précipitée vers le fond en vertu de son excès de pesanteur spécifique.

Ce raisonnement est d'une évidence incontestable. Toutefois, oserons-nous l'avouer, nous avons interrogé l'expérience pour nous assurer que les choses se passent réellement ainsi dans l'immense courant froid qui longe les côtes du Chili et du Pérou. L'expérience, au reste, ne nous a pas fait défaut.

Le 16 avril 1837, vers le sud-ouest de Chiloë, le temps étant parfaitement calme et la frégate sans aucune voile, on fila dans la mer une ligne de sonde de 1100 brasses de long, portant à son extrémité le plomb *suivé* ordinaire et le cylindre en cuivre du thermométrographe.

La ligne de sonde parut parfaitement verticale.

Cependant, la frégate était alors entraînée du sud au nord, avec toute la vitesse du courant superficiel au milieu duquel elle flottait. Si la ligne de sonde, si le plomb, si l'étui en cuivre du thermométrographe n'avaient pas rencontré, eux aussi, dans leur trajet et à 1100 brasses de profondeur, des couches d'eau se mouvant du sud au nord, et se mouvant ni plus ni moins à l'égal de la surface de la mer, ils auraient dans un cas devancé la *Vénus ;* dans l'autre, le plomb et l'étui seraient restés en arrière : les deux hypothèses eussent également rendu la corde inclinée.

Le courant chilien ne doit donc plus être considéré comme une simple rivière superficielle d'eau froide. Il est produit par une section considérable des

mers polaires, marchant majestueusement du sud au nord. La masse liquide qui s'avance ainsi à la rencontre de la ligne équinoxiale, n'a pas moins de 1780 mètres de profondeur.

Ce beau résultat ne doit pas étonner. Plus on étudie de près les phénomènes naturels, plus ils acquièrent d'importance et de grandeur.

En examinant avec attention, dans le tableau de la page 25, la sonde thermométrique faite le 23 mars 1839, à l'ouvert du canal de Mozambique, peut-être trouvera-t-on que la température observée à 900 brasses entraîne la conséquence que le *courant chaud* de ces régions est aussi un courant de masse.

Il nous a paru curieux d'examiner comment, à diverses distances des régions antarctiques, se distribue la température dans l'immense masse liquide froide dont nous venons d'étudier la marche. Nous avons eu la satisfaction de trouver dans les registres de la *Vénus*, deux séries d'observations qui, fortuitement, se prêtaient assez bien à cette recherche.

Pendant la première, faite en plein courant, au sud-ouest de Chiloë, le thermométrographe donna :

A la surface de la mer.	+ 13°,0 ;
A 500 brasses.	+ 4°,1 ;
A 1100 brasses (sans fond). .	+ 2°,3.

Plus tard, près de Pisco, *au sud* de Lima, dans une région où, sans le moindre doute, le même courant existe aussi,

La mer, à la surface était à. .	+ 19°,1 ;
A 130 brasses on trouva. . . .	+ 13°,1.

Ainsi, dans le trajet entre Chiloë et Pisco, l'eau de la surface s'étant échauffée de 6°,1, celle de 130 brasses, comme on peut le déduire d'une partie proportionnelle, n'avait gagné que 2°,4.

Au reste, plus cette augmentation dans la température de l'eau profonde serait petite, et plus on en donnerait aisément l'explication.

On ne connaissait jusqu'ici dans la vaste étendue des mers, que trois *grands* courants à températures anomales, savoir :

« Le courant froid que nous venons d'étudier, mais dont une branche, après s'être repliée vers l'île de Chiloë, longe la côte de l'Amérique en marchant du nord au sud, et double le cap Horn avec une température qui là est *relativement,* chaude ;

« Le *Gulph-Stream,* si bien connu de tous les navigateurs ;

« Enfin, le courant chaud qui longe le banc des Agullas, près du cap de Bonne-Espérance. »

La *Vénus* n'aurait-elle pas découvert un quatrième de ces courants, à température chaude, dans le sud-sud-est de la terre de *Van-Diémen ?* Il est certain, d'après les observations suivantes, qu'entre le 6 et le 9 janvier 1839 ; que particulièrement le 7 et le 8, la frégate traversa une rivière chaude. Cette rivière a-t-elle la permanence des trois courants que nous avons déjà cités ? Ce sera aux navigateurs futurs à le décider.

JANVIER 1839.

HEURES.	Le 6. Midi. { Lat. 45°56' S. Long. 146.30 E	Le 7. Midi. { Lat. 45°16' S. Long 146. 0 E.	Le 9. Midi. { Lat. 44°30' S. Long 144.19 E.	Le 9. Midi. { Lat. 46°3' S Long. 145.16 E
Midi.	10°3	10°1	12°0	11°3
1	11,0	11,5	12,4	10,9
2	11,0	12,0	12;7	11,3
3	11,0	12,6	13,0	10,0
4	10,7	13,5	13,3	9,8
5	10,6	14,0	13,2	9,8
6	10,5	14,0	13,0	9,5
7	10,5	14,0	13,0	9,6
8	10,5	14,0	13,0	9,6
9	10,2	14,0	13,0	9,6
10	10,2	13,8	12,8	9,5
11	10,0	13,8	12,8	9,5
Minuit.	9,8	13,7	12,5	9,5
1	9,6	13,7	12,0	9,8
2	9,5	13,8	11,8	9,8
3	9,3	13,7	11,5	9,8
4	9,3	13,5	11,3	10,0
5	9,5	13,2	11,5	10,2
6	9,8	13,0	11,7	10,2
7	10,0	12,8	11,9	10,2
8	10,8	12,8	12,2	10,5
9	10,0	12,5	12,0	10,2
10	10,0	12,2	11,7	9,9
11	10,0	12,0	11,5	9,9
Midi.	10,2	12,0	11,3	10,0

Observations détachées.

Hauteur des nuages.

On sait très-peu de choses sur la hauteur *ordinaire* des nuages qui se forment au sein des atmosphères continentales et loin des montagnes; on ne sait vraiment rien sur la hauteur moyenne des nuages répandus dans les atmosphères océaniques. Les détermina-

tions de ces dernières hauteurs, faites pendant la campagne de la *Vénus*, seront donc reçues avec satisfation par tous les physiciens.

Deux méthodes ont été employées. Dans la première, l'observateur placé à la plus grande hauteur possible sur le mât de la frégate, attendait qu'un petit nuage isolé ou un bord de nuage vînt à passer dans le vertical du soleil. A cet instant il déterminait, à l'aide d'un instrument à réflexion, la dépression au-dessous de l'horizon rationnel, de l'ombre portée par le nuage sur la mer, la hauteur angulaire du nuage, la hauteur angulaire du soleil. Le reste était du ressort du calcul.

En effet, dans le triangle rectangle formé, 1°, par la ligne verticale abaissée de l'œil de l'observateur jusqu'à la surface de l'Océan; 2°, par la ligne visuelle dirigée sur l'ombre du nuage; 3°, par la ligne horizontale comprise entre cette même ombre et le pied de la verticale; dans ce triangle, disons-nous, on connaît le côté vertical et deux angles; la plus simple des formules trigonométriques sert à en déduire l'hypoténuse, c'est-à-dire la distance rectiligne de l'ombre du nuage à l'observateur.

Considérant alors un second triangle : celui dont les trois angles sont occupés par l'observateur, le nuage et son ombre, chacun verra immédiatement que l'on connaît un des côtés et deux angles. La distance rectiligne du nuage à son ombre s'en déduira trigonométriquement. La ligne droite sur laquelle cette distance se mesure, rencontre la surface horizontale des eaux sous une inclinaison presque mathématique-

ment égale à la hauteur angulaire qu'avait le soleil au moment de l'observation ; elle est d'ailleurs l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont l'angle droit se trouve au pied de la perpendiculaire, abaissée du nuage sur la mer. Dans ce triangle, on connaît ainsi un côté et deux angles. Le côté vertical de l'angle droit peut donc être calculé ; or ce côté est précisément la hauteur cherchée du nuage.

La seconde méthode est plus connue. Elle exige l'observation du moment où le soleil se couche ; l'observation du moment où l'astre cesse d'éclairer directement le nuage, ce qui est facile à cause du changement assez subit d'éclat qui se manifeste alors ; il faut, enfin, pour ce dernier moment, l'observation de la hauteur angulaire et de l'azimut du nuage.

Cette seconde méthode est moins souvent applicable que la première, surtout en dehors des tropiques où un horizon trouble et embrumé empêche presque toujours d'observer le véritable coucher du soleil. Elles doivent cependant l'une et l'autre fixer l'attention des voyageurs, et, pour exciter davantage à les employer, nous consignerons ici le résultat moyen qu'elles ont donné aux officiers de la *Vénus*, relativement aux nuages qui se forment dans la région des alizés et qui obéissent à l'impulsion de ces vents.

Ce résultat, tant dans l'océan Atlantique qu'au milieu de la mer du Sud, se trouva toujours compris entre 900 et 1400 mètres. La limite extrême de 1400 mètres fut trouvée, le 20 février 1838, par 13°0′ de latitude australe et 109°3′ de longitude occidentale.

Profondeur de l'Océan.

La détermination des plus grandes profondeurs de l'Océan n'a pas moins d'intérêt et d'importance que celle de la plus grande hauteur des montagnes terrestres. Les physiciens recueilleront donc précieusement les résultats de deux belles opérations exécutées pendant le voyage de la *Vénus*, l'une aux environs du *cap Horn*, l'autre près de la ligne dans l'*océan Pacifique*.

Le 5 avril 1837, par 57° 0′ de latitude australe et 85°7′ de longitude occidentale, à 185 lieues marines dans l'ouest 8° sud du *cap Horn*, à 140 lieues des terres les plus voisines, par un calme plat et un très-beau temps, on commença, à 9^{h} du matin, à filer des lignes portant à leur extrémité : 1° le plomb ordinaire des lignes de sonde; 2° un thermométrographe de M. Bunten, enfermé dans un étui cylindrique en laiton, de 33^{milli},4 de diamètre intérieur et de 15^{milli},6 d'épaisseur. A 9^{h}53^{m} on avait filé 24 lignes, faisant en tout 2500 brasses. Réduisant cette longueur à la verticale, à raison de 15° d'inclinaison moyenne déterminée sur la partie visible de la ligne, et dans la supposition d'une direction rectiligne, on trouve que le plomb était descendu à 2411 brasses, c'est-à-dire à un peu plus de 4000 mètres.

Lorsque, après un halage exécuté par soixante matelots et qui dura plus de deux heures, le plomb fut revenu à la surface, on reconnut qu'il n'avait pas touché le fond.

La mer, dans les parages en question, a donc une profondeur de plus de 4000 mètres.

La seconde opération est du 27 juin 1837. Elle correspond à un point de l'océan Pacifique situé par 4° 32′ de latitude boréale, et par 136° 56′ de longitude occidentale. Il est à 230 lieues marines au sud des îles *Bunker*. En ce point, un sondage fait avec les mêmes précautions, dans des circonstances très-favorables, c'est-à-dire par un calme plat, a donné plus de 3790 mètres pour la profondeur de l'Océan.

Ces sondes nautiques, les plus remarquables peut-être qui eussent jamais été faites, autorisent à croire que si la mer venait à se dessécher, on verrait dans son lit de vastes régions, de grandes vallées, d'immenses gouffres, tout autant abaissés au-dessous de la surface générale des continents, que les principales sommités des Alpes se trouvent placées au-dessus.

Plus grande hauteur des vagues.

Naguère, on ne savait rien de précis sur la plus grande hauteur des vagues que les tempêtes soulèvent dans l'Océan. Les Instructions de la *Bonite* tournèrent l'attention de ce côté, en même temps qu'elles signalèrent des moyens de mesure d'une exactitude très-suffisante. Depuis ce moment, il n'est plus question des vagues, vraiment prodigieuses, dont l'imagination ardente de certains navigateurs se plaisait à couvrir les mers ; la vérité a remplacé le roman : de prétendues

hauteurs de 33 mètres ont été réduites aux proportions modestes de 6 à 8 mètres.

La plus haute lame qui ait assailli la *Vénus* pendant sa longue campagne, avait 7^m 5 d'élévation, entre le creux et le sommet. Encore a-t-on consenti a donner le nom de lame au rejaillissement résultant du choc de deux vagues distinctes venant l'une sur l'autre obliquement. Les lames proprement dites n'atteignaient pas la hauteur de 7 mètres, même dans les parages du cap Horn, où elles ont, suivant tous les navigateurs, des dimensions inusitées.

C'est dans le sud de la Nouvelle-Hollande que la *Vénus* rencontra les lames, non les plus hautes, mais les plus longues. Ces plus longues lames avaient, d'après l'estime, *trois fois* les dimensions longitudinales de la frégate, ou environ 150 mètres.

Nous eussions aimé pouvoir joindre à ces intéressants résultats quelques mesures de la vitesse de propagation des vagues. Mais à bord de la *Vénus* on ne s'était pas préparé à ce genre d'observations. L'Académie consentira certainement à les comprendre dans le programme des futures expéditions.

Pluie par un ciel serein.

Les Instructions de la *Bonite* mentionnaient, d'après l'autorité de M. de Humboldt et d'après celle de M. le capitaine Beechey, un fait très-remarquable : nous voulons dire des *pluies qui tombent par des temps parfaitement sereins*. Des observations de Genève sont

venues montrer que de semblables pluies ont quelquefois lieu très-loin des tropiques. Malgré ce nouveau témoignage, malgré la cause plausible qui a été donnée du phénomène, malgré l'explication simple à laquelle il conduit, de diverses apparences optiques, des physiciens éminents croient pouvoir le révoquer en doute. Leur scepticisme se trouvera peut-être fortifié par une circonstance que nous ne dissimulerons pas : c'est que pendant un assez long séjour aux Galapagos, dans la région même où M. le capitaine Beechey remarqua, la première fois, la pluie anomale, les officiers de la *Vénus* n'ont jamais rien vu de pareil, quoique les avertissements de l'Académie eussent fortement excité leur attention. Il ne sera donc pas inutile de joindre aux témoignages déjà cités, celui qu'un de nous a recueilli dans l'ouvrage d'un ancien académicien : dans le *Voyage de Le Gentil*. A la page 635 du tome II de cet ouvrage, on lit :

« Dans la saison des vents du sud-est, on voit sou-
« vent (à l'île de France), surtout le soir, tomber une
« pluie fine, *quoiqu'il fasse, en apparence, le plus*
« *beau temps du monde, et que les étoiles paraissent*
« *brillantes.* »

Il est bien entendu que nous ne prétendons pas, quant à la cause, assimiler entièrement la *pluie fine* de l'île de France, aux pluies à *très-larges gouttes* citées par MM. de Humboldt et Beechey. Tout ce dont il s'agissait ici, c'était de prouver qu'il pleut quelquefois par un ciel serein, afin que l'insuccès des officiers de la *Vénus* ne détournât pas d'autres voyageurs de s'assurer

du fait. Quand les phénomènes sont peu apparents, il faut être prévenu et les chercher, pour les voir et surtout pour les bien observer.

Phosphorescence de la mer.

Nous extrayons le passage qu'on va lire sur la phosphorescence de la mer, du journal particulier de M. l'ingénieur-hydrographe de la *Vénus :*

« Dans False-Bay, au cap de Bonne-Espérance, nous « avons eu un exemple bien remarquable de phospho- « rescence de la mer. Le phénomène était dû à une « quantité innombrable de corpuscules sphériques, « transparents, fermes, laissant voir chacun, à la loupe, « un point noir entouré de stries également noires. « Quand on les remuait avec la main, on sentait un léger « craquement comme lorsqu'on presse de la neige. Il « y en avait tant, que l'eau était devenue comme si- « rupeuse. Un seau d'eau filtrée a laissé sur le linge, « *la moitié* de son volume de ces petits corps; l'eau « filtrée avait perdu la propriété de devenir phospho- « rescente par l'agitation, tandis que la matière laissée « sur le filtre la possédait au plus haut degré.

« Cette matière, étant restée quatorze heures dans « une cuvette, se décomposa, répandit une odeur « épouvantable de poisson pourri, et n'était plus alors « phosphorescente.

« L'éclat de la lumière était si grand, quand la mer « se brisait à la plage, que j'essayai de lire à cette « lueur, et j'y aurais probablement réussi, si les éclats

« de lumière eussent été de plus longue durée, malgré « les cinquante pas qui me séparaient de la plage. »

Couleur de la mer.

Les navigateurs ont depuis longtemps remarqué la couleur olivâtre de l'Océan *aux attérages du Callao*, sur la côte du Pérou. Il restera aux observateurs de la *Vénus* d'avoir constaté que dans ces parages l'eau n'est pas pure, qu'elle tient en suspension une matière impalpable, verdâtre, semblable à celle qui tapisse le fond de la mer par 130 brasses de profondeur. Cette matière dans son état naturel est inodore; mais, quand on la brûle, elle répand l'odeur des matières animales en combustion. Elle laisse alors une cendre blanchâtre, qui a la plus grande analogie avec la terre végétale du plateau compris entre le Callao et Moro-Solar.

Un fait plus remarquable est le changement de couleur de la mer observé pendant la campagne de la frégate, par 21°50′ de latitude N. et 21°54′ de longitude O., à l'endroit même que Fraisier avait déjà signalé. Les officiers de la *Vénus* crurent d'abord à l'existence d'un banc, mais la sonde accusa plus de 600 brasses.

MAGNÉTISME.

Le magnétisme terrestre est devenu un monde. Il faudra des siècles d'observations pour éclaircir les cen-

taines de phénomènes qu'il embrasse déjà ; pour les mesurer avec toute la précision requise, pour découvrir les lois qui les régissent.

S'agit-il de la déviation, par rapport au méridien, de l'aiguille magnétique horizontale, de la *déclinaison ?* Elle est orientale à une époque, et occidentale à une époque différente. De là l'impérieuse nécessité de rechercher, en chaque lieu, l'amplitude de l'oscillation, le nombre d'années qu'elle emploie à s'accomplir, la rapidité ou la lenteur de la marche de l'aiguille vers les extrémités et vers le milieu de sa course.

La déclinaison est sujette à une variation diurne ? Il faut donc en déterminer la valeur pour chaque saison de l'année ; assigner exactement les heures assez dissemblables entre lesquelles s'opèrent, dans divers mois, le mouvement oriental et le mouvement inverse ; examiner comment ces éléments changent avec la latitude et la longitude ; rechercher encore si, toutes circonstances égales, les côtes orientales des continents peuvent être rigoureusement assimilées aux côtes occidentales.

Les aurores boréales troublent notablement la marche de l'aiguille de déclinaison. Des observations qui datent seulement d'un petit nombres d'années, ont prouvé que les perturbations dépendantes de cette cause se font sentir presque simultanément dans des lieux fort éloignés les uns des autres ; il reste à comparer les observations faites au nord et au midi de l'équateur ; il reste à savoir si une aurore australe troublera les boussoles situées dans notre hémisphère, et réciproquement.

L'inclinaison, *l'intensité* de la force magnétique, donnent lieu à des questions non moins nombreuses, non moins variées.

En matière de magnétisme terrestre, la *Vénus* se serait bornée, pendant sa longue campagne, à planter quelques jalons, à fixer quelques points de repère destinés à guider nos successeurs, qu'elle aurait déjà bien mérité de la science; mais ce n'est pas pour l'avenir seulement que les officiers de notre frégate ont travaillé : nous nous sommes assurés, en parcourant attentivement leurs journaux, qu'ils pourront dès aujourd'hui attaquer divers problèmes dont la solution obscure, incertaine, reposait sur des bases fragiles.

Il y a un instant, nous nous demandions, par exemple, si l'oscillation diurne de l'aiguille horizontale; si le mouvement qui, le matin, transporte la pointe nord de la boussole de l'est à l'ouest, dans notre hémisphère, et de l'ouest à l'est dans l'hémisphère opposé, se faisait partout aux mêmes époques; si les heures qui correspondent aux limites extrêmes de ces oscillations; en d'autres termes, si les heures des maxima et des minima de la déclinaison sont identiques sur toute la terre. Eh bien! nous pouvons affirmer qu'il n'en est pas ainsi : l'aiguille horizontale atteint les limites de ses excursions diurnes, à des heures différentes suivant les climats.

Il résulte d'une très-longue suite d'observations faites à Paris, que le matin, la pointe nord de l'aiguille arrive aux termes extrêmes de son mouvement oriental, de $7^h \frac{1}{2}$ à $9^h \frac{1}{2}$, suivant les saisons. Que pendant

toute l'année son mouvement occidental est largement décidé à midi; qu'il atteint ses limites entre 1^h et 2^h, et qu'à partir de là, l'aiguille rétrograde vers l'est jusqu'au lendemain matin.

Sur les journaux de la *Vénus*, nous voyons au Callao, par la moyenne de 8 jours d'observations du mois de mai, un premier temps d'arrêt de l'aiguille à $6^h \frac{3}{4}$ du matin; un autre à $10^h \frac{1}{2}$; un troisième à $3^h \frac{1}{2}$. A aucune époque de l'année, les mouvements de l'aiguille de Paris ne pourraient, sous le rapport des heures, être assimilés au mouvement de l'aiguille du Callao.

Si, entraînés par des vues théoriques d'ailleurs très-plausibles, des physiciens imaginaient encore qu'une aiguille magnétique située sur la côte orientale d'un vaste continent, ne doit pas éprouver, quant aux heures et aux amplitudes, les mêmes variations diurnes qu'une aiguille placée sur la côte occidentale, nous les renverrions aux observations que la *Vénus* nous rapporte de *Petropauloskoi*, au *Kamtschatka*. Ils trouveraient là, dans le mois de septembre, une aiguille dont la pointe nord marchait, le matin, vers l'est, jusqu'à 7 à 8 heures; qui, ensuite, rétrogradait vers l'ouest et parvenait à la limite de cette seconde oscillation, de 2 heures à 3 heures; dont, enfin, le déplacement diurne moyen s'élevait à $9 \frac{1}{2}$ minutes. Tout cela, on le sait, eût été à peu près observé, dans le mois de septembre, sur la côte occidentale de l'Europe, par la latitude du *Kamtschatka*.

On comprend difficilement comment la chaleur solaire diurne peut modifier de la même manière, précisé-

ment au même degré, les propriétés magnétiques d'un hémisphère aqueux et celles d'un hémisphère solide, terrestre; mais sur la question si complexe du magnétisme du globe, nous n'en sommes pas encore à de petites objections de théorie : pendant de longues années il faudra, sans doute, se contenter de recueillir des faits.

On a soupçonné que les tremblements de terre pouvaient agir sur la marche diurne de l'aiguille aimantée, soit en déviant irrégulièrement les parties superficielles du terrain qui supportent les pieds des instruments, soit en modifiant tout à coup les courants électriques intérieurs qui, dans une certaine théorie, seraient la cause première des divers déplacements diurnes étudiés par les physiciens.

Les observations faites à *Acapulco* ne confirment pas ces conjectures. Pendant le séjour de la *Vénus* dans ce port, il y eut sur toute la côte orientale du Mexique, de fréquents tremblements de terre, et cependant la marche diurne de l'aiguille de déclinaison n'y éprouva pas de perturbations remarquables.

Les phénomènes du magnétisme terrestre sont tellement minutieux, tellement complexes, que, pour en saisir l'ensemble, on s'est vu obligé de recourir aux représentations graphiques. Parmi les courbes magnétiques dont les mappemondes et d'autres genres de cartes sont aujourd'hui surchargées, aucune n'a excité plus d'intérêt, provoqué plus d'observations et de recherches, fait naître plus de questions, que la ligne, toujours assez voisine de l'équateur terrestre, sur tous les

points de laquelle l'aiguille d'inclinaison se maintient horizontale, et qu'on est convenu d'appeler l'*équateur magnétique*.

Cette courbe a été successivement l'objet de très-importantes recherches de Wilke, de M Hansten et de M. Morlet. Les observations si exactes de M. le capitaine Duperrey, ses persévérantes investigations ont valu à la science, pour l'année 1825, une détermination de l'équateur magnétique à laquelle il semble difficile de rien ajouter. Grâce à ce travail, on a aujourd'hui l'entière certitude que l'équateur de 1825 ne coïncide pas avec l'équateur de 1780 : on sait que ce dernier a marché graduellement et très-sensiblement de l'est à l'ouest. Reste maintenant à décider si le mouvement s'est opéré et s'opérera toujours d'une manière uniforme; si les irrégularités actuelles de figure se conserveront intactes, quand la suite des années transportera dans l'intérieur des terres la partie océanique de la courbe, et réciproquement.

De telles questions sont réservées à l'avenir. Nous pouvons cependant affirmer que les observations de la *Vénus* serviront très-utilement à les éclairer. Parmi ces observations nous voyons, en effet, pour cinq rencontres de l'équateur magnétique, des mesures de l'inclinaison faites à la mer, à l'aide d'une aiguille qui, bien qu'invariable, donnera de bons résultats, puisque ses indications, à l'époque des relâches, étaient soigneusement comparées à celles d'autres aiguilles dont les pôles se retournaient. Nous remarquons aussi que l'influence perturbatrice du bâtiment pourra être calculée.

Ajoutons encore que dans vingt-deux déterminations de l'inclinaison à terre, il en est plusieurs de fort petites et d'où l'on pourra déduire la position de divers points de l'équateur magnétique, tout aussi exactement que si l'observateur avait eu les moyens de s'établir sur la courbe même.

Il y a sur le globe de nombreuses séries de points dans lesquels la déclinaison de l'aiguille aimantée est nulle, dans lesquels l'inclinaison est nulle. En existe-t-il où l'aiguille horizontale reste complétement stationnaire, où elle ne subisse aucune variation diurne ?

Avant le voyage de l'*Uranie*, cette question n'avait pas même été posée. On croyait alors que *le sens* de la variation diurne dépendait *du sens* de la déclinaison ; on croyait, par exemple, qu'à Paris, avant 1666, quand la pointe nord de l'aiguille déviait vers l'est, elle devait éprouver, du matin au soir, un mouvement dirigé de l'*ouest* à l'*est*, un mouvement opposé à celui que nous observons aujourd'hui.

Un de nous réduisit au néant ces suppositions gratuites, dès qu'il put jeter un coup d'œil sur les observations magnétiques de M. Freycinet et de ses collaborateurs. Il lui parut, en même temps, que le globe tout entier pouvait, du point de vue des variations diurnes, être partagé en deux parties entièrement distinctes : l'une boréale, dans laquelle de 9 heures du matin à 2 heures après-midi, *la pointe nord* de l'aiguille marcherait de l'est à l'ouest ; l'autre, australe, où de 9 heures à 2 heures, *cette même pointe nord* marcherait au contraire de l'*ouest* à l'*est*. La loi de continuité voulait

impérieusement qu'en allant de la première région à la seconde, on rencontrât des lieux où l'aiguille serait immobile. Ces lieux (tous du moins) ne pouvaient pas être sur l'équateur terrestre, puisqu'à Rawack (terre des Papous), par $1' \frac{1}{2}$ seulement de latitude sud, on avait observé une variation diurne de 3 à 4 minutes. Restait à savoir si, à défaut de l'équateur terrestre, l'équateur magnétique ne serait pas la véritable ligne de séparation de cette région boréale du globe où, le matin, s'opèrent des mouvements occidentaux de l'aiguille aimantée, et de la région australe où le mouvement est inverse.

Les observations faites entre les deux équateurs pendant les voyages de la *Coquille* et de la *Bonite*, laissèrent la question un peu indécise.

Les observations de Payta, des îles Galapagos, fruit de l'expédition de la *Vénus*, ne sont pas non plus, dans leurs conséquences, exemptes de quelque équivoque ; mais elles commencent à faire poindre cette opinion, que la ligne sans variations diurnes horizontales, n'est ni l'équateur terrestre, ni l'équateur magnétique. Ainsi, de même qu'on a déjà cherché, pour les tracer sur des cartes géographiques, la forme des lignes d'égale déclinaison, d'égale inclinaison, d'égale intensité, on aura peut-être bientôt à s'occuper expérimentalement, d'une courbe *totalement distincte* des précédentes; d'une courbe le long de laquelle l'aiguille, par exception, conservera de jour et de nuit absolument la même direction; d'une courbe qui deviendra aussi l'objet de bien des recherches, de bien des voyages.

Ces exigences, ces complications incessantes ne

peuvent être une cause de découragement que pour les esprits superficiels. Les théories qui ne satisfont qu'à une, deux ou trois expériences reposent sur des fondements légers. Au contraire, quand on parvient à leur faire représenter de longues suites de phénomènes, elles acquièrent le seul caractère de certitude auquel, dans les sciences d'observation, il soit donné à l'homme d'atteindre. Pourquoi le système de l'attraction est-il aujourd'hui presque rangé parmi les vérités géométriques? C'est qu'il rend numériquement compte, non pas seulement de l'ensemble des mouvements célestes, mais encore des milliers de perturbations, grandes et petites, positives et négatives que produisent les actions mutuelles des planètes.

Conclusions.

Nous voici parvenus au terme de la tâche qui nous était imposée. Nous rappellerons donc à l'Académie (une si longue énumération de travaux a bien pu le lui faire oublier); nous rappellerons que le voyage de la *Vénus* fut entrepris dans des vues purement politiques et commerciales; qu'aucune observation de physique terrestre ou d'histoire naturelle n'était ni indiquée, ni prescrite au commandant, dans les instructions officielles émanées de l'autorité; que tout ce dont cette campagne aura enrichi la science, sera dû au zèle éclairé de M. le capitaine Du Petit-Thouars, admirablement secondé par l'état-major de la frégate. L'Académie, nous ne saurions en douter, aura vu avec satis-

faction que ce bel exemple ait été donné par l'officier distingué de l'armée navale, qui porte le nom d'un de nos anciens, d'un de nos ingénieux confrères de la section botanique. Ce nom ne doit pas être moins cher à d'autres titres, car il s'appelait aussi *Du Petit-Thouars*, le capitaine du vaisseau le *Tonnant*, l'intrépide marin qui, après avoir soutenu avec habileté, avec énergie, et malheureusement sans succès, la nécessité de combattre *Nelson* à la voile, s'embossa devant *Aboukir*, en serre-file de l'amiral; fit clouer son pavillon au mât, afin que personne autour de lui n'eût jamais la pensée de l'amener; repoussa, à portée de pistolet, l'attaque simultanée de trois vaisseaux anglais, quoiqu'il n'eût sous ses ordres que 600 hommes, quoique l'incendie et l'explosion du vaisseau l'*Orient* eussent rendu sa position extrêmement périlleuse; perdit dans cette héroïque défense une jambe, les deux bras, et ne voulant pas même abandonner à l'ennemi un corps en lambeaux, fit jurer à son équipage qu'au moment suprême il serait jeté à la mer!

Nous manquerions à notre devoir si nous ne citions pas, d'une manière toute particulière, les collaborateurs du commandant de la *Vénus* qui ont le plus habillement, le plus activement contribué aux travaux dont nous avons présenté l'énumération et essayé de faire sentir l'importance.

Au premier rang, nous trouverons M. *Dortet de Tessan*, ingénieur-hydrographe. M. de Tessan a été l'âme des nombreuses recherches de météorologie, de magnétisme et de physique terrestre, dont la *Vénus*

nous apporte les résultats. Il a pris une part personnelle à presque toutes les observations, à presque toutes les mesures. Quand les méthodes connues étaient insuffisantes, quand elles ne conduisaient pas à des solutions directes, exactes, des problèmes qu'on se proposait *à priori*, ou que des circonstances fortuites faisaient naître, M. de Tessan inventait des méthodes nouvelles.

Une si grande activité aurait étonné votre Commission, si M. de Tessan ne lui eût déjà donné comme collaborateur de M. Bérard, dans le beau travail exécuté de long de la côte septentrionale de l'Afrique, la mesure de ce qu'on peut attendre d'un savoir profond, d'un esprit inventif, d'une connaissance pratique des instruments de marine et de physique; quand ces qualités se trouvent étroitement unies au sentiment du devoir et à un zèle ardent pour le progrès des sciences.

Tous ceux qui ont été embarqués sur les navires de l'État savent à quel point le commandant en second est absorbé par des devoirs, par des services de tout genre, assurément fort utiles, mais extrêmement multipliés, mais très-fastidieux. Ce n'est pas sans raison que, dans leur langage naïf, les matelots appellent tour à tour cet officier *la ménagère* et le *grand prévôt*. Il faut donc nous hâter de dire que malgré les exigences sans nombre de sa position, le commandant en second de la *Vénus*, M. *Chiron*, a toujours trouvé le temps de présider aux observations météorologiques journalières du bord, d'en assurer la régularité et l'exactitude.

M. *Lefebvre*, enseigne pendant le voyage, aujour-

d'hui lieutenant de vaisseau, a toujours concouru aux observations scientifiques, avec une habileté, avec un zèle dignes de tous nos éloges. M. Lefebvre paraît marcher à grands pas dans une carrière où plusieurs officiers de la marine française ont trouvé une légitime illustration.

Le nom de M. *Goury*, jeune élève, se lit trop souvent en marge des journaux de la frégate, à côté des observations magnétiques, pour qu'il ne doive pas être signalé ici.

La classe des sous-officiers, non moins zélée, non moins habile, non moins méritoire à tous égards dans la marine que dans l'armée de terre, a aussi très-largement contribué aux travaux de la *Vénus*. Citons d'abord M. *A. Dubosc*, chef de timonnerie, qui a fait preuve à la fois, pendant toute la durée de la campagne, d'une ardeur infatigable et de connaissances peu communes. Le nom de ce sous-officier se retrouve à chaque page des registres qui renferment les observations du baromètre et du thermomètre, les observations de la déclinaison, de l'inclinaison et de la variation diurne de l'aiguille aimantée.

MM. *Roline* et *Leroux*, quartier-maîtres de timonnerie, figurent aussi dans toutes ces observations par une exactitude à la fois scrupuleuse, intelligente et éclairée.

N'oublions pas enfin MM. *Kersérho*, *Bertrand* et *Brisseau*. Ces jeunes gens, destinés à la carrière de capitaine du commerce, ont pris une part très-honorable à presque toutes les recherches dont nous avons présenté l'analyse.

Lorsque M. le Ministre de la Marine nous transmit le recueil des cartes levées pendant le voyage de la *Vénus*, et l'immense collection de cahiers, de registres manuscrits, où toutes les observations sont consignées, il témoigna le désir qu'une Commission en prît connaissance, et que le résultat de son examen lui fût communiqué.

Nous proposerons donc à l'Académie d'envoyer à M. le Ministre la copie du Rapport qu'elle vient d'entendre.

Nous croyons aussi qu'elle doit émettre le vœu qu'une *prompte publication* donne au monde savant les moyens de juger, d'apprécier, de discuter les observations de toute nature, que les navigateurs de la *Vénus* ont faites avec une si grande habileté, et au prix de tant de fatigues.

Ce n'est pas sans dessein, Messieurs, que les mots *prompte publication*, viennent d'être jetés dans les conclusions de la Commission. En effet, pour peu qu'on tarde à se décider, nos compatriotes perdront probablement le fruit de leurs veilles laborieuses; les découvertes que nous avons citées ou seulement fait pressentir, verront le jour sous le patronage d'une des nombreuses expéditions anglaises, américaines, etc., qui aujourd'hui sillonnent les mers dans toutes les directions. Si, enfin, elle s'abandonne encore cette fois à une sorte d'apathie qui lui est fort ordinaire et dont les fâcheux résultats pourraient cependant être énumérés par centaines, la France, il faut le dire avec franchise, se laissera enlever plu-

sieurs précieux fleurons de sa couronne scientifique.

Avouons-le, néanmoins : en demandant si vivement qu'on se hâte, nous espérons encore détourner l'administration de la Marine, d'un mode de publication dont les inconvénients sont aujourd'hui manifestes ; nous lui conseillons indirectement de renoncer à des éditions de luxe, là où le luxe serait seulement ruineux ; de proscrire à l'avenir le morcèlement indéfini des matières, les interminables livraisons de quelques pages, puisque personne ne lit les ouvrages qui paraissent ainsi ; de se prononcer, en temps et lieu, contre la répartition sur un grand nombre d'années des crédits budgétaires destinés à la publication de tel ou tel voyage formant seulement un ou deux volumes ; car, de cette manière, l'État devient souvent éditeur de théories vieillies ou d'observations inutiles ; sans compter qu'en tenant d'habiles officiers éloignés de la mer, on change, on brise leur carrière et l'on prive le pays des éminents services qu'ils n'eussent pas manqué de lui rendre.

Un coup d'œil rétrospectif sur plusieurs de nos voyages de découvertes a non-seulement confirmé la justesse de ces réflexions, mais, en outre, il nous a fait découvrir une lacune très-fâcheuse, très-nuisible aux sciences et qui probablement ne serait jamais comblée, si l'Académie, avec l'autorité dont elle jouit, ne la signalait pas à M. le Ministre de la Marine.

Le voyage de M. Freycinet avait été jusqu'ici publié en vertu d'un contrat passé jadis entre M. le Ministre de l'*Intérieur* et un libraire. Immédiatement après l'achè-

vement de la dernière livraison de la relation historique, c'est-à-dire la seule partie dont le débit fût assuré; au moment où les résultats numériques du voyage de l'*Uranie* devaient passer dans les mains des imprimeurs, le contrat a été résilié avec l'assentiment de l'autorité compétente. Que vont maintenant devenir ces manuscrits si soigneusement rédigés, que leur publication ne donnerait pas lieu au remaniement d'une seule ligne? D'immenses recueils d'observations météorologiques faites avec des soins infinis, particulièrement dans les régions équinoxiales; mille et mille mesures de la déclinaison, de l'inclinaison de l'aiguille aimantée; des variations diurnes de l'aiguille horizontale et de l'intensité du magnétisme terrestre, travail dont l'exactitude le dispute à ce que la physique du globe possède de mieux sur ce sujet difficile; des recherches de vingt années, relatives aux langues des sauvages de la mer du Sud; le volumineux vocabulaire qui en est résulté; tout cela sera-t-il donc perdu? Personne assurément ne peut le vouloir. Aussi, la Commission a-t-elle la ferme confiance que, tout en sollicitant la prompte publication du voyage de la *Vénus*, l'Académie voudra bien appeler l'attention de M. le Ministre de la Marine sur la partie inédite de la campagne de l'*Uranie*. Ce sera faire à la fois la part du présent et celle du passé; ce sera, incontestablement, rendre un double service aux sciences.

Les conclusions de cette première partie du Rapport sont adoptées par l'Académie.

PREMIÈRE PARTIE.

JOURNAL

DES

OBSERVATIONS DÉTACHÉES

ET

REMARQUES DIVERSES

FAITES DANS LE COURS DE LA CAMPAGNE DE *LA VÉNUS*.

1er janvier 1837.
Lat. 42° 40' N.
Long. 16° 49' O.

Partis de Brest le 29 décembre 1836, nous n'avons pas tardé à rencontrer au large un gros temps et une grosse mer. Et, en effet, au 1er janvier 1837, la hauteur des lames, mesurée d'après la méthode enseignée par l'illustre auteur des *Instructions scientifiques* données à *la Bonite*, a été trouvée de 6 mètres et demi.

Cette hauteur doit être regardée comme considérable; car ces lames ont produit diverses avaries à bord de *la Vénus* (grande frégate de 60 canons). C'est ainsi qu'une vergue de rechange de grand hunier, une vergue de perroquet, et diverses autres pièces de bois retenues dans les porte-haubans par des crampons en fer et de fortes amarres, ont été enlevées par la mer, malgré ces liens, qui tous furent rompus.

—Vers 9 heures du matin, nous avons reçu à bord un peu de grêle sans aucune goutte de pluie. Cependant, le même grain, après avoir dépassé le navire, ayant donné lieu à la formation d'un arc-en-ciel, il semble qu'on devrait en conclure que la pluie n'a pas tardé à succéder à la grêle. Il est possible, toutefois, que les grêlons eux-mêmes aient donné lieu à la formation de cet arc-en-ciel; car ils étaient sphériques, transparents, sans noyau neigeux, et remplissaient, par conséquent, toutes les conditions nécessaires à la production du phénomène.

Nous étions alors à 72 lieues de terre, dans l'ouest du cap Finistère des côtes d'Espagne. Le vent soufflait de l'Est 21° Sud. Ce grain n'a été accompagné ni de tonnerre ni d'éclairs.

La grêle en hiver n'est pas rare, dit-on, dans ces parages.

2 janvier 1837. Lat. 39° 15' N. Long. 18° 10' O. — Deux beaux arcs-en-ciel simples ont présenté dans leur intérieur, au-dessous du violet, une bande très-apparente d'un vert-jaune-serin, presque aussi vive que la bande violette de ces arcs-en-ciel.

Cette bande étroite, d'une teinte très-rapidement dégradée, me paraît différer beaucoup, et par sa teinte, et par sa largeur, des bandes alternativement vertes et rouges signalées à l'attention des observateurs de la *Bonite*; bandes que depuis mon retour à Paris j'ai eu l'occasion de très-bien voir. En effet, ces dernières sont plus larges, leur teinte est beaucoup plus plate, leur lumière est moins vive, leur vert est moins jaune. Et d'ailleurs la séparation des bandes vertes d'avec

les bandes rouges, est si nette et si tranchée, qu'il est impossible de voir les unes sans voir les autres en même temps. Et nous n'avons jamais aperçu de bandes rouges au-dessous de la bande vert-jaune-serin, étroite, à teinte rapidement dégradée dont nous parlons ici.

3 janvier 1837. Lat. 37° 12' N. Long. 18° 07' O.

— J'ai fait quelques essais pour mesurer l'électricité de l'atmosphère au moyen de flèches lancées verticalement en l'air. Mais je n'ai pas tardé à m'apercevoir que l'extrême humidité de l'air et des instruments, y mettait un grand obstacle. Cependant, en desséchant au moyen de la potasse caustique l'intérieur de l'électroscope, je suis parvenu à le charger au moyen de la flèche; et je suis convaincu qu'avec des précautions convenables, on parviendrait à faire ce genre d'observation à bord d'un bâtiment. Mais j'ai dû y renoncer pour cette campagne.

— Les mâts à bord des navires de l'Etat, sont généralement terminés par des pointes en fer dont *une seule*, celle du plus grand mât, est mise en communication directe avec la mer au moyen d'une chaîne métallique.

Cette disposition paraît peu prudente en théorie; et comme, cependant, les accidents sont rares, il est à croire que la grande humidité des cordages et des mats imprégnés à la surface d'eau et de sel marin, diminue considérablement le danger. Il serait toutefois plus sage de faire communiquer toutes ces pointes directement avec la mer au moyen de conducteurs métalliques.

4 janvier 1837. Lat. 35° 46' N. Long. 18° 22' O.

— En mesurant avec le cercle à réflexion muni du petit miroir additionnel de M. Daussy, la dépression de l'horizon, on s'aperçoit facilement de l'influence de

la hauteur des lames sur l'angle de dépression. On voit, en effet, qu'à mesure que la mer devient plus grosse, l'horizon visuel se rapproche de l'observateur et que la dépression diminue.

La dépression ne serait pas évidemment changée, si on la mesurait au moment même où le bâtiment se trouve lui-même élevé au sommet des lames ; mais elle sera nécessairement diminuée, si on la mesure au moment où le bâtiment se trouve abaissé dans le creux des lames ou dans une position intermédiaire quelconque entre le sommet et le creux.

Si l'on admet que la moyenne des angles mesurés corresponde à la position moyenne du bâtiment entre ces deux positions extrêmes, on trouve que la dépression mesurée doit être la même que, si la mer étant restée calme, l'œil de l'observateur s'était abaissé de toute la quantité dont le sommet des lames s'élève au-dessus du niveau moyen de la mer. Et pour corriger, de cette cause d'erreur, les observations de hauteur des astres faites à la mer, il suffirait de diminuer la hauteur de l'œil de la moitié de la hauteur dont le sommet des lames s'élève au-dessus du creux.

—Il y a dans la mesure de la dépression avec le cercle à réflexion, une cause d'erreur assez considérable provenant de la manière dont on amène les images au contact apparent. En effet, suivant qu'on fait d'abord mordre les deux images l'une sur l'autre pour les écarter ensuite jusqu'au contact apparent; ou qu'on les rapproche d'abord sans les faire mordre pour les rapprocher ensuite davantage et les amener au contact

apparent, on trouve des résultats qui peuvent différer entre eux de plus d'une minute.

Pour atténuer cette cause d'erreur, il faut avoir soin d'établir le contact apparent alternativement d'une manière et de l'autre. Avec cette précaution, les séries d'observations faites au même instant de la journée, s'accordent beaucoup mieux entre elles.

—Dans la nuit du 4 au 5 janvier, de 6 heures du soir à 4 heures du matin, il est tombé 27 millimètres d'eau.

— J'ai fait trois expériences pour apprécier le temps nécessaire à un thermométrographe enfermé dans son étui en cuivre pour se mettre en équilibre de température avec le liquide ambiant. J'ai trouvé 25 et 30 minutes, quand l'étui était vide; et 20 minutes, quand l'étui était plein d'eau. 5 janvier 1837. Lat. 35° 18' N. Long. 18° 26' O.

Nous avons, en conséquence, dans toutes les sondes thermométriques que nous avons faites dans la suite, laissé l'instrument au fond de l'eau pendant 30 minutes, indépendamment du temps considérable employé à le descendre et à le remonter.

Le temps nécessaire à l'établissement de l'équilibre de température est sensiblement indépendant de la différence primitive des températures du thermomètre et du milieu ambiant; car, quand la différence est grande, elle diminue très-rapidement dès les premiers instants, dont la durée est comme nulle par rapport au temps considérable nécessaire à l'établissement d'équilibre des derniers dixièmes de degré. Mathématiquement parlant, il faudrait un *temps infini* pour que l'équilibre de température pût s'établir; mais quand on

se contente de l'approximation du dixième de degré, le temps nécessaire ne dépasse pas en réalité 30 minutes.

—Dans la nuit du 5 au 6, on a vu un assez grand nombre (une trentaine environ) d'étoiles filantes.

6 janvier 1837.
Lat. 34° 39' N.
Long. 17° 32' O.

Une portion d'arc-en-ciel très-petite, paraissant au-dessous d'un nuage à grain peu élevé au-dessus de l'horizon, n'a pas présenté la bande vert-jaune-serin intérieure signalée plus haut.

—Dans la nuit du 6 au 7, dans l'espace de 3 heures, il y est tombé 7 millimètres de pluie.

8 janvier 1837.
Lat. 30° 25' N.
Long. 17° 23' O.

— A 8 heures du soir, la lumière zodiacale paraît très-bien ; on s'accorde à placer sa pointe sur le prolongement de la ligne qui joindrait la polaire à α de Cassiopée, c'est-à-dire à 70° du soleil.

La veille, à la même heure, elle avait été aussi très-apparente, et l'on s'était également accordé à fixer la même limite au phénomène.

9 janvier 1837.
Lat. 27° 03' N.
Long. 18° 15' O.

— Un arc-en-ciel, formé dans un grain de peu d'étendue et rapproché du bâtiment, n'a pas présenté de bande verte intérieure. Le pied de cet arc s'est projeté un instant sur un point de la mer éloigné de 30 mètres au plus du navire.

—Vers les quatre heures et demie du soir, nous nous sommes trouvés à 5 ou 6 milles seulement dans le E. N. E. de l'île de Ténériffe, dont un immense nuage orageux nous dérobait la vue. L'énorme volume de ce nuage, bien isolé au milieu d'un ciel bien pur et bien bleu, et débordant amplement de tous les côtés les terres qu'il couvrait, était d'un effet très-imposant. Les bords supérieurs de ce nuage, éclairés par der-

rière, brillaient d'un vif éclat et faisaient parfaitement ressortir la teinte sombre ou plutôt noire de sa masse intérieure.

Nous n'avons pas eu d'orage cependant.

A Sainte-Croix de Ténériffe.

— A 8 heures du soir, nous avons mouillé dans la rade de Sainte-Croix de Ténériffe, que nous avons quitté dès le lendemain vers 1 heure de l'après-midi pour faire route directe pour Rio-Janeiro.

12 janvier 1837. Lat. 23° 31' N. Long. 21° 11' O.

— Le ciel est blanchâtre pendant le jour, mais sans nuage apparent. Une couche brumeuse règne au-dessus de l'horizon. Son épaisseur est sans doute assez petite, car la hauteur de sa limite supérieure apparente ne dépasse pas 5 ou 6 degrés. Elle paraît se dégager en partie la nuit, car on voit alors la lune briller sans auréole dans le voisinage du zénith.

13 janvier 1837. Lat. 21° 50' N. Long. 21° 53' O.

— On venait de sonder par 500 mètres de profondeur, quand on s'est aperçu que la couleur de la mer avait brusquement et considérablement changé. Elle était devenue d'un vert jaunâtre sale. On a sondé immédiatement de nouveau par 975 mètres sans trouver fond. L'eau puisée à la surface n'a laissé voir qu'un très-petit nombre de mollusques transparents d'un millimètre au plus de longueur, ayant leur estomac jaune. C'est peut-être à ces petits animaux plus nombreux dans les couches moins superficielles de l'eau qu'est due cette coloration accidentelle de la mer. Toutefois, comme nous ne sommes qu'à 50 lieues environ dans l'ouest du Cap Blanc de la côte d'Afrique, ce changement pourrait encore être dû à quelque cours d'eau de cette contrée. Cette bande

colorée n'a que peu de largeur : 2 lieues tout au plus.

FRAISIER avait déjà signalé dans ce même parage le même changement de couleur dans l'eau de la mer.

14 janvier 1837. Lat. 20° 01' N. Long. 22° 51' O. —Dans la journée, le ciel est sans nuage, mais très-blanchâtre.

A 6 heures du soir, il existe deux couches de nuages. La supérieure est formée de cirrus (nuages pommelés, queues de vaches, barbes de chats), et chasse du S.O. ou du O.S.O.; tandis que l'inférieure, formée de nuages floconneux, découpés, chasse du N.E. comme le vent que nous ressentons à bord. Les nuages de cette dernière couche, en passant devant la lune, donnent lieu à la formation d'une couronne; ce que ne font pas les nuages de la couche supérieure.

L'existence de cette dernière couche et du contre-courant supérieur qui l'entraîne ayant été révoquée en doute dernièrement par un des officiers instruits de notre marine royale, je rapporterai ici au fur et à mesure toutes les observations que j'ai faites à cet égard pendant la durée de cette traversée de Ténériffe à Rio-Janeiro.

15 janvier 1837. Lat. 17° 48' N. Long. 23° 43' O. —Depuis notre départ de Brest, c'est-à-dire en 17 jours, quatre thermomètres et deux aréomètres ont été cassés (en tout 6 instruments mis hors de service).

Le thermomètre destiné à donner la température de l'air, et qui jusque-là avait été tenu sur le pont, s'y trouvant trop exposé, fut, à partir de ce jour, placé à l'arrière et en dehors du bâtiment, dans l'embrâsure du sabord vitré qui éclairait la cabine des timonniers.

Il fut ainsi mis à l'abri de tout accident. Cette place lui convenait d'autant mieux, qu'il y était toujours à l'abri des rayons directs du soleil et de la pluie, tandis qu'il y était exposé au vent de remous qui se forme toujours à l'arrière du bâtiment tant sous voiles qu'à l'ancre.

— Les aréomètres en verre sont des instruments beaucoup trop fragiles pour être employés à des observations courantes à bord d'un bâtiment. Leur forme cylindrique ordinaire les rend d'ailleurs d'une observation beaucoup trop difficile à la mer, à cause de la grande amplitude des oscillations continuelles que les mouvements du bâtiment leur font exécuter.

Pour atténuer autant que possible l'amplitude de ces oscillations, la forme de l'instrument devrait être celle d'un ellipsoïde de révolution très-aplati (quand il est en verre) ou de deux cônes très-obtus opposés par leur base (quand il est en métal).

— Le ciel a été couvert et nuageux dans la journée. Le soir, à 7 heures, il existe, comme hier, deux couches de nuages chassant en sens contraire l'une de l'autre. L'inférieure chasse comme le vent que nous ressentons à bord, c'est-à-dire du N. 40° E.

Les nuages de cette couche donnent seuls lieu à la production d'une couronne autour de la lune.

Cette couronne paraît tout-à-fait de même nature que celle que l'on aperçoit, l'hiver, autour d'une lumière un peu vive, quand on vient à souffler d'un peu loin dans la direction de cette lumière. Le nuage formé alors par la vapeur condensée du souffle donne lieu, en effet, à la formation d'une couronne, qu'il ne faut pas

confondre avec celle qu'un œil fatigué aperçoit autour de toute lumière, et dont le siége est dans l'œil lui-même.

Les nuages de la couche inférieure paraissent très-bas.

16 janvier 1837. Lat. 15° 58' N. Long. 24° 42' O.

—Le ciel a été nuageux dans la journée et brumeux à l'horizon le soir. Il n'existe qu'une seule couche de nuages, et c'est la couche inférieure des jours précédents. Ces nuages ont un peu l'aspect orageux; ils sont plus gros et plus élevés que ceux des jours précédents. Ils chassent du N. 28° E. comme le vent régnant.

Nous sommes à l'Est et dans le voisinage des îles du Cap-Vert.

—Le soir, au coucher du soleil, la lumière crépusculaire était d'un beau vert-jaune-serin à la limite supérieure de la couche brumeuse qui borde l'horizon, et elle s'est changée presque instantanément en un beau jaune orangé.

17 janvier 1837. Lat. 15° 16' N. Long. 25° 00' O.

—A 9 h. 20′ du matin, le ciel étant sans nuage mais blanchâtre, la brise étant peu sentie à bord, parce que nous allons vent arrière, et le soleil ayant 33°30′ de hauteur apparente, un thermomètre à mercure vêtu de laine noire, exposé au soleil dans un étui en verre, a marqué 41°,5; tandis qu'un autre thermomètre vêtu de laine blanche, placé dans les mêmes circonstances, marquait 32°,8. Au même instant le thermomètre à l'ombre marquait 22°,0, et l'eau puisée à la surface de la mer était à 23°,5.

J'avais pris le parti d'enfermer les deux thermomètres, blanc et noir, dans des étuis en verre, afin d'éviter l'action frigorifique du contact de l'air, action

qui est bien plus grande sur le thermomètre noir que sur le thermomètre blanc, à cause de la température plus élevée du premier, ainsi que je m'en étais assuré le 14 janvier. Mais l'enveloppe de verre s'opposant à son tour à la sortie de la chaleur devenue obscure, fait acquérir aux deux thermomètres une température très-sensiblement plus élevée que celle qu'ils eussent prise sans cela. En sorte que ce genre d'observation me paraît présenter de grandes difficultés, si l'on veut arriver à quelque résultat précis. Ainsi, aujourd'hui, la différence des indications des deux thermomètres, placés dans des étuis en verre, est de 8°,7 ; tandis que le 14 janvier, par des circonstances atmosphériques semblables, la différence était seulement de 2°,4 (la hauteur du soleil étant de 46° environ) ; mais aussi ce jour-là les deux thermomètres étaient libres, sans étuis. Le thermomètre blanc donna dans cette observation 23°,8, et le thermomètre noir 26°,2 ; la température de l'air à l'ombre étant de 21°,9, et celle de la mer à la surface de 20°,8.

— La couche inférieure des nuages se forme dans l'après-midi et existe seule dans la soirée. Elle est plus dense que les jours précédents et ne paraît pas très-élevée. J'estime, à vue, sa hauteur à moins d'un mille (1800 mètres). En passant devant le disque de la lune, ces nuages donnent lieu comme d'ordinaire à la formation d'une couronne.

Du 12 au 17 janvier, la variation diurne moyenne du baromètre a été, à bord, de $1^{mm},93$.

— Les nuages de la couche inférieure sont seuls visi- 18 janvier 1837. Lat. 10° 15' N. Long. 25° 53' O.

bles et donnent lieu, comme ceux des jours précédents et des jours suivants, à la formation d'une couronne en passant devant le disque de la lune. La zone extérieure de cette couronne est d'une couleur orangée assez intense, et son diamètre varie considérablement (du simple au double) d'un nuage à l'autre. La dimension la plus commune de ce diamètre était de 4°15′ environ.

Une mesure, un peu grossière toutefois, de la hauteur de cette couche de nuages m'a donné $\frac{1}{2}$ mille =900 mètres. Nous allons rappeler ici, à cette occasion, les divers moyens et les diverses formules qu'on peut employer en mer pour mesurer la hauteur des nuages, de manière à mettre les marins à même de fournir à la météorologie une donnée qui peut lui être d'une grande utilité.

On peut facilement déterminer la hauteur d'un nuage en mer, quand on voit l'ombre qu'il projette sur la surface de la mer, ou mieux encore quand on voit la projection d'une de ces éclaircies que les nuages laissent entre eux; projection qu'on distingue plus facilement que l'ombre, à cause de la traînée lumineuse que les rayons solaires tracent alors à travers l'atmosphère.

Supposons, en effet, pour le moment, que l'on connaisse la distance *r* de l'ombre à l'observateur, et qu'en outre celui-ci ait mesuré : 1° l'angle A compris entre le nuage et l'ombre; 2° l'angle B compris entre le nuage et le soleil; et 3° enfin, l'angle de hauteur H du soleil, on déterminera la hauteur *h* du nuage par la formule

$$h = r \sin. \mathrm{H} \frac{\sin. \mathrm{A}}{\sin. \mathrm{B}}.$$

La même formule s'applique à une éclaircie ; B désigne alors l'angle entre l'éclaircie et le soleil, A l'angle entre l'éclaircie et la projection de cette éclaircie sur la mer, et r la distance de cette projection à l'observateur.

— Quand deux nuages d'une même couche sont dans le vertical du soleil, leur distance mutuelle d est la différence ou la somme des distances supposées connues de leur ombre à l'observateur, suivant que les deux ombres sont du même côté ou de côtés différents par rapport àl'observateur. Si celui-ci a mesuré en outre les angles de hauteur H_1 et H_2 de ces deux nuages, il pourra déterminer la hauteur h de la couche par la formule :

$$h = d \frac{\sin. \mathrm{H}_1 \sin. \mathrm{H}_2}{\sin. (\mathrm{H}_1 \mp \mathrm{H}_2)},$$

en prenant le signe —, si les deux nuages sont du même côté du zénith, et le signe +, s'ils sont de côtés différents. Ce serait la même chose pour deux éclaircies.

La même formule s'appliquerait encore à un nuage unique qui changerait rapidement de place sans sortir du vertical du soleil, et dont on aurait mesuré les angles de hauteur dans deux positions différentes.

— Il arrive souvent qu'un gros nuage, un cumulus, en passant dans le vertical du soleil, projette sur la mer une ombre assez visible pour qu'on puisse mesurer

l'angle A que soustend la dimension transversale de cette ombre; si l'on mesure en même temps l'angle B que soustend le diamètre horizontal et transversal du nuage, et l'angle de hauteur H du nuage, on aura, pour calculer la hauteur *h* de ce nuage, la formule

$$h = r \text{ sin. H } \frac{\text{tang. } (\frac{1}{2} \text{ A})}{\text{tang. } (\frac{1}{2} \text{ B})},$$

r étant toujours la distance supposée connue de l'ombre à l'observateur.

— Dans les temps à grains, il n'est pas rare de voir un nuage isolé donner de la pluie en un point de la partie visible de la surface de la mer. *r* étant la distance de ce point à l'observateur, et H l'angle de hauteur du nuage, on a pour calculer la hauteur *h* du nuage la formule

$$h = r \text{ tang. (H)}.$$

— Le soir, au coucher du soleil, quelques instants après que cet astre a disparu sous l'horizon, on peut souvent saisir l'instant où des nuages, situés dans l'Est, cessent d'être éclairés par le soleil et se trouvent atteints par l'ombre de la terre. Si l'on calcule pour cet instant l'angle A dont le soleil est abaissé au-dessous de l'horizon, et si l'on a mesuré l'angle H de hauteur du nuage supposé placé dans le même plan vertical que le soleil, on a pour calculer la hauteur *h* du nuage la formule

$$h = 2\text{R sin. }^2(\tfrac{1}{2} \text{ A}) \frac{\text{sin. H}}{\text{sin. (H—A)}},$$

R étant le rayon de la terre = 6366200 mètres.

L'angle A est calculé d'après les formules trigonométriques, bien connues des marins, qui donnent la hauteur du soleil, quand on connaît l'heure du lieu, la latitude et la déclinaison du soleil. Il faudra diminuer l'angle calculé de 33 minutes environ pour avoir égard à la réfraction horizontale des rayons solaires.

— Aucune des méthodes précédentes n'est applicable, malheureusement, aux nuages de la couche supérieure, aux cirrus, qui ne donnent pas d'ombre perceptible sur la mer, pas d'éclaircies, et pour lesquels il est à peu près impossible de saisir l'instant réel où ils cessent d'être éclairés par le soleil. Leur hauteur est d'ailleurs si considérable et leurs contours si peu tranchés, que toute longueur prise pour base à bord d'un navire est évidemment trop petite.

Pour ces nuages le concours de deux bâtiments et de deux observateurs me paraît indispensable. Il serait alors facile, ce me semble, au moyen de signaux, de s'entendre pour la simultanéité des observations; et au moyen de vues, de se reconnaître dans les points relevés, comme cela se fait pour les objets terrestres dans les levers hydrographiques sous voiles. Chaque observateur prendrait l'angle entre l'œil de l'autre observateur et les divers nuages en vue, ainsi que les angles de hauteurs de ces nuages; et cela suffirait évidemment pour déterminer les hauteurs absolues de ceux-ci et pour en contrôler même les résultats, en supposant toutefois que la distance des deux observateurs soit connue [1].

[1] Depuis le retour de *la Vénus*, deux illustres membres de

Si dans les formules précédentes nous avons supposé que l'observateur connaissait sa distance à divers points de la surface de la mer, par cela seul qu'il pouvait les voir, c'est qu'en effet, par l'habitude acquise, les marins estiment les distances de ces points avec assez de précision, en basant leur jugement sur les dépressions apparentes de ces points au-dessous de l'horizon visuel.

Mais on peut aussi calculer ces mêmes distances, si l'on a eu soin de mesurer ces dépressions apparentes.

Supposons, en effet, qu'il s'agisse de l'ombre d'un nuage, et soient :

δ la dépression mesurée de l'ombre au-dessous de l'horizon visuel ;

d la dépression positive ou négative apparente et mesurée de l'horizon *visuel* au-dessous de l'horizon *rationnel* ;

n le coëfficient de la réfraction terrestre (=0,08 terme moyen) ;

D la dépression calculée de l'horizon visuel au-dessous de l'horizon rationnel en supposant qu'il n'y eût pas de réfraction terrestre ;

Δ la dépression calculée de l'ombre au-dessous de l'horizon rationnel dans la même supposition ;

h la hauteur de l'œil de l'observateur au-dessus du niveau de la mer ;

R le rayon terrestre = 6366200 ; h est toujours très-petit par rapport à R.

l'Académie des sciences, M. Arago et M. Pouillet, ont publié des méthodes nouvelles pour déterminer la hauteur des nuages. On les trouvera consignées dans les *Comptes-rendus* de l'Académie des sciences.

v la partie visible de l'horizon ;

x l'angle inconnu et très-petit formé au centre de la terre entre la verticale de l'observateur et la verticale de l'ombre ;

et enfin r la distance cherchée de l'observateur à l'ombre ;

on a, en supposant la terre sphérique :

$$n = \frac{D - d}{2D - d};$$

$$\Delta = \delta + d - nx = \delta + \frac{1-2n}{1-n} D - nx;$$

$$v = \frac{D}{1-n} = \frac{d}{1-2n} = 2D - d;$$

$$\text{sin. } D = \frac{\sqrt{h\,(2R+h)}}{R+h} = \sqrt{\frac{2h}{R}} \frac{\sqrt{1+\frac{h}{2R}}}{1+\frac{h}{R}}$$

$$= \sqrt{\frac{2h}{R}} \frac{1}{\text{cos. D cos.}^2\left(\frac{1}{2}D\right)} = \sqrt{\frac{2h}{R}} \text{ à très peu près;}$$

$$\text{tang. } \left(\tfrac{1}{2}x\right) = \frac{1}{1+\frac{h}{2R}} \text{ tang. } \Delta \text{ sin.}^2\left(\tfrac{1}{2}\theta\right);$$

ou sensiblement = tang. Δ sin. $^2(\frac{1}{2}\theta)$ en faisant

$$\text{sin. } \theta = \frac{\sqrt{\frac{2h}{R}}}{\text{tang. } \Delta} \sqrt{1+\frac{h}{2R}} = \frac{\text{sin. D}}{\text{tang. } \Delta}\left(1+\frac{h}{R}\right);$$

x 2

$$\text{ou sensiblement} = \frac{\sqrt{2h}}{\frac{R}{\text{tang. }\Delta}} = \frac{\text{sin. D}}{\text{tang. }\Delta};$$

$$r = \frac{h}{\text{sin.}(\Delta - \frac{1}{2}x)} \text{cos.}(\tfrac{1}{2}x) = \frac{\text{R sin.}^2\text{D}}{2\,\text{sin.}(\Delta - \frac{1}{2}x)} \frac{\text{cos.}\frac{1}{2}x}{\text{cos.D cos.}^2(\frac{1}{2}\text{D})};$$

$$\text{ou sensiblement} = \frac{h}{\text{sin. }(\Delta - \frac{1}{2}x)} = \frac{\text{R sin.}^2\text{D}}{2\,\text{sin. }(\Delta - \frac{1}{2}x)}.$$

Dans le calcul de tang. $(\frac{1}{2}x)$, on négligera d'abord la quantité très-petite nx dans la valeur de Δ (ou bien on y mettra sa valeur estimée), quitte à recommencer ensuite le calcul, en introduisant dans Δ la valeur de nx calculée à l'aide de la première valeur approchée de x. Mais ce second calcul sera toujours inutile à bord d'un bâtiment où la quantité $nx < nv = \text{D} - d$ est toujours excessivement petite.

On aurait pour déterminer Δ en fonction de x et de h l'équation rigoureuse et qui nous servira plus tard :

$$\text{tang. }(\Delta - \tfrac{1}{2}x) = \frac{h}{(2\text{R}+h)\text{ tang. }(\frac{1}{2}x)}.$$

19 janvier 1837.
Lat. 7° 24' N.
Long. 26° 49' O.

Deux mesures approximatives de la hauteur de la couche inférieure des nuages ont donné à peu près un demi-mille (900 mètres); et bien certainement cette hauteur était au-dessous de deux tiers de mille (1200 mètres).

—A 6 heures du soir, la couche supérieure des nuages était bien visible. Ces nuages étaient pommelés, et chassaient du O.S.O. Ils n'ont paru que pendant peu de temps.

— Le ciel est toujours blanchâtre dans la journée,

et très-gras à l'horizon. Le soleil, à son coucher, disparaît complétement derrière un rideau brumeux avant d'avoir atteint l'horizon. Il perd d'abord tout son éclat, prend une teinte rouge de plus en plus sombre et disparaît. Il n'y a cependant ni brouillard, ni brume proprement dits.

— Le ciel est magnifique au couchant, après la disparition du soleil. La couche inférieure de vapeur brumeuse qui borde l'horizon paraît d'un rouge sombre fuligineux en bas et rutilant en haut ; au-dessus vient une teinte très-vive de rouge orangé; plus haut, une teinte moins vive de jaune orangé; plus haut encore, une belle teinte douce quoique encore vive d'un vert-jaune-serin ; et enfin au-dessus une teinte rose plus faible, plus vaporeuse, et sans limite supérieure bien définie. Les nuages de la couche inférieure, petits et isolés, se détachent en noir sur ce fond resplendissant de lumière et en font mieux ressortir l'éclat. La teinte sombre et légèrement pourprée de la mer contribue aussi à produire le même effet.

La recherche de l'explication de ces magnifiques teintes m'a bien souvent occupé pendant cette campagne; car nous avons eu bien souvent occasion de les observer. Toujours l'ordre de superposition des teintes s'est montré le même, quoique leur éclat ait été très-variable; ce qui dénotait évidemment une cause constante. Je donnerai dans la suite de ce volume, à la date du 12 février 1839, l'explication très-simple à laquelle j'ai été conduit.

20 janvier 1837. Lat. 5° 13' N. Long. 27° 43' O.

La couche supérieure des nuages a paru pendant

quelques instants avant le coucher du soleil, mais elle a bientôt disparu, et je n'ai pu déterminer la direction de son mouvement.

La couche inférieure chasse de l'Est 15° Nord.

—Par des raisons qu'il est inutile de dire ici, j'ai dû cesser de m'occuper à mesurer la hauteur des nuages.

—Il y a eu pendant la nuit quelques grains qui n'ont donné que très-peu d'eau.

—Dans cette journée les vents alizés ont passé de l'E. 6o° N. à l'E. 3o° Sud. C'est une variation subite de 90°. Ne serait-ce pas le résultat d'une influence de la configuration de la côte d'Afrique, un effet du changement considérable de direction que cette côte éprouve par cette latitude pour former le golfe de Guinée? Nous sommes cependant à plus de 230 lieues de la côte d'Afrique.

—La température est de 26° dans l'intérieur du navire comme au dehors. En sorte qu'en 24 jours (moins d'un mois), nous avons passé de la température de 1° à celle de 26°. Il n'en est résulté cependant d'autre inconvénient pour la santé de l'équipage que quelques éruptions cutanées de peu d'importance.

21 janvier 1837. Lat. 5° 57' N. Long. 28° 29' O. On ne voit qu'une seule couche de gros nuages d'apparence orageuse (des cumulus).

A 3 heures du soir, il tombe quelques gouttes d'une pluie excessivement fine. A 7 heures, il tombe de nouveau quelques gouttes d'eau, qui sont au contraire excessivement grosses.

22 janvier 1837. Lat. 2° 10' N. Long. 23° 17' O. L'humidité est si grande, qu'il est impossible de changer même l'électrophore et d'en tirer la moindre étincelle. En effet, à 3 h. du soir, la température de

l'air étant à 27°,5, on trouve le point de rosée à 26°,2.

— Les deux couches de nuages ont été visibles pendant toute la journée. La supérieure blanche, pommelée, vaporeuse, chasse de l'Ouest. L'inférieure chasse de l'E. 30° S. comme le vent régnant.

— Vers 8 heures du soir, il est parti quelques éclairs d'un gros nuage, très-bas, qui nous restait dans l'Est et formait une voûte noire très-apparente.

Pendant la nuit, il est tombé une averse qui a paru tropicale à l'officier de quart, et qui n'a donné cependant à l'udomètre que 4 millimètres d'eau.

25 janvier 1837.
Lat. 0° 38' N.
Long. 31° 24' O.

— A 7 heures du matin, on distingue trois couches de nuages superposées et un gros groupe de nuages orageux dans le N.E. Le ciel à l'horizon est gras.

Les nuages de la couche inférieure sont diffus, irréguliers, leur plus grande dimension paraît inclinée à l'horizon par un effet de perspective; ils sont d'un gris brunâtre (brume haute); ils chassent du S. 34° E. comme le vent régnant; ils marchent excessivement vite et paraissent très-bas. (J'estime leur hauteur à moins d'un tiers de mille, 600 mètres.)

Les nuages de la seconde couche chassent de l'Est 12° N. Leur plus grande dimension est dans le sens horizontal; ils sont légèrement piramidaux (cumulus), et leur couleur est d'un gris un peu bleuâtre.

Les nuages de la troisième couche sont bien évidemment les mêmes que ceux de la deuxième couche des jours précédents et suivants. Ils sont blancs pommelés, striés, fouettés (cirrus); ils chassent de l'Ouest.

L'existence de cette couche, située à une grande

hauteur et chassant de l'Ouest, c'est-à-dire tournant plus vite que la terre sous l'équateur même, ne peut s'expliquer par la théorie ordinaire des vents alizés de l'Ouest. Car de l'air qui s'élèverait seulement à la hauteur d'un mille (1800 mètres) sous l'équateur, aurait besoin d'être transporté a plus de 5° vers les pôles pour pouvoir paraître chasser de l'Ouest, en supposant même qu'il possédât au moment de son élévation toute la vitesse de rotation de l'Ouest vers l'Est de la terre elle-même sous l'équateur.

La même difficulté existe, par conséquent, relativement à l'explication de mouvement de la seconde couche de nuages des deux ou trois journées qui ont précédé et suivi celle-ci, et qui toutes sont voisines de l'équateur terrestre.

L'étude de cette couche et de son mouvement dans le voisinage de l'équateur ne serait pas sans importance; car si sa présence était constante, s'il était établi que son mouvement est toujours dirigé de l'Ouest vers l'Est en sens contraire des vents alizés inférieurs, on serait conduit, sans doute, à admettre que ceux-ci, sous l'équateur, ont, du moins en partie, une existence réelle dans l'atmosphère, et ne sont pas dus uniquement à une simple différence de vitesse de rotation entre la terre et l'atmosphère.

Ce serait, au reste, un travail très-utile et très-curieux que de suivre jusqu'aux formules et aux nombres la théorie des vents alizés tropicaux et polaires pour les comparer aux données de l'observation.

— Nous sommes dans le voisinage du Rocher Pe-

nedo de San-Pedro. Des vols d'oiseaux, qui sans doute vivent sur cet îlot, ont été les seuls indices que nous ayons eus de son existence.

—Les calmes de la ligne, si redoutés des navigateurs, sont très-rares, dit-on, par cette longitude.

24 janvier 1837. Lat. 1° 04' S. Long. 33° 01' O.

—Du 19 janvier au 24, la variation diurne moyenne du baromètre a été de $1^{mm},74$.

—Il existe deux couches de nuages : l'inférieure chassant du S. 12° Est comme le vent régnant, la supérieure, blanche et fouettée (cirrus), chassant de l'O.

Si l'on admettait un décroissement vertical de la chaleur de 1° pour 170 mètres, on trouverait, d'après la température moyenne de l'air (26°,4) et le point de rosée (24°,7), qu'il suffit que l'air s'élève de 300 mètres environ pour qu'il y ait précipitation de vapeur et par conséquent formation d'un nuage.

25 janvier 1837. Lat. 2° 56' S. Long. 34° 29' O.

—Encore deux couches de nuages. Elles ont les mêmes apparences et les mêmes mouvements que celles de la veille. Seulement les nuages de la couche inférieure ont pris un peu plus la forme de nuages orageux. Ils sont très-bas, et par un effet de perspective, leur plus grande dimension paraît inclinée à l'horizon.

26 janvier 1837. Lat. 3° 51' S. Long. 34° 55' O.

—Nous sommes en vue de l'île de Fernando de Noroñha. L'horizon est gras et les terres peu distinctes.

— Encore aujourd'hui deux couches de nuages. L'inférieure chasse de l'Est 13° Sud comme le vent régnant. Je n'ai pas noté la direction dans laquelle chassait la couche supérieure.

Le ciel est toujours blanchâtre et l'atmosphère très-peu diaphane; comme, au reste, dans toutes les jour-

nées précédentes, depuis notre départ de Ténériffe.

27 janvier 1837. Lat. 6° 15' S. Long. 35° 29' O. Nous sommes à 30 lieues environ dans l'Est du cap San-Roque sur la côte du Brésil que nous longerons à pareille distance dans les journées suivantes.

—La mer paraît d'une limpidité extraordinaire et d'un bleu de Prusse magnifique.

—On aperçoit vers midi, à une distance assez grande, deux points dans lesquels la mer paraît briser, et au-dessus de ces points des vols considérables d'oiseaux. On en a conclu avec assez de vraisemblance que cette apparence était due à des bancs de poissons, mais on ne s'en est pas assuré positivement.

—Dans le courant de la journée on a vu seulement un petit nombre de nuages de la couche inférieure; mais au coucher du soleil, on a pu voir aussi quelques traces de la couche supérieure.

28 janvier 1837. Lat. 8° 40' S. Long. 35° 41' O. A huit heures du matin les deux couches de nuages existent simultanément; l'inférieure est évidemment plus élevée que dans les journées précédentes, et la supérieure s'est probablement un peu abaissée; car les deux couches paraissent s'être beaucoup rapprochées. L'inférieure chasse de l'E. 13° S. comme le vent régnant. La supérieure paraît chasser faiblement du N 36° E.

—Le coucher du soleil est magnifique de splendeur. C'est la répétition exacte, quant aux circonstances atmosphériques et à la distribution des couleurs, de ce que nous avons décrit à la date du 19 janvier.

C'est, en effet, la même couche brumeuse qui borde l'horizon, les mêmes petits nuages isolés de la couche inférieure qui se détachent en noir sur le fond brillant

du ciel, les mêmes couleurs, dans le même ordre : le rouge sombre en bas, le rouge rutilant plus haut, puis successivement le rouge, l'orangé, le jaune-orangé, le vert-jaune-serin, et la teinte rose vaporeuse qui s'étend jusqu'au zénith en s'affaiblissant graduellement; c'est tout la même chose.

—A 7 heures et demie du soir, une étoile filante a paru passer entre les nuages de la couche inférieure et nous.

—Les nuages à cet instant avaient pris un peu la forme orageuse, et de longs appendices floconneux s'élevaient à leur partie supérieure.

29 janvier 1837.
Lat. 10° 56' S.
Long. 36° 15' O.

—A 10 h. du matin, il n'existe que quelques nuages pommelés (cirrus) de la couche supérieure, qui paraît chasser de l'O. 37° S. Le soir, au contraire, la couche supérieure n'est plus visible, tandis qu'il s'est formé dans la couche inférieure de grands nuages de forme orageuse.

—La forme si constamment plane et horizontale de la face inférieure des nuages entre les tropiques, tandis que les faces supérieure et latérale sont si variables de forme, si bosselées, si accidentées, est un fait digne de remarque. Il ne souffre guère d'exception que dans les trombes et dans les averses d'orage, c'est-à-dire dans deux circonstances où l'électricité joue évidemment un grand rôle.

Cette diversité de forme des faces d'un nuage n'est pas facile à expliquer dans tous ses détails; car on est bientôt arrêté par le vague des hypothèses qu'on est obligé de faire faute de données précises sur l'état relatif de l'air et des vésicules qui constituent un nuage,

ainsi que sur l'état relatif du nuage et de l'air extérieur. La rapidité plus ou moins grande du courant d'air chaud ascendant, joue certainement un rôle important dans ce phénomène ; mais il y a, sans doute, autre chose encore à faire entrer en ligne de compte.

30 janvier 1857. Lat. 12° 54' S. Long. 36° 48' O. Les deux couches de nuages ont été visibles dans la journée. Elles paraissent toutes les deux très-sensiblement plus élevées que dans les journées précédentes.

31 janvier 1857. Lat. 13° 10' S. Long. 37° 36' O. Les deux couches de nuages existent, mais elles sont très-rapprochées l'une de l'autre et paraissent très-basses (l'inférieure n'atteint certainement pas un demi-mille, 900 mètres de hauteur). Dans les deux couches, les nuages ont la forme orageuse. L'inférieur chasse de l'Est 14° Sud ; la supérieure de l'Ouest 37° Sud.

—Il y a eu dans la journée deux grains de pluie qui n'ont donné que très-peu d'eau à bord. L'un d'eux a été remarquable par sa courte durée (une minute au plus) et par la grande vitesse de chute des gouttes d'eau. Celles-ci en tombant faisaient réjaillir l'eau de la mer sous la forme de gouttelettes dans lesquelles se produisaient les vives couleurs d'un arc-en-ciel ; et l'on voyait ainsi le pied de cet arc se déplacer avec rapidité à la surface de la mer en même temps que le grain.

1er février 1857. Lat. 17° 47' S. Long. 38° 57' O. Les deux couches de nuages existent simultanément. La supérieure est pommelée et striée (cirrus) comme à l'ordinaire. L'inférieur est très-peu dense.

—On a vu quelques éclairs dans le N.E. le soir.

2 février 1857. Lat. 20° 45' S. Long. 40° 57' O. A dix heures du matin, le ciel est entièrement couvert. Le soir, au contraire, le ciel est dégagé, et sa pureté contraste singulièrement avec l'état voilé des

journées précédentes. On distingue très-bien la voie-lactée, que nous n'avions pas aperçue depuis le 9 janvier, lors de notre arrivée à Ténériffe. Depuis cette époque, en effet, le ciel avait été si habituellement chargé de vapeurs peu transparantes, qu'on distinguait à peine les étoiles de quatrième grandeur.

Le ciel des tropiques, si renommé par sa pureté, sa transparence et son bleu foncé, ne présente, à ce qu'il paraît, ces caractères qu'à terre ou près de terre (nous sommes à 20 lieues environ de la côte); car en pleine mer son état habituel est d'être, au contraire, voilé et blanchâtre, ainsi que nous l'avons constaté pendant tout le cours de cette campagne.

— Aujourd'hui pour la première fois nous avons aperçu la nuée de Magellan.

— Nous avons traversé dans la journée une longue ligne de matière jaunâtre, flottant à la surface de la mer. Les opinions les plus dissemblables ont été émises sur la nature de cette matière dont on n'a pas, malheureusement, recueilli d'échantillon.

5 février 1857.
Lat. 22° 55' S.
Long. 45° 05' O.

—Le ciel est pur et sans nuage.

— A 7 heures et demie du soir, on aperçoit dans le nord, à l'horizon, sur la terre, un nuage orageux qui paraît fixe, et d'où l'on voit partir de nombreux éclairs à des intervalles de temps presque égaux entre eux. J'ai compté 31 de ces éclairs en 5 minutes; en sorte que le nuage mettait environ 10 secondes pour se recharger d'électricité.

—A la nuit, le ciel est d'une pureté admirable; il est tout étincelant d'étoiles. Aspect bien différent de celui

qu'il présentait au large, loin des côtes, dans les soirées précédentes.

—La rosée est excessivement abondante. L'air est descendu dans la nuit à 24°, et le point de rosée est à 23°. Un thermomètrographe vêtu de duvet blanc et exposé au rayonnement nocturne, est descendu à 20°, c'est-à-dire à 3 degrés au-dessous du point de rosée.

—La température de la mer a baissé de 26 à 22° à l'approche de la terre. 22° paraît être la température normale par cette latitude, tandis que 26° est évidemment une température anomale due au courant chaud qui longe les côtes du Brésil.

4 février 1857.
Lat. 22° 54' S.
Long. 45° 30' O.
A Rio-Janeiro.

Vers les 4 heures du matin, on a vu un assez grand nombre d'étoiles filantes.

— La brise de terre qu'on ressent à bord dans la matinée, apporte avec elle une odeur aromatique et douce très-prononcée (nous sommes à 3 lieues de terre environ).

—A 8 h. 30', on s'aperçoit, à la simple vue, que l'horizon de la mer est plus élevé qu'à l'ordinaire. En effet, la mesure de la dépression a montré que l'horizon visuel était de 36″ plus élevé que l'horizon rationnel, c'est-à-dire de 5′-8″ plus élevé qu'il ne l'est dans l'état ordinaire de l'atmosphère. Ainsi, à cet instant, la dépression était négative, et le coefficient de la réfraction terrestre était 0,53 au lieu de 0,08 qui est la valeur ordinaire. Au reste, l'aspect des terres, qui paraissaient bordées d'immenses falaises, indiquait bien une perturpation dans le trajet des rayons lumineux. Les températures de l'air et de l'eau éprouvaient, dans cet in-

stant, un abaissement considérable. L'air passait de 23°,0 à 15°,5; l'eau passait de 21°,0 à 16°,5; ce qui fait une différence de 7°,5 pour l'un et de 4°,5 pour l'autre.

— A 2 heures du soir, nous étions au mouillage en grande rade dans la magnifique baie de Rio-Janeiro.

— En récapitulant les observations faites sur les nuages dans la traversée de Ténériffe à Rio-Janeiro, on voit que sur 19 jours (du 14 janvier au 1^er^ février inclusivement), on a vu 15 fois, et en même temps, les deux couches de nuages superposées et cheminant généralement en sens contraire. C'est donc à tort qu'on a récemment révoqué en doute l'existence d'un contre-courant supérieur à l'alizé.

— Du 7 au 13 février, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de 2^mm^,13.

— Nous sommes partis de Rio-Janeiro pour Valparaiso le 16 février au matin; mais le vent a été si faible pendant toute la journée que, le 17 au matin, nous étions encore à l'entrée de la baie.

— Dans la nuit du 18 au 19, il est tombé 3^mm^ d'eau.

19 février 1857.
Lat. 26° 09' S.
Long. 48° 05' O.

— Dans la nuit du 19 au 20, on a vu un bel arc-en-ciel de lune. On y distinguait parfaitement le bleu, l'orangé et le rouge.

20 février 1857.
Lat. 27° 56' S.
Long. 49° 39' O.

— Vers les 8 h. du matin, nous avons traversé un peu obliquement un lit de courant très-marqué. Sur les bords de ce lit de courant, la mer était clapoteuse, sonore, écumeuse; tandis qu'au milieu, elle était lisse et comme bouillonnante. Cela formait une longue ligne presque perpendiculaire à notre route et dirigée à peu près du N.O. au S.E; ce qui indiquait un courant

assez fort portant dans une direction perpendiculaire, c'est-à-dire du S.O. vers le N.E. ou du N.E. vers le S.O.; et en effet, l'estime a donné un courant portant au S. 47° O. avec une vitesse d'un mille et demi à l'heure (vitesse un peu moins grande que celle de la Seine à Paris dans ses débordements).

22 février 1857.
Lat. 32° 37' S.
Long. 52° 31' O.

Nous avons traversé très-obliquement une large ligne formée d'une sorte de poussière d'un gris roussatre, qui flottait à la surface de la mer. M. Léclancher, second chirurgien de la *Vénus*, qui s'occupe avec beaucoup d'ardeur d'histoire naturelle, ayant recueilli de cette poussière, m'a fait voir plusieurs de ces grains se mouvant spontanément avec vivacité, mais l'immense majorité ne donnait pas signe de vie. Cette longue ligne devait être sensiblement parallèle à la côte que nous longeons à la distance de 25 lieues environ.

23 février.
Lat. 34° 16' S.
Long. 54° 01' O.

—Dans la soirée le vent étant presque calme et la mer unie, l'eau était comme troublée par l'immense quantité de mollusques grands et petits qu'elle contenait. Cependant la mer n'a pas été plus phosphorescente qu'à l'ordinaire, pendant la nuit.

Le temps a été à l'orage pendant toute la journée. Le baromètre a baissé de 5 millimètres. A la nuit, l'orage a éclaté. Les éclairs partaient de trois points différents à la fois. J'en ai compté 20 dans une minute; ce qui fait encore 10″ environ d'intervalle entre chaque décharge faite au même point.

A 4 h. du matin, l'orage était immédiatement au-dessus de nos têtes. Les éclairs étaient très-vifs et suivis immédiatement de coups de tonnerre très-forts et secs.

Le paratonnerre du bâtiment n'a cependant donné aucun signe visible d'action électrique.

Les vents ont été très-variables, mais toujours faibles, pendant cet orage, et il est tombé 6^{mm} d'eau. La mer n'a pas été plus phosphorescente qu'à l'ordinaire.

Le tonnerre ne nous a présenté rien de remarquable, rien que nous n'eussions observé à terre ; mêmes éclats secs, quand il était proche ; même roulement quand il était éloigné. Comme nous sommes à 30 lieues de terre, il faut nécessairement chercher ailleurs que dans des échos terrestres la cause de ce roulement.

La foudre à paru tomber plusieurs fois ; mais la trajectoire apparente, au lieu d'être une ligne brisée, comme à l'ordinaire, était une ligne continue, légèrement courbe, et inclinée à l'horizon. Je l'ai vue une fois se diriger de bas en haut. Peut-être était-ce d'un nuage caché sous l'horizon vers un nuage élevé au-dessus de l'horizon. M. Léclancher m'a assuré avoir vu ce fait (de la direction de la foudre de bas en haut) se reproduire plusieurs fois vers 2 h. et demi du matin, alors que l'orage était encore assez éloigné de nous. L'étincelle lui paraissait plus large par le bas que par le haut. Elle se terminait ainsi en pointe et disparaissait avant d'avoir atteint aux nuages. M. Léclancher était convaincu que l'étincelle partait de la mer même.

J'ai vu un nuage de la couche la plus basse, être parcouru à la fois sur ses deux faces supérieure et inférieure, par une brillante lueur qui marchait rapidement de l'Ouest à l'Est ; la vitesse de propagation de cette lumière m'a paru bien moins grande que celle de

la foudre. Soit que la lueur ait persisté pendant quelque temps sur les bords du nuage, soit que cela résulte de la persistance des images sur la rétine, toujours est-il que j'ai pu voir pendant un instant, très-court il est vrai, tous les bords du nuage illuminés en même temps, de manière à distinguer parfaitement la forme de ce nuage

Cette apparence s'est reproduite deux fois et presque au même instant.

—Dans l'explication du bruit du tonnerre généralement adoptée aujourd'hui, on fait dépendre ce bruit des points de rebroussement de la ligne brisée que suit l'étincelle électrique. Mais, en suivant cette explication dans ses détails, on ne tarde pas à s'apercevoir de son insuffisance et de sa contradiction avec les faits observés. Ainsi l'oreille, assez bon juge de la direction des sons, quand elle écoute, devrait rapporter l'origine du bruit perçu à ces divers points de rebroussement, tandis qu'il n'en est rien et que c'est toujours à la région des nuages, au point d'où l'éclair a jailli que l'oreille rapporte l'origine du bruit qu'elle entend. Or ce point diffère quelquefois de 180° du point de rebroussement le plus voisin, et peut en être à des distances énormes. Il n'est pas possible d'admettre une erreur aussi considérable, aussi constante, aussi générale, dans l'appréciation de la direction du son.

L'étincelle, dans son trajet, ne peut produire qu'un sifflement analogue à celui d'un boulet de canon; plus aigu peut-être, à cause de la plus grande rapidité de

son mouvement [1]; et le bruit produit aux points de rebroussement ne peut être qu'un coup de fouet de la même acuité de son; et non pas un son grave et plein comme celui qui caractérise le bruit du tonnerre.

D'autres objections peuvent encore être faites à la théorie de Robert-Hook; mais ces deux-là suffisent, ce me semble, pour montrer qu'elle ne peut être admise.

Il faut voir, je crois, la cause du bruit du tonnerre dans le vide plus ou moins parfait que l'électricité produit dans les points des nuages orageux où elle s'accumule; vide que l'air extérieur va remplir avec impétuosité, dès que l'électricité, venant à disparaître par une étincelle, cesse subitement de faire équilibre à la pression de cet air extérieur.

En effet, soit qu'on admette avec M. Poisson et la plupart des physiciens que l'électricité est retenue à la surface des corps conducteurs par la pression de l'air ambiant, soit qu'on admette, d'après une récente observation de M. Harris, qu'elle y est retenue par son adhésion aux molécules de cette surface, on est forcément conduit à admettre que pour une masse, conductrice électrisée, mais gazeuse, et par conséquent sans colésion, sans force pour résister à la répulsion électrique (comme c'est le cas d'un nuage), la force

[1] Depuis mon retour en France, j'ai eu l'occasion d'entendre une fois ce sifflement. Il n'a pas été réellement plus aigu que celui d'un boulet de canon de 36 au sortir de la pièce : et cela se conçoit, puisque le boulet fait le vide derrière lui tout comme la foudre peut le faire, puisqu'il se meut avec plus de vitesse que l'air qui, sous la pression ordinaire, pénètre dans le vide.

expansive de l'électricité s'ajoute à la force élastique du gaz pour faire équilibre à la pression de l'air sec ambiant. En sorte que plus la tension électrique augmente, plus l'élasticité et la densité propre de la masse gazeuse électrisée doivent diminuer. Et si l'électricité s'accumule en un point de la surface de cette masse, de manière à y acquérir son maximum de tension égale à la pression de l'air ambiant, à ce point et à cet instant, le vide doit être parfait dans la masse. Si l'étincelle vient alors à jaillir subitement, l'air ambiant ne sera plus retenu par la tension électrique, il se précipitera dans le vide formé; et il se produira alors, en grand, l'expérience du crève-vessie.

Telle est, je pense, la cause du bruit du tonnerre.

Les tensions électriques des divers nuages composant un orage, ou des divers parties d'un même nuage orageux, étant solidaires les unes des autres à cause des actions par influence qui ont lieu; on conçoit que cette tension venant à être détruite en un point, elle le soit par cela même en d'autres points par l'effet d'une simple recomposition d'électricité, sans qu'il y ait nécessairement départ de nouvelles étincelles. Cette destruction subite de la tension électrique pourra être également accompagnée d'un bruit fort résultant de la rentrée impétueuse de l'air extérieur; et l'on peut expliquer ainsi les coups multiples et les redoublements d'intensité dans le bruit du tonnerre.

Le roulement du tonnerre me paraît évidemment dû aux réflexions du son produites par les nuages électrisés; car ces nuages étant très-sensiblement

moins denses que l'air sec ambiant, doivent être par cela même très-propres à produire le phénomène de l'écho. En sorte que le lieu d'origine et toutes les qualités du son que l'oreille assigne au bruit du tonnerre trouvent ainsi dans notre théorie une explication toute simple.

Quant à l'averse qui suit le tonnerre, elle s'explique naturellement par la compression subite et considérable que doit éprouver la vapeur du nuage, par la rentrée subite de l'air ambiant.

—L'influence de l'électricité sur la densité et l'élasticité intérieure d'un nuage ou d'une masse gazeuse conductrice, me paraît jouer un rôle important dans la théorie des nuages et des phénomènes de l'atmosphère, et mériter d'être prise en sérieuse considération.

Si, par exemple, l'électrisation d'un nuage est subite (ce qui peut être produit par l'influence d'un autre nuage électrisé qu'un vent rapide amène dans sa sphère d'activité), la dilatation qui en résultera dans le nuage sera nécessairement subite; et cette dilatation subite devra produire nécessairement du froid. Ne serait-ce pas là la cause, encore inconnue, du froid qui produit la grêle? Et ne serait-ce pas là l'explication de l'intervention de l'électricité dans ce phénomène?

L'électricité en faisant dilater les nuages et diminuant ainsi leur densité, ne contribue-t-elle pas à leur suspension dans l'atmosphère? Ne contribue-t-elle pas à donner aux nuages orageux leurs formes si caractéristiques?

L'électricité, en diminuant l'élasticité propre des

masses gazeuses conductrices de l'atmosphère, ne contribue-t-elle pas, par ses variations diurnes et annuelles ou accidentelles, aux variations de la pression barométrique? etc.

25 février 1857. Lat. 56° 51' S. Long. 56° 56' O. Il a plu dans la journée, et de 10 h. à 3 h. il est tombé 7 millimètres d'eau.

— La température de l'air et celle de l'eau ont considérablement baissé dans cette journée. A une heure du matin, l'air était à 21°,0, la mer à 22°,5; à 11 h. du soir, l'air était à 16°,0, la mer à 15°,0. C'est, en 24 h., un abaissement de 5° pour l'air et de 7°,5 pour la mer.

C'est évidemment là une influence du Rio-de-la-Plata, quoique nous soyons à 40 lieues de l'entrée de ce fleuve, car la brise a été très-faible et très-variable dans la journée.

— L'horizon est embrumé.

— Une quantité considérable de poissons et d'animaux marins d'espèces différentes habitent ce parage. On y voit aussi une grande variété d'oiseaux de mer, et entre autres des Albatros, que nous voyons aujourd'hui pour la première fois.

26 février 1857. Lat. 58° 06' S. Long. 56° 02' O. Le cœur d'un thon, pris pendant l'opération d'un sondage thermométrique, a été trouvé à la température de 19°0, tandis que l'eau à la surface marquait seulement 16°,8; c'est une différence de 2°,2.

27 février 1857. Lat. 58° 57' S. Long. 56° 55' O. Le soleil étant à 60° environ de hauteur, et un brouillard très-dense, très-mouillant, mais de peu de hauteur, occupant la partie la plus basse de l'atmosphère, on voyait de dessus la dunette (7 mètres de hauteur) un arc-en-ciel se projeter tout entier sur la

mer sous la forme d'une ellipse complète dont l'ombre de la tête n'occupait pas le centre. Les couleurs n'étaient pas bien nettes. L'ensemble présentait une couleur d'un jaune sale. Les couleurs étaient plus vives dans la partie la plus éloignée; à cause sans doute du nombre plus considérable de globules éclairés aperçus par l'œil. Les bandes paraissaient aussi plus larges dans cette partie, parce qu'on les rapportait involontairement au plan même du niveau de l'eau. C'est à une illusion semblable qu'était due l'apparence elliptique de l'arc; car tous les rayons mesurés à partir de l'ombre de la tête, soustendaient également un angle de 42° environ.

Cette illusion, dont on ne pouvait se défendre, prouve bien que dans le phénomène ordinaire de l'arc-en-ciel où on le voit sous forme circulaire, l'arc est projeté par notre œil sur une sphère dont le centre est au sommet du cône irisé, c'est-à-dire dans notre œil même et non pas sur un plan vertical; car s'il en était autrement l'arc paraîtrait elliptique et non circulaire, comme on le voit réellement.

Nous étions évidemment là dans un brouillard formé, non de vapeur vésiculaire, mais de gouttelettes d'eau. Cela résulte, en effet, de la grande humidité qui faisait ruisseler les cordages du bâtiment, et de l'existence même de l'arc-en-ciel. Si un brouillard n'est autre chose qu'un nuage dans lequel on est, on doit conclure de cette observation qu'il existe des nuages formés de gouttelettes d'eau; comme il y a des nuages formés de vapeur vésiculaire et des nuages formés de neige. Ces derniers, comme on sait, se distinguent des

autres par les halos auxquels ils donnent lieu quand ils sont assez peu denses pour que la lumière du soleil puisse les traverser. Existe-t-il un caractère optique qui puisse également faire distinguer les nuages formés de gouttelettes d'eau, de ceux qui sont formés de vapeur vésiculaire? La teinte pâle, bleue, que prend quelquefois le soleil vu à travers certains nuages, ne serait-elle pas le caractère distinctif de cette espèce de nuages? Dans le cas actuel du moins, le soleil vu à travers ce brouillard de gouttelettes d'eau paraissait très-pâle; et tout le monde a pu remarquer qu'il en est de même quand on le voit à travers la pluie; quand il est *mouillé*, comme on dit vulgairement.

— Pendant cette brume, un thermomètre porté sur les barres de perroquet (37 mètres de hauteur) n'a baissé que de 0°,5.

— On a encore vu aujourd'hui une grande quantité de poissons et d'oiseaux d'espèces différentes. On a vu aussi beaucoup de débris flottants de fucus à lanières.

— La température du cœur d'un thon a été trouvée de 17°,3, celle de l'eau à la surface étant de 15°,0; c'est encore 2°,3 de différence comme la veille. Ainsi la température du thon a baissé de la même quantité que celle de l'eau, en lui restant cependant toujours supérieure de 2° environ.

28 février 1837.
Lat. 40° 24' S.
Long. 55° 59' O.

La mer est assez grosse. Les lames ont de 2m,6 à 3m,3 de hauteur au dessus du creux.

7 mars 1837.
Lat. 49° 59' S.
Long. 64° 35' O.

Les lames nous ont paru d'une largeur plus qu'ordinaire. Comparée à la longueur de la frégate, cette largeur a paru être de moitié en sus plus grande; ce qui

donne aux lames une étendue d'environ 75 mètres.

—Les mouvements horaires du baromètre ont été trouvés peu réguliers dans ces parages ; mais cela peut tenir en grande partie à la difficulté d'observer, suite des grands mouvements du navire.

10 mars 1837. Lat. 53° 24' S. Long. 66° 49' O.

—Dans la matinée l'air a été embrumé à l'horizon, mais à la nuit il est devenu d'une pureté extraordinaire. La lune et les étoiles, en se couchant, disparaissaient derrière l'horizon comme derrière le diaphragme d'une lunette. Leur lumière était alors moins éclatante qu'au zénith, mais elle n'éprouvait du reste aucune espèce de coloration. La lumière de la lune, en particulier, était de la plus grande blancheur, et son croissant était dessiné avec la plus grande netteté. Preuve évidente qu'il faut chercher la cause de la coloration ordinaire des astres, à leur coucher, dans la vapeur vésiculaire que contient habituellement l'atmosphère dans sa partie inférieure et non dans un effet ordinaire de réfraction de l'air atmosphérique pur, ou plus ou moins chargé de vapeur élastique.

13 mars. Lat. 56° 17' S. Long. 65° 30' O.

—Vers 1 heure de l'après midi, il est tombé de la grêle dont la forme était celle d'une pyramide quadrangulaire ayant pour base un segment de sphère. Les grêlons en tombant décrivaient une trajectoire très-sensiblement courbe. Ainsi à la sortie du nuage, la tangente à la courbe apparente faisait avec la verticale un angle d'environ 45°, et en arrivant en bas cet angle était de 10° environ, mais en sens contraire; en sorte que les deux tangentes extrêmes fesaient entre elles un angle d'environ 55°.

Il faisait alors presque calme à la surface de la mer, quoique le baromètre fût descendu à 737^{m} de hauteur. La température de l'air était à 5°,3; et nous étions à 40 lieues environ des terres du Cap Horn. Le thermomètre qui sert à prendre la température de l'eau, plongé dans cette grêle fondante, s'est maintenu à 0°,3.

15 mars 1857.
Lat. 57° 27' S.
Long. 67° 45' O.

Nous sommes dans le sud du Cap Horn, à 40 lieues de terre environ. Les lames ont de $6^{m},3$ à $6^{m},6$ de hauteur; elles sont très-larges (plus de 100 mètres). La frégate fatigue beaucoup. L'embarcation de babord, sous le vent, a failli être enlevée par la mer.

—Depuis quelques jours le temps est singulièrement entre-mêlé de calmes, de grains et de vent. A la température près, c'est le temps qu'on trouve ordinairement sous la ligne.

19 mars.
Lat. 58° 58' S.
Long. 72° 02' O.

Le baromètre est descendu à $726^{mm},2$. Le vent est très-fort sans être cependant à tempête. Mais il a fraîchi considérablement pendant la nuit, et a pu soulever l'embarcation de tribord, et l'appliquer contre les haubans du mât d'artimon.

—Les lames, y compris la crête, s'élèvent à $7^{m},0$ au-dessus du creux. Ce sont les plus hautes que nous ayons vues dans le courant de la campagne. Un gros paquet de mer embarqué par-dessous le vent a causé quelque désordre sur le pont même de la frégate.

—C'est vraiment admirable de voir les Albatros au milieu de ce déchaînement des éléments, se jouer de leur fureur, gagner sans aucun effort apparent contre un vent violent dont la vitesse ne peut pas être évaluée à moins de 20 à 25 mètres par seconde (18 lieues

de poste à l'heure), s'élever, s'abaisser mollement au-dessus de ces vagues impétueuses dont ils rasent la surface du bout de l'aile. *Ils n'ont pas l'air plus gênés que s'ils étaient chez eux*, disait un matelot, en les voyant faire. Et vraiment ce mot peint parfaitement bien la chose, car c'est à peine si toutes les cinq minutes ou tous les demi-quarts d'heure, on les voyait remuer les ailes.

Il est bien évident, d'après cela, que ce n'est pas dans des battements d'aile aussi rares que l'oiseau puise la force nécessaire pour résister à l'impulsion d'un pareil vent et à l'action de la pesanteur.

20 mars 1837. Lat. 59° 51' S. Long. 74° 22' O.

—Le baromètre a baissé encore dans la journée. Il est descendu à 720,2 (c'est le point le plus bas où nous l'ayons vu pendant la campagne). Cependant le vent, loin de fraîchir, a considérablement molli; et la hauteur des lames est descendue à 5^m,0 ou 5^m,3.

—La dépression de l'horizon a été très-faible, 3′42″ au lieu de 4′ 25″, qui est sa valeur moyenne à bord de la *Vénus*. C'est à très peu près la dépression qu'on aurait en supposant l'œil abaissé de la moitié de 5^m, ou de 2^m,5, conformément à la règle que nous avons donnée précédemment, à la date du 4 janvier 1837, pour corriger les observations de hauteur des astres de l'exhaussement apparent de l'horizon causé par les vagues.

26 mars 1837. Lat. 59° 48' S. Long. 82° 16' O.

—Le ciel étant devenu serein et le vent étant tombé, j'ai essayé de comparer les thermomètres vêtus de blanc et vêtus de noir. (C'est le seul jour où cette observation ait pu être tentée dans ces parages.)

	DANS LES ÉTUIS EN VERRE.				SANS ÉTUIS.	
Heures.	midi.	midi 20'	midi 30'	midi 55'	4h 5'	4h 30'
	—	—	—	—	—	—
Thermomètre noir. . .	23°,2	24°,5	22°,8	22°,3	11°,6	10°,7
Thermomtère blanc. .	13, 0	14, 5	12 ,8	13, 5	8, 7	7, 3
Différence.	10, 2	10, 0	10, 0	8, 8	2, 9	3, 4

La hauteur du soleil à midi était de 27°,43'. Le ciel était blanchâtre, l'air calme. La température moyenne de l'air entre midi et 2 h. a été de 6°,2.

Le 11 février, à Rio-Janeiro, par des circonstances atmosphériques à peu près semblables le thermomètre à l'ombre marquant 27°,5 environ, on avait eu .

	DANS LES ÉTUIS EN VERRE.		SANS ÉTUIS.		
Heures.	8h 30'	9h 0'	3h 0'	4h 0'	5h 0'
	—	—	—	—	—
Thermomètre noir.	47°,8	48°,8	46°,0	45°,5	38°,0
Thermomètre blanc. . . .	35, 8	36, 8	40, 0	40, 0	35, 0
Différence.	12, 0	12, 0	6, 0	5, 5	3, 0
Haut' apparente du soleil. .	36°	43°	49°	36°	22°

Il me paraît bien difficile de déduire quelque chose de positif de ce genre d'observation.

— Deux de nos thermomètres se sont cassés d'eux-mêmes, dans leurs étuis, sans choc extérieur et par le seul effet de la variation de la température. Tous les deux se sont cassés au coude que fait la partie supérieure du tube pour s'encastrer dans la plaque d'ivoire qui porte les divisions. J'avais déjà vu ce même effet se produire dans une autre campagne. Il serait par conséquent à désirer que ce coude fût évité dans la construction des thermomètres, ou que, du moins, on trouvât le moyen de recuire cette partie du tube.

Le vent étant très-faible et presque calme, un grand nombre d'Albatros et de Damiers sont venus nager dans les eaux de la frégate, et l'on en a pris beaucoup avec des lignes flottantes qu'on amorçait avec un peu de lard. 27 mars 1857. Lat. 59° 45' S. Long. 85° 49' O.

— Il est impossible de voir ces grands oiseaux voler des journées entières sans fatigue apparente contre des vents violents de 20 à 25 mètres au moins par seconde, sans reporter ses pensées sur la théorie du vol.

De tous les mouvements connus, le mouvement du vol est, sans contredit, celui dont la théorie est la moins avancée. Elle n'existe même pas, à vrai dire. Car on ne peut donner ce nom au travail de M. Navier inséré au tome XI des Mémoires de l'Académie des Sciences pour l'année 1828, page LXIV. Ce travail ne s'applique pas d'ailleurs au vol des oiseaux qui planent comme le font les Albatros.

M. Navier s'est complétement mépris sur le mécanisme du vol. M. Navier suppose dans son calcul que l'oiseau fait mouvoir ses ailes autour d'un axe perpendiculaire à la direction du mouvement qu'il s'imprime; de manière que la surface des ailes se présente toujours perpendiculairement à l'air dans la direction de ce mouvement Or, il suffit d'examiner le premier oiseau venu, pendant qu'il vole, pour voir qu'il n'en est pas ainsi; pour s'assurer que l'aile se présente toujours à l'air par sa tranche, dans la direction du mouvement, que jamais, dans les battements, sa surface ne s'éloigne beaucoup d'être parallèle à cette même direction, et que son mouvement de rotation s'exécute autour d'un axe

à peu près parallèle à cette direction et parallèle à l'axe de l'animal. L'oiseau, en effet, ne présente les ailes perpendiculairement à la direction de son mouvement que pour s'arrêter.

Une manière aussi insolite et aussi peu économique d'employer la force de l'oiseau, une erreur aussi grave sur les bases du calcul devaient nécessairement conduire un géomètre exact à des résulats erronés. Aussi M. Navier trouve-t-il pour l'hirondelle qui lui sert d'exemple, une force capable d'élever 6 *kilogrammes à la hauteur d'un mètre pendant chaque seconde de temps;* c'est-à-dire *la force ordinaire d'un homme.*

Et encore M. Navier n'a-t-il déterminé là, comme il l'a dit lui-même, que le minimum de la quantité d'action nécessaire au vol de l'hirondelle. Minimum bien éloigné sans doute de la réalité, comme le fait encore observer M. Navier; car toute les suppositions atténuantes ont été extraordinairement exagérées dans ce calcul; en sorte qu'on ne devrait par s'étonner de trouver à une hirondelle une force dix à douze fois plus grande.

Mais arrêtons-nous au minimum, trouvé par M. Navier, à la force *d'un homme*; et rappelons-nous que l'illustre M. Dumas, dans son admirable *Essai de statique chimique des êtres organisés*, établit en principe que toute la force d'un animal, comme de toute machine à vapeur, lui vient du charbon qu'il brûle. Nous en conclurons que, puisque l'hirondelle a la force *d'un homme*, elle brûle à peu près autant de charbon que lui, c'est-à-dire environ 240 grammes par jour, ou

16 fois son propre poids de charbon, ce qui correspond au moins à 300 fois son propre poids de nourriture ingérée et digérée. Résultat inadmissible et plus de mille fois trop considérable.

En appliquant les formules de M. Navier au vol d'un Albatros, j'avais touvé pour cet oiseau la force de 150 chevaux-vapeur ; résultat évidemment inadmissible encore, quoiqu'il ne soit pas disproportionné, eu égard à la différence des poids, avec celui que M. Navier donne pour l'hirondelle.

Une théorie qui part de bases aussi erronées et conduit à des résultats aussi exagérés, n'existe réellement pas. Et cependant une bonne théorie du vol et de la natation (ces deux mouvements ont entr'eux la plus grande analogie de mécanisme) serait une chose très utile à beaucoup d'égards. Aussi rapporterai-je ici les diverses observations que j'ai pu faire relativement à ces deux mouvements, malgré les préventions défavorables de bien des personnes contre ce genre de recherches.

Voici d'abord les mesures principales prises sur un Albatros. Elles pourront servir aux applications des formules, et feront, outre cela, connaître avec plus de précision ce géant des oiseaux de mer.

Poids de l'animal entier, 9 kilogrammes.

Poids de l'enveloppe (peau, plumes, os des ailes et des jambes), 1 kilog. 50 à peu près.

Envergure totale (du bout d'une aile au bout de l'autre aile), 3 mètres 14.

Longueur de chaque aile, 1 m. 44 (bras, 0,36; avant-bras, 0,48; main, 0,22; plumes, 0,38).

Largeur de chaque aile, très-petite, et seulement de 0 m. 16.
Surface de chaque aile, en mètres carrés, 0,182.
Surface des deux ailes, m. car., 0,365.
Epaisseur des ailes à la tranche antérieure, 0 m. 02.
Diamètre horizontal du corps (le plus grand), 0 m. 26 ou 0 m. 32.
Du bout du bec au plus grand diamètre du corps, 0 m. 57.
Du bout de la queue au plus grand diamètre du corps, 0 m. 55.
Du bout du bec au bout de la queue, 1 m. 12.
Longueur de la queue, 0 m. 20.
Largeur de la queue, 0 m. 14.
Surface inférieure du corps, la queue comprise, m. car., 0,290.
Les pattes, dans le vol, dépassent la queue de toute la longueur des palmes, et font l'office de queue ou de gouvernail.
Longueur des palmes des pattes, 0 m. 16.
Largeur des palmes des pattes, 0 m. 17.
Surface des deux palmes, m. car., 0,027.
Surface totale inférieure de l'animal pendant le vol (ailes comprises), m. car., 0,68.
Circonférence du corps au-dessus des plumes, 0 m. 99.
Diamètre vertical du corps, 0 m. 21.
Angle de proue (à peu près), 30°.
Angle de poupe, 35° à 40°.
Circonférence du col (au-dessus des plumes), 0 m. 36.
Circonférence du genou, 0 m. 10.
Circonférence de la jambe, 0 m. 053.
Inclinaison à l'horizon de l'axe de l'oiseau pendant le vol, 10° à 15°.

Dans le vol, les trois articulations de l'aile sont parfaitement tendues et ne se plient jamais; dans les bàttements, ce n'est que l'articulation de l'épaule qui joue, les autres restent roides. L'animal ne plie même pas toujours ses ailes quand il se pose sur l'eau. Car lorsqu'il ne se pose que pour peu de temps, il se contente de les relever, en les tenant à demi-tendues.

Quand ils veulent les plier tout-à-fait, ils sont souvent obligés de s'y prendre à plusieurs fois pour arriver à mettre en place leurs longues articulations; tant leur volonté a peu d'action sur les muscles de cette partie réduits presque à l'état de ligaments élastiques

Quand l'oiseau plane, le système des ailes et du corps forme un tout rigide qui s'incline et se meut tout d'une seule pièce; la queue ou plûtot les pattes qui en font l'office suffisent (en agissant comme un gouvernail) pour faire monter, descendre, incliner ou tourner l'animal. Les ailes sont alors légèrement arquées (0,10 à 0,15 de flèche). Dans les battements, quand l'aile se relève en tournant autour de l'articulation de l'épaule, l'arc augmente de $0^{m},05$ environ; quand elle baisse l'arc diminue de la même quantité environ, et de plus, le bout de l'aile se relève un peu par suite de la résistance de l'air et de l'imparfaite rigidité du système, et l'aile paraît alors légèrement sinueuse.

Les Albatros planent presque continuellement, surtout quand le vent est très-fort. Ils sont alors quelquefois plus de cinq minutes et jusqu'à un demi-quart d'heure *sans donner de coups d'ailes*. Je dis *sans donner de coups d'ailes*, car ils viennent passer si près de l'observateur, et leurs ailes sont si longues, qu'on verrait certainement remuer les extrémités des ailes, lors même que l'amplitude des battements ne serait que de deux ou trois degrés.

Habituellement, quand le vent est frais sans être très-fort, les battements d'ailes se succèdent à des in-

tervalles de deux à trois minutes. Et certainement, ce ne peut pas être là ce qui soutient l'oiseau contre le vent et contre la pesanteur. Ces mouvements n'ont évidemment pour but que de donner un peu de relâche à la tension des muscles pectoraux.

Quand l'Albatros vient en planant passer très-près de l'observateur, on distingue à l'œil, dans la tranche postérieure des ailes, un léger frémissement, et l'oreille perçoit un léger frôlement. Est-ce un simple effet de la résistance et du frottement de l'air sur les ailes? ou bien est-ce l'effet d'un mouvement vibratoire réel imprimé par l'oiseau lui-même à ses ailes? En un mot, ce mouvement est-il l'effet ou la cause du vol? Il est cause, je crois; et je pense que l'aile en masse exécute des vibrations très-rapides et d'amplitudes très-petites autour de l'humérus comme axe. Deux muscles, agissant en sens contraire et fixés perpendiculairement à l'extrémité d'un appendice osseux implanté lui-même perpendiculairement sur la tête de l'humérus, me paraissent éminemment propres à imprimer ce mouvement de rotation alternatif à cet os et à tout le système de l'aile qu'il entraîne dans son mouvement de vibration sur lui-même.

Ces deux muscles sont, il est vrai, très-petits en comparaison du pectoral; mais aussi leur jeu est alternatif, et ils n'ont pas comme le pectoral à faire un effort continuel à peu près égal au poids de l'animal, pour empêcher que les ailes ne cèdent à la pression de l'air, qui agit de bas en haut et tend à les redresser l'une contre l'autre derrière le dos de l'oiseau.

C'est dans ce mouvement vibratoire de l'aile, analogue au mouvement vibratoire de la queue des poissons, qu'il faut chercher, je pense, la cause du vol.

C'est ce mouvement d'une large lame élastique, flexible, vibrant dans un milieu résistant, qu'il faudrait soumettre au calcul, en tenant compte de l'élasticité et de la flexibilité de la lame, ainsi que du mouvement du fluide ambiant, non plus pour déterminer le nombre des vibrations exécutées dans une seconde, mais pour déterminer la pression contre l'axe de rotation, quand le nombre des vibrations par seconde est donné.

Un pareil calcul ne paraît pas au-dessus des forces analytiques de nos jeunes géomètres. Et d'ailleurs un savant professeur de l'Ecole Polytechnique, M. Lamé, n'a-t-il pas dit et prouvé, par son exemple même, qu'il n'y a plus de difficulté réellement insurmontable à l'analyse mathématique ?

Il suffit d'examiner de près un serpent ou une sangsue qui nagent (par la lenteur de leurs mouvements, ces animaux sont très-propres à cet examen) pour apprécier le rôle important que jouent la déformation, l'élasticité et la flexibilité variable de la lame vibrante, dans le mouvement de progression de ces animaux, et pour se convaincre que la force de propulsion est alors la *somme* des réactions exercées par le fluide ambiant sur la lame vibrante dans les deux demi-oscillations, et non pas la *différence* comme lorsque la lame est rigide. (La nature se montre toujours économe de la quantité d'action, et suit en général le principe de la moindre action.)

Pour se convaincre de la nécessité d'avoir égard au mouvement du fluide ambiant, il suffit de remarquer que les mouvements vibratoires dont il s'agit étant excessivement rapides, le fluide acquiert perpendiculairement aux faces de la lame vibrante des vitesses très-grandes, ce qui doit nécessairement rendre sa réaction sur la lame beaucoup plus considérable à chaque changement de direction du mouvement vibratoire de cette lame.

En examinant avec attention le vol des albatros, on s'aperçoit facilement qu'une grande vitesse horizontale de l'oiseau ou une grande vitesse du vent facilitent considérablement la suspension de l'oiseau dans l'air. Il y a sans doute une limite à cela; car il est à croire que dans les grandes tempêtes, quand l'air acquiert des vitesses de 30 à 40 mètres par seconde, l'albatros ne peut plus y résister, et qu'il doit *fuir devant le temps*, comme disent les marins. Mais en dehors de ce cas exceptionnel, la chose est manifeste.

Quand il fait calme plat de l'air et de la mer, les albatros, une fois posés sur l'eau, ne peuvent plus s'envoler tout seuls; et l'on peut, avec une embarcation, aller les prendre à la main. Ils ne peuvent pas non plus s'envoler une fois qu'ils sont placés sur le pont uni d'un bâtiment. On sait que, dans des circonstances pareilles, à terre, les aigles prennent la course debout au vent en étendant les ailes, et parviennent ainsi à s'enlever; mais les albatros ne savent pas courir, et en nageant c'est tout au plus s'ils peuvent se donner une vitesse d'un mètre par seconde.

Dans l'état ordinaire de l'air et de la mer, les albatros, pour s'envoler de dessus l'eau, se placent debout au vent, étendent les ailes, et profitent, pour s'élancer, du moment où, après les avoir élevés à leur sommet, les vagues, en s'abaissant, les laissent en l'air.

Il est évidemment impossible aux albatros de s'élever directement suivant la verticale, quelque petite que soit, du reste, la vitesse d'ascension ; et l'on peut, je crois, admettre que le vol exige généralement une dépense d'autant plus considérable d'action que sa direction approche plus de la verticale.

Quand le vent est très-fort, que le bâtiment est à la cape, et n'a, par conséquent, qu'une faible vitesse, les albatros se maintiennent facilement en volant dans les eaux du navire où ils trouvent leur nourriture, et ne font pour cela que de très-petites excursions à droite et à gauche de la ligne du sillage. Quand, au contraire, le vent est faible, ils sont obligés, pour se maintenir dans ces mêmes eaux, de faire de grandes excursions en décrivant de grandes courbes fermées qui les ramènent à chaque tour dans les eaux du navire. Ils essaient bien de suivre le bâtiment à la nage, mais, à moins d'un grand calme, ils n'y réussissent pas. On voit évidemment qu'ils ne peuvent rester en l'air à la même place, et qu'une grande vitesse, relativement à l'air ambiant, leur est absolument nécessaire pour se maintenir à une hauteur constante. En sorte que, si l'air lui-même ne possède pas cette grande vitesse, ils sont obligés, pour ne pas s'abaisser malgré eux et tomber, de se déplacer eux-mêmes horizon-

talement et continuellement avec une grande vitesse.

En volant, les albatros se tiennent toujours debout au vent. Pour revenir en arrière, ils se dressent ou s'inclinent de manière à offrir plus de prise au vent, qui alors les entraîne ; mais ils ne lui tournent jamais le dos dans les courbes fermées qu'ils décrivent.

Si l'on appelle P le poids de l'oiseau ; A l'angle que son axe oule plan de ses ailes fait avec l'horizon ; R la résistance ou pression normale de l'air sur la surface totale inférieure de l'oiseau, pression résultant du mouvement relatif de l'air et de l'oiseau, on a évidemment, en supposant la hauteur et la vitesse relative constante :

$$(1)\quad R = P \cos. A.$$

Si l'on appelle en outre : r la résistance ou pression de l'air sur la face antérieure de l'oiseau et parallèlement à l'axe de l'oiseau ; f le frottement de l'air sur le corps de l'animal (cette force étant dirigée dans le même sens que la résistance r) ; et si enfin l'on appelle F la force de propulsion de l'oiseau, force également dirigée parallèlement à l'axe, mais en sens contraire des deux forces précédentes, on a encore évidemment :

$$(2)\quad F = r + f + P \sin. A = r + f + \sqrt{P^2 - R^2}$$

puisque les cinq forces P, R, F, r, f, sont en équilibre.

Or, la résistance r doit être très-petite, à cause du peu d'étendue de la proue de l'oiseau et de la petitesse de son angle ; le frottement f doit aussi être très-petit, à cause du poli de la surface et de l'huile grasse dont les

oiseaux prennent soin d'enduire constamment leurs plumes; enfin nous avons vu que chez les albatros l'angle A est très-petit (de 10° à 15° seulement).

Il résulte de là que R doit différer peu de P, et que la force de propulsion F peut n'être qu'une assez faible partie du poids total P de l'oiseau.

Mais quelle est la quantité d'action dépensée par l'oiseau pour produire cette force de propulsion F? C'est ce que le calcul analytique, appliqué au mécanisme réel du vol, peut seul dévoiler.

Quant aux forces R, *r* et *f*, l'expérience pourrait facilement les donner en fonction de la vitesse relative de l'air et de l'oiseau et de l'angle A. Un albatros empaillé suffirait évidemment à cette détermination.

Les équations (1) et (2) rendent bien raison des principales circonstances que nous avons constatées dans les allures que prennent les albatros suivant la force du vent. En effet, quand la vitesse relative de l'air et de l'oiseau est nulle ou très-petite, la résistance R est nulle ou très-petite, puisqu'elle est sensiblement proportionnelle au carré de cette vitesse; et alors l'angle A est de 90°, ou très-voisin de 90°. En sorte que la force F, que doit produire l'animal, devient très-considérable et presque égale au poids de celui-ci, au lieu d'en être seulement une fraction assez petite.

Quand, au contraire, la vitesse relative est très-grande, R est très-grand et devient presque égal à P; alors l'angle A est très-petit, et le terme P sin. A de la force F devient très-petit. Mais, d'un autre côté, comme les deux forces *r* et *f* sont sensiblement proportion-

nelles au carré de la vitesse relative, elles augmentent et peuvent même devenir très-grandes, quand cette vitesse est excessive; et alors la force F (quoique le terme P sin. A soit très-petit) peut devenir elle-même assez grande pour que l'animal ne puisse plus la produire et qu'il soit obligé de *fuir devant le temps*. Entre ces deux extrêmes de la vitesse relative, c'est-à-dire entre *o* et ∞, qui donnent toutes deux des valeurs très-grandes pour F, il y a nécessairement une vitesse moyenne qui donne pour cette force la valeur minimum et à laquelle correspond une certaine valeur déterminée de l'angle A. Cet angle est sans doute celui de 10° à 15° sous lequel l'oiseau vole ordinairement, et cette vitesse celle de 10 à 15 mètres qu'il se donne le plus communément.

29 mars 1837.
Lat. 58° 47' S.
Long. 82° 53' O.

Un albatros pris à la ligne, et entraîné par le bâtiment dans sa marche, a été retiré mort et en réalité noyé. M. Léclancher, en le disséquant, a trouvé les os eux-mêmes remplis d'eau. C'est une preuve bien évidente, ce me semble, d'une communication plus ou moins directe de l'intérieur des os avec le milieu ambiant.

1er avril.
Lat. 58° 40' S.
Long. 81° 55' O.

Dans une grande sonde faite par 800 mètres, vers midi, par un calme parfait de l'air, le bâtiment n'ayant absolument aucun mouvement relativement à l'eau de la surface (comme il était facile d'en juger par les divers objets qu'on y voyait flotter), la ligne de sonde est cependant venue constamment du S. 48° O. sous l'inclinaison assez considérable de 45°. Cette inclinaison s'est maintenue à peu près la même, jusqu'au mo-

ment où il n'y a plus eu dehors que 80 mètres de ligne. A partir de cet instant, l'angle a rapidement diminué; et il était sensiblement nul quand la longueur de la ligne filée s'est trouvée réduite à 60 mètres. On doit conclure de là que le bâtiment était emporté vers le N. 48° E. avec une vitesse sensible par un courant uniquement superficiel, dont l'épaisseur pouvait avoir de 60 à 80 mètres de puissance, tandis qu'au-dessous de cette couche mobile, la mer était sans doute en repos. L'estime a donné, en effet, du 1^er^ au 2 avril, un courant moyen portant au N. 45° E. avec la vitesse de un quart de mille par heure.

— Dans une grande sonde faite par 3720 mètres de profondeur, et qui n'a pas duré moins de 4 h., la ligne est restée parfaitement à pic; le bâtiment n'ayant, du reste, lui-même aucun mouvement par rapport à l'eau de la surface. Cependant, d'après l'estime, le bâtiment était alors emporté vers le N. 2° E. avec une vitesse de un demi-mille à l'heure. D'où il faut conclure que toute la masse d'eau, dans une épaisseur de 3700^m^ (presque une lieue de poste), avait ici un même mouvement de translation vers le N., et que, par suite, ce courant est un courant de masse.

4 avril 1837.
Lat. 57° 46' S.
Long. 84° 33' O.

Pendant qu'on rentrait la ligne, 40 hommes, faisant leur force ordinaire de travail, étaient souvent arrêtés à la levée du bâtiment par la résistance de la corde; 50 hommes étaient arrêtés quelquefois; 10 hommes, faisant toute leur force, avaient beaucoup de peine à résister dans les mêmes circonstances.

Quand il ne restait plus que 2900 mètres de ligne

dehors, j'ai essayé de mesurer la tension de la corde à la levée du bâtiment; mais la romaine dont je pouvais disposer pour cela s'est trouvée trop faible, quoiqu'elle marquât jusqu'à 250 kilogrammes.

Cette tension considérable n'est pas uniquement due à l'excès du poids de la ligne et du plomb sur l'eau déplacée et à leur frottement, mais encore, et en grande partie, à leur inertie et à l'inertie de la quantité considérable d'eau qui adhère à la corde par capillarité et cohésion.

L'opération du sondage n'a pas duré moins de quatre heures, pendant lesquelles le calme de l'air n'a pas cessé d'être parfait. Il est singulier que ce soit dans ces parages, à 140 lieues dans le O. S. O. du Cap Horn, que nous ayons trouvé des calmes assez parfaits et assez prolongés pour exécuter de pareils sondages.

Le plomb n'ayant pas touché le fond, il en résulte que la mer a ici plus de 3700 mètres de profondeur.

L'eau s'étant malheureusement introduite dans l'étui en cuivre du thermométrographe malgré toutes les précautions prises, cet instrument a été cassé par la grande pression qu'il a eue à supporter (370 atmosphères environ).

5 avril 1857.
Lat. 56° 58' S.
Long. 84° 56' O.

Le calme s'étant prolongé, on a fait une nouvelle tentative pour avoir la température à une très-grande profondeur, et l'on a descendu l'instrument à 3914^{m}.

Nous avions réussi cette fois à fermer hermétiquement l'étui du thermométrographe, mais il n'a pu résister à la grande pression extérieure qu'il a eue à supporter (390 atmosphères environ); il s'est

aplati et crevé. Il était cependant en cuivre jaune, avait 0m,007 d'épaisseur, et seulement 0,033 de diamètre intérieur. Il a dû y avoir explosion au moment où l'étui s'est crevé; car le thermométrographe et son étui en verre étaient réduits en poussière.

Tous ces accidents fâcheux, arrivés à nos thermométrographes par suite de la pression de l'eau dans des circonstances où leur indication eût été si intéressante à connaître, font bien désirer qu'on arrive enfin à construire de ces instruments sur lesquels la pression n'ait pas d'action fâcheuse. Des thermomètres à la Bréguet, mais à lames épaisses, satisferaient, ce me semble, à cette condition. Il y aurait sans doute une correction difficile à faire relativement à la différence de compressibilité des deux métaux; mais il est probable, cependant, qu'on en viendrait à bout par des expériences préalables bien dirigées.

Le plomb n'ayant pas encore touché le fond dans cette sonde, on peut conclure que la mer a, dans ces parages, au moins 3900 mètres de profondeur (une lieue de poste environ).

—On ne peut assister longtemps, comme nous l'avons fait, au spectacle de la formation et de la propagation de ces belles vagues de 7 mètres de hauteur et de 150 mètres de largeur, sans se préoccuper de la théorie de ces mouvements, théorie bien peu avancée et bien digne cependant d'attirer l'attention des géomètres et des ingénieurs.

Quand l'air est calme, la surface de la mer est parfaitement lisse et sans ride, malgré les mouvements

assez rapides d'élévation et d'abaissement que peuvent lui imprimer les grandes ondulations qui se propagent dans le liquide. Cette surface réfléchit alors la lumière du ciel comme un miroir, et, vue d'un peu loin sous une forte obliquité, elle présente un reflet blanchâtre assez vif et très-caractéristique. La mer paraît alors comme un vaste réservoir d'huile.

Mais au moment où une brise sensible se fait sentir en un point, on y voit la mer perdre son reflet blanchâtre et prendre, au contraire, une teinte d'un bleu noir très-foncé qui tranche vivement sur tout le reste. Ce changement de teinte, sous l'action d'une brise naissante, s'aperçoit de loin (trois milles et même plus), et annonce aux marins l'arrivée du vent.

On est quelquefois étonné de la longueur du temps qui s'écoule entre la vue de ces premiers indices du vent et son arrivée à bord. (Les marins voient dans cette lenteur de propagation un présage de longue durée pour la brise qui s'élève; et le fait est que les *brises folles*, qui ne bleuissent la mer qu'en des points isolés, paraissent se transporter d'un point à l'autre avec une extrême rapidité.) On s'explique toutefois cette lenteur apparente en rapprochant la vitesse réelle du vent de la distance réelle qui sépare ces premiers indices de l'observateur; car si la distance est de 3 milles et que la vitesse du vent soit de 2 mètres par seconde (vent capable de faire filer 3 nœuds et même plus à un navire), il faudra plus de trois quarts d'heure au vent pour franchir cette distance. Il faudrait encore 11 minutes à un vent de 8 mètres par seconde (brise fraîche).

Le changement de teinte de la mer, sous la première impression du vent, est dû à la formation de petites rides, sur la formation desquelles il n'est pas inutile de s'arrêter; car ce sont là les véritables éléments de ces vastes lames dont le développement majestueux impressionne si vivement l'imagination.

Ces petites rides, vues de près, donnent à la mer l'apparence d'une surface couverte d'écailles. Chaque ride a sensiblement la forme d'un demi-cercle dont le diamètre s'agrandit continuellement. Ces demi-cercles sont juxta-posés sur une même rangée perpendiculaire à la direction du vent, et les demi-cercles de la rangée suivante recouvrent les joints de la rangée qui précède, comme le font les tuiles plates d'un toit. La surface de ces demi-cercles est lisse, légèrement conoïde, et se relève un peu dans la direction qui suit le vent; de manière que la partie la plus haute se trouve à la partie la plus avancée du demi-cercle, au point où ce demi-cercle coupe les joints des deux demi-cercles de la rangée qui précède. C'est là la forme de la partie postérieure de la petite lame qui s'est formée, de la partie qui a reçu l'influence directe du vent. C'est la face supérieure de l'écaille. Quant à la partie antérieure, elle est au contraire ridée, légèrement bombée, fortement inclinée à l'horizon, et quatre à cinq fois moins étendue que la face postérieure, dont elle limite le contour demi-circulaire. Elle forme comme le rebord épais de l'écaille.

Les rides circulaires très-étroites dont cette face est couverte sont au nombre de quatre à cinq, et sont

évidemment de même nature que celles qu'on a signalées sur le bourrelet qui précède tout corps flottant doué d'un mouvement de translation. Elles sont évidemment dues à un mouvement pareil communiqué à l'eau qui forme la face postérieure de la petite lame; eau que l'air en mouvement entraîne avec lui par suite de son adhérence ou de son frottement.

Ainsi, le vent, au lieu de former un long sillon perpendiculaire à sa direction, comme on aurait pu s'y attendre, et comme il finit par le faire en réalité, ne trace d'abord sur la surface de la mer qu'une suite régulière de demi-cercles se recouvrant les uns les autres comme des écailles. C'est au point d'entre-croisement de ces demi-cercles que se trouve la partie la plus élevée de la petite lame formée.

Ces petites lames disparaissent presque instantanément, dès que la brise cesse, ainsi qu'on le voit facilement lors des *brises folles* [1].

Leur formation dépend intimement de l'adhérence ou frottement de l'air contre la surface de l'eau, comme on peut facilement s'en convaincre en répandant une légère couche d'huile à la surface de l'eau; car on voit alors cette surface rester lisse et sans rides,

[1] L'existence et la formation de ces *brises folles* en pleine mer me paraissent bien difficiles à expliquer par la seule intervention des variations de température de l'air. Elles paraissent et disparaissent si soudainement, et semblent se transporter si rapidement d'un point à l'autre, quoique le vent y soit très-faible, et cela dans des directions si variables, qu'il me semble impossible de ne pas faire intervenir l'électricité de l'atmosphère dans leur explication.

même par un vent très-fort, quoiqu'elle puisse être d'ailleurs très-agitée, très-houleuse, par suite de communication de mouvements ondulatoires venus de plus loin.

Cette propriété de l'huile de rendre la surface de la mer lisse et sans ride, et de donner ainsi à la mer l'aspect qu'elle présente lorsqu'un calme subit de l'air succède à un coup de vent, a fait croire et dire que l'huile avait la propriété de *calmer les flots*. Mais l'huile n'oppose aucun obstacle à la propagation des ondes formées ailleurs ; seulement, en diminuant considérablement la prise du vent sur l'eau dans le lieu où elle est répandue, elle peut s'opposer efficacement à l'accroissement ultérieur des lames dans ce lieu, et diminuer d'une manière avantageuse aux bâtiments la vitesse de transport que le vent imprime à la crête des lames qui déferlent, ou même empêcher celles-ci de déferler. Il est évident toutefois que, pour pouvoir produire un effet sensible, il faudrait employer une grande quantité d'huile, souvent renouvelée ; car celle-ci s'étend rapidement en couche tellement mince à la surface de l'eau, qu'elle ne produit plus d'effet, et disparaît par simple évaporation après avoir montré les brillantes couleurs des anneaux colorés. Il faudrait, en outre, que le bâtiment se tînt toujours sous le vent de l'huile qu'il a jetée, de manière à avoir toujours au vent à lui une assez grande étendue de mer constamment huilée. (Les pêcheurs à la ligne, qui ont besoin de voir dans l'eau pour bien placer leur ligne, font souvent usage de l'huile pour faire disparaître les peti-

tes rides de l'eau qui s'opposent à la vision distincte en empêchant la transmission régulière de la lumière qui vient du fond.)

La vitesse de propagation de ces petites lames primitives, c'est-à-dire la vitesse d'agrandissement de leur diamètre, est très-petite; et si le vent continue à souffler, il se forme de nouvelles lames sur les premières. En certains points, les hauteurs de ces nouvelles lames s'ajoutent aux hauteurs des premières; dans d'autres, les creux s'ajoutent aux creux, et les lames grandissent ainsi en hauteur et profondeur. La forme circulaire primitive s'efface complétement, et l'on ne voit bientôt plus qu'une succession assez irrégulière de sommets approchant plus ou moins de la forme pyramidale.

En cet état, si le vent vient à cesser subitement, les lames disparaissent encore très-promptement, parce qu'elles n'ont pas encore la forme voulue pour se propager à de grandes distances sans déformation sensible.

Ce n'est guère qu'après une heure ou deux d'action, suivant la force du vent, qu'on voit, en pleine mer, les véritables ondes se dessiner au-dessous de ces lames pyramidales.

Si, dans ce nouvel état, le vent vient à cesser subitement, les rides disparaissent d'abord, et à peu près instantanément; il en est à peu près de même des crêtes pointues et des arêtes aiguës qui surmontent les lames pyramidales, de manière que celles-ci s'arrondissent sur le dos, et perdent ainsi rapidement une

grande partie de leur hauteur : et la mer est alors, pendant quelque temps, tourmentée par une houle courte et irrégulière, qui tombe à son tour pour ne laisser voir et subsister que les véritables ondes qui se propageaient au-dessous de la houle. Ces ondes ont peu de hauteur, ont une grande largeur dans le sens de la propagation, et une bien plus grande longueur dans le sens perpendiculaire; elles se propagent au loin sans déformation sensible, mais elles finissent cependant par disparaître elles-mêmes en diminuant peu à peu, et lentement, de hauteur. La cohésion du liquide paraît être une des causes principales de cette diminution de hauteur; car, plus le liquide est visqueux, plus le décroissement de la hauteur des ondes est rapide, comme on le voit facilement par l'extinction rapide des petites ondes produites à la surface d'une masse d'huile.

La formation de ces grandes ondes régulières au-dessous de cette espèce de chaos que présentent les lames pyramidales se heurtant les unes les autres, ne paraît pas facile à expliquer. On sait seulement que la durée et la force du vent, ou plutôt la durée et la hauteur des grosses lames pyramidales qu'il forme, et dont il entretient l'existence, ont une influence manifeste sur la formation de ces grandes ondes, sur leur hauteur principalement, et sur la rapidité de leur apparition.

L'étendue horizontale du bassin de la mer, ou plutôt l'étendue de la partie soumise réellement à l'action du vent, paraît avoir une influence directe sur la

largeur des ondes; car le rapport de la largeur à la hauteur des ondes est évidemment moindre dans la Méditerranée que dans l'océan Atlantique, et moindre dans l'océan Atlantique que dans les parages où nous nous trouvons, et où la mer se développe sans obstacle sur une étendue immense dans la direction même d'où le vent souffle habituellement.

On peut se rendre compte de cette influence par la grande vitesse de propagation de ces ondes, vitesse qui les fait se dérober à l'action du vent, et abrége ainsi considérablement la durée de cette action quand la mer a peu d'étendue. Ainsi nous avons trouvé, avec M. Bérard, dans la Méditerranée, une vitesse de 9 mètres par seconde à ces grandes ondes : c'était donc en 24 heures seulement qu'elles faisaient le trajet d'une côte à l'autre de cette mer. En sorte que le vent ne pouvait agir sur elles que pendant 24 heures au plus, et avec une vitesse relative de 11 à 16 mètres seulement, en supposant au vent une vitesse réelle de 20 à 25 mètres par seconde, ce qui est un vent très-violent.

La profondeur de l'eau exerce une influence manifeste sur la largeur et la hauteur des ondes. Ainsi, une onde bien constituée pour se propager sans déformation sensible sur un grand fond, subit une déformation subite et considérable quand elle arrive sur un petit fond. Sa largeur diminue et sa hauteur augmente tout d'abord, mais elle ne se propage pas sur le petit fond avec ces nouvelles dimensions, car sa hauteur diminue rapidement, en même temps qu'il se produit

un courant de transport dans le sens de la propagation de l'ondulation. L'onde, ainsi réduite en largeur et en hauteur, peut alors se propager sur le petit fond sans nouvelle déformation sensible tant que la profondeur de l'eau reste la même.

Cet excès de hauteur que prennent les ondes aux accores d'un banc, joint à la diminution de leur largeur, rend la mer plus mauvaise aux accores du banc qu'au large et que sur le banc.

On peut, jusqu'à un certain point, se rendre compte de ces effets, en faisant attention que, lorsqu'une onde se propage sans déformation sensible, la somme des demi-forces vives reste à très-peu près constante pendant toute la durée du mouvement. Mais, comme aux accores d'un banc la masse d'eau qui reçoit cette demi-force vive vient à diminuer subitement par suite de la diminution de la profondeur, la vitesse doit croître, et, par suite, l'eau doit s'élever plus haut et descendre plus bas; c'est-à-dire que l'onde doit prendre un excès de hauteur; et cet excès de hauteur doit à son tour produire, en se réduisant, un mouvement de transport horizontal.

Mais si l'on peut ainsi concevoir jusqu'à un certain point ce qui arrive au passage d'une onde d'un grand fond sur un petit, il est impossible, sans le secours de l'analyse, d'entrer dans les détails du phénomène.

Ce sujet de recherches me semble de nature à pouvoir être abordé avec succès par l'analyse dans son état actuel, et mériterait bien d'attirer l'attention des géomètres; car la théorie des marées restera incom-

plète tant que le problème du passage d'une onde d'un fond sur un autre n'aura pas été résolu.

Un de nos jeunes géomètres de la plus grande espérance n'eût pas fait sans doute contre la théorie de l'onde-marée une objection tirée de la grande différence de hauteur entre les marées de la mer du Sud et celles qui ont lieu sur nos côtes, si le problème en question eût été résolu, ou s'il eût pu observer par lui-même les accroissements considérables de hauteur que subissent les ondes quand elles passent d'un grand fond sur un petit fond, et de l'embouchure profonde et large d'une baie en entonnoir au fond de cette baie.

On voit, en effet, journellement des ondes d'une grande largeur qui, loin de la côte, n'ont pas plus de $0^m,2$ à $0^m,3$ de hauteur, acquérir des hauteurs de plus de 2 mètres sur la côte même, quand le fond se relève lentement suivant un plan faiblement incliné.

Sous l'influence du vent, les véritables ondes, outre les rides et lames pyramidales dont elles se couvrent promptement, subissent une déformation sensible quand le vent souffle dans la direction de leur propagation. Alors, en effet, la partie postérieure de la lame, soumise à l'action directe du vent, se déprime un peu, s'allonge, et la pente devient moins roide de ce côté; pendant qu'au contraire la partie antérieure se raccourcit, et que la pente y devient plus roide.

Quand le vent devient subitement d'une violence excessive, comme dans ce que les marins appellent *un coup de fouet*, la crête des lames pyramidales et des ondes est emportée par le vent sous forme de

poussière d'eau qui obscurcit l'horizon, et la hauteur des lames en est très-sensiblement diminuée ; le volume des lames et des ondes est lui-même très-considérablement réduit : en sorte qu'un bâtiment reçoit dans ces circonstances des chocs très multipliés, il est vrai, mais très-peu dangereux pour lui, à cause de la très-petite masse des lames choquantes. Ce sont ces effets d'un vent violent que les marins expriment en disant que *grand vent abat grosse mer*. J'ai été témoin d'un de ces coups de fouet excessivement violents dans la baie de Bone, sur la côte d'Alger. Le vent soufflait de l'Ouest, et par conséquent de terre, et cependant il enlevait directement, sous forme de poussière, l'eau même qui touchait au rivage. La mer est restée parfaitement plane sous l'action de ce vent impétueux ; et cela se conçoit facilement, puisque tout ce qui tentait de s'élever un peu au-dessus du niveau commun était immédiatement enlevé par le vent. La mer était toute blanche de brisants et couverte d'un brouillard très-dense formé par l'eau enlevée sous forme de poussière. Les marins, assimilant cette poussière à de la fumée, se servent souvent de l'expression *la mer en fumait* pour exprimer qu'un vent était d'une violence extrême.

Une chose bien singulière dans le coup de fouet observé à Bone, c'est que, dans le même instant, à Bone même, dans le fond de la baie, c'est-à-dire à la distance d'une lieue environ, on ne ressentait qu'une très-faible brise d'un vent contraire.

Quand le vent est moins violent, il n'emporte plus

la crête des lames, mais il leur communique, dans la direction de son mouvement, une impulsion horizontale plus ou moins grande, qui peut faire briser la lame : ce qui arrive quand la crête, par suite de cette impulsion, se meut plus rapidement que la lame qui la porte. Alors la mer *moutonne*. La masse d'eau qui a reçu du vent cet excès d'impulsion horizontale, la perd, mais en partie seulement, par l'effet du brisement de la lame. Cette eau se trouvant ensuite placée successivement, dans des positions très-diverses, sur la surface des ondes qui suivent, il n'est pas rare de voir une de ces nouvelles ondes briser à son tour, quand cette eau vient à se retrouver placée à sa crête : et l'on voit souvent ainsi plusieurs lames consécutives briser successivement, à peu près à la même place, par suite d'une première impulsion du vent sur une certaine masse d'eau.

Les courants ont une influence considérable sur la forme et l'allure des ondes. Quand le courant est très-fort (les plus forts courants en mer ne dépassent pas $2^m,5$ par seconde ; à $1^m,5$, ils sont très-forts ; à $1^m,0$, ils sont déjà forts : la Seine, à Paris, dans ses débordements, n'a guère qu'une vitesse moyenne de $1^m,0$ par seconde), quand, dis-je, le courant est très-fort et opposé au vent, il diminue très-sensiblement la largeur des ondes, et augmente peut-être un peu leur hauteur. Le courant, en ralentissant la marche de la partie inférieure de l'onde, tandis que le vent continue à pousser la partie supérieure, fait que la mer brise bien plus facilement. C'est un effet semblable à celui

qu'on voit journellement se produire à la côte; car l'eau qui s'est élevée sur la plage forme, en redescendant, un courant qui s'oppose à la marche de la partie inférieure de l'onde qui arrive, et fait *déferler* avec fracas la partie supérieure de cette onde.

Quand il n'y a ni vent ni houle, un courant un peu fort produit sur la mer un effet singulier qu'il n'est pas facile d'expliquer. Cet effet se produit aussi bien au large en pleine mer, à 100 lieues des terres, par 1000 mètres de profondeur, que près des côtes, par de petits fonds. La surface de la mer est alors alternativement unie et clapoteuse. Les espaces unis ont à peu près la même largeur que les espaces clapoteux; mais l'aspect qu'ils présentent à l'œil est très-différent : les premiers sont blanchâtres, tandis que les seconds sont d'un bleu noir très-foncé; et le niveau apparent de ceux-ci paraît très-sensiblement plus élevé que celui des premiers.

Le clapotis est formé d'une infinité de très-petites lames pyramidales, de forme particulière, presque aussi hautes que larges, qui s'élèvent et s'abaissent avec beaucoup de rapidité, et produisent ainsi un son très-sensible et très-caractéristique, qu'il est impossible de confondre avec aucun des autres bruits produits par la mer.

La partie unie présente l'aspect d'un immense bouillonnement sortant de la mer.

Il serait possible que le courant se propageât en formant une ligne ondulée et sinueuse dans le sens vertical, comme il arrive quand on fait communiquer un canal

supérieur avec un canal inférieur au moyen d'une vanne dont l'orifice est immergé. Les espaces unis correspondraient aux points d'émersion du courant, c'est-à-dire aux points maxima de la courbe sinueuse; tandis que les espaces clapoteux répondraient aux points d'immersion du courant, c'est-à-dire aux points minima de la courbe sinueuse; et le clapotis serait formé, comme dans l'exemple du canal, par l'eau venant de côtés divers pour remplir le vide laissé par l'immersion du courant. Dans un canal, il est vrai, le mouvement du courant en ligne sinueuse ne s'étend qu'à une petite distance de l'orifice; car bientôt toute l'eau de la section du canal se meut sensiblement dans la même direction avec la vitesse qui convient au régime de la dépense; mais peut-il en être ainsi en mer, où la largeur et la profondeur du canal sont comme infinies par rapport à la largeur et à l'épaisseur de la veine mobile? et l'effet ne doit-il pas être plus permanent et plus étendu?

On admet généralement qu'une onde se réfléchit contre une paroi verticale en faisant l'angle de réflexion égal à l'angle d'incidence, quelle que soit d'ailleurs la forme de la paroi, courbe ou plane. Il est cependant facile de s'assurer qu'il n'en est pas ainsi. Qu'on prenne, en effet, un bassin circulaire à moitié rempli d'eau, et qu'on y laisse tomber une goutte d'eau en un point quelconque de la surface liquide : on verra se former à ce point une suite d'ondes circulaires; ces ondes iront se réfléchir contre la paroi, et après cette réflexion, on les verra concourir toutes vers un seul et même

point, où elles se réuniront successivement en reprenant leur forme circulaire. Ce point de concours sera diamétralement opposé au point de départ, quelle que soit d'ailleurs la position initiale de celui-ci sur la surface du bassin circulaire. Les ondes, en rebroussant chemin après leur réunion au point de concours, se réfléchiront de nouveau contre la paroi, et iront alors se réunir successivement à leur premier point de départ. En sorte que le point de départ et le point diamétralement opposé jouissent, l'un à l'égard de l'autre, et relativement aux ondes produites, de la propriété dont les foyers d'une ellipse jouissent relativement à la lumière. Or, cette propriété se trouvant ici indépendante de la position du point de départ sur la surface du bassin circulaire, on doit en conclure nécessairement que la réflexion des ondes ne se fait pas, dans ce cas, suivant la loi de l'angle de réflexion égal à l'angle d'incidence. (Il doit être possible de déduire de cette observation, par l'analyse, la loi réelle de la réflexion des ondes sur les surfaces courbes.

Ainsi, la courbure de la surface modifie d'une manière sensible la loi de la réflexion des ondes liquides. Il est à croire que cette courbure n'est pas aussi sans influence sur la loi de réflexion des ondes sonores; car des voûtes bien réellement circulaires présentent des phénomènes de réflexion du son, qu'on ne devrait trouver que dans des voûtes elliptiques, si la réflexion du son se faisait toujours exactement, suivant la loi de l'angle de réflexion égal à l'angle d'incidence.

S'il existait quelque chose de semblable pour la lumière, s'il se trouvait des surfaces réfléchissantes de rayon assez petit pour rendre sensible l'influence de la courbure de la surface, ne devrait-on pas en conclure la réalité de l'existence des ondes dans les phénomènes de la lumière?

On admet assez généralement que, dans la propagation des ondes, le mouvement des particules d'eau est vertical. On remarque cependant que cette propagation est toujours accompagnée d'un petit mouvement de transport horizontal dans la direction même du mouvement de propagation de l'onde. Les marins en tiennent compte dans leur estime et le portent à $0^m,3$ ou $0^m,4$ par seconde, quand la lame est encore sous l'influence du vent, et à $0^m,1$ et $0^m,2$ quand il n'y a plus que de la houle, sans vent. Au reste, en y réfléchissant un peu, on voit bien vite que le mouvement purement vertical ne peut convenir qu'aux ondes *infiniment petites* dont les géomètres se sont particulièrement occupés; mais qu'il ne peut en aucune manière suffire à l'explication du mouvement des ondes réelles dont la hauteur est le $\frac{1}{20}$ et quelquefois le $\frac{1}{10}$ de la largeur; et à plus forte raison à celle du mouvement des lames dont la hauteur est quelquefois égale à la largeur.

On approcherait, je crois, beaucoup plus de la réalité des choses, en admettant que la direction du mouvement des particules d'eau est, dans tous les cas, sensiblement normale aux surfaces d'égale pression, et que ce mouvement est dirigé de dehors en dedans à la

partie postérieure de l'onde, et de dedans en dehors à la partie antérieure. Le petit mouvement de transport horizontal qui accompagne toujours l'onde se trouverait ainsi tout naturellement expliqué, et l'on retrouverait le mouvement purement vertical pour le cas particulier des ondes *infiniment petites*.

On ne peut pas évidemment admettre, avec certains auteurs, que la durée d'une oscillation soit la même pour toutes les ondes et indépendante de leurs dimensions. Car les grandes ondes mettent 4 à 5 secondes à exécuter leur oscillation, tandis que les petites l'exécutent dans une très-petite fraction de

Quand on examine avec attention, au bord de la mer, l'arrivée des vagues sur une plage de sable, on observe une sorte de périodicité dans le phénomène. Les lames n'atteignent pas toutes la même hauteur, n'arrivent pas toutes également loin sur la plage; celles qui atteignent le plus loin se succèdent à des intervalles assez réguliers, et sont séparées entre elles par quelques ondes qui n'arrivent pas à beaucoup près aussi loin. On est tenté d'abord d'attribuer cet effet à ce qu'il existe réellement au large des ondes plus hautes, séparées entre elles par des ondes plus faibles, suivant une loi régulière; mais, en y regardant de plus près, on voit que cet effet est dû uniquement à l'obstacle que l'eau, qui descend le long du plan incliné de la plage, oppose au mouvement et au développement des lames qui suivent. La lame qui éprouve le moins de résistance de cette eau descendante est celle qui parvient le plus loin; et l'on con-

çoit dès-lors facilement pourquoi la reproduction du phénomène est périodique.

A la mer, à bord d'un bâtiment, on croit aussi reconnaître une périodicité dans la constitution des vagues, mais l'effet est uniquement dû à la combinaison du mouvement oscillatoire propre du navire avec le mouvement oscillatoire de la mer.

On a cru voir un indice de la propagation du mouvement ondulatoire à de grandes profondeurs, dans les petites rides trouvées à la surface du sable à ces mêmes profondeurs. La conclusion ne me paraît pas ressortir nécessairement du fait observé; car, d'un côté, un courant continu produit ces mêmes rides sur le sable, et de l'autre, on ne conçoit pas trop comment des ondes de plusieurs dizaines de mètres de largeur à la surface ne produiraient que des rides de quelques millimètres seulement sur le sable du fond de la mer. Le fait de ces rides, observées sur les côtes de l'île Bourbon, pourrait bien tenir simplement à l'existence du courant chaud qui longe ces côtes. La réalité de la propagation du mouvement ondulatoire, à toute profondeur, démontrée par le calcul par M. Poisson, me paraît établie sur des preuves plus décisives.

On a pu voir, par tout ce qui précède, combien il serait à désirer que l'un de nos jeunes géomètres, pour qui les plus grandes difficultés du calcul ne sont qu'un jeu, voulût bien prendre pour sujet de ses recherches la théorie des *ondes réelles*, pour en faire connaître tous les détails de forme, de mouvement et de propa-

gation sous les diverses influences auxquelles elles se trouvent réellement soumises à la mer.

— La température d'un pétrelle de grande espèce a été trouvée de 38°,3. 8 avril 1837. Lat. 55° 36' S. Long. 81° 07' O.

Les oiseaux mordent aujourd'hui à l'hameçon avec une extrême avidité. Ils se battent pour prendre place auprès de l'appât. Ici, comme ailleurs, les plus forts chassent les plus faibles; aussi, les plus forts sont-ils victimes plus souvent que les faibles; ce qui n'arrive pas toujours ailleurs.

— Nos montres, réglées à Rio-Janeiro le 16 février, nous plaçaient déjà d'un degré et demi trop à l'Ouest, ainsi qu'on l'a reconnu plus tard par les nouvelles observations faites à Valparaiso.

La détermination des longitudes par les montres est évidemment un problème indéterminé. Si l'on nomme, en effet, l la longitude cherchée exprimée en temps, h_l l'heure du lieu pour une époque t, et h_p l'heure correspondante de Paris, on a :

$$l = h_p - h_l.$$

Mais si l'on nomme h_m l'heure correspondante de la montre, on a :

$$h_p = h_m + f(t);$$

et par suite :

$$(1) \qquad l = h_m - h_l + f(t).$$

$f(t)$ est une fonction inconnue du temps, car on n'en connaît qu'un certain nombre de valeurs particulières

qui ne suffisent évidemment pas pour qu'on puisse déterminer la forme et les constantes de cette fonction.

C'est ce que l'on voit, du reste, parfaitement d'après l'expression générale de $f(t)$. Supposons, par exemple, qu'on ait déterminé l'heure du lieu et de la montre aux époques t_d, t_{d+1},... t_{n-1}, t_n, t_{n+1},... t_{x-1}, t_x, t_{x+1}, ... t_{y-1}, t_y, t_{y+1},... t_{a-1}, t_a, dans les lieux dont les longitudes sont l_d, l_{d+1},... l_{n-1}, l_n, l_{n+1}, l_x,... l_y,... l_{a-1}, l_a; si l'on connaît les longitudes de ces divers lieux, à l'exception des longitudes l_x, l_y,... des lieux où les observations correspondantes aux époques t_{x-1}, t_x, t_{x+1},... t_{y-1}, t_y, t_{y+1},... ont été faites, l'équation (1), en y mettant pour l, h_m et h_l, leurs valeurs correspondantes, fera connaître les valeurs particulières de $f(t)$ pour toutes ces époques. Toutefois, les valeurs de... $f(t_{x-1})$, $f(t_{x+1})$...; ... $f(t_{y-1})$, $f(t_{y+1})$, ... contiendront encore dans leur expression les longitudes inconnues l_x, l_y,... mais au premier degré seulement.

Maintenant, si l'on appelle $\chi(t)$ une fonction entièrement arbitraire de t, assujettie seulement à ne pas devenir infinie pour $t = t_d$; $t = {}_{d+1}$... $t = t_{n-1}$; $t = t_n$; $t = t_{n+1}$... $t = t_{x-1}$; $t = t_{x+1}$... $t = t_{y-1}$; $t = t_{y+1}$... $t = t_{a-1}$; $t = t_a$, et qu'on prenne

$$\varphi(t) = \int_{t_d}^{t}\int_{t_{d+1}}^{t} \ldots\ldots \int_{t_{n-1}}^{t}\int_{t_{n+1}}^{t} \ldots\ldots \int_{t_{x-1}}^{t}\int_{t_{x+1}}^{t} \ldots\ldots$$

$$\ldots\ldots \int_{t_{y-1}}^{t}\int_{t_{y+1}}^{t} \ldots\ldots \int_{t_{a-1}}^{t}\int_{t_a}^{t} \chi(t)\, dt^x$$

la fonction φ se réduira à zéro pour toutes les valeurs suivantes de t :

$$t_d, t_{d+1} \dots t_{n-1}, t_{n+1} \dots t_{x-1}, t_{x+1} \dots t_{y-1}, t_{y+1} \dots t_{a-1}, t_a.$$

Il en sera de même de la fraction $\frac{\varphi(t)}{\varphi(t_n)}$, qui en outre se réduira à l'unité pour $t = t_n$. De plus, la fonction $\int_{t_n}^{t} \varphi(t)\,dt$ se réduira à zéro pour ces mêmes valeurs de t, et aussi pour la valeur $t = t_n$.

Cela posé, on voit facilement que l'expression la plus générale de la fonction $f(t)$ se composera d'une suite de termes de la forme $\frac{\varphi(t)}{\varphi(t_n)} f(t_n)$, et d'un dernier terme de la forme $\int_{t_n}^{t} \varphi(t)\,dt$. En sorte que la valeur la plus générale de $f(t)$ peut être représentée par

$$(2) \qquad f(t) = \Sigma \left(\frac{\varphi(t)}{\varphi(t_n)} f(t_n) \right) + \int_{t_n}^{t} \varphi(t)\,dt;$$

la somme Σ s'étendant à toutes les valeurs $f(t_d), f(t_{d+1}, \dots f(t_{n-1}), f(t_n), f(t_{n+1}) \dots f(t_{x-1}), f(t_{x+1}) \dots f(t_{y-1}), f(t_{y+1}) \dots f(t_{a-1}), f(t_a)$; et la fonction χ variant d'ailleurs tout à fait arbitrairement d'un terme à l'autre de cette expression.

Cette valeur de $f(t)$ satisfait évidemment, et de la manière la plus générale, à toutes les conditions auxquelles la fonction $f(t)$ est soumise. En y substituant

t_x, t_y... en place de t, on obtiendra les valeurs de $f(t_x)$, $f(t_y)$..., qui, substituées successivement dans l'équation (1), en même temps que les valeurs correspondantes de h_m et de h_l, fourniront entre les inconnues l_x, l_y... autant d'équations qu'il y a d'inconnues; ce qui en déterminera complétement les valeurs.

Ces équations seront du premier degré, car les inconnues n'entrent qu'au premier degré dans les valeurs de .... $f(t_{x-1})$; $f(t_{x+1})$; .... $f(t_{y-1})$; $f(t_{y+1})$ .... qui n'entrent elles-mêmes qu'au premier degré dans l'expression de $f(t)$.

En substituant les valeurs des inconnues l_x, l_y ... dans l'expression de $f(t)$, on aura la valeur de cette fonction dégagée de toute inconnue, et cette valeur servira ensuite à faire connaître immédiatement, au moyen de l'équation (1), la longitude des lieux pour lesquels on n'a qu'*une seule observation* d'heure.

Telle est la solution analytique rigoureuse et complète du problème que présente la détermination des longitudes par les montres; car l'observation ne donne rien de plus ni rien de moins que ce qui entre dans cette formule.

Mais l'on voit qu'à cause de l'indétermination complète des fonctions arbitraires χ, l'on ne peut arriver à des résultats numériques qu'en faisant des hypothèses tout à fait arbitraires sur les formes et les valeurs de ces fonctions.

En faisant les fonctions χ égales à l'unité sous le signe Σ et nulles dans le dernier terme de l'expression de $f(t)$, on tombe, comme cas particulier, sur la for-

mule d'interpolation de Lagrange, qui satisfait, en effet, évidemment aux conditions que doit remplir la fonction $f(t)$, dont elle offre ainsi une solution très-particulière.

Cette dernière formule devient elle-même si compliquée et d'une application si laborieuse, dès que le nombre des observations est un peu considérable, qu'on fait bien, je crois, de s'en tenir aux méthodes simplifiées connues, et dont l'emploi est suffisamment justifié par une longue pratique.

Ces simplifications sont basées principalement sur ce que l'artiste, en construisant la montre, a cherché à rendre la fonction $f(t)$ nulle ou du moins constante, et qu'en réalité, dans les bonnes montres, cette fonction varie peu avec le temps. Cela permet de prendre pour $f(t)$ les deux ou trois premiers termes du développement de cette fonction donné par la formule ordinaire d'interpolation; pourvu qu'on ait soin de changer aussi souvent que possible le point de départ du temps; car les termes négligés, quoique affectés de coefficients très-petits, finiraient par prendre une valeur considérable, si le temps devenait lui-même considérable.

15 avril 1857.
Lat. 44° 24' S.
Long. 82° 06' O.

— Depuis le 9 avril, les nuages, par leur distribution en longues lignes parallèles, rappellent un peu le ciel des tropiques. Ils sont toutefois plus larges, plus diffus; ils sont moins bien nettement limités, et ne présentent pas dans le bas cette terminaison nette en ligne horizontale que les nuages des tropiques présentent toujours. On voit qu'ils sont formés de brume peu élevée. Ils chassent des mêmes

vents que nous ressentons à bord, c'est-à-dire du N. O.

Le 15 au soir, vers huit heures, ces nuages, en passant devant la lune, donnaient lieu à la formation d'une couronne dont les couleurs étaient beaucoup plus vives qu'à l'ordinaire. En partant de l'extérieur, on trouvait d'abord une zone assez mince, rougeâtre, dont le rayon était d'environ 2°40′; puis une zone d'un bleu un peu clair, et dont le bord extérieur était mieux tranché que le bord intérieur. Venait ensuite une zone sans couleur sensible, et enfin une zone large, d'un orangé un peu rougeâtre, mieux terminée à l'extérieur qu'à l'intérieur, où elle se fondait insensiblement dans la clarté atmosphérique qui entourait le disque de la lune.

16 avril 1857.
Lat. 45° 47′ S.
Long. 81° 26′ O.

Dans deux grandes sondes thermométriques faites d'une heure à deux, la première par 800 mètres, la seconde par 1780 mètres, la ligne s'est tenue parfaitement verticale; quoique l'instrument soit resté aux profondeurs indiquées, 42 minutes pour la première, et 38 pour la seconde. Et cependant le bâtiment était très-probablement alors emporté vers le N. N. E., avec une vitesse de plus d'un demi-mille à l'heure.

Le manque d'observations astronomiques pour le 16 ne permet pas de déduire de la route estimée la vitesse moyenne du courant, dans les 24 heures. Mais on trouve pour le 15 un courant portant au N. 14° E. avec une vitesse de 17 milles en 24 heures, et pour le 17 un courant portant au N. 33° E. avec une vitesse de 11 milles en 24 heures. Si l'on prend la

moyenne de ces deux déterminations, on trouve pour la direction probable des courants dans la journée du 16, le N. 23° E., et pour leur vitesse, 14 milles en 24 heures. Et comme, malgré ce transport du bâtiment, la ligne est restée toujours bien à pic, on doit conclure que, dans ces parages, la couche mobile de la mer a au moins une épaisseur de 1780 mètres (un mille à peu près). Nous sommes à 70 lieues dans l'ouest de la pointe sud de l'île de Chiloé, vers le point de partage indiqué par les très-utiles cartes physiques de Berghaus, pour le courant froid des côtes du Pérou.

— Du 21 avril au 23, la température de la mer a baissé de 3° environ, quoique nous nous soyons rapprochés de l'équateur de 6° du premier jour au second; mais il faut remarquer que, pendant ce temps, nous nous rapprochions de la terre dont nous apercevons aujourd'hui les hautes montagnes de l'intérieur, et qu'actuellement nous trouvons fond par 170 mètres.

23 avril 1837. Lat. 34° 03' S. Long. 74° 45' O.

— Brume épaisse et calme parfait. La température de l'air, prise sur les barres de Perroquet (37 mètres de hauteur), a été trouvée sensiblement la même que sur le pont (11°,5).

24 avril 1837. Lat. 35° 26' S. Long. 74° 24' O.

— On a trouvé fond par 290 mètres.

— Durant une sonde thermométrique, la ligne est restée parfaitement verticale, quoique le bâtiment fût, sans aucun doute, porté vers le nord, comme dans les jours précédents, par le courant froid des côtes du Pérou, avec une vitesse d'un mille à l'heure environ; ce qui prouve encore que ce courant est un courant de masse, et non pas uniquement un courant superficiel.

— Nous sommes dans le voisinage de Valparaiso.

26 avril 1837.
Lat. 33° 02' S.
Long. 74° 04' O.
A Valparaiso.

Nous avons mouillé, en rade de Valparaiso, dans la soirée.

Ici, comme à Rio-Janeiro, le ciel nous a paru d'une pureté extraordinaire; les étoiles avaient pour nous un éclat inaccoutumé; et d'après l'effet semblable que nous avons éprouvé dans diverses autres relâches, on peut, je pense, admettre, comme règle à peu près générale, que l'atmosphère est très-sensiblement plus transparente à terre qu'à la mer par les faibles latitudes.

—Dans notre traversée du cap Horn, la hauteur barométrique a été trop variable et trop difficile à observer, pour qu'on ait pu en déterminer la variation diurne.

—Nous sommes partis de Valparaiso, pour le Callao de Lima, le 13 mai 1837, vers midi.

22 mai 1837.
Lat. 15° 50' S.
Long. 79° 01' O.

Dès la veille, nous avions remarqué dans l'eau de la mer une couleur extraordinaire. Sa teinte était devenue d'un vert-olive foncé. Le 22, ayant sondé par 211 mètres et trouvé fond, le plomb a rapporté de la vase ayant cette même couleur, mais d'une teinte un peu plus claire. M. le commandant Du Petit-Thouars ayant fait draguer, la drague a rapporté une quantité considérable de cette même vase, dont on a recueilli des échantillons.

Cette matière est réellement impalpable et n'a pas d'odeur sensible à l'état naturel; mais en la calcinant, elle répand, d'une manière très-manifeste, l'odeur des matières animales en combustion, et laisse une cendre très-volumineuse d'un gris blanchâtre, qui rappelle

par son apparence la terre végétale du plateau élevé (43^{m}), situé entre le Callao de Lima et le Moro-Solar. Je regarde comme très-probable que le microscope dévoilerait dans cette matière l'existence d'une grande masse d'animalcules microscopiques.

L'eau même de la surface contient de cette poussière verte en suspension, car la coque du bâtiment, à la hauteur de la flottaison, en a été recouverte d'une couche mince. Et c'est évidemment à cette matière que la mer doit ici sa coloration en vert-olive foncé.

La permanence de cette coloration de la mer dans ces parages, malgré le fort courant de masse qui emporte constamment toute l'eau vers le nord, est un fait curieux. La chaleur tropicale, en pénétrant cette masse d'eau polaire, donnerait-elle naissance à ces animalcules microscopiques?

— Du 17 au 22 mai, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de 1^{m},78.

—Pendant le calme, deux baleines sont venues jouer le long du bord. A la première vue, elles n'ont pas paru très-grandes (leur vivier est si vaste qu'elles n'y paraissent pas disproportionnées); mais lorsqu'elles se sont levées toutes droites, le long du bâtiment, en présentant la moitié de leur corps hors de l'eau, oh! alors, elles ont bien paru dans toute leur grandeur. 25 mai 1837. Lat. 12° 39' S. Long. 79° 27' O.

Des plantes marines végétaient sur leur queue et sur leur mâchoire. On voyait aussi quelques coquilles sur leur dos, ce qui tendrait à faire croire qu'elles n'étaient pas jeunes; et cependant leur longueur n'a pas paru dépasser 12 à 13 mètres.

L'eau qui jaillit au-dessus de leurs évents, quand elles soufflent, ne paraît pas sortir des évents mêmes, mais être soulevée et entraînée mécaniquement par l'air expulsé. Cette eau s'élève à 3 mètres de hauteur environ.

L'air expulsé est d'une fétidité repoussante.

Après avoir soufflé, leurs évents ne se ferment qu'au moment où l'eau de la mer vient à les effleurer. Il faut pour cela que cette partie soit pourvue d'un tact assez délicat.

Ces baleines ont été quelquefois jusqu'à cinq minutes sans souffler.

Leurs évolutions ont été très-variées et eussent été très-curieuses à étudier ; malheureusement, un coup de fusil, des plus inutiles du reste, tiré sur l'une d'elles, presque à bout portant, leur a fait prendre la fuite et nous a privés de cet intéressant objet d'étude. Nous avons cependant pu les voir exécuter un mouvement assez curieux, et qui d'abord ne paraît pas possible : c'est nager à reculons. Elles se servent pour cela de leurs immenses nageoires de côté; mais, comme on le conçoit bien, le mouvement qu'elles peuvent s'imprimer ainsi est très-lent.

24 mai 1837. Lat. 12° 04' S. Long. 79° 54' O. Au Callao de Lima.

— Nous avons mouillé en rade du Callao de Lima dans la soirée, vers onze heures.

—Le 26, nous sommes partis, M. Lefebvre et moi, dans le grand canot de la frégate, pour essayer de déterminer la position des îles Hormigas par des observations faites à terre ; mais il nous a été impossible d'aborder, à cause de la mer qui brisait sur tous les

points de ces petits îlots, quoiqu'elle ne fût pas réellement grosse.

Ayant fait route la nuit par un ciel serein, nous avons été, à la lettre, transis de froid; nous avons grelotté, quoique la température de l'air fût de 16 à 17 degrés, et que nous fussions bien vêtus. Il est assez singulier de grelotter de froid par 12° de latitude au niveau même de la mer.

L'île principale, dont la hauteur est d'environ 90 mètres, est habitée par une quantité énorme d'oiseaux d'espèces différentes et de phoques. Les cris divers et les mouvements tumultueux de tous ces animaux à notre approche auraient eu quelque chose d'effrayant, si l'on n'eût connu l'humeur pacifique de tous les habitants de cette île. En voyant une aussi grande masse d'animaux réunis sur un seul point, nous avons compris la possibilité de la formation du Guano dans un pays où il ne pleut jamais.

— On admet assez généralement que les ailes des poissons-volants ne leur servent que de parachutes, et que toute leur vitesse d'impulsion est prise dans l'eau. Cependant, j'ai très-bien vu, dans cette excursion, un poisson-volant battre d'abord des ailes en l'air, et puis les faire vibrer en planant.

Il a décrit ainsi un demi-cercle environ, en allant, par l'avant, de tribord à babord de notre canot. Comme une simple orientation de ses ailes eût suffi, avec la vitesse initiale, pour lui faire décrire le demi-cercle, on ne peut guère douter que les mouvements vibratoires des ailes ne fussent un moyen de propul-

sion. Peut-être que la queue elle-même exécute aussi, dans ces cas, des mouvements rapides de vibration; mais je ne l'ai pas remarqué dans cette circonstance.

— Les îles Hormigas, San-Lorenzo, Fronton et quelques collines de l'intérieur, présentent l'aspect de dunes de sable, quoique la charpente en soit de roche; la couche de sable qui les recouvre n'a qu'une épaisseur très-petite, excepté dans les angles rentrants des anfractuosités du terrain, où le vent l'accumule en plus grande quantité. En examinant la chose de près sur l'île San-Lorenzo, on reconnaît bientôt que le sable se forme sur place par la désagrégation journalière des roches. Cette désagrégation atteint non-seulement les roches, mais encore les coquilles jetées à la plage, les os, les briques, etc.; c'est un phénomène de tous les jours, et chaque substance donne son sable particulier. La nature me paraît employer ici, et en grand, le procédé imaginé par M. Brard, pour apprécier la gélivité des pierres.

En appliquant la langue sur la face extérieure d'un fragment de roche, on perçoit une saveur saline non équivoque. Quelle est la nature de la substance qui donne cette saveur? C'est ce que je ne puis dire au juste. Mais il me paraît très-probable que c'est un mélange de sel marin et de divers nitrates. On doit y supposer le sel marin, à cause de l'exposition de ces lieux au vent de mer qui, comme on le sait, transporte ce sel à des distances assez grandes; et les nitrates, parce que l'on trouve des efflorescences salpêtrées de 5 à 6 milli-

mètres d'épaisseur dans les parties asséchées du marécage que forment les eaux du Rimac.

Comme il ne pleut jamais dans cette localité, ces sels ne sont pas entraînés par les eaux pluviales, mais ils sont journellement dissous par les rosées abondantes et les brumes épaisses, si fréquentes dans ces parages. Ces sels peuvent ainsi pénétrer à l'état de dissolution concentrée dans la couche superficielle des roches, et ils y cristallisent, quand la chaleur considérable du jour vient à faire évaporer l'humidité. En cristallisant, ils doivent désagréger le corps, comme le fait le sulfate de soude dans le procédé de M. Brard.

Le grès fin, les ardoises, les coquilles, fournissent une poussière si fine, qu'elle a été prise pour de la cendre volcanique; et elle passe assez généralement pour telle dans le pays. Mais une pareille opinion ne peut être soutenue, car l'île San-Lorenzo, uniquement composée de grès grossier, de grès fin et d'ardoises en couches parallèles, très-diversement inclinées sur les divers points de l'île, ne présente absolument aucune trace de phénomène volcanique.

L'accumulation du sable dans les anfractuosités du terrain ou ravins, et sur des pentes très-inclinées, où ce sable repose sur un fond de roche, prouve bien l'absence complète de pluie dans ce pays; car il serait immédiatement entraîné s'il y faisait seulement une averse un peu forte.

De plus, l'existence de ces anfractuosités en forme de ravin, dans un pays sans pluie, prouve bien, ce me semble, que leur formation n'est pas due à la pluie, et

qu'il faut en chercher la cause dans le soulèvement même qui a produit ces collines (400 mètres de hauteur), à moins d'admettre que le climat de ces parages n'a pas été toujours ce qu'il est aujourd'hui, ce qui du reste ne paraît pas impossible *à priori*.

— Les parties basses de la côte, dans les environs du Callao, sont bordées d'une digue de cailloux roulés qui peut avoir en certains points jusqu'à 6 mètres de hauteur. La pente de cette digue est roide et uniforme du côté de terre. Elle est un peu plus douce du côté de la mer; et dans la partie la plus exposée aux vagues, dans le sud du Callao, elle offre trois ressauts on banquettes qui correspondent sans doute à trois états moyens différents de la force des vagues.

On est frappé de la grande régularité de forme que présentent un grand nombre de ces cailloux, qui tous approchent plus ou moins de la forme ellipsoïdale. Les ellipsoïdes à trois axes inégaux sont de beaucoup les plus communs; viennent ensuite les ellipsoïdes de révolution, et enfin les sphères, qui sont de beaucoup les plus rares. Ces formes dépendent évidemment des formes primitives des fragments de roches soumis à leurs chocs et frottements mutuels par l'action des vagues de la mer; et en outre aussi de la durée et de l'intensité de cette action.

Il semblerait résulter de cette régularité de forme, que l'ellipsoïde est, après la sphère, le solide de plus grande résistance aux chocs obliques et aux frottements tangentiels; et il serait assez curieux de savoir si le calcul confirme cette conclusion.

Ces cailloux sont sans doute remaniés aujourd'hui pour la seconde fois par la mer; car ils proviennent très-probablement de la haute falaise qui règne entre le Callao et le Moro-Solar. Cette falaise, coupée dans une puissante couche géologique (43 mètres de hauteur), presque uniquement composée de cailloux roulés, est en effet tous les jours sappée au pied par la mer, et les cailloux, obéissant de nouveau aux vagues et au courant, sont entraînés vers le nord et vont former sur le bord de la mer ces digues si curieuses par la régularité de leur forme.

Cette puissante couche de cailloux roulés est intéressante sous plusieurs rapports. J'y ai trouvé, mêlés avec les cailloux, des morceaux de poterie également roulés. Ce qui prouve bien, ce me semble, que le soulèvement de cette couche est postérieur à l'apparition de l'homme dans cette partie du continent américain.

Ces débris de poteries sont rares dans la partie inférieure de la couche, et plus communs dans la partie supérieure.

Au-dessus de la couche de cailloux roulés, se trouve une couche de terre végétale de $1^{m},5$ à 2^{m} d'épaisseur, qui paraît à l'œil assez exactement horizontale et qui contient en certains points une grande quantité de débris de poteries et d'ossements humains très-friables. Ces débris ne sont pas roulés, et sont évidemment postérieurs au soulèvement de la couche.

Cette terre végétale est formée d'une poussière excessivement fine, d'un gris de cendre très-légèrement verdâtre, et dont la nature m'a paru très-analogue à

celle des cendres qui étaient résultées de la calcination de la vase verte impalpable que la drague avait rapportée quelques jours auparavant du fond actuel de la mer. En sorte que ce fond serait le mêmé aujourd'hui qu'à l'époque antérieure au soulèvement de cette puissante couche de cailloux roulés.

Cette couche est divisée de distance en distance par de petits bancs discontinus, d'une argile compacte, d'un gris noir verdâtre. Ces bancs offrent de loin l'apparence d'une couche de roche, mais ils n'en ont pas la dureté. Deux petites sources, coulant à mi-falaise au-dessus de deux de ces bancs d'argile superposés, ont donné toutes deux 21°,8 de température.

Cette température paraîtra bien faible si l'on fait attention que ce point n'est qu'à 12° de l'équateur; et l'on conclura sans doute de cette observation que ces sources proviennent des hautes montagnes de l'intérieur, et que, malgré leur petit volume et leur long trajet, elles conservent encore l'empreinte sensible de leur froide origine. Car, quoique cette couche soit de formation récente, il est peu probable qu'elle conserve encore elle-même la trace de la basse température qu'elle devait avoir au fond de l'eau.

Comme nous avons trouvé sous l'équateur même, à de grandes profondeurs, des températures aussi basses que 1°,7, 2°,3, 3°,0, il n'est pas douteux que si le fond de la mer, dans ces parages, venait à être soulevé et à former une île, un continent, cette île, ce continent ne portassent pendant quelque temps l'empreinte de cette basse température initiale. Il serait curieux de

rechercher par le calcul pendant combien de temps cet effet serait sensible, et quelle influence il pourrait avoir sur le climat primitif d'un continent nouvellement soulevé.

— Du 24 au 29 mai, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $2^{mm},00$.

— Presque toutes les nuits, la température de l'air descend au-dessous du point de rosée. Ce qui explique bien, et les fortes rosées qu'on observe, et les brumes épaisses qui règnent si souvent dans ces parages.

— En traversant le marais qui s'etend au nord du Callao, nous avons été très-désagréablement affectés par une forte odeur d'hydrogène carboné; et l'on ne peut guère douter que ce ne soit à ces émanations délètères que les habitants du Callao doivent les fièvres dont ils sont si fréquemment atteints.

— Nous sommes partis du Callao pour les îles Sandwich, le 2 juin, vers les deux heures de l'après-midi.

— Du 2 au 11 juin, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},77$.

— Nous avons coupé l'équateur magnétique dans la journée du 22 au 23 juin. 23 juin 1837. Lat. 2° 06' S. Long. 134° 51' O.

— A midi, nous avions dépassé l'équateur terrestre de quelques minutes seulement. 24 juin 1837. Lat. 0° 15' N. Long. 135° 21' O.

— On a distingué très-bien les deux couches ordinaires de nuages des vents alizés cheminant en sens contraire. Ces couches étaient très-rapprochées; et il y a eu des grains pendant la nuit.

— Nous avons sondé par 3800 mètres, sans trouver fond. Le fort étui en cuivre dans lequel était enfermé 27 juin 1837. Lat. 4° 32' N. Long. 136° 54' O.

le thermométrographe, s'est aplati sous la pression considérable qu'il avait à supporter ; mais il ne s'est pas crevé, et l'eau ne s'est pas introduite dans son intérieur. Le tube, l'index et l'échelle de l'instrument ont été pris, écrasés et retenus entre les deux faces opposées et aplaties de l'étui, comme entre les mâchoires d'un fort étau, et l'on a pu, après deux ans, en faisant scier l'étui avec précaution, retrouver sur l'échelle l'empreinte bien manifeste de la petite boule massive de verre qui termine par en bas l'index, ainsi que la marque de rouille que le petit barreau de fer doux enfermé dans l'index y avait laissée en s'oxydant. En sorte qu'il a été possible d'avoir, à deux dixièmes de degrés près, la température que marquait l'instrument au moment où l'étui en cuivre s'est aplati. On a ainsi trouvé 1°,7, tandis que la température de l'eau à la surface était 27°,0.

Ainsi, la mer a dans ces parages (4°30′ au nord de l'équateur), au moins 3800 mètres de profondeur (presque une lieue de poste), et la température à cette profondeur est *au moins* de deux degrés au-dessous du maximum de densité de l'eau douce.

Je dis *au moins*, car toutes les causes d'erreur dont ce genre d'observation peut être susceptible tendent toutes à faire accuser à l'instrument une température trop élevée, comme il est facile de s'en assurer avec un peu d'attention.

L'angle de la ligne de sonde avec la verticale n'ayant varié qu'entre 5° et 10°, on peut en conclure que les courants, s'il en existe dans ce parage, sont

très-sensiblement les mêmes à la surface et à une grande profondeur.

L'opération a duré 3 heures 25 minutes.

—Le cœur d'un requin, pris pendant l'opération du sondage, a marqué 29°,0. C'est encore deux degrés de plus que ne marque l'eau de la mer à la surface, comme nous l'avions déjà trouvé précédemment pour deux thons.

Ce cœur, après son extraction et son isolement complet du corps de l'animal, a battu encore pendant 2 heures 30 minutes. Dans les premiers instants de l'extraction, les contractions se succédaient à des intervalles de 5″,6; puis elles se sont ralenties peu à peu en diminuant d'énergie, pour cesser enfin complétement.

Cette persistance pendant un temps aussi considérable des mouvements du cœur isolé me paraît un fait remarquable sous le rapport physiologique, et me semble démontrer la contractilité propre des fibres musculaires du cœur. (Celui-ci était placé à sec dans un vase en porcelaine.)

S'il pouvait être permis de croire que le nombre des pulsations fût, immédiatement après l'extraction, le même que pendant la vie de l'animal (ce qui est douteux, mais ce qui pourrait être cependant, vu l'extrême lenteur de leur diminution), il en résulterait que les pulsations sont environ six fois moins rapides chez les requins que chez l'homme.

29 juin 1857. Lat. 7° 07′ N. Long. 137° 44′ O.

—Il est tombé 6^{mm} d'eau dans un grain qui n'a duré que sept minutes. La température de cette eau était

de 24°,8, celle de l'air étant à cet instant de 27°,5, et le point de rosée étant à 26°0. D'après ces nombres, on ne peut guère douter que les gouttes d'eau n'aient augmenté de poids dans leur chute, par la précipitation à leur surface, de la vapeur répandue dans l'atmosphère, comme on l'admet généralement pour expliquer la difference considérable dans la quantité d'eau de pluie reçue à des niveaux peu différents. Il est toutefois difficile d'admettre que cette cause seule suffise à l'explication du fait observé. Car il resterait à expliquer comment il se fait que l'énorme quantité de chaleur latente (540 unités) dégagée par la condensation de cette vapeur n'élève pas promptement la température des gouttes sur lesquelles cette condensation se fait, de manière à empêcher toute précipitation ultérieure de vapeur. Ainsi, à Paris, où la différence d'eau reçue sur la terrasse et dans la cour de l'Observatoire est d'environ un sixième de la quantité totale de pluie tombée, la quantité de chaleur dégagée par la condensation de ce sixième, supposé à l'état de vapeur, serait capable d'élever la température du tout de $\frac{540}{6}$ ou de 90°; comment se ferait-il qu'elle ne l'élève pas seulement jusqu'à la hauteur de la température de l'air ambiant?

— Du 20 au 29 juin, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},79$.

4 juillet 1857. Lat. 13° 31' N. Long. 146° 22' O.

— Du 2 au 4 juillet, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},76$.

— Dans les observations faites avec le cercle à réflexion et le sextant, on regrette bien souvent d'être

obligé de s'interrompre pour faire la lecture des angles; car ces lectures font généralement perdre un temps très-précieux pour les observations. La nuit, à la mer, ces lectures sont excessivement difficiles, sinon tout à fait impossibles; et malgré les divers moyens d'éclairage imaginés pour lever cette difficulté, elle empêche encore les marins de faire des observations de nuit, de prendre des distances de la lune aux étoiles, aux planètes, etc.

C'est surtout en faisant de l'hydrographie sous voile qu'on sent tout l'inconvénient de lire chaque angle au fur et à mesure qu'il est mesuré; car, pendant cette lecture, le navire se déplace, et les angles mesurés ne concordent plus. Et ce qui est plus grave encore, c'est que la précipitation qu'on est obligé de mettre dans la lecture rend les erreurs plus faciles et plus fréquentes.

On pourrait, ce me semble, obvier à l'inconvénient d'une lecture immédiate, au moyen de la disposition suivante, qui me paraît assez simple. Supposons, par exemple, qu'une pointe ou mieux une lame bien effilée, soit placée sur l'alidade auprès de la vis de rappel; que cette lame puisse, par un simple mouvement du doigt, s'abaisser et tracer sur le limbe et le vernier, mais en dehors des divisions, un léger trait continu, à l'instant du contact apparent des deux images dans la lunette. Il est évident que, lorsqu'on voudra, plus tard, faire la lecture de l'angle mesuré, il suffira de ramener l'alidade de manière que le trait qu'elle porte coïncide avec la partie du même trait

marqué sur le limbe, et de faire alors la lecture, puisque l'alidade se trouvera ainsi ramenée exactement à la position qu'elle avait au moment de la mesure de l'angle.

Si la lame effilée se meut autour d'une charnière invariable perpendiculaire au rayon, le trait tracé sera parallèle au rayon et correspondra toujours au même point du vernier, et pourra par conséquent être tracé une fois pour toutes sur cette pièce. Il suffira donc que la lame marque sa position sur le limbe seulement par un trait léger qu'on ferait disparaître, après la lecture, d'un léger coup de brunissoire.

Si, au lieu d'une seule lame, il y en avait trois très-rapprochées, portées sur le même axe, et qui marquassent sur le limbe trois traits correspondants à trois traits tracés sur le vernier, la coïncidence des traits serait plus facile à établir; surtout si l'intervalle des traits du vernier était un peu plus petit que ceux des traits marqués sur le limbe, et que les traits du milieu dussent, seuls, coïncider exactement. On pourrait alors ramener l'alidade dans la position qu'elle occupait lors de la mesure de l'angle, avec le même degré de précision qu'on peut apporter à la lecture des angles eux-mêmes.

Les angles mesurés allant généralement ou en croissant ou en diminuant d'une manière continue, on conçoit qu'on pourrait mesurer successivement et rapidement plusieurs de ces angles sans les lire immédiatement, et en se contentant de marquer les positions correspondantes de l'alidade sur le limbe, en faisant

jouer le petit appareil (un léger mouvement du doigt suffirait pour cela), et l'on pourrait cependant retrouver ensuite, d'après leur ordre de grandeur, à quels points ou à quelles époques ces angles correspondaient.

Aujourd'hui que, grâce à la belle machine à diviser de notre célèbre et savant artiste, M. Gambey, et à l'ingénieuse invention de M. Radiguet, les instruments à réflexion ont acquis un si haut degré de perfection, le croisement des angles est devenu presque superflu, ou du moins, les erreurs qu'on cherche à éviter par le croisement sont devenues de beaucoup inférieures aux erreurs de pointages, dans les angles mesurés à la mer. Or, ces dernières erreurs ne peuvent être atténuées que par de nombreuses répétitions, et l'installation que je propose me paraît éminemment propre à faciliter ces répétitions.

10 juillet 1837. Lat. 21° 18' N. Long. 160° 12' O. Aux îles Sandwich.

— Nous avons mouillé vers les dix heures du matin en rade d'Honoloulou (îles Sandwich).

— De prime abord, les pirogues des naturels, formées d'un simple tronc d'arbre creusé dans son centre, et maintenu en équilibre stable par un balancier flottant, nous semblaient acquérir des vitesses excessivement grandes, qui nous étonnaient ; et cependant, en réalité, nos canots les gagnaient aisément de vitesse; ils gagnaient même la double pirogue du roi, nagée par quarante hommes.

L'apparence de grande vitesse provient, dans cette circonstance, de la grande agitation que les pagaies produisent dans l'eau tout contre la pirogue, et des violents mouvements qu'on voit faire aux hommes qui les font mouvoir.

La supériorité de marche de nos canots tient évidemment à la plus grande vitesse que peuvent prendre les palettes de leurs avirons, placées à l'extrémité d'un levier très-long. Il arrive en effet une certaine vitesse où les pagaies n'agissent plus sur l'eau, parce que l'homme ne peut plus faire mouvoir ses bras avec assez de promptitude pour que la palette qu'ils dirigent puisse prendre appui sur l'eau qui la fuit; tandis que les palettes de nos longs avirons, pouvant acquérir des vitesses deux et trois fois plus considérables que celle des bras qui les font mouvoir, agissent encore très-bien.

— Pendant notre séjour à terre, il s'est formé presque tous les soirs des grains de pluie sur les hauteurs de l'île qui nous restaient dans l'est.

Comme l'observatoire se trouvait sur la limite même des points arrosés, et que d'ailleurs les rayons du soleil éclairaient librement le nuage, nous avions, presque tous les soirs, la vue d'un bel arc-en-ciel, souvent de deux. Nous avons apporté toute notre attention à l'examen des bandes intérieures situées au-dessous du violet, et nous n'y avons distingué que cette teinte d'un jaune-vert serin que nous avons déjà signalée comme différent essentiellement des bandes alternativement vertes et rouges, recommandées à l'attention des observateurs, par l'illustre M. Arago, dans les instructions de la *Bonite*.

Il est arrivé souvent que cette teinte jaune-vert serin disparaissait et reparaissait pendant la durée d'un même phénomène, sans qu'il en fût de même des couleurs ordinaires de l'arc-en-ciel, qui restaient très-brillantes.

— J'ai vu trois grosses tortues de terre, de plus d'un demi-mètre de diamètre, vivant en très-bonne intelligence avec plusieurs cochons, dont elles partageaient la nourriture et le logement. La propagation de cette espèce de grosse tortue pourrait être utile dans les pays où l'on fait maigre deux jours sur sept, si leur croissance était assez rapide pour compenser les frais d'entretien.

— Nous avons vu une installation très-simple de moulin à vent, s'orientant de lui-même et faisant mouvoir une pompe pour arroser des cultures. Le propriétaire se plaignait seulement de la fréquence trop grande des réparations qu'il était obligé de faire aux pompes, par suite de la grande vitesse que les rafales de vent faisaient prendre à l'appareil. Le système si bien imaginé par M. Durand remédiant à cet inconvénient, puisque les ailes s'effacent d'elles-mêmes quand le vent devient trop fort, il me semble que, dans les pays intertropicaux, où les vents alizés règnent constamment pendant toute l'année, ce système d'arrosage pourrait rendre de très-grands services à l'agriculture, et mériterait d'être plus souvent employé.

— Du 14 au 18 juillet, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},62$.

— Nous sommes partis d'Honoloulou pour le Kamtschatka le 24 juillet, vers cinq ou six heures du soir.

— Du 26 au 31 juillet, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},45$.

— Le 2 août, nous avons passé le 180e degré de

longitude, et changé par conséquent de date, en sorte que ce même jour porte les deux dates 2 et 3.

5 août 1857.
Lat. 26° 31' N.
Long. 176° 32' E.

Dans une grande sonde faite par 1900 mètres, j'avais attaché près du plomb un morceau de bois de sapin. Ce morceau de bois, qui, avant l'opération, était très-sensiblement plus léger que l'eau de mer, est revenu de cette grande profondeur très-sensiblement plus pesant que ce liquide, dans lequel il coulait très-rapidement dès qu'il y était abandonné à lui-même. Mais, en se desséchant, il est redevenu plus léger que l'eau; ce qui prouve bien, ce me semble, que l'effet était dû à une imbibition plus complète opérée sous la forte pression de 190 atmosphères, et non pas à une augmentation de densité qu'aurait éprouvée le bois lui-même par suite d'une diminution de volume causée par cette forte pression.

Perkins, dans des expériences très-curieuses, où il a soumis des corps à des pressions hydrostatiques dix fois plus considérables que la précédente, a trouvé que ces corps sortaient de l'épreuve complétement désagrégés; et l'on en a conclu, dans divers traités de physique, que l'effet d'une très-grande pression, exercée de dehors en dedans sur toute la surface extérieure d'un corps, avait pour effet nécessaire de désagréger ce corps.

Cette conclusion, toutefois, ne ressort pas nécessairement du fait observé; car la désagrégation pouvait bien être due à la réaction de l'élasticité de l'eau, qui ayant pénétré dans les pores du corps sous une grande pression, et par conséquent sous un volume sensiblement réduit, puisque l'eau est réellement compressi-

ble, agit ensuite de dedans en dehors, et tend ainsi évidemment à désagréger le corps, dès que la pression extérieure, venant à cesser, ne lui fait plus équilibre à sa force élastique.

Si cette dernière explication est exacte, la désagrégation doit être d'autant plus assurée, que le passage de l'état de compression à l'état naturel est plus rapide; et la désagrégation n'aura pas lieu, quelle que soit la pression, si la transition est très-lente et bien ménagée, de manière que l'équilibre du liquide intérieur et du liquide extérieur ait toujours le temps de s'établir à travers les canaux infiniment petits par lesquels l'eau a pénétré dans l'intérieur du corps.

14 août 1857. Lat. 33° 51' N. Long. 165° 52' E.

— Vers les cinq heures du soir, il y a eu un calme plat magnifique de la surface de la mer. Le ciel et les nuages s'y réfléchissaient comme dans un véritable miroir. Dans la direction de l'ouest, la réflexion était si parfaite, qu'il était tout à fait impossible de distinguer à l'œil la ligne de séparation de la mer et du ciel, quoiqu'il n'y eût pas la moindre trace de brume. Dans les autres directions, on pouvait encore y parvenir, car la mer y était un peu plus sombre que le ciel. L'étendue de l'horizon paraissait très-considérablement agrandie. Cependant, la dépression (mesurée avec beaucoup de peine) n'a été trouvée que de $5',0''$. Les ondulations très larges qui se propageaient dans cette mer si paisible n'atteignaient pas très-probablement la hauteur de $0^m,05$.

— On a pris deux requins dans la journée, l'un de l'espèce commune, l'autre à peau bleue. Le premier était une femelle, et son cœur a été trouvé à la tempé-

rature de 31°,0; le second était un mâle, et son cœur marquait seulement 29°,0. La température de l'eau étant alors à 27°,8, on voit que la température du premier était de 3° environ plus forte que celle de la mer, tandis que pour le second l'excès était seulement de 1°. De ces deux résultats, l'un est plus fort d'un degré que ceux que nous avions obtenus précédemment, et l'autre est plus faible de la même quantité.

— La haute température (27°,8) que nous trouvons à la mer par une latitude aussi élevée (34° N.) est très-remarquable. Elle est due à un vaste courant d'eau chaude, analogue au Gulph-stream, qui vient des régions tropicales et se dirige vers le nord. Ce courant est, sans doute, celui que Scoresby signale comme passant du grand Océan dans l'océan Atlantique par le détroit de Béring, pour venir baigner les côtes de l'Islande et y déposer les bois des régions tropicales qu'on trouve jetés si abondamment sur ces côtes.

— Du 10 au 15 août, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de 1^{mm},22.

17 août 1837. Lat. 40° 17' N. Long 161°37' E.

Nous sommes enveloppés d'une brume épaisse qui ne permet pas de voir à trois encablures (600 mètres).

— Malgré le peu d'étendue de la vue, on a aperçu un assez grand nombre de tronçons de bois flottant à la surface de la mer. On a vu en outre un très-grand nombre d'anatifes réunies en petites pelotes isolées. Comme nous sommes à plus de 200 lieues de toute terre, cette grande quantité de débris flottants décèle évidemment l'existence dans ce parage d'un vaste tourbillon ou remous de courant.

—La température de la mer, qui, à une heure du matin, était encore à 22°,0, a baissé progressivement pendant toute la journée, et se trouvait à 15°,0 à minuit, et à 13°3, une heure plus tard ; en sorte qu'elle a baissé de 8°,7 dans les 24 heures. La température de l'air a baissé de 7°,0 dans le même espace de temps. Il est évident, d'après cela, que nous nous sommes trouvés dans la journée à la limite du courant chaud que nous avons signalé plus haut; et l'on ne peut guère douter que la brume qui règne dans ces parages ne soit due, comme dans les parages de Terre-Neuve, au grand voisinage de deux régions marines aussi dissemblables par leurs températures; car l'air qui passe de la région chaude dans la région froide doit nécessairement laisser précipiter la vapeur dont il est chargé.

—Notre ligne de sonde, par son inclinaison considérable et constante vers le N. E., malgré les mouvements divers du navire, a indiqué un courant assez fort, de peu de profondeur, portant vers le S. O.; mais le défaut d'observations astronomiques n'a pas permis de vérifier cette conclusion, qui doit toutefois être regardée comme très-probable, d'après ce qui a été dit plus haut.

— On conçoit la possibilité de déterminer directement la vitesse du courant et la profondeur du plomb, quand on connaît l'inclinaison de la ligne de sonde, sa longueur, son diamètre, son poids et le poids du plomb. La solution de ce problème serait d'une grande utilité pour l'étude des courants : mais il conduit à des équations différentielles qu'il ne paraît pas facile d'intégrer, quand on veut tenir compte de toutes les circonstances

de la question, et en particulier du frottement de l'eau contre la corde.

Si l'on néglige le frottement, qui n'est pas très-considérable, puisque la vitesse est généralement petite, on peut effectuer une première intégration, et l'on obtient ainsi deux formules qui permettent de déterminer la profondeur du plomb et la vitesse du courant. Mais ces formules supposent qu'outre l'inclinaison de la ligne, on connaît sa tension à bord; et ce dernier élément n'est pas facile à déterminer, à cause des mouvements de roulis du bâtiment. Toutefois, comme la détermination approximative de cet élément n'est pas tout à fait impossible, et qu'on pourrait y arriver en prenant beaucoup de précautions, je vais rapporter ici ces deux formules.

Soient :

P le poids du plomb;

Π le poids total de la corde dans l'eau, c'est-à-dire l'excès du poids total de la corde sur celui de l'eau qu'elle déplace;

T la tension de la corde mesurée à bord;

L la longueur de la corde;

h la profondeur verticale du plomb;

On a : $$h = L\frac{T-P}{\Pi} \quad (1)$$

Soient de plus :

V la vitesse relative du navire et de l'eau;

Q la résistance que la corde, supposée placée

perpendiculairement au courant, éprouverait de la part de ce courant;

k un coefficient constant déterminé par l'expérience;

A l'angle d'inclinaison de la ligne avec l'horizon;

C la circonférence de la ligne;

On aura : $$Q = kLCV^2 \quad (2)$$

Et $$Q = \frac{\Pi \cos.A}{2}\left\{1+\sqrt{1+\frac{4Q^2}{\Pi^2}}\,\frac{\left(\frac{T}{P}\right)^{\sqrt{1+\frac{4Q^2}{\Pi^2}}}+1}{\left(\frac{T}{P}\right)^{\sqrt{1+\frac{4Q^2}{\Pi^2}}}-1}\right\} \quad (3)$$

La formule (3) fera connaître, par des approximations successives, la valeur de Q.

La formule (2) donnera alors V; tandis que la formule (1) fait connaître immédiatement la profondeur h du plomb.

Pour les lignes de sondes dont nous faisions usage, la valeur de Π était à peu près de 20 k. pour 1000 mètres; la valeur de C était de $0^m,055$, et la valeur de P de 30 k. Quant à la valeur de k, il serait nécessaire de la déterminer par l'expérience. Elle ne s'éloigne pas sans doute beaucoup du nombre 5.

Si la corde était assez peu dense pour qu'on pût négliger l'excès de son poids sur celui de l'eau qu'elle déplace, on pourrait effectuer une intégration de plus et obtenir l'équation même de la courbe que décrit la ligne. Alors aussi, la seule mesure de l'angle d'incli-

naison de la ligne avec l'horizon suffirait, avec la longueur de la ligne, pour déterminer la profondeur du plomb et la vitesse du courant.

On aurait :

$$(1) \qquad h = \mathrm{L}\ \mathrm{tang.}\ \mathrm{A}\ \frac{\log.\ \mathrm{cot.}\ \frac{\mathrm{A}}{2}}{0{,}4343}$$

$$= \mathrm{L}\ \mathrm{sin.}\ \mathrm{A}\left\{1 + \frac{\cos.^{2}\mathrm{A}}{3} + \frac{\cos.^{4}\mathrm{A}}{5} + \ldots\ \mathrm{etc.}\right\}.$$

$$(2) \qquad \mathrm{V}^{2} = \frac{\mathrm{P}}{k\,\mathrm{C}\,\mathrm{L}\ \mathrm{tang.}\ \mathrm{A}.}$$

Ces formules sont beaucoup plus simples que les précédentes, d'une application beaucoup plus facile, et n'exigent pas la mesure de la tension, qui, dans la supposition admise, est constante tout le long de la ligne, et égale à P.

Malgré l'erreur manifeste de la supposition qui conduit à ces formules, puisque 1500 mètres de ligne font un poids égal à celui du plomb lui-même, il serait peut-être possible d'en faire un usage licite, en y affectant les quantités L et P de coefficients de réductions dont l'expérience devrait faire connaître la valeur, comme cela se pratique si fréquemment ailleurs.

— Les grandes variations de tension qu'éprouve la corde, par suite des mouvements du navire, seraient en grande partie évitées, si, au lieu d'amarrer fixement l'extrémité supérieure de la ligne au bâtiment, on faisait passer celle-ci dans une poulie fixe, et qu'on attachât à son bout libre un poids mobile un peu supérieur à la tension moyenne de la corde. Ce poids,

en montant et descendant, et permettant ainsi à la corde de s'allonger et de se raccourcir, suivant les mouvements du bâtiment, rendrait les variations de tension bien moins considérables. Les chances de rupture seraient en même temps beaucoup diminuées, et l'on aurait beaucoup plus de facilité pour mesurer la tension réelle de la corde, au moyen d'un dinamomètre.

— Il est évident que, indépendamment des variations de tension, produites par les mouvements du navire, une ligne qui aurait la même grosseur partout finirait nécessairement par se rompre sous la tension produite par son propre poids, si sa longueur croissait indéfiniment; puisque la corde est plus dense que l'eau. Pour que cet accident ne fût pas à craindre, il suffirait de faire varier la grosseur des cordes successives qui composent la ligne de manière que leur accroissement de force fût égal à l'accroissement du poids qu'elles ont à supporter. On trouve que pour cela les grosseurs des cordes doivent suivre une progression géométrique dont la raison est, à très-peu près, l'unité augmentée de la moitié du rapport du poids d'une des lignes à sa résistance.

Par poids de la ligne, nous entendons ici l'excès de son poids sur celui du volume d'eau qu'elle déplace; car c'est uniquement cet excès qui produit l'accroissement de tension des cordes supérieures. Il faudrait toutefois avoir égard, dans l'évaluation de ce poids, à l'accroissement de densité que les cordes éprouvent, en s'imbibant d'eau sous une très-forte pression. On satisferait, je crois, à toutes les conditions de solidité désirable,

en prenant pour raison de la progression que les grosseurs des cordes doivent former, le nombre $1 + \frac{1}{40}$.

22 août 1837.
Lat. 45° 39' N.
Long. 158° 50' E.

La veille, 21 août, on avait pêché un des nombreux tronçons d'arbres qui flottaient à la surface de la mer. Ce tronçon était formé de la partie inférieure ou souche d'un gros tronc d'arbre, que le maître charpentier a reconnu pour être du sapin du nord. Les extrémités en étaient arrondies par une longue usure. La partie immergée était, à la lettre, couverte de grosses et longues anatifes (bernaches) dont les pédicules dépassaient, pour quelques-unes, $0^m,24$. Ce tronçon paraissait évidemment être à la mer depuis un grand nombre d'années. Ayant été scié transversalement, il fut trouvé mouillé jusqu'au cœur ; et cependant ce tronçon, parfaitement sain du reste, flottait sur l'eau et ne coulait pas. Mais, le 22, un morceau de ce bois, ayant été attaché à une ligne de sonde et descendu à 3000 mètres de profondeur, en revint fondrier, et coulait alors très-rapidement dans l'eau de mer. Il faut conclure nécessairement de cette observation que l'imbibition, à la pression ordinaire, ne suffit pas, quelque prolongée qu'elle soit, pour faire pénétrer l'eau jusque dans les derniers pores des corps, et qu'une grande pression est nécessaire pour cela.

Ainsi, quand on recherche le poids spécifique d'un corps, sans égard pour l'arrangement actuel des particules de ce corps, et comme caractère spécifique dépendant de sa nature seule, on doit soumettre le corps à l'imbibition sous une très-forte pression. Cette précaution ne devrait peut-être pas être négligée, même pour les corps réduits en poussière.

Nous n'avons pas trouvé fond par cette grande profondeur de 3000 mètres.

La vitesse moyenne de chute du plomb a été de 1^{m},32 par seconde. La vitesse moyenne de halage a été à peu près moitié moindre, de 0^{m},58. Cent cinq hommes étaient occupés à rentrer la ligne, mais soixante-quinze seulement pouvaient faire force en même temps pour la haler.

— La nature des troncs d'arbre qui dans ces parages (à plus de 100 lieues de terre) flottent en si grand nombre à la surface de la mer, conduit à penser qu'ils y sont amenés ou par des courants venant du nord, ou par des vents de cette partie.

— L'eau contenue dans les gros et longs pédicules des anatifes était, comme l'eau des huîtres, très-sensiblement moins amère et moins salée que l'eau de mer ordinaire, à en juger du moins au simple goût.

31 août 1857. Lat. 55° 01' N. Long. 156° 23' E. Au Kamtschatka.

— Du 23 août au 31, jour de notre mouillage dans la magnifique baie d'Avatcha, nous avons été presque continuellement enveloppés de brume, si épaisse parfois, qu'on ne voyait pas à une encablure (200^{m}) du bord. On a, malgré cela, aperçu un grand nombre de baleines, qui viennent sans doute chercher dans ces brumes un abri contre leurs intrépides ennemis, les baleiniers.

— Les habitants de Pétropawlowski n'admettent pas que le volcan Koselskoi soit encore en activité. Mais, s'il ne vomit actuellement ni cendres ni lave, on ne peut guère douter que son sommet, que les bords de son cratère, ne soient dans ce moment même à une

température assez élevée. Car nous avons vu, par trois fois, des vapeurs s'en élever et se dissoudre immédiatement dans l'air. On distingue d'ailleurs, au sommet même, de grandes taches noires qui laissent voir la roche à nu, tandis que tout le reste du cône, jusqu'à une très grande distance du sommet, est tout couvert de neige. Il paraît, au reste, que personne ne s'est encore aventuré jusqu'au sommet de cette montagne (2700^{m}), non plus qu'au sommet de la montagne voisine, Koriatskoi (3700 mètres).

— Quoique les hivers soient très-longs et très-rigoureux dans ce pays, et que le thermomètre y descende quelquefois jusqu'à — 30° au-dessus de zéro, la mer, à ce qu'il paraît, ne gèle jamais complétement dans la baie d'Avatcha, ou du moins la chose est excessivement rare, et ne s'est pas vue depuis 1814. Au large, la mer ne gèle réellement jamais, et l'entrée de la baie est toujours libre. Ce fait vient, ce me semble, fortement à l'appui de l'existence d'un courant d'eau chaude sur la côte orientale de la presqu'île du Kamtschatka.

Il est à croire que la rigueur du climat de ce pays (l'orge n'y mûrit pas) diminuerait beaucoup si le sol en était déboisé et cultivé.

— Ayant rencontré sur un arbre, dans les bois, un énorme nid placé à 3 ou 4 mètres au-dessus du sol, et formé de branches sèches dont quelques-unes avaient la dimension du bras, et même plus, je ne fus pas peu surpris d'apprendre plus tard des habitants que c'était là un *nid d'ours*. On aurait pu cependant s'en douter, à l'étrange délicatesse d'un pareil duvet.

— Un léger tremblement de terre a été ressenti par les habitants pendant notre séjour, mais nous ne nous en sommes pas aperçus.

— Les aurores boréales paraissent être très-rares dans la presqu'île du Kamtschatka, malgré la latitude élevée de ce pays.

—Dans les journées du 6 et du 7 septembre, les seules pendant lesquelles les mouvements du baromètre se soient montrés réguliers, la variation diurne du baromètre a été à bord de $0^{mm},50$.

— On trouvera à la fin du volume précédent les observations du baromètre et du thermomètre faites à Pétropawlowski, pendant les quatre mois de mai, juin, juillet et août 1837, par ordre de M. le gouverneur général Schakof, qui a bien voulu les communiquer à M. le commandant Du Petit-Thouars.

— Nous sommes partis du Kamtschatka pour la côte de Californie le 16 septembre au matin.

—Ayant sondé pour 2800 mètres de profondeur, le plomb a rapporté de la vase et du sable fin. Nous sommes à 70 lieues environ dans le sud des îles Aleutiennes. 25 sept. 1837. Lat. 49° 12' N. Long. 172° 53' E.

— La veille, étant à la même distance de ces îles, on avait pris à bord un oiseau de terre.

—On a cru voir pendant la nuit le feu saint-elme sur le jas de l'ancre placée dans les grands porte-haubans. 28 sept. 1837. Lat. 47° 16' N. Long. 174° 45' O.

— La veille, 27 septembre, nous avions repassé le 180e degré de longitude, et changé encore une fois de date, en sorte que deux jours consécutifs portent la même date du 27 septembre.

— Une troupe de marsouins a passé le long du bord, en suivant la même direction que le navire, qu'elle a dépassé lestement. Leur vitesse relative, qui m'a paru celle d'un homme marchant rondement, ne peut pas être évaluée à moins de 2 mètres par seconde ou 4 milles à l'heure. Et comme la frégate filait alors 8 nœuds, cela porte leur vitesse absolue à 12 milles à l'heure, ou 6 mètres par seconde au moins.

2 oct. 1837. Lat. 45° 45' N. Long. 166° 52' O. On a pris un jeune marsouin de petite dimension. Son cœur marquait au thermomètre 37°,0, tandis que l'eau était seulement à 11°,0; c'est donc une différence de 26° avec le milieu ambiant. Il faut croire que la conductibilité propre de l'animal est bien faible, car sans cela sa perte de chaleur serait énorme.

La chair de ce marsouin, dépouillée par compression de l'huile qu'elle contenait, n'a pas été du tout désagréable à manger.

8 oct. 1837. Lat. 41° 09' N. Long. 158° 58' O. On a aperçu une sorte de dépôt huileux et sale à la surface de la mer. On trouvera plus loin l'explication probable de ce fait.

— Un grand oiseau noir nous a suivis pendant une grande partie de la journée, quoique nous soyons à plus de 300 lieues de toute terre connue. Cet oiseau ne donnait des coups d'aile que toutes les 3 ou 4 minutes. Pendant tout le reste du temps, ses ailes étaient roides; et, vues par derrière, elles se présentaient sous la forme d'une ligne étroite légèrement sinueuse. Pour tourner, il s'inclinait tout d'une pièce du côté où il voulait tourner, en conservant toujours ses ailes parfaitement tendues. Il est évident, en effet, que, dans

cette position, un simple déplacement de la queue vers le haut suffisait pour le faire tourner dans la direction voulue.

—Dans la nuit du 14 au 15, vers onze heures et demie du soir, l'officier de quart a vu un très-gros bolide dont le diamètre lui a paru égaler celui de la lune. La lumière en était un peu rougeâtre, et il projetait des étincelles sur son passage. Il a paru un peu à l'est du zénith et s'est dirigé presque perpendiculairement à l'horizon, en inclinant un peu vers le sud. Sa marche a paru moins rapide que celle des étoiles filantes ordinaires. 14 oct. 1857. Lat. 38° 15' N. Long. 135° 29' O.

—Il y a eu, vers les quatre heures du matin, quelques apparences d'aurore boréale. Le phénomène a été toutefois si mal caractérisé, qu'on peut conserver des doutes légitimes sur la réalité de son existence comme aurore boréale; car un vaste incendie dans les forêts de la Californie pourrait avoir produit les apparences observées. 18 oct. 1857. Lat. 56° 39' N. Long. 124° 25' O.

C'était comme un léger nuage rutilant, immobile, situé à peu près dans le nord magnétique, à la hauteur de 8 à 10 degrés au-dessus de l'horizon, et placé au milieu d'une sorte d'atmosphère de vapeur également rutilante, mais bien moins dense. L'apparition du phènomène a eu lieu vers 3 heures 50 minutes, et à 4 heures 15 minutes il s'est formé dans le nuage des bandes verticales, blanches, rectilignes, plus brillantes vers le centre que sur les bords, et qui cependant se détachaient bien sur le fond rutilant. Ces bandes n'avaient pas de mouvement horizontal apparent; elles parais-

saient et disparaissaient à la même place, tandis que la partie la plus brillante du nuage rutilant se déplaçait, dans ce sens, d'une manière très-lente, mais sensible cependant. Le nombre des bandes a varié de sept à trois.

On apercevait θ du Dragon au travers du nuage rutilant. La lune brillait de tout son éclat dans le voisinage du zénith, tandis qu'on voyait quelques éclairs partir d'un nuage orageux situé dans l'ouest.

Un petit nuage, un cirrus, chassant de l'ouest vers l'est (le vent est du S. S. E. à bord), a passé dans l'azimuth du phénomène, mais dans une partie trop peu éclairée pour qu'on ait pu décider s'il passait devant ou derrière. Il a disparu, du reste, dans cette position, pour reparaître ensuite, un peu plus loin, avec la forme d'un stratus.

Nous sommes à 15 ou 20 lieues de la côte de Californie; la température de l'air est à 14°,0, et le baromètre à $762^{mm},4$.

J'avais noté, pour la veille au soir, l'observation que, quoiqu'il n'y eût pas de nuages proprement dits, l'état du ciel ne permettait pas de voir la voie lactée.

— On a aperçu un très-grand nombre de baleines dans la journée.

— L'avant-veille, on avait pris plusieurs marsouins, dont la température (au cœur) avait été trouvée de 36°,5; tandis que l'eau marquait 16°,3. C'est une différence de 20°,2.

— A cinq heures du soir, nous étions au mouillage à Monterey.

26 oct. 1837. Lat. 37° 48' N. Long. 124° 48' O. A San-Francisco.

Étant partis, le 20 octobre, sur un petit bâtiment

des îles Sandwich (la *Kamamalou*) pour aller dans la baie de San-Francisco, nous n'y arrivâmes que le 26 au matin, à cause des calmes.

— Le 23, la mer nous présenta une teinte vert-olive analogue à celle que nous avions déjà remarquée sur les côtes du Pérou. Cette coloration est due sans doute à la même cause, à des animalcules microscopiques.

— La quantité d'animaux de toute espèce qui habitent ces parages encore peu fréquentés par l'homme est réellement étonnante. Ayant été faire une station sur une roche séparée de la côte par un bassin de trois encablures de largeur environ, nous voyions en même temps autour de nous, dans la mer, une petite baleine ou un souffleur, des troupeaux de loups marins, un troupeau de marsouins, et une quantité énorme de poissons d'espèces très-variées; sur les roches, de manière à les couvrir entièrement, des coquillages de toute espèce, et, entre autres, des moules énormes (15 centimètres de longueur); à terre, un troupeau de cerfs; en l'air, quatre à cinq vols nombreux d'oiseaux d'espèces différentes. La fuite et les cris d'un grand nombre de ces animaux à notre approche prouvaient cependant qu'ils connaissaient déjà assez l'homme pour savoir que c'est là un ennemi redoutable de leur espèce. Je crois toutefois que *le bruit des armes à feu* entre pour beaucoup dans cette terreur que l'homme inspire; car, après tout, parmi ces animaux, les uns tuent et mangent les autres, tout comme le fait l'homme; et pourtant cela ne les empêche pas de vivre

en bonne intelligence et de prospérer. C'est qu'ils se mangent sans bruit ; et être mangé rentre pour eux dans les chances ordinaires de mort. Tandis que l'homme, en les tuant, fait tant de bruit, que la frayeur s'empare de ceux qui ne sont pas atteints ; ceux-ci prennent la fuite, quittent les lieux où ils pouvaient prospérer, et vont habiter des lieux où ils vivent misérablement, et où, par conséquent, la propagation de l'espèce doit nécessairement se ralentir.

— Les pélicans (grand-gosier) sont très-nombreux dans cette localité. Ils sont presque tous gris ; car dans le nombre je n'en ai aperçu que deux blancs. Quand ces oiseaux volent, ils se forment promptement sur deux lignes droites, faisant entre elles un angle d'environ 60°. Ils ne battent des ailes que successivement, en commençant par celui qui est en tête de l'angle ; on dirait d'une ondulation qui se propage en même temps sur les deux côtés de l'angle.

Ces oiseaux, quand ils volent, ont, contrairement à la plupart des autres oiseaux, le col replié en arrière. Leur long bec est alors horizontal et dépasse seul le reste du corps. Il est au contraire vertical et replié le long du col dans la station de repos de l'animal.

— Nous avons trouvé à San-Francisco les officiers de la corvette anglaise le *Sulphur* occupés, sous les ordres du capitaine Belcher, à faire l'hydrographie de cette magnifique rade. Ce travail faisait partie du grand travail hydrographique exécuté par ces mêmes officiers sur toute la côte nord-ouest de l'Amérique ; travail qui n'est lui-même qu'une faible partie des immenses

travaux exécutés, depuis la paix, par la nation anglaise dans toutes les mers du globe.

Tout, à bord de la corvette le *Sulphur* et de la petite goëlette le *Starling* qui l'accompagnait, était admirablement bien disposé pour l'hydrographie. Et cette installation mériterait d'être prise pour modèle dans des travaux semblables. Toutefois, la longueur démesurée que les Anglais donnent à ces campagnes doit avoir, ce me semble, de graves inconvénients. Il me paraît, en effet, impossible que la santé, la bonne harmonie, le zèle, puissent résister à sept années consécutives d'une navigation périlleuse, d'un travail fatigant et de privations de toute espèce, auxquelles on est assujetti à bord de bâtiments aussi petits que ceux qu'on peut vouer à cette destination. Il est plus impossible encore que la qualité du travail ne s'en ressente pas.

—Le 27 octobre au soir, une couche très-dense de brume, dont j'ai estimé l'épaisseur verticale à 3 ou 4 mètres au plus, faiblement poussée par un vent du large, s'est étendue, comme une couche de ouate d'une blancheur éclatante, sur les flancs des collines dont elle suivait et dessinait exactement les contours sinueux. Cette couche de brume n'a pénétré que peu avant dans l'intérieur des terres. Au point où elle s'arrêtait, vers le bas de la pente orientale d'une colline, on la voyait disparaître au fur et à mesure qu'elle y arrivait. Immédiatement au-dessus de cette couche, l'air était transparent; mais à la hauteur de 300 mètres environ, il se formait un brouillard peu dense, ou nuage

vaporeux, dont la limite répondait à l'extrémité inférieure de la couche de brume. Il était évident que la brume, dissoute par l'air chaud inférieur, se condensait en partie de nouveau, quand cet air s'était élevé à la hauteur de 300 mètres environ.

Du côté de la mer d'où venait cette brume, le ciel avait une apparence effrayante, tant il était sombre et noir. Il n'y eut pas de mauvais temps cependant, et, vers les huit heures, cette brume si dense avait complétement disparu.

Je regrettais fort de n'avoir pas pu prendre la température dans cette couche de brume, quand l'occasion m'en fut offerte quelques jours plus tard, à Monterey, dans une circonstance toute semblable. J'y trouvai 10° et 11°; tandis qu'en dehors de la brume, à terre, on avait 18° et 22°, et à bord 16°. Le point de rosée était alors, à bord, à 13° environ. On conçoit, par là, qu'un air aussi froid devait provoquer immédiatement la précipitation de la vapeur d'eau, et donner lieu à la formation d'un brouillard. Le peu d'épaisseur de cette couche de brume est un fait curieux, car il dénote également une bien faible épaisseur dans la couche d'air froid qui se répandait ainsi à la surface de la terre.

— J'ai eu l'occasion de voir à San-Francisco, dans un brouillard ordinaire, les traces bien manifestes d'un arc-en-ciel produit par le soleil peu de temps après son lever. Cet arc était blanc et sans couleur.

2 nov. 1837.
Lat. 36° 36' N.
Long. 124° 15' O.
A Monterey.

Partis le 1er novembre de San-Francisco, nous étions de retour à Monterey le 2 au soir.

— On trouve à la plage, dans la rade de Monterey,

des fragments d'une sorte de roche siliceuse que la mer détache, de temps à autre, du fond même de la rade. Ici elle est molle comme de l'argile presque sèche; les lances dont se servent les ingénieurs hydrographes pour étudier la nature du fond s'y enfoncent d'un décimètre environ. Elle contient, à l'état vivant et en très-grand nombre, des coquilles très-délicates, en forme de dattes, logées dans des trous de même forme, dans lesquels elles sont comme emprisonnées, car l'ouverture du trou est plus petite que le diamètre de la coquille. On y trouve, également englobées dans la pâte, deux autres espèces de petites coquilles et quelques petits cailloux ou gros graviers roulés. Elles sont aussi souvent traversées, de part en part, par des racines de plantes marines qui vivent dans la baie.

Les fragments de cette espèce de roche, jetés à la plage par la lame, s'y dessèchent d'abord et sont alors friables au point de se réduire en poussière sous la pression seule des doigts. Mais il paraît qu'à la longue ils se durcissent, car on en trouve à tous les degrés de dureté, et jusqu'à faire feu au briquet. La surface est toujours moins dure que le centre. La couleur varie aussi de la surface au centre depuis le gris blanc sale jusqu'au noir olivâtre, en passant par les nuances intermédiaires, dans lesquelles se trouve celle de la pierre à fusil ordinaire.

Les morceaux desséchés de cette espèce de roche, même ceux qui sont friables, rayent le verre. Ces derniers happent fortement à la langue.

Les collines, dans le sud de Monterey, sont formées

de roches de cette même nature; et l'on y trouve, dit-on, des coquilles fossiles. La colline des Pins, située dans le nord de Monterey, est, au contraire, formée de granit.

—Dans une excursion à la pointe des Cyprès, nous avons trouvé le squelette d'un ours qui a dû être gigantesque de son vivant, à en juger par la tête, encore intacte, que nous avons prise tout d'abord pour la tête d'un taureau, privée de ses cornes. Nous l'avons apporté en entier à bord, et, grâce à M. le docteur Néboux, chirurgien-major de la *Vénus*, qui a pris la peine de dépouiller les os et de les nettoyer, il figurera à l'avenir dans le Muséum d'histoire naturelle de Paris.

— Les ours paraissent aussi communs à Monterey qu'au Kamtschatka, mais l'espèce n'en est pas la même. Nous avons vu ici un jeune ours privé, allaité par une petite chienne qui se trouvait bien être quatre fois environ plus petite que son nourrisson. Celui-ci, ne trouvant pas dans les mamelles de sa nourrice de quoi satisfaire son robuste appétit, la maltraitait souvent. Et, quoique toute couverte des égratignures et des plaies qu'elle avait reçues, la nourrice n'en veillait pas moins avec sollicitude sur son nourrisson.

— On trouve, disséminée en petites plaques sur les roches de la côte, une matière bitumineuse assez semblable à l'asphalte. Cette matière, au dire des habitants, proviendrait d'un lac de bitume situé dans le voisinage de Santa-Barbara, à 60 lieues dans le sud de Monterey. Ils disent que le liquide de ce lac s'épanche quelquefois en assez grande quantité à la mer, qui pa-

raît alors comme toute couverte d'huile. Ils pensent que les vents ou les courants transportent ensuite cette matière à de grandes distances.

Il serait, d'après cela, possible que le dépôt huileux et sale que nous avons rencontré à la date du 8 octobre provînt d'une pareille origine.

—Nous sommes partis de Monterey pour la baie de la Madeleine dans la matinée du 14 novembre. 14 nov. 1837. Lat. 36° 56' N. Long. 124° 15' O.

— Le soir, vers 6 heures 30 minutes, on a aperçu de nouveau des apparences d'aurore boréale très-semblables à celles aperçues le 18 octobre. Seulement, la lumière rutilante était plus faible, et les bandes verticales manquaient. Le sommet de l'arc (si l'on peut appeler arc une apparence aussi mal définie) était encore sensiblement dans le nord magnétique, et sa hauteur était de 24° environ. Les extrémités de l'arc atteignaient le N.E. et le N.O. Extérieurement à l'arc, la lumière diffuse s'étendait jusqu'à l'étoile polaire; et vers l'intérieur elle se trouvait masquée en grande partie par de gros nuages noirs.

A dix heures du soir, malgré l'éclat de la lune presque pleine, la lumière rutilante de l'aurore a paru plus vive. Ensuite elle a disparu peu à peu. Nous sommes à 15 mille environ de terre, et nous filons rapidement vers le sud (8 à 9 nœuds); le thermomètre est à 13°,5, et le baromètre à 763°7.

On n'a rien aperçu de semblable pendant le séjour à terre à Monterey, où l'aiguille de variation diurne n'a éprouvé aucune perturbation subite considérable.

— Il n'y a eu aucune apparition extraordinaire d'é-

toiles filantes dans les journées du 11, 12, 13 et 14 novembre.

— Du 13 au 18 novembre, la variation diurne moyenne du baromètre à été à bord de $1^m,25$.

22 nov. 1857, Lat. 25° 09' N. Long. 118° 26' O.

Nous avons passé tout près des roches Alijos, marquées encore comme douteuses sur quelques cartes. La plus grande de ces roches (44^m) est percée à jour dans la direction du S. E. au N. O.

Cette circonstance de rochers percés à jour n'est pas rare. Elle est surtout commune dans les roches composées d'assises superposées peu épaisses et peu adhérentes entre elles; et l'on peut s'expliquer cette fréquence par l'action destructive exercée par les lames sur ces roches. En effet, c'est vers le milieu de la roche, sur la face perpendiculaire à la direction habituelle des lames, que l'action destructive de celles-ci est la plus grande. En sorte que la roche tend à se dégrader plus considérablement en ce point que partout ailleurs; et si elle n'est pas de nature à résister au choc réitéré des lames et aux ébranlements qu'elles produisent, il s'y formera nécessairement tôt ou tard une excavation plus ou moins profonde. Mais cette première excavation, une fois formée, devient elle-même une cause d'accroissement dans l'action destructive des lames, qui, glissant sur les parois latérales de cette excavation, vont frapper avec un redoublement de demi-force vive contre le fond, où les débris antérieurs du rocher, lancés avec force, servent eux-mêmes à faire de nouveaux débris. De cette manière, l'excavation tend continuellement à s'approfondir, et la roche doit

évidemment finir par se percer à jour. Il faut toutefois pour cela qu'elle ne soit pas trop étendue en épaisseur; car, pour une ouverture donnée de l'excavation, il y a une limite de profondeur, passé laquelle la lame n'arrive plus au fond qu'avec une action très-faible; parce que toute la demi-force vive initiale s'est perdue auparavant en chocs de l'eau contre elle-même et en interférences d'ondes.

— Les roches Alijos, comme la plupart des roches de ces parages, sont peintes en blanc par la fiente des nombreux oiseaux qui les habitent. Il se forme ainsi, à la longue, une couche blanche, mince, dure, polie, brillante comme un vernis, et qui résiste parfaitement à l'action dissolvante de l'eau.

25 nov. 1857. Lat. 24° 56' N. Long. 114° 25' O. Baie de la Madeleine.

— Nous avons mouillé dans la magnifique baie de la Madeleine dans la matinée du 25 novembre.

— La côte N.O. de la baie est formée d'une roche calcaire dans laquelle on trouve, en bon état de conservation, la plupart des coquilles qui vivent encore aujourd'hui dans les eaux de la baie. La partie supérieure de cette couche fossile est élevée de 3 à 5 mètres au-dessus du niveau actuel des hautes mers. Il est à croire que l'époque de son soulèvement n'est pas très-ancienne.

— Le pays est aride et inhabité, par suite du manque d'eau. Il existe cependant une source au pied du pic, du côté de la côte extérieure, mais cette eau est salée, ou du moins très-saumâtre. Elle est cependant assez élevée au-dessus du niveau de la mer.

— On trouve à terre, en grande quantité, une plante

du genre des solanées, dont la tige tuberculeuse présente une substance féculente de la consistance de la pomme de terre, mais d'une amertume excessive. La dessiccation complète ne lui faisant pas perdre cette amertume, il est à croire qu'il serait très-facile d'en isoler ce principe si amer, pour en étudier les propriétés.

— J'ai mesuré un cactus (cierge) qui de loin m'avait paru gigantesque, et j'ai trouvé 5 mètres de hauteur et $1^{m},0$ de circonférence. Il me semble étonnant que ces plantes, presque uniquement composées d'eau, prospèrent ainsi dans des lieux aussi arides.

— Des rats gris à longue fourrure habitent en très-grand nombre cette terre désolée. Ce sont, je crois, les seuls mammifères qu'on y trouve. Leurs nids, placés dans des lieux non abrités, prouvent encore que la pluie est rare dans cette localité, conséquence qui résulte d'ailleurs de l'aridité du sol; car ce n'est pas la terre végétale qui manque.

— Un échantillon de roche, cueilli sur le pic, présentait à l'œil l'aspect d'un minerai d'argent; mais ayant été égaré avant d'avoir pu être analysé, il ne m'est pas possible de dire ce qu'il en est réellement.

— M. Masselot, élève de première classe, a trouvé dans la partie N.O. de la baie un gisement de sable noir presque entièrement composé d'une matière attirable à l'aimant.

— Du 26 novembre au 4 décembre, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},67$.

— Nous sommes partis le 6 décembre de la baie de la Madeleine pour Mazatlan.

—Nous sommes en vue du cap Saint-Lucas, à l'entrée du golfe de Californie. 10 déc. 1857. Lat. 22° 52' N. Long. 112° 20' O.

— On voit à la surface de la mer une quantité très-considérable de chevrettes et de petits crabes, naturellement rouges ou plutôt vermeils; et c'est probablement là ce qui a fait donner le nom de *mer vermeille* au golfe de Californie; car l'eau elle-même n'est pas colorée; et quant au fond, il est de couleur verdâtre.

—Nous avons pris dans la journée le mouillage auprès de la ville de Mazatlan. 15 déc. 1857. Lat. 23° 14' . Long. 108° 49' O. A Mazatlan.

—Nous avons trouvé dans cette localité, entre autres coquilles curieuses, de très-grandes patelles de forme sensiblement elliptique, dont les dimensions s'élevaient jusqu'à 0m,180 pour la longueur, et 0m,155 pour la largeur.

La force avec laquelle l'animal adhère au rocher sur lequel il vit a quelque chose de surprenant au premier abord. Mais, avec un peu de réflexion, on s'en rend cependant aisément compte. En effet, l'animal, en contractant ses muscles, tend à produire le vide entre lui et le rocher, et c'est par conséquent, en définitive, la pression de l'atmosphère qui le fait adhérer et le presse contre ce rocher, comme cela a lieu pour la cloche d'une machine pneumatique. En calculant, d'après la base d'insertion des muscles sur la coquille (0m,112 sur 0m,087), quelle est la pression qui pourrait être ainsi exercée, on trouve 76 kilogr.; pression beaucoup plus que suffisante, sous l'angle presque tranchant de la coquille, pour paralyser les mouvements d'un homme

qui serait pris par le bout des doigts entre la coquille et le rocher, comme cela a eu lieu réellement.

— On trouve sur les îlots, dans les environs de Mazatlan, une espèce d'agave dont le fruit en grappe, sucré, acide, très-parfumé, très-agréable au goût et très-rafraîchissant, a la propriété remarquable de blanchir les dents presque instantanément. Cet effet prompt est dû, sans aucun doute, à l'acide que contient ce fruit ; et il ne serait peut-être pas sans inconvénient pour les dents d'en manger trop souvent.

— Le 16, j'ai bien vu, quoique d'un peu trop loin, le combat d'une baleine et d'un espadon. Celui-ci sautait en l'air à trois ou quatre mètres de hauteur, faisait un demi-tour et retombait dans l'eau la tête la première. Ses coups étaient très-répétés, et la baleine à chaque fois frappait violemment l'eau de sa queue, et soufflait souvent. Le combat a duré assez longtemps, et toujours sensiblement à la même place, ce qui prouve que la baleine ne cherchait pas à fuir son ennemi. Mais tout à coup, après un très-court instant de repos, la baleine elle-même a sauté hors de l'eau à deux ou trois mètres de hauteur, et en retombant à plat, a fait jaillir l'eau avec beaucoup de force. Après ce coup de vigueur, le combat a paru cesser, car je n'ai plus rien vu.

J'étais trop loin (un demi-mille environ) pour pouvoir bien distinguer l'ennemi de la baleine ; aussi n'est-ce que par simple conjecture, et d'après les faits que je viens de rapporter, que je l'ai désigné sous le nom d'espadon.

— Nous sommes partis le 18 de Mazatlan, et nous avons mouillé le 19 au soir auprès de l'île Isabelle, sur laquelle j'ai été faire une station le lendemain matin.

20 déc. 1857. Lat. 21° 50' N. Long. 108° 14' O. Ile Isabelle.

L'île est volcanique et l'on voit encore au pied du sommet (hauteur 95^{m}) le cratère du volcan qui lui a donné naissance. Ce cratère est plein d'eau salée, au même niveau apparent que la mer extérieure, à la même température, et par suite très-probablement en communication souterraine directe avec elle.

Le bassin est bien circulaire, et l'encaissement de l'eau est d'environ 8 mètres.

Au-dessus de la lave est un conglomérat de 0^{m},60 d'épaisseur et par-dessus une couche madréporique de même épaisseur environ.

— Nous avons trouvé l'île habitée par une très-grande quantité d'oiseaux; et dans le nombre, les jeunes frégates ont attiré notre attention par la singulière conformation de leur gorge ou jabot rouge, qui peut se gonfler d'air comme une vessie, et acquérir ainsi le volume d'un quart de litre environ, en faisant une forte saillie en avant du col, immédiatement au-dessus du bec. Serait-ce un véritable scaphandre qui permettrait à ces oiseaux marins, mais cependant dépourvus de palmes aux pattes, de se reposer sur l'eau pendant les longues excursions qu'ils font loin des terres?

— Nous avons aperçu un grand nombre de baleines réunies, qui sautaient hors de l'eau et retombaient avec grand fracas. Etait-ce un jeu? était-ce un combat? Je ne sais; mais ce qu'il y a de certain, c'est

qu'une embarcation qui se serait alors trouvée au milieu d'elles eût couru un véritable danger.

21 déc. 1857. Lat. 21° 32' N. Long. 107° 36' O. San-Blas.

Nous sommes arrivés dans la journée au mouillage en rade de San-Blas, dans le sud de Piedra-de-Tierra.

— Dans une petite anse, au nord du mât de pavillon de l'entrée, nous avons trouvé réunis, en nombre considérable, des requins qui étaient presque échoués sur le sable. C'est la seule fois que nous ayons aperçu ces animaux réunis ainsi en troupe. Ils se sont enfuis à notre approche.

— On trouve fréquemment sur les arbres, à l'embranchement du tronc, des nids de fourmis d'une construction assez singulière. Ils présentent, quant à l'extérieur, l'aspect d'un collier de cheval posé sur la fourche de l'arbre, et quant à l'intérieur, celle d'une grosse éponge bien grossière et brune.

De ce nid partent, dans toutes les directions, des galeries couvertes, construites par les fourmis elles-mêmes, extérieurement à l'écorce. Ces galeries s'étendent sur le tronc, sur les branches, et passent sans interruption aucune d'une branche à l'autre et même d'un arbre à l'autre, par les points de contact.

Ce qu'il y a de curieux dans ce nid, c'est surtout la manière dont les fourmis le construisent. Ayant fait un trou dans l'un d'eux, je vis bientôt arriver les fourmis pour le boucher, et je pus ainsi les voir travailler. Chacune d'elles apportait à la bouche un petit brin de poussière de bois, examinait attentivement l'endroit où elle devait le placer, se retournait alors à 180°, et y déposait par-derrière un mastic d'origine très-sus-

pecte assurément; elle se retournait, plaçait sur ce mastic son brin de poussière, le pressait bien et à plusieurs reprises, se retournait encore à 180°, déposait de nouveau un peu de son mastic, et s'en allait. Elle était remplacée par une autre, qui exécutait la même série de manœuvres, et le trou fut assez vite bouché.

Les fourmis qui travaillaient ainsi et fournissaient ce singulier mastic m'ont paru être des jeunes; car elles avaient le corps gros et blanc et la tête seule noire, tandis que, dans un autre nid de même nature, j'ai vu des fourmis toutes noires.

La plupart des petites branches sur lesquelles ces fourmis avaient établi leur chemin couvert étaient mortes et creusées intérieurement, de manière qu'il ne leur restait que l'écorce. L'arbre fournit évidemment et directement la nourriture et les matériaux de construction du nid, et indirectement le singulier mortier employé pour unir ces matériaux entre eux. Cet arbre est une espèce de caroubier, dont les cosses, petites et minces, sont très-sucrées et très-recherchées, dit-on, par les chevaux.

— Le 23 décembre, vers cinq heures du soir, la réfraction terrestre a subi une variation extraordinaire, accompagnée d'une grande transparence de l'air. A cet instant, le pied de la roche Piedra-de-Mar, jusque-là cachée par l'horizon de la mer, paraissait bien en deçà de cet horizon; quoique en réalité cette roche fût à 12 milles de la frégate, et par conséquent à 7 milles au delà de notre horizon visuel ordinaire. La dépression apparente du pied de cette roche au-dessous de l'horizon

visuel était alors de 8 minutes; ce qui, dans l'état ordinaire de la réfraction terrestre, eût fait placer la roche à la distance *d'un mille* seulement de la frégate.

En calculant avec ces données le coefficient de la réfraction terrestre, au moyen des formules des pages 81 et 82, on trouve pour ce coefficient 0,75 au lieu de 0,08, qui est sa valeur moyenne, c'est-à-dire un nombre neuf fois plus grand. Et cependant il n'y avait pas de mirage apparent; les terres n'étaient pas déformées. La mer était magnifique, la température de l'air était à 22°,8, celle de la mer à 23°3, le point de rosée à 19°0, le baromètre à 760^{mm},0. Ainsi, rien, dans ces données météorologiques, ne paraît de nature à justifier cette énorme perturbation de la réfraction terrestre.

Déjà en 1830, sur les côtes de France, j'avais été témoin d'un phénomène tout semblable. J'étais alors sur une des collines du fond de la baie de Saint-Brieuc, entre Binic et le Légué, et j'apercevais avec une netteté admirable les moindres sinuosités, les moindres anfractuosités de la côte opposée, du côté du cap Fréhel. Les plus petites différences de distances étaient accusées par une différence très-sensible de dépression; on aurait dit l'œil armé d'une lunette bien claire et d'un fort grossissement. Il n'y avait d'ailleurs aucune apparence de mirage. Dans ce cas, comme dans le précédent, le phénomène a coïncidé avec une transparence extraordinaire de l'air.

— La végétation paraît avoir une vigueur peu commune dans cette localité. On voit, à mi-hauteur, contre le mur du fort en pierre de taille qui domine l'entrée

du port, un arbre dont le tronc peut avoir 0m,30 de diamètre, et dont les racines, toutes extérieures au mur, hormis une, s'étalent en éventail sur sa face extérieure. Ces racines suivent ainsi hors de terre toutes les fortes sinuosités formées par les angles saillants et rentrants des contre-forts qui consolident ce mur et pénètrent dans la terre, au pied du mur, après une traversée aérienne de 3 mètres environ. Les assises ne paraissent pas avoir été dérangées par la seule racine qui pénètre dans le mur, ou plutôt qui en sorte ; car c'est elle, sans doute, qui a donné naissance à ce bel arbre dans une position aussi singulière et aussi peu favorable à la croissance d'un grand végétal.

Les autres racines, toutes extérieures au mur, sont très-grosses à leur origine, mais se divisent rapidement en racines plus petites qui se soudent fréquemment entre elles, et forment ainsi un réseau assez compliqué.

L'existence d'un arbre aussi gros, dans une position aussi précaire, sur une base aussi peu stable, me paraît exiger une tranquillité habituelle bien grande dans l'air de cette localité. Cette même conclusion ressort encore de l'existence signalée précédemment des chemins couverts non interrompus que les fourmis établissent d'une branche à l'autre, et même d'un arbre à l'autre. On disait, au reste, dans le pays, qu'il n'y avait pas eu de coup de vent depuis plusieurs années.

— Du 18 au 27 décembre, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de 2mm,26.

— Nous sommes partis le 27 décembre de San-Blas pour Acapulco.

1er janv. 1858. Lat. 18° 46' N. Long. 106° 52' O.

L'officier de quart annonce avoir aperçu, vers les cinq heures du matin, une étoile filante dont le mouvement s'est effectué, non suivant une ligne droite, mais suivant une ligne brisée, comme la foudre : elle a, de plus, laissé après elle une traînée lumineuse, qui doit avoir persisté pendant un temps bien plus long que d'ordinaire, puisque cet officier a cru pouvoir l'évaluer à cinq minutes.

Dans la nuit, on a aperçu un grand nombre d'étoiles filantes.

— Du 2 au 6 janvier, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $2^{mm},60$.

8 janv. 1858. Lat. 16° 50' N. Long. 102° 09' O. Acapulco.

Nous avons mouillé dans la journée dans la jolie petite rade d'Acapulco.

— Dans l'espace de quatorze jours, nous avons ressenti ici trente-quatre secousses de tremblement de terre; mais ces secousses ont été, en général, très-faibles : une seule a été assez forte pour faire sonner la chaîne de la frégate comme si cette chaîne eût ripé.

— Les habitants d'Acapulco distinguent trois sortes de tremblements de terre.

Les premiers et les plus fréquents, à Acapulco, consistent en un mouvement vibratoire qu'ils comparent à celui que l'on communique à un arbre pour en faire tomber les fruits; ou mieux à celui qu'un cheval imprime à sa peau pour en chasser les mouches; ou bien encore au mouvement par lequel un chien qui se secoue se débarrasse de l'eau dans laquelle il a été

plongé. Ce sont les tremblements de terre les plus destructeurs; et cela se conçoit aisément, car ce mouvement de vibration, parallèle à la surface de la terre, doit être singulièrement propre à abattre les édifices.

La seconde espèce de tremblement de terre consiste en coups brusques et répétés, dirigés de bas en haut. L'effet produit sur l'homme est comparé au choc d'une étincelle électrique ressentie dans les pieds, ou encore à l'effet produit par le contact d'une grande cloche qui vibre : ce sont les tremblements dits par trépidation. Ils produisent encore beaucoup de dégâts, et consistent, comme on voit, en un mouvement vibratoire perpendiculaire à la surface de la terre.

Ces deux premières espèces de tremblements sont généralement accompagnés d'un bruit sensible de frôlement, comparé à celui que fait entendre un vol d'oiseau qui s'enlève.

La troisième espèce de tremblement paraît consister en un simple mouvement ondulatoire, assimilé aux ondulations qui se propagent à la surface d'un liquide, ou mieux aux ondulations qui se dessinent et se propagent sur une plaque mince, longue, flexible et élastique, quand on l'agite par une extrémité : ce sont les moins destructeurs.

Un tremblement de terre de première ou seconde espèce dans un lieu, se trouve être généralement de troisième espèce dans un lieu éloigné. Ainsi, les tremblements de terre par vibration, qui à plusieurs reprises ont détruit la ville d'Acapulco, n'étaient que des

tremblements de terre par ondulation à Mexico; et le tremblement de terre qui a détruit la ville de Colima, il y a peu d'années, n'a été qu'un tremblement par ondulation à Acapulco.

M. Bécher, qui observe avec soin et intelligence les tremblements de terre si fréquents à Acapulco, pense que les tremblements des deux premières espèces ont leur cause immédiatement au-dessous du lieu où on les ressent avec ces caractères, et que les tremblements de la troisième espèce ne sont autre chose que les précédents, propagés à des distances plus ou moins grandes, par simple ondulation.

Cette manière de voir me paraît judicieuse, et conduirait, je crois, à des résultats importants, si elle était suivie avec attention jusque dans ses dernières conséquences.

M. Bécher n'a pas remarqué dans les animaux cette espèce de pressentiment qu'on leur attribue, relativement aux tremblements de terre. Il ne les a jamais vus être prévenus avant l'homme. Mais il faut dire que le souvenir des désastres passés et la crainte de leur retour rendent les habitants d'Acapulco singulièrement sensibles aux moindres mouvements du sol. La plupart du temps, l'étranger n'est averti du tremblement de terre que par la fuite précipitée des habitants hors de leurs maisons, et par les *Ave Maria* qu'il leur entend réciter à haute voix, et tout en courant.

Les divers mouvements de la croûte terrestre dans ces trois espèces de tremblement de terre étant de ceux que les mathématiciens sont parvenus à soumet-

tre au calcul, il serait bien à désirer que l'un de nos jeunes géomètres si habiles en fît le sujet spécial de ses recherches. Il arriverait certainement à des résultats utiles et curieux sur le lieu d'origine et la cause, encore inconnue, des tremblements de terre.

La mer a souvent (5 fois sur 8) joué un rôle très-actif, quelquefois même le rôle le plus actif, dans les trop nombreux désastres que la ville d'Acapulco a éprouvés par suite de tremblements de terre. Les mouvements de la mer, dans ces circonstances, me paraissent une preuve certaine que les mouvements vibratoires *infiniment petits* qui constituent la partie sensible et directement appréciable par nos sens, des trois espèces de tremblements de terre, ont été accompagnés d'un *mouvement fini*, temporaire ou permanent, de soulèvement ou d'abaissement du sol.

Les mouvements de vibration, de trépidation, d'ondulation, sont évidemment trop rapides et d'amplitudes trop petites pour que le niveau de la mer puisse en être affecté d'une manière sensible, et pendant un temps de quelque durée. Ces mouvements doivent évidemment se propager dans la mer, comme si celle-ci était une masse solide; et c'est, du reste, ce que prouvent les tremblements ressentis en pleine mer à bord des bâtiments.

D'un autre côté, le niveau moyen d'une grande mer est nécessairement *invariable*, du moins pendant un espace de quelques jours, de quelques années, peut-être même de quelques siècles. Si donc le niveau relatif de la mer et de la terre vient à changer momen-

tanément en un point de la côte, on peut affirmer qu'à ce point c'est le sol lui-même qui s'est exhaussé ou abaissé, suivant que le niveau de la mer paraît au contraire s'être lui-même abaissé ou élevé.

Ainsi, dans le tremblement désastreux de 1820, à Acapulco, le niveau de la mer resta pendant *deux heures à dix mètres environ au-dessous des points de la côte qui correspondaient auparavant à son niveau moyen.* (La mer s'était retirée et avait laissé une partie de la rade à sec.) Il est impossible, ce me semble, de ne pas conclure de là que, pendant *deux heures*, le sol d'Acapulco et de la rade s'est trouvé soulevé à la hauteur de 10 mètres environ au-dessus de son niveau ordinaire.

Après ces deux heures de repos, la mer revint dans la rade et s'éleva à $4^{m},5$ au-dessus des points correspondants à son niveau ordinaire, c'est-à-dire à $14^{m},5$ au-dessus des points correspondants au niveau qu'elle venait de quitter; et après quelques oscillations autour de sa position d'équilibre ordinaire, elle reprit son ancien niveau relatif. N'est-il pas évident, d'après cela, que le sol, après deux heures de soulèvement, avait repris son niveau habituel en s'abaissant de la même quantité dont il avait été soulevé? Et n'est-il pas manifeste que c'est en vertu de la vitesse acquise, que la mer a dépassé de $4^{m},5$ son niveau habituel?

(La mer s'avança vers la terre comme un mur, et avec une extrême rapidité; et c'est alors que, balayant toutes les constructions situées sur son passage, elle détruisit une partie de la ville.)

Dans le tremblement de terre qui a détruit Talcahuano, dans la baie de la Conception, au Chili, les mouvements apparents de la mer ont été en tout pareils; il y a eu seulement cette différence, que le sol n'a pas repris exactement son ancienne position, comme à Acapulco, mais qu'il est resté soulevé de deux ou trois mètres.

Dans le tremblement de terre qui a détruit le vieux Callao de Lima, les mouvements apparents de la mer ont encore été les mêmes, mais le sol n'a pas repris non plus son ancienne position, et est resté affaissé de 1 à 2 mètres environ.

Remarquons que ces mouvements finis, plus ou moins lents, mais temporaires, de soulèvement ou d'abaissement du sol, passeraient inaperçus aux yeux mêmes des spectateurs de ces grands phénomènes, sans la présence de la mer, qui, par sa tendance à garder un niveau absolument invariable, et par les terribles inondations qui sont la suite de cette tendance, les rend manifestes.

Le sol de la France pourrait s'élever verticalement de 100 mètres en cinq minutes, sans que les habitants de l'intérieur s'en doutassent; ils n'en auraient pas conscience; car nous ne pouvons sentir immédiatement que les mouvements du sol qui consistent en vibrations ou ondulations rapides, et dans lesquels notre inertie ou celle de nos constructions est directement mise en jeu; tandis que les habitants des côtes en seraient immédiatement avertis par un retrait apparent de la mer.

Par ses changements apparents, momentanés, ou permanents de niveau relatif, la mer est en effet éminemment propre à nous dévoiler l'existence de ces mouvements finis, momentanés ou permanents du sol. Car, à part les mouvements connus de son niveau, dus à la marée, aux vents et à la variation de la pression atmosphérique, la mer ne peut, en aucune manière, changer de niveau. D'où il résulte que, toutes les fois que son niveau moyen relatif change momentanément, on peut en conclure hardiment que c'est le niveau du sol lui-même qui a changé.

Si l'on applique cette conclusion au fait suivant, dont nous devons la connaissance à M. le docteur Rooke, des îles Sandwich, on admettra, sans doute, avec nous qu'il y a des mouvements momentanés d'élévation du sol qui ne sont pas accompagnés de tremblements de terre proprement dits, c'est-à-dire qui ne sont pas accompagnés de vibrations ou d'ondulations rapides. Et l'on regardera avec nous comme très-probable que les ras-de-marée dans lesquels on observe des variations extraordinaires et considérables du niveau de la mer, quand ces variations persistent pendant plusieurs minutes, ont pour origine des mouvements momentanés d'élévation ou d'abaissement du sol même des lieux où l'on observe ces singuliers phénomènes avec ce caractère particulier de permanence dans le niveau anomal.

Voici, en résumé, les faits principaux recueillis par M. le docteur Rooke, aux îles Sandwich. Le 7 novembre 1837, par un beau temps, et sans aucune se-

cousse de tremblement de terre, la mer présenta tout à coup des mouvements extraordinaires. A l'île Mawé, elle se retira d'abord assez loin pour laisser à sec les récifs qui bordent ces îles. Les habitants, sans défiance, s'empressèrent de se rendre sur ces récifs pour ramasser les nombreux poissons que la mer, en se retirant, y avait laissés échoués. Ils étaient joyeusement occupés à cette pêche facile, quand, après quelques instants de repos, la mer revint vers eux avec une extrême vitesse, s'avança comme un mur et les engloutit avant qu'ils eussent pu regagner la terre et se soustraire à sa fureur.

Le phénomène ne fut pas accompagné partout d'événements aussi tragiques. A Honoloulou même, où se trouvait M. Rooke, les mouvements de la mer n'ont pas été, à beaucoup près, aussi considérables; mais il a constaté avec précision que, pendant toute la durée du phénomène, le niveau de la mer a oscillé autour d'une position moyenne, inférieure en apparence, de 1^{m},5 environ au niveau ordinaire de la mer. C'est-à-dire que, pendant toute la durée du phénomène, le niveau moyen de la mer paraissait plus bas de 1^{m},5 environ que les points de la côte qui lui correspondaient ordinairement. On doit conclure forcément de là, d'après ce qui a été dit plus haut, que, pendant toute la durée du phénomène, le sol d'Honoloulou a été soulevé de 1^{m},5 au-dessus de sa position habituelle.

Il n'est pas inutile d'ajouter que, pendant ce temps, le volcan de Mouna-Roa, dans l'île Mawé, donnait des

signes manifestes d'un accroissement d'activité; et qu'à cette époque aussi les habitants d'Acapulco, situés à l'est, presque sous le même parallèle, étaient journellement effrayés par de forts tremblements de terre, qui leur venaient de l'Ouest, par ondulations.

Le phénomène observé par M. Rooke est un véritable ras-de-marée; et sans l'événement tragique de l'île Mawé, il fût sans doute passé inaperçu, comme tant d'autres. Mais ce qui, à mes yeux, donne tout le prix à l'observation de M. Rooke, c'est qu'il y est constaté que la mer n'oscillait pas alors autour de la position ordinaire de son niveau relatif.

Les relations des ras-de-marée qui ont lieu sur nos côtes font bien pressentir qu'il en est quelquefois ainsi; mais elles ne le constatent pas d'une manière certaine. Ainsi, on dit souvent qu'une partie du port de Marseille a été mise à sec par un ras-de-marée; et comme il n'est pas parlé de dégâts faits dans les magasins du port, on doit conclure que l'oscillation en sens contraire n'a pas été, à beaucoup près, aussi considérable, et que par conséquent le niveau relatif de la mer et du sol a été momentanément changé, et, par suite, que le sol a été momentanément soulevé. Mais ce ne sont là que de simples présomptions.

Il serait bien à désirer que ce phénomène, assez fréquent, fût étudié avec plus de soin, et suivi jusque dans ses moindres détails. Il en résulterait, je crois, une donnée de plus sur les mouvements, si intéressants pour nous, de la croûte du globe.

Des mouvements exécutés par des portions limitées de la croûte terrestre, nous connaissons les deux extrêmes, c'est-à-dire les mouvements instantanés des tremblements de terre proprement dits, et les mouvements séculaires, comme ceux de la Suède et du Groënland. Il me semble bien difficile de ne pas admettre, d'après ce qui précède, qu'il existe aussi des mouvements intermédiaires entre ces deux extrêmes, et que ces mouvements peuvent être ou n'être pas accompagnés de tremblements de terre proprement dits (de vibrations, de trépidations, d'ondulations).

J'ajouterai, comme donnée relative aux trente-quatre tremblements de terre que nous avons ressentis à Acapulco, pendant les quatorze jours employés à suivre, de quart d'heure en quart d'heure, les mouvements de l'aiguille aimantée horizontale, que ces tremblements de terre n'ont pas eu d'influence sensible sur la direction de l'aiguille aimantée. Leur effet se bornait à faire légèrement osciller cette aiguille, comme un pendule, sans la dévier de la direction du méridien magnétique.

— La température moyenne 27°,5 que nous trouvons pour l'eau de la mer dans la rade et dans les environs d'Acapulco, paraîtra certainement anomale, si l'on fait attention à la latitude du lieu et à l'époque de l'année, et si on la compare à la température moyenne de l'air, qui n'est que de 25°,5 environ.

— Nous sommes partis d'Acapulco pour Valparaiso dans la matinée du 23 janvier. Vers dix ou onze heures, au moment de notre sortie de la rade, nous avons vu

autour du soleil un halos ou plutôt une portion de halos, dont les couleurs étaient très-vives. Il était formé dans un gros nuage blanc, peu dense dans son intérieur, mais dont les bords étaient bien tranchés. Ce nuage paraissait être très-bas et ne pas dépasser beaucoup la hauteur des montagnes voisines (950 à 1000 mètres). Un nuage de neige à une si petite élévation, par cette latitude, paraîtra sans doute bien extraordinaire.

26 janv. 1858. Lat. 12° 07' N. Long. 101° 25' O.

Dans cette journée, nous avons été portés au S. 24° O. par l'un des plus forts courants que nous ayons éprouvés pendant le cours de notre campagne.

Sa vitesse a été de 63 milles en vingt-quatre heures (1m,3 par seconde environ), c'est presque une fois et demi la vitesse de la Seine, à Paris, lors de ses débordements.

— Dans la nuit du 26 au 27, nous sommes entrés dans la région des vents alizés. Les vents de S. O., O. N. O. des jours précédents, sont passés à l'E. N. E. par le N., à la suite d'un grain de courte durée.

Nous étions alors à 110 lieues environ de la côte du Mexique, par 11°-01′ de latitude Nord et 101°-22′ de longitude Ouest.

Le lendemain, pendant la nuit, ce vent est tombé à la suite de quelques grains très-courts, mais il a repris dans la journée, avec beaucoup de force, et la frégate a filé jusqu'à dix nœuds.

29 janv. 1858. Lat. 5° 53' N. Long. 100° 29' O.

Les deux couches de nuages qui accompagnent ordinairement les vents alizés paraissent bien; mais, tandis que la couche inférieure chasse de l'E. N. E.,

comme les vents que nous ressentons à bord, la couche supérieure chasse du Sud vers le Nord. La couche inférieure est basse, diffuse, de couleur légèrement brune. La couche supérieure est au contraire très-élevée, pommelée, blanche (cirrus).

— Dans les journées du 30 et 31 janvier et du 1^er^ février, ces deux couches se sont beaucoup rapprochées, et il y a des grains de pluie.

Ce rapprochement des deux couches de nuages dans les grains est assez commun.

— Du 27 au 31 janvier, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de 2^mm^,30.

— Le 31 janvier, nous sommes entrés dans une région de calme, d'où nous ne sommes définitivement sortis que le 16 février.

— Dans deux grandes sondes faites pendant le calme, la ligne a pris des inclinaisons considérables vers le S. 43° E., et indiquait ainsi un fort courant supérieur, portant au N. 43° O. Cette indication s'est trouvée en effet confirmée par la comparaison de la route estimée à la route vraie, comparaison qui a donné un courant moyen de 33 milles en vingt-quatre heures, portant au N. 43° O.

2 fév. 1858. Lat. 1° 42' N. Long. 100° 09' O.

Les nombres suivants mettent en évidence le peu d'épaisseur de la couche liquide en mouvement, et font voir tout le parti que l'on pourrait tirer des sondes faites par de grandes profondeurs pour l'étude des courants à la surface de la mer :

Longueur de la ligne filée.	Angle de la ligne avec la verticale.
812 mètres.	66°
650	66°
487	66°
325	65°
162	60°
81	38°
41	13°
16	0°

On voit que le plomb étant à 100 mètres au plus de profondeur, l'angle de la ligne avec la verticale était encore de 60°, et que ce n'est qu'à partir de ce moment que l'angle a commencé à diminuer rapidement avec la longueur de la ligne. Et l'on est en droit de conclure que la couche mobile a moins, et probablement beaucoup moins, de 100 mètres d'épaisseur, surtout si l'on se rappelle que le plomb pèse 30 kilogrammes, et que la ligne n'a que 0m,055 de circonférence.

Nous nous trouvons, d'après les très-utiles cartes physiques de Berghaus, en dedans de la limite Nord du courant froid des côtes du Pérou. On ne peut guère douter, en effet, que le courant dont nous constatons ici l'existence ne soit la continuation du courant péruvien, malgré la température assez élevée (26°,5) que nous trouvons à l'eau puisée à la surface de la mer.

Il faut faire attention qu'à cette époque de l'année, le soleil étant déjà depuis quatre mois dans l'hémisphère Sud, échauffe cet hémisphère beaucoup plus

que l'hémisphère Nord; et que, par conséquent, d'un côté, la température du courant péruvien doit être plus élevée, et de l'autre, la différence entre la température des eaux de ce courant et celle des eaux environnantes, par la latitude où nous nous trouvons, doit être moins considérable. Mais une autre cause contribue encore, je crois, puissamment à rendre la différence de température moins sensible ici que dans les îles Galapagos et sur la côte du Pérou.

Quand un courant de masse arrive directement, ou même obliquement, à la rencontre d'un plan incliné qui se relève, l'eau du courant doit, en vertu de la vitesse acquise, et de la poussée du liquide, s'élever un peu le long de ce plan incliné. L'eau qui était précédemment à la surface doit se déverser à droite ou à gauche, et être remplacée par l'eau d'une couche plus basse. Cette eau étant plus froide que celle qu'elle remplace, on conçoit que, dans ces circonstances, on trouve la température d'autant plus basse qu'on s'approche davantage du sommet du plan incliné. Et c'est là, si je ne me trompe, la cause de la diminution qu'on observe dans la température de la mer, à mesure qu'on s'approche des côtes du Chili et du Pérou, et c'est aussi là, en partie, la cause de la température extraordinairement faible, 22°, que nous avons trouvée plus tard dans les îles Galapagos, sous l'équateur même. Mais, passé ces îles, le fond de la mer s'abaissant au contraire, l'eau du courant froid ne peut plus s'élever; elle tend au contraire à s'abaisser aussi, puisque, étant plus froide, elle est plus dense; et de là

l'augmentation de température de l'eau de la surface; de là aussi, la transformation d'un courant de masse en un courant simplement superficiel, en arrière de ces îles; de là, enfin, les lits de courant, les remous dont nous avons constaté l'existence dans les journées suivantes.

6 fév. 1858.
Lat. 6° 24' S.
Long. 99° 30' O.

— Nous avons coupé l'équateur dans la matinée.

— Les nuages, en passant le soir devant la lune, produisaient de brillantes couronnes. Le cercle extérieur, de quatre degrés environ de diamètre, est de couleur orangé, avec une teinte bien légère de violet; le cercle du milieu est bleu légèrement verdâtre, et le cercle intérieur, de deux degrés environ de diamètre, est jaune orangé.

— J'ai été conduit à faire, dans la journée, quelques expériences des plus simples avec de l'acide sulfurique, sur lequel il existe dans la marine un préjugé bien singulier. On s'imagine que l'acide sulfurique peut, ou mettre le feu aux bâtiments, ou bien y pratiquer des trous qui peuvent les faire couler : en sorte que si le bâtiment échappe à l'incendie, ce n'est que pour être englouti par les flots. Aussi les règlements le proscrivent-ils d'une manière absolue à bord des bâtiments de l'Etat, et exigent-ils, pour la petite fiole destinée aux besoins de la pharmacie, des précautions de sûreté tellement grandes, qu'on croirait vraiment que cette petite bouteille renferme la perte du navire; tandis que ces mêmes règlements autorisent l'embarquement de la poudre, de l'esprit de vin, de l'eau-de-vie, de l'huile, de l'essence de térében-

thine, du goudron, de l'étoupe, et autres matières éminemment combustibles et inflammables. Et cependant, tout le monde sait que l'acide sulfurique (huile de vitriol) n'est ni combustible, ni inflammable, qu'il éteint le feu immédiatement, et qu'il suffit d'en imprégner un morceau de bois pour rendre celui-ci à peu près incombustible.

En cherchant à remonter à la cause de ce préjugé contre l'acide sulfurique, préjugé passé dans les ordonnances, on arrive à trouver que le mélange de la vapeur d'eau et d'acide chlorhydrique dégagé par le contact accidentel de l'acide sulfurique avec de l'eau de mer, a été pris pour de la fumée, et par suite regardé comme un indice certain de l'existence du feu. On cite, à cette occasion, un malheureux bâtiment marchand, chargé en partie d'acide sulfurique, qui a été sabordé et coulé à coups de canon, sur ce seul indice (on craignait qu'il ne mît le feu aux autres bâtiments du port). Il y a eu évidemment là une erreur grossière, une erreur dont les conséquences ont été graves, puisqu'elle a conduit à l'emploi d'un moyen de préservation aussi brutal. On arrive encore à trouver que le charbonnement du bois produit par l'acide sulfurique a été pris pour une preuve certaine de l'existence du feu. L'on cite, à cette occasion, le fait : qu'une bouteille d'acide sulfurique, embarquée pour les besoins de la pharmacie, s'étant cassée dans l'armoire qui la contenait, le liquide coula le long des parois du bâtiment, et que plus tard on trouva celles-ci charbonnées sur tout le trajet de l'acide ; d'où l'on

conclut que le feu y avait été mis; et l'on regarda comme un miracle que le feu ne se fût pas communiqué aux corps combustibles de toute espèce qui se trouvaient dans le voisinage, et par suite au bâtiment tout entier. Mais il y a là encore une erreur grossière : l'acide sulfurique noircit la surface du bois, la charbonne en enlevant au bois son eau de composition; mais loin d'y mettre le feu, il rend sa combustion ultérieure très-difficile, sinon tout à fait impossible. De ce que l'acide sulfurique, par son contact avec l'eau et le bois, produit de la chaleur, du charbon et l'apparence de fumée, on a eu tort d'en conclure qu'il pouvait mettre le feu. Il ne le peut pas.

Il ne peut pas davantage faire seul un trou dans une pièce de bois. Il faudrait, pour y réussir, non-seulement qu'on renouvelât l'acide, non-seulement qu'on le fît agir à l'abri du contact de l'eau et de l'air humide, mais encore qu'on vînt, avec un instrument tranchant, enlever le charbon à mesure qu'il se formerait; en sorte que, sous ce rapport, l'acide sulfurique est moins à craindre qu'un rat ou qu'un ver.

Mes raisonnements chimiques produisant peu d'effet sur des convictions basées sur une ordonnance, je pris de l'acide sulfurique, j'en approchai un papier allumé, et l'acide ne s'enflamma pas; j'y plongeai le papier allumé, et celui-ci s'éteignit immédiatement en se charbonnant; j'approchai ce papier charbonné d'une lumière, et il fut impossible de le rallumer; je versai de l'acide sur de la poudre à canon, et ni la poudre ni l'acide ne s'enflammèrent.

Faut-il espérer qu'il résultera de ces quelques expériences, bien faciles à répéter par tout le monde, que désormais on ne coulera plus à fond un malheureux bâtiment marchand pour quelques bouteilles d'acide sulfurique cassées à son bord ?

10 fév. 1838. Lat. 1° 34' S. Long. 99° 32' O.

—Pendant une grande sonde, l'inclinaison de la ligne a indiqué un courant superficiel portant à l'est, et ne s'étendant pas à plus de 100 mètres de profondeur. Et cependant l'estime a donné, pour la journée totale, du 9 à midi jusqu'au 10 à midi, un courant moyen assez fort, portant au contraire vers l'ouest.

Le 8 et le 7, l'inclinaison de la ligne, dans des circonstances semblables, avait indiqué un courant superficiel portant au sud, et ne s'étendant pas, de même, à plus de 100 mètres de profondeur. De plus, le 7 à cinq heures du soir, la température de l'eau est tombée subitement, et pour quelques instants seulement, à 24°,0. Comme nous n'avons fait que très-peu de chemin dans ces trois jours (à cause des calmes), on doit regarder, ce me semble, ces résultats comme une preuve évidente que nous sommes ici dans le remous causé dans le courant péruvien par les îles Galapagos, quoique nous soyons à plus de 120 lieues dans l'ouest de ces îles.

— Une bouteille ordinaire, en verre noir, qui avait précédemment contenu de l'eau-de-vie et n'avait pas été rincée, fut remplie d'eau douce limpide qui depuis plusieurs heures séjournait dans un pot à eau et provenait des caisses à eau, en fer, de la frégate. Cette bouteille, bien bouchée avec un bouchon de liége or-

dinaire, fut attachée à la ligne de sonde auprès du plomb, et envoyée à plus de 2300 mètres de profondeur. Elle revint débouchée, remplie d'eau salée ou du moins très-saumâtre, troublée par une matière rougeâtre qui ne tarda pas à se déposer; enfin, elle contenait une jolie petite coquille vivante, blanche, nacrée, du genre vénus. Le dépôt formé par la matière rougeâtre était une poussière impalpable, contenant quelques grains plus grossiers, comme du sable fin. *Le plomb n'avait pas touché le fond.*

La coquille et le sédiment, recueillis et conservés dans de l'esprit de vin, ont été remis à M. de Blainville, membre de la commission chargée par l'Académie d'examiner les objets d'histoire naturelle rapportés par la *Vénus*. Il sera curieux de savoir si cette coquille est de mer ou d'eau douce, c'est-à-dire si elle provient de l'eau douce mise d'abord dans la bouteille, ou si elle s'est introduite dans celle-ci avec l'eau de mer quand la bouteille s'est débouchée. Quoique, dans ce dernier cas, on ne puisse dire à quelle profondeur la chose a eu lieu, le fait serait encore par lui-même assez curieux.

Quant à la disparition du bouchon de liége, elle s'explique facilement par la compression considérable que le liége subit dans tous les sens, et par la diminution de volume qui en est la conséquence nécessaire. Le bouchon devient alors trop petit pour boucher complétement le goulot; l'eau extérieure pénètre dans la bouteille et en expulse le bouchon plus léger.

12 fév. 1878.
Lat. 2° 20' S.
Long. 98° 47' O.

Dans la journée, nous avons traversé des lits de

courants très-marqués. La mer était divisée en longues bandes parallèles alternantes. Dans les unes, la surface de la mer était clapoteuse, sonore et d'un bleu très-foncé; dans les autres, elle était lisse, striée et à reflet blanchâtre. Dans ces dernières, la mer présentait l'aspect d'un vaste bouillonnement, analogue à celui qu'on remarque en aval des culées d'un pont, avec cette différence, seulement, qu'ici le bouillonnement paraît d'une étendue sans borne. Les bandes où la mer était clapoteuse se détachaient très-sensiblement en relief sur les autres. La largeur commune de ces bandes était d'environ 3 à 4 encablures (600 à 800 mètres), et se succédaient en alternant dans la direction de l'est à l'ouest. Le vent était faible du S. E., et la frégate filait 3 nœuds vers le S. O.

L'estime a donné, pour les 24 heures, un courant moyen assez fort (un mille à l'heure) portant à l'est, c'est-à-dire en sens contraire de la direction générale du courant péruvien dans ces parages.

Ces mêmes lits de courant ont été encore très-marqués dans la journée du 14 février; mais le défaut d'observations astronomiques n'a pas permis d'en constater la direction par l'estime.

Ces faits viennent, si je ne me trompe, corroborer la conclusion que nous avions déjà tirée des observations du 10, savoir, que l'archipel des Galapagos produit un immense remous dans le courant péruvien, et et que ce remous s'étend jusqu'au point où nous nous trouvons, c'est-à-dire jusqu'à la distance de 120 lieues marines (66 myriamètres) en aval de ces îles.

— Du 1er au 14 février, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de 2mm,32.

— Ce n'est que le 16 février, après 17 jours d'arrêt, que nous avons été définitivement dégagés des calmes de la ligne. Nous avons coupé ce jour-là même l'équateur magnétique.

20 fév. 1858.
Lat. 17° 01' S.
Long. 109° 05' O.

Dès la veille, les longues traînées de nuages bas que produisent toujours les vents alizés s'étaient montrés; et j'ai pu dans cette journée, en déterminer la hauteur approximative, que j'ai trouvée de trois quarts de mille (environ 1400 mètres). Voici, du reste, les données : hauteur de l'œil, 6m,6; dépression de l'ombre au-dessous de l'horizon visuel, 0°-20′; hauteur du nuage, 39°-40′; hauteur du soleil, 61°-20′. (On se rappelle que l'année précédente nous avions trouvé un demi-mille dans l'Océan atlantique.)

— Dans la journée du 19 au 20, nous avons passé du nord au sud du soleil.

— Du 18 au 20 février, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de 1mm,83.

— Pendant tous les temps de calme, la cale au vin a exhalé une odeur épouvantable et presque suffocante, dans laquelle on reconnaissait parfaitement l'odeur de l'hydrogène sulfuré (acide sulfhydrique), et l'odeur de l'hydrogène carboné (proto-carbure d'hydrogène, gaz des marais). Ces gaz provenaient, sans aucun doute, de l'eau de mer dont on avait empli les barriques vides de vin. On pouvait ainsi se faire une idée de l'épouvantable infection qui devait régner autrefois dans l'intérieur des bâtiments avant l'introduction des

caisses à eau en fer. Et l'on s'explique bien par là ces maladies épidémiques qui alors ravageaient si souvent les équipages.

Le but qu'on se propose en remplissant les barriques à vin d'eau de mer à mesure qu'elles se vident, étant uniquement de diminuer les variations du tirant d'eau du bâtiment, puisqu'il est toujours possible, avec du lest volant, de le maintenir dans la différence voulue par sa construction et par sa meilleure marche, on peut se demander si l'effet utile qu'on en retire n'est pas compensé, et au delà, par la détérioration qu'éprouvent les barriques et le vin qu'on y introduit ensuite, et par les miasmes incommodes et nuisibles qui s'en exhalent.

La frégate et sa charge pesaient environ 2200 tonneaux, le poids total de l'eau mise dans les barriques à vin ne pouvait s'élever à plus de 40 tonneaux, c'est-à-dire au $\frac{1}{55}$ du poids total. Cet accroissement de poids ne pouvait par conséquent faire varier le tirant d'eau que d'un décimètre au plus, sur 65 que tirait la frégate.

Or, l'accroissement de stabilité que recevait la frégate de ce décimètre de plus dans son tirant d'eau, suffit-il pour justifier l'emploi de l'eau de mer dans ces circonstances, malgré les inconvénients incontestables qui y sont attachés? On peut en douter. Et, dans tous les cas, ne devrait-on pas s'arranger de manière à renouveler cette eau assez souvent pour ne pas la laisser se corrompre dans les barriques?

— Pendant ces mêmes temps de calme, la soute aux poudres a répandu également une odeur très-forte,

dans laquelle dominait l'odeur des gaz carbonés ; et de plus, un fanal introduit dans cette soute s'y éteignait promptement. Il est à croire que, sous l'influence prolongée de la chaleur et de l'humidité, la poudre aura éprouvé un commencement de décomposition.

26 fév. 1858. Lat. 27° 00' S. Long. 111° 26' O.

Nous étions arrivés, la veille au soir, en vue de l'île de Pâques, et nous en avons fait le demi-tour dans la journée.

Cette île est si petite, si dépourvue d'arbre, si aride sur les sommets et si éloignée de toute grande terre (plus de 600 lieues), qu'on est très-porté à croire au récit des voyageurs qui prétendent qu'elle est dépourvue de sources et d'eau douce, et que sa nombreuse population sauvage boit habituellement de l'eau de mer. Nous avions déjà entendu émettre une affirmation semblable, relativement à une tribu arabe vivant sur les côtes d'Alger. Le fait paraît toutefois peu croyable aux personnes qui connaissent les propriétés purgatives de l'eau de mer, et la répugnance naturelle qu'inspire son amertume. Et cependant je crois la chose très-possible ; car j'ai vu bien des matelots boire de l'eau de mer sans inconvénient, et l'un d'entre eux surtout en buvait habituellement sans en éprouver la moindre indisposition. Il s'y était *habitué*. L'histoire ne cite-t-elle pas des personnages célèbres qui s'étaient aussi *habitués* à boire des liqueurs empoisonnées ? On connaît trop peu, ce me semble, le mode d'action des purgatifs et des poisons, le pourquoi et le comment de l'effet qu'ils produisent, pour qu'on puisse dire, *à priori*, que le fait de l'*habitude* soit impossible.

— Les lames ont ici une largeur que nous n'avions pas revue depuis notre passage du cap Horn. En comparant la largeur des lames à la longueur de la frégate, elle m'a paru avoir au moins trois fois cette longueur, c'est-à-dire, plus de 150 mètres. Leur hauteur ne dépasse pas 3 mètres. 5 mars 1838. Lat. 32° 57' S. Long. 95° 25' O.

Le vent est très-modéré, mais souffle de l'ouest $\frac{1}{4}$ sud, direction dans laquelle se développe une immense étendue de mer dépourvue d'îles et de terres. Si, comme tout porte à le croire, la profondeur de la mer a une influence réelle sur la dimension des lames en largeur, on peut conjecturer de la grande largeur que nous leur trouvons ici et de l'absence complète d'îles dans cette vaste étendue de mer, que c'est dans ces parages, vers 50 degrés de latitude australe et 135° de longitude occidentale, que doit se trouver la plus grande profondeur de la mer.

— Du 6 au 8 mars 1838, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},25$.

— Nous avons mouillé, pour la seconde fois, en rade de Valparaiso, après onze mois d'absence. 18 mars 1838. Lat. 33° 02' S. Long. 74° 04' O. A Valparaiso.

Nous avions fait, le 13, le demi-tour de l'île Mas-a-Fuera, et le 15, le demi-tour de l'île Juan-Fernandez.

— Du 16 au 18 mars, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},40$.

— Le 25 mars, nous sommes montés au Sémaphore pour observer une éclipse de soleil qui devait avoir lieu au coucher de cet astre. Mais la violence du vent et le peu de stabilité du pied de la lunette astronomique ont empêché de bien saisir l'instant du premier

contact, si difficile d'ailleurs à bien observer. Nous avons pu avoir avec plus d'exactitude l'instant des éclipses de plusieurs taches; mais la position de ces taches n'étant pas connue, cette observation doit être considérée comme non avenue.

— Du 26 mars au 26 avril, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},33$.

— Les observations barométriques faites journellement et régulièrement dans le local du cercle du commerce à Valparaiso, pouvant être un jour d'une utilité réelle pour la météorologie, nous avons déposé aux archives du Dépôt de la marine la série des observations déjà faites à l'époque de notre départ, série que nous devions à l'obligeante communication de l'administrateur zélé de cet utile établissement.

— Nous sommes partis de Valparaiso pour le Callao de Lima le 28 avril, dans la soirée.

2 mai 1858. Lat. 26° 25' S. Long. 82° 25' O. Nous avons déterminé les positions des îles Saint-Félix et Saint-Ambroise.

— On croit, dans quelques ateliers des boussoles de la marine, qu'il est utile de n'aimanter que faiblement les aiguilles des boussoles et des compas, parce qu'on s'imagine affaiblir par là l'action perturbatrice du fer du bâtiment sur la direction de l'aiguille aimantée; et dans cette persuasion, on trempe très-peu les aiguilles, en sorte qu'il est réellement impossible de les aimanter beaucoup.

Il y a là erreur, et erreur fâcheuse, car, d'une part, l'effet de l'action perturbatrice n'est pas changé par cette faible aimantation, et d'autre part, l'influence

nuisible due au frottement du pivot sur sa chape en est considérablement accrue.

En diminuant la force magnétique de l'aiguille, on diminue, il est vrai, la valeur absolue de l'attraction du fer du bâtiment sur cette aiguille ; mais, comme on diminue, exactement dans le même rapport, la force directrice du globe, il s'ensuit que la direction de la résultante de ces deux forces n'est pas changée ; et que, par conséquent, la déviation causée par le fer du bâtiment reste la même. Ainsi, sous ce rapport, il n'y a rien de changé. Mais, par cette diminution de la force directrice du globe, on rend évidemment l'effet du frottement plus sensible, quoique le frottement en lui-même ne soit pas changé ; et cela peut avoir des inconvénients graves.

Il est donc à désirer, dans l'intérêt de la navigation, que l'usage vicieux de ne tremper et de n'aimanter que faiblement les aiguilles des boussoles et des compas, soitabandonné.

6 mai 1838. Lat. 18° 20' S. Long. 80° 49' O.

—Nous retrouvons ici les vents alizés et le ciel qui les caractérise, avec les deux couches de nuages. La couche inférieure chasse de l'est 35° sud, comme les vents que nous ressentons à bord, et la couche supérieure de l'ouest. Nous sommes à 90 lieues de terre. On se rappelle que c'est à 110 lieues de la côte du Mexique que nous les avions retrouvés, en partant d'Acapulco.

— Du 2 au 6 mai, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $2^{mm},98$.

8 mai 1838. Lat. 15° 21' S. Long. 79° 55' O.

— La terre, d'abord visible avant le lever du soleil, s'est embrumée bientôt après, et nous est restée cachée

pendant tout le jour. La brume s'est étendue jusqu'à nous et nous a dérobé la vue de l'horizon pendant une partie seulement de la journée. Elle s'est dissipée, dans la soirée, du côté de l'ouest seulement, et le coucher du soleil a été d'une netteté et d'une pureté admirable. On a vu alors dans l'est un arc-en-ciel de brume très-distinct, blanc, et sans aucune espèce de couleur. Il a fait calme plat toute la journée.

— La mer présente cette teinte vert-olive que nous avons déjà signalée dans ces parages. Ayant sondé par 1620 mètres, bien à pic, on n'a pas trouvé fond; ce qui prouve bien que la couleur de l'eau ne lui vient pas du fond, mais de la poussière verdâtre (animalcules sans doute) qu'elle tient en suspension.

10 mai 1858. Lat. 12° 05' S. Long. 79° 55' O. Au Callao de Lima.

Nous avons encore eu de la brume et du calme dans la journée du 9, et ce n'est que le 10 que nous avons pu mouiller en rade du Callao de Lima.

— Il est impossible de se trouver pendant plusieurs jours enveloppé de brumes qui dérobent la vue de l'horizon, tandis qu'elles laissent voir parfaitement les astres, sans songer au moyen d'obtenir à bord un horizon artificiel. Bien des tentatives ont été faites dans ce but, mais aucune d'elle n'a donné, jusqu'à présent, un résultat assez satisfaisant pour qu'on puisse dire que le problème est résolu. Cependant, sa solution intéresse vivement le marin et l'hydrographe; car l'horizon de la mer leur manque précisément au moment où ils en ont le plus besoin, c'est-à-dire dans les brumes, dans la nuit, près des terres. Quelle sûreté n'acquerrait pas la navigation, si l'on pouvait, à chaque ins-

tant de la nuit, prendre les hauteurs des étoiles, des planètes, de la lune, et obtenir ainsi, pour le même instant, la latitude et la longitude du navire sans l'intervention de l'estime, et sans plus de calcul que s'il s'agissait d'une observation du soleil?

On ne peut, à cause des mouvements du navire, espérer d'obtenir, à bord d'un bâtiment, un plan qui reste absolument fixe dans une position horizontale; mais cette fixité, nécessaire dans l'état actuel des instruments à réflexion, ne le serait plus, je crois, si l'on adaptait à ces instruments le petit mécanisme que j'ai proposé précédemment (pag. 159); car il suffirait alors que, dans ses mouvements, le plan ne s'écartât pas trop de la position horizontale, en oscillant à très-peu près également de part et d'autre de cette position.

Ce mécanisme permettant de marquer instantanément sur le limbe un grand nombre d'angles, sans être obligé de s'interrompre pour en faire la lecture, on pourrait marquer ainsi les angles correspondants aux plus grandes élongations du plan, c'est-à-dire correspondants aux moments où le plan cesse de se mouvoir dans un sens pour se mouvoir dans l'autre, moments pendant lesquels le plan est un instant stationnaire. La moyenne de tous ces angles donnerait sans doute, avec une exactitude suffisante, l'angle correspondant à la position moyenne du plan, c'est-à-dire correspondant à sa position horizontale. Il suffirait évidemment pour cela que la somme des amplitudes des oscillations du plan dans un sens ne fût pas très-différente de la somme des amplitudes des oscillations en sens contraire.

Les conditions à remplir par l'horizon artificiel, se trouvant, de cette manière, considérablement simplifiées, pourraient sans doute être réalisées de bien des manières différentes.

— Le 11 et le 12 mai au soir, vers les 7 heures, la lumière zodiacale a été très-apparente. Le fort de la lumière atteignait 80° de distance au soleil ; mais on pouvait encore suivre sa trace jusqu'à 110° du soleil.

— Le 14 mai, vers 4 heures trente minutes du soir, nous nous trouvions au sommet de la vigie de San-Lorenzo (280^{m}), au moment où le grand sommet de cette île (400 mètres) se couvrait de brume ; l'air était si humide, si saturé de vapeur, que les mains et les habits en étaient mouillés, et cependant nous n'apercevions encore, autour de nous, aucune trace de brouillard. Mais il ne tarda pas à se former, sans devenir cependant bien épais. La température de l'air était alors à 17°,8 à la vigie, tandis qu'au même instant on avait à bord 20°0. Le point de rosée à bord était à 17°,8 ; et dans la nuit la température de l'air est descendue à 17°,5.

— Vers les 9 heures du soir du même jour, M. le docteur Néboux, et M. Michel, enseigne de vaisseau, ont aperçu une étoile filante qui a laissé après elle une longue traînée lumineuse. Cette longue traînée a persisté pendant 4 ou 5 minutes, d'après l'estime de ces messieurs, et, d'abord oblique à la direction du vent, elle s'est bientôt orientée parallèlement à cette direction. D'après les mêmes observateurs, Régulus, en partie éclipsé derrière cette traînée, apparaissait

comme la flamme d'une bougie vue au travers d'un verre dépoli. Il n'y avait, du reste, aucun nuage apparent dans la direction de ce météore.

— Le 19, dans une longue excursion en canot, j'ai pu examiner à loisir le vol de quelques oiseaux, et constater, par un grand nombre d'observations, que les pélicans donnent environ deux coups d'ailes par seconde; les fous, trois; les Cormorans trois ou quatre; les hirondelles de mer, huit à dix. On se rappelle que les albatros et quelques autres gros oiseaux n'en donnent souvent qu'un toutes les deux ou trois minutes, et sont quelquefois jusqu'à sept minutes sans en donner. Un autre jour, j'ai pu entendre, chez un gallinaços qui planait, un frôlement, un frémissement dont j'ai évalué le nombre des vibrations à vingt par seconde.

L'amplitude des battements chez les cormorans est très-considérable; ils ont toujours l'air fatigué, quoiqu'ils fassent ainsi d'assez longs trajets. Après s'être enlevés, ces oiseaux battent encore souvent pendant plus d'une minute l'eau avec le bout de leurs pattes, en même temps qu'ils battent l'air de leurs ailes, et semblent ainsi courir sur l'eau avec vitesse. Chez ces oiseaux, les grandes plumes des ailes sont courtes, et elles laissent voir entre elles des espaces vides, quand les ailes sont tendues; ce qui n'a pas généralement lieu pour les autres oiseaux.

L'inclinaison de l'axe de tous ces oiseaux à l'horizon ne variait guère qu'entre 10 et 15 degrés.

Dans les battements, les ailes ne se plient pas et tournent tout d'une pièce autour de l'articulation de l'épaule.

— Du 7 au 19 mai 1838, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},42$ seulement.

— Le 22 mai, étant à la pointe du Moro-Solar, tandis qu'à bord de la *Vénus*, au mouillage de San-Lorenzo (22,000 mètres de distance), on faisait l'exercice à feu, j'ai parfaitement entendu les coups de canon, quoique la direction du tir fût perpendiculaire à celle dans laquelle je me trouvais, quoique le vent fût debout, quoique la mer battît à nos pieds, et quoique enfin je ne fusse pas prévenu. La charge était de 4 kilogrammes de poudre.

J'ai proposé en 1836, dans des notes placées à la suite des *Instructions nautiques sur les côtes de l'Algérie*, de M. A. Bérard, un moyen de mesurer les grandes profondeurs de la mer, basé sur l'emploi de bombes qui feraient explosion en touchant le fond. (Le bruit de l'explosion ferait connaître l'instant de l'arrivée, et la durée de la chute ferait connaître la profondeur, puisque la vitesse de chute est constante.) Quelques personnes ont douté que le bruit de l'explosion d'une bombe arrivée au fond de la mer (4 lieues) pût être entendue de la surface. L'observation précédente me semble lever tous les doutes à cet égard; car on sait que l'eau, étant beaucoup plus dense et plus homogène que l'air, doit transmettre le son beaucoup mieux que lui. Au reste, l'observation directe, faite par M. Colladon sur le lac de Genève, est plus probante encore; car M. Colladon ayant fait frapper une cloche sous l'eau, le son de cette cloche fut entendu, dans une

première expérience, à la distance de quatre lieues à travers l'eau, et dans une seconde expérience, il fut entendu à la distance énorme de neuf lieues, toujours à travers l'eau. Il me semble, d'après cela, qu'on ne peut plus élever de doutes raisonnables sur la possibilité d'entendre, de la surface, le bruit de l'explosion d'une bombe suffisamment chargée, qui éclaterait au fond de la mer.

— Le 23 mai, j'ai vu, sur l'île Paloma, une couche naturelle de guano. Ce guano contient, disséminée dans sa masse, une quantité assez considérable de poils de phoque. Doit-on en conclure que ces animaux ont contribué à la formation de cet engrais?

Les phoques sont encore très-nombreux dans les environs, quoiqu'on leur fasse une chasse active pour en extraire l'huile; car j'en ai pu compter 83 sur une seule roche, 45 sur une autre roche à côté, et 10 sur une autre, en tout 138; et cela dans l'espace d'une encablure ou deux (200 à 400 mètres).

—Le 24, en traversant l'île San-Lorenzo, nous avons vu le phénomène complet du mirage avec apparence d'une belle nappe d'eau. L'illusion a été si complète, qu'un des matelots qui m'accompagnait a voulu absolument aller boire de cette eau, malgré l'explication que je lui donnais du phénomène, malgré l'impossibilité de l'existence d'une grande nappe d'eau sur une pente très-inclinée, dans un pays où il ne pleut jamais. Pressé par le temps, je n'ai pas pu étudier le phénomène en détail.

— On a fait, ce même jour, l'exercice à feu à bord

de la *Vénus*. Le but était, à très-peu près, à 1000 mètres de distance, et cet espace était franchi en 3″,6 par les boulets de 12 kilo., lancés par les canons chargés de 4 kilogrammes de poudre, et en 5″,6 par les boulets de même poids, lancés par les caronades chargées de 1ᵏ,33 de poudre, ce qui donne une vitesse moyenne de 278 mètres par seconde pour les premiers projectiles, et de 178 mètres pour les seconds. Le son franchissant cet espace en 3″ environ, on voit qu'il devait encore arriver au but un peu avant les premiers projectiles, et plus de deux secondes et demie avant les seconds.

— On peut citer, à l'appui des remarques de M. Fermond relatives au mouvement giratoire de l'air lors de la production du son, le mouvement giratoire, très-manifeste, qu'éprouve la fumée qui sort de la bouche d'un canon. On rend le phénomène très-sensible, tout en lui donnant une forme très-gracieuse, en graissant un peu l'intérieur des pièces ; car alors la fumée a plus de persistance et de densité, et l'on voit s'élever au-dessus de la bouche du canon une jolie couronne qui monte en tournant sur elle-même, et en augmentant graduellement de diamètre.

— Cette relâche a été très-nuisible à la santé des zélés observateurs de la *Vénus*, qui, sous la direction de M. Lefebvre, ont suivi à terre les mouvements de la variation diurne de l'aiguille aimantée. Tous, y compris M. Lefebvre lui-même, ont été atteints de fièvres intermittentes très-tenaces; et l'un d'eux, M. Raulline, n'en était pas encore guéri au mois de mars de l'an-

née suivante, lors de notre relâche à l'île Bourbon.

— Nous sommes partis du Callao de Lima pour Payta dans la journée du 1er juin.

— Nous avons été visiter de près une baleine morte qui flottait sur l'eau, et que nous avions prise tout d'abord pour un danger, pour une roche hors de l'eau. D'un peu loin, l'illusion était complète, à cause de la partie blanche du ventre de l'animal, que les mouvements de roulis imprimés par l'eau mettaient à découvert à chaque lame ; ce qui simulait parfaitement un brisant. Ce n'est que d'assez près que nous avons reconnu l'erreur. Il pourrait bien se faire que quelques-unes des vigies marquées douteuses sur nos cartes eussent pour origine une pareille méprise. 5 juin 1838. Lat. 10° 50' S. Long. 80° 52' O.

Il y avait, autour de ce cadavre infect, une véritable nuée d'alcyons qui voltigeaient en se plongeant de temps à autre dans l'eau environnante couverte d'une légère couche d'huile puante. J'ai été désagréablement surpris de voir des goûts si rebutants, chez des oiseaux si poétiques, et si curieux à observer, du reste. Un grand nombre de requins rôdaient également autour de ce cadavre. Ceux-ci, du moins, étaient là à leur place.

— Nous avons mouillé dans cette journée en rade de Payta. 6 juin 1838. Lat. 5° 07' S. Long. 83° 32' O A Payta.

— La première chose qui frappe la vue en arrivant à terre dans ce pays, où il ne pleut jamais, dit-on, c'est le *grand ravin* dans l'embouchure duquel la ville se trouve bâtie. Faut-il admettre qu'il a beaucoup plu jadis dans ce pays? ou bien faut-il croire, comme on

l'a proposé pour d'autres points de cette côte, que la formation de ces ravins remonte à l'époque même du soulèvement du sol?

— Le 13 juin au soir, la lumière zodiacale paraissait bien et s'étendait jusqu'à 70 et 80 degrés de distance du soleil.

— Nous sommes partis de Payta pour les îles Galapagos, dans la journée du 17 juin.

24 juin 1838. Lat. 1° 14' S. Long. 92° 53' O. Ile Charles (Galapagos).

Arrivés la veille en vue des îles Galapagos, nous n'avons pris le mouillage de Post-Office-Bay, dans le nord de l'île Charles, que dans la journée du 24.

— Dans les environs de la baie de Black-Beach, en allant vers la pointe de la *Selle*, la lave paraît d'une nature toute particulière: on dirait de la boue semi-fluide, formée de terre rouge, qui aurait été surprise par une forte gelée pendant qu'elle coulait encore lentement. Elle forme de petits amas circulaires, épatés, ondulés comme une pâte dense qui se solidifie.

La matière paraît avoir éprouvé un retrait bien considérable lors de sa solidification; car elle est divisée par un très-grand nombre de fentes, dont quelques-unes sont très-larges et très-profondes. C'est dans ces fentes que s'est réuni le peu de terre déjà formé.

Dans le nord de l'île, aux environs de la baie de la Poste, la lave, d'un gris noir et très-poreuse, ressemble beaucoup plus à la lave ordinaire. On trouve de la véritable pouzzolane sur les flancs très-inclinés du cône volcanique du N. E.

L'existence de cette pouzzolane, en petits fragments, comme du gros gravier, dans une position aussi peu

stable, sur un plan aussi incliné, me paraît établir l'absence complète de grandes pluies et de fortes averses dans cette localité, depuis l'éruption qui a donné naissance à cette pouzzolane. Il pleut cependant presque tous les jours sur les hauts sommets du centre de cette île.

Au pied de ce cône volcanique, au-dessus du lac Salé, on voit un trou vertical percé dans la lave et d'un mètre ou deux de diamètre. Ce soupirail, de forme héliçoïdale, est resté parfaitement dégagé; ce qui semble prouver qu'il n'a jamais donné passage qu'à des gaz. Il serait sans doute curieux de pénétrer sous terre par ce trou; et ce serait, je crois, assez facile au moyen de cordes.

— Nous avons trouvé sur les roches, tout au bord de la côte, dans les parties peu fréquentées, une espèce d'iguane de $0^{m},5$ environ de longueur. Ces animaux vivent en famille et sont réellement des amphibies d'eau salée, car ils sautent à l'eau et se cachent sous les roches, quand on les trouble dans leur repos. Ce sont les seuls animaux de cette classe que nous ayons vu être véritablement amphibies d'eau salée; et nous n'en avons vu que dans cette île. Ils paraissent se nourrir de plantes marines.

— Les petits oiseaux de l'intérieur de l'île n'ont pas encore appris à connaître l'homme et à se méfier de lui comme de leur plus grand ennemi.

Étant sur le sommet le plus élevé de l'île (560 mètres), occupé à prendre une vue générale du groupe, ces oiseaux venaient se poser jusque sur le cahier que je te-

nais à la main et sur lequel je dessinais. Un jeune élève qui m'accompagnait les prenait à la main, comme on prend les mouches. Avec une petite baguette dont il les frappait très-adroitement, cet élève en tua plusieurs douzaines; il lui arrivait bien souvent que l'oiseau sautait sur la petite baguette qu'il approchait pour l'en frapper. Plusieurs de ces oiseaux étaient remarquables par la rusticité de leur plumage, tout ébouriffé, clair-semé, mal peigné, de couleur terne : nos moineaux eussent réellement passé pour des petits-maîtres à côté d'eux.

— Une frégate à gorge rouge, du poids de $2^{k},35$, a présenté l'énorme envergure de $1^{m},5$. Le poids d'un pélican a été trouvé de $3^{k},6$.

— On a pêché un très-grand nombre de langoustes, qui sont ici naturellement rouges. Les crabes qu'on voit courir sur les roches de la côte sont aussi naturellement rouges et d'un beau rouge de feu. On dirait des flammes qui voltigent encore dans les fentes de la lave.

— Nous sommes partis de la baie de la Poste dans l'après-midi du 3 juillet, pour faire le tour de l'archipel des Galapagos.

— Le 10 et le 13 juillet, nous avons eu des dépressions de l'horizon notablement plus fortes que la dépression calculée, et qui ont donné pour la réfraction terrestre les coefficients négatifs — 0,13 et — 0,08. La mer était seulement de $0^{\circ},6$ et $2^{\circ},1$ plus chaude que l'air.

— Aux îles Wenman et Culpepper, qui présentent

des escarpements de 150 mètres d'élévation, les assises de lave sont si régulièrement superposées, qu'on croirait avoir sous les yeux une construction colossale. Ces assises sont peu épaisses, mal jointes, la lave en est d'ailleurs très-poreuse; aussi la mer les démolit-elle facilement; ce qui rend le phénomène des rochers percés à jour commun dans cette localité.

— Du 8 au 12 juillet, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},97$.

— Le 15 juillet, nous avons quitté les Galapagos, et fait route pour les îles Marquises.

— Dans la journée du 18 au 19, nous avons coupé très-obliquement l'équateur magnétique. 18 juillet 1838. Lat. 3° 27' S. Long. 100° 56' O.

— Il arrive assez souvent, dans les levés sous voile, qu'on a le problème graphique suivant à résoudre : *On connaît la distance mutuelle de deux points pris sur une route dont la direction seule est connue; en chacun de ces points, on n'a pu mesurer qu'un seul angle compris entre deux signaux, ou deux objets connus de position sur un plan; on demande de marquer sur ce méme plan la position de ces deux points, et par suite celle de la route elle-méme.*

On voit tout de suite que le problème revient à celui-ci : Inscrire entre deux cercles donnés de position une ligne de longueur donnée et de direction connue. Et l'on voit bientôt, avec un peu d'attention, qu'il suffit pour le résoudre de transporter le premier de ces cercles parallèlement à la direction connue de la ligne, et d'une quantité égale à la longueur de cette ligne; car il est évident que le point où ce cercle,

dans cette nouvelle position, coupe le second cercle, est un des points cherchés, et que l'autre s'en déduit immédiatement. Cette solution est simple, et, comme on voit, d'une application très-facile, puisqu'il suffit de déplacer le centre du premier cercle de la même quantité et dans la même direction que le navire, et de décrire avec le même rayon, de ce nouveau point comme centre, un cercle égal au premier.

Cette même construction donne aussi, comme on peut le voir facilement, un moyen très-simple et rigoureux de suppléer graphiquement à la réduction des angles au centre d'une station, quelque grande que soit la distance de ce centre au point d'observation.

— On recommande généralement, dans les instructions sur les levés sous voile, *de se placer Est et Ouest des points dont on veut déterminer la latitude, et Nord et Sud de ces mêmes points quand on veut en déterminer la longitude.* Cette dernière prescription n'est cependant pas la meilleure; car elle laisse subsister dans la détermination des points une partie de l'erreur de l'estime. On devrait recommander *de se placer toujours de manière que la hauteur de l'astre observé soit la même à bord que sur le point dont on veut déterminer la position.*

La raison de cette règle est facile à saisir. En effet, supposons, par exemple, que l'astre observé soit le soleil : les montres, en donnant l'heure de Paris pour l'instant de l'observation, font connaître le point du globe qui, dans cet instant, a le soleil à son zénith. Si, de ce point comme centre, avec un rayon égal au

complément de la hauteur observée (distance du soleil au zénith de l'observateur), on décrit sur le globe un cercle, la position de l'observateur devra nécessairement se trouver quelque part sur ce cercle, qui contient tous les points pour lesquels la hauteur du soleil, à l'instant donné, était égale à la hauteur observée. (L'observation de la hauteur d'un astre ne donne rien de plus, ni rien de moins que le rayon d'un cercle semblable, dont les montres et la *Connaissance des temps* font connaître le centre.) Mais si notre prescription est remplie, le point à déterminer devra se trouver aussi sur ce même cercle. Et l'intersection de deux cercles semblables donnera évidemment la position cherchée du point; et cela indépendamment de toute erreur sur la position du bâtiment, provenant de l'estime, et aussi quelles que soient les heures des deux observations; pourvu que leur intervalle soit assez grand pour que les deux cercles se coupent sous un angle suffisamment bon.

On se trouve évidemment alors dans le même cas que si l'on avait fait les deux observations, sur le point même dont on veut déterminer la position. Et des formules rigoureuses données dans tous les traités de navigation font connaître alors la latitude et la longitude du point cherché.

Ces formules rigoureuses étant toutefois peu familières aux marins, qui ont bien rarement l'occasion d'en faire usage, il est plus simple et tout aussi exact, dans la pratique, de calculer à l'ordinaire (avec un élément estimé) la position du bâtiment, et de tracer ensuite

sur la carte les relèvements pris sur le point à déterminer ; car il est facile de voir que l'intersection de ces relèvements diffère excessivement peu du point d'intersection des cercles eux-mêmes, et varie excessivement peu, même pour une erreur considérable dans l'élément estimé qui entre dans les calculs. En effet, ces deux relèvements étant les cordes d'arcs, très-petits, pris sur les deux cercles, dans le voisinage de leur point commun d'intersection, se coupent nécessairement toujours très-près de ce point d'intersection, quelles que soient, du reste, les petites variations de position que puissent subir les deux petits arcs sur les cercles.

On voit tout de suite que, d'après notre prescription, le point à déterminer se trouvera toujours, par rapport à l'observateur, dans un azimuth à très-peu près perpendiculaire au vertical du soleil, puisque ce point est toujours à peu de distance de l'observateur, sur un même arc de petit cercle dont l'azimuth du soleil est le rayon. L'expression de l'angle azimuthal compris entre le vertical du soleil et le point est donné par la formule :

$$\text{Cos. A} = \text{tang.} \frac{\text{D}}{2} \text{ tang. H},$$

dans laquelle A est l'angle voulu ; H la hauteur du soleil ; D la distance du point à l'observateur.

L'arc D n'étant jamais que d'un petit nombre de minutes, on voit que l'angle A sera généralement très-peu différent de 90°, et qu'on pourra, dans la pratique,

le prendre toujours égal à 90°, sans avoir recours à la formule précédente ; à moins, toutefois, que la hauteur H du soleil ne diffère elle-même très-peu de 90°, c'est-à-dire, à moins que le soleil ne se trouve près du zénith au moment de l'observation.

En suivant notre prescription, tous les instants de la journée sont bons pour déterminer la position d'un point : il n'est plus nécessaire d'attendre l'heure favorable aux angles horaires et l'heure de midi ; il suffit que les cercles ou les relèvements se coupent suffisamment bien, et pour cela, il suffit que l'intervalle des observations soit compris entre 4 et 8 heures environ.

Dans le calcul des observations faites dans le voisinage de midi, c'est-à-dire de dix heures du matin à deux heures du soir, au lieu d'employer la formule ordinaire, qui donne l'angle horaire au moyen de la latitude estimée et de la hauteur observée, il sera plus exact d'employer la formule suivante, qui fait connaître la latitude au moyen de la longitude estimée et de la hauteur observée;

En appelant :

L la latitude cherchée,

A l'angle horaire déduit de la longitude estimée et de l'heure de Paris au moment de l'observation ;

D la déclinaison du soleil,

H sa hauteur,

On a :

$$\text{Sin. } (L + x) = \frac{\text{sin. H cos. } x}{\text{sin. D}} = \frac{\text{sin. H sin. } x}{\text{cos. A cos. D}},$$

x étant donné par la formule :

$$\text{Tang. } x = \frac{\text{cos. A}}{\text{tang. D}}.$$

Dans les observations faites à l'instant même de midi pour déterminer la latitude par la hauteur méridienne, comme il n'entre aucun élément estimé dans le calcul, on devra se placer toujours Est et Ouest du point à déterminer, quelle que soit la hauteur du soleil, et lors même qu'elle approche beaucoup de 90°; ce qui rentre, du reste, dans notre règle générale de se placer toujours, par rapport au point à déterminer, de manière à le relever dans un azimuth perpendiculaire à celui du soleil.

En partant des mêmes considérations qui nous ont guidé dans l'établissement de ce principe général, on voit que, pour déterminer la position du navire le plus exactement possible et indépendamment de toute erreur d'estime, au moyen d'une hauteur du soleil et d'un relèvement pris sur un point connu de position, il faut se placer de manière à relever ce point connu dans l'azimuth même du soleil ou à 180°; car alors le relèvement coupe à angle droit le cercle de position donné par la hauteur observée.

— Les levés sous voile conduisent à un problème dont la solution paraît d'abord si compliqué qu'on ne cherche généralement à le résoudre que graphiquement et par tâtonnements; et cependant il peut recevoir une solution analytique assez simple, plus

simple quelquefois que la solution graphique elle-même, et toujours plus sûre qu'elle.

D'un certain nombre de points de stations dont les positions ne sont données qu'approximativement, on a pris des relèvements sur des points fixes inconnus de position; ces relèvements ne sont eux-mêmes qu'approximativement exacts; on demande les positions les plus probables et des points de station et des points fixes. Tel est le problème qu'on a à résoudre à chaque instant, quand on fait de l'hydrographie sous voile.

Dans la solution graphique que reçoit ordinairement ce problème, on commence par placer sur la carte les points de station, on trace ensuite les relèvements, et puis l'on fait jouer et les relèvements et les positions des points de station de manière à obtenir l'accord le plus satisfaisant possible. Mais aucune règle précise ne guide dans cette opération; c'est l'habitude, le sentiment de l'hydrographe, qui le portent à adopter telle combinaison plutôt que telle autre. Si bien qu'avec les mêmes données deux personnes différentes peuvent arriver à des résultats différents. La différence toutefois ne peut pas être bien considérable, ne peut pas être dangereuse pour la navigation. Mais il résulte de cette manière d'opérer que l'esprit n'est jamais complétement satisfait, parce qu'on n'est jamais sûr d'avoir adopté la combinaison la meilleure, d'avoir assigné les positions les plus probables; et l'on se fatigue souvent à essayer des combinaisons nouvelles qui font perdre beaucoup de temps.

Une solution analytique qui ferait disparaître ces

tâtonnements, ces doutes, en donnant une règle sûre, infaillible, toujours la même d'arriver au résultat le plus probable, serait certainement une acquisition précieuse pour l'hydrographie; surtout si elle joignait à ces avantages celui de la simplicité.

Nous allons simplement indiquer ici la marche à suivre pour cela, le cadre de cet ouvrage ne permettant pas d'entrer dans tous les détails nécessaires à la pratique.

Les données du problème sont : des latitudes ou des longitudes estimées, des hauteurs du soleil, et des relèvements, c'est-à-dire des angles. Par les formules connues de la navigation, il est toujours possible d'exprimer explicitement les erreurs dont ces données sont susceptibles en fonction de ces données elles-mêmes et des longitudes et latitudes vraies et inconnues des points de station et de celles des points fixes.

En faisant la somme des carrés de ces expressions, on formera une nouvelle expression de ces mêmes quantités qui devra satisfaire à la condition du minimum. Car il est évident que les positions les plus probables des points à déterminer sont celles qui donnent un minimum pour la somme du carré des erreurs des observations. En différenciant cette expression par rapport aux inconnues, et égalant à zéro les coefficients des différentielles de ces inconnues, on obtiendra autant d'équations que d'inconnues, ce qui déterminera complétement celles-ci.

Mais ces dernières équations seront généralement trop compliquées pour qu'on puisse les résoudre et en

déduire les valeurs explicites des inconnues. Et la solution analytique du problème serait réellement impraticable, si l'expression rigoureuse de ces valeurs en fonction explicite des données du problème était indispensable à la détermination des valeurs numériques des inconnues. Mais heureusement on peut s'en passer.

En effet, on connaît toujours, ne fût-ce que par une construction provisoire, des valeurs plus ou moins approchées des inconnues; on pourra donc développer les premiers membres des équations qui doivent donner les valeurs de ces inconnues, suivant les puissances ascendantes des différences entre ces valeurs approchées et les valeurs réelles; et si l'on néglige les puissances supérieures de ces différences, on obtiendra, pour déterminer celles-ci, une suite d'équations simultanées du premier degré, en nombre égal à celui des inconnues. On déduira facilement de ces équations les valeurs de ces différences, et l'on obtiendra par suite des valeurs plus approchées des inconnues elles-mêmes.

Si les différences trouvées paraissaient trop considérables, on recommencerait le même calcul en prenant ces nouvelles valeurs des inconnues comme valeurs approchées; et l'on arrivera nécessairement ainsi, par des approximations successives, aux valeurs numériques suffisamment exactes de ces inconnues.

— Du 15 juillet au 21, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},41$. Du 24 au 31 du même mois, elle a été de $1^{mm},57$.

1er août 1858. Lat. 10° 34' S. Long. 141° 00' O. Nous sommes arrivés dans cette journée dans l'archipel des îles Marquises, ayant été constamment et vivement poussés par un vent frais de l'E. S. E.

— Quand un bâtiment s'échoue sur un banc, son plus grand péril lui vient de la houle qui le soulève un instant pour le laisser immédiatement retomber sur le banc contre lequel il vient se heurter et perdre instantanément l'énorme demi-force vive que lui donnent sa grande masse et la vitesse acquise dans sa chute. La force destructive qui résulte de ces chocs est si grande que, même par un beau temps et une belle mer, le bâtiment se trouve bientôt décousu, démoli, perdu, pour peu que le fond soit dur et que le bâtiment ait une grande dimension.

Il arrive souvent que le choc reçu au moment de l'échouage est très-petit en comparaison des chocs produits par une houle même très-faible, par une houle de belle mer. Ce résultat surprend d'abord, mais on se l'expliquera très-bien, si l'on fait attention qu'il suffit que la houle soulève le bâtiment à la faible hauteur de $0^m,20$, pour que celui-ci acquière en tombant la vitesse déjà considérable de 2 mètres par seconde, qui répond à une vitesse de 4 nœuds. (La vitesse serait de 3^m par seconde répondant à 6 nœuds, si la hauteur était de $0^m,50$, ce qui n'est pas encore une hauteur de houle bien considérable.) Il faut ajouter à cela que cette vitesse de chute est perpendiculaire au fond contre lequel le bâtiment vient se heurter, tandis que la vitesse du bâtiment, quand il s'échoue, est au contraire généralement

très-oblique au fond ; ce qui amortit considérablement le choc, puisque le bâtiment glisse en montant sur le banc.

Quand les premières manœuvres pour faire reculer le navire n'ont pas réussi, parce que le bâtiment est trop engagé, on se hâte ordinairement d'alléger le navire pour diminuer son tirant d'eau. Cette opération réussit quelquefois, mais souvent aussi elle manque son effet, parce que le bâtiment n'a pu être allégé suffisamment pour l'empêcher de toucher. Et il arrive alors que le bâtiment, devenu plus léger, est plus facilement soulevé, est soulevé plus haut, et retombe avec plus de vitesse, et qu'il éprouve par suite autant de dégât qu'auparavant. Je crois que souvent il vaudrait mieux faire d'abord l'opération toute contraire, c'est-à-dire rendre le navire plus pesant, en introduisant en masse de l'eau dans sa calle ; de manière que la houle ne puisse plus le soulever, lui faire perdre pied. Il faudrait évidemment, pour atteindre ce résultat, qu'en même temps qu'on surcharge le bâtiment, on installe des fausses béquilles pour l'empêcher de se coucher sur le flanc. Ainsi rendu immobile, préservé des chocs contre le fond, et mis pour le moment hors de danger, le bâtiment permettrait de prendre à loisir toutes les mesures nécessaires pour le tirer du mauvais pas où il est engagé, et ce ne serait que lorsque toutes ces mesures seraient bien prises, que tout serait bien prêt, qu'à un signal donné on l'allégerait tout d'un coup et considérablement, en même temps qu'on

agirait avec énergie sur les apparaux pour le déhâler, sans nouveau choc, s'il est possible.

15 août 1838. Lat. 7° 58' S. Long. 142° 34' O.

La lumière zodiacale paraît très-bien dans la soirée; elle s'étend jusqu'à β et π du Scorpion, c'est-à-dire jusqu'à 98° du soleil.

— Le coucher du soleil a été très-beau, sans présenter toutefois cette brillante succession de teintes que nous avons signalée précédemment. Ici la teinte brillante est unique; c'est un vert jaune-serin clair qui perd du vert et prend du rouge de plus en plus, à mesure que le crépuscule s'affaiblit.

A l'Est, on voit très-distinctement s'élever une ligne de démarcation entre une partie encore directement éclairée de l'atmosphère et une partie qui ne l'est plus. On voit clairement que cette ligne est à la hauteur de la couche inférieure des nuages; car les nuages de la couche supérieure ne cessent d'être éclairés qu'après avoir été très-sensiblement dépassés par elle, et l'on se tromperait beaucoup, si l'on croyait pouvoir la rapporter à la limite même de l'atmosphère terrestre.

Cette ligne de séparation d'ombre et de lumière disparaît presque complétement lors de son passage par le zénith, pour reparaître ensuite vers l'Ouest, mais très-affaiblie. Et c'est à partir de cet instant que la teinte vert jaune-serin clair se change rapidement en teinte rouge qui se fonce de plus en plus.

20 août 1838. Lat. 8° 45' S. Long. 142° 27' O.

Nous avons quitté dans cette journée l'archipel des Marquises et fait route pour Taïti.

— Du 1^er^ août au 21, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de 1^mm^,80.

— Le 27 août, nous étions en vue de l'île basse de Krusenstern, et le 29, en rade de Papeïti à Taïti.

29 août 1838. Lat. 17° 32′ S. Long. 151° 54′ O. A Taïti.

— Le 8 septembre au matin, nous avons observé l'occultation de ε du Bélier. L'immersion a eu lieu à 5^h^-5′-36″,8, en temps moyen du lieu. L'observation de l'instant précis de l'émersion a sans doute été manquée. On peut toutefois regarder l'heure de 5^h^-53′-51″,8, à laquelle nous avons revu l'étoile, comme ne s'éloignant pas beaucoup en plus de l'instant précis de l'émersion.

Le temps était très-favorable.

Cette observation n'a pas encore été calculée.

— Le 14 et 15 septembre, la lumière zodiacale paraissait très-bien le soir. La pointe dépassait Saturne, mais ne paraissait pas atteindre β et π du Scorpion, ce qui donne à cette pointe 63° de distance au soleil.

— Du 30 août au 11 septembre, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de 2^mm^,04.

— Il existe dans l'Est de la pointe Vénus un banc de corail qui s'étend à peu de profondeur sous l'eau parallèlement à la côte, à une distance assez grande de celle-ci pour être un danger réel pour la navigation. Ce banc n'étant pas signalé sur les anciennes cartes de Cook et de Bougainville, on a cru pouvoir en conclure qu'il s'était formé depuis l'époque des voyages de ces grands navigateurs, et l'on a pensé qu'on pourrait déduire de son existence actuelle la vitesse de croissance des coraux dans ces parages.

On peut cependant élever des doutes raisonnables sur la légitimité de cette conclusion ; car ces cartes ne portant pas de sondes dans le lieu même occupé aujourd'hui par le banc, il peut très-bien se faire que ce détail ait échappé à une reconnaissance générale. On ne peut donc pas, faute d'une sonde, déterminer la rapidité de la croissance des coraux d'après la seule existence actuelle de ce banc.

C'est pour aider à la solution de cette intéressante question que, sur l'invitation de M. Moerenhoot [1] consul de France à Taïti, j'ai été faire quelques sondes sur l'extrémité occidentale de ce banc.

J'ai trouvé $7^{m},14$ (22 pieds) sur le point le plus élevé. Nous étions alors à 1 mille 3 de terre, et nous relevions la pointe Vénus au Sud 81° 48′ Ouest du monde, à 2° 18′ à droite du sommet le plus élevé de l'île Eimeo; tandis que le grand sommet de l'île Taïti nous restait au Sud 5° 45′ Ouest du monde.

Entre le banc et la terre, on trouve 26 et 32 mètres d'eau, tandis que, vers le large, on tombe rapidement par 300 mètres.

Cette même opération, recommencée dans 15 à 20 ans d'ici, au même point, pourra sans doute faire con-

[1] Il m'est impossible de citer le nom de M. Moerenhoot sans payer à ce savant navigateur un juste tribut d'éloges; car c'est, on n'en peut douter, à ses sages conseils que les bons et malheureux habitants de Taïti doivent d'avoir enfin secoué l'ignoble joug de ces ineptes théocrates qui, sous le nom de missionnaires, les exploitaient d'une manière si révoltante pour l'humanité.

naître la rapidité de l'accroissement en hauteur de ces zoophytes.

— Les missionnaires qui ont introduit l'usage du calendrier grégorien dans les îles de la Société, n'ayant pas changé de date quand ils ont passé le 180e degré de longitude en allant de l'Ouest vers l'Est, il se trouve qu'à Taïti l'on compte un jour de plus qu'il ne faudrait : ainsi l'on compte 1er septembre quand il n'est encore que le 31 août.

Au reste, de quelque manière qu'on arrange la chose, il arrivera nécessairement que, vers le 180e degré de longitude, des points voisins auront pour le même jour des dates qui différeront entre elles d'une unité, et la différence des premiers méridiens qui servent de points de départ viendra encore nécessairement accroître la confusion des dates dans ces parages.

Cette dernière cause de confusion pourrait, il est vrai, être évitée, si l'on parvenait à s'entendre sur l'adoption d'un premier méridien, unique pour toutes les nations du globe. Mais on ne peut guère concevoir de l'espoir à cet égard, quand on réfléchit à la ténacité des préjugés nationaux et à la force de l'habitude.

— MM. d'Urville et Dumoulin ayant eu l'extrême obligeance de nous céder un de leurs thermométrographes, je saisis avec empressement cette occasion de leur en témoigner ma vive reconnaissance.

— Nous sommes partis de Taïti pour la Nouvelle-Zélande dans la journée du 17 septembre.

— Nous avons fait le demi-tour de l'île basse Hull. 20 sept. 1838. Lat. 21° 04' S. Long. 136° 29' O.

— Dans la soirée, vers 5h-45', un peu avant le cou-

cher du soleil, un grain s'est élevé à l'horizon, dans l'Est, et a donné lieu à la formation d'une partie d'arc-en-ciel dans laquelle se voyait bien distinctement à l'intérieur, au-dessous du violet, cette bande d'un vert jaune-serin que nous avons déjà signalée plusieurs fois. Le grain se rapprochant de nous, et la partie visible de l'arc s'accroissant beaucoup, la bande vert jaune-serin a disparu pour reparaître l'instant d'après, mais seulement dans le tiers supérieur de l'arc, qui alors était à très-peu près demi-circulaire. Les couleurs étaient alors très-vives partout. Le deuxième arc aux couleurs renversées paraissait aussi très-bien.

A mesure que le grain s'approchait, on croyait voir le pied de l'arc s'approcher aussi; car l'œil le projetait sur des points de la mer de plus en plus rapprochés; et comme en même temps les couleurs devenaient de plus en plus vives, l'illusion était complète. A terre, l'arc-en-ciel paraît toujours si immobile, que ce mouvement apparent qu'on lui voit souvent à la mer excite toujours vivement l'attention.

22 sept. 1838. Lat. 21° 48' S. Long. 159° 53' O.

— Nous avons fait le demi-tour de l'île *Mangia*, et le 23 le demi-tour de l'île *Rarotonga*.

— En faisant de l'hydrographie sous voile, on a si souvent à prendre des vues de côte, et il faut dessiner avec une rapidité si grande et dans des circonstances souvent si peu favorables au dessinateur, qu'on ne tarde pas à désirer d'avoir un moyen de rapprocher l'image des objets, du dessin même que l'on doit en faire.

On peut arriver d'une manière assez simple à ce résultat, au moyen de deux petits miroirs semblables à

ceux qu'on emploie dans les cercles à réflexion, et qu'on fixe au moyen de cire molle sur une monture de lunette. L'un des miroirs est placé au-dessus de l'œil, de manière à faire face à l'horizon ; l'autre, complétement désétamé, est placé en avant de l'œil dirigé vers le papier, de manière à renvoyer vers l'œil les rayons réfléchis qu'il reçoit du premier miroir ; en sorte que l'image droite des objets situés à l'horizon arrive à l'œil dans la même direction que les rayons émanés du papier sur lequel on dessine.

Si la tête pouvait rester fixe, on n'aurait, comme dans la chambre claire, qu'à calquer l'image projetée sur le papier ; car on voit en même temps l'image, le crayon et le dessin ; mais à la mer cette fixité est impossible à obtenir et l'on doit se contenter de copier cette image, qui ne quitte pas du reste le papier sur lequel on dessine, et reste là comme un modèle à copier.

Il paraît d'abord singulier que l'œil, dans ce petit appareil, comme dans la chambre claire, puisse *en méme temps* voir *distinctement* le crayon qui est un objet très-rapproché, et l'image qui est un objet très-éloigné. On a cru pouvoir conclure de ce fait que l'œil s'accommodait *en méme temps* à la vue distincte d'un objet proche et à celle d'un objet éloigné. Cette conclusion toutefois pourrait n'être pas complétement exacte ; car il suffit que l'œil passe du premier état au second en moins d'un dixième de seconde, pour que cet organe perçoive *distinctement* et *en méme temps* l'image de l'objet proche et celle de l'objet éloigné ; et cela par suite de la persistance des images dans l'œil pen-

dant un dixième de seconde. Le temps assez considérable qu'il faut à l'œil pour s'habituer à bien voir dans la chambre claire s'expliquerait assez bien, dans cette hypothèse, par le besoin d'un certain apprentissage pour pouvoir exécuter avec une rapidité suffisante ce passage d'un état à l'autre.

28 sept. 1338. Lat. 25° 09' S. Long. 173° 55' O.

Nous avons dépassé dans la journée le tropique du Capricorne.

— M. Richard, l'un des officiers les plus laborieux de la marine royale, a désigné dans le temps, sous le nom d'*équidistances*, les distances de la lune au soleil ou aux étoiles prises au moment où ces distances sont les mêmes que si elles eussent été mesurées au centre même de la terre, c'est-à-dire prises au moment où la réduction au centre est nulle.

Si, par les centres du soleil, de la lune et de la terre, on fait passer un cercle, et qu'on fasse tourner ce cercle autour de la ligne qui joint le soleil à la lune, on obtiendra ainsi une surface de révolution (surface des équidistances) qui coupera la surface du globe terrestre suivant une courbe fermée (la courbe des équidistances), dont tous les points jouiraient en effet de la propriété que la distance lunaire observée y sera la même pour tous et la même qu'au centre de la terre, si l'on pouvait faire abstraction des effets beaucoup trop considérables de la réfraction de l'atmosphère terrestre.

Le rayon de ce cercle étant toujours plus grand que 12000 fois le rayon de la terre; et la distance du centre de la terre à l'axe de révolution de la surface des équidistances (ligne qui joint le soleil à

la lune) n'étant jamais plus petite que 30 fois le rayon terrestre, puisque l'on ne prend pas des distances plus petites que 30°, ni plus grandes que 130°, on voit que la courbe des équidistances ne différera jamais beaucoup (de 1° au plus) d'un grand cercle de la sphère terrestre, ce grand cercle étant déterminé par un plan passant tout près du centre de la lune (à 8 ou 9 minutes du côté opposé au soleil), et perpendiculaire au plan des trois astres.

Il résulte de là qu'on se trouvera voisin de la courbe des équidistances (à 1° au plus), quand le vertical de la lune sera perpendiculaire au plan des trois astres, c'est-à-dire perpendiculaire au plan du limbe de l'instrument avec lequel on mesure la distance lunaire, et par suite perpendiculaire à la trace de ce plan, c'est-à-dire perpendiculaire à l'horizontale menée dans le plan du limbe.

A un degré de la courbe des équidistances, la réduction au centre de la terre n'étant que d'une minute au plus (en faisant toujours abstraction des effets de réfraction de l'atmosphère terrestre), et une minute d'erreur sur la distance répondant à peu près à 30 minutes d'erreur en longitude, on voit que, s'il était possible, à bord d'un bâtiment, d'apprécier le moment où le vertical de la lune est perpendiculaire au plan du limbe, on pourrait, sans calcul trigonométrique, obtenir la longitude, à un demi-degré près. Ce qui serait encore très-précieux pour la plupart des bâtiments marchands, qui, le plus souvent, ignorent complétement leur longitude.

On voit facilement sur une figure, que, hors le cas exceptionnel où le soleil et la lune seraient en même temps à l'horizon, il n'est pas possible et de se trouver sur la courbe des équidistances, et de voir en même temps les deux astres, à moins que leur distance ne soit au-dessous de 90°. Mais au-dessous de cet angle, la chose est toujours possible.

Si, au lieu du soleil, il s'agissait d'une étoile, la surface des équidistances deviendrait un cône dont le sommet se trouverait au centre même de la lune.

La réfraction astronomique apportant des altérations considérables dans l'angle apparent des deux astres dont on mesure la distance, il est évident qu'on ne pourrait dans la pratique utiliser la propriété dont jouit la courbe des équidistances, lors même qu'on pourrait à bord d'un navire s'assurer facilement de la perpendicularité du vertical de la lune au plan des trois astres.

30 sept. 1838. Lat. 26° 55' S. Long. 176° 48' O.

Dans une grande sonde faite par 1620 mètres de profondeur, la ligne étant restée parfaitement verticale, on doit en conclure que dans ces parages les courants, *s'il y en a*, sont les mêmes à de grandes profondeurs qu'à la surface. Je dis *s'il y en a*, car les courants déduits de l'estime ont été si variables de direction et d'intensité pendant les journées qui ont précédé et suivi celle-ci, qu'il est bien difficile de décider si ces courants déduits sont réels ou seulement l'effet d'erreurs commises sur la route estimée.

— Du 23 septembre au 2 octobre 1838, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},27$.

2 et 3 oct. 1838. Lat. 28° 53' S. Long. 179° 58' O.

Nous avons dépassé dans la journée le 180e degré

de longitude, et nous avons changé de date. En sorte que ce jour porte les deux dates de 2 et 3 octobre.

— Nous sommes en vue des îles Raoult.

— Lorsque, dans un bassin rempli d'un liquide, il existe une *cause constante* de différence de niveau entre deux points du bassin, cette différence doit nécessairement produire un courant dirigé du niveau le plus élevé vers le niveau le plus bas. Mais si la cause est réellement *constante*, il doit se former aussi nécessairement un autre courant qui revienne du point où le niveau est le plus bas vers le point où le niveau est le plus haut. En sorte que le courant total décrira nécessairement une courbe fermée et reviendra passer par son point de départ. L'équilibre est tout à fait impossible dans un pareil bassin, et le mouvement est nécessairement perpétuel comme la cause qui le produit. Et cela doit avoir lieu ainsi, quelque grand que soit le bassin, et quelque petit qu'il soit, aussi bien dans le bassin des mers que dans un vase qu'on fait chauffer auprès du feu.

La différence constante de température des régions tropicales et des régions polaires de notre globe est une cause constante de différence de niveau, et doit nécessairement produire, dans le bassin des mers qui s'étendent sans interruption des pôles à l'équateur, des courants perpétuels dont on est loin encore de connaître exactement et la distribution et les lois.

Ces courants en courbe fermée peuvent suivre sur le globe trois routes bien différentes pour revenir à leur point de départ. Ils peuvent faire le tour du

globe, en passant d'un océan à l'autre; ils peuvent, sans sortir du même océan, circuler horizontalement, en restant toujours sensiblement à la même profondeur; enfin, ils peuvent, sans sortir du même bassin, avoir une partie de leur cours à la surface de la mer, et l'autre partie au fond.

Ces trois genres de courants perpétuels semblent exister simultanément dans les mers de notre globe. En effet, Scoresby a constaté, par ses observations, l'existence d'un courant encore chaud, qui vient du grand Océan par le détroit de Bering, et passe dans l'Océan atlantique par le nord de l'Asie et de l'Europe, pour venir baigner la côte nord de l'Islande, où il dépose des produits des régions tropicales.

Nos grandes sondes thermométriques nous ayant donné, sous l'équateur même, une température aussi basse que 1°,4 (cor.), et dans des points peu éloignés, à une moindre profondeur, des températures de 2° et 3°, il est impossible de ne pas en conclure, avec l'illustre M. Arago, qu'il existe une communication sous-marine directe des pôles avec l'équateur.

Enfin, on a constaté, et nous avons confirmé l'existence, à la surface des deux océans, et jusque sous l'équateur même, de courants froids superficiels, venant des latitudes australes élevées et des courants chauds également superficiels, se dirigeant de l'équateur vers les pôles.

En sorte que l'existence réelle de ces trois genres de courants paraît ainsi mise hors de doute.

La configuration des côtes et du fond des mers influe tellement sur la direction des courants, qu'on ne peut guère espérer de voir le problème compliqué des mouvements perpétuels de transport qu'éprouvent réellement les eaux de la mer être soumis au calcul. Et l'on ne peut guère attendre d'éclaircissements à cet égard que des observations ; mais malheureusement celles-ci sont bien difficiles à faire, et seront toujours bien peu certaines, tant qu'on n'aura pas imaginé et adopté dans la marine un moyen plus exact et moins arbitraire que le lock pour mesurer le sillage des bâtiments.

Les plus forts courants observés en mer (détroit de Bahama, banc des Aiguilles) atteignant, mais ne dépassant guère 4 mille à l'heure, 2 mètres par seconde (le double de la Seine, à Paris, dans ses débordements), et, cette vitesse maximum ne correspondant qu'à une hauteur de chute de $0^{m},2$, on voit qu'il est impossible de constater par des nivellements la faible différence de niveau qui produit les courants observés, même par des opérations faites à terre, surtout si la distance des points extrêmes est un peu grande.

— Nous avons eu une belle éclipse de lune dans la nuit du 3 au 4, de minuit et demi jusqu'à cinq heures du matin. Nous étions encore alors en vue des îles Raoult. 4 oct. 1858. Lat. 28° 51' S. Long. 179° 45' E.

— Dans une grande sonde faite par 1620 mètres, et dans laquelle le plomb a touché le fond, la ligne s'est incliné vers le N. O., comme si le bâtiment était transporté vers le S. E. par des courants superficiels ;

et cependant l'estime a donné, pour les vingt-quatre heures, un courant moyen portant au N. 39° O. avec une vitesse d'un tiers de mille à l'heure.

Par un effet imprévu, l'eau, dans cette sonde, s'étant introduite dans l'étui du thermométrographe sans chasser l'air et sans avoir pu elle-même s'échapper ensuite, il en est résulté qu'au moment où l'on a ouvert l'étui, l'air s'est échappé en sifflant, entraînant avec lui l'eau, sous forme d'une écume blanche, composée de vésicules excessivement petites et très-persistantes.

—Le ciel et l'horizon étant d'une très-grande pureté, on a trouvé 8′-5o″ pour le double de la dépression de l'horizon. C'est exactement ce que donnent les tables en usage.

8 oct. 1838.
Lat. 53° 28′ S.
Long. 173° 43′ E.

Le ciel et l'horizon sont, au coucher du soleil, d'une pureté extraordinaire.

Le soleil en se couchant disparaît derrière l'horizon comme derrière le diaphragme d'une lunette, sans changer de couleur. Sa lumière reste blanche, et n'est qu'affaiblie par son passage oblique à travers toute l'épaisseur de l'atmosphère terrestre. Le ciel ne présente lui-même aucune couleur, aucune teinte autre que son bleu ordinaire, devenu seulement plus foncé. Ainsi, c'est bien aux vapeurs non dissoutes, que contient habituellement l'atmosphère, qu'est due la coloration des astres à leur coucher, ainsi que la coloration de l'atmosphère dans les crépuscules, comme nous l'avons déjà fait observer dans une circonstance semblable.

— La lumière zodiacale paraît très-bien, on la suit jusqu'à Antarès; mais la voie lactée, qui est exces-

sivement apparente, empêche de la suivre plus loin. La même remarque avait été faite la veille. On ne peut, par conséquent, déduire de cette observation qu'une limite, inférieure à la distance de la pointe du phénomène au soleil. Cette limite était de 50 degrés.

10 oct. 1838. Lat. 34° 25' S. Long. 172° 41' E.

— Nous sommes arrivés dans la soirée en vue des terres de la Nouvelle-Zélande.

— Quelques Pétrelles de la grande espèce suivent, en volant, le bâtiment, qui file 7 à 8 nœuds (3 à 4 mètres par seconde), vent largue. Ils tiennent leur corps à très-peu près debout au vent, c'est-à-dire dans une direction qui fait un angle de 50 à 60 degrés avec la route que suit la frégate et qu'ils suivent eux-mêmes. Leur corps est incliné de 10 à 15 degrés à l'horizon. On n'aperçoit aucun mouvement dans leurs ailes, qui restent constamment tendues, et dont les battements, très-rares, sont toutefois devenus plus fréquents vers la fin du jour, lorsque le vent a molli.

— Quand on fait de l'hydrographie sous voile, on est réduit à regarder comme très-précieux les relèvements faits aux moments où l'on voit deux points dans une même direction, *l'un par l'autre*, pour me servir du terme consacré.

Or, il arrive souvent que le plus éloigné de deux points cesse d'être visible avant qu'on soit arrivé dans leur alignement commun; ce qui empêche d'en déterminer la direction, et prive ainsi d'une bonne donnée. Mais on peut obvier à cet inconvénient en relevant le point le plus éloigné un peu avant qu'il ne se cache, et en mesurant en même temps l'angle compris entre les

deux points; car il suffit alors d'une approximation même grossière du rapport des distances des deux points à l'observateur pour en déduire le relèvement commun des deux points avec une exactitude très-suffisante pour des constructions graphiques.

En effet, soient : A le relèvement observé, $A \pm x$ le gisement cherché, D la distance du point le plus éloigné à l'observateur, d celle du point le plus rapproché, Δ la distance mutuelle des deux points, et enfin a l'angle mesuré entre les deux points ; on aura pour déterminer x les équations :

$$\text{Sin. } x = \text{sin. } a\frac{d}{\Delta};$$

$$\text{Tang. } x = \text{sin. } a\,\frac{d}{D - d\cos. a} = \text{sin. } a\,\frac{d}{D}.\frac{1}{1 - \frac{d}{D}\cos. a.}$$

L'angle a étant, par supposition, assez petit, on voit, d'après ces formules, qu'il suffit d'avoir la valeur approchée du rapport $\frac{d}{\Delta}$ ou $\frac{d}{D}$ pour obtenir x avec une exactitude suffisante. La valeur de ces rapports se prendra sur une construction provisoire, ou bien s'estimera à vue.

La même méthode s'applique au cas où l'on passe entre les deux points dont on veut avoir le gisement commun, au lieu de passer en dehors, comme nous le supposons ici. Mais alors il faut, pour mesurer l'angle a, se servir d'un cercle à réflexion muni du petit

miroir additionnel de M. Daussy, parce que cet angle, étant alors voisin de 180°, ne pourrait être mesuré avec les cercles à réflexion ordinaires, qui n'atteignent pas au delà de 140°.

— On parvient assez facilement, en mer, à estimer avec une précision suffisante les distances relatives des objets qu'on a en vue, quand ces distances ne sont pas trop considérables. Mais dès qu'il s'agit de distances absolues, on est à chaque instant exposé à commettre les erreurs les plus grossières. Pour une même distance, l'estime peut varier du simple au quadruple et peut-être plus, suivant l'état de transparence de l'air. Car l'extinction éprouvée par les rayons lumineux émanés des objets est alors, à notre insu, la base principale du jugement que nous portons; et cette extinction varie extraordinairement avec l'état de transparence de l'air.

On a proposé, sous le nom de *longimètres*, divers instruments destinés à donner directement la mesure des distances, et à prévenir ainsi les erreurs énormes que l'on commet dans l'estime. Mais jusqu'à présent aucun de ces instruments ne paraît avoir réussi à la satisfaction des praticiens; et cependant le problème est soluble, mathématiquement et physiquement parlant. Ce n'est donc qu'un dispositif commode, qu'un instrument maniable, qu'il s'agit de trouver.

Voici celui que je proposerais pour cela. Supposons qu'en avant de l'objectif d'un micromètre de Rochon et perpendiculairement à l'axe de ce micromètre, on place un tube transversal de deux mètres de long, et de

manière que le milieu du tube corresponde à l'objectif du micromètre. Supposons ce tube ouvert en son milieu, et plaçons-y deux miroirs faisant entre eux un angle droit, saillant vers l'objectif du micromètre, de telle manière qu'ils fassent des angles de 45° avec l'axe de ce micromètre et avec l'axe du tube transversal. En sorte qu'un faisceau de lumière qui sortirait de l'objectif en suivant l'axe du micromètre, serait divisé en deux parties, et que chacune des parties serait réfléchie, suivant l'axe du tube transversal, vers l'une des extrémités de ce tube. A chacune de ces extrémités, plaçons un nouveau miroir à 45° sur l'axe du tube transversal, de manière qu'il soit parallèle à celui qui lui fait face dans le milieu de ce tube, et qu'il réfléchisse en dehors, et parallèlement à l'axe du micromètre, la partie du faisceau qu'il a reçue du miroir qui lui correspond dans le milieu du tube.

Il est évident qu'en regardant à travers ce système un objet lumineux très-éloigné, une étoile, par exemple, on ne verra, comme à l'ordinaire, que deux images de l'objet : l'image ordinaire et l'image extraordinaire. Mais si l'on regarde au contraire un objet rapproché, on en verra quatre images : une image ordinaire et une image extraordinaire pour chacun des faisceaux qui arrivent dans le micromètre par chacun des deux miroirs extrêmes du tube transversal. Les deux faisceaux, à leur entrée dans le micromètre, étant parallèles à la direction qu'ils avaient à leur entrée dans le tube transversal (puisque les miroirs sont supposés parallèles entre eux), on pourra mesurer avec le mi-

cromètre l'angle qu'ils forment entre eux, c'est-à-dire l'angle sous-tendu par la ligne qui joint les deux miroirs extrêmes du tube transversal vue du point observé. Cet angle fera connaître ensuite facilement la distance de ce point à l'observateur.

En prenant, comme nous l'avons fait, 2 mètres pour longueur du tube transversal, c'est-à-dire pour la distance des deux miroirs extrêmes, on voit que l'angle mesuré serait encore de une minute pour une distance de l'objet de 6875 mètres (plus d'une lieue marine, plus d'une lieue et demie de poste). Il serait peut-être encore possible de prendre une base plus grande et d'augmenter ainsi proportionnellement la précision des résultats.

Si, à terre, dans un observatoire, on voulait se servir d'un appareil analogue pour mesurer la distance des nuages, il conviendrait de prendre une base beaucoup plus grande, parce que généralement les nuages ne présentent pas des points de mire bien distincts. Mais alors, au lieu d'un micromètre de Rochon, qui ne peut mesurer que de petits angles, il faudrait employer une lunette ordinaire, et rendre l'un des miroirs placés au milieu du tube transversal, mobile au tour de l'arête de l'angle saillant qu'il forme avec l'autre miroir; et l'on mesurerait alors, au moyen d'un arc de cercle gradué et d'une alidade, la quantité dont il faudrait faire tourner ce miroir mobile pour faire coïncider les deux images de l'objet qu'on verrait dans la lunette. Cet angle ainsi mesuré serait la moitié de l'angle sous-tendu par la base de l'instru-

ment vue du nuage ; sauf toutefois une bien légère correction, facile à faire du reste, et relative à la petite variation que cette base éprouve dans cette circonstance, par suite de la rotation du miroir mobile.

12 oct. 1838. Lat. 35° 45' S. Long. 171° 50' E. A la Baie-des-Iles.

Nous avons mouillé dans la journée à la Baie-des-Iles auprès du village de Karararéka.

— En approchant de terre, la couleur de la mer a beaucoup changé. Elle a pris la teinte vert-olive que nous avions déjà remarquée en plusieurs autres lieux, et notamment sur les côtes du Pérou et de Californie.

— Le mauvais état du ciel n'a pas permis d'observer plusieurs occultations d'étoiles qui sans cela eussent été visibles de la Baie-des-Iles pendant notre séjour.

— Du 12 au 21 octobre, la variation diurne moyenne du baromètre a été à bord de $1^{mm},76$.

— Le 11 novembre, nous avons quitté la Baie-des-Iles, et fait route pour le port Jackson à la Nouvelle-Hollande.

— Le temps ayant été couvert dans les nuits des 11, 12 et 13 novembre, on n'a pas pu observer les étoiles filantes.

19 nov. 1838. Lat. 34° 34' S. Long. 158° 42' E.

Dans une grande sonde, la ligne, par son inclinaison assez forte (52° avec l'horizon) et sa direction, a indiqué un courant portant au N. O., et cependant l'estime a donné, pour les 24 heures, un courant moyen assez fort, d'un mille à l'heure, portant au N. 2° E.

— Du 13 au 24 novembre, c'est-à-dire pendant toute la durée de notre traversée de la Nouvelle-Zélande au port Jackson, les vents ont été très-variables et généralement assez frais. Ils faisaient le tour de l'horizon

en passant successivement par l'Ouest, le Sud, l'Est, et le Nord, pour se retrouver à l'Ouest.

24 nov. 1858. Lat. 33° 35' S. Long. 149° 15' E. Au Port-Jackson.

— Nous avons mouillé en rade de Sydney au Port-Jackson.

— Des préoccupations politiques et religieuses ayant fait passer sous silence et laisser sans récompense un trait de dévouement honorable pour un de mes collaborateurs, M. Leroux (Réné), matelot de deuxième classe, je crois de mon devoir de le consigner ici, pour le sauver de l'oubli. Je le fais d'autant plus volontiers que M. Leroux, par son zèle, son énergie et son excellente conduite, s'était acquis toute mon estime; et je suis sûr que les gens de cœur me pardonneront cette digression, tout étrangère qu'elle est à l'objet de cet ouvrage.

Dans les premiers jours de notre arrivée en rade de Sydney, le temps fut très-mauvais, et le vent souffla par rafales d'une violence extrême.

Dans une de ces rafales, une petite embarcation anglaise, montée par deux hommes, chavire en vue de l'île Pinch-Gut, où M. Leroux était occupé à observer la marée. L'un des Anglais submergés se rattrape à l'embarcation qui surnage, mais l'autre, moins habile ou moins heureux, fait de vains efforts pour y parvenir; le vent, les lames, le courant l'éloignent de plus en plus de cette planche de salut. M. Leroux l'aperçoit, se jette à l'eau tout habillé, nage vers le naufragé, en poussant devant lui une cage à poule que le hasard avait placée sous sa main. Arrivé près du malheureux, M. Leroux lui présente la cage, et celui-ci

la saisit, avec cette espèce de fureur convulsive que donne l'instinct de conservation excité par la crainte d'une mort imminente. M. Leroux tire la cage à lui en nageant vers l'île et ramène ainsi à terre cet homme, qui ne tarda pas à y reprendre tous ses sens. Pendant ce temps, un canot envoyé au secours des naufragés sauvait l'autre Anglais ainsi que l'embarcation à laquelle il était resté cramponné.

Quoique, grâce à son habileté et à son sang-froid, M. Leroux n'ait en réalité couru personnellement aucun danger, son dévouement pour un inconnu, pour un étranger, n'en est pas moins beau et digne d'éloge.

— Quand on réfléchit au prix considérable de solde et d'entretien que coûte à l'Etat un grand bâtiment comme la *Vénus* armé en guerre, on peut apprécier quelle est l'importance d'une marche supérieure pour ces bâtiments, même en temps de paix.

En effet, la *Vénus* coûtait, terme moyen, en tout 1400 fr. par jour. Or, sur les 907 jours qu'a duré le voyage de la *Vénus*, 580 ont été passés sous voile, et la vitesse moyenne pendant ce temps de marche n'a été que de 4 milles 5 par heure (une lieue et demie); tandis qu'elle aurait pu facilement s'élever à 6 milles par heure (deux lieues) si, lors de son réarmement, la frégate eût été bien arrimée, car jusqu'à ce dernier voyage la *Vénus* avait été citée pour sa marche supérieure. Cette dernière marche eût donc abrégé la durée du voyage de 146 jours ou cinq mois, et procuré ainsi à l'État une économie de *deux cent mille francs*. C'est

presque ce que coûte un voyage de circumnavigation d'une corvette comme l'*Astrolabe*.

On voit encore par là à quel prix énorme revient l'hydrographie faite avec un bâtiment de la dimension de la *Vénus* armé en guerre.

— Le 18 décembre, nous sommes partis du Port-Jackson, et nous avons fait route pour l'île Bourbon en passant par le Sud de la terre de Van-Diémen.

— Étant à 40 lieues de terre dans le Sud de Van-Diémen, nous avons reçu à bord un grain qui a donné un peu de grêle. Les grêlons étaient aplatis, neigeux dans leur intérieur, et peu résistants. Notre thermomètre étalon, plongé dans cette grêle fondante, s'y est maintenu à la hauteur de +0°,3. 7 janvier 1839. Lat. 45° 17' S. Long. 146° 00' E.

— Dans cette même journée du 7 janvier, nous sommes entrés dans un courant d'eau chaude de peu de largeur, et dont la température est de 4 à 5 degrés plus élevée que celle des eaux environnantes. C'est, sans aucun doute, la continuation du petit courant chaud qui règne le long de la côte orientale de la terre de Van-Diémen, et qu'il faudra ainsi prolonger un peu plus vers le Sud qu'on ne l'a fait sur la carte des courants du grand Océan donnée dans le précieux *Atlas physique de Berghaus*.

— Du 27 décembre au 9 janvier, le temps a été mauvais. Il y a eu des grains violents, du tonnerre, etc. Nous avons eu successivement des coups de vent de S. O., de N., d'O., de S. O. La mer a été très-grosse, et j'ai été étonné de la rapidité avec laquelle se formaient et se transformaient ces immenses lames

de 6 à 8 mètres de hauteur au-dessus des creux, et de 100 à 150 mètres de largeur. La frégate en a éprouvé quelques avaries dans sa voilure et dans sa guibre.

—Quand un bâtiment navigue dans une très-grosse mer au plus près du vent, et que, par conséquent, les lames viennent à sa rencontre avec une très-grande vitesse, celles-ci peuvent devenir dangereuses pour le navire; et l'on recommande alors, pour diminuer le danger, de *mollir* la barre à l'arrivée de la lame. Mais ce terme *mollir* est entendu de deux manières bien différentes par les marins; puisque, pour exécuter cette prescription, les uns font porter la barre sous le vent, tandis que les autres la font au contraire porter au vent. Les premiers ont pour but de faire porter le choc sur la partie la plus résistante et la moins étendue du navire, c'est-à-dire, le plus qu'il est possible, sur l'avant du navire. Les seconds ont pour but d'amortir le choc en permettant à l'avant du navire de céder, de fuir devant la lame, en même temps que le navire monte plus obliquement sur elle.

Cette dernière manière d'entendre le mot *mollir* la barre me paraît seule convenir aux grands bâtiments, qui, à cause de leur grande mâture et de leur longue guibre, ont beaucoup plus à souffrir des coups de tangages que des coups de mer. Tandis que, pour les petits bâtiments, qui ont au contraire plus à craindre des coups de mer que des coups de tangages, on doit, ce me semble, adopter la première manière d'interpréter le mot *mollir* la barre.

Toutefois, les grands bâtiments sont si lents à obéir à leur gouvernail, surtout quand leur vitesse n'est pas grande, comme c'est alors le cas, et les lames au contraire arrivent et passent avec une si grande rapidité, qu'il me paraît assez difficile d'admettre que les mouvements de la barre puissent, dans ces circonstances, être de quelque utilité à bord des grands navires. Et l'on devrait, ce me semble, se borner alors à diriger leur route de manière à couper toute les lames assez obliquement, sans toutefois leur présenter réellement le flanc. On éviterait ainsi les tangages dangereux; et ce que l'on perdrait de route en direction serait en grande partie compensé par ce que l'on gagnerait en vitesse.

17 janvier 1839. Lat. 43° 03' S. Long. 129° 35' E.

—Pendant qu'on était occupé à réparer la guibre de la frégate fatiguée par les violents tangages des jours précédents, on a sondé par 1800 mètres de profondeur, et l'on a trouvé pour la température, à cette profondeur, 5°,1. Ce nombre paraîtra bien fort, si l'on fait attention à la latitude du lieu, et si l'on se rappelle qu'à cette même profondeur, nous n'avons trouvé que 3°,2 dans le voisinage de l'équateur même.

La ligne de sonde étant restée parfaitement à pic pendant toute la durée de l'opération, on doit en conclure que la vitesse et la direction du courant, s'il en existe, est la même en bas qu'à la surface, et que, par suite, le courant est un courant de masse.

L'estime a donné, en effet, un courant portant à l'Ouest avec une vitesse d'un demi-mille à peu près par heure.

— On a pris plusieurs albatros, et voici le poids et les dimensions principales de l'un d'eux :

Poids, 8 kilogrammes.

Angle de proue, 50°.

Angle de poupe, de 25° à 30°.

Circonférence du corps, à la poitrine, au-dessus des plumes, 0 mètre 82.

Envergure totale, 3 m. 25.

Longueur de chaque aile, 1 m. 51.

Longueur du bras, 0 m. 42.

Longueur de l'avant-bras, 0 m. 44.

Longueur de la main, 0 m. 22.

Longueur des plumes du bout des ailes, 0 m. 43.

Intervalle des deux ailes, 0 m. 23.

Largeur des ailes, 0 m. 18.

Largeur de la queue, 0 m. 16.

Longueur de la queue, 0 m. 20.

Les pattes dépassent la queue, et en font l'office.

Du bout de la queue à la poitrine, 0 m. 66.

Du bout du bec à la poitrine, 0 m. 64.

Surface inférieure de chaque aile, en mèt. carr., 0,2311.

Surface inférieure du corps, m. car., 0,2218.

Surface inférieure totale (des ailes et du corps), m. c., 0,6840.

Le poids de la dépouille de l'oiseau, comprenant la peau, les plumes et les os de la tête, des ailes et des jambes, a été de 1 kilogramme 33.

On voit, d'après la surface des ailes, que, pendant le vol de l'oiseau, quand il plane (et c'est là son allure habituelle pendant toute la journée), chaque aile éprouve de la part de l'air une résistance ou pression à peu près égale au tiers du poids de l'animal. Comme la résultante de cette pression est appliquée au centre de gravité de la surface de l'aile, c'est-à-dire à $0^m,61$

de distance de l'articulation de l'épaule, et par conséquent environ trois fois plus loin que le point d'insertion du grand muscle pectoral sur l'humérus, on voit que ce muscle, qui, par sa tension, résiste seul à cette pression, fait, pendant toute la durée du vol, un effort égal au poids total de l'animal.

Il n'y a de relâche dans la tension de ce muscle que dans le battement des ailes, au moment où celles-ci sont ramenées en haut par le muscle deltoïde ; et c'est là, je pense, l'unique but du battement des ailes chez les albatros. Le pectoral ayant à faire pendant toute la journée un effort aussi considérable, on conçoit facilement qu'il soit le plus gros de tous les muscles qui servent au vol de l'oiseau : la différence est surtout très-considérable entre ce muscle et son antagoniste (le deltoïde), qui sert à relever l'aile.

Un autre muscle est également tendu pendant toute la durée du vol, même pendant les battements des ailes, et ne se repose que lorsque l'oiseau cesse de voler : c'est le muscle qui, par l'intermédiaire de ligaments élastiques, tient l'avant-bras, la main, les plumes et la peau de l'aile constamment tendus sur l'humérus, dont les mouvements autour de l'articulation de l'épaule entraînent alors ceux de l'aile tout entière.

Deux muscles partis de l'épaule viennent en sens contraire s'insérer à l'extrémité d'un appendice osseux très-saillant, implanté perpendiculairement sur le col de l'humérus. L'effet de ces deux muscles ne peut être que de faire tourner l'humérus sur lui-même alternativement dans deux directions opposées. Ces muscles

sont très-petits en comparaison du pectoral (le cinquième ou le sixième environ), et cependant je crois que ce sont là les véritables muscles moteurs dans le vol des albatros, c'est-à-dire les muscles qui fournissent à l'oiseau la force de propulsion nécessaire pour vaincre la résistance et le frottement de l'air dans la direction du mouvement relatif.

18 janvier 1839. Lat. 43° 19' S. Long. 128° 04' E.

Dans cette journée, le tube du baromètre *marin* qu'on observait à bord a été cassé, ainsi que les deux tubes de rechange que nous avions pour cet instrument; en sorte qu'à partir de ce jour, ce baromètre a cessé définitivement d'être observé.

20 janvier 1839. Lat. 42° 15' S. Long. 126° 15' E.

A 1 heure 20 minutes du matin, on a aperçu une aurore australe assez belle, formant un arc de cercle lumineux très-apparent et très-bien dessiné. Les extrémités de l'arc ont été relevés au Sud 56° Est et Sud 56° Ouest du compas; en sorte que le sommet de l'arc était bien dans le méridien magnétique. Ce sommet était élevé de 14° environ au-dessus de l'horizon, et les angles sous lesquels l'arc coupait l'horizon étaient de 18° à 20° environ. Ces données placent le centre de l'arc à peu près sur le prolongement de l'aiguille d'inclinaison, en évaluant l'inclinaison magnétique à 68°, ce qui ne peut s'éloigner beaucoup de la réalité.

La lumière de l'arc était blanche; il pouvait y avoir cependant une légère nuance de vert, car elle rappelait un peu la lumière d'un corps phosphorescent. Cette lumière était douce et tranquille, et pouvait être comparée, pour l'éclat, à celle que présente le bord supérieur d'un nuage, d'un cumulus qui cache

la lune, quand celle-ci est sur le point de se montrer.

Des faisceaux ou rayons d'une lumière également blanche, mais d'intensité beaucoup plus faible, s'élevaient de divers points de l'arc. Ils paraissaient d'abord diverger très-légèrement entre eux, mais plus haut ils paraissaient au contraire converger légèrement vers un point qui eût été sans doute situé bien au delà de notre zénith vers le Nord. Mais on n'a pu déterminer, même approximativement, la position de ce point, à cause de la longueur trop peu considérable des faisceaux; car ceux-ci ne dépassaient que de très-peu β du Centaure. Ces faisceaux paraissaient et disparaissaient très-sensiblement à la même place après une durée variable de 5 à 10 minutes.

La partie intérieure de l'arc paraissait occupée par un gros nuage noir, dont les bords, contigus à l'arc, étaient légèrement bosselés. J'ai pris cette apparence pour un nuage réel, je l'ai notée comme telle sur mon journal; et le doute ne me serait certainement pas venu à l'esprit si depuis mon retour je n'avais vu citer des apparences semblables comme trompeuses par des observateurs habiles, qui assurent avoir vu des étoiles à travers ce prétendu nuage, si épais en apparence.

Je puis affirmer que, dans le cas actuel, on ne voyait pas d'étoiles dans la partie du ciel occupée par cette apparence de nuage noir; tandis qu'on en voyait jusque dans la lumière de l'arc lui-même, tout près de son bord inférieur contigu au nuage apparent. Et ce-

pendant la lumière propre de l'arc devait évidemment diminuer la visibilité des étoiles dans cette direction, tandis que l'obscurité aurait dû accroître cette visibilité dans la partie du ciel inférieure à l'arc. Si cette dernière partie du ciel ne paraissait noire que par contraste avec la lumière de l'arc, pourquoi la partie du ciel supérieure à l'arc n'offrait-elle pas la même apparence ? Et comment expliquer encore par un effet de contraste les bosselures du nuage apparent dans les points contigus à l'arc ?

Je trouve d'ailleurs dans mon journal cette remarque : *Le nuage noir qui était au-dessous de l'arc, s'étant élevé peu à peu, a caché l'arc, et l'on a cessé de voir celui-ci.*

Il faut dire toutefois que le mouvement apparent de ce nuage problématique du Sud vers le Nord n'était pas en rapport avec la force et la direction du vent que nous ressentions à bord; car celui-ci soufflait grand frais de l'ouest. (La frégate était à la cape sous la misaine, la trinquette et le grand hunier.)

Le ciel était assez beau et parsemé seulement de quelques gros nuages.

Les étoiles étaient très-brillantes.

La circonstance que le centre de l'arc lumineux de l'aurore se soit trouvé sensiblement sur le prolongement de l'aiguille d'inclinaison me paraît assez curieuse. Cette position a-t-elle été simplement accidentelle; ou bien est-ce là une loi générale du phénomène ? La solution de cette question pouvant conduire à quelque

donnée utile à l'explication théorique du phénomène des aurores polaires, il me semble nécessaire d'appeler sur ce sujet l'attention des observateurs.

Pour pouvoir déterminer approximativement la position du centre du cercle de l'aurore, il est indispensable d'avoir, non-seulement la hauteur du sommet de l'arc et les relèvements de ses extrémités, mais encore l'angle apparent sous lequel l'arc coupe l'horizon. Ce dernier angle peut se mesurer approximativement avec un rapporteur en corne, ou avec deux règles qu'on fait coïncider, l'une avec la tangente à l'arc, l'autre avec l'horizon. Le centre du cercle, devant nécessairement se trouver dans un plan perpendiculaire à cette tangente, ainsi que dans le vertical du sommet de l'arc, se trouvera nécessairement sur l'intersection commune de ces deux plans. La direction de cette ligne, qui passe par l'œil de l'observateur, est facile à trouver au moyen des données précédentes; car elle s'obtient par la résolution d'un simple triangle sphérique. Ce qui suppose toutefois que l'arc apparent est bien véritablement une portion d'arc de cercle.

Nous n'avons entendu aucun bruit particulier provenant de l'aurore. Il eût fallu, du reste, que le bruit produit eût été bien intense et bien proche pour qu'il eût pu être entendu au milieu de tous les bruits que le vent et les roulis occasionnaient à bord de la frégate roulant panne sur panne.

— Je ne puis m'empêcher de consigner ici, à cette occasion, une observation très-précise d'un bruit

produit par une aurore boréale, et entendu en mer à bord d'un bâtiment; car cette observation me semble mériter par son importance d'être sauvée de l'oubli.

M. Verdier, officier distingué de la marine royale, étant de quart dans la nuit du 13 octobre 1819, sur la corvette l'*Espérance*, sous les ordres du commandant Des Rotours, dans les parages de Terre-Neuve, entendait très-distinctement une sorte de pétillement, de crépitation, lorsque les flammèches d'une magnifique aurore boréale venaient à passer au-dessus du bâtiment. M. Verdier n'était alors préoccupé par aucune idée théorique; car il ignorait encore, au moment où il a bien voulu me la communiquer, tout l'intérêt scientifique que présentait cette observation.

M. Verdier compare le bruit qu'il a entendu à celui que fait une poignée de feuilles sèches, quand on vient à la fouler subitement dans la main; ou bien encore au pétillement de l'étincelle électrique. C'était à cette époque (1836) la seule fois que M. Verdier eût entendu du bruit produit par une aurore boréale, quoiqu'il eût été bien souvent témoin de ce beau phénomène; mais aussi, il faut dire que cette aurore était la plus éclatante que cet officier eût encore vue.

Quand on réfléchit qu'un coup de canon tiré à la hauteur d'une lieue en l'air (à la hauteur du Mont-Blanc) ne serait pas, très-probablement, entendu d'en bas, et qu'on fait attention que M. Verdier a entendu le bruit qu'il signale sans avoir écouté, sans avoir cherché à l'entendre, on ne peut guère douter, ce me semble, que ce bruit ne fût produit à une très-petite hauteur

dans l'atmosphère, surtout si l'on a égard à la nature de ce bruit.

On peut, en effet, en étouffant le son, faire paraître éloigné un bruit qui est proche, mais on ne connaît pas de moyen de faire paraître proche un bruit éloigné. Car un long trajet à travers l'atmosphère imprime au son un caractère particulier que l'oreille distingue parfaitement. Un bruit sec devient long et sourd par un long trajet dans l'air. En sorte que, lorsqu'on entend un bruit sec comme celui qui fait le sujet de cette observation, on peut hardiment conclure que c'est un bruit produit à petite distance.

On ne peut pas admettre qu'un marin du mérite et de l'expérience de M. Verdier ait pu se tromper sur la direction et la cause du bruit qu'il entendait, et qu'il ait pu rapporter aux flammèches de l'aurore un bruit qui se serait produit sous ses pieds ou dans le grément du navire. Les marins connaissent trop bien tous les bruits produits à bord des bâtiments par les vents, la mer et les mouvements du navire, pour s'y laisser tromper. D'ailleurs, ces bruits sont périodiques comme les causes qui les produisent, tandis que M. Verdier dit n'avoir entendu ce bruit de feuilles sèches foulées qu'au moment où de brillantes flammèches venaient à passer au-dessus du bâtiment. Il faut encore faire attention que M. Verdier n'a entendu ce bruit qu'une seule fois, quoique cet officier distingué assure que, dans le mois d'octobre et à la fin de septembre, *toutes les nuits claires* étaient signalées par des aurores boréales assez brillantes pour permettre de lire sur le pont du bâtiment.

Il est impossible, ce me semble, de ne pas conclure de l'observation de M. Verdier que le phénomène se passait dans l'atmosphère, et même à très-peu de hauteur dans l'atmosphère.

— Je consignerai encore ici, mais avec beaucoup plus de réserve quant aux conclusions, une observation très-curieuse faite par M. Baral, officier également distingué de la marine royale. Il me paraît utile, malgré la restriction précédente, de sauver encore cette observation de l'oubli.

M. Baral était, en septembre 1818, embarqué à bord de la *Cléopâtre* sous les ordres du commandant Halgan, et chargé en chef du service de la timonnerie et des montres marines. La frégate naviguant dans les parages de Terre-Neuve, on s'aperçut, après quelques jours de brume, que l'on avait fait fausse route en suivant les indications des compas; et, vérification faite, on trouva toutes les bousseles du bord affolées. Il n'y avait eu cependant, depuis les dernières observations de déclinaison magnétique, aucun orage, aucun tonnerre, aucun phénomène électrique apparent; on n'avait pas d'ailleurs touché aux compas; mais le soir même du jour où les dernières observations de déclinaison avaient été faites, il y avait eu une aurore boréale des plus brillantes, des plus fantastiques. Et M. Baral crut et croit encore ne pouvoir attribuer l'affolement des compas qu'à l'influence de cette aurore boréale.

Cette opinion fut partagée par le commandant de la *Cléopâtre*, et consignée par lui dans un rapport officiel

adressé au ministre de la marine, lors du retour de la *Cléopâtre* en France.

Cette observation curieuse laisse, comme on voit, quelque chose à désirer; car ce n'est que faute de cause prochaine plus plausible, que l'affolement des boussoles a été attribué à l'aurore boréale. L'observation ici n'est pas directe; et l'on ne peut pas en toute rigueur conclure de cette observation seule à la réalité de l'influence attribuée à l'aurore boréale sur les compas du bâtiment. Elle m'a paru cependant digne d'être conservée, comme un renseignement qui pourra peut-être un jour acquérir de l'importance par son rapprochement avec d'autres observations analogues faites sur ces curieux phénomènes.

— Enfin j'ajouterai encore, comme renseignement utile sur l'aurore boréale, que M. Cornulier, officier instruit de la marine royale, assure avoir vu, dans ces mêmes parages de Terre-Neuve, la couronne d'une aurore boréale se former par un ciel assez couvert de nuages pour que les étoiles ne fussent plus visibles. Ces nuages étaient des cirrus (queues de vache, barbes de chat). Ils paraissaient éprouver dans leur masse une sorte de frémissement, de tremblement.

M. Cornulier assure encore que, par la disposition et la forme qu'affectent les cirrus dans la journée, on peut prédire à coup sûr une belle aurore boréale pour la nuit. M. Cornulier, d'accord en cela avec M. Verdier, pense qu'il y a tous les jours des aurores boréales dans ces parages, et que leur éclat seul est variable; il croit que si on ne les observe pas tous les jours, c'est

que la brume ou les nuages de la couche inférieure en masquent la vue ; il affirme qu'on en voit toujours des traces plus ou moins apparentes toutes les fois que le ciel est serein ou seulement chargé de légers cirrus.

1er février 1839. Lat. 37° 42' S. Long. 142° 38' E.

Pendant que nous étions occupés à faire une grande sonde, il a paru le long du bord un mollusque qui nous a frappés par ses grandes dimensions. Il était sensiblement cylindrique, rosé, transparent, assez semblable pour la forme à un immense ver de terre. Il n'avait pas certainement moins de 1 décimètre de diamètre et 6 mètres de longueur. Une de ses extrémités était terminée en pointe mousse, comme dans un ver; mais l'autre extrémité, correspondant au plus grand diamètre de l'animal, était frangée. Il a disparu en s'enfonçant dans l'eau.

La mer était d'ailleurs chargée d'un grand nombre de mollusques d'espèces diverses.

2 février 1839. Lat. 37° 07' S. Long. 144° 24' E.

Le soir, à l'opposé du soleil couchant, on voit dans l'Est, des rayons crépusculaires blancs, très-apparents, comme si un astre allait se lever de ce côté. Cette partie du ciel est occupée par un gros nuage noir, et c'est sans aucun doute la projection des rayons anticrépusculaires sur ce fond noir qui les rend si apparents.

Le jour suivant, le même phénomène s'est encore montré; mais il a été moins visible, parce qu'il s'est réduit à une simple lueur crépusculaire dégradée, sans apparence de rayons.

Ce phénomène tient évidemment à l'existence de la couche de vapeur vésiculaire dans laquelle flottent les

nuages de la couche inférieure. Ces vésicules, se trouvant éclairées directement par le soleil, présentent des *phases* diverses à l'observateur; en sorte que celui-ci les voit, dans leur *plein*, à l'opposé du soleil, et dans leur *quartier*, à 90° de cette position. Et cette différence d'aspect suffit évidemment pour expliquer leur différence de visibilité, et, par suite, les apparences de l'anticrépuscule.

6 février 1839. Lat. 31° 31' S. Long. 105° 38' E.

—On voit bien nettement vers l'Est, le soir, au coucher du soleil, la ligne de démarcation qui sépare une partie de l'atmosphère directement éclairée par le soleil d'une autre partie qui ne l'est plus. Cet effet se produit évidemment dans la couche de vapeur dans laquelle flottent les nuages inférieurs, et qui règne à une hauteur peu considérable dans l'atmosphère. Ce serait bien à tort, comme nous l'avons déjà remarqué précédemment, qu'on rapporterait cette ligne de démarcation à la limite même de l'atmosphère.

La partie éclairée paraît rouge, et celle qui se trouve dans l'ombre paraît d'un gris foncé un peu jaunâtre. Cette ligne de séparation d'ombre et de lumière a cessé d'être bien marquée 10 minutes environ après le coucher du soleil, alors que sa hauteur apparente n'était encore que de 8 degrés à peu près.

— Dans la soirée, la mer étant très-belle, le vent frais et la frégate filant 8 nœuds (4 mètres par seconde), on voyait, à l'arrière du navire et dans son remous, sortir de la mer quelque chose comme une légère vapeur, et l'on entendait en même temps un très-léger pétillement, analogue à celui que font entendre les

liqueurs mousseuses. Cet effet était évidemment dû à l'air englobé dans l'écume qui se produisait à l'avant du bâtiment, et que le corps du navire refoulait en passant et faisait ainsi pénétrer à une profondeur de 5 ou 6 mètres. Le bâtiment une fois passé, ces bulles, ainsi comprimées par une pression d'une demi-atmosphère, remontaient avec une vitesse accélérée, et venaient éclater avec bruit à la surface, en projetant en l'air de toutes petites gouttelettes d'eau que le vent balayait comme une légère fumée. Au reste, cet effet ne se produit pas toutes les fois que le bâtiment a une grande vitesse : il faut encore certaines conditions spéciales que je n'ai pu déterminer.

8 février 1839.
Lat. 28° 42' S.
Long. 102° 08' E.

— Nous entrons dans la région des vents alizés.

Les vents soufflent du S. E., et le ciel présente déjà l'aspect si caractéristique des vents alizés. Nous avons eu cependant encore dans les journées suivantes quelques calmes et quelques légères brises du S. S. O.

11 février 1839.
Lat. 27° 47' S.
Long. 97° 58' E.

— Le coucher du soleil a été très-beau.

Le phénomène de l'anticrépuscule est très-apparent, et la lumière en est rouge comme celle du soleil lui-même.

Les nuages de la couche inférieure, situés dans l'E., quand ils viennent à être atteints par l'ombre que l'horizon projette de ce côté, et dont la ligne de démarcation est rendue si apparente par l'existence de la couche de vapeur vésiculaire, ces nuages, dis-je, paraissent tout d'abord d'un gris sombre assez foncé, de rouges ou roses qu'ils étaient auparavant; mais quelques instants après ils reparaissent comme éclairés de

nouveau, et ils ont alors une teinte d'un gris jaunâtre clair.

Ces changements apparents de teintes sont évidemment l'effet d'une illusion, et proviennent de ce que l'observateur projette le nuage atteint par l'ombre, d'abord sur un fond clair, et ensuite sur un fond sombre. En effet, dans le premier instant, le soleil éclaire encore directement les parties plus élevées et plus éloignées de l'atmosphère sur lesquelles le nuage est projeté par l'œil de l'observateur, tandis que quelques instants après le soleil n'éclaire plus ces mêmes parties plus élevées de l'atmosphère. Il résulte nécessairement de là que le fond éprouve une variation considérable de teinte, laquelle doit se traduire aux yeux de l'observateur par une variation inverse dans la teinte apparente du nuage. On ne peut supposer que cette variation apparente de teinte du nuage soit réelle; car, pendant que ces variations s'opèrent, le nuage ne cesse pas d'être éclairé par la brillante lumière que l'atmosphère occidentale projette sans aucune interruption sur tous les objets situés à l'Orient; et cette lumière atmosphérique, loin de croître du premier instant au second, ne peut que s'être légèrement affaiblie. On ne peut pas admettre davantage que l'effet observé soit dû à l'ombre des nuages occidentaux projetée sur les nuages orientaux; car, après la disparition de l'ombre, ces derniers nuages devraient, dans cette supposition, paraître rouges, et encore plus rouges qu'auparavant, tandis qu'ils paraissent d'un gris jaunâtre. Il devrait d'ailleurs y avoir une seconde

éclipse de ces nuages au moment où le soleil se coucherait véritablement pour eux, et cette seconde éclipse n'a réellement pas lieu.

L'éclipse d'un nuage oriental par un nuage occidental paraît très-possible *a priori;* car c'est à une éclipse semblable qu'on doit de voir souvent des rayons dans le phénomène de l'anticrépuscule au lieu d'une simple lumière en teinte dégradée. Mais on ne peut évidemment expliquer de la même manière les changements apparents de teintes que nous signalons; et c'est bien réellement à un changement de teinte dans le fond sur lequel l'œil projette les nuages qu'il faut attribuer ces apparences de variations.

12 février 1839.
Lat. 27° 22' S.
Long. 97° 17' E.

— Le coucher du soleil est de toute beauté.

Avant la disparition de l'astre, le phénomène de l'anticrépuscule est extrêmement apparent.

Le soleil se couche pour nous à 6 heures 40 minutes. A cet instant, et au point de disparition, la lumière crépusculaire est d'un jaune rutilant peu intense; et elle est encore plus faible dans les points voisins plus élevés. Plus haut, vient une teinte légère d'un jaune vert-serin, puis au-dessus le bleu de ciel; et le tout est mélangé d'une grande quantité de lumière blanche.

A 6 heures 47 minutes, la teinte jaune rutilante prend plus de vivacité et de transparence.

La lumière rouge qui, du côté de l'Orient, illumine l'atmosphère, disparaît presque complétement quand la ligne de séparation d'ombre et de lumière, très-apparente d'abord, a atteint 8° d'élévation. Toutefois, les nuages de la couche supérieure, les cirrus, petits

et en petit nombre, continuent encore à être vivement éclairés dans cette partie du ciel.

A 7 heures, le ciel est magnifique du côté de l'Occident. Toute la lumière blanche qui se mêlait encore aux diverses teintes a disparu, et celles-ci sont devenues d'une pureté, d'une transparence et d'un éclat admirables.

L'ordre de superposition des teintes ou zones colorées est le suivant, en commençant par la plus basse :

Le rouge rutilant mêlé d'un peu de jaune;

Le jaune orangé;

Le jaune vert-serin;

Le bleu de ciel un peu blanchâtre;

Enfin, vient le bleu foncé du ciel.

Les nuages de la couche inférieure, petits et isolés, mais assez nombreux encore, se détachent en noir avec une netteté extrême, comme des silhouettes, sur ce fond si riche de brillantes couleurs, dont ils relèvent encore l'éclat.

L'horizon de la mer, parfaitement pur, tranche aussi vivement et en noir sur le ciel, dont la lumière resplendissante, en se réfléchissant à la surface de la mer, colore celle-ci d'une teinte pourpre violette sombre très-prononcée.

A partir de cet instant, les diverses zones colorées du ciel, en diminuant toutes d'épaisseur, se rapprochent lentement de l'horizon et perdent en même temps de leur éclat, mais elles conservent toujours entre elles le même ordre de superposition. Le rouge rutilant occupe toujours la partie la plus basse de l'atmosphère

immédiatement au-dessus de l'horizon, mais il devient de plus en plus fuligineux. On croirait voir toutes les zones colorées s'éloigner horizontalement et s'enfoncer ainsi graduellement dans les profondeurs de l'atmosphère.

En même temps les petits nuages de la couche inférieure diminuent en grosseur et en nombre, et finissent par se dissoudre complétement et par disparaître.

A 8 heures, on n'apercevait plus aucune trace de crépuscule.

Nous avions eu déjà plusieurs fois, et dans des lieux très-différents, l'occasion d'observer ce magnifique phénomène, et toujours l'ordre de superposition des teintes s'était montré le même, et toujours aussi les particularités du phénomène s'étaient présentées semblables entre elles. Il devenait dès lors évident qu'une même cause présidait à sa formation.

En se rappelant ces couchers de soleil et de lune que nous avons signalés précédemment (pages 103 et 256), et dans lesquels, par un ciel parfaitement pur, ces astres ont disparu derrière l'horizon comme derrière le diaphragme d'une lunette, sans changer aucunement de teinte, en perdant seulement de leur éclat, on voit qu'il ne faut pas chercher l'explication de la coloration des astres et de l'atmosphère, près de l'horizon, dans la réfraction et la dispersion que l'air pur ou simplement chargé de vapeur d'eau dissoute fait subir à la lumière.

Et l'on est ainsi conduit à rechercher la cause de ces phénomènes dans la couche de vapeur vésiculaire,

peu épaisse, peu dense, peu élevée, dans laquelle flottaient les petits nuages noirs, couche dont l'existence a constamment coïncidé avec celle du phénomène lui-même.

L'illustre M. Arago ayant prouvé, par des observations directes faites *ad hoc* (et l'expérience journalière des marins le confirmant d'ailleurs pleinement), que l'interposition d'un léger nuage, d'un brouillard, ne change pas la position apparente d'un astre, il en résulte que, dans ces cas, on ne voit l'astre que par les rayons de lumière qui ont traversé *diamétralement* toutes les vésicules qu'ils ont rencontrées ou par ceux qui ont passé à côté sans en toucher aucune : car tous les autres rayons qui tombent obliquement sur une vésicule doivent être nécessairement et fortement réfractés et dispersés dans tous les sens, et être, par conséquent, impropres à produire la vision distincte.

Si maintenant on examine avec attention ce qui doit arriver à un faisceau central de lumière blanche qui traverse diamétralement une suite de vésicules, on verra qu'il perd à chaque vésicule une partie de ses rayons les plus réfrangibles, en même temps que son intensité diminue rapidement par les réflexions qui s'opèrent aux quatre surfaces qu'il est obligé de traverser à chacune d'elles.

Un pareil faisceau perdra donc successivement, et par parties d'abord, son violet, puis son indigo, puis son bleu, etc., et prendra par conséquent lui-même successivement la teinte du jaune vert, du jaune orangé, du rouge plus ou moins mêlé de jaune, et enfin

même du rouge pur, si le nombre des vésicules est assez grand et si la lumière incidente est suffisamment intense. Or, c'est là précisément l'ordre de superposition des zones colorées que présente constamment l'atmosphère dans les magnifiques couchers du soleil dont nous parlons ici.

On conçoit dès lors la possibilité d'expliquer les couleurs de ce phénomène par un trajet plus ou moins long de la lumière blanche à travers une couche de vapeur vésiculaire.

Remarquons maintenant qu'à 7 heures, c'est-à-dire 20 minutes après le coucher du soleil, cet astre n'éclairait plus depuis longtemps la partie, visible pour nous, de la couche de vapeur vésiculaire dans laquelle flottaient les nuages inférieurs. Remarquons en outre que l'aspect complétement noir de ces petits nuages prouve que la lumière incidente provenait directement de la partie de l'atmosphère placée au delà de cette couche, et non pas des parties plus rapprochées et interposées entre cette couche et l'observateur, et nous en conclurons que cette lumière incidente ne pouvait provenir que de la lumière crépusculaire ordinaire émanée des parties plus élevées et plus éloignées de l'atmosphère.

Or, si de notre œil nous menons des rayons à des points de plus en plus élevés de l'atmosphère, il est évident qu'à cause de l'horizontalité de la couche de vapeur vésiculaire, ces rayons la couperont suivant des directions de moins en moins obliques, et que, par conséquent, toutes choses égales d'ailleurs, ces rayons rencontreront un nombre de moins en moins grand

de vésicules. Il résulte par conséquent de là et de ce qui a été dit ci-dessus, que la lumière crépusculaire qui arrive directement à l'œil en suivant ces mêmes directions, devra se colorer diversement suivant la hauteur, et l'on voit que les teintes devront nécessairement se succéder du haut en bas, dans l'ordre indiqué ci-dessus, comme cela a effectivement lieu.

Le peu d'intensité des couleurs au moment de la disparition du soleil sous l'horizon tient évidemment à la grande quantité de lumière blanche crépusculaire émanée des points de l'atmosphère situés au-dessous de la couche de vapeur vésiculaire et de cette couche elle-même.

Si, après la disparition de cette lumière blanche, l'intensité totale de la lumière paraît augmentée au point de frapper l'imagination par l'éclat éblouissant de ses diverses teintes, c'est tout simplement un effet de l'illusion d'optique si bien expliquée par M. Melloni, et qui nous fait juger le même objet comme bien plus vivement éclairé lorsque nous le regardons à travers un verre jaune que lorsque nous le regardons à travers un verre bleu, quoique la quantité de lumière reçue par l'œil reste la même dans les deux cas; c'est la différence d'une teinte chaude (jaune orangé) à une teinte froide (bleu pâle).

Si la teinte jaune vert-serin est moins vive que les autres, et si celles-ci vont en diminuant d'éclat à droite et à gauche du point de l'horizon correspondant au vertical du soleil, c'est évidemment parce que la lumière crépusculaire incidente diminue elle-

même d'intensité dans toutes les directions, à partir de ce même point de l'horizon.

On a voulu expliquer la teinte jaune vert-serin de la zone supérieure par un effet de contraste ; mais il suffit de regarder cette zone, en cachant tout le reste du ciel par un écran, pour s'assurer que cette teinte est bien réelle, et que par conséquent son explication par un effet de contraste n'est pas admissible.

L'abaissement graduel subséquent des zones colorées et la diminution de leur épaisseur s'explique parfaitement par la diminution d'épaisseur et de densité qu'a dû nécessairement éprouver la couche de vapeur vésiculaire avant son entière dissolution dans l'air (dissolution prouvée par la disparition complète des nombreux petits nuages qu'elle contenait). Et, quant à la diminution concomitante de l'éclat de ces teintes, elle est évidemment due à la diminution graduelle que la lumière crépusculaire incidente éprouve elle-même à mesure que le soleil s'abaisse davantage sous l'horizon.

L'abaissement des zones, la diminution de leur épaisseur et la diminution d'éclat de leur teinte, doit évidemment produire sur l'observateur le même effet que si ces zones s'éloignaient horizontalement de lui ; car cet éloignement produirait aussi l'abaissement apparent et graduel des zones, la diminution de leur épaisseur apparente et la diminution de l'éclat de leurs teintes.

Toutes les circonstances du phénomène me paraissent s'expliquer ainsi très-naturellement par l'interposition de la couche horizontale de vapeur vésiculaire

entre l'œil de l'observateur et la lumière du crépuscule ordinaire émanée des points plus élevés et plus éloignés de l'atmosphère, et par la disparition graduelle de cette couche de vapeur.

Quant à l'existence même de cette couche de vapeur vésiculaire, elle est prouvée par la grande visibilité de l'anticrépuscule avant le coucher du soleil, et par la grande visibilité de la ligne de séparation d'ombre et de lumière à la hauteur de la couche inférieure des nuages après le coucher de cet astre. La netteté de l'horizon de la mer prouve, d'un autre côté, que cette couche de vapeur ne descend pas jusqu'à la surface de la mer. Comme l'existence de cette couche de vapeur vésiculaire et des nombreux petits nuages qu'elle contient est évidemment due au courant ascendant d'air chaud et presque saturé d'humidité qui s'élève dans la journée sous l'action calorifique du soleil, il est tout naturel que cette couche et ces nuages disparaissent quand le courant ascendant qui les produisait cesse lui-même d'exister après le coucher de cet astre.

Telle est, je crois, l'explication réelle des brillantes couleurs que présentent ces beaux couchers du soleil.

—La coloration que doit éprouver nécessairement un faisceau de lumière qui traverse diamétralement une vésicule de vapeur (faisceau qui peut seul donner une vue distincte de l'objet éclairant) explique aussi très-facilement, ce me semble, les diverses teintes que prend le soleil vu à travers un brouillard. En effet, si le brouillard a tout juste l'épaisseur nécessaire pour que les faisceaux de lumière blanche incidente aient

perdu, dans leur passage à travers les vésicules, tout leur violet, le soleil devra présenter la teinte complémentaire du violet, c'est-à-dire la teinte jaune verdâtre; si le brouillard est plus épais, et que l'indigo lui-même ait disparu, le soleil devra présenter la teinte qu'offre la lumière blanche quand on en a retiré le violet et l'indigo, c'est-à-dire le jaune orangé; si le brouillard est encore plus épais, que le bleu disparaisse à son tour, le soleil devra paraître rouge mêlé de plus ou moins de jaune; enfin, si le brouillard est encore plus épais, le soleil pourra paraître d'un rouge pur, si la lumière transmise est assez intense pour qu'il soit encore visible : et l'on sait que le soleil présente, en effet, toutes ces diverses teintes, plus ou moins pures, quand on le voit à travers divers brouillards. On sait aussi qu'il présente ces diverses teintes quand il est voisin de l'horizon, le matin ou le soir, et qu'on le voit à travers une couche plus ou moins grande d'une atmosphère plus ou moins brumeuse, et par conséquent à travers un nombre plus ou moins considérable de vésicules de vapeur; car ce n'est que dans des circonstances assez rares que l'atmosphère se trouve complétement dégagée de ces vésicules, et alors aussi les astres se couchent sans prendre aucune espèce de coloration, comme nous l'avons observé deux fois.

— Il est un autre phénomène de lumière qui m'a beaucoup préoccupé pendant toute la campagne, et dont je ne suis parvenu à m'expliquer la véritable cause que ce même jour, 12 février. Ici, le phénomène se passe dans l'eau.

Si, en tournant le dos au soleil, on regarde dans l'eau, on aperçoit très-bien l'ombre de sa tête, ombre très-déformée toutefois; mais on voit en même temps partir de cette ombre comme des faisceaux lumineux assez intenses, qui dardent, en rayonnant dans tous les sens, avec une très-grande rapidité, et jusqu'à une grande distance. Ces faisceaux lumineux, ces rayons auréolaires, ont, outre le mouvement de dard, un mouvement de rotation rapide autour de l'ombre de la tête, et le sens de la rotation est inverse des deux côtés opposés de l'ombre; en sorte qu'il y a une direction où ce mouvement de rotation inverse semble prendre naissance, et une direction diamétralement opposée où ce mouvement semble s'éteindre.

C'est un phénomène de tous les instants; car il suffit que le soleil soit sur l'horizon pour qu'on ne puisse pas regarder la mer sans en voir des traces.

Je ne dirai pas ici tous les essais que j'ai tentés, toutes les mesures que j'ai prises, et surtout toutes les suppositions que j'ai faites, avant d'arriver à m'expliquer cet agaçant phénomène; je rapporterai seulement les remarques suivantes, qui conduisent directement à l'explication cherchée.

L'intensité de la lumière des rayons est plus grande auprès de l'ombre de la tête que plus loin.

Le phénomène se produit aussi bien dans les bouillonnements et les tourbillons du remous du navire, que dans les points où l'eau n'est pas ainsi profondément agitée.

Les grosses lames n'influent pas non plus d'une manière sensible sur les apparences.

Les petites lames ou rides, et autres petites agitations de la surface, ont, au contraire, une influence très-sensible; car le mouvement de dard et celui de rotation des faisceaux diminue de vitesse quand l'agitation de la surface diminue, et il cesse avec elle.

La ligne de séparation des rayons qui tournent à gauche de ceux qui tournent à droite est la direction suivant laquelle se fait le mouvement de propagation des petites ondulations.

Dans un calme plat parfait, quand la mer est comme de l'huile, il n'y a plus ni rayons auréolaires, ni mouvement de dard, ni mouvement de rotation; le phénomène se réduit alors à une simple lumière diffuse qui entoure l'ombre de la tête, qui va en se dégradant rapidement à partir de cette ombre, et qui ne s'étend pas à beaucoup près aussi loin que les rayons auréolaires eux-mêmes.

Ces rayons paraissent souvent s'étendre jusqu'à des points de la surface de la mer qui ne sont pas directement éclairés par le soleil, et qui se trouvent dans l'ombre d'autres corps.

Il est inutile, je pense, d'ajouter que chacun voit la même apparence autour de l'ombre de sa tête, et n'aperçoit rien autour de l'ombre de la tête des autres.

On voit, par ce qui précède, que, dans le calme plat, le phénomène est entièrement semblable à celui de l'anticrépuscule, et c'est en effet la même cause qui le produit.

L'eau de la mer n'est jamais parfaitement limpide, parfaitement diaphane (aucun corps ne l'est), et ce qui le prouve, c'est qu'on y aperçoit l'ombre de la tête et l'ombre des autres corps, et qu'on peut y suivre la trace d'un rayon de lumière isolé qui pénètre dans ce liquide. D'ailleurs, le microscope y dévoile directement l'existence d'un grand nombre de corpuscules vivants ou inanimés.

La lumière du soleil, en pénétrant dans l'eau, doit donc éclairer ces corpuscules; et ceux-ci, présentant à l'observateur des phases diverses, doivent évidemment donner lieu à un phénomène analogue à celui de l'anticrépuscule, c'est-à-dire au phénomène tel qu'il s'observe dans le calme plat. Et ce qui prouve bien que les corpuscules en suspension dans l'eau sont la cause réelle du phénomène, c'est que, si l'eau vient à être troublée accidentellement par des saletés, par des cendres jetées de l'avant du navire, par exemple, la lumière des rayons auréolaires devient à l'instant beaucoup plus intense. Cette lumière augmente aussi avec l'intensité de la lumière incidente du soleil.

Quand la surface de la mer est couverte de petites lames, de petites rides, le soleil, au lieu d'éclairer uniformément tous les corpuscules, les éclaire très-inégalement. En effet, la lumière incidente est concentrée par les parties convexes des petites lames, et dispersée, au contraire, par les parties concaves : d'où il résulte que les corpuscules qui correspondent aux parties convexes doivent être beaucoup plus éclairés que ceux qui correspondent aux parties concaves.

Pour se convaincre que c'est bien là l'effet produit par les petites ondes de la surface, il suffit de regarder le fond d'un bassin peu profond, rempli d'eau dont la surface soit ondulée, et l'on verra ce fond très-diversement éclairé. On y verra des lignes sinueuses, très-mobiles, assez vivement éclairées, qui correspondent aux ondulations de la surface, et qui les suivent dans leur mouvement de propagation et de déformation rapide.

Supposons maintenant que, pour un instant, la mer, avec sa surface ondulée, soit solidifiée. Il est évident que les corpuscules éclairés se trouveront tous sur des lignes sensiblement parallèles entre elles et parallèles aux rayons éclairants du soleil. Les perspectives de ces lignes parallèles seront nécessairement des lignes convergentes vers la projection de l'œil de l'observateur faite par une ligne parallèle à ces mêmes rayons, c'est-à-dire convergentes vers l'ombre de la tête de l'observateur. Celui-ci verra donc autour de sa tête, non plus une lumière uniforme et dégradée, mais un grand nombre de rayons lumineux séparés entre eux par des espaces obscurs et divergeant dans tous les sens, à partir de l'ombre de la tête : ce qui explique bien la formation des rayons de l'auréole.

Si nous rendons à présent la mobilité aux ondulations de la surface de la mer, nous verrons tout de suite que ces rayons devront se déplacer en convergeant toujours vers l'ombre de la tête, et devront paraître, par conséquent, se mouvoir autour de cette ombre, et se mouvoir dans deux directions opposées, à droite et à gauche de la ligne de propagation des ondes.

Quant au mouvement de dard de ces rayons auréolaires, il résulte évidemment de la formation et de la disparition rapides des petites lâmes de la surface.

L'intensité de la lumière de ces rayons, plus grande auprès de l'ombre de la tête qu'au loin, tient évidemment aux phases différentes que les corpuscules éclairés présentent à l'observateur suivant leur position sur le trajet du faisceau lumineux. Toutefois, l'effet des phases doit être en partie compensé par la perte de lumière qui résulte d'une profondeur plus considérable de ces corpuscules; et il est à croire que le rapprochement des rayons autour de l'ombre de la tête est une des causes qui font paraître la lumière de ces rayons plus intense dans cette partie.

On voit facilement pourquoi l'agitation profonde de l'eau dans le remous du navire n'influe pas sensiblement sur les apparences du phénomène, non plus que la présence des grosses lames.

A cause de l'inclinaison des rayons solaires incidents, les corpuscules inférieurs pouvant être éclairés, quoique situés verticalement au-dessous de points de la surface placés eux-mêmes dans l'ombre, on voit pourquoi les rayons de l'auréole peuvent paraître s'étendre jusqu'à ces mêmes points de la surface.

La dégradation de lumière de ces rayons auréolaires étant précisément en sens inverse de ce que prescrirait la perspective aérienne pour des lignes parallèles uniformément éclairées, il est impossible de se les figurer comme étant en effet la perspective de lignes parallèles. C'est, au reste, ce qui a lieu également pour

les rayons crépusculaires et anticrépusculaires du soleil.

Quand la lumière émanée des corpuscules éclairés rencontre la surface sous une incidence trop oblique, elle y éprouve une réflexion totale, et cette lumière cesse alors d'arriver à l'œil de l'observateur; c'est encore là sans doute une cause du mouvement de dard, et ce qui limite principalement l'étendue visible des rayons auréolaires.

Toutes les circonstances du phénomène se trouvent ainsi expliquées d'une manière qui me paraît complétement satisfaisante.

15 février 1839. Lat. 26° 19' S. Long. 95° 33' E. J'ai vu très-distinctement un poisson volant agiter ses ailes et changer de direction en l'air; toutefois, pour le plus grand nombre de ces animaux, les ailes semblent ne faire en réalité que l'office de parachute. Il leur arrive quelquefois de se relancer immédiatement dans l'air au moment de leur chute, au moyen de leur queue, qui, seule alors, touche l'eau, tandis que tout le reste du corps, ainsi que les ailes, restent hors de l'eau.

M. Goury, jeune élève de beaucoup d'intelligence, assure avoir vu un de ces poissons faire vibrer sa queue dans l'air comme pour nager dans ce fluide.

Poursuivis dans l'eau par des bancs de bonites, et dans l'air par des nuées d'oiseaux de mer, la position de ces pauvres animaux ne paraît pas tenable; et il faut croire qu'il existe pour eux quelque époque de repos ou quelque lieu de refuge où ils procèdent plus tranquillement à la reproduction de leur espèce.

Les oiseaux qui poursuivaient ces malheureux pois-

sons se trouvaient ici à plus de 250 lieues de toute terre connue.

17 février 1839. Lat. 24° 56' N. Long. 91° 40' E.

—En examinant le remous d'un bâtiment qui navigue au plus près du vent dans une mer un peu grosse, on voit qu'il se compose d'une suite assez régulière de tourbillons alternativement dirigés en sens contraire les uns des autres, et disposés sur une seule et même ligne. Cet effet est dû au double choc, à la double pression que le bâtiment reçoit à chaque lame : choc sur l'avant d'abord, et puis choc sur l'arrière. Par l'action de ces chocs ou pressions, l'arrière du bâtiment est alternativement et vivement porté en sens contraire par suite du petit mouvement alternatif de rotation que le corps entier du bâtiment exécute autour d'un axe vertical passant par son centre de gravité; et ce mouvement de la poupe doit évidemment donner lieu aux tourbillons observés dans l'eau.

Ces tourbillons sont analogues à ceux que M. Poncelet a signalés dans le remous d'une surface plane mince mise en mouvement dans un liquide; mais la cause qui les produit n'est pas la même dans les deux cas, car la forme effilée donnée à l'arrière des bâtiments a précisément pour effet d'empêcher la formation de ces derniers tourbillons. D'ailleurs, la disposition n'en est pas non plus tout à fait la même dans les deux cas : dans le premier, ils se succèdent les uns aux autres en alternant sur la même ligne droite; dans le second, ils s'accompagnent les uns les autres sur deux lignes parallèles sans alterner entre eux.

1er mars 1839. Lat. 20° 27' S. Long. 62° 52' E.

—La lune s'est levée entourée d'un halos très-appa-

rent, dont le diamètre a été trouvé de 45° par une mesure simplement approximative.

—Bien avant le coucher du soleil, cet astre ayant encore de 6 à 8 degrés de hauteur, on apercevait déjà dans l'Est les rayons de l'anticrépuscule.

—Quand on réfléchit à la perte considérable de chaleur que les rayons du soleil couchant éprouvent en traversant obliquement l'atmosphère terrestre, on éprouve quelque difficulté à admettre que l'expression *rayonner vers les espaces célestes* représente bien la réalité des choses quand on l'applique aux objets terrestres situés à la partie inférieure de l'atmosphère. On doute qu'en effet les corps terrestres puissent rayonner directement et sans intermédiaires vers les espaces célestes; on doute que la chaleur faible et obscure qu'ils émettent puisse traverser directement toute l'épaisseur de l'océan aérien (16 lieues) sans être absorbée par l'air interposé, alors que la chaleur intense et lumineuse du soleil y éprouve une perte si considérable, quand on sait d'ailleurs, par les belles expériences de M. Melloni, que cette dernière chaleur (chaleur lumineuse) traverse beaucoup plus facilement tous les corps diathermanes que la première (chaleur obscure).

On est encore confirmé dans ce doute en voyant la chaleur émanée du foyer lumineux d'un phare devenir insensible à quelques dizaines de mètres de ce phare, quoique le faisceau des rayons calorifiques ait été rendu parallèle, soit par réflexion sur un miroir parabolique, soit par réfraction par une lentille.

Il semble que l'expression de *rayonner vers des*

couches plus ou moins élevées, plus ou moins froides de l'atmosphère, devrait être préférée comme exprimant une action plus réelle.

Cependant, une expérience très-curieuse d'un illustre savant paraît d'abord contraire à cette conclusion. En effet, M. Arago, ayant pris avec beaucoup de soin la température de l'air, à l'ombre et au soleil, avec la précaution d'agiter vivement, dans les deux cas, le thermomètre, de manière à rendre l'action directe de la chaleur rayonnante sur cet instrument très-petite par rapport à l'action de la chaleur propre de l'air, et à obtenir ainsi la température exacte de cet air; M. Arago, dis-je, a trouvé que, dans les deux cas, le thermomètre marquait exactement la même température. D'où il semble d'abord résulter que l'air n'est pas échauffé directement par la chaleur solaire rayonnante qui le traverse, et que ce fluide est par conséquent complétement diathermane.

Cette expérience curieuse peut, toutefois, recevoir une autre interprétation plus conforme aux conclusions précédentes. En effet, on sait que l'air, même dans le temps le plus calme en apparence, se déplace cependant encore avec une vitesse assez considérable. Il résulte de là que l'air sur lequel on opérait à l'ombre pouvait s'être trouvé exposé au soleil peu d'instants auparavant, ou bien que l'air sur lequel on opérait au soleil se trouvait à l'ombre l'instant d'auparavant : cela dépend évidemment de la disposition des lieux par rapport à la direction du mouvement de translation de l'air. On conçoit, d'après cela, com-

ment il a pu se faire qu'on n'ait pas trouvé de différence appréciable entre les températures de l'air prises à l'ombre et au soleil, puisqu'il est possible qu'on ait réellement opéré sur le même air dans les deux cas.

Il me semble, d'après ce qui précède, qu'on peut et qu'on doit même adopter l'expression : *Rayonner vers des couches plus ou moins élevées, plus ou moins froides de l'atmosphère*. Car il est nécessaire, et il suffit évidemment, pour la production des phénomènes de la rosée, que la température moyenne des couches qui forment en réalité l'enceinte vers laquelle les corps rayonnent, soit plus basse que celle du point de rosée qui convient à l'état hygrométrique de l'air inférieur contigu aux corps rayonnants. La dernière de ces couches peut même n'être pas très-éloignée du sol. En sorte qu'il y aurait, d'après cela, dans les phénomènes de la rosée, deux choses à considérer : la diathermensie plus ou moins grande de l'air, et les températures plus ou moins basses des couches vers lesquelles cette diathermensie permet aux corps terrestres de rayonner directement.

4 mars 1839.
Lat. 20° 30' S.
Long. 56° 54' E.

Nous avons aperçu, à grande distance, l'île de France.

— Dans la soirée, un peu avant le coucher du soleil, on pouvait suivre les rayons crépusculaires de l'Ouest à l'Est sans interruption aucune, même dans le voisinage du zénith; en sorte que le même rayon appartenait à la fois au crépuscule véritable et à l'anti-crépuscule.

La veille, on avait pu faire la même observation.

Au reste, depuis le 2 février jusqu'au 11 mars, le phénomène de l'anticrépuscule a été visible à peu près tous les jours.

5 mars 1839. Lat. 20° 50' S. Long. 55° 08' E. A l'ile Bourbon.

—Nous avons mouillé dans la journée en rade de Saint-Denis, à l'île Bourbon. Ainsi, quoique nous ayons eu à doubler la Nouvelle-Hollande par le Sud de l'Est à l'Ouest, en sens contraire des vents qui règnent habituellement dans ces parages, nous n'avons mis que 77 jours pour nous rendre du Port-Jackson à l'île Bourbon, c'est-à-dire pour faire environ 2000 lieues marines. C'est, comme on voit, un peu plus d'une lieue à l'heure.

Nous sommes repartis de Bourbon, pour le cap de Bonne-Espérance, le 9 mars, après 4 jours de relâche.

15 mars 1839. Lat. 29° 54' S. Long. 41° 57' E.

—Dans une grande sonde, faite par 1000 mètres environ de profondeur, la ligne a pris l'inclinaison très-forte de 34° avec l'horizon, 56° avec la verticale, et s'est maintenue dans la direction constante de l'Ouest, malgré les petits mouvements en sens divers que le navire a pris pendant l'opération. En outre, la ligne n'est venue à pic qu'au moment où sa longueur a été réduite à 50 mètres. Tout cela indique évidemment un fort courant superficiel portant vers l'Est, et ne s'étendant qu'à une petite profondeur.

L'estime a donné, pour les 24 heures, un courant moyen portant au S. 50° E., avec une vitesse d'un mille par heure.

On a trouvé dans cette sonde 3°,2 à la profondeur de 1000 mètres.

23 mars 1839. Lat. 31° 33' S. Long. 31° 10' E.

En comparant cette température à celle de 4°,2

trouvée le 23 mars à 1400 mètres de profondeur, et faisant attention que l'estime a donné, pour le 23, un courant de même vitesse que pour le 15, tandis que la ligne n'a pris que l'inclinaison assez faible de 23° avec la verticale (67° avec l'horizon), on est porté à conclure que le courant chaud qui débouche du canal de Mozambique est un courant de masse; mais on doit conclure seulement qu'il s'étend à une grande profondeur, car la température 4°,2 est elle-même assez faible pour faire croire à un courant froid inférieur.

27 mars 1839. Lat. 35° 34' S. Long. 20° 51' E.

Au reste, cette grande étendue du courant en profondeur se trouve confirmée par la diminution de température et l'accroissement considérable de vitesse qu'il éprouve sur le banc des Aiguilles.

Quand un courant de grande puissance vient à rencontrer, même obliquement, un plan incliné, un rehaussement de fond, les couches inférieures, en vertu de leur vitesse acquise et de la poussée du liquide, s'élèvent le long du plan incliné et arrivent à la surface, où elles apportent leur température toujours plus basse que celle de cette même surface, avant la rencontre du plan incliné. De plus, l'aire de la section perpendiculaire au courant se trouvant diminué par l'exhaussement du fond, la vitesse du courant s'accroît nécessairement en ce point; puisque, le régime étant établi, la même quantité d'eau s'écoule dans le même temps par cette section réduite du courant et par la section non réduite.

Ces deux effets sont très-sensibles dans le courant de masse des côtes du Pérou, où l'on trouve, en effet,

la température de la surface d'autant plus froide, et le courant d'autant plus fort, qu'on s'approche plus de la côte. L'effet, toutefois, y est moins sensible qu'ici, parce que ce courant de masse est un courant froid, presque parallèle à la côte, tandis qu'ici c'est un courant chaud presque normal au banc des Aiguilles.

Nous avons vu en effet ici la température baisser successivement de 24 à 16 degrés en passant sur le banc et en nous rapprochant de terre, en même temps que nous voyions le courant acquérir l'énorme vitesse de $87^{mil.},5$ en 24 heures ou $3^{mil.},5$ par heure, c'est-à-dire une vitesse égale à près de deux fois celle de la Seine à Paris dans ses débordements. (C'est le plus fort courant que nous ayons observé dans la campagne.)

Cette énorme vitesse explique parfaitement la mer affreuse que les navigateurs rencontrent dans ces parages, quand les vents soufflent de l'Ouest ou de l'O. S. O.

— La mer a très-visiblement changé de couleur à notre arrivée sur le banc des Aiguilles, dans la matinée de ce jour. Comme nous suivons, à très-peu près, la direction même du courant qui nous emporte avec rapidité, cette variation de teinte ne peut pas être attribuée à une coloration propre de l'eau elle-même; et l'on doit admettre nécessairement que c'est un effet de la couleur du fond lui-même, dont la teinte jaunâtre, transmise à travers la couche d'eau, se mêle à la teinte bleue normale de cette eau, pour lui donner la teinte verdâtre observée.

Cependant l'épaisseur de la couche d'eau est, en ce

point, de plus de 200 mètres; en sorte que cette observation amène à conclure que la lumière solaire peut, à travers cette épaisseur d'eau, éclairer encore assez fortement le fond pour qu'il devienne lui-même visible à travers cette même épaisseur. Ce qui fait en tout un trajet de 400 mètres, que la lumière solaire incidente peut parcourir à travers l'eau, sans que l'extinction qu'elle y éprouve la rende invisible à nos yeux.

Cette conclusion semble d'abord en contradiction avec une expérience de Bouguer sur la rapidité d'extinction de la lumière dans l'eau de mer. Mais, en faisant attention à l'influence considérable que l'étendue d'une surface éclairée exerce sur la visibilité de cette surface, sur la perceptibilité des rayons lumineux émanés des divers points de cette surface, on verra que cette contradiction n'est qu'apparente, et n'existe pas dans le fond. On sait, en effet, qu'une surface très-éclairée, mais de peu d'étendue, regardée à travers un milieu imparfaitement diaphane, peut cesser d'être visible, quand une surface beaucoup moins éclairée, mais beaucoup plus étendue, se voit encore. Dans le premier cas, l'onde lumineuse s'affaiblit beaucoup en s'épanouissant et se propageant latéralement à mesure qu'elle avance, tandis que, dans le second cas, cette déperdition latérale est presque nulle vers le milieu de la surface.

— Dans la soirée, le temps a pris un aspect tout à fait orageux dans le N. O. On distinguait alors parfaitement trois couches de nuages très-rapprochées les unes des autres, et dont l'intermédiaire *marchait en*

sens contraire des deux autres. Celles-ci chassaient du même vent que nous ressentions à bord, de l'E. S. E. Nous n'avons pas eu d'orage cependant.

29 mars 1839. Lat. 34° 18' S. Long. 16° 20' E. Au cap de Bonne-Espérance.

— Nous avons mouillé dans False-Bay, en rade de Simon's-Town, par un vent d'Est très-violent, qui n'a pas permis de communiquer avec la terre pendant les trois premiers jours de notre arrivée.

— J'ai pu, pendant ces trois jours, observer d'assez près la formation de ces nuages parasites qu'on voit si souvent rester comme fixement attachés au sommet des montagnes, tandis que l'air ambiant est lui-même emporté d'un mouvement excessivement rapide. En réalité, le nuage est également entraîné avec la même vitesse; mais, comme il se reforme constamment un nouveau nuage à la même place, au fur et à mesure que le précédent, emporté par le vent, se redissout dans l'air, on croit voir un seul et même nuage fixement attaché au sommet de la montagne, quand on n'aperçoit le phénomène que de loin; tandis que, lorsqu'on se trouve sur le point même où le nuage se forme, on croit que toute l'atmosphère en masse est embrumée.

Cette précipitation constante de vapeur au sommet d'une montagne n'est pas due, comme le pensait John Davi, à une influence frigorifique de ce sommet (quelle source de froid pourrait résister à un dégagement aussi considérable de chaleur latente?); mais elle est due à l'ascension rapide de l'air inférieur le long des flancs de la montagne, et au refroidissement considérable qui est la suite nécessaire de cette ascension forcée.

En effet, une masse d'air qui s'élèverait sans perdre ni gagner de la chaleur, mais qui se dilaterait de manière à être toujours en équilibre de pression avec l'air atmosphérique ambiant, diminuerait nécessairement de température dans cette ascension. On trouve, en effet, en ayant égard à la loi du décroissement de la pression avec la hauteur donnée par la formule barométrique, et à la valeur du coefficient de la chaleur spécifique de l'air sous volume variable, que la diminution de température de la masse d'air devrait être, dans la partie inférieure de l'atmosphère, d'à peu près 1° centigrade pour 71 mètres d'élévation.

Ce serait évidemment là le décroissement initial de la température des couches d'air avec la hauteur, si ces couches n'étaient pas échauffées directement par la chaleur rayonnante du sol ou du soleil. Et comme le décroissement initial de la température est, dans la réalité des choses, moitié moins rapide à peu près, on doit en conclure que cet échauffement direct par rayonnement à réellement lieu; ce qui vient, comme on voit, à l'appui de ce que nous avons dit à la page 135, à l'occasion de l'expérience si curieuse de M. Arago.

Mais il doit falloir un temps assez long pour qu'une masse d'air puisse s'échauffer sensiblement par rayonnement, à cause de la grande diathermansie de ce fluide : par conséquent, si une masse d'air est élevée très-rapidement, elle s'échauffera peu par rayonnement pendant le trajet; et le décroissement de sa température approchera d'autant plus d'être de 1° pour

71 mètres, que la vitesse d'ascension sera plus grande. Le temps est ainsi un élément dont il faut nécessairement tenir compte dans cette question.

Dans le cas actuel, à cause de la violence du vent, la vitesse d'ascension de l'air ne peut pas être estimée à moins de 20 mètres par seconde; et comme les sommets couverts de nuages parasites ont environ 400 mètres de hauteur, on voit que l'air devait être porté du bas de la montagne à son sommet en 20 secondes environ, c'est-à-dire en un temps très-court; d'où il suit que l'air, en s'élevant, devait éprouver très-sensiblement l'abaissement de température de 1° pour 71 mètres d'élévation.

Or, l'air, à 3 heures du soir, était, au niveau de la mer, à la température de 22°,2; son point de rosée était à 17°,5; il suffisait donc qu'il s'élevât à 330 mètres environ de hauteur, pour qu'il acquît la température de son point de rosée, et pour qu'il y eût, par conséquent, précipitation de vapeur et production d'un nuage. La formation de nuages parasites à une si petite hauteur s'explique, comme on voit, très-bien par la rapidité de l'ascension de l'air, due à un vent très-violent.

Dans la nuit, la température de l'air inférieur baissant jusqu'à 17°,8, cet air se trouvait ainsi très-rapproché de son point de rosée; aussi, les nuages parasites descendaient-ils alors si bas, qu'ils couvraient toute la terre et même une partie du fond de la baie où la mer n'avait elle-même qu'une température de 16 à 17 degrés.

Quand, le soir, la température de l'air commençait à baisser, on voyait les nuages parasites s'agrandir par leur partie inférieure, en même temps que leur base s'élargissait.

Au-dessus des sommets isolés, plus bas, qui jusque-là étaient restés découverts, on voyait d'abord se former un petit nuage isolé à 30 mètres au moins d'élévation au-dessus de ce sommet ; puis, à mesure que la température s'abaissait, on voyait ce nuage grossir, s'accroître par en bas en s'élargissant, et finir par toucher le sommet qu'il débordait alors dans tous les sens, comme une tête de champignon. Si, au-dessous du sommet, la montagne présentait une saillie horizontale s'avançant dans le vent, on voyait bientôt le nuage présenter également une saillie dans la même direction, directement au-dessus de la saillie de la montagne qu'elle suivait ainsi à distance sans la toucher.

Quand le nuage, en grandissant toujours par en bas, arrivait sur le flanc des montagnes, et se trouvait, par conséquent, plus à portée de la vue, on voyait très-distinctement le mouvement rapide qui entraînait ses diverses parties, au fur et à mesure qu'elles se formaient.

L'air au-dessous du nuage, et jusqu'à une distance assez grande, était alors brumeux et blanchâtre. Ainsi, la précipitation de la vapeur ne se fait pas d'une manière complétement brusque dans toute la masse, mais, en petite partie du moins, par gradation.

Sous le vent des sommets couverts de nuages parasites, on voyait se détacher de ces nuages de gros flo-

cons qui diminuaient rapidement de volume apparent et disparaissaient bientôt, complétement redissous dans l'air, à la distance d'un mille ou deux du sommet de la montagne. Cette distance, au reste, augmentait à mesure que la température de l'air baissait, et il arrivait bientôt un moment où la terre nous les cachait avant leur dissolution complète dans l'air; et il est à croire qu'ils devaient finir par ne plus se redissoudre du tout. Ces gros flocons de nuages se détachaient du sommet à des intervalles de temps assez réguliers, et non d'une manière continue, ce qui prouve que, sous le vent du sommet de la montagne, le mouvement de l'air n'était pas uniforme, mais intermittent; comme, au reste, cela a généralement lieu sous le vent de tout obstacle qui s'oppose au mouvement de l'air.

Au-dessus des sommets larges et élevés, couverts de nuages parasites, à une hauteur à peu près double de celle du sommet, c'est-à-dire à 600 ou 800 mètres environ de hauteur, il se formait de temps à autre de légers nuages dont l'existence avait généralement peu de durée.

Plus haut, dans la région ordinaire de la couche supérieure des nuages, on voyait quelques légers cirrus.

L'analyse complète et détaillée de toutes les circonstances qui doivent résulter de l'ascension plus ou moins rapide de l'air inférieur, en tenant compte de toutes les causes influentes, si elle était poussée jusqu'aux formules, jusqu'aux nombres, serait un travail certainement très-utile à la météorologie.

— Le phénomène des nuages parasites est très-commun dans la région des vents alizés. Quand les sommets d'une île située dans ces parages atteignent ou dépassent 1000 mètres de hauteur, c'est, pour ainsi dire, par exception que la vue n'en est pas masquée par des nuages parasites.

Au reste, les nuages mêmes des vents alizés, malgré leur mobilité et leur aspect extérieur, si différent de celui des nuages parasites, me paraissent avoir une grande analogie de formation avec ces derniers. C'est bien certainement au mouvement ascendant de l'air inférieur échauffé, et saturé de vapeur au contact de la mer, et au refroidissement qui est la suite de cette ascension, qu'est due la formation des nuages de la couche inférieure entre les tropiques. On les voit, en effet, disparaître très-souvent à l'entrée de la nuit, quand le mouvement ascendant de l'air se ralentit ou cesse tout à fait, pour reparaître le lendemain, quand le soleil a pris un peu de force et que le mouvement ascendant de l'air s'est rétabli.

Mais ici le mouvement ascendant de l'air n'est plus dû à la force impulsive du vent lui-même ; ce n'est pas un obstacle, un plan incliné qui fait changer la direction horizontale du vent en une direction plus ou moins rapprochée de la verticale, et qui fait ainsi parvenir cet air, avec plus ou moins de rapidité, à une hauteur plus ou moins grande, suivant la vitesse du vent et la hauteur de l'obstacle. C'est un mouvement ascendant, comparativement très-lent, qui s'établit dans la masse d'air elle-même par suite de l'accrois-

sement de température et d'humidité qu'éprouvent les couches inférieures; et ce mouvement ascendant n'altère d'ailleurs en rien le mouvement de transport horizontal de cette même masse d'air.

Ce mouvement ascendant, dont la rapidité varie si considérablement du jour à la nuit, ne peut affecter *également* toutes les parties de la masse d'air intertropicale soumise au même instant à l'action calorifique du soleil. Il ne peut même affecter *également* toutes les parties de la masse d'air située au-dessus d'un même horizon; car ce serait là un cas d'équilibre instable qui ne peut subsister dans la réalité des choses. Et il n'existe pas en effet, comme le prouve avec évidence la distribution des nuages tropicaux en groupes isolés dans les calmes, et en longues lignes parallèles et isolées dans les vents alizés. Car il est évident que, si toutes les parties de la masse d'air s'élevaient en même temps, le ciel devrait être uniformément couvert d'un voile nuageux plus ou moins dense, plus ou moins épais, sans aucune éclaircie; ce qui n'est pas.

Ainsi donc, il doit se former, et il se forme en effet, dans la masse d'air échauffée, des courants ascendants plus énergiques en certains points que dans les points voisins. Mais ces courants ascendants plus énergiques ne peuvent subsister sans qu'il s'établisse aussitôt dans leur voisinage des courants latéraux et même des courants descendants (comme il s'en établit naturellement dans une cheminée trop large), dont l'air vienne constamment remplacer celui qui s'élève.

Il se fait, il est vrai, des pôles vers l'équateur, un

transport d'air froid qui vient remplacer l'air chaud qui s'élève des régions tropicales; mais c'est là un effet moyen, permanent, à peu près invariable : cet air froid vient remplacer l'air chaud qui s'élève continuellement des régions tropicales, de nuit comme de jour, et pendant toute l'année; ou plutôt c'est la pression latérale de cet air constamment plus froid et plus pesant qui fait élever l'air constamment plus chaud et plus léger des régions tropicales. Et il est tout à fait impossible d'admettre que les variations journalières, locales et quelquefois instantanées, de température, qui ont lieu entre les tropiques, et qui produisent les courants ascendants partiels plus énergiques, se traduisent immédiatement en une variation correspondante du courant polaire dans toute l'étendue de ce courant depuis l'équateur jusqu'aux pôles. Le remplacement de l'air, élevé par ces courants ascendants partiels plus énergiques, ne peut se faire que par des courants descendants également partiels, et qui s'établissent naturellement dans la masse d'air échauffée, à côté des courants ascendants.

C'est cette division de la masse d'air échauffée des régions tropicales en colonnes de courants ascendants et descendants, qui est, si je ne me trompe, la cause véritable de la distribution si remarquable des nuages dans ces régions : un nuage répondant toujours à une colonne d'air ascendante, et une éclaircie une colonne d'air descendante.

Mais il reste à expliquer pourquoi les nuages et les éclaircies, c'est-à-dire les courants ascendants et des-

cendants, sont disposés en longues lignes alternantes parallèles au vent (quand il y a du vent), au lieu d'être irrégulièrement, mais uniformément distribués, comme dans les calmes. Cette disposition paraît d'autant plus étonnante, qu'on sait que les vents alizés sont seulement des vents apparents, du moins en grande partie, puisque c'est le mouvement de rotation de la terre, plus rapide que celui de l'air, qui donne lieu à cette apparence de vent. On se trouve ainsi conduit à rechercher la cause de cette disposition des nuages dans une action diverse de la surface de la mer sur l'atmosphère, quoique cette surface se présente partout si semblable à elle-même.

On peut toutefois donner une explication assez plausible de cette disposition des nuages tropicaux. Supposons, en effet, un premier nuage formé comme dans le calme : ce nuage est entraîné par le vent apparent; et tous les points de la surface de la mer situés sur une ligne parallèle au vent, et au-dessus desquels il passe, se trouvant pour quelques instants abrités du rayonnement vers le zénith, tandis qu'ils reçoivent la même quantité de chaleur que les autres points de cette surface, doivent s'échauffer un peu plus que ceux-ci. Or, si l'on fait attention que l'atmosphère se trouve alors dans un état d'équilibre instable, on verra qu'il n'en faut pas davantage pour que le courant ascendant s'établisse plutôt au-dessus de ces points-là qu'au-dessus des autres; et comme, une fois formé, ce courant tend de lui-même à se renforcer et à se perpétuer sur les mêmes points, il devra en résulter une

bande de nuages dont la direction sera parallèle à la direction apparente du vent.

L'ombre du nuage produisant un effet contraire sur les points de la surface de la mer qu'elle parcourt et qu'elle abrite des rayons solaires, détermine sans doute au-dessus de ces points la formation d'un courant descendant, et par suite une éclaircie dont la direction sera encore parallèle à la direction apparente du vent.

On voit donc qu'il suffit de quelques nuages primitifs isolés, comme ceux qui se forment dans l'air calme, pour donner naissance à des bandes alternativement nuageuses et claires, parallèles à la direction du vent, telles qu'on les observe en effet.

Si l'explication précédente est exacte, on devra trouver la température de l'air un peu plus faible immédiatement au-dessous les éclaircies que sous les nuages eux-mêmes. Cette observation sera toutefois très-délicate à faire; car, d'un côté, cette différence est sans doute bien petite, et, de l'autre, il est bien difficile, comme on sait, d'avoir avec beaucoup d'exactitude la véritable température de l'air.

—Le 10 avril, dans la soirée, en rade de Simon's-Town, la mer a présenté une phosphorescence extraordinaire des plus vives. Dans les points où cette phosphorescence était la plus grande, l'eau, à la surface, était très-fortement colorée en rouge de sang, et elle contenait une quantité si considérable de petits globules, qu'elle en était devenue comme sirupeuse.

Un seau d'eau puisée en un de ces points, ayant

été filtrée à travers un linge, a laissé sur le filtre un volume de ces globules plus grand que celui de l'eau passée à travers le filtre. Ainsi, ces globules formaient plus de la moitié du volume total.

Ces globules présentaient à la loupe l'aspect de petites vessies gonflées, transparentes, ayant à la surface un point noir entouré de stries rayonnantes également noires. Ils avaient une odeur de marée très-sensible (c'était probablement du frai de poisson).

Ces globules, ainsi isolés de l'eau, étaient éminemment phosphorescents; la moindre agitation, le moindre contact leur faisait jeter une vive lumière verdâtre, tandis que l'eau filtrée avait complétement perdu la propriété de devenir phosphorescente par l'agitation. Pressée légèrement dans la main, cette masse de globules faisait entendre un léger craquement, comme la neige que l'on comprime entre les doigts.

Après un séjour de douze heures dans un vase, cette masse répandit une odeur épouvantable de poisson pourri, *et n'était plus alors phosphorescente,* contrairement à ce qui arrive généralement aux matières organiques, qui ne deviennent guère phosphorescentes qu'au moment de leur putréfaction.

Cette matière, poussée à la côte par le vent et par la lame, brillait, la nuit, d'un éclat si considérable au moment où la lame se brisait sur le rivage, que la clarté jetée dans la chambre que nous occupions à terre, dans la maison de M. Bull, simulait parfaitement l'effet d'un éclair. Quoique placé à plus de 50 mètres des brisants, j'ai essayé de lire à cette clarté ; mais les

éclats étaient de trop courte durée, et je n'ai pas pu y réussir.

La plus grande partie de cette matière a été jetée à la côte, où elle s'est pourrie en répandant au loin une très-mauvaise odeur; et les quatre-vingt-dix-neuf centièmes au moins de cette immense génération de poisson s'est trouvée ainsi détruite avant l'éclosion.

— Nous sommes partis du cap de Bonne-Espérance pour Sainte-Hélène le 21 avril.

1er mai 1839. Lat. 25° 40' S. Long. 5° 39' E.

Nous avons eu dans cette journée l'occasion favorable, qui ne s'était pas encore présentée, de déterminer l'influence de la pression de l'eau sur les indications de notre thermométrographe. Nous avons pu, en effet, faire dans le même lieu (à 130 lieues de la côte d'Afrique), et à la suite l'une de l'autre, deux observations de températures sous-marines à la profondeur de 1620 mètres (1000 brasses). Dans la première, l'instrument a été mis complétement à l'abri de la pression de l'eau; tandis que dans la seconde, au contraire, l'instrument était soumis directement à cette pression. (L'expérience nous avait appris qu'il pouvait supporter, sans danger de rupture, cette pression considérable de 162 atmosphères.)

Dans la première observation le thermométrographe a marqué 3°,0, dans la seconde 4°,7. En sorte que, par l'effet de la pression de ces 162 atmosphères sur la boule du thermométrographe, il y a eu augmentation apparente de 1°,7 dans la température. C'est, à très-peu près, un centième de degré par atmosphère.

Cet effet est considérable, et prouve que la boule du

thermométrographe ne se contractait pas seulement comme le ferait une masse solide de verre sous l'action de la même pression, mais qu'il y avait en outre déformation sensible de la boule.

On trouve, en effet, d'après le coefficient connu de la compressibilité du verre, que l'accroissement apparent de température aurait dû être seulement de 0°,65, s'il n'y avait pas eu déformation; en sorte que 1°,05 doivent être attribués à la déformation de la boule.

On conçoit facilement que cette déformation puisse avoir lieu sans qu'il y ait rupture; car il suffit pour cela que la boule (le cylindre) s'aplatisse dans les parties les plus fortes, et se bombe au contraire dans les parties les plus faibles; puisque en augmentant de courbure, ces parties faibles deviennent susceptibles d'une résistance de plus en plus grande à la pression extérieure. Si la déformation se faisait, au contraire, dans un sens opposé, si la boule s'aplatissait dans les parties faibles et se bombait dans les parties fortes, la rupture serait inévitable; car les parties faibles, devenant de moins en moins résistantes à mesure que leur rayon de courbure augmente, finiraient évidemment par être rompues.

La boule du thermométrographe reprenant toujours son volume primitif, ainsi que cela résulte des comparaisons faites de cet instrument avec le thermomètre étalon, on doit admettre que la limite d'élasticité du verre n'a pas été dépassée; et, par suite, on est autorisé à employer le coefficient $\frac{1^{\circ},7}{162} = 0,01$ par atmo-

sphère, pour corriger les indications de cet instrument, dans les cas très-nombreux où la pression de l'eau a pu agir sur lui. Et c'est aussi ce que nous avons fait.

Ce coefficient ne convient évidemment qu'à l'instrument sur lequel nous avons opéré, et ne pourrait en aucune manière être appliqué à un autre.

— Dans ces deux sondes, la ligne étant restée parfaitement à pic, malgré que le bâtiment fût, d'après l'estime, porté vers le N.N.O. avec une vitesse d'un demi-mille à l'heure environ, on doit conclure que le courant froid qui longe la côte occidentale d'Afrique est un courant de masse, comme le courant froid qui longe la côte occidentale d'Amérique au Chili et au Pérou.

8 mai 1859. Lat. 15° 54′ S. Long. 8° 05′ O. Nous sommes arrivés dans la journée à l'île de Sainte-Hélène, et nous en sommes repartis le 10 mai pour l'île de l'Ascension, où nous sommes arrivés le 15. Dès le lendemain, nous nous remettions en route pour la France.

21 mai 1859. Lat. 0° 09′ N. Long. 26° 46′ O. Dans la soirée, la lune, se trouvant très-rapprochée du zénith, donnait lieu à la formation d'un halos très-vif, dont le diamètre a été trouvé de 44° 30′. Ce halos était formé dans les nuages de la couche supérieure. Ces nuages, d'après la théorie, devaient être formés de neige, et par conséquent être à une température plus basse que 0°; et il eût été curieux, vu notre position sous l'équateur, d'en connaître la hauteur. Mais, malheureusement, aucune des méthodes connues pour la détermination de la hauteur des nuages n'était applicable dans ce cas-ci. Les nuages de la couche inférieure, qui chassaient de l'E. S. E. comme le vent ré-

gnant, éclipsaient le halos, quand ils passaient dans sa direction. J'ai oublié de noter la direction du mouvement de la couche supérieure. Cette donnée eût été cependant très-précieuse dans ce cas, vu notre position.

—Dans un grain qui a duré 20 minutes, et qui a été comparé aux grains les plus forts des régions tropicales, il est tombé 29 millimètres d'eau. C'est là, en effet, un chiffre considérable.

23 mai 1839. Lat. 4° 05' N. Long. 28° 12' O.

— La même saute de vent de 90° que nous avions remarquée dans ce même parage, lors de notre traversée de Ténériffe à Rio-Janeiro le 20 janvier 1837, et que nous avons attribuée à la configuration de la côte d'Afrique, quoique nous en soyons à plus de 230 lieues, s'est également fait sentir dans cette traversée. Le vent est en effet passé de l'Est 30° Sud à l'Est 60° Nord, à la suite de quelques calmes accompagnés de grains.

—A midi, le soleil étant à moins d'un degré du zénith, la brise faible (nous filons 3 nœuds au plus près), le ciel sans nuages apparents, mais présentant toutefois l'aspect blanchâtre qu'il a généralement en mer entre les tropiques, on a obtenu les résultats suivants :

1er juin 1839. Lat. 21° 22' N. Long. 41° 15' O.

Température de l'air à l'ombre.	25°,4.
Température de l'eau.	24°,6.
Thermomètre à mercure, à boule ordinaire de cristal, exposé au soleil et à l'air.	36°,9.
Idem idem placé dans un étui en verre, fermé.	45°,7.
Idem idem placé dans le même étui, ouvert.	45°,7.

Le thermomètre était placé horizontalement sur une corde lovée, de manière que la boule ne touchât à rien.

Le ciel étant devenu sensiblement plus blanchâtre dans la direction du soleil, le thermomètre placé dans l'étui en verre est descendu à 43°,7. Peu d'instants après, il s'est formé dans l'atmosphère un grand nombre de petits nuages de la couche inférieure.

L'étui en verre dans lequel était enfermé le thermomètre se couvrait promptement à l'intérieur, mais dans la partie supérieure seulement, de goutelettes d'eau, fournies, sans aucun doute, par l'échelle en ivoire du thermomètre. En retournant cet étui, de manière à mettre en dessous cette partie couverte de rosée, le thermomètre baissait de 0°,7.

— Dans la nuit du 1^er^ au 2 juin, nous sommes entrés dans la mer de varec (raisins du tropique). Cette entrée a coïncidé avec une augmentation sensible de la température moyenne de la mer (1° environ), et cette augmentation s'est maintenue jusqu'au 10 juin, (31° 36′ N., 43° 23′ O.), époque vers laquelle nous avons cessé de voir des varecs.

Cette augmentation de température ne peut guère être attribuée qu'à une influence du Gulph-Stream. Car, si d'un côté les varecs, en favorisant l'absorption de la chaleur solaire, tendent à faire croître la température de l'eau pendant le jour, d'un autre côté, en favorisant le rayonnement nocturne, ils tendent à la faire baisser pendant la nuit, en sorte qu'il est assez difficile de dire *a priori* dans quel sens doit se faire

sentir l'influence définitive du varec sur la température moyenne de l'eau.

Les varecs sont disposés en longues lignes parallèles entre elles et parallèles à la direction du vent qui ne varie que de l'E. 11°. N. à l'E. 22°. N. Ces lignes présentent ainsi leur moindre surface à l'action du vent et des lames, toujours peu considérables dans ces parages. Cette disposition, contraire à celle que prennent toujours des corps flottants de longue dimension, tient à la flexibilité de ces lignes, et au défaut de cohérence des diverses parties qui les composent. En effet, une pièce rigide d'une grande étendue longitudinale se place toujours en travers à la lame, et par conséquent perpendiculairement à la direction du vent, de telle manière que ses deux extrémités soient frappées à peu près en même temps par la lame. Cela tient à ce que le choc sur l'extrémité qui la reçoit la première fait tourner la pièce entière autour d'un axe vertical passant par son centre de gravité, jusqu'à ce que les deux extrémités soient frappées en même temps. Or, cet effet, qui exige rigidité et cohérence dans la pièce, ne peut se produire sur ces lignes de varecs flexibles et sans cohésion ; et celles-ci doivent s'éviter debout à la lame et au vent, comme le fait un bâtiment mouillé sur une ancre flottante.

On a pêché une grande quantité de ces varecs, et tous ont été trouvés sans racines. Toutes ces plantes cependant sont vivantes, et la végétation y est même assez active, à en juger par la grande quantité et la longueur des jeunes pousses. Elles sont chargées de fruits

ronds, vésiculaires, à parois épaisses, remplis de gaz qui ne contribuent pas peu, sans doute, à les faire flotter. Elles ont l'aspect étiolé, leur couleur est d'un vert jaune pâle; tandis que, dans leur état naturel, elles sont d'un vert très-foncé, comme la plupart des plantes marines.

Cet étiolement, malgré une végétation active sous un soleil direct aussi ardent, paraît d'abord extraordinaire. Mais M. Léclancher me semble en avoir assigné la véritable cause, en l'attribuant au défaut du renouvellement de l'eau autour de la plante. En effet, ici, la plante, suivant tous les mouvements de l'eau qui l'entoure, est à peu près constamment en contact avec les mêmes particules, tandis que, dans l'état naturel, ces plantes, fixées sur des rochers peu profonds ou au milieu des brisants, vivent dans une eau sans cesse renouvelée, sans cesse agitée, sans cesse aérée.

C'est un fait de physiologie végétale assez curieux, ce me semble, que ces plantes végétant ainsi activement et fructifiant même sans cependant pousser des racines. Il faut croire que l'absorption se fait ici par tous les pores de la surface de la plante. C'est, au reste, ce qui paraît avoir lieu dans un grand nombre de plantes marines dont les racines semblent servir uniquement de point d'attache sur les rochers, et peu ou point d'organes d'absorption. Que pourraient-elles, en effet, puiser sur le rocher à la surface duquel elles adhèrent? Et leur nourriture ne se trouve-t-elle pas tout entière dans le milieu même qui les entoure de toute part?

Les tiges de quelques-uns de ces varecs sont mortes et de couleur brune, dans une étendue de 0m,20, et même plus, tandis que, pour quelques autres, elles ne le sont que dans une étendue de 0m,01. Cela tiendrait-il à la différence d'ancienneté de ces plantes, et pourrait-on en déduire leur âge?

On trouve ces varecs à l'état naturel sur les roches des îles du Cap-Vert et des Antilles. On les trouve aussi en très-grande quantité sur les bancs de roche du Golfe du Mexique. Dans ces derniers parages, elles paraissent servir de pâture aux très-nombreuses tortues de mer qui habitent ce golfe; et il serait fort possible, comme l'a fait observer M. Bérard, que les ravages commis par ces nombreux animaux dans ces prairies sous-marines fussent la principale cause de la formation de la mer de varec.

D'après cette manière de voir, les varecs seraient apportés là par le gulph-stream, qui, en effet, en charrie constamment; et, comme ils ont la propriété de vivre et de végéter longtemps ainsi séparés de leurs tiges, ils s'accumuleraient et formeraient à la longue cette masse considérable qui constitue la mer de varec.

L'augmentation sensible de température que nous avons trouvée dans l'eau de la mer viendrait à l'appui de cette opinion sur l'origine des varecs.

M. Léclancher m'a assuré avoir pêché à la mer, dans un précédent voyage, un de ces varecs ayant des racines fixées sur un cul de bouteille, qui flottait ainsi soutenu par la plante elle-même.

7 juin 1859.
Lat. 28° 15' N.
Long. 46° 31' O.

— Nous avions filé 3400 mètres de ligne, avec un thermométrographe au bout, pour avoir la température à une grande profondeur dans l'océan Atlantique; mais la brise s'étant un peu élevée pendant l'opération, l'une des cordes supérieures a cassé, et l'instrument a été perdu avec 2760 mètres de ligne.

Si quelque jour les générations futures viennent, par suite de nouvelles révolutions du globe, à trouver cet instrument dans la couche géologique actuellement en formation au fond de l'Océan, elles pourront peut-être y lire encore le maximum et le minimum de la température à laquelle il aura été soumis dans l'intervalle.

21 juin 1859.
Lat. 44° 05' N.
Long. 18° 16' O.

— La mer paraît avoir changé un peu de couleur. Nous sommes cependant encore à plus de 100 lieues de terre, dans l'ouest du cap Finistère des côtes d'Espagne.

24 juin 1859.
Lat. 48° 09' N.
Long. 7° 19' O.
Arrivée à Brest.

— Dès le jour levant, on s'aperçoit d'un changement manifeste dans la couleur de l'eau. A midi, nous distinguons bien la terre si désirée de France; et entre 5 et 6 heures du soir, nous mouillons en rade de Brest, après une absence de 907 jours (30 mois), pendant lesquels nous avions parcouru 29000 lieues de poste.

Notre thermomètre étalon, comparé, à la température ordinaire, à celui de M. Guéprate, à l'observatoire de la marine, s'est trouvé s'accorder parfaitement bien avec lui.

DEUXIÈME PARTIE.

RÉVISION

ET CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Dans la récapitulation raisonnée que nous allons faire des travaux scientifiques dus aux observateurs de la *Vénus*, nous suivrons l'ordre adopté dans le volume précédent, pour l'inscription des tableaux qui renferment les résultats divers déduits de leurs observations, et nous supposerons que le lecteur a sous les yeux ces tableaux, qui lui sont absolument indispensables pour l'intelligence de la plus grande partie du texte.

MONTRES MARINES.

(*Voir le volume précédent, pag.* 1 *à* 58.)

Nous avons peu de chose à ajouter aux excellentes observations présentées par M. J. Lefebvre, dans son mémoire relatif aux montres embarquées à bord de la *Vénus*, montres dont M. Lefebvre avait lui-

même suivi la marche pendant toute la campagne, avec tout le soin, toute l'attention, tout le savoir qu'il était possible de désirer.

Je dirai cependant quelques mots sur le mode d'installation des montres à bord des grands bâtiments de l'Etat, pour en faire ressortir mieux, s'il est possible, tous les vices ; car c'est, on n'en peut douter, à cette mauvaise installation que nous devons la perte de deux de nos montres (nos 75 et 9) et l'irrégularité de la marche des autres.

A bord de la *Vénus*, les boîtes contenant les montres étaient placées à nu sur des billots en chêne fixés debout sur le plancher du faux-pont, et le tout etait abrité par une cloison en planche formant caisse et ne s'ouvrant que par en haut. Il résultait de là que tout choc, toute commotion, toute vibration communiqués au faux-pont ou même aux murailles du bâtiment avec lesquelles le faux-pont est en contact immédiat, était transmis aux montres directement et sans affaiblissement sensible par les billots de chêne qui les supportaient. Et cependant tout le monde sait combien les chocs, les commotions, les vibrations, sont nuisibles à la marche régulière des montres et même à l'intégrité de leur mécanisme. Pour éviter, autant que possible, ces effets nuisibles, il faudrait évidemment remplacer les billots en chêne par de bons matelas d'étoupe; et de plus, les montres devraient être entourées, sur les côtés et par-dessus, de bons coussins d'étoupe ou de crin, pour amortir, autant que possible, les commotions qui leur sont transmises

directement par l'air, lors des décharges de l'artillerie. Mais ce n'est pas tout : il résulte du mode d'installation adopté, que l'air enfermé dans la caisse qui contenait les montres, ne se renouvelant que très-difficilement, se trouvait habituellement chargé d'humidité, et en outre d'acide sulfhydrique (hydrogène sulfuré) et d'autres gaz encore. Or, par suite des variations de la température et de la pression atmosphérique, cet air pénétrait continuellement dans l'intérieur des montres, et devait à la longue agir d'une manière destructive sur le fer, le cuivre et l'huile qui entrent dans le mécanisme de ces machines délicates. Pour éviter cette cause majeure de détérioration, il faudrait que l'armoire des montres pût être facilement aérée, et qu'en outre, les montres fussent maintenues, autant que possible, à une température constante ou du moins très-peu variable. Ce dernier résultat, très-important sous un autre rapport, a déjà été obtenu dans diverses expéditions scientifiques, et notamment dans l'expédition hydrographique de M. Roussin sur les côtes du Brésil; il n'exige qu'une veilleuse et quelques kilogrammes d'huile à brûler, et pourrait, par conséquent, être obtenu sans dépense considérable sur tous les bâtiments. Pour arriver promptement à ce résultat désirable, chaque montre livrée par les horlogers de la marine devrait être munie du petit appareil de chauffage nécessaire pour la maintenir à la température constante d'environ 30 degrés centigrades, ce qui est à peu près le maximum des températures auxquelles les montres soient soumises en mer. Cela n'ajouterait presque rien

au prix élevé de la montre, et cela en assurerait la régularité de marche et la conservation : résultat précieux, qui contribuerait sans doute à rendre l'usage des montres plus général.

Outre les montres marines, destinées à donner l'heure de Paris, il faudrait que les bâtiments de l'Etat fussent encore munis d'une montre à secondes assez bonne pour pouvoir servir aux observations; de manière que les montres marines ne fussent jamais bougées de la place qui leur est assignée ; car le transport fréquent de ces instruments doit évidemment nuire à la régularité de leur marche et à leur conservation.

Dans quelques montres marines anglaises, le ressort est assez développé pour que la montre puisse aller deux jours et demi, 60 heures, sans qu'elle s'arrête, et en outre, un cadran particulier indique depuis combien de temps elle n'a pas été remontée. Cette disposition me paraît très-bien entendue, et mérite, ce me semble, d'être adoptée ; car il en résulte que, si, par malheur, on a oublié un jour de remonter la montre, on n'est pas pour cela absolument privé de son secours pendant tout le reste de la traversée ; on est seulement averti qu'à partir de ce jour, l'état et la marche de la montre peuvent avoir *un peu* changé.

Si, malgré toutes les précautions qu'on prend à bord des bâtiments de l'Etat, pour qu'on ne puisse pas oublier de monter les montres, ce malheur arrive encore quelquefois, il doit être bien plus fréquent à bord des bâtiments marchands, où les besoins d'un service très-actif absorbent souvent toute l'attention

d'un équipage toujours très-peu nombreux; et c'est surtout pour ces bâtiments que la disposition indiquée me paraît heureuse.

Une autre disposition, qui est seulement commode, consiste à avoir des doubles cadrans pour les heures et pour les minutes. Ces seconds cadrans sont extérieurs et concentriques aux cadrans ordinaires, autour desquels ils peuvent tourner à frottement doux. Au moyen d'un mécanisme simple extérieur, on les fait tourner et on les fixe dans une position telle, que les aiguilles marquent sur ces cadrans l'heure et la minute des lieux où l'on se trouve, en même temps qu'elles donnent l'heure de Paris sur les cadrans ordinaires. On évite ainsi un petit calcul de réduction qui peut quelquefois devenir fastidieux à force d'être répété.

ITINÉRAIRE DE LA VÉNUS.

(*Voir le volume précédent, pag.* 59 *à* 83.)

Nous n'avons rien à dire à ce sujet, sinon que M. Lefebvre, qui a rédigé cet itinéraire, a mis dans ce travail, comme dans tout ce qu'il fait, tout le soin, toute l'attention, tout le scrupule qu'on peut désirer, et qu'il mérite, par conséquent, la plus entière confiance.

Quant à la route même suivie par la *Vénus*, uniquement déterminée par les exigences de la politique

et du commerce, nous n'avons pas à en discuter ici le mérite scientifique, et son tracé est déjà assez connu du lecteur, par la carte insérée dans le volume précédent et par ce que nous en avons dit dans la première partie de ce volume, pour que nous n'ayons pas à y revenir ici.

TABLEAU DES POSITIONS DE LA FRÉGATE, POUR SERVIR A LA CONSTRUCTION DES CARTES.

(*Voir le volume précédent, pag.* 85 *à* 121.)

Je ferai remarquer, à l'occasion de ces tableaux, que les positions qu'ils renferment étant le résultat immédiat des données des observations de M. le commandant Du Petit-Thouars et de M. Lefebvre, sont, par conséquent, affectées des erreurs qui proviennent de l'estime de la route, et que, par suite, elles peuvent différer un peu des positions définitivement adoptées pour la construction des cartes; parce que, dans ces dernières, les erreurs sont en partie corrigées, et qu'en outre, il a fallu déplacer un peu les premières positions pour les faire accorder le mieux possible avec les divers relèvements faits sur les objets terrestres.

Ces déplacements sont loin d'être arbitraires, et pourraient même être calculés comme nous l'avons dit précédemment, page 239. Et lorsqu'on opère

graphiquement et par tâtonnement, comme nous l'avons fait, on a, pour se guider dans ces changements de position, cette remarque importante dans la pratique : *que les déplacements doivent, en général, être bien plus petits dans la direction de l'astre observé que dans la direction perpendiculaire*. En effet, les déplacements dans la direction de l'astre ne proviennent que des erreurs commises dans les mesures des hauteurs angulaires, et ne peuvent guère dépasser deux ou trois minutes, tandis que les déplacements dans le sens perpendiculaire, provenant des erreurs de l'estime, peuvent s'élever à 12 et 15 minutes, et produisent généralement dans les résultats des erreurs encore plus considérables qu'elles-mêmes; en sorte que les déplacements dans le sens perpendiculaire peuvent être jusqu'à 15 fois plus grands que les déplacements dans la direction de l'astre.

On voit ainsi combien il est important dans la pratique de faire relever au compas l'astre observé pour en conclure immédiatement, sans calcul, la direction dans laquelle on doit déplacer principalement les positions calculées, pour avoir les positions définitives. On pourrait, à la vérité, calculer l'azimuth de l'astre observé d'après la hauteur mesurée : ce serait même plus exact qu'un simple relèvement au compas; mais ce serait plus long et sans avantage réel dans la pratique, à laquelle un à peu près suffit.

LONGITUDES DÉTERMINÉES PAR DES DISTANCES LUNAIRES.

(*Voir le volume précédent*, *pag.* 133 *à* 135.)

L'illustre rapporteur de la commission de l'Académie, M. Arago, a parfaitement fait ressortir la supériorité des distances lunaires sur les montres marines pour la détermination des longitudes après une longue traversée. Il est évident, en effet, que l'erreur des montres, croissant indéfiniment avec le temps, doit nécessairement finir par atteindre et dépasser l'erreur limitée dont la méthode des distances lunaires est susceptible. Mais, comme cette dernière méthode est bien évidemment inférieure à l'autre dans les courtes traversées, ces deux modes de détermination des longitudes sont aujourd'hui également indispensables à la navigation, qui ne pourrait que perdre à l'adoption exclusive de l'une ou de l'autre.

Il reste encore beaucoup à faire pour rendre la méthode des distances lunaires d'un emploi usuel et facile à la mer; car les mouvements des bâtiments, joints aux positions excessivement gênantes qu'on est obligé de prendre dans l'observation, rendent la mesure des angles très-difficile et peu certaine; et cette mesure est même à peu près impraticable la nuit. Aujourd'hui que l'art de diviser des instruments et de fabriquer les miroirs et les verres colorés est arrivé à un aussi

haut degré de perfection, il y aurait avantage, je crois, à ne pas croiser les angles par le renversement de l'instrument, et à se borner à répéter la mesure de l'angle simple un grand nombre de fois. Et le petit mécanisme additionnel que j'ai proposé d'adapter aux instruments à réflexion (page 159) me semble éminemment propre à faciliter cette mesure, même de nuit.

Les mouvements du navire faisant à chaque instant sortir les astres du champ de la lunette et du plan de l'instrument, on perd beaucoup de temps pour les retrouver ; et c'est là, dans la position gênante où sont les bras, la principale cause de la fatigue que font éprouver les observations des distances lunaires. Il ne serait peut-être pas impossible d'arriver, par un système bien combiné de miroirs convexes, à accroître tellement le champ de l'instrument (tout en conservant le grossissement ordinaire dans le centre de la lunette), que les astres ne cessassent jamais d'être aperçus, malgré les divers mouvements que la mer imprime à l'instrument. Ce serait là, je crois, une innovation heureuse qui faciliterait extraordinairement la mesure des distances lunaires.

Le *Nautical-Almanach*, en publiant les positions de la lune et les distances lunaires d'heure en heure, donne un bon exemple qui mériterait d'être suivi : car, quoique le calcul des observations ne soit pas réellement bien long, tout ce qui peut tendre à l'abréger encore est précieux. Ce même recueil contient, sur les occultations et les culminations lunaires, des

données très-précieuses pour les navigateurs hydrographes, données qu'il serait à désirer qu'on trouvât également dans la Connaissance des Temps.

CARTES ET PLANS.

(*Voir le volume précédent, pag.* 136 *à* 137.)

Dans le lever et la construction des cartes et plans, nous avons suivi, d'aussi près que cela nous a été possible, les méthodes adoptées par M. Beautemps-Beaupré et les ingénieurs hydrographes pour les reconnaissances des côtes de France. N'ayant pas eu, à beaucoup près, les mêmes ressources à notre disposition, nous ne pouvons prétendre au même degré d'exactitude ; cependant, nous croyons pouvoir offrir avec confiance notre travail aux marins, en les prévenant toutefois que, vers les limites extrêmes de ces cartes et plans, la navigation demande plus de circonspection de leur part, vu que généralement le travail des sondes ne s'étend pas aussi loin.

Les plans résultent d'un travail fait à terre; les cartes ont pour base la route de la frégate, rectifiée par de nombreuses observations astronomiques, par de nombreux relèvements d'objets terrestres, et par plus de quatre cents vues de côtes. Nous devons ajouter que ces documents hydrographiques sont les résultats des seuls travaux exécutés à bord de la *Vénus*.

M. le commandant Du Petit-Thouars s'étant chargé de faire, dans la *Relation historique* de la campagne, la description hydrographique des côtes que nous avons parcourues, nous n'avons pas à nous en occuper ici.

TABLE DES POSITIONS GÉOGRAPHIQUES.

(*Voir le volume précédent, pag.* 138 *à* 140.)

Ces positions résultent d'observations faites sur les lieux mêmes, ou sont déduites de la construction des cartes et des plans. Quoique la montre n° 76, qui a servi à tracer la route de la frégate, n'ait pas eu une marche parfaitement régulière, nous croyons cependant que les longitudes qu'elle a données doivent présenter en général une exactitude assez satisfaisante, à cause du soin qu'a eu M. Lefebvre de rectifier son état et de déterminer sa marche aussi souvent que cela a été possible et de l'attention qu'il a eue de tenir toujours compte de la marche au point de départ et au point d'arrivée.

En partant d'un lieu de relâche où les montres avaient été réglées, c'est toujours la longitude donnée pour ce lieu par la Connaissance des Temps de 1842 qui a été adoptée comme point de départ.

Aucune découverte de terres ou d'îles n'ayant signalé le voyage de la *Vénus*, on ne trouvera dans cette table aucune position nouvelle. On n'y trouvera

même aucune rectification importante, car les différences entre ces positions et les anciennes sont généralement très-petites.

On peut voir dans la *Relation historique* les recherches infructueuses faites par M. Du Petit-Thouars pour retrouver l'île *Christian* dans l'O. S. O. du cap Horn ; l'île *Saint-Paul* dans la traversée du Callao de Lima aux îles Sandwich ; l'écueil *Krusenstern*, les îles *Pilstaert*, *Patrocinio* et *Crespo*, dans la traversée des îles Sandwich au Kamtschatka ; les îles *Numiwak* et *Saavaty* dans la traversée de Kamtschatka à Monterey ; une *île sans nom* dans la traversée de Montérey à la baie de la Madeleine ; l'île *Shelvoek* dans la traversée de la baie de la Madeleine à Mazatlan ; la roche *l'Hercule* dans la traversée du Callao à Payta, une *roche sans nom* à l'Est des îles Marquises ; l'île *Tiburones* dans la traversée des îles Marquises à Taïti ; et enfin les îles *Roxburg* et *Armstrong* dans la traversée de Taïti à la Nouvelle-Zélande.

HAUTEURS DES TERRES.

(*Voir le volume précédent*, *pag.* 141 *à* 164.)

Quoique les erreurs dans la détermination de la hauteur des terres par des observations faites à la mer puissent s'élever au 20^{me} et même au 15^{me} de la hauteur vraie, nous avons cru devoir nous livrer à cette dé-

termination, et nous croyons devoir la recommander aux navigateurs. Car ces nombres, tout imparfaits qu'ils sont, remplacent avec un immense avantage les expressions vagues de terres basses, de terres élevées, etc., dont on se sert ordinairement pour donner l'idée du relief du terrain.

L'accord assez satisfaisant que nous trouvons entre nos résultats et ceux que le savant capitaine Beechey a obtenus pour les beaux cônes du Kamtschatka, prouve que, malgré les nombreuses causes d'erreur dont ces déterminations sont susceptibles, deux observateurs différents parviennent encore à des résultats assez concordants, ainsi qu'on peut en juger par le tableau suivant :

	D'après Béchey.	D'après nous.	Différence.
Mont Gavaréahchenski.	2418^m	2484^m	$-66^m = -\frac{1}{38}$
Mont Willeuchenski.	2246^m	2245^m	$+1^m = +\frac{1}{2245}$
Volcan Koselskoï.	2761^m	2712^m	$+49^m = +\frac{1}{55}$
Mont Avatcha ou Koiriatskoï.	3521^m	3712^m	$-191^m = -\frac{1}{19}$

On voit que la plus grande différence n'est encore que la dix-neuvième partie de la hauteur totale.

L'accord de nos résultats avec ceux des navigateurs plus anciens n'est pas, à beaucoup près, aussi satisfaisant. Ainsi, pour le sommet de l'île Taïti (archipel de la Société), nous trouvons, par six déterminations concordantes, 2449 mètres de hauteur, tandis que Cook donne 3323 mètres; ce qui fait une différence de près d'un tiers.

Pour le volcan Colima, sur la côte occidentale du Mexique, nous trouvons, par cinq déterminations très-concordantes, 4237 mètres, tandis que les cartes traduites de l'espagnol portent 3658 mètres; ce qui fait une différence de près de un septième.

Ces désaccords de nos résultats avec des résultats anciens adoptés de confiance par les géographes sont une raison de plus pour qu'on doive recommander aux navigateurs de multiplier ces mesures sur tous les points du globe.

Ces déterminations sont d'ailleurs utiles à la navigation; car on sait que le double de la racine carrée du nombre qui exprime en mètres la hauteur d'une terre, donne, en milles, la valeur approchée de la distance à laquelle cette terre commencerait à être visible pour un observateur placé au niveau de la mer; et que, pour avoir cette même donnée pour un observateur placé sur un bâtiment, il suffit d'ajouter au résultat précédent la dépression de l'horizon relative à la hauteur de l'œil de l'observateur, cette dépression étant exprimée en minutes.

OBSERVATIONS DES MARÉES.

(*Voir le volume précédent*, *pag.* 165 *à* 212.)

Nous nous plaisons à redire ici que ces observations méritent toute confiance par la scrupuleuse exactitude

que M. Raulline, et après lui M. Leroux, ont apportée à les faire.

Quant aux résultats déduits de ces observations, nous croyons qu'on peut généralement compter sur l'exactitude des heures de l'établissement du port, à un demi-quart d'heure près ; mais qu'on doit avoir moins de confiance dans les valeurs de l'Unité de marée, dont la détermination exacte exige, comme on sait, des séries d'observations d'une durée beaucoup plus longue.

Limité par l'espace, nous avons cru pouvoir nous dispenser d'insérer dans ces tableaux l'état du vent et de la mer, parce que cette donnée se trouve déjà portée d'heure en heure dans les tableaux relatifs aux observations météorologiques, et qu'on devait encore les trouver, en partie du moins, dans le volume même qui contient les observations des marées, à l'occasion du résumé des observations météorologiques et des observations de la variation diurne du baromètre.

Devant, à l'occasion du résumé des observations faites dans chaque relâche, revenir en particulier sur les résultats déduits des observations de marées pour chaque localité que nous avons visitée, nous allons nous borner à présenter ici quelques remarques générales.

Comme l'a si bien dit l'illustre M. Arago dans son rapport, personne ne peut soutenir que la question des marées soit épuisée ; et, comme nous l'avons dit ailleurs (page 129), elle ne pourra l'être que lorsqu'on aura déterminé par le calcul toutes les circonstances du passage d'une onde d'un grand fond sur un fond

plus petit, et qu'on aura pu, en outre, tenir compte de la configuration des côtes. Car c'est évidemment par une onde (l'onde-marée) que se font sentir sur la plupart des côtes les mouvements périodiques des eaux de la mer déterminés par l'action des astres, et ce sont évidemment les modifications que cette onde éprouve de la part du fond, et de la configuration des côtes qui produit ces différences considérables, que l'on remarque dans des points voisins, comme le Callao de Lima et Payta sur les côtes du Pérou, comme Brest et Granville sur les côtes de France.

De Payta au Callao de Lima, la hauteur de la marée diminue de moitié environ, et l'onde met près de trois heures à parcourir la distance de 8 degrés qui sépare le premier point du second ; ce qui lui donne une vitesse moyenne d'environ 160 milles à l'heure. De Brest à Granville, la hauteur de la marée double au contraire de hauteur, et l'onde met également près de trois heures à parcourir la distance de 2 degrés qui séparent ces deux points ; ce qui lui donne une vitesse moyenne de 40 milles à l'heure seulement, c'est-à-dire une vitesse quatre fois plus faible que la précédente. De plus, au Callao, l'unité de marée n'atteint pas un demi-mètre, tandis qu'à Granville elle atteint près de 13 mètres. Ces rapprochements me paraissent curieux, en ce qu'ils font voir combien les résultats des influences locales peuvent être grands et différents.

—La lune, par sa présence au zénith, diminue le poids des corps placés à la surface de terre d'une quantité si minime, de $0{,}00000016 = \frac{1}{6250000}$, qu'on est d'abord

surpris de voir une force si petite produire des effets aussi apparents que ceux qu'on observe sur quelques points du globe, et en particulier dans la baie de Granville. On peut toutefois, sans le secours du calcul, se rendre jusqu'à un certain point compte de cette possibilité, en faisant attention que la masse des eaux qui éprouvent l'action de l'astre est énorme, et que, par suite, malgré l'excessive faiblesse de la vitesse imprimée à chaque particule par l'action directe, la somme totale de la demi-force vive qui en résulte est encore très-considérable. En sorte que si, par suite de la configuration du fond des mers ou des côtes, une grande partie de cette dem-iforce vive vient à être communiquée à une masse d'eau comparativement très-petite, cette masse acquerra des vitesses considérables, et éprouvera, par suite, de grandes variations dans son niveau. C'est un effet analogue à celui qui se produit dans le bélier hydraulique, et identique à l'effet qu'on voit se reproduire journellement, en petit, sur la houle qui vient briser au rivage.

En voyant les circonstances locales rendre si apparent, si observable l'effet d'une force aussi petite, et se rappelant que Cavendish a pu mesurer une force près de deux fois plus petite encore (l'attraction d'une sphère de plomb), on se demande naturellement s'il ne serait pas également possible de mesurer directement cette petite force par une expérience de cabinet, et autrement que par le phénomène si compliqué des marées.

Dans l'expérience de Cavendish, l'observateur était libre de donner à la force qu'il voulait mesurer toutes

les directions possibles, et en lui donnant une direction perpendiculaire à celle de la pesanteur, Cavendish a pu rendre sa mesure absolue et indépendante de cette dernière force, tandis que, dans le cas actuel, la direction de la force à mesurer n'est plus à la disposition de l'observateur et coïncide malheureusement avec celle de la pesanteur ; ce qui rend la difficulté beaucoup plus grande, quoique la force à mesurer soit ici presque double. Il faut, dans ce cas, que le même instrument fasse connaître la différence de deux forces qui ne diffèrent entre elles que de la 6250000^{me} partie de l'une d'elles.

La sensibilité des meilleures balances est encore six fois trop petite, puisque, chargées d'un kilogramme dans chaque plateau, elles ne trébuchent que par l'addition d'un milligramme dans l'un des plateaux, ce qui ne fait qu'une différence de $\frac{1}{1000000}$, au lieu de $\frac{1}{6250000}$ qu'il faudrait. On pourrait sans doute accroître considérablement la sensibilité de la balance en diminuant la pression du couteau sur les agates, puisque la sensibilité est en raison inverse de cette pression. Il y aurait pour cela un moyen qui paraît simple et praticable : ce serait de faire le couteau en acier, de l'aimanter, et de placer à une certaine distance au-dessus un fort barreau aimanté, dont l'attraction sur le couteau fût presque égale et contraire à la pression totale du couteau sur les agates, c'est-à-dire presque égale au poids total de la balance chargée. Cette pression se trouvant par là réduite à presque rien, le frottement serait presque nul et la sensibilité de la balance pres-

que parfaite. Si, par exemple, la pression du couteau sur les agates se trouvait, par le moyen de l'aimant, réduite de 2 kilogrammes à 20 grammes, le frottement serait réduit de 1 milligramme à $\frac{1}{100}$ de milligramme, la balance trébucherait pour l'addition de $\frac{1}{100}$ de milligramme dans l'un des plateaux chargés de 1 kilogramme, et l'instrument pourrait ainsi donner la différence de deux forces qui ne différeraient entre elles que de la 100000000^{me} partie de l'une d'elles, ce qui serait plus que suffisant dans le cas actuel.

Mais il faudrait, pour que l'observation fût possible, que l'un des plateaux de la balance fût équilibré, non par un poids, mais par la réaction d'un ressort, pour que l'action de la lune ne fût pas la même sur les deux plateaux. Or, on ne peut guère espérer de trouver un ressort assez fort et cependant assez peu roide pour que le mouvement du fléau puisse devenir appréciable à l'œil ; et c'est en cela, si je ne me trompe, que réside la véritable difficulté de ce moyen de mesure.

Il se présente encore un autre moyen : ce serait de faire équilibre au poids d'une longue colonne de mercure par la force élastique d'un gaz, et de mesurer l'augmentation de longueur que doit éprouver cette colonne par suite de la diminution du poids que la présence de la lune au zénith fait éprouver au mercure.

On trouve qu'en supposant la hauteur de la colonne de 7^{m},60, et par conséquent le gaz à la pression de 10 atmosphères, la longueur de la colonne devrait, par l'action de la lune, s'accroître de $\frac{1}{1000}$ de milli-

mètre, quantité bien petite certainement, mais cependant visible et mesurable au microscope.

S'il était vrai que la hauteur d'une goutte de mercure, qui peut s'étaler librement sur un plan horizontal de verre, fût réellement invariable, on pourrait espérer, dans ce cas, d'accroître considérablement la visibilité de l'effet de l'action lunaire, en terminant le haut de la colonne de mercure par une large goutte, qui puisse ainsi s'étaler librement sur un plan horizontal de verre, et donnant en même temps une très-grande largeur à la cuvette, et une très-grande capacité au réservoir d'air comprimé; car alors la colonne de mercure ne pouvant s'allonger que par l'abaissement du niveau du mercure dans la cuvette, et cet abaissement ne pouvant avoir lieu que par le passage d'une grande quantité de mercure de la cuvette dans la goutte terminale supérieure, celle-ci en recevrait nécessairement un accroissement de largeur très-considérable, et par suite très-visible.

On trouve qu'en donnant à la cuvette 1 mètre de rayon, et ne laissant la goutte se développer que dans un sens linéaire sur une largeur de un centimètre, on trouve, dis-je, que le déplacement de l'extrémité libre de cette goutte s'élèverait à la quantité considérable de 1 décimètre par la seule présence de la lune au zénith. Mais on trouve aussi que le volume de la masse d'air comprimé devrait être celui d'un cube de 5 mètres de côté, et qu'une variation d'un cent-millième de degré dans la température de cette masse d'air, ou d'un treizième de degré dans la température

de la colonne de mercure, produiraient un déplacement à peu près égal. Et il est à croire que les températures qu'on appelle *constantes* éprouvent encore des variations bien plus considérables que cela.

Toutefois, ces variations ne seraient peut-être pas encore une difficulté tout à fait insurmontable ; car la périodicité de ces variations n'étant pas la même que celle de l'action lunaire, celle-ci pourrait toujours en être dégagée par un nombre suffisant d'observations. Le frottement et l'adhérence du liquide dans le tube ne serait peut-être pas non plus un obstacle invincible ; car le tube pourrait être d'une assez grande largeur pour que leur effet ne fût pas sensible, et l'on pourrait d'ailleurs les détruire par des vibrations communiquées à l'appareil par le contact d'un corps sonore. La véritable difficulté de ce second moyen de mesure se trouve, je crois, dans l'action capillaire qui aurait lieu à l'extrémité libre de la goutte terminale, action qui n'est pas sans doute assez invariable pour que la goutte conserve réellement une hauteur aussi constante que le supposent les calculs précédents.

En sorte que, dans les deux moyens de mesure qui se présentent d'abord et qui paraissent les plus simples, il existe des difficultés à peu près insurmontables. Et cependant, la mesure directe de l'action lunaire serait non-seulement curieuse, mais pourrait encore être très-utile dans la théorie des marées et dans la théorie de la lune.

— La supposition qu'il *s'écoule toujours trente-six heures* entre l'instant de la plus grande action des

astres et l'instant où l'effet de cette action sur les eaux de la mer se manifeste, supposition sensiblement vraie pour les côtes de France, et qu'on a introduite dans les formules à l'aide desquelles on calcule les constantes de la marée, cette supposition, dis-je, aurait grand besoin, ce me semble, d'être soumise à l'épreuve de l'expérience par une longue série d'observations de marées faites sur un point central du grand Océan.

Les îles Marquises, dont la France a cru devoir prendre possession, offriraient pour cela un point très-convenablement placé. La position centrale de ce groupe d'îles, son grand éloignement de tout continent, de toute grande terre et du grand archipel Dangereux, la régularité et la grandeur de ses marées, la facilité d'y faire aujourd'hui des observations suivies, tout cela doit faire désigner ce point comme le plus convenable pour ces observations. L'île Taïti, par son trop grand voisinage de l'archipel Dangereux, par l'irrégularité et la petitesse de ses marées, ne pourrait aucunement convenir. Aujourd'hui que l'on possède de bons maréographes, des maréographes éprouvés par un long usage, rien ne serait plus aisé que d'obtenir dans ces parages une bonne série d'observations de 18 à 19 ans, qu'on pourrait comparer aux séries semblables faites à Brest et dans d'autres points de l'océan Atlantique.

Il me semble qu'à défaut de maréographes, il serait possible de rendre les observations de marées beaucoup plus faciles, et, par suite, beaucoup plus exactes qu'elles ne le sont actuellement. Il me paraît possible de

les réduire à n'être ni plus gênants, ni plus pénibles qu'une série d'observations barométriques faites dans son cabinet.

Supposons qu'on prenne un baromètre à siphon ordinaire, mais qu'au lieu de faire communiquer la petite branche directement avec l'atmosphère, on la fasse communiquer avec la mer au moyen d'un long tube continu rempli d'eau ; nous aurons ainsi formé un baromètre ordinaire, dont la mer sera la cuvette et dont la colonne sinueuse sera formée en partie par de l'eau et en partie par du mercure. Il est évident, d'après cette disposition, que les variations du niveau du liquide dans la cuvette, c'est-à-dire les variations du niveau de la mer, produiront immédiatement des variations correspondantes dans la position du sommet de la colonne de mercure dans le baromètre, et l'on conçoit que la mesure de celles-ci puisse faire connaître les premières.

Les variations de position du sommet de la colonne de mercure seront environ 27,5 fois moindres que celles du niveau de la mer (elles seraient seulement 13,24 fois moindres si le baromètre employé était à cuvette et à niveau constant, au lieu d'être à siphon). Cette grande réduction dans les mouvements apparents semble d'abord devoir réduire dans la même proportion la précision des mesures ; mais on voit facilement que le contraire aura lieu ; parce que la précision des lectures croîtra dans un rapport plus considérable encore. En effet, avec les maréomètres ordinaires, la précision des lectures, quelque soin

qu'on y apporte d'ailleurs, n'est que de 3 centimètres environ (un pouce), tandis que dans le baromètre la précision des lectures peut être facilement d'un dixième de millimètre ; ce qui, en définitive, donne une précision dix fois plus grande que la précédente ; ainsi, la précision des mesures se trouverait plutôt augmentée que diminuée.

Cette grande réduction des mouvements apparents permettant de ne donner à la colonne barométrique qu'une très-petite hauteur, on pourrait placer l'appareil dans son cabinet comme un baromètre ordinaire, pourvu que le cabinet ne fût pas élevé de plus de 10 mètres ($0^m,76 \times 13,24$) au-dessus du niveau le plus bas de la mer.

Si le tube de communication du baromètre avec la mer était rempli d'air au lieu d'être rempli d'eau, le cabinet pourrait être placé à toute hauteur ; mais alors les variations de hauteur du sommet de la colonne barométrique ne seraient plus directement proportionnelles aux variations du niveau de la mer, et il y aurait deux corrections à leur faire subir : l'une relative au changement de volume de cet air quand le niveau varie, l'autre relative au changement de température de cette même masse d'air ; ce qui compliquerait alors beaucoup trop le procédé.

Un avantage du nouveau maréomètre serait de donner immédiatement les variations du niveau de la mer corrigées des effets produits sur ce niveau par les changements de la pression atmosphérique ; puisqu'il est établi aujourd'hui que, par l'influence de cette pres-

sion, la variation du niveau de la mer se fait en sens contraire de celle de la colonne de mercure dans le baromètre, en lui restant proportionnelle. Il résulte en effet de là que le sommet de la colonne de mercure dans le maréomètre devant, d'un coté, s'élever quand la pression atmosphérique augmente, et de l'autre s'abaisser de la même quantité, parce qu'alors le niveau de la mer (de la cuvette) s'abaisse sous l'influence de cette pression, elle devra rester stationnaire et demeurer insensible aux variations de niveau de la mer produites par les variations de la pression atmosphérique, de telle manière que celles-ci se trouveront réellement sans influence sur cette espèce de baromètre, si la loi établie entre les variations du niveau de la mer et celles de la pression atmosphérique est bien réellement exacte.

Rien, au reste, ne serait plus facile que de rendre ce maréomètre sensible aux variations du niveau de la mer, dues aux changements de la pression atmosphérique. Il suffirait pour cela d'allonger la petite branche du baromètre à siphon et d'ouvrir la grande branche par en haut, de manière à convertir l'appareil en un véritable siphon, plongeant d'un côté dans la mer, de l'autre dans le mercure. La pression atmosphérique sur l'une des extrémités étant toujours égale à la pression sur l'autre, malgré les variations de cette pression, il en résultera évidemment que l'instrument sera sensible aux variations de niveau que cette pression peut produire dans l'eau de la mer. Dans cette disposition, l'instrument se prêterait mieux que dans l'autre

à recevoir un mécanisme qui marquerait d'une manière continue la hauteur de la marée.

Il y aurait évidemment dans les deux cas, comme dans toute observation barométrique, une petite correction relative à la variation de la température de la colonne mensuratrice pour ramener toutes les mesures à la même température, et rendre ainsi les résultats parfaitement comparables entre eux; mais, dans bien des cas, cette correction pourrait être négligée.

On conçoit, d'ailleurs, que le tube de communication du baromètre avec la mer pourrait être assez long, assez sinueux, assez étroit, pour que les dénivellations momentanées dues aux vagues ne se fissent pas sentir sur la colonne de mercure, et qu'il pourrait être assez profondément placé sous terre pour que les variations de sa température fussent excessivement lentes.

OBSERVATIONS BAROMÉTRIQUES FAITES A TERRE.

(*Voir le volume précédent, pag.* 213 *à* 276.)

Nous avons peu de chose à dire au sujet de ces observations, dont la durée dans chaque relâche a été beaucoup trop courte pour qu'on puisse en déduire la pression moyenne du lieu ou même l'amplitude de

l'oscillation diurne de cette pression. Pour quelques points même, la durée a été trop courte pour mettre en évidence la loi connue de cette oscillation ; tel est le cas des observations faites à Montérey, aux îles Galapagos, au Port-Jackson, au cap de Bonne-Espérance. A plus forte raison, leur durée est-elle trop courte pour qu'on puisse en déduire l'influence des vents sur la hauteur moyenne du baromètre.

Mais ces observations, ajoutées à d'autres observations semblables, pourront peut-être un jour servir utilement à la solution des questions si compliquées que présente l'étude de l'atmosphère, étude hérissée de difficultés sur lesquelles il serait bien à désirer que le calcul vînt jeter un peu de jour. Mais, malheureusement, le calcul paraît encore loin de pouvoir les aborder avec quelque chance de succès ; puisque la base fondamentale même de la théorie du gaz, la loi de Mariotte, la proportionalité de la force élastique à la densité à température égale, est une pierre d'achoppement pour le calcul.

Toutes les théories, en effet, conduisent à la conclusion : que la force élastique doit être proportionnelle au *carré* de la densité. Laplace, il est vrai, est parvenu à rattacher mathématiquement la loi de Mariotte à une théorie de la chaleur; mais cette théorie, malgré l'immense autorité de l'illustre auteur, n'a pu être admise par les savants qui ont fait de la chaleur une étude spéciale ; en sorte que le fait fondamental de la théorie des gaz est encore à expliquer.

La difficulté me paraît, toutefois, tenir uniquement

à la définition théorique même de la pression telle qu'on la donne en mécanique pour un système de points qui s'attirent ou se repoussent, définition qui ne convient nullement à la pression telle qu'on la mesure réellement par le baromètre ou par d'autres moyens analogues.

En effet, pour définir en mécanique la pression, en un point donné, dans un système de points qui s'attirent ou se repoussent, on suppose que, par ce point, on fait passer un plan qui divise le système en deux régions que, pour fixer les idées, nous désignerons sous les noms de région supérieure et de région inférieure. On prend sur ce plan, autour du point donné, une petite étendue qu'on regarde comme la base d'un petit cylindre droit s'étendant indéfiniment dans la région supérieure, et l'on appelle pression au point donné, la résultante des actions attractives ou répulsives de tous les points de la région inférieure sur tous les points contenus dans le petit cylindre de la région supérieure. Or, il est facile de voir que ce n'est pas là ce qu'on mesure réellement sous le nom de pression dans les gaz au moyen du baromètre. Dans cette mesure, on substitue en réalité *au petit cylindre de fluide élastique une petite colonne de même base*, mais formée *d'un liquide incompressible*, qui, par son poids ou par sa réaction, fait équilibre à la résultante des actions que les points de la région inférieure exercent sur elle. Différence capitale, qui explique parfaitement le désaccord existant entre la théorie et la pratique.

En effet, supposons que chaque molécule du gaz

soit doublée ou triplée, de manière que sa masse devienne double ou triple, ainsi que sa force répulsive, la densité du gaz sera également doublée ou triplée, et l'action mutuelle de deux des nouvelles molécules deviendra quatre fois ou neuf fois plus grande que celle qui existait auparavant entre deux des molécules primitives. Il résulte de là, nécessairement, que la résultante des actions de toutes les molécules de la région inférieure sur toutes les molécules du gaz contenu dans le petit cylindre de la région supérieure sera quatre fois ou neuf fois plus grande que ce qu'elle était d'abord; c'est-à-dire que la pression, telle qu'on la définit en mécanique, deviendra quatre fois ou neuf fois plus grande, ou, en d'autres termes, qu'elle croîtra proportionnellement au carré de la densité.

Mais il n'en sera pas de même de la résultante des actions des molécules de la région inférieure sur les molécules de la *petite colonne de liquide incompressible;* car les molécules de cette petite colonne étant restées les mêmes et à la même place, leur action réciproque avec les molécules du gaz aura simplement doublé ou triplé dans la supposition admise, et il en sera par conséquent de même de la résultante de toutes les actions des molécules de la région inférieure sur tons les points de la petite colonne liquide; c'est-à-dire que la pression, telle qu'on la mesure, aura seulement doublé ou triplé, ou, en d'autres termes, aura cru proportionnellement à la simple densité. La conclusion serait encore évidemment la même si, au lieu de supposer que la masse de chaque molécule du

gaz devient double ou triple, on supposait que leur nombre devient double ou triple, c'est-à-dire que la densité du gaz devient encore double ou triple; on trouverait toujours que la pression théorique doit croître proportionnellement au carré de la densité, tandis que la pression mesurée ne doit croître que proportionnellement à la simple densité, comme cela a lieu en effet. En sorte que le désaccord entre le calcul et l'observation me paraît tenir seulement à une simple difference dans les définitions d'un même mot.

Remarquons que la notion de pression, telle qu'on la définit en théorie, est toute artificielle, toute spéculative, qu'elle est introduite uniquement comme un moyen de simplification des calculs; car, dans la réalité, chaque molécule est isolée et soumise individuellement à des forces parfaitement déterminées, entre lesquelles les conditions d'équilibre ou de mouvement du système établissent des relations forcées, parfaitement définies, dans lesquelles la notion de pression n'entre pour rien, et ne doit pas réellement entrer.

Mais il y a plus : c'est que, lorsqu'on introduit dans le calcul la notion de pression, c'est bien la pression telle qu'on la mesure, et non pas la pression telle qu'on la définit théoriquement, qui y entre réellement. Supposons, en effet, qu'il s'agisse d'un gaz dont les molécules se repoussent mutuellement entre elles et sont en outre soumises à l'action d'une force motrice extérieure qui agisse individuellement sur chaque molécule, comme, par exemple, la pesanteur, et supposons ce système en équilibre sous l'action de ces diverses

forces. Pour former les équations qui expriment la condition d'équilibre en introduisant la notion de pression, on suppose qu'une très-petite partie du cylindre indéfini dont nous avons parlé plus haut, prise à partir de sa base, devient solide, et l'on exprime analytiquement que la différence de pression sur les deux bases de ce petit cylindre est égale et directement opposée à la composante de la force motrice qui sollicite les molécules comprises dans cette petite portion du cylindre et dans le sens de son axe; ce qui donne une des équations générales d'équilibre du système.

Or, supposons maintenant que chaque molécule du gaz devienne double; il est évident, *a priori*, que l'équilibre ne doit pas être troublé, que les mêmes équations qui l'établissent doivent encore subsister en doublant seulement les masses. (Il est, en effet, évident, *a priori*, que les conditions d'équilibre de l'acide carbonique, par exemple, doivent être les mêmes que celles de l'hydrogène.) Et cependant il n'en serait pas ainsi si l'on supposait que la pression qui entre dans ces formules est la pression théorique; tandis que ce sera parfaitement exact, si c'est la pression telle qu'on la mesure. En effet, s'il s'agissait de la pression théorique, comme cette pression deviendrait quadruple dans la supposition admise, il en serait de même de la différence des deux pressions exercées sur les deux bases du petit cylindre : le premier membre de l'équation d'équilibre deviendrait donc quadruple, tandis que le second deviendrait seulement double;

l'égalité ne subsisterait donc plus, et, par suite, l'équilibre serait rompu dans la supposition admise ; ce qui ne doit pas être. Si, au contraire, il s'agit de la pression telle qu'on la mesure, cette pression doublant seulement quand la masse des molécules double, il en sera de même de la différence des pressions sur les deux bases de la petite colonne, et le premier membre des équations sera encore égal au second dans la supposition admise, et l'équilibre ne sera pas rompu, comme cela doit être.

Ainsi, quand on introduit la notion de pression dans les équations d'équilibre d'un gaz, c'est bien la pression telle qu'on la mesure qui y entre réellement, et non pas la pression théorique. La conclusion serait d'ailleurs évidemment la même, s'il s'agissait des équations du mouvement, et si, au lieu de supposer que chaque molécule devient double, on supposait que c'est le nombre des molécules lui-même qui devient double.

La définition théorique de la pression, ne répondant ainsi, ni à ce qu'on mesure, ni à ce qu'on introduit réellement dans les calculs sous ce nom, étant d'ailleurs toute artificielle, me paraît devoir être abandonnée. Et l'on ne peut douter, ce me semble, qu'en modifiant convenablement la définition théorique de la pression, on ne parvienne à lever la difficulté fondamentale que présente encore la théorie des gaz.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA MER.

(*Voir le volume précédent*, *pag.* 277 à 339.)

En parcourant des yeux ce résumé, on voit tout de suite que les différences entre les maxima et les minima de la température de l'air ont été constamment plus grandes que les différences entre les maxima et les minima de la température de l'eau, et, de plus, que le maximum de température de l'air est généralement plus grand que le maximum de température de l'eau, et le minimum généralement plus petit; tandis que les températures moyennes diffèrent en général très-peu. Ce fait prouve évidemment, ce me semble, que l'air s'échauffe et se refroidit directement, par lui-même, indépendamment de l'action que la chaleur rayonnée par la mer peut avoir sur lui. Quand la mer s'échauffe sous l'action solaire, l'eau de la surface s'échauffant le plus, tend, par cela même, davantage à rester à la surface; l'air qui repose sur cette surface tend, au contraire, en s'échauffant, à s'élever, et doit être constamment remplacé par de l'air plus froid; en sorte qu'au moment du maximum de chaleur de l'eau, l'air devrait se trouver plus froid que l'eau, s'il ne recevait sa chaleur que de la mer; et comme on le trouve, au contraire, plus chaud, on doit en

conclure forcément qu'il s'échauffe directement sous l'action solaire, et qu'il s'échauffe même plus que l'eau elle-même. Et cette conclusion confirme pleinement ce que nous avons dit précédemment, page 298, relativement à l'action de la chaleur solaire sur l'air.

Quant au plus grand refroidissement de l'air, il peut tenir soit à un pouvoir émissif plus grand pour l'air que pour l'eau, soit au renouvellement de l'eau qui a lieu à la surface de la mer pendant tout le temps que cette surface se refroidit, et probablement à ces deux causes réunies; car si l'air s'échauffe plus que l'eau, il a un pouvoir absorbant plus grand, et par conséquent aussi un pouvoir émissif plus considérable, puisque ces deux propriétés des corps pour la chaleur sont toujours corrélatives.

Le peu de différence qui existe généralement entre les maxima et les minima de température, soit de l'eau, soit de l'air, prouve que ces deux fluides s'échauffent l'un et l'autre très-peu sous l'action directe du soleil, et se refroidissent également très-peu par le rayonnement nocturne. Il serait possible toutefois que, relativement à la mer, les résultats fussent un peu différents, si l'eau de la surface, au lieu d'être constamment remuée, agitée, mélangée par le vent, était parfaitement tranquille, et qu'on prît la température même des molécules superficielles; ce que l'on ne fait pas dans la manière ordinaire d'opérer.

L'influence considérable que la température de l'eau exerce sur celle de l'air qui lui est contigu est mise en parfaite évidence par le changement subit et

considérable de température qu'on constate dans l'air toutes les fois que le bâtiment traverse un courant d'eau chaude ou d'eau froide, même de peu de largeur, ainsi qu'on peut s'en convaincre en jetant les yeux sur les observations correspondantes aux journées du 25 février 1837, 3 mars 1837, 17 août 1837, 29 mars 1839. Si l'air était stagnant au-dessus de la surface de l'eau, l'explication de ce fait serait toute simple : on dirait qu'il s'échauffe ou se refroidit par suite du rayonnement de l'eau et de son contact avec ce liquide; mais l'air a généralement une très-grande vitesse relativement à l'eau, et l'on a quelque peine à concevoir, ce me semble, comment le rayonnement et le contact peuvent suffire pour expliquer ce changement si prompt de la température de l'air. Peut-être que la vapeur émise par l'eau et celle contenue dans l'air jouent un rôle dans ces circonstances.

Cette même influence de la température de la mer sur celle de l'air se manifeste par l'égalité presque parfaite des températures moyennes de l'air et de la mer même dans les lieux où celle-ci est la plus anomale, comme on peut le voir par les observations faites aux environs de Payta et des îles Galapagos, sous l'équateur, dans le courant froid des côtes du Pérou, où la température moyenne de l'air ne s'élève qu'à 23° comme celle de l'eau, au lieu de 27 à 28° que l'on trouverait en ces points sans la présence du courant.

Le grand voisinage de la terre influe considérable-

ment sur la grandeur de la variation diurne de la température de l'air et très-peu sur celle de la mer; ce qui prouve que la température de l'air influe elle-même très-peu sur celle de l'eau; puisque, s'il en était autrement, on verrait l'amplitude de la variation diurne de la température de la mer croître beaucoup nans les rades, comme celle de l'air; ce qui n'est pas. Sur un seul point, en rade de Rio-Janeiro, la différence entre le maximum et le minimum de température de la mer s'est accrue considérablement; mais l'effet est dû aux courants produits par la marée qui amenaient alternativement le long de la frégate, de l'eau chaude venant du large, et de l'eau plus froide venant du fond de la baie; généralement l'accroissement de cette différence n'a été sensible pour l'eau que dans les rades où la marée produisait de forts courants.

Le grand voisinage de la terre influe tellement sur la grandeur de la différence entre le maximum et le minimum de température de l'air, qu'en jetant les yeux sur ces différences, portées sur les tableaux, on voit tout de suite, d'après leur grandeur, si la frégate était ou non très-près de terre.

Une cause encore assez sensible d'abaissement de la température de l'air en mer, et, par conséquent, d'accroissement de la différence entre le maximum et le minimum de la journée, c'est la pluie dont l'effet est, au contraire, peu sensible sur la mer, comme on peut s'en convaincre en examinant sous ce rapport les tableaux de détail.

La différence entre le maximum et le minimum de la température de la mer dans la journée est si généralement petite que, lorsqu'on la voit s'élever à deux degrés ou au delà, on peut être assuré que le bâtiment a passé, dans la journée, d'un courant chaud dans un courant froid, ou réciproquement; et le thermomètre fournit ainsi un moyen d'investigation très-précis pour l'étude des courants de la mer, comme on le verra dans le chapitre suivant.

C'est dans les parages d'Acapulco, par 14° ou même 17° de latitude nord, le 7 et le 25 janvier 1838, que nous avons trouvé les températures moyennes les plus élevées pour l'air et pour la mer : 28°,0 pour l'air, 28°,1 pour l'eau. C'est aussi là que les maxima de température ont atteint leur plus grande hauteur : 32°,0 pour l'air, 28°,8 pour la mer. Nous avons, il est vrai, trouvé une fois, le 10 février 1838, par 1°,34′S, la température maximum de la mer à 30°,1, et la température moyenne de l'air à 28°,3 ; mais ici ces résultats sont tout à fait exceptionnels et tiennent sans doute à quelque cause accidentelle, car les journées précédentes et suivantes offrent des résultats bien moindres, quoique la frégate, prise par les calmes, ne changeât pas beaucoup de place d'un jour à l'autre.

On remarquera, sans doute, que, dans les parages d'Acapulco, l'air, au large, avait très-sensiblement la même température que la mer, tandis qu'en rade sa température était très-sensiblement plus faible que celle de l'eau, et plus faible que celle qu'il avait lui-même au large, de 2° environ ; ce qui prouve encore

l'influence très-sensible de la température de la mer sur celle de l'air.

— On ne peut espérer de déduire aucune loi générale d'observations barométriques faites à bord d'un seul bâtiment dans ses diverses traversées, à cause des grandes variations que la pression atmosphérique peut éprouver accidentellement dans le peu de temps que le navire reste en chaque point ; et ce n'est que par la comparaison d'un grand nombre d'observations pareilles qu'on pourra arriver à quelque résultat positif. Il paraîtrait cependant qu'entre les tropiques cette pression est assez peu variable pour laisser entrevoir une de ces lois ; car, dans les quatre traversées où nous avons coupé l'équateur, nous avons toujours vu la pression diminuer régulièrement des tropiques vers l'équateur, pour croître ensuite régulièrement de l'équateur vers l'autre tropique. La pression moyenne minimum sous l'équateur serait à peu près de 758^{mm}, et la pression moyenne maximum sous les tropiques mêmes serait de 764^{mm} ; ce qui fait une différence de 6^{mm}. Ce serait là le maximum de la pression manométrique qui produit l'écoulement de l'air des tropiques vers l'équateur. Il serait curieux de pouvoir en conclure la vitesse moyenne qui doit en résulter dans la direction des méridiens ; mais les formules manquent pour ce cas. Il est à croire cependant que cette vitesse ne s'éloigne pas beaucoup de 2 mètres par seconde.

Ce serait certainement un travail très-curieux et en même temps très-utile à la météorologie, que de soumettre au calcul les divers mouvements et les diverses

variations de pression que doit subir l'atmosphère par suite de l'action solaire sur le globe ; mais c'est là un travail qui présentera sans doute de bien grandes difficultés.

En réunissant les diverses déterminations de l'amplitude de la variation diurne du baromètre, signalées dans la première partie de ce volume, et les disposant suivant l'ordre de grandeur des latitudes des points moyens auxquels elles se rapportent, on forme le tableau suivant, qui montre que ce serait trop exiger d'observations courantes, faites à bord d'un bâtiment, que de prétendre en déduire la valeur exacte de l'amplitude de la variation diurne.

SOUS L'ÉQUATEUR.			ENTRE LES TROPIQUES.			EN DEHORS DES TROPIQ.		
Latitude.		Amplitude.	Latitude.		Amplitude.	Latitude.		Amplitude.
0°	0'	1,97	10°	30' S	1,83	24°	30' N	1,67
1	0 N	1,79	11	0 S	1,77	25	30 S	1,27
1	0 S	2,32	12	0 N	1,76	33	0 N	1,22
3	0 N	1,74	12	0 S	2,00	33	0 N	1,25
4	0 S	1,41	12	0 S	1,42	33	0 S	1,33
6	0 N	2,30	17	30 N	2,60	33	30 S	1,40
9	0 S	1,80	17	30 S	2,04	35	0 S	1,76
9	30 S	1,57	18	30 N	1,93	36	30 N	0,95
			18	30 S	1,78	36	30 N	1,20
Moyenne.		1,86	21	0 N	1,62			
			22	0 N	1,45	Moyenne.		1,34
			22	0 N	2,26			
			22	30 S	2,98	Moyenne générale :		
			23	0 S	2,13	1,73.		
			Moyenne.		1,97			

C'est dans les parages du cap Horn, par 60° de latitude Sud, que nous avons vu le baromètre descendre le plus bas : à $720^{mm},2$; mais nous l'avons vu presque aussi bas dans le sud de la Nouvelle-Hollande, par 46° de latitude Sud, où il est descendu à $724^{mm},9$;

et c'est dans ce dernier point que la hauteur de la colonne barométrique a éprouvé, dans la journée, la variation la plus considérable : elle s'est élevée à $22^{mm},1$; elle n'avait été que $18^{mm},1$ dans les parages du cap Horn. Dans ces deux parages, au reste, le baromètre s'est maintenu toujours très-bas. Ainsi, du côté du cap Horn, du 7 mars au 11 avril (36 jours), la hauteur moyenne du baromètre a été de $747^{mm},3$ seulement ; et, du côté de la Nouvelle-Hollande, du 28 décembre au 16 janvier (20 jours), elle n'a été de même que de $746^{mm},3$.

Ce dernier résultat est assez remarquable, à cause de l'époque de l'année, répondant à la première quinzaine de notre mois de juillet, et à cause du peu d'élévation de la latitude, qui n'a varié, dans cet intervalle de 20 jours, que de 44° à 46° Sud, ce qui correspond au midi de la France. L'époque du premier résultat répond à notre mois de septembre et au commencement d'octobre, et la latitude a varié, dans l'intervalle des 36 jours, de 49° à 60° Sud.

— Quand un baromètre est destiné à n'être observé qu'au niveau de la mer, comme les baromètres embarqués à bord des bâtiments, il serait avantageux, je crois, de remplacer le thermomètre destiné à donner la température de la colonne de mercure par un second tube cylindrique de même diamètre que le tube barométrique, fermé par les deux bouts et contenant une colonne de mercure de 760 millimètres ; car l'allongement ou le raccourcissement de cette colonne, mesuré sur la même échelle que les hauteurs baromé-

triques, donnerait immédiatement, sans calcul, et avec une exactitude suffisante, la quantité qu'il faudrait retrancher ou ajouter à la hauteur observée, pour réduire immédiatement chaque observation à zéro degré de température. On éviterait ainsi un long travail de réduction qui devient bien fastidieux quand il faut l'étendre à des observations faites d'heure en heure pendant trois ans de campagne, c'est-à-dire, l'étendre à 26,000 résultats différents.

Les deux tubes, étant de même volume, de même masse, étant placés à se toucher dans la même mon-ture, ne pourraient que différer bien peu dans leur température, tandis qu'on est bien loin de pouvoir en dire autant du thermomètre et de la colonne barométrique dans leur disposition habituelle.

Les baromètres sédentaires observés à terre pourraient également recevoir avec avantage un pareil thermomètre cylindrique sans boule; car, dans les cas extraordinaires où l'on pourrait craindre que la correction immédiate ne fût pas suffisamment exacte, on pourrait toujours la rendre telle, puisqu'il est toujours possible de déduire la correction exacte de la correction déjà faite. Il suffit, pour cela, de retrancher de la première hauteur corrigée la quantité très-petite formée du produit de la correction faite par l'excès de cette hauteur corrigée sur 760 et par le nombre $0{,}0013 = \frac{1}{760}$. On a, en effet, à moins d'une centième de millimètre près, quelle que soit la hauteur barométrique et quelle que soit la hauteur de l'observateur au-dessus du niveau de la mer :

$$H_o = H'_o - \frac{(H_t - H'_o)(H'_o - 760)}{760} = H'_o - (H_t - H'_o)(H'_o - 760)(0{,}0013)$$

Dans cette formule, H_t est la hauteur barométrique observée; H_o' est la première valeur corrigée de cette hauteur, c'est-à-dire celle qu'on obtient en retranchant de la hauteur observée H_t la petite quantité dont la colonne de 760^{mm} du thermomètre cylindrique s'est allongée (il faudrait ajouter cette quantité, si la colonne s'était contractée); H_o est la hauteur barométrique exactement réduite à zéro degré de température.

Cette disposition aurait, en outre, l'avantage de rendre la correction indépendante de la valeur du coefficient de dilatation du mercure et de celle de la monture de l'instrument.

— Il n'est peut-être pas inutile de redire ici le moyen très-simple, et très-bon cependant, employé dans les ports pour rendre un baromètre *marin*, c'est-à-dire pour rendre sa colonne peu sensible au mouvement d'oscillation de l'instrument, sans lui ôter cependant la faculté d'obéir librement à l'action de la pression atmosphérique; de manière qu'il donne bien la mesure de cette pression, malgré les grands mouvements qu'il reçoit du navire ballotté lui-même par les flots. M. Touboulic, l'habile directeur de l'atelier des boussoles de Brest, se borne à rétrécir l'ouverture inférieure du tube assez pour qu'un crin ne puisse pas y passer, et assez peu cependant pour qu'un che-

veu y passe librement. C'est faute de connaître un procédé si simple que les artistes de Paris n'ont, jusqu'à ces derniers temps, produit que des instruments qu'il était tout à fait impossible d'observer en mer.

Les variations de la pression atmosphérique sont si lentes, en comparaison des mouvements d'oscillation que le tangage et le roulis communiquent à la colonne barométrique, et en même temps le mercure se meut si aisément, même dans des tubes complétement capillaires (comme cela se voit dans les thermomètres), que l'on conçoit parfaitement l'efficacité et la bonté du procédé adopté par M. Touboulic.

— Dans les oscillations que le baromètre fait autour de son point de suspension comme un pendule, il s'incline alternativement de divers côtés, et passe toujours très-rapidement par la verticale; il résulte de là que la longueur moyenne de la colonne barométrique doit, en définitive, être un peu plus longue que si l'instrument était en repos dans la position verticale. Mais, d'un autre côté, la force centrifuge qui anime le mercure dans ces circonstances tend évidemment à raccourcir un peu la colonne, et il est assez difficile de dire *a priori* dans quel sens doit définitivement se trouver l'erreur produite.

— Outre le baromètre, on a observé à bord, pendant toute la durée de la campagne, un sympiézomètre. Mais ces observations n'ont pu être d'aucune utilité; car, d'un côté, l'instrument avait été invariablement fixé à la muraille du batiment, et s'inclinait,

par conséquent, avec le navire, et, de l'autre côté, le gaz intérieur a été tellement absorbé, qu'à la fin de la campagne cet instrument marquait plusieurs centimètres de plus que les baromètres; et en outre, la colonne liquide a fini par se diviser d'elle-même d'une quantité considérable. Il est évident que, si nous n'avions eu que cet instrument à notre disposition, nous eussions manqué complétement d'observations sur la pression atmosphérique.

— Nous avions encore à bord un autre instrument météorologique, un *atmosphérotrace*. Cet instrument, d'origine américaine, serait doué des propriétés les plus précieuses, mais aussi des plus merveilleuses, s'il fallait en croire ses partisans. Il indiquerait non-seulement le temps qu'il fait, le temps qu'il doit faire, mais encore de quel côté doit venir le vent. C'est tout simplement une longue fiole, hermétiquement fermée, qui contient une dissolution saturée d'un sel (du chlorhydrate d'ammoniaque, je crois), et que l'on fixe contre une des cloisons du bâtiment. Quand la température baisse, si le liquide est tranquille, le sel cristallise en belles feuilles de fougère, et la cristallisation se propage tantôt de bas en haut, tantôt de haut en bas, tantôt dans les deux sens à la fois; d'autres fois elle se porte plus d'un côté que de l'autre, etc. Si l'instrument est agité par les mouvements du bâtiment, les petits cristaux qui se forment sont isolés et flottent en suspension dans le liquide, dont ils troublent ainsi la transparence; plus tard, quand le bâtiment redevient tranquille, la liqueur reprend sa transparence par la précipitation

des cristaux ; puis, enfin, toutes ces cristallisations disparaissent quand la température vient à s'élever de nouveau. Or, toutes ces apparences, qui ne sont que des effets bien simples des variations de température de la liqueur et de l'état d'agitation plus ou moins grand du navire, sont, aux yeux des partisans de cet instrument, autant d'indices différents et certains du temps qu'il doit faire. Un admirateur enthousiaste me disait un jour, dans un transport, qu'on étudierait cet instrument pendant dix ans, qu'on ne saurait pas encore *tout* ce qu'il indique par rapport au temps. Le fait est qu'avec une prévention pareille, dix ans d'étude ne seraient peut-être pas de trop pour arriver à la conclusion : qu'il n'indique *rien du tout par rapport au temps qu'il doit faire*.

Les marins ont un si grand intérêt à connaître ce *temps qu'il doit faire* qu'il est bien naturel que leur esprit soit disposé à accueillir favorablement tout ce qu'on leur annonce comme pouvant les éclairer sur ce sujet. (On croit fort aisément ce qu'on craint et ce qu'on désire.) Le capitaine d'un navire aime mieux être prévenu dix fois inutilement que de risquer de ne pas l'être quand cela est utile; aussi, à ses yeux, l'instrument qui varie le plus dans ses indications, dont les transformations sont les plus apparentes, est-il le meilleur. Et je crois que, sous ce rapport, un thermo-baromètre à air à grosse boule, qui varierait beaucoup avec la température et avec la pression atmosphérique, serait bien reçu de la marine et pourrait lui rendre de bons services. Il serait bon, toutefois, de soustraire un

peu la boule aux variations de la température pour mettre plus en évidence les variations dues à la pression atmosphérique, qui sont, en définitive, les plus importantes à connaître pour la navigation.

— Il en est des observations hygrométriques comme des observations barométriques : ce n'est que par la comparaison des résultats rapportés d'un grand nombre de voyages différents qu'on peut espérer d'arriver à la détermination de quelque loi générale. Nous n'avons ainsi rien à dire sur ces observations, sinon qu'il serait bien à désirer qu'on parvînt à trouver un instrument d'un usage plus commode et plus exact que l'hygromètre de Daniel dont nous nous servions.

— Ayant déjà parlé, à plusieurs reprises, dans la première partie de ce volume, des dépressions de l'horizon, nous avons peu de chose à ajouter ici à ce sujet. On voit qu'à part la dépression extraordinaire observée le 4 février à l'entrée de la baie de Rio-Janeiro dans un moment de mirage bien manifeste, la dépression mesurée n'a jamais différé de plus d'une minute de la dépression donnée par les tables. En effet, la plus faible dépression observée a été de $3' 21''$ et la plus forte de $5' 27''$: la première est trop faible de $1' 4''$, la seconde trop forte de $1' 2''$; la première a été mesurée dans les parages du cap Horn dans un moment où la mer, étant très-grosse, devait faire paraître la dépression apparente plus petite, comme nous l'avons dit précédemment (page 67); la seconde a été mesurée le 15 août, par 34° 51′ de latitude nord et 163° 6′ de longitude orientale, sur la limite

même du courant chaud analogue au gulph-stream.

La moyenne des 143 mesures de la dépression que nous avons obtenues est de $4'\ 34''$, qui ne diffère que de $9''$ de la dépression $4'\ 25''$ donnée par les tables.

On voit que la simple mesure de la dépression, en ne tenant même aucun compte de la réfraction terrestre, aurait pu fournir aux anciens une détermination de la longueur du diamètre de la terre exacte au dixième près, et par conséquent bien supérieure en exactitude à la valeur qu'ils lui attribuaient.

La moyenne de quatorze observations a été de $4'\ 37''$ lors d'un premier passage de la ligne; elle a été de $4'\ 44''$ dans un second passage, et de $4'\ 56''$ dans le grand courant d'eau chaude analogue au gulph-stream; tandis que, dans les parages du cap Horn, la même moyenne n'a été que de $4'\ 4''$. La faiblesse de ce dernier résultat doit, en partie du moins, être attribuée à l'état d'agitation habituel de la mer dans les parages du cap Horn. Quant aux autres résultats, on ne peut les attribuer, ce me semble, qu'à une altération sensible du coefficient moyen de la réfraction terrestre. Ces trois résultats donnent, en effet, pour ce coefficient, $\frac{1}{27}$, $\frac{1}{75}$ et $-\frac{1}{55}$ au lieu de $\frac{1}{12}$ qui est sa valeur moyenne à terre, d'après les belles et nombreuses observations de MM. Biot et Arago. L'ensemble de toutes nos mesures de dépression donnerait $\frac{1}{22}$ pour la valeur de ce coefficient à la mer, et se trouverait ainsi près de moitié plus petit qu'à terre. Ce résultat a certainement besoin de confirmation; quoiqu'on puisse le justifier jusqu'à un certain point,

a priori, par l'état habituel d'agitation de l'air à la surface de la mer, agitation qui en mélange continuellement les couches inférieures, et par l'égalité presque parfaite qui existe constamment entre la température de l'air et celle de la mer : deux causes qui doivent évidemment rendre le décroissement initial des températures de l'air plus faible à la mer qu'à terre, et qui, par conséquent, doivent diminuer le coefficient de la réfraction terrestre. Il est même probable que le résultat $\frac{1}{22}$ est encore lui-même un peu trop fort, puisque l'état d'agitation de la mer, en rendant la dépression apparente plus petite, tend évidemment à faire attribuer à la réfraction terrestre une valeur trop grande.

— Au sujet des vents, nous rappellerons le vœu que nous avons émis depuis longtemps, de voir la marine abandonner l'ancienne division de la rose des vents en quarts et demi-quarts, ainsi que les dénominations barbares et compliquées qui servent à désigner les divers rumbs, pour adopter purement et simplement la division de la circonférence du cercle en degrés et dizaines de degré. L'étude sérieuse des vents à la mer est évidemment impossible dans l'état actuel des choses; car, avant toute comparaison, il faut faire une préparation préalable qui exige d'abord un calcul ou l'emploi d'une table pour connaître quelle est la direction qu'on a voulu désigner; puis un second calcul pour rapporter cette direction à une direction fixe, à celle du nord du monde; enfin, un troisième calcul pour tenir compte de l'effet dû à la vitesse réelle du bâtiment sur la direction apparente du vent, effet très-

considérable quand le vent est faible. Quand un pareil travail préparatoire doit être exécuté sur 22000 directions, données dans un seul voyage, comme celui de la *Vénus*, on doit évidemment renoncer à le faire ; et c'est, en effet, ce qui arrive.

Le premier calcul serait évité par l'adoption pure et simple dans les compas de la division ordinaire de la circonférence du cercle en degrés et dizaines de degrés. Le second calcul serait évité par l'adoption des compas à correction que nous avons proposé dans le temps, qui ont été essayés pendant une longue croisière faite dans le golfe du Mexique, sur lesquels il a été fait un rapport favorable, et que rien, par conséquent, n'empêcherait d'adopter. Le troisième calcul, enfin, pourrait être évité par une opération manuelle, très-simple, à faire sur le *renard* au fur et mesure qu'on inscrirait les observations sur les registres ; il suffirait, pour cela, d'avoir la vitesse approchée du vent au moyen d'un anémomètre. Ce n'est qu'en fournissant des observations ainsi préparées, que la marine pourra mettre les météorologistes et les physiciens en état d'aborder, avec quelques chances de succès, la grande question des vents, question qui intéresse la navigation à un si haut degré.

La détermination exacte de la direction du vent présente, à bord d'un bâtiment, plus de difficulté qu'on ne le soupçonnerait au premier abord, surtout quand le vent est faible. Une girouette, telle qu'on les emploie ordinairement à terre, et telle qu'on les place au haut des mâts, ne donne absolument rien, à cause des

grands mouvements oscillatoires du navire qui font prendre à ces girouettes les positions les plus dissemblables, et leur font même souvent décrire le tour entier de l'horizon à chaque oscillation. En les rapprochant du centre de rotation du bâtiment, on diminue, il est vrai, l'action perturbatrice des mouvements du navire, mais alors elles tombent sous l'influence des voiles et des œuvres mortes, qui peuvent altérer très-sensiblement la direction du vent. Ce qu'il y aurait, peut-être, de mieux à faire pour des observations un peu précises, serait de faire brûler quelques grains de poudre et de relever la direction que suivrait la fumée ainsi produite. En rendant la poudre un peu grasse par un peu d'huile ou de suif, on obtiendrait une fumée assez dense et assez persistante pour qu'on pût ne la relever qu'après qu'elle se serait suffisamment éloignée du navire et du point où l'on aurait opéré la combustion. En prenant, pour ce point, le centre même du compas destiné à faire le relèvement, on n'aurait qu'à suivre de l'œil cette fumée, pour avoir, avec une précision suffisante, la direction apparente du vent. Il serait peut-être même possible de déterminer la vitesse du vent au moyen d'un autre relèvement pris d'un autre point du navire, sur cette même fumée.

Nous n'avions point d'anémomètre à bord de la *Vénus;* et je l'ai beaucoup regretté; car les expressions de fort, faible, modéré, etc., dont on se sert pour exprimer la vitesse du vent, sont trop peu précises, trop vagues, pour qu'on puisse en déduire rien

de satisfaisant, pour la théorie des vents; il faut absolument en venir à exprimer ces vitesses en nombre, si l'on veut que les observations puissent être utiles à la science et contribuent ainsi aux progrès futurs de la navigation.

Nous allons rappeler ici, en les réunissant, les principaux faits relatifs aux vents qui se sont offerts à nous pendant la durée du voyage de la *Vénus*. Au départ de France, nous avons trouvé les vents alizés un peu au nord de l'île de Ténériffe, le 9 janvier 1837, par 29° 03′ N., et 18° 15′ O.; au retour, ces vents nous ont quittés, après quelques instants de calme, le 7 juin 1839, par 28° 15′ N. et 46° 31′ O. Le 20 janvier 1837, par 5° 13′ N. et 27° 43′ O., les vents alizés ont éprouvé un changement brusque de direction de 90° : ils ont passé de l'E. 60° N. à l'E. 30° S.; et le 24 mai 1839, à notre retour dans le même parage, nous les avons vus également sauter brusquement de 90° en passant de l'E. 30° S. à l'E. 60° N. (Nous avons précédemment attribué ce changement brusque à la configuration de la côte d'Afrique, quoique cette côte soit éloignée de plus de 230 lieues de ce point.) Nous n'avons pas éprouvé de calmes sous la ligne; et les vents alizés nous ont conduits jusqu'à Rio-Janeiro, après, toutefois, avoir passé brusquement, à la suite d'un grain, de l'Est 20° Sud à l'Est 20° Nord, le 2 février 1837, par 20° 45′ S. et 40° 57′ O. Dans le Sud de Rio-Janeiro, le long de la côte d'Amérique, nous avons trouvé les vents dépendants assez généralement de l'Ouest et du Nord, jusque par le travers de la Plata et dépendants de l'Ouest

et du Sud au delà de cette rivière. A notre rentrée dans l'océan Atlantique par le cap de Bonne-Espérance, nous avons retrouvé les vents alizés, le 2 mai, par 24° 34′ Sud et 4° 51′ Est; en sorte que, d'après ces observations, les vents alizés dans l'océan Atlantique s'étendraient de 29° de latitude Nord à 24° de latitude Sud.

Nous avons déjà signalé les calmes extraordinaires que nous avons rencontrés dans les parages du cap Horn et les vents variables dépendants généralement de l'Ouest, qui nous ont conduits de là jusqu'à Valparaiso.

Au nord de Valparaiso, nous avons trouvé les vents au Sud le long de la côte; mais lorsque nous nous sommes éloignés de terre jusqu'à la distance des îles Saint-Félix et Saint-Ambroise (160 lieues environ), nous avons trouvé, le 4 mai 1838, par 24° 18′ Sud et 82° 12′ O., les véritables vents alizés du S. E. et de l'E. S. E.; et par cette même latitude, nous les aurions sans doute rencontrés encore plus près de terre, si notre route nous y eût fait passer. Ces vents nous ont conduits jusqu'auprès du Callao de Lima. On trouve en effet les vents alizés véritables à 50 lieues de terre dans cette partie de la côte qui, par sa configuration, les dévie moins de leur direction normale. Cependant, à notre départ du Callao pour les îles Sandwich, nous n'avons trouvé les vents alizés complétement dégagés de l'influence des terres que le 5 juin 1837, à 100 lieues environ de la côte, car le 4 au soir nous avions encore des vents du S. 12° E., au lieu des vents de l'E. 30° S. que nous aurions dû avoir.

Nous avons dit ailleurs, qu'en partant d'Acapulco

nous avions trouvé les véritables vents alizés dans la nuit du 26 au 27 janvier 1838, par 11° 01 N. et 101° 22′ O., étant à 110 lieues environ de terre. Ce serait donc, d'après les observations précédentes, à 100 ou 110 lieues de la côte, que cesserait l'influence du continent Américain, pour dévier les vents alizés de leur direction normale.

Dans la traversée du Callao aux îles Sandwich et de ces îles au Kamtschatka, les vents alizés nous ont conduits jusque par 32° 54′ N. et 166° 10′ E., où nous les avons perdus, à la date du 12 août 1837. De ce dernier point jusqu'au Kamtschatka, et de là jusqu'à Montérey, nous n'avons trouvé que des vents très-variables, sans aucune régularité apparente; mais, à partir de Montérey, tout le long de la côte de Californie et du Mexique, nous les avons vus dépendre généralement du Nord et un peu de l'Ouest, par l'effet, sans doute, de la direction de la côte en ces points.

Dans le trajet de retour d'Acapulco à Valparaiso, nous avons éprouvé sous la ligne, par 99° et 100° de longitude occidentale, de longs calmes (16 jours), que nous n'avons rencontrés dans aucune autre traversée. Ces calmes nous ont pris le 31 janvier 1838, par 2° 19′ N., et ne nous ont quittés que le 16 février, par 4° 21′ S.; nous avions quitté au premier point des vents de N. E. et d'E. N. E., et ce sont des vents d'E. S. E. et de S. E. que nous avons trouvés au second. Ces derniers vents nous ont conduits jusque par 29° 16′ Sud, un peu au Sud de l'île de Pâques, où ils nous ont quittés à l'époque du 28 février, par 111° de longitude O.

Comme de ce point jusqu'à Valparaiso, nous ne nous sommes pas éloignés beaucoup de la limite des vents alizés, nous avons trouvé le vent tourbillonnant et passant successivement de l'Est, au Nord, à l'Ouest, au Sud, à l'Est, au Nord, à l'Ouest, pour se fixer enfin au Sud sur la côte du Chili. Nous avions déjà signalé un tourbillonnement semblable de vent, en rendant compte de notre traversée du Nord de la Nouvelle-Zélande au Port-Jackson. Là aussi nous nous trouvions vers la limite des vents alizés, et le mouvement de rotation s'exécutait dans le même sens, c'est-à-dire de l'E. au N., à l'O., au S., à l'E. C'est, en effet, le sens dans lequel on aurait pu prévoir, *a priori*, qu'il devait se faire d'après la situation respective des vents alizés de l'Est et de ceux de l'Ouest. Dans l'hémisphère Nord, les routes de la *Vénus* ont coupé trop normalement la ligne qui sert de limite aux vents alizés pour que ce même tourbillonnement, s'il existe, ait pu être aperçu par nous. Il devrait, dans cet hémisphère, s'exécuter en sens contraire et passer de l'Est au Sud, à l'Ouest, au Nord et à l'Est, d'après la position relative des deux vents.

Dans le Sud de la Nouvelle-Hollande, en janvier 1839, c'est-à-dire à l'époque la plus chaude de l'année de l'hémisphère Sud, nous avons trouvé les vents dépendants de l'Ouest, mais variables du S. S. O. au N. N. O. Ils ont quelquefois atteint le Nord et même le N. E. Nous avons retrouvé les vents alizés dans la partie S. E. de la mer des Indes, le 8 février 1839, par 28° 42 Sud, après quelques instants de calme, et

nous les avons quittés dans la partie S. O. de la même mer, le 14 mars, par 29° 06′ S., pour les retrouver le 2 mai de l'autre côté du cap de Bonne-Espérance, par 24° 34 S., comme nous l'avons déjà dit.

— Pour rendre les journaux de la marine réellement utiles à la météorologie, il serait indispensable de remplacer les mots vagues et peu précis employés pour désigner l'état du ciel et de la mer par *des nombres* qui seuls se prêtent à des comparaisons exactes, à des combinaisons fructueuses. Ainsi, l'état du vent devrait être désigné par sa direction absolue et sa vitesse réelle; l'état de la mer, par la hauteur et la largeur des lames avec l'indication, si elle brise ou non; l'état du ciel par le rapport de l'espace occupé dans le ciel par les nuages à l'étendue totale : cette étendue étant limitée au voisinage du zénith, par exemple au cercle décrit du zénith comme centre, avec un rayon de 30°; parce que, au delà, les effets de perspective empêchent de juger sainement de l'espace réel occupé par les nuages, surtout si ceux-ci sont bas et ont de grandes dimensions dans le sens vertical. On y joindrait la direction absolue du mouvement des nuages, direction généralement facile à obtenir en mer par le relèvement du point de concours apparent des longues traînées parallèles que forment ordinairement les nuages de la couche inférieure (ce que les marins appellent des *pieds de vents*). On pourrait souvent y joindre la hauteur réelle de cette couche déterminée par un des moyens que nous avons indiqués pag. 76 et suivantes; ce qui permettrait de donner en même

temps la vitesse réelle des nuages eux-mêmes. Il faudrait noter s'il existe ou non deux couches de nuages, et si ces couches sont rapprochées ou éloignées, dire quels sont la forme et l'aspect de ces nuages... etc. La pluie, la neige, la grêle devraient être désignées par leur quantité et par la durée du temps de leur chute. Ce sont, en un mot, des nombres dont la science a besoin; et la marine pourrait les lui fournir sans plus de travail; car il suffirait pour cela de dresser les timoniers à ce genre d'appréciation.

Ayant donné, dans la première partie de ce volume, les détails des observations les plus intéressantes qui ont été faites dans ce genre à bord de la *Vénus*, nous n'y reviendrons pas ici.

— Nous en dirons autant pour ce qui est relatif aux courants déduits de la route estimée de la frégate; nous rappellerons seulement un vœu que nous avons émis à cette occasion : celui de voir la marine adopter, pour mesurer la vitesse relative des navires, un moyen moins défectueux et surtout moins arbitraire que le lock en usage. L'étude des courants ne pourra être entreprise d'une manière réellement sérieuse, qu'autant qu'une réforme pareille aura été opérée. Bien des projets différents ont été proposés pour remplacer le lock ordinaire; plusieurs sont très-ingénieux et paraissent pouvoir réussir. Ne serait-il pas à propos de former une commission composée d'officiers de marine et d'ingénieurs pour examiner ces projets et mettre à l'essai celui ou ceux qui lui paraîtraient présenter le plus de chances de réussite?

ANOMALIES DES TEMPÉRATURES DE LA MER.

(*Voir le volume précédent*, *pag.* 339 *à* 352.)

Les anomalies que présentent les températures de la mer ne pouvant provenir que des courants d'eau chaude ou froide qui sillonnent la surface des mers, on a dans leur détermination un des moyens les plus précis pour découvrir ces courants. En effet, la grande capacité de l'eau pour la chaleur et sa faible conductibilité font que, prise en grande masse, elle ne peut varier que très-lentement de température, et qu'elle transporte ainsi au loin avec elle un indice certain de son origine.

En généralisant, on peut résumer ainsi les résultats fournis par nos observations : courants froids, dirigés des pôles vers l'équateur, sur les côtes occidentales des grands continents; courants froids, dirigés de l'est à l'ouest, le long de l'équateur; et courants chauds, dirigés de l'équateur vers les pôles, sur les côtes orientales des grands continents.

Nous trouvons, en effet, un courant froid, dirigé du N. au S., sur la côte N.O. d'Afrique, par le travers du cap Blanc; un courant froid, dirigé du S. au N., sur la côte S. O. d'Afrique, à l'O. du cap de Bonne-Espérance; un courant froid, dirigé du N. au S., sur les

côtes de la Californie; un courant froid, dirigé du S. au N., sur les côtes du Chili et du Pérou; et enfin un courant froid, dirigé du S. au N., sur la côte O. de la Nouvelle-Hollande, tandis que nous trouvons un courant chaud, dirigé du N. au S., sur les côtes du Brésil; un courant chaud, analogue au gulph-stream, dirigé du S. au N., sur les côtes du Japon et du Kamtschatka, c'est-à-dire sur les côtes orientales de l'Asie; un courant chaud, dirigé du N. au S., sur la côte orientale de la Nouvelle-Hollande; et enfin le courant chaud des Aiguilles, sur la côte S. E. d'Afrique. On voit, en outre, que nous avons trouvé l'eau sensiblement plus froide dans les deux océans, dans le voisinage même de l'équateur, que dans les points voisins situés plus au N. et plus au S.

Au reste, cette distribution générale des courants chauds et froids aurait pu se prévoir *a priori*, d'après l'action combinée de l'action calorifique du soleil et du mouvement de rotation de la terre sur les eaux du globe; car, par suite de ce mouvement de rotation et du transport de l'eau des pôles vers l'équateur, il doit nécessairement se former sous l'équateur un courant dont la direction apparente doit être celle de l'E. à l'O., comme cela a lieu pour l'air, et pour la même raison. Or, un pareil courant doit nécessairement produire un appel des eaux latérales vers son extrémité orientale, et, au contraire, un déversement latéral vers son extrémité occidentale; c'est-à-dire qu'il doit produire un afflux des eaux polaires vers l'équateur, sur les côtes occidentales des grands continents équa-

toriaux, et, au contraire, écoulement des eaux de l'équateur vers les pôles sur les côtes orientales de ces mêmes continents. On voit, de plus, que ces eaux équatoriales, en se rapprochant des pôles, doivent, en vertu de leur vitesse de rotation plus grande et de l'afflux des eaux polaires vers l'équateur, prendre la direction de l'O. vers l'E., comme le font le gulph-stream et son analogue dans le grand Océan, comme le font également le courant des Aiguilles et le courant des côtes du Brésil.

Ce serait, au reste, un beau, mais difficile problème de mécanique à résoudre que celui de déterminer toutes les circonstances du mouvement des eaux de la mer produit par l'action de la chaleur solaire jointe au mouvement de rotation de la terre. Ce qui paraît compliquer surtout cette question, c'est la détermination exacte de la perte de vitesse que l'eau doit éprouver par suite des frottements et des communications latérales du mouvement. Il serait, toutefois, possible que cette perte fût moindre qu'on ne se l'imagine, et qu'on pût, par une hypothèse heureuse sur le mode et la grandeur de cette perte, simplifier beaucoup la question.

Nous n'ajouterons rien aux *Remarques* consignées dans les tableaux dont nous parlons, et auxquelles nous renvoyons le lecteur. Il verra, en les rapprochant de la carte qui les précède, que nos observations sont de nature à modifier sensiblement le tracé des courants sur plusieurs points, et surtout dans la partie nord du grand Océan, où le tracé admis dans les très-

utiles cartes physiques de Berghaus me semble avoir le plus besoin de modification.

TEMPÉRATURE DE LA MER AUX ATTÉRAGES.

(*Voir le volume précédent, pag.* 353 *à* 374.)

La conséquence générale à déduire de ces tableaux, comme l'a très-bien fait observer l'illustre M. Arago dans son Rapport, est qu'on a beaucoup trop généralisé le fait, primitivement observé sur les côtes des États-Unis d'Amérique, de l'abaissement de température de l'eau de la mer à l'approche des côtes, et qu'il serait imprudent de se fier en tous lieux au thermomètre pour l'annonce des terres et des hauts fonds.

On voit, en effet, que, sur quarante-un cas, quatre ont présenté une différence sensible en sens contraire, dix-sept une différence insensible, treize une différence comprise entre 1° et 2°, et sept une différence plus forte que 2°.

C'est évidemment aux courants chauds ou froids qui longent les côtes des grands continents que l'on doit attribuer la diminution de la température de l'eau à l'approche de ces terres. D'un côté, les courants chauds, comme le gulph-stream, comme le courant des Aiguilles, comme celui des côtes du Brésil, donnent lieu au phénomène observé, parce que leur tem-

pérature est plus élevée que celle de l'eau des rivières et des baies de la côte; et, de l'autre côté, les courants froids y donnent lieu, par un effet que nous avons suffisamment expliqué précédemment à l'occasion du courant froid des côtes du Pérou (pag. 209 et 302).

On voit que, même dans les lieux où il existe sur les côtes des courants chauds ou froids, l'effet de ces courants peut passer inaperçu par un bâtiment, si celui-ci s'approche ou s'éloigne très-obliquement de la côte.

TEMPÉRATURES DE LA MER SOUS L'ÉQUATEUR.

(*Voir le volume précédent, pag.* 375 *à* 384.)

Dans l'avertissement mis en tête de ces tableaux, nous avons cru devoir insister particulièrement sur l'état de nos thermomètres et sur le mode d'observation que nous avons suivi, dans le but de rectifier une opinion que nous croyons peu fondée relativement aux résultats de nos observations thermométriques; le nom trois fois illustre de Humboldt nous en faisait un devoir impérieux.

Il ne peut y avoir, ce me semble, d'après ce que nous avons dit dans cet avertissement, de doute sur le sens de la correction à appliquer aux résultats immédiats de nos observations : la correction doit être *soustractive*, et non pas additive, comme le pensait M. de Humboldt. Mais, si le sens de la correction est bien

déterminé, il n'en est pas de même de sa valeur, qui a probablement varié du commencement à la fin de la campagne, par suite des variations du zéro des thermomètres. Nous pensons toutefois qu'en prenant 0°,3 pour cette valeur, on ne court pas le risque de commettre une erreur de plus d'un dixième de degré, soit en plus, soit en moins, dans les résultats de nos observations. La valeur 0°,3 est la moyenne entre les deux erreurs de position du zéro de notre thermomètre étalon, déterminées au départ et depuis notre retour, par la comparaison directe de ce thermomètre avec celui de l'Observatoire de Paris, comparaisons qui ont donné respectivement 0°,2 et 0°,4 : c'est aussi l'erreur de position que nous lui avions trouvée nous-mêmes durant la campagne, en plongeant directement ce thermomètre dans la glace fondante.

Il résulte des observations contenues dans ces tableaux (en éliminant toutefois celles du quatrième tableau, qui sont évidemment trop influencées par la présence du courant froid péruvien dans l'archipel des Galapagos) que, sous l'équateur, entre 10° de latitude nord et 10° de latitude sud, par une moyenne entre 1776 déterminations réparties entre 74 jours et quatre traversées, dont deux dans l'océan Atlantique et deux dans le grand Océan; il résulte, dis-je, que la température corrigée de la mer est de 26°,00 (26°,29 non corrigée), que la moyenne des 74 maxima est 26°,5 (26°,78 non corrigée), et que la moyenne des 74 minima est 25°,5 (25°,80 non corrigée), les écarts maxima étant :

Pour les moyennes, 24°,0, 27°,4 (24°,35, 27°,68, sans correction); différence, 3°,3;

Pour les maxima, 24°,5, 29°,8 (24°,8, 30°,1, sans correction); différence, 5°,3;

Pour les minima, 23°,7, 26°,7 (24°,0, 27°,0, sans correction); différence, 3°,0.

Deux causes différentes peuvent concourir à rendre ainsi, sous l'équateur, la température moyenne de la mer aussi faible : la première réside dans les courants froids superficiels qui, après avoir longé les côtes occidentales des grands continents, prennent ensuite la direction même de l'équateur; la seconde résiderait dans les courants froids inférieurs allant directement des pôles vers l'équateur en suivant le fond de la mer, et dont l'eau doit venir sourdre à la surface, sous l'équateur même, au fur et à mesure que la chaleur en pénètre la masse.

Par suite de la première de ces deux causes, il est probable que la température moyenne, sous l'équateur, sera trouvée sensiblement plus faible dans la partie orientale des mers que dans la partie occidentale, puisque, dans le trajet du premier de ces points à l'autre, la température de l'eau a dû s'élever.

Les résultats obtenus pourront encore varier avec l'époque de l'année, avec l'état de la mer, avec la grandeur du bâtiment et avec la manière de prendre la température de l'eau. L'influence de l'époque de l'année résulte de la température du courant froid équatorial, qui varie suivant que le soleil échauffe depuis plus ou moins de temps l'hémisphère d'où ce courant provient

particulièrement, ainsi que nous l'avons constaté d'une manière bien manifeste pour le courant péruvien. L'état d'agitation plus ou moins grand de la mer peut influer, en mélangeant les couches superficielles avec des couches plus ou moins profondes, et par conséquent plus ou moins froides. Le même effet étant également produit par le mouvement de translation du bâtiment, le plus ou moins grand tirant d'eau de celui-ci pourra influer de la même manière. Enfin, il est possible qu'on trouve une température un peu plus élevée, en s'astreignant à ne prendre que la température de la pellicule superficielle de l'eau, si je puis m'exprimer ainsi, de la partie qui se trouve directement exposée à l'action immédiate du soleil.

D'après cela, pour arriver à des nombres parfaitement comparables entre eux, et dont la différence ne dépende que de la variation de l'intensité des rayons solaires, il serait nécessaire, ce me semble, de désigner un ou plusieurs points déterminés de la région équatoriale, de fixer l'époque de l'année, et de convenir de faire les observations à une profondeur constante, qui devra être assez grande pour qu'on n'ait pas à craindre le mélange *accidentel* de la couche correspondante avec des couches plus chaudes ou plus froides. Il faut supposer, en outre, qu'entre deux observations semblables faites à de grands intervalles, et que l'on veut comparer ensemble, la configuration du bassin des mers n'a pas changé d'une manière sensible, car, sans cela, le courant équatorial pourrait aussi avoir changé, et avec lui la température moyenne de la mer.

TEMPÉRATURES SOUS-MARINES ET GRANDES SONDES.

(*Voir le volume précédent, pag.* 385 *à* 389.)

Si la température de l'eau, à la surface de la mer, ne varie que de 2° au plus du jour à la nuit, si, entre les tropiques, elle ne varie pas de 1° de l'hiver à l'été, et si, même par 45° de latitude, elle ne varie, dans ce dernier cas, que de 4° environ, il est à croire qu'elle est très-sensiblement invariable dans le courant de l'année, à une profondeur même assez petite au-dessous de la surface; en sorte qu'à la mer comme à terre, la première couche à température invariable doit se trouver à peu de distance de la surface.

Il semblerait, d'après cela, que la détermination de la loi du décroissement de la température avec la profondeur, et aux diverses latitudes, devrait être facile à faire; et cependant il n'en est pas ainsi, à cause de la distribution et de l'ordre de superposition des courants chauds et froids qui sillonnent perpétuellement la surface et la profondeur des mers. C'est ainsi, par exemple, que, le 16 avril 1837, par 43° 47′ S., nous trouvons 2°,3 à la profondeur de 1790 mètres, la température à la surface étant de 13°,0, tandis que, le 17 janvier 1839, par la même latitude (43° 02′ S.), à la même profondeur, et la température à la surface étant également de 13°,0, nous trouvons 5°,1; diffé-

rence considérable, eu égard à la lenteur du décroissement des températures par les grandes profondeurs. Mais aussi le premier point se trouve dans le courant de masse froid des côtes du Pérou, tandis que le second se trouve dans le sud de la Nouvelle-Hollande, en un point qui doit être neutre; car la direction de la côte sud de ce continent doit s'opposer à toute propagation de courant dans le sens des méridiens, c'est-à-dire à la propagation des courants froids et chauds. De même encore, le 1^er^ mai 1839, par 25° 10′ S., nous trouvons 3°,0 à la profondeur de 1620 mètres, la surface étant à 19°,5, tandis que, le 30 septembre 1838, par 26° 53′ S., à la même profondeur, nous trouvons 5°,6, la surface étant à 19°,3. Mais aussi le premier point se trouve dans le courant de masse froid qui longe la côte d'Afrique à l'ouest du cap de Bonne-Espérance, tandis que le second se trouve en un point neutre du grand Océan, au sud du grand archipel de la Polynésie, et particulièrement au sud des îles des Amis.

L'observation du 1^er^ février 1839, comparée à celles du 30 septembre et du 17 janvier, que nous venons de citer, conduit à un résultat semblable par rapport au courant de masse froid de la côte occidentale de la Nouvelle-Hollande, car cette observation ne donne encore que 3°,0 à la profondeur de 1610 mètres, l'eau de la surface étant à 16°,7.

Dans les exemples que nous venons de citer, l'existence du courant froid à une grande profondeur se trouve établie, indépendamment du résultat thermométrique, par la faible inclinaison que la ligne de sonde

a prise malgré le transport du bâtiment par le courant supérieur; et la faible température obtenue ne fait, pour ainsi dire, que venir confirmer la réalité de cette extension du courant froid à une grande profondeur. Dans les exemples suivants, la première de ces indications manque, et l'existence d'un courant froid inférieur ne peut être conclue que du résultat thermométrique lui-même; mais ces résultats sont si tranchés, qu'il me semble impossible de ne pas croire à l'existence de ces courants sur cette seule indication.

Ainsi, le 8 février 1838, sous l'équateur, dans le grand Océan, par 0°,55 S., nous trouvons 3°,0 à une profondeur comprise entre 700 et 1790 mètres, la température à la surface étant de 26°,5, pendant qu'un courant uniquement superficiel portait le bâtiment au sud avec une assez grande vitesse; le 24 mai 1839, encore sous l'équateur, dans l'océan Atlantique, par 4° 23′ S., nous trouvons 3°,2 à la profondeur de 1840 mètres, la température à la surface étant de 27°,0, pendant que le bâtiment se trouvait porté au nord par un faible courant superficiel; enfin, le 15 mars 1839, par 29° 51′ S., nous trouvons 3°,2 à une profondeur comprise entre 930 et 1620 mètres, la température à la surface étant de 25°,6, pendant que le bâtiment se trouvait porté à l'est avec une vitesse assez considérable par un courant uniquement superficiel. En comparant ces trois résultats aux résultats obtenus dans des points très-probablement neutres, tels que ceux qui correspondent aux obser-

vations du 30 septembre, du 4 et du 7 octobre, du 14 et du 17 novembre, du 27 décembre 1838, du 17 et du 23 janvier 1839, où nous avons trouvé 5° et 6° aux mêmes profondeurs, on ne peut guère douter que les trois résultats cités n'aient été influencés par des courants froids inférieurs cachés sous des courants chauds supérieurs. La chose paraît surtout manifeste pour le premier et le troisième cas, dans lesquels la grande vitesse et la faible profondeur du courant supérieur sont établies directement par la forte inclinaison de la ligne de sonde dans une direction constante.

L'existence de ces courants superposés peut expliquer comment il se fait que souvent la direction du courant indiqué par la direction constante que prend la ligne de sonde ne coïncide pas avec celle qui résulte de l'estime de la route. On voit, en effet, que le bâtiment, et par conséquent la partie supérieure de la ligne, obéissant à l'impulsion des deux courants superposés, tandis que la partie inférieure de la ligne n'obéit qu'au seul courant inférieur, la direction que prend la ligne ne doit dépendre que du seul courant supérieur, tandis que la direction du transport du bâtiment dépend des deux, et en est la résultante. On peut expliquer ainsi les différences que nous avons si souvent signalées entre ces deux directions.

On conçoit très-bien qu'il pourrait y avoir ainsi plus de deux courants superposés, la seule condition indispensable à remplir étant que leur température soit d'autant plus basse qu'ils sont situés plus profondément. On conçoit, par exemple, que, sous l'équateur, dans

le grand Océan, il puisse y avoir au-dessous du courant froid péruvien un courant encore plus froid provenant des courants qui se portent directement des pôles vers l'équateur en suivant le fond de la mer ; en sorte qu'on pourrait trouver d'abord un premier courant uniquement superficiel, dirigé, par exemple, du nord au sud, comme nous l'avons trouvé à la date des 7 et 8 février 1839, puis au-dessous le courant péruvien, et puis, encore plus bas, le courant polaire inférieur. On serait même tenté de croire qu'il en est réellement ainsi, en comparant l'observation du 7 février à celle du 8, si les profondeurs, dans ces deux observations, n'étaient pas aussi incertaines ; car l'observation du 7 donne une température de 7°,2 à une profondeur comprise entre 520 et 810 mètres ; et celle du 8 donne une température de 3°,0 seulement à une profondeur comprise entre 700 et 1790 mètres; et la différence 4°,2 de ces deux températures paraît hors de proportion avec la différence des profondeurs.

Les deux observations du 24 mai 1839, faites également sous l'équateur, mais dans l'océan Atlantique, semble devoir conduire à une conclusion semblable; car l'une a donné une température de 4°,3 à une profondeur comprise entre 1570 et 1950 mètres, tandis que l'autre a donné seulement 3°,2 à une profondeur comprise entre 1840 et 1950 mètres, ce qui fait une différence encore très-considérable, eu égard à la différence des profondeurs.

Les deux observations des 11 et 14 février 1839, faites dans l'ouest de la Nouvelle-Hollande, donnent

également une différence considérable de température (1°,5), quoique les profondeurs soient sensiblement les mêmes (à un cinquantième près); mais, comme ces deux points se trouvent sur la limite du courant froid des côtes occidentales de la Nouvelle-Hollande, il faut sans doute voir dans ce résultat un effet de ce courant.

Nous avions cru d'abord (voir page 40) pouvoir conclure de la comparaison des deux observations faites les 15 et 23 mars 1839, que le courant chaud des Aiguilles était un courant de masse; mais cette conclusion n'est plus légitime du moment que nous admettons l'existence d'un courant froid inférieur dans l'observation du 15 mars; et l'on peut conclure seulement de cette comparaison que le courant chaud supérieur s'étend beaucoup plus profondément dans la position du 23 mars que dans celle du 15, car la température 4°,2, trouvée le 23 mars, est elle-même assez faible pour faire supposer qu'en ce point il existe aussi un courant inférieur froid.

En aucun point, nos sondes thermométriques n'ont pu être assez multipliées sur la même verticale pour qu'on puisse en déduire la loi du décroissement de la température avec la profondeur. Cette loi paraît, du reste, très-variable : nous trouverions, en effet, que, dans les points regardés plus haut comme neutres, la diminution est d'environ 1° pour 130 mètres, jusqu'à la profondeur de 1000 mètres, mais que, passé cela, la température reste constante et comprise entre 5 et 6 degrés (ce qui assimilerait ces points à ceux d'une

mer méditerranée); tandis que dans le courant péruvien, sur les côtes du Chili, la diminution serait quatre fois plus lente de 1° pour 540 mètres environ, mais aussi elle s'étendrait beaucoup plus profondément.

Ce n'est guère que dans une expédition scientifique, à bord d'un bâtiment muni d'instruments et d'appareils convenables, que cette intéressante question de physique terrestre pourra être résolue; car un bâtiment de guerre est toujours trop pressé par les circonstances pour pouvoir y consacrer tout le temps nécessaire. Ce genre d'observation serait du reste considérablement simplifié si l'on parvenait à faire des thermométrographes qui pussent supporter sans dérangement les grandes pressions de l'eau et prendre promptement la température des couches dans lesquelles on les porte. On pourrait peut-être arriver à ce résultat au moyen de thermomètres métalliques à doubles lames soudées ensemble, en donnant à ces lames une assez forte épaisseur.

La température 1°,7 (qui se réduit à 1°,4 quand on a fait la correction des trois dixièmes du degré dont tous nos résultats thermométriques sont affectés), trouvée par nous sous l'équateur, par moins de 3740 mètres de profondeur, est très-remarquable, et prouve évidemment une communication directe et sous-marine des mers polaires avec les mers équatoriales. La comparaison de cette température à celle qu'on trouverait à terre, à la même profondeur, et qu'on peut évaluer à 150° environ, fait voir quelle perturbation considérable la présence de la mer apporte dans la régularité

des surfaces isothermes du globe. Si l'on s'élevait au-dessus du niveau de la mer de la même quantité environ que ce point se trouve abaissé au-dessous, on retrouverait sensiblement la même température de 1°,4; en sorte que les deux nappes de la surface isotherme de 1°,4 se trouvent, dans ces parages, éloignées l'une de l'autre de deux lieues de poste environ.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS DIVERSES FAITES DANS LES DIVERSES RELACHES.

(*Voir le volume précédent, pag.* 390 *à* 424.)

PARIS.

N'ayant reçu que le 5 décembre l'ordre d'embarquer sur la *Vénus*, qui devait partir de Brest du 15 au 20 du même mois, il me fut impossible de vérifier à Paris, avant le départ, les nombreux instruments que nous devions emporter, et qui, malgré toute la diligence des artistes, ne purent être prêts que le 14, veille de mon départ. Quelques-uns même ne me furent remis qu'au moment de monter en voiture. Et c'est là une chose fâcheuse, qu'il serait cependant bien facile d'éviter, puisqu'il suffirait, pour cela, que le dépôt de la marine pût faire ses acquisitions à l'avance et pût faire réparer les instruments au fur et à mesure qu'ils

rentrent; de manière à avoir toujours un assortiment complet d'instruments en bon état, bien vérifiés, bien comparés et prêts à partir, comme cela se fait pour les montres marines. On y trouverait peut-être de l'économie, et bien certainement le service scientifique actif dont les ingénieurs hydrographes sont chargés à bord des bâtiments de l'État y gagnerait beaucoup.

Ce défaut d'observation avant notre départ de Paris explique comment nous avons dû avoir recours à l'obligeance de M. Lottin, membre de la commission scientifique du Nord, et pourquoi nous avons fait usage du résultat des observations d'intensité magnétique que cet officier avait faites lui-même à Paris, deux mois auparavant, à son retour d'Islande, avec les deux mêmes aiguilles que nous emportions.

Au reste, à cause de la grande perte d'intensité qu'ont éprouvée ces deux aiguilles, dans le trajet de retour de Brest à Paris, par les voitures publiques, il conviendrait, je crois, de n'avoir aucun égard aux observations faites à Paris, et de rapporter tout à Brest, en prenant, pour représenter l'intensité de la force magnétique dans cette localité, le nombre 1,365, que lui assignent les observations du savant capitaine Duperrey. Ce qui revient à remplacer, dans la formule dont nous avons fait usage, la valeur 5,13009 de la constante K par le nombre 5,09633, c'est-à-dire à diminuer toutes les intensités obtenues avec notre aiguille n° 1, de la 152^{me} partie de leur valeur.

Je rappellerai, à cette occasion, ce que j'ai dit (3^{me} volume, page 206), sur la nécessité d'avoir à Brest et

à Toulon, d'où partent ordinairement nos expéditions scientifiques, des aiguilles d'intensité magnétique stationnaires dont les marches seraient bien suivies, que l'on comparerait souvent, mais indirectement, aux aiguilles de l'Observatoire de Paris, et auxquelles on comparerait les aiguilles emportées dans les diverses expéditions, au départ et au retour de ces expéditions. Par ce moyen, quels que fussent les effets du transport des aiguilles par les voitures publiques, on serait assuré d'emporter des aiguilles bien comparées, et l'on ne courrait pas le risque de perdre le fruit de nombreuses observations, faute de bonnes comparaisons.

BREST.

Parti de Paris le 15 décembre 1836, j'arrivai le 20 à Brest, où le mauvais temps retenait la *Vénus*, dont le départ fut encore, par la même cause, retardé jusqu'au 29 du même mois.

Le 24, j'essayai d'observer l'inclinaison de l'aiguille aimantée, sur la terrasse occidentale de l'Observatoire, mais, pendant que j'étais occupé à changer les pôles de l'aiguille, le vent, par sa violence, renversa l'instrument, qui éprouva, dans cet accident, des dommages graves, et fut mis hors de service. Toutefois, grâce à l'extrême obligeance de M. Guéprate, qui voulut bien user de son influence pour le faire réparer promptement, je pus encore faire des observations avant le départ de Brest, et emporter un instrument en bon

état ; et c'est avec plaisir que je saisis cette occasion d'en témoigner ma vive reconnaissance au vénérable directeur de l'Observatoire de Brest.

—En examinant avec attention la série d'opérations par laquelle on détermine l'inclinaison magnétique dans un plan vertical donné, on s'aperçoit facilement qu'elle ne conduit pas nécessairement à une compensation parfaite des erreurs, à une valeur exacte de l'inclinaison cherchée. Il est même facile de s'assurer qu'il est impossible d'en déduire rigoureusement le résultat exact, et que les quatre observations que l'on fait dans ce plan, avant et après le changement de face, avant et après le changement des pôles, sont insuffisantes pour cela. En effet, ces quatre observations ne fournissent que quatre équations, tandis qu'il y a réellement six inconnues, savoir : 1° l'angle que la ligne qui joint les pointes de l'aiguille fait avec la ligne qui joint les pôles; 2° le même angle, après le changement des pôles; 3° l'intensité de la force magnétique, avant le changement des pôles; 4° la même intensité, après ce changement; 5° l'angle que la ligne des pointes fait avec la ligne qui joint le centre de rotation au centre de gravité de l'aiguille; 6° enfin, l'inclinaison cherchée. Nous supposons, d'ailleurs, qu'on néglige l'influence du frottement du pivot sur les agates.

On voit par là qu'il est impossible d'obtenir, par cette méthode, la valeur de l'inclinaison dans un plan donné, sans faire *a priori* deux suppositions gratuites : telles que l'égalité des intensités, avant et après le changement des pôles, et l'égalité des angles que la

ligne des pôles fait avec la ligne des pointes, avant et après ce même changement.

On voit que le changement des pôles introduit en réalité autant de nouvelles inconnues que de nouvelles équations, et n'avance pas ainsi la solution mathématique de la question. Cette opération, compliquant l'observation, et n'étant pas d'ailleurs indispensable pour calculer avec exactitude l'inclinaison dans le plan du méridien magnétique, me semble devoir être supprimée. On devrait, je crois, ne jamais changer les pôles des aiguilles, mais déterminer pour chacune d'elles, et une fois pour toutes, l'angle que la ligne des pointes fait avec la ligne des pôles, et l'angle que cette même ligne des pointes fait avec la *ligne des centres* (ligne qui joint le centre du tourillon au centre de gravité de l'aiguille). Il est d'ailleurs facile de voir que cette détermination peut se faire en tout lieu par quatre observations faites dans quatre plans verticaux quelconques connus de position les uns par rapport aux autres.

En effet, soient :

I' l'inclinaison inconnue dans le premier plan vertical, qui fait un angle inconnu θ avec le plan du méridien magnétique;

I'' l'inclinaison inconnue dans le second plan, qui fait un angle connu α avec le premier;

I''' l'inclinaison inconnue dans le troisième plan, qui fait l'angle connu β avec le premier;

I'''' l'inclinaison inconnue dans le quatrième plan, qui fait l'angle connu γ avec le premier.

Soient, de plus :

φ' la demi-somme des angles observés dans le premier plan avant et après le changement de face, et ψ' leur différence ;

φ'' et ψ'' les quantités analogues relatives au second plan ;

φ''' et ψ''' les quantités analogues relatives au troisième plan ;

Et φ'''' et ψ'''' les quantités analogues relatives au quatrième plan.

Soient enfin :

I l'inclinaison véritable et inconnue dans le plan du méridien magnétique ;

λ l'angle que la ligne des pointes fait avec la ligne des pôles ;

Et δ l'angle que la même ligne des pointes fait avec la ligne des centres :

On a, pour déterminer les huit inconnues I, λ, δ, θ, I', I'', I''', I'''', les huit équations :

$$(1)\quad \text{Tang. I} = \text{tang. I}' \cos.\ \theta = \text{tang. I}'' \cos.\ (\alpha - \theta) = \\ = \text{tang. I}''' \cos.\ (\beta - \theta) = \text{tang. I}'''' \cos.\ (\gamma - \theta)$$

$$(2)\quad \text{Tang. } (\text{I}' - \varphi') = \frac{\text{tang. } (\psi' + \lambda)}{\text{tang. } \varphi' \text{ . tang. } (\psi' + \delta)}$$

$$(3)\quad \text{Tang. } (\text{I}'' - \varphi'') = \frac{\text{tang. } (\psi'' + \lambda)}{\text{tang. } \varphi'' \text{ . tang. } (\psi'' + \delta)}$$

$$(4)\quad \text{Tang. } (\text{I}''' - \varphi''') = \frac{\text{tang. } (\psi''' + \lambda)}{\text{tang. } \varphi''' \text{ . tang. } (\psi''' + \delta)}$$

$$(5)\quad \text{Tang. } (\text{I}'''' - \varphi'''') = \frac{\text{tang. } (\psi'''' + \lambda)}{\text{tang. } \varphi'''' \text{ . tang. } (\psi'''' + \delta)}$$

On élimine facilement de ces équations les six inconnues $I, \theta, I', I'', I''', I''''$, en prenant les valeurs de tang. θ dans les équations (1), et remplaçant les rapports $\frac{\text{tang. } I'}{\text{tang. } I''}, \frac{\text{tang. } I'}{\text{tang. } I'''}, \frac{\text{tang. } I'}{\text{tang. } I''''}$ par leurs valeurs tirées des équations (2), (3), (4) et (5); et l'on n'a plus alors que deux équations, dans lesquelles il ne reste que les deux seules inconnues λ et δ. Il est vrai qu'elles y sont fortement engagées, et que la détermination de leur valeur numérique présente encore de grandes difficultés; mais on peut simplifier considérablement la recherche de ces valeurs par la considération de la petitesse habituelle des angles ψ et λ, qui permet de négliger, dans une première approximation, les produits et les carrés des tangentes de ces petits angles. On élimine alors facilement l'angle λ, et il ne reste plus qu'une seule équation en δ, que l'on résout par les moyens ordinaires. On obtient ensuite facilement toutes les autres inconnues.

Au reste, il sera beaucoup plus simple, dans la pratique, de déterminer les deux angles constants λ et δ au moyen d'observations faites dans un lieu où l'inclinaison soit bien connue d'avance, et dans deux azimuths également connus; car dès lors les angles I' et I'' étant aussi connus, les équations (2) et (3) déterminent immédiatement les valeurs de tang. $(\psi' + \lambda)$ et tang. $(\psi' + \delta)$, et par suite celles de λ et δ, au moyen de la résolution d'une simple équation du second degré, et sans rien préjuger d'avance sur la grandeur des angles ψ et λ.

Il est clair qu'une fois ces deux angles constants

déterminés pour une aiguille, les mêmes équations (2) et (3), jointes aux deux premières équations (1), suffiront pour déterminer *exactement* l'inclinaison dans un autre lieu quelconque où l'on aura fait des observations dans deux plans quelconques *sans changer les pôles de l'aiguille;* car les équations (2) et (3) feront connaître immédiatement les valeurs exactes des inclinaisons I′ et I″ dans les deux plans verticaux dans lesquels on a observé, et les équations (1) feront alors connaître l'inclinaison véritable I dans le plan du méridien magnétique.

On rend ces dernières équations calculables par logarithme en les mettant sous la forme :

$$\text{Tang. } I = \text{tang. } I' \text{ cos. } \theta = \text{tang. } I'' \text{ cos. } (\alpha - \theta)$$

$$\text{Tang. } \theta = \frac{\text{tang. } I'}{\text{tang. } I''} \quad \frac{\text{cos. } 2z}{\text{cos. }^2 z \text{ sin. } \alpha} = \frac{\text{cos. } 2z}{\text{sin. }^2 z \text{ tang. } \alpha}$$

$$\text{Tang. } z = \sqrt{\frac{\text{tang. } I''}{\text{tang. } I'} \text{ cos. } \alpha}$$

quand les deux plans verticaux dans lesquels on a observé sont, comme c'est l'ordinaire, rectangulaires entre eux, $\alpha = 90°$, $z = 0$; et ces formules se réduisent aux formules connues employées dans pareil cas.

On voit qu'une fois les angles λ et δ déterminés, on peut, sans changer les pôles, et par conséquent avec un nombre d'opérations moitié moindre, trouver en tout lieu la valeur exacte de l'inclinaison dans un plan vertical donné; ce qu'il n'est pas possible de faire par la méthode ordinaire, dans laquelle on change les pôles.

L'expression analytique de l'erreur commise dans l'emploi de cette dernière méthode se déduit, du reste, facilement de la formule (2), appliquée successivement aux deux observations faites, dans le plan donné, avant et après le changement des pôles; et l'on voit, par ce calcul, que cette erreur n'est pas *nécessairement moindre après le changement* qu'avant. On voit, de plus, que le calcul de cette erreur, qui nécessiterait non-seulement la connaissance des valeurs de λ et δ, avant le changement des pôles, mais encore celle de leurs valeurs après ce changement, serait plus compliqué que le calcul direct de l'inclinaison tel que nous le proposons; en sorte que cette méthode, compliquant inutilement et les observations et les calculs, me semble devoir être abandonnée.

— La différence entre les deux nombres que nous trouvons, pour représenter à Brest l'intensité de force magnétique au départ et au retour, est beaucoup trop considérable pour qu'elle puisse être attribuée en totalité, soit à la différence des températures, soit à la différence des époques de l'année auxquelles les deux observations ont été faites. Il faut nécessairement admettre que notre aiguille n° 1 a perdu de sa force magnétique dans le cours du voyage, et que cette perte a été considérable : un vingtième environ.

On répartit ordinairement d'une manière uniforme la perte éprouvée par les aiguilles, sur toute la durée du temps pendant laquelle cette perte est supposée s'être opérée, et l'on corrige d'après cela les divers résultats obtenus dans cet intervalle; ce qui revient à

supposer que la perte de force magnétique s'est faite d'une manière uniforme et continue, pendant tout l'intervalle de temps qui sépare les deux observations extrêmes. Cette supposition n'est cependant motivée sur aucune donnée réelle, et il est au contraire très-probable que la perte totale résulte de pertes partielles plus ou moins brusques. C'est, du moins, ce qu'on peut conclure de la comparaison des résultats fournis par nos deux aiguilles durant la campagne, ainsi que nous aurons plusieurs fois l'occasion de le faire remarquer dans la suite; et c'est aussi la conclusion à laquelle conduit l'examen des causes déjà connues des variations du magnétisme des aiguilles. Ces causes, en effet, sont, d'un côté, les variations de température, de l'autre, les mouvements moléculaires intimes qui ont lieu dans les aiguilles, joints à l'influence de l'orientation de celles-ci, par rapport à la direction de la force magnétique du globe en chaque lieu. Or, dans un long voyage, ces causes n'agissent qu'accidentellement, et non d'une manière permanente; il se peut même qu'elles agissent tantôt dans un sens, tantôt en sens contraire, et elles ne peuvent, par conséquent, pas produire une perte uniformément progressive. Toutefois, comme on ignore généralement et les époques et les grandeurs des pertes partielles, la supposition d'une perte uniformément progressive est la plus simple qu'on puisse admettre, et elle doit conduire à des résultats généralement plus exacts que la supposition d'une perte nulle.

Nous avons cru, cependant, devoir donner les ré-

sultats tels que nous les avions obtenus directement, sans aucune correction, soit relativement à la perte de magnétisme éprouvée par les aiguilles, soit relativement aux différences de température, afin de ne pas altérer les nombres, et de laisser ainsi chacun libre de faire ces corrections de la manière qui pourra lui paraître la plus convenable.

Toutefois, comme on peut désirer connaître les résultats ainsi corrigés, nous en donnons ici le tableau, en les rapprochant, et des résultats primitifs, et de ceux que le savant capitaine Duperrey a obtenus par une méthode de correction un peu différente de la nôtre, et qu'il a eu l'extrême obligeance de nous communiquer :

Noms des lieux.	Résultats anciens.	Résultats corrigés.	Résultats corrigés par M. Duperrey.
Paris.	1,348	1,348	1,34824
Brest (départ). . . .	1,381	1,365	1,36495
Id. (retour). . . .	1,307	1,365	1,36495
Ténériffe.	1,307	1,309	1,30153
Rio-Janeiro.	0,862	0,862	0,85904
Valparaiso (1re relâche).	1,126	1,127	1,12296
Id. (2e relâche).	1,123	1,146	1,12543
Id. id. (Fort-Louis).	1,113	1,138	1,12404
Callao (1re relâche). . .	0,975	0,980	0,97461
Id. (2e relâche). . .	0,963	0,986	0,97356
Iles Sandwich.	1,147	1,158	1,15095
Kamtschatka.	1,476	1,485	1,47530
Montérey.	1,565	1,583	1,57135
Baie de la Madeleine. . .	1,428	1,448	1,43566
Mazatlan.	1,414	1,433	1,42342
San-Blas.	1,414	1,436	1,42220
Acapulco.	1,309	1,332	1,31914

Noms des lieux.	Résultats anciens.	Résultats corrigés.	Résultats corrigés par M. Duperrey.
Payta.	0,997	1,022	1,00994
Iles Galapagos. . . .	1,034	1,059	1,04785
Iles Marquises. . . .	1,050	1,082	1,07176
Ile Taïti.	1,111	1,145	1,13509
Id. (pointe Vénus). .	»	»	1,14573
Nouvelle-Zélande. . .	1,525	1,570	1,55870
Port-Jackson.	1,629	1,679	1,67050
Ile Bourbon.	1,144	1,191	1,18930
Cap de Bonne-Espérance.	0,978	1,016	1,01626
Ile Sainte-Hélène. . . .	0,806	0,841	0,84187
Ile de l'Ascension. . . .	0,818	0,855	0,85606

Il y aurait encore d'autres corrections à faire pour ramener toutes les observations à la même époque de l'année et au même instant du jour, corrections qui peuvent influer sur la valeur du troisième chiffre décimal ; mais on manque encore des éléments nécessaires pour les calculer.

— La force magnétique de notre aiguille n° 2 a trop varié (sa perte a été d'un cinquième environ), et varié trop irrégulièrement, pour qu'on puisse avoir la moindre confiance dans les résultats qu'elle a fournis. Et bien évidemment, si nous n'avions eu que cette aiguille à notre disposition, il eût été tout à fait impossible de tirer parti de nos observations d'intensité.

Si, pour éviter les variations de la force magnétique des aiguilles, il faut maintenir celles-ci à une température constante, les mettre à l'abri de toute secousse, de toute vibration, les tenir constamment dans la direction de la force magnétique du globe, on doit évidemment renoncer à y parvenir dans un long voyage.

Je crois encore aujourd'hui, comme en 1836 (voir les notes mises à la suite des *Instructions nautiques sur les côtes de l'Algérie*, page 221), qu'il serait possible de déterminer en tout lieu et à toute époque l'intensité de la force magnétique du globe (l'intensité absolue), en n'employant à cette détermination que des barreaux de fer doux.

Cette méthode est basée sur ce fait, qu'un barreau de fer doux, placé dans la direction de la force magnétique du globe, s'aimante par induction, et que la force magnétique qu'il acquiert ainsi est nécessairement proportionnelle à la force inductive, c'est-à-dire proportionnelle à la force magnétique du globe dans le lieu où l'on opère; en sorte qu'il suffit de mesurer la force magnétique du barreau de fer doux, dans cette position, pour pouvoir en conclure celle du globe lui-même.

Si, comme cela est probable, la température du barreau avait une influence sur le degré de la force magnétique qu'il acquiert par induction, on pourrait s'astreindre à lui donner toujours la même température au moment de l'observation, ou bien on déterminerait préalablement la loi de cette influence par des observations faites dans ce but.

TÉNÉRIFFE.

L'observation de l'intensité a présenté dans cette localité une circonstance singulière qu'il n'est peut-

être pas inutile de faire remarquer ici : c'est un décroissement extrêmement rapide des amplitudes des oscillations de l'aiguille. Ainsi, tandis qu'à Brest l'aiguille faisait 260 oscillations en passant de l'amplitude de 6°,7 à celle de 2°,0, à Ténériffe elle n'en faisait plus que 120 (pas tout à fait la moitié); et cependant la force réelle qui faisait osciller l'aiguille était plus grande à Ténériffe qu'à Brest.

Surpris d'un décroissement aussi rapide, j'essuyai à plusieurs reprises le limbe de l'instrument et les pointes de l'aiguille, dans la crainte que quelque poussière invisible n'y adhérât, et ne s'opposât par son frottement au libre mouvement de l'aiguille; mais le résultat fut toujours le même, et, pressé par le temps, j'ai dû faire l'observation dans cet état de chose.

Il m'est impossible d'assigner la cause réelle de ce phénomène, dont on retrouve également des traces dans d'autres localités; car le nombre des oscillations faites entre deux valeurs données d'amplitude est loin d'être toujours le même, mais nulle part il ne s'est montré avec une intensité aussi considérable. Faut-il admettre que, malgré les nettoyages réitérés, quelque fétu invisible et fortement adhérent s'opposait par son frottement au mouvement de l'aiguille? C'est encore ce qu'il y a de plus simple, car on ne peut ici invoquer la puissance sédative découverte par M. Arago dans les corps conducteurs. L'on ne peut pas non plus, après l'ingénieuse explication donnée par M. Faraday du phénomène découvert par M. Arago, attribuer une pareille puissance au sol de la localité; et l'on ne peut

d'ailleurs, sur une observation aussi imparfaite, baser l'existence d'une action toute nouvelle et jusqu'ici inconnue; il faudrait pour cela des observations beaucoup plus précises et plus multipliées; en sorte que l'explication donnée paraît encore la plus plausible.

RIO-JANEIRO.

La longitude, que nous donnons d'après l'observation de l'immersion de δ du Bélier, ayant été calculée, pendant la campagne, avec les données de la *Connaissance des temps*, aura sans doute besoin d'être recalculée avec les positions corrigées du lieu de la lune, et c'est pour cela que nous avons placé à côté l'heure de l'observation en temps moyen du lieu.

L'instant de la disparition de l'étoile a été bien saisi par M. Lefebvre et par moi; car, quoique comptant à des montres différentes, nous avons obtenu la même fraction de seconde. Le temps a été d'ailleurs très-favorable; les montres avaient été réglées immédiatement avant l'observation par des hauteurs absolues d'étoiles; en sorte que l'observation nous paraît devoir être bonne.

L'émersion n'a pu être observée, parce que l'astre s'est trouvé trop rapproché de l'horizon au moment où elle a dû avoir lieu.

—Nous avons dû profiter de notre premier séjour à terre pour vérifier les divers instruments qui nous avaient été confiés. Le théodolite, qui devait servir

dans toutes les relâches à nos observations astronomiques, a dû être soumis le premier à notre examen. Il fut trouvé en très-bon état ; mais il manquait de deux objets de détail essentiels, de verres colorés et d'un système commode d'éclairage des fils pour les observations de nuit. Nous reconnûmes, en outre, dans la graduation de l'un des verniers, une erreur assez singulière, dont il fut toutefois facile de tenir compte dès que nous en eûmes trouvé la véritable cause.

Pendant la première journée, il nous fut impossible d'observer, par suite des variations continuelles et considérables qu'éprouvait le trépied en bois sur lequel était posé l'instrument. L'humidité du bord avait tellement imprégné le bois de ce trépied, qu'il ne cessa, sous l'action d'un soleil ardent, de jouer et de se déformer tellement, que le niveau était toujours en mouvement et changeait brusquement, selon que l'ombre de l'observateur abritait tel ou tel pied.

Les deux séries d'observations faites pour déterminer la valeur des divisions du niveau de l'instrument se sont assez bien accordées pour qu'il n'ait pu rester aucun doute sur l'exactitude de cette détermination. On sait, du reste, que cette valeur n'est pas tout à fait constante, mais qu'elle varie un peu avec les changements de forme que la chaleur fait éprouver à la monture du niveau.

C'est toujours au moyen de hauteurs absolues des astres que nous avons déterminé l'heure pour régler les montres, les instruments et les tables étant aujourd'hui assez parfaits pour qu'on puisse en agir ainsi.

C'est par des hauteurs circumméridiennes du soleil ou d'étoiles, ou par des hauteurs des circumpolaires hors du méridien, que nous avons déterminé les latitudes.

Nous avons fait quelques essais pour déterminer les longitudes, au moyen du théodolite, par la mesure simultanée des différences d'azimuths de la lune et des étoiles, et des hauteurs de ces astres ; et nous sommes restés convaincus que cette méthode est très-praticable. On conçoit, en effet, que les hauteurs observées puissent être ramenées à ce qu'elles auraient été si on les eût prises au moment même de la mesure de la différence des azimuths. Et alors, connaissant les hauteurs des deux astres et leur différence d'azimuths, pour un instant donné, on peut en conclure leur distance angulaire, et, par suite, la longitude du lieu d'observation, par la méthode ordinaire des distances lunaires.

Nous avons essayé également de faire servir cet instrument à l'observation des culminations lunaires, et nous croyons qu'il peut très-bien recevoir cette destination, pourvu qu'on ait la précaution de placer à une certaine distance un signal de nuit fixe, pour servir de point de repère au moyen duquel on puisse maintenir le limbe vertical constamment dans le plan du méridien astronomique. En réduisant le signal à un point lumineux au moyen d'une lentille, il pourrait être placé assez près de l'observateur pour être toujours à sa portée, ce qui faciliterait beaucoup les observations.

— Les marées, dans la baie de Rio-Janeiro, sont assez régulières, quoique faibles. Les différences de niveau entre les hautes et les basses mers des syzygies

ne dépassent guère un mètre, et cependant, ces marées donnent lieu à des courants assez forts à l'entrée de la baie. Cela tient évidemment à l'immense étendue de cette magnifique baie et au peu de largeur relative de son entrée, qui font que le niveau ne peut varier d'un mètre sur toute l'étendue de la baie, sans donner lieu à l'écoulement d'une énorme masse d'eau par son ouverture rétrécie. Mais, s'il est facile d'assigner ainsi la cause générale du phénomène, il l'est beaucoup moins d'entrer dans les détails. Il est évident, cependant, qu'étant donné la marée à l'entrée d'une baie, ainsi que les dimensions de cette baie et celle de son goulet, tous les mouvements de l'eau dans la rade et dans le goulet sont complétement déterminés et doivent pouvoir être calculés. La solution du problème d'hydrodynamique auquel on se trouve ainsi amené, serait d'un intérêt assez grand pour la navigation, et conduirait à des applications assez utiles pour mériter, je crois, d'être recherchée.

—Comme l'a dit avec juste raison l'illustre M. Arago dans son mémorable rapport, la température de l'eau des puits et des sources doit souvent porter l'empreinte de la température d'origine de cette eau, et l'on ne doit pas toujours prendre cette température comme une valeur approchée de la température moyenne du lieu. Cependant, si le renouvellement de l'eau est très-lent, si elle séjourne longtemps à la même profondeur, et si cette profondeur n'est ni trop grande ni trop petite, on peut encore se faire une idée assez juste de la température moyenne du lieu d'après celle de cette

eau. Ainsi, par exemple, il paraît difficile de ne pas conclure des diverses températures de puits et de sources que nous avons mesurées à Rio-Janeiro, que la température moyenne de cette localité s'éloigne peu de 23° à 24°.

— Nous avons cru devoir rapporter les résultats que nous avons obtenus en exposant au soleil des thermomètres vêtus de blanc et de noir, quoiqu'il nous paraisse bien difficile de conclure quelque chose de positif de ces observations. Si on laisse, en effet, les thermomètres exposés à l'air libre, cet air les refroidit, et les refroidit très-inégalement, à cause de leur grande différence de température; si on les met à l'abri du contact direct de l'air au moyen d'une enveloppe transparente, cette enveloppe (si elle est en verre) laisse passer, en très-grande quantité, la chaleur qui accompagne les rayons lumineux du soleil, mais elle arrête presque en totalité la chaleur obscure qui émane des thermomètres eux-mêmes et la renvoie vers eux; de manière que leur température s'élève beaucoup plus qu'elle ne l'eût fait sans cela; en sorte que, dans aucun des deux cas, on n'obtient la température véritable que prendraient les thermomètres sous l'action seule du soleil direct et du rayonnement des corps environnants. Il me semble, toutefois, que, s'il fallait faire un choix, on devrait préférer les observations faites avec les thermomètres abrités.

— Nulle part le défaut d'une tente spéciale pour les observations de la variation diurne de la déclinaison de l'aiguille aimantée et d'un socle pour recevoir

l'instrument, ne s'est fait sentir avec plus de force que dans cette relâche. Il en est résulté que des objets en fer se sont trouvés trop rapprochés de l'instrument, et que celui-ci, posé sur une base trop peu solide, s'est dérangé pendant la durée des observations. Malgré cela, je ne pense pas qu'on doive attribuer à ces défauts seuls l'anomalie complète que les mouvements de l'aiguille nous ont présentée dans cette localité. La courbe qui les représente (voir à la fin du tableau graphique, vol. précédent, page 436) offre, il est vrai, des irrégularités qui sont évidemment dues à ces défauts d'installation, mais on ne peut guère, ce me semble, leur attribuer les grandes ondulations si prononcées et presque symétriques de cette courbe. En la comparant aux autres courbes, on voit qu'elle n'offre aucune analogie de forme avec elles ; et c'est ce qui nous l'a fait rejeter à la fin du tableau, hors de la place qu'elle aurait dû occuper d'après la latitude magnétique du lieu d'observation.

Rio-Janiero est, de tous les points où nous avons observé la variation diurne de la déclinaison, celui où l'amplitude de cette variation, rapportée à la direction de la force magnétique, est la plus grande. Pour bien comprendre ce que nous appelons *amplitude rapportée*, il faut se représenter une aiguille entièrement libre, suspendue par son centre de gravité, supposer que, par ce centre qui reste fixe, et par la pointe qui se déplace dans la journée, on fasse constamment passer un plan vertical (c'est le mouvement de ce plan qu'on suit au moyen de l'aiguille horizontale), et imaginer que, dans

chacune des deux positions extrêmes de ce plan, on trace une ligne sous l'inclinaison moyenne du lieu; c'est l'angle de ces deux lignes ainsi tracées que nous appelons *amplitude rapportée :* c'est en effet l'angle dont se déplacerait l'aiguille libre, si, outre le mouvement diurne de déclinaison, elle n'avait pas un petit mouvement, également diurne, d'inclinaison dans le plan vertical lui-même. On obtient cet angle, toujours très-petit, en multipliant l'amplitude horizontale observée par le cossinus de l'inclinaison de la force magnétique.

Il est évident que, pour pouvoir déduire quelque chose de la comparaison des résultats obtenus, il faut rapporter ainsi tous les mouvements observés à ceux de l'aiguille libre qui seuls font connaître les variations réelles de la direction de la force magnétique; car, sans cela, par la seule différence des inclinaisons dans les divers lieux, une variation de même amplitude dans la direction de la force magnétique produirait des variations d'amplitudes les plus dissemblables dans la déclinaison de ces divers lieux. Ainsi, par exemple, dans le voisinage des pôles magnétiques, une petite déviation de la force magnétique dans la direction perpendiculaire au méridien, peut se traduire par une déviation considérable, de plusieurs degrés, dans la direction de l'aiguille horizontale, tandis que, dans le voisinage de l'équateur magnétique, la déviation de cette dernière aiguille est simplement égale à celle de la force magnétique elle-même.

En rapportant ainsi toutes les amplitudes que nous

avons observées à la direction de la force magnétique, on trouve qu'elles ne vont plus en décroissant régulièrement des pôles vers l'équateur magnétique, et qu'il n'y a plus de relation apparente entre cette amplitude et la latitude magnétique du lieu. Ainsi, nous trouvons à Rio-Janeiro, par 6°45′ de latitude magnétique Sud, une *amplitude rapportée* de 10′ 03″, tandis qu'au Kamtschatka, par 45°49′ de latitude magnétique Nord, nous trouvons seulement 4′17″ ; ainsi encore, aux îles Galapagos, sous l'équateur terrestre, par 4°07′ de latitude magnétique Nord, nous trouvons 4′09″ pour l'amplitude rapportée, tandis qu'à la baie de la Madeleine, par 31°26′ de latitude magnétique Nord, nous trouvons seulement 3′26″.

Du moment où les amplitudes des déviations de la force magnétique perpendiculairement au méridien magnétique ne vont plus en décroissant régulièrement des pôles vers l'équateur, on n'est plus en droit de conclure rigoureusement qu'il existe nécessairement, entre les deux hémisphères magnétiques, une ligne sur laquelle la variation diurne de la déclinaison doive être nulle; quoique d'ailleurs les mouvements de cette aiguille, dans les latitudes moyennes de ces deux hémisphères, s'exécutent aux mêmes heures dans des directions opposées. Il est évident, en effet, que la transition de l'un de ces états à l'état opposé, à mesure qu'on passe d'un hémisphère à l'autre, peut se faire aussi par un déplacement graduel des heures critiques auxquelles la direction du mouvement change. Et la réalité de ce dernier mode de transition qui *a priori*

est aussi possible que l'autre, me paraît indiquée avec beaucoup de vraisemblance par la succession régulière des courbes de notre tableau graphique.

Ce résultat nouveau nous paraît important ; et si nos observations seules ne suffisent pas pour le mettre complétement hors de doute, elles nous semblent l'indiquer avec une probabilité assez grande pour mériter d'attirer l'attention des savants.

— Au lieu d'observer la variation diurne de l'aiguille horizontale, pour en déduire ensuite la variation de la force magnétique dans le sens perpendiculaire au méridien magnétique, il vaudrait mieux, et il serait tout aussi facile, je crois, d'observer directement les déplacements d'une aiguille entièrement libre suspendue par son centre de gravité, de manière à avoir en même temps le changement de direction de la force magnétique dans le sens du méridien magnétique et dans le sens perpendiculaire à ce méridien, et à pouvoir ainsi tracer la base de la surface conique que décrit réellement dans la journée la direction de cette force.

Qu'on se représente une aiguille d'inclinaison ordinaire, portée sur ses agates, et ces agates, formant entre elles un système rigide, suspendues elles-mêmes librement à un fil sans torsion, et l'on verra qu'il suffirait de suivre les mouvements de l'une des pointes de l'aiguille avec un microscope muni de deux vis de rappel et de deux verniers rectangulaires entre eux, pour pouvoir tracer la courbe que décrit cette pointe dans la journée, c'est-à-dire pour pouvoir tracer la

base de la surface conique que décrit réellement la direction de la force magnétique.

L'expérience, en effet, a prouvé à M. Arago qu'une aiguille d'inclinaison posée sur ses agates obéit régulièrement aux changements de direction que tend à lu imprimer la force magnétique dans le plan du méridien, pourvu qu'une fois placée on ne touche plus à l'aiguille, et qu'on évite tout ce qui pourrait faire changer les points de contact de ses tourillons avec les agates.

La construction d'un pareil instrument, qui n'a pour but que des mesures relatives et non des mesures absolues, ne paraît pas devoir arrêter longtemps nos habiles artistes; et l'étude des phénomènes magnétiques se trouverait par là beaucoup simplifiée. On voit, du reste, que, dans cet instrument, l'axe des tourillons de l'aiguille supposé prolongé exécuterait identiquement les mêmes mouvements qu'on observe aujourd'hui à l'aide des boussoles de variation diurnes à aiguilles horizontales.

VALPARAISO.

La latitude nous paraît assez exactement déterminée par les trois séries d'observation de hauteurs circumméridienne. Il est à remarquer, toutefois, que la latitude obtenue l'année suivante, par des hauteurs circumméridiennes du soleil, se trouve de 15 secondes

plus petite, quoique en réalité l'observatoire de cette année fût de quelques secondes plus au sud que celui de l'année précédente.

— Les marches des montres ont tellement varié dans la traversée de Rio-Janeiro à Valparaiso, qu'on doit considérer comme une sorte de hasard que le n° 76 ait donné une longitude définitive peu différente de la longitude adoptée par la *Connaissance des temps*. On peut remarquer, du reste, que les longitudes déterminées l'année suivante par des séries de distances lunaires, prises par M. Du Petit-Thouars et par M. Lefebvre, s'en éloignent encore davantage et dans le même sens, c'est-à-dire en moins.

— Les marées sont assez régulières, et ne donnent lieu à aucun courant bien sensible dans la rade. La baie est si ouverte, si peu profonde, et les grands fonds sont si rapprochés, que ce dernier résultat ne doit pas surprendre, surtout quand on fait attention que le changement du niveau de eaux, dans les sysygées, n'est que de $1^m,5$ environ.

— On peut, d'après les températures trouvées pour de faibles sources, présumer que la température moyenne de Valparaiso ne s'éloigne pas beaucoup de 17°.

En comparant la température de la terre, prise à $0^m,81$ de profondeur, dans la seconde relâche, à la température des faibles sources, on voit qu'à cette profondeur la terre se ressentait encore vivement (de 3° environ) de l'influence de la saison chaude qui tirait alors à sa fin.

— L'observatoire se trouvant placé la seconde année dans un lieu assez élevé, d'où l'on découvrait très-bien l'horizon de la mer, M. Lefebvre a profité de cette position pour prendre au théodolite quelques mesures de la dépression de l'horizon. Les résultats qu'il a obtenus ont été rapprochés des données météorologiques correspondantes, prises tant à l'observatoire qu'en rade, de manière à faciliter l'étude de l'influence de ces données sur le coefficient de la réfraction terrestre; mais malheureusement la hauteur de l'instrument n'est pas exactement connue.

— Les variations barométriques ont été trop irrégulières et trop considérables pendant la durée des observations faites dans cette même relâche, pour qu'on puisse compter sur les résultats déduits d'une série aussi courte.

— Les observations de l'inclinaison de l'aiguille aimantée, faites à bord, décèlent une influence sensible du fer du bâtiment sur la direction de cette aiguille. Mais la déviation observée s'élevant au plus à deux degrés, l'effet de cette influence paraîtra certainement bien faible quand on fera attention que les pièces de gros calibre qui composaient l'armement de la frégate étaient en fonte de fer, que son lest était en fonte de fer, que ses caisses à eau étaient en fer, que ses câbles étaient en fer, que ses haubans se terminaient inférieurement par des crémaillères en fer, qu'en un mot la frégate était chargée de fer.

D'après ces observations, faites dans le carré des officiers, verticalement au-dessous des compas de

route, la pointe Nord de l'aiguille se trouvait portée en bas et la pointe Sud en haut, par l'action perturbatrice du bâtiment; puisque l'inclinaison se trouvait plus petite à bord qu'à terre.

— Le retour de la *Vénus* à Valparaiso et au Callao de Lima, après onze mois et un an d'absence, nous offrait l'occasion favorable de vérifier, par comparaison, l'état magnétique de notre aiguille d'intensité. Mais, malheureusement, le jardin dans lequel nous avions observé la première fois à Valparaiso avait changé de propriétaire, et, soit qu'il eût été fait des travaux dans ce petit jardin ou dans son voisinage, soit pour toute autre raison, l'inclinaison observée la seconde année s'est trouvée différer beaucoup trop (23′) de l'inclinaison trouvée l'année précédente dans le même lieu, et différer beaucoup plus encore (31′) de celle qu'on trouvait à la même époque à l'observatoire, ce qui jette de l'incertitude sur les résultats.

En comparant l'intensité obtenue à l'observatoire de l'ancien Fort-Louis, à l'intensité obtenue l'année précédente dans le jardin de M. Green, on trouverait que l'aiguille aurait perdu, dans l'intervalle, la 139^{me} partie environ de sa force magnétique; tandis qu'on trouverait qu'elle aurait perdu la 82^{me} partie environ, par la comparaison des observations faites au Callao dans les deux relâches. Au reste, nous avons dit plus haut combien les corrections basées sur de pareilles déterminations nous paraissent précaires.

A la première relâche, la perte de force magnétique de notre aiguille n° 2, déduite de la comparaison des

intensités conclues de nos deux aiguilles, s'élevait déjà au $\frac{1}{47}$ de l'intensité donnée par l'aiguille n° 1 ; et à la seconde relâche elle s'élevait au $\frac{1}{28}$ de cette même force, malgré les pertes que pouvait avoir déjà subies l'aiguille n° 1.

— Lors de la première relâche, les observations de la variation diurne de la déclinaison avaient été faites dans un petit cabinet d'une maison habitée, dans lequel l'instrument s'était trouvé très-rapproché d'une porte dont les gonds, les pentures et la serrure étaient en fer; il nous parut indispensable de faire une nouvelle série d'observations dans la seconde relâche, en nous plaçant, loin de toute habitation, sous une tente. Il résulte de la comparaison de ces deux séries, que la direction des mouvements a été très-sensiblement la même aux mêmes heures de la journée, mais que l'amplitude totale de l'oscillation diurne a été, dans la seconde relâche, presque double de ce qu'elle avait été dans la première. C'est bien, en effet, dans ce sens qu'une masse de fer *fixe* doit faire sentir son influence sur les mouvements de l'aiguille.

Du reste, à Valparaiso, ces mouvements sont assez exactement l'inverse de ce qu'ils sont à Paris. Seulement, depuis minuit jusqu'à cinq heures du matin environ, l'aiguille reste stationnaire à Valparaiso, tandis qu'à Paris elle paraît continuer à marcher constamment, mais lentement, dans la même direction qu'avant minuit.

CALLAO-DE-LIMA.

La latitude du Callao nous paraît suffisamment bien déterminée par les séries d'observations de hauteurs circumméridiennes que M. Lefebvre a faites dans la seconde relâche. La différence en longitude de Valparaiso et du Callao nous paraît aussi suffisamment bien établie par l'accord des deux résultats obtenus dans les deux traversées.

—Les deux séries de détermination de l'heure de l'établissement du port s'accordent assez bien entre elles pour ne laisser, ce me semble, aucun doute sur l'exactitude de cette détermination.

La marée d'ailleurs ne donne lieu à aucun courant appréciable dans la baie.

—Comme, dans la première partie de ce volume (page 154), nous avons appelé déjà l'attention sur la faible température des deux petites sources qui viennent sourdre à mi-hauteur de la grande falaise qui joint le Callao au Morro-Solar, nous n'avons pas à y revenir ici.

—Les variations diurnes du baromètre ont été assez irrégulières au Callao, quoique ce lieu soit situé dans une région où les vents sont généralement faibles et réguliers. L'amplitude de l'oscillation diurne a été trouvée plus faible qu'elle ne l'est généralement par cette latitude, et les observations faites à bord de la *Vénus* ont confirmé ce résultat.

— Nous avons déjà fait remarquer plus haut que les deux observations de l'intensité magnétique faites au Callao donnaient, pour notre aiguille n° 1, une perte très-sensiblement plus grande qu'à Valparaiso, $\frac{1}{82}$ au lieu de $\frac{1}{139}$.

La perte relative de nos deux aiguilles d'intensité, à l'époque de la seconde relâche, s'élevait à la 27^me^ partie de l'intensité accusée par l'aiguille n° 1, ce qui est à peu près le même résultat que nous avions trouvé, cinq mois auparavant, à Acapulco.

— On voit, par la série d'observations de la variation diurne de la déclinaison, que les mouvements d'une aiguille librement suspendue par son centre de gravité seraient considérables au Callao, quoique ce point soit très-rapproché de l'équateur magnétique. On voit, de plus, que, de Valparaiso au Callao, l'heure du maximum de déviation occidentale s'est rapprochée de midi d'une quantité considérable, d'une heure environ. Un peu plus au Nord, à Payta, nous trouverons ce maximum à midi même; et un peu plus au Nord encore, aux îles Galapagos, nous le trouverons après midi, vers une heure du soir : en sorte que cette heure critique se déplace ainsi avec la latitude.

L'aiguille prend ici, dans la matinée, un mouvement très-prononcé vers l'Est, qui n'existait pas à Valparaiso, tandis que le mouvement semblable, qui s'exécutait dans la soirée, diminue sensiblement d'amplitude. Ce changement est encore plus marqué à Payta, où l'amplitude de l'oscillation orientale du matin est devenue beaucoup plus grande que celle du soir; et

aux îles Galapagos, cette dernière oscillation a complétement disparu : en sorte qu'il ne reste plus que les deux seuls mouvements qu'on observe dans les latitudes élevées de l'hémisphère magnétique Nord, et qui sont exactement l'inverse des mouvements observés à Valparaiso et dans les autres points élevés de l'hémisphère magnétique Sud. Ce mode d'inversion des mouvements de l'aiguille est digne, comme nous l'avons dit, de l'attention des savants.

HONOLOULOU (îles Sandwich).

La latitude déterminée par les six séries de hauteur de la polaire nous paraît suffisamment exacte pour les besoins de la géographie, malgré les différences assez considérables que l'on remarque dans les secondes. J'attribue ces différences à la trop grande épaisseur des fils du réticule de la lunette. On aurait pu, il est vrai, se mettre, jusqu'à un certain point, à l'abri de cette cause d'erreur, en faisant éclipser l'étoile alternativement par l'un et l'autre bord du fil. Mais, outre que cette méthode n'est pas complétement rigoureuse, puisque rien n'indique si l'étoile est toujours placée à la même distance des bords du fil, elle n'est pas sans inconvénients, car elle force de toucher aux vis de rappel de l'instrument au moment même de l'observation ; ce qui dérange toujours un peu les niveaux à cet instant, et nuit à la précision des résultats.

— La longitude d'Honoloulou (160° 20′ 49″ O.),

adoptée par la *Connaissance des temps*, nous paraît avoir besoin d'une révision, et nous semble trop forte de 8′ environ relativement à celles des points de la côte d'Amérique et du Kamtschatka. Nos montres donneraient une différence plus considérable encore dans le même sens; mais nous croyons devoir ajouter plus de confiance à deux séries d'observations de culminations lunaires, quoique ces observations aient été faites au moyen du théodolite seulement.

— L'heure de l'établissement du port nous paraît déterminée d'une manière suffisamment exacte. Les marées sont assez régulières, quoique très-faibles, et ne donnent lieu, du reste, à aucun courant bien sensible.

— La température, 24°,3, de l'eau du puits de la Mission catholique, nous paraît ne pas devoir s'écarter beaucoup de la température moyenne du lieu.

— Les observations comparatives de l'inclinaison magnétique faites à bord de la *Vénus* et à terre montrent qu'ici, comme à Valparaiso, la pointe Nord de l'aiguille était portée en haut et la pointe Sud en bas par l'action perturbatrice du fer de ce bâtiment. D'où il résulte que ce fer agissait comme un barreau aimanté d'une manière permanente, et non pas comme un barreau de fer doux aimanté seulement par l'influence du globe, puisque, dans ce dernier cas, l'action aurait dû changer de sens en passant d'un hémisphère à l'autre. La déviation produite par l'influence de ce fer est, du reste, aussi petite ici qu'à Valparaiso.

— Nos deux aiguilles d'intensité donnent sensiblement le même résultat; celui que fournit l'aiguille n° 2

est même un peu plus fort que l'autre : en sorte qu'il faut admettre, ou que l'aiguille n° 1 a perdu à son tour la 47^{me} partie de sa force magnétique, ou, ce qui est moins probable *a priori*, que l'aiguille n° 2 a recouvré tout ce qu'elle avait perdu antérieurement à notre arrivée à Valparaiso. Cependant, la première hypothèse est incompatible avec les résultats fournis par les observations faites à Valparaiso et au Callao dans nos deux relâches, puisque ces observations ne donnent, pour l'aiguille n° 1, qu'une perte de $\frac{1}{82}$ au plus. En sorte qu'il semble qu'on doive admettre qu'une même aiguille peut ainsi perdre et gagner alternativement de la force suivant des circonstances encore cachées.

— Les mouvements de l'aiguille de déclinaison ont été des plus réguliers à Honoloulou, pendant toute la durée de nos observations. Chaque jour, à la même heure, l'aiguille occupait très-sensiblement la même position. Ces mouvements sont, dans la journée, analogues à ceux qu'on observe plus au nord, au Kamtschatka, à Paris ; mais dans la nuit, la pointe Nord de l'aiguille, au lieu de se mouvoir d'un mouvement continu et lent vers l'Est, reste réellement stationnaire pendant 9 heures, depuis 5 heures et demie du soir, jusqu'à 2 heures un quart du matin. On remarquera sans doute que l'amplitude du maximum de déviation orientale est, à très-peu près, le double de celle du maximum de déviation occidentale ; et la différence serait encore plus grande si l'on voulait considérer la position stationnaire de la nuit comme la position normale de l'aiguille.

PETROPAWLOWSKI (Kamtschatka).

La latitude nous paraît déterminée avec une exactitude suffisante.

La différence en longitude que nous trouverions entre Honoloulou et Pétropawlowski serait trop grande, si l'on ne faisait subir aucune correction à la longitude d'Honoloulou. Mais, en faisant la correction indiquée plus haut, nous retombons sensiblement sur la longitude de Pétropawlowski donnée par la *Connaissance des temps* d'après Bechey ; ce qui milite, comme on voit, en faveur d'une révision des diverses déterminations de la longitude d'Honoloulou.

— Les marées ont été très-irrégulières pendant la durée de nos observations, comme on peut le voir par les écarts considérables que présentent les diverses déterminations de l'heure de l'établissement du port.

Les variations du niveau de l'eau produites par la marée dans la magnifique baie d'Avatcha sont faibles, ne s'élèvent pas à un mètre; et cependant, ici comme à Rio-Janeiro, et par la même cause, cette petite dénivellation donne lieu à des courants assez forts (2 et 3 milles) dans le goulet.

— Nous n'avons aucune détermination de température qui puisse donner une idée, même grossièrement approximative, de la température moyenne de ce lieu.

— Ici, la différence des intensités déduites de l'ob-

servation de nos deux aiguilles est redevenue considérable et s'élève au $\frac{1}{59}$ environ de l'intensité fournie par l'aiguille n° 1; il semble donc qu'on doive admettre que l'aiguille n° 2 a perdu de nouveau au moins la 59^{me} partie de sa force magnétique.

— Nous trouvons ici les mouvements de l'aiguille de déclinaison entièrement semblables à ceux qu'on observe à Paris, tant pour les heures critiques que pour l'étendue des amplitudes des oscillations diurnes, et même pour le mouvement lent et continu qui persiste toute la nuit dans la direction de l'Ouest vers l'Est. Paris et Pétropawlowski sont cependant dans deux positions tout à fait inverses par rapport au grand continent asiatico-européen et par rapport à la mer.

Nous avons déjà fait remarquer combien l'amplitude de l'oscillation diurne rapportée à la direction de la force magnétique diffère peu de ce que nous avons trouvé plus tard sous l'équateur même, aux îles Galapagos. Cet effet ne peut être attribué au voisinage de la maison auprès de laquelle était placé l'instrument; car, d'un côté, cette amplitude n'est pas plus considérable à Paris, et, d'un autre côté, la maison était en bois, et le fer, très-rare dans le pays, n'entrait absolument pour rien ni dans sa construction ni dans son ameublement.

MONTÉREY (Haute Californie).

La latitude nous paraît suffisamment bien déterminée, et l'erreur sur la longitude ne peut être bien con-

sidérable. Nous croyons pouvoir en dire autant de l'heure de l'établissement du port.

Les dénivellations de l'eau produites par la marée s'élèvent à deux mètres environ, et cependant elles ne donnent lieu à aucun courant appréciable dans la baie à large ouverture de Montérey ; mais, à quelques lieues de là, elles produisent, au contraire, des courants extrêmement violents dans l'étroit goulet de l'immense et superbe baie de San-Francisco.

— Les mouvements du baromètre ont été trop irréguliers pendant le peu de durée des observations pour qu'il soit possible de déduire de cette série quelque chose de positif sur la pression moyenne de l'atmosphère en ce lieu et sur la variation diurne de cette pression.

— On ne s'exposera pas sans doute à une grave erreur en regardant la température moyenne de Montérey comme peu éloignée de la température de 16 à 17° que possèdent les faibles sources de Montérey et de San-Francisco.

— Des deux observations d'intensité faites, l'une, le 24 octobre, à 1 heure 50′ du soir, l'autre, le 28 octobre, à 1 heure 30′ du soir, à des températures qui diffèrent entre elles de 11°, on déduirait pour coefficient de correction relatif à la température le nombre 0,000115, très-sensiblement moindre que celui que M. Lottin a déduit de ses propres observations faites à Paris.

Ici la différence des intensités accusées par les deux aiguilles n'est plus que la 92^{me} partie de l'intensité dé-

duite de l'aiguille n° 1; ce qui peut faire supposer que cette dernière aiguille a perdu à son tour la 164^{me} partie de sa force depuis l'époque des observations de Pétropawlowski.

— Les mouvements diurnes de l'aiguille de déclinaison, à Montérey, ont, par leur direction aux diverses heures de la journée, la plus grande analogie avec ceux que nous avons observés au Kamtschatka; et cependant ces deux lieux ont des positions tout à fait opposées par rapport au grand Océan et aux continents d'Asie et d'Amérique. Il y a cependant, entre les deux mouvements, cette différence qu'ici l'aiguille reste réellement stationnaire pendant environ neuf heures de la nuit, au lieu de conserver pendant tout ce temps un mouvement continu et lent dans la direction de l'Ouest à l'Est, comme au Kamtschatka.

Montérey est, de tous les points où nous avons observé, celui où l'amplitude de l'oscillation diurne, rapportée à la direction de la force magnétique, se trouve la plus petite : 2′24″ seulement. Mais, comme cette observation a été faite dans le voisinage d'une maison qui fut convertie en hôpital temporaire, et où, par suite, l'on transporta un assez grand nombre de lits en fer pour l'usage des malades, on peut craindre que le peu d'étendue de l'amplitude obtenue ne soit due à l'action de ce fer. Il serait possible, cependant, que cette action ait été assez faible pour qu'on ne puisse pas lui attribuer l'effet observé; car le lit le plus rapproché de l'instrument s'en trouvait encore à 7 mètres environ de distance; et comme la diminution produite dans l'ampli-

tude de l'oscillation d'une aiguille par une masse de fer de petite dimension est *proportionnelle à cette masse, proportionnelle à l'amplitude et en raison inverse du cube de la distance*, il est encore possible que la diminution produite ait été faible, malgré la masse assez considérable du fer. Si, lors de notre première relâche à Valparaiso, les simples ferrures d'une porte ont pu réduire de moitié environ l'amplitude de l'oscillation de l'aiguille, c'est que le gond inférieur et la penture correspondante ne se trouvaient pas à plus d'un mètre de distance de cette aiguille; s'ils s'en fussent trouvés seulement à deux mètres, on voit, d'après la loi énoncée plus haut, que l'effet eût été huit fois moindre, et la diminution d'amplitude observée se fût réduite au $\frac{1}{16}$ de l'amplitude réelle.

On peut encore remarquer, à l'appui de cette possibilité, qu'à la baie de la Madeleine, où l'observation a été faite dans un lieu bien isolé, l'amplitude rapportée est encore très-petite (3′ 26″), qu'elle y est plus petite qu'à Acapulco, et qu'il est possible, par conséquent, que l'amplitude aille ainsi en diminuant du Sud vers le Nord sur cette côte, et se trouve, en conséquence, encore plus petite à Montérey qu'à la baie de la Madeleine.

BAIE DE LA MADELEINE.

La latitude nous paraît suffisamment bien déterminée, et la longitude ne peut être en erreur d'une quantité bien considérable.

—L'heure trouvée pour l'établissement du port doit être exacte, car les marées sont assez régulières.

De tous les points du grand Océan où nous avons observé, c'est ici que nous avons trouvé la marée la plus considérable. Elle y est près de quatre fois plus grande qu'à Acapulco et qu'à Honoloulou. Cependant, rien, dans la configuration extérieure de la côte, ne semble motiver un pareil accroissement ; et l'on doit y voir, je pense, un effet de la configuration du fond même de la mer. Ce fond se relève, sans doute, graduellement, suivant un plan faiblement incliné, comme sur les côtes de France et dans la baie de Cancale, où l'effet produit par une pareille configuration du fond est si remarquable.

Cette marée, assez considérable, jointe à la vaste étendue de la baie de la Madeleine, donne lieu à des courants très-forts (de 3 à 4 milles) à l'entrée assez rétrécie de cette baie.

—Les mouvements du baromètre ont été assez réguliers. On ne peut toutefois regarder les résultats obtenus que comme de simples approximations, vu le peu de durée des observations.

—La perte relative de nos deux aiguilles d'intensité s'élève ici à la 71^{me} partie de l'intensité accusée par l'aiguille n° 1.

—Les mouvements diurnes de l'aiguille de déclinaison ont la plus grande analogie avec ceux que nous avons observés à Acapulco et à Montérey, et paraissent confirmer l'exactitude des résultats obtenus dans ce dernier lieu. La durée du repos de l'aiguille pendant

la nuit est très-considérable, de plus de onze heures.

On remarquera sans doute que l'amplitude de la variation diurne, rapportée à la direction de la force magnétique, est plus petite ici qu'aux îles Galapagos, placées sous l'équateur terrestre, et de bien peu plus grande qu'à Payta, placé entre les deux équateurs, à deux degrés seulement de l'équateur magnétique.

MAZATLAN et *SAN-BLAS.*

Les latitudes et les longitudes de ces deux points ne peuvent présenter d'erreur grave.

— Dans l'intervalle de temps qui s'est écoulé depuis l'époque des observations d'intensité faites à la baie de la Madeleine jusqu'à l'époque des observations faites à Mazatlan, c'est-à-dire en treize jours, notre aiguille n° 2 a dû éprouver une perte très-considérable de force magnétique; puisque la différence des intensités accusées par nos deux aiguilles, qui n'était, à la baie de la Madeleine, que la 71^me^ partie de l'intensité accusée par l'aiguille n° 1, s'élève subitement, à Mazatlan, à la 21^me^ partie, c'est-à-dire devient tout à coup plus de trois fois plus considérable. Comme les deux aiguilles n'ont pas été observées exactement au même point à Mazatlan, on pourrait craindre que l'une d'elles n'ait été soumise à une influence locale qui ne se soit pas exercée sur l'autre; mais les observations faites quelques jours après, à San-Blas, constatant une différence de $\frac{1}{24}$, ne permettent pas de s'arrêter à cette supposition, puis-

que ces dernières observations ont été faites exactement au même point pour les deux aiguilles. Il faut donc conclure que, depuis l'époque des observations de Montérey, l'aiguille n° 2 a perdu au moins la 27^{me} partie de sa force; perte énorme, qui prouve combien la supposition d'une perte progressive et continue de force magnétique de la part des aiguilles d'intensité est empirique et peu fondée en réalité.

ACAPULCO.

La latitude observée nous paraît mériter toute confiance. Notre longitude laisse au contraire quelque petite chose à désirer.

— Les marées sont assez régulières, quoique très-faibles, et ne donnent lieu à aucun courant bien sensible dans la passe. L'heure de l'établissement du port nous paraît suffisamment bien déterminée.

— Les mouvements diurnes du baromètre ont également été assez réguliers.

— Les observations de l'intensité magnétique, faites dans cette localité, confirment la réalité de la perte considérable de force éprouvée précédemment par l'aiguille n° 2. La différence est toutefois un peu plus faible qu'à Mazatlan, et ne s'élève qu'au 26^{me}, ce qui devrait faire supposer que l'aiguille n° 1 a éprouvé à son tour une nouvelle perte de $\frac{1}{109}$ de sa force.

— Les mouvements diurnes de l'aiguille de déclinaison ne paraissent pas avoir été influencés d'une manière

sensible par les nombreuses petites secousses de tremblement de terre qui se sont fait sentir pendant la durée des observations. C'est du moins ce qu'on peut conclure de leur régularité et de leur similitude complète avec ceux que nous avions observés à la baie de la Madeleine.

On ne pourrait pas, toutefois, conclure en toute rigueur de ce fait, que l'électricité ne joue aucun rôle dans les tremblements de terre; car les orages, dans lesquels il se produit certainement des déplacements considérables d'électricité, n'agissent pas non plus d'une manière appréciable sur les mouvements de l'aiguille. Le défaut d'action, dans ce dernier cas, peut s'expliquer tout naturellement par l'inertie de l'aiguille et par la presque instantanéité des courants produits, qui ne laisse pas aux aiguilles le temps de se mettre en mouvement pour obéir à la force qui les sollicite. On peut invoquer, à l'appui de cette explication, les désaimantations et les changements de pôles que la foudre a fait éprouver quelquefois à des aiguilles aimantées librement suspendues; car évidemment ces effets n'auraient pas eu lieu, si, dans ces circonstances, les aiguilles avaient eu le temps de se diriger convenablement par rapport à la direction du courant électrique. Mais leur inertie, s'étant opposée à des mouvements aussi instantanés, a fait que leur magnétisme s'est trouvé modifié tout comme si les aiguilles n'avaient pas été mobiles.

Si l'on fait passer avec une très-grande rapidité un aimant même très-fort dans le voisinage d'une aiguille librement suspendue, l'aiguille ne remue pas, quelque

mobile qu'elle soit d'ailleurs. Et l'on conçoit que sa force coercitive puisse être assez faible ou l'aimant assez fort pour que l'aiguille soit désaimantée ou que ses pôles soient changés sans qu'elle bouge. Quand le passage de l'aimant se fait avec moins de rapidité, l'aiguille acquiert un mouvement sensible, elle oscille, mais c'est encore autour de sa position ordinaire d'équilibre qu'elle le fait, et il faut que le passage de l'aimant soit déjà bien lent pour qu'une oscillation entière s'exécute autour d'une position différente de la position ordinaire d'équilibre de cette aiguille.

Du défaut d'influence des tremblements de terre sur les positions de l'aiguille aux différentes heures de la journée, on ne peut donc conclure autre chose, sinon, que ces phénomènes ne sont pas accompagnés de changements permanents et sensibles dans la direction de courants électriques. (Voir dans ce volume, à la page 196 et suivantes, les remarques relatives aux tremblements de terre d'Acapulco.)

PAYTA.

Il ne peut guère y avoir d'incertitude grave sur la valeur exacte de la latitude et même de la longitude de ce point de relâche.

— Les marées sont assez régulières; et le résultat trouvé pour l'heure de l'établissement du port nous semble digne de confiance. Les variations de niveau sont ici plus de deux fois plus considérables qu'à Aca-

pulco et qu'au Callao, et sont à très-peu près les mêmes qu'aux îles Galapagos. On ne voit rien cependant, dans la configuration extérieure de la côte, qui puisse expliquer cette diversité d'effet de la marée, non plus que la grande différence qui existe entre les heures de l'établissement du port de Payta et du Callao; et l'on doit, suivant la juste remarque de l'illustre M. Arago, voir là une influence directe de la configuration du fond même de la mer.

Les heures de l'établissement du port à Payta, aux îles Galapagos, à Acapulco et aux îles Sandwich, sont assez peu différentes (30′ au plus) pour qu'on puisse supposer qu'en ces points la marée est due à une onde directe, cheminant de l'Est à l'Ouest avec une vitesse de rotation sensiblement égale à la vitesse diurne apparente des astres qui produisent l'intumescence de la mer; mais cette supposition n'est plus admissible pour les marées du Callao et de Valparaiso d'un côté, de la Madeleine et de Montérey de l'autre, car ces marées ne peuvent évidemment être attribuées qu'à des ondes dérivées.

— Les mouvements du baromètre se sont montrés assez réguliers, et l'amplitude moyenne de l'oscillation diurne a atteint une valeur assez considérable.

— La température de la terre, prise à $0^m,65$ (2 pieds) de profondeur, dans une case abritée, suivant l'ingénieuse prescription de M. Boussingault, nous conduit à une détermination de la température moyenne du lieu, qui paraît un peu faible eu égard à la faible distance de ce point à l'équateur terrestre. Ce résultat

est du reste complétement analogue à celui que nous avions déjà déduit de la température de deux petites sources observées au Callao. Faut-il admettre que 25°,2 est en effet la température moyenne de Payta, ou bien faut-il croire que le courant froid qui longe la côte du Pérou fait sentir son influence sur la température de la terre jusqu'à une distance aussi grande du rivage (500 mètres)? De ces deux hypothèses, la première me paraît de beaucoup la plus probable, malgré la faible latitude du lieu, malgré l'absence complète de pluie et l'affreuse aridité qui en est la suite, et malgré enfin le grand éloignement des hautes montagnes; car on sait que la température propre de la mer modifie singulièrement la température de l'air qui repose sur elle, et cet air doit à son tour modifier aussi la température moyenne des lieux voisins sur lesquels il se répand. Et cette conclusion doit s'appliquer également au Callao de Lima. Nous trouvons, en effet, en rade, pour température moyenne de l'air, 21,°1 seulement à Payta, au commencement du mois de juin, et 19°,1 seulement au Callao, à la fin du mois de mai : les températures de la mer étant respectivement 17°,7 et 16°,7, et ne différant ainsi entre elles que d'un degré.

— On remarquera sans doute que la différence des inclinaisons magnétiques observées en rade à bord de la *Vénus* et à terre est encore plus faible et plus petite ici qu'à Valparaiso et aux îles Sandwich.

— La différence des intensités accusées par nos deux aiguilles est un peu moindre ici qu'au Callao lors de

notre seconde relâche, et seulement le $\frac{1}{31}$ de l'intensité accusée par l'aiguille n° 1.

— Les mouvements diurnes de l'aiguille de déclinaison sont plus compliqués ici que dans aucun des points où nous avons suivi ces mouvements. On ne peut cependant élever aucun doute raisonnable sur la réalité de cette complication; car, avant nous, le savant capitaine Duperrey, et après lui, l'ingénieur de la *Bonite*, M. Darondeau, avaient trouvé exactement le même résultat. Nous avons cependant observé, dans un lieu tout différent de celui où nos prédécesseurs s'étaient placés, dans une position tout à fait inverse par rapport à la petite ville de Payta, et par conséquent sous l'action d'influences locales toutes différentes de celles qui auraient pu avoir agi sur leurs observations. Ce point, d'ailleurs, situé entre l'équateur terrestre et l'équateur magnétique, avait été particulièrement recommandé à l'attention des observateurs, par l'Académie des sciences, dans ses instructions remises à la *Bonite*, et nous avions, en conséquence, apporté tous nos soins pour nous mettre à l'abri de toute cause d'erreur; et nous croyons y avoir réussi.

Ces mouvements ont une analogie incontestable avec ceux que nous avions trouvés au Callao de Lima, mais ils présentent, vers $6^h45'$ du soir, un maximum de déviation occidentale qui n'a pas d'analogue dans cette dernière localité, et que nous n'avons retrouvé nulle autre part. Dans l'ignorance complète où l'on est sur la cause prochaine des mouvements diurnes

de l'aiguille de déclinaison, l'existence de ce mouvement anomal ne peut *a priori* être révoqué en doute, et l'on doit croire qu'il trouvera aussi son explication naturelle quand on sera parvenu à expliquer les autres mouvements plus réguliers.

Ayant eu déjà plusieurs fois l'occasion comparer l'amplitude de l'oscillation diurne de l'aiguille à Payta avec celles que nous avons trouvées dans diverses autres localités, et de faire ressortir les conséquences de cette comparaison, nous n'y reviendrons pas ici,

ILES GALAPAGOS.

La latitude et la longitude de ce point nous paraissent déterminées avec une exactitude suffisante.

— Les marées sont assez régulières; elles ont la plus grande analogie avec celles de Payta, et ne donnent lieu à aucun courant sensible dans la baie ouverte de Post-Office. On leur attribue cependant une part d'action très-marquée dans la production des forts courants qui règnent dans cet archipel. Mais cette opinion me semble peu probable, car les courants observés dérivent, je crois, du grand courant froid péruvien, et les variations qu'ils éprouvent proviennent sans doute des variations que la limite Nord de ce grand courant doit éprouver elle-même par suite des changements de déclinaison du soleil, changements qui déterminent un échauffement très-inégal des eaux des deux hémisphères.

— Les mouvements diurnes du baromètre ont été

très-irréguliers pendant notre séjour à terre, et l'on ne peut évidemment déduire aucune conséquence générale de cette série d'observations.

— Nous avons vivement regretté de n'avoir pu déterminer la température moyenne de la terre dans cette localité ; quoiqu'on ne puisse guère douter qu'elle ne se ressente de l'état habituellement tempéré de l'air et de la mer (23°,6, 22°,8).

Si l'on rapproche entre elles les températures moyennes de la mer, trouvées à Valparaiso dans les premiers jours du mois de mai, au Callao dans les derniers jours du même mois, à Payta dans les premiers jours du mois de juin, et aux Galapagos dans les derniers jours de ce même mois, on sera frappé de la lenteur de l'accroissement de ces températures dans le passage de Valparaiso au Callao et à Payta, et de la rapidité comparative de cet accroissement dans le passage de Payta aux îles Galapagos. Nous avons trouvé, en effet, 15°,2 à Valparaiso ; nous trouvons 16°,7 au Callao, qui est de 21 degrés plus rapproché de l'équateur ; nous ne trouvons encore que 17°,7 à Payta, quoique ce point soit de 7 degrés plus rapproché encore de l'équateur ; mais à la baie de Post-Office, nous trouvons 22°,8. La température s'élève ainsi de 5°,1 dans ce court trajet de 4 degrés en latitude et de 10 degrés en longitude, tandis qu'elle ne s'était élevée que de 2°,5 pour un trajet de 28 degrés en latitude et 10 degrés en longitude (600 lieues), en passant de Valparaiso à Payta. On doit, ce me semble, conclure de ce rapprochement que, dans le courant péruvien, l'eau de la

surface est constamment renouvelée le long de la côte et remplacée par de l'eau provenant des couches plus basses et par conséquent plus froides; conséquence à laquelle nous étions déjà arrivés par des considérations purement mécaniques, qui reçoivent ainsi une sorte de confirmation du rapprochement précédent.

— Des observations de l'intensité magnétique faites dans la journée du 26 juin, l'une à 7 heures du matin, à la température de 22°,7, l'autre à midi, à la température de 28°4, on déduirait pour coefficient de correction relatif à la température le nombre 0,000863, sept fois plus considérable que celui que nous avons déduit d'observations semblables faites à Montérey, et quatre fois plus grand que celui que M. Lottin a déduit de ses propres observations faites à Paris. On voit par là combien la détermination de ce coefficient est incertaine, et combien les corrections basées sur de pareilles déterminations sont précaires.

Le petit thermomètre qui nous servait à prendre la température de l'aiguille elle-même dans l'intérieur de la boîte où elle oscille, ayant été cassé à Payta, nous n'avons pu donner, pour cette observation et pour les suivantes, que la température extérieure. On a pu voir cependant, par les observations de Ténériffe, d'Honoloulou et de Brest, combien peut être grande la différence entre ces deux températures. Il suffit, en effet, du plus léger rayon de soleil, perçant à travers le feuillage ou à travers les parois d'une tente, et donnant sur la boîte, pour produire tout de suite une différence très-considérable.

On se borne assez généralement à prendre la température extérieure, et cependant c'est bien la température propre de l'aiguille qu'il importerait de connaître, car c'est évidemment d'elle que doit dépendre la correction à faire subir aux résultats. Si la température extérieure devait avoir une influence, il semble que ce devrait être la température du sol plutôt que celle de l'air, car, à la rigueur, on peut concevoir que la force magnétique du sol dépende de sa température, tandis que, dans l'état actuel de la théorie du magnétisme terrestre, on ne voit pas quelle influence peut avoir la température de l'air ambiant. Mais ón est si peu avancé dans cette théorie, qu'une pareille considération doit être d'un bien faible poids; et peut-être arriverait-on à quelque résultat intéressant, en étudiant séparément l'effet des variations de ces trois sortes de température sur l'intensité magnétique accusée par une même aiguille.

Depuis l'époque des observations du Callao de Lima, la perte de force magnétique éprouvée par notre aiguille n° 1 paraît avoir été toujours plus forte que celle éprouvée par l'aiguille n° 2. Nous avions, en effet, trouvé au Callao la différence des intensités données par les deux aiguilles très-sensiblement égale à celle que nous avions obtenue précédemment à Acapulco, c'est-à-dire de $\frac{1}{27}$; à Payta, nous l'avons trouvée de $\frac{1}{31}$, et aux Galapagos, nous la trouvons de $\frac{1}{38}$ seulement. En sorte que la différence tendait ainsi à diminuer; ce qui semblerait indiquer que, depuis l'époque des observations du Callao jusqu'à celle des

observations des Galapagos, l'aiguille n° 1 avait perdu la $\frac{1}{95}$ partie de sa force.

—Les mouvements diurnes de l'aiguille de déclinaison ont ici la plus grande analogie avec ceux que nous avons observés au Kamtschatka; et l'on trouve entre eux une coïncidence presque complète quand on les rapporte à la direction de la force magnétique. C'est ce dont on s'assure facilement en comparant les deux courbes du tableau graphique qui représentent ces mouvements, et réduisant par la pensée les ordonnées de la courbe relative au Kamtschatka, dans le rapport des cosinus de l'inclinaison dans ces deux lieux, c'est-à-dire dans le rapport de l'unité à 0,44. On arriverait très-sensiblement à la même conclusion en comparant les mouvements observés aux Galapagos à ceux qu'on observe à Paris, et ce résultat est réellement très-digne d'attention, par la position si différente de ces points sur le globe, ainsi que nous avons eu déjà l'occasion de le faire remarquer.

ILES MARQUISES.

La latitude doit être bonne. La longitude n'est sans doute pas en erreur de beaucoup; mais elle aurait toutefois besoin de confirmation.

—Les marées nous ont paru régulières et assez considérables; mais, comme nous n'avons pas pu avoir une série de plusieurs jours d'observations, les résul-

tats obtenus sont nécessairement imparfaits, et ont besoin de vérification.

Comme nous l'avons déjà dit ailleurs (page 346), ce point nous paraît être le plus favorablement placé pour y faire une bonne série d'observations pendant toute la durée d'une période entière des nœuds de la lune (18 à 19 ans). L'isolement complet de ce groupe d'îles au milieu du grand Océan, à 900 lieues du continent le plus voisin, sa situation dans le lieu même où, d'après une théorie célèbre, l'*onde marée* doit prendre naissance, l'absence complète d'îles et de récifs dans les environs, l'éloignement considérable (120 lieues) du grand *archipel Dangereux* (dans lequel on peut craindre que les mouvements de la mer ne soient pas assez libres), et enfin la régularité et la grandeur de la marée, font de ce point une position unique pour une pareille série d'observations. La prise de possession de ce groupe d'îles par la France, en rendant les observations, non-seulement possibles, mais encore faciles, à cause du grand nombre d'employés, tant civils que militaires, que le gouvernement se trouvera obligé d'y entretenir, doit faire espérer que cette facilité sera mise à profit, et que la science possédera bientôt cette série d'observations de marées si précieuse pour elle.

ILE TAÏTI.

La latitude doit être bonne, et la longitude, déduite de celle de la pointe Vénus, ne peut présenter d'erreur grave.

— Les marées (si toutefois on peut donner ce nom aux mouvements observés dans le niveau de l'eau) ont été très-irrégulières pendant notre séjour, comme on peut le voir par le tableau des heures de la pleine mer. Elles sont d'ailleurs très-faibles, car les dénivellations de l'eau ne s'élèvent pas à un demi-mètre; et cependant je regarde comme très-probable que la dénivellation réellement due à la marée véritable est encore beaucoup plus petite, et qu'elle se trouve masquée par un effet périodique diurne, dû à l'action du vent. On voit, en effet, tous les jours le vent fraîchir considérablement au large, entre midi et deux heures, pour retomber ensuite, tandis qu'il ne cesse pas d'être insensible dans les baies qui, comme celles de Matawé et de Papeïti, sont abritées de l'Est. Il n'est pas rare de voir, vers une heure, la mer moutonner et briser fortement au large par l'action du vent, tandis qu'elle est d'un calme plat parfait dans les baies. C'est, si je ne me trompe, dans cet accroissement périodique et considérable du vent qu'il faut voir la cause de l'élévation quotidienne du niveau de l'eau dans les baies entre midi et deux heures. La grandeur de l'effet ne paraîtra pas disproportionnée avec celle de la cause, si l'on se rappelle que des vents frais produisent souvent de pareilles dénivellations dans nos ports.

Il me paraît tout à fait impossible d'admettre l'explication de ce phénomène par des effets de communications de marées à travers des canaux, ou bien encore par des retenues d'eau faites dans les baies par les récifs qui entourent les îles, car la mer me semble assez

libre, et les communications des baies avec la mer se font par des passes assez larges et assez courtes pour que les effets observés ne puissent en aucune manière être attribués à ces causes.

— Les mouvements diurnes du baromètre ont été assez peu réguliers, et l'on doit regarder les résultats obtenus comme très-peu satisfaisants.

— La source, dont nous avons mesuré la température, étant très-volumineuse, il est très-peu probable que sa température donne avec exactitude la température moyenne du lieu. Il est à croire que celle-ci est un peu plus élevée, car on ne peut guère douter que l'eau de cette source ne provienne du lac situé dans les parties supérieures et centrales de l'île. La différence ne peut toutefois être bien considérable.

— Nous trouvons ici, comme à Valparaiso, l'inclinaison magnétique plus petite à bord de la *Vénus* qu'à terre, et la différence reste dans le même ordre de grandeur (1°,35′).

La latitude du point de l'équateur magnétique, déterminé au moyen de l'inclinaison observée ici, diffère beaucoup, de 3 degrés environ, de la latitude du point de cet équateur déterminé au moyen de l'observation faite aux îles Marquises; et cependant, d'après la forme assignée dans ces parages à l'équateur magnétique par le savant capitaine Duperrey, ces deux latitudes devraient être sensiblement égales. Pour les rendre telles et les faire coïncider avec celle de l'équateur magnétique, il faudrait diminuer de 3° l'inclinaison observée aux îles Marquises, et augmenter, au contraire, de 3°

l'inclinaison observée à Taïti. Or, de pareilles erreurs ne peuvent provenir des observations elles-mêmes, et l'on ne peut les attribuer qu'à l'effet des influences locales. On voit ainsi des influences cachées produire sur les aiguilles des déviations qui sont presque le double de celles que le fer d'une frégate armée en guerre, c'est-à-dire chargée de fer, produit sur une aiguille placée à bord. Et l'on se trouve ainsi conduit à cette conclusion étrange, que la position de l'équateur magnétique peut se trouver déterminée avec plus d'exactitude par des observations d'inclinaison faites à bord d'un navire de guerre, que par des observations faites à terre *sur des îles volcaniques*. J'ajoute *sur des îles volcaniques*, parce que les îles Marquises et Taïti sont de cette nature, et que je me suis assuré plus tard, directement, que les laves de l'île de Sainte-Hélène et de l'île de l'Ascension sont réellement magnétiques, et doivent dès lors exercer aussi une influence locale très-prononcée. On est donc en droit, d'après cela, de se méfier des observations magnétiques faites sur des îles volcaniques.

Au reste, l'observation d'intensité que nous avons faite à la pointe Vénus prouve directement l'existence d'une influence locale très-énergique à Taïti. Nous trouvons, en effet, entre les observations faites à la pointe Vénus et celles faites à Papeïti, une différence de trois oscillations sur deux cent soixante-trois exécutées en dix minutes de temps moyen. Cette différence paraîtra énorme si l'on considère que les deux points sont éloignés seulement de deux lieues,

et sont situés sensiblement sur le même parallèle.

Cette observation, faite à la pointe Vénus, avait pour but de rendre nos observations d'intensité comparables avec celles que M. l'ingénieur Dumoulin faisait lui-même, de son côté, sous les ordres du célèbre capitaine D'Urville. M. Dumoulin avait, en effet, observé la veille dans le lieu même où nous avons fait osciller notre aiguille.

Depuis l'époque des observations d'intensité faites aux Galapagos, notre aiguille n° 2 paraît avoir éprouvé une perte considérable de force magnétique. Aux Galapagos, en effet, la différence des intensités accusées par les deux aiguilles n'était que la 38^{me} partie environ de l'intensité totale assignée par l'aiguille n° 1, tandis qu'à Taïti nous la trouvons égale au $\frac{1}{15}$; c'est-à-dire qu'elle a plus que doublé dans l'intervalle. L'aiguille n° 2 aurait ainsi perdu la 25^{me} partie de sa force en 68 jours.

—Les mouvements diurnes de l'aiguille de déclinaison ont ici la plus grande analogie avec ceux que nous avions précédemment trouvés au Callao de Lima. On y reconnaît, en effet, deux maxima de déviation orientale : l'un dans la matinée, l'autre dans la soirée, et un seul maximum de déviation occidentale, vers midi. On pourrait, à la rigueur, trouver un second maximum de déviation occidentale vers minuit, mais les mouvements de l'aiguille sont si lents à cette époque de la journée, qu'il faudrait une très-longue série d'observations pour mettre ce résultat hors de doute. La similitude complète de ces deux résultats paraîtra sans

doute un fait très-remarquable, si l'on fait attention à la position si différente de ces deux points par rapport aux continents et à la mer, et si l'on a égard à la singularité même du mouvement, si différent de celui que nous trouvons par des latitudes plus élevées.

BAIE-DES-ILES (Nouvelle-Zélande).

La latitude et la longitude ne laissent, je pense, que peu de chose à désirer sous le rapport de l'exactitude.

— Les marées sont assez régulières et assez fortes, puisque les dénivellations peuvent s'élever à plus de deux mètres. Les courants qui en résultent ne sont pas cependant très-considérables, parce que l'ouverture de la baie est très-grande.

— La colonne barométrique s'est maintenue à une hauteur extraordinaire pendant presque toute la durée de nos observations, et ses mouvements diurnes ont été assez peu réguliers pour qu'on ne puisse pas compter sur la généralité des résultats obtenus.

— Notre aiguille n° 2 a fait encore une perte considérable de force magnétique depuis l'époque des dernières observations de Taïti. La différence des intensités accusées par nos deux aiguilles s'élève actuellement au $\frac{1}{11}$ de l'intensité totale assignée par l'aiguille n° 1; ce qui semble indiquer une nouvelle perte de $\frac{1}{11}$ de la part de l'aiguille n° 2.

— Les mouvements diurnes de l'aiguille de déclinaison sont réguliers et considérables. Ils présentent une analogie complète avec ceux que nous avions précédemment observés à Valparaiso, malgré la position si différente de ces deux points, par rapport aux continents et à la mer. Comme à Valparaiso, il y a un temps d'arrêt sensible dans la nuit, entre onze heures du soir et cinq heures du matin.

PORT-JACKSON (Nouvelle-Hollande).

Les observations astronomiques que nous avons faites dans cette localité, dotée d'un bel observatoire dirigé par un savant astronome, ne pouvaient avoir d'autre but que de permettre de juger par comparaison du degré de précision auquel nous atteignions dans nos observations faites toujours beaucoup trop à la hâte.

Nous avons obtenu, pour l'îlot Pinch-Gut sur lequel nous avons observé, 33° 51′ 14″ de latitude Sud. Or, cet îlot se trouve dans l'Ouest 0° 52′ Sud du phare, à la distance de 2,87 milles; ce qui donne, pour la latitude du phare, 33° 51′ 11″,4 Sud : résultat qui ne diffère que de 0′ 0″,4 de la latitude donnée pour ce point par la *Connaissance des temps*. Nous sommes loin de croire que nous ayons atteint à une exactitude aussi satisfaisante sur tous les autres points d'observation, et nous estimons que, sur plusieurs d'entre eux, les erreurs

peuvent s'élever jusqu'à dix secondes, soit en plus, soit en moins.

— On pourra de même, en comparant les résultats que nous avons obtenus pour la marée et pour les observations magnétiques avec les résultats analogues, parfaitement déterminés sans doute, juger du degré de précision auquel nous avons pu atteindre dans ces sortes d'observations, et l'on pourra peut-être en déduire la perte réelle de force magnétique éprouvée par notre aiguille d'intensité.

— Les mouvements de la colonne barométrique ont été des plus irréguliers pendant la courte durée de nos observations, et il est impossible de tirer de celles-ci aucune conclusion générale.

— La différence des intensités obtenues par nos deux aiguilles est très-sensiblement, ici comme à la Nouvelle-Zélande, la 11^{me} partie de l'intensité totale.

— Les mouvements diurnes de l'aiguille de déclinaison sont entièrement semblables à ceux que nous avons observés à la Nouvelle-Zélande; et l'accord de ces mouvements, dans deux points aussi voisins, me semble prouver en faveur de la bonté de chacune de ces deux séries d'observations.

C'est ici que nous avons trouvé la plus grande amplitude de l'oscillation diurne; elle s'élève à 14′ 10″. Il est à remarquer qu'en général nous avons trouvé cette amplitude beaucoup plus considérable dans l'hémisphère Sud que dans l'hémisphère Nord, à latitude magnétique égale. On se rappelle, en effet, que nous

n'avons trouvé à Montérey que 5′ 02″, et au Kamtschatka que 9′ 49″.

ILE BOURBON.

Nous n'avons à signaler pour ce point de relâche que la grande différence présentée par les trois séries d'observations de l'intensité magnétique. S'il fallait attribuer ce résultat à l'influence de la petite différence de température extérieure accusée par le thermomètre à l'ombre, on trouverait pour coefficient de correction un chiffre énorme, tout à fait inadmissible ; il est, par conséquent, à croire qu'ici, comme à Ténériffe, il a dû y avoir une différence considérable entre la température intérieure propre à l'aiguille et la température extérieure.

Le résultat obtenu paraîtra, en outre, bien faible, si l'on a égard à la valeur assez considérable de l'inclinaison.

FALSE-BAY (Cap de Bonne-Espérance).

Les observations astronomiques que nous avons faites ici ne pouvaient, comme celles faites au Port-Jackson, avoir d'autre but que de permettre d'apprécier le degré d'exactitude de nos résultats d'observations courantes.

— Les mouvements diurnes de la colonne barométrique ont été peu réguliers, et par conséquent les résultats obtenus peu certains.

— Ayant trouvé l'intensité magnétique extraordinairement faible, eu égard à la grandeur de l'inclinaison magnétique du lieu, et craignant que ce résultat ne fût l'effet d'une influence toute locale due à la nature des roches de la montagne à laquelle notre observatoire était adossé, nous avons répété ces observations sur la grève de sable, dans un point assez éloigné de notre observatoire, et situé de l'autre côté de la ville. Mais les nouveaux résultats s'accordent assez bien avec les premiers pour écarter l'hypothèse d'une influence locale restreinte seulement au voisinage de l'observatoire. En sorte que, si l'on veut attribuer l'effet observé à une influence locale, il faut admettre que cette influence s'exerce avec une intensité à peu près égale sur une grande étendue de terrain.

La différence des résultats fournis pour l'intensité magnétique par nos deux aiguilles s'est un peu accrue depuis l'époque des observations du Port-Jackson, et s'élève actuellement à la $\frac{1}{9,3}$ partie de l'intensité fournie par l'aiguille n° 1.

— Les mouvements diurnes de l'aiguille de déclinaison ne paraissent pas s'être ressentis de la perturbation considérable que la force magnétique éprouve ici dans son intensité. Ces mouvements ont la plus grande analogie avec ceux que nous avons observés au Port-Jackson, à la Nouvelle-Zélande, à Valparaiso ; et la similitude de tous ces mouvements entre eux dé-

montre, ce me semble, avec la dernière évidence, que la position des points par rapport aux continents et à la mer, n'influe en rien sur la direction de ces mouvements; car ces quatre points sont placés précisément dans les positions les plus opposées relativement aux grandes masses de terre et d'eau.

Ici, comme au Kamtschatka et aux îles Galapagos, l'aiguille ne reste pas réellement stationnaire pendant une partie de la nuit, mais se meut, d'un mouvement très-lent, constamment dans la même direction pendant toute la nuit.

ILE DE SAINTE-HÉLÈNE et *ILE DE L'ASCENSION.*

Nous avons constaté directement que les laves prises dans le voisinage des points où nous avons observé dans ces deux îles étaient magnétiques. On doit donc s'attendre à ce que les résultats obtenus se trouveront influencés par cet état magnétique du sol.

On se rappelle, sans doute, que nous sommes arrivés, mais indirectement, à soupçonner un état magnétique semblable dans les laves de l'île Taïti et des îles Marquises; en sorte qu'on peut, ce me semble, d'après cela, suspecter légitimement les observations magnétiques faites sur des îles volcaniques; et la faible intensité obtenue à l'île Bourbon pourrait très-bien provenir d'une influence semblable.

—La différence des intensités obtenues par nos deux

aiguilles est sensiblement la même dans ces deux points, et s'élève à la $\frac{1}{7,4}$ partie de l'intensité totale donnée par l'aiguille n° 1; en sorte que, depuis l'époque des observations faites à la Baie-des-Iles, l'aiguille n° 2 aurait encore perdu la 23^{me} partie environ de sa force magnétique.

Si l'on ajoute la perte relative $\frac{1}{7,4}$ de l'aiguille n° 2 à la perte absolue $\frac{1}{20,3}$ trouvée pour l'aiguille n° 1 à notre retour à Brest, on obtient pour l'aiguille n° 2 la perte énorme de $\frac{1}{5,2}$, perte près de quatre fois plus grande que celle de l'aiguille n° 1, qui est elle-même déjà bien considérable.

En ajoutant les pertes successives qu'on pourrait supposer avoir été faites par l'aiguille n° 1, d'après la comparaison des résultats fournis par les deux aiguilles : $\frac{1}{47}$ de Valparaiso aux îles Sandwich, $\frac{1}{164}$ de Pétropawlowsky à Montérey, $\frac{1}{109}$ de Mazatlan à Acapulco, $\frac{1}{93}$ du Callao aux Galapagos, on trouve une perte totale de $\frac{1}{21}$, qui diffère à peine de la perte réelle $\frac{1}{20,3}$ éprouvée par cette aiguille : résultat singulier, qui pourrait en imposer, et faire croire que les pertes ont réellement eu lieu comme on le déduit des comparaisons des deux aiguilles, si les observations faites à Valparaiso et au Callao, dans les deux relâches, ne constataient le contraire.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS DE LA VARIATION DIURNE DE LA DÉCLINAISON DE L'AIGUILLE AIMANTÉE.

(*Voir le volume précédent, pag.* 425 *à* 435.)

En jetant les yeux sur le tableau graphique dont les courbes représentent les mouvements de la pointe Nord de l'aiguille, il est impossible, ce me semble, de n'être pas frappé du déplacement presque régulier que la position du maximum de ces courbes (marqué d'un cercle noir) éprouve sur la ligne des heures en allant de la première courbe à la dernière, c'est-à-dire de la courbe correspondant au point le plus Nord à la courbe correspondant au point le plus Sud.

Si l'on fait attention que ces courbes représentent les mouvements de l'aiguille observés dans des points les plus diversement placés sur le globe et à des époques de l'année les plus diverses, on ne peut guère s'empêcher de croire que, si toutes les observations eussent été faites le long d'un même méridien magnétique et à la même époque de l'année, on n'eût trouvé une succession parfaitement régulière de courbes dans lesquelles le déplacement de ce maximum, c'est-à-dire le déplacement de l'heure critique où se fait le changement de direction du mouvement de l'Ouest vers l'Est eût été lui-même parfaitement régulier. Malgré la diversité des lieux et des époques auxquels se rap-

portent nos observations, on peut en conclure, jusqu'à un certain point, ce qu'on trouverait dans une série d'observations faites aux divers points d'un même méridien magnétique, à la même époque de l'année, et en s'entourant de toutes les précautions minutieuses qu'il ne nous a pas été permis de prendre. On verrait très-probablement, en cheminant du Nord au Sud, l'heure critique se rapprocher d'abord lentement de midi, puis s'en rapprocher plus rapidement dans le voisinage de l'équateur, atteindre midi, le dépasser, s'en éloigner d'abord rapidement, et puis plus lentement quand on serait sorti des basses latitudes australes; mais de telle manière que, dans aucun cas, l'heure critique ne s'éloignât de midi de beaucoup au delà de trois heures, ni en plus, ni en moins. On verrait en même temps l'amplitude de la déviation orientale du matin diminuer d'abord pour disparaître ensuite tout à fait, tandis que l'effet inverse se produirait dans la soirée où l'on verrait l'amplitude de la déviation orientale, d'abord nulle, prendre naissance et croître pour subsister ensuite toute seule, pendant que les heures critiques de ces mouvements varieraient sans s'éloigner de midi de beaucoup au delà de six heures, ni s'en rapprocher de beaucoup en deçà de trois heures.

Il n'est pas possible de dire, d'après nos seules observations, suivant quelle loi varierait l'amplitude totale de l'oscillation diurne; mais ce qui ressort clairement, ce me semble, de ces observations, c'est qu'elle ne serait nulle en aucun point; puisqu'en la rapportant à la direction réelle de la force magnétique, nous la

trouvons aussi grande sous l'équateur que dans les hautes latitudes. Peut-être trouverait-on que l'amplitude rapportée est la même tout le long d'un même méridien, s'il était possible de soustraire entièrement l'aiguille à l'action des influences locales qui modifient nécessairement l'étendue de son oscillation; mais ce n'est là qu'une conjecture des plus vagues.

Le mode de transition suivant lequel paraît s'exécuter le passage du mouvement de l'aiguille, tel qu'il a lieu dans les latitudes élevées et moyennes d'un hémisphère, au mouvement complétement inverse qui a lieu dans les latitudes élevées et moyennes de l'autre hémisphère, est singulier et compliqué; et il eût été bien difficile de le prévoir à l'avance. Mais, dans l'ignorance complète où l'on est sur la cause de ces mouvements, il est évidemment, *a priori*, tout aussi possible que l'autre; et comme il paraît clairement indiqué par la succession presque régulière de nos courbes, qu'il est d'ailleurs seul compatible avec la persistance d'une oscillation diurne sensible en tout point, même sous l'équateur, on ne peut s'empêcher, ce me semble, de l'admettre comme étant le mode réel suivant lequel s'effectue cette transition. Et l'on peut espérer que ce fait nouveau acquis à la science viendra jeter quelque jour sur les phénomènes si compliqués d'ailleurs du magnétisme terrestre.

Il serait bien à désirer que les observations de Rio-Janeiro fussent reprises, afin de vérifier si, en effet, les mouvements de l'aiguille y sont tels que les donnent nos observations, et si ce point présente réellement

une anomalie aussi complète relativement à tous les autres. Car, comme nous l'avons déjà dit, le défaut d'installation et de solidité dans l'établissement de l'instrument laisse planer une grande incertitude sur l'exactitude des résultats que nous avons obtenus dans cette première série de nos observations de variation diurne. Et jusqu'à ce que cette vérification ait été faite, il est prudent, je crois, d'ajourner toute spéculation sur ce résultat particulier.

POINTS DE L'ÉQUATEUR MAGNÉTIQUE.

(*Voir le volume précédent, pag. 437 à 440.*)

La comparaison entre les positions de ces points et la position de l'équateur magnétique, telle que les travaux du savant capitaine Duperrey l'ont déterminée, confirme pleinement le fait du peu d'action du fer du bâtiment sur la position de l'aiguille d'inclinaison à bord de la *Vénus*, fait qui résultait déjà de la comparaison des inclinaisons observées à terre et en rade dans diverses relâches.

En effet, les points déterminés pendant notre traversée de Payta à Taïti coïncident presque complétement, sur une étendue de près de 1500 lieues, avec ceux de l'équateur magnétique. Les points déterminés dans la traversée d'Acapulco à Valparaiso s'en

éloignent très-peu, tantôt en plus, tantôt en moins, et l'on peut très-bien attribuer des différences aux erreurs d'observation. Les points déterminés dans la traversée du Callao aux îles Sandwich s'en éloignent, il est vrai, davantage, sans toutefois que les écarts dépassent ceux qui résultent d'observations faites à terre. En sorte que l'on est encore conduit à ce résultat singulier déjà signalé, que les observations d'inclinaison faites à bord d'une frégate armée en guerre, c'est-à-dire chargée de fer, sont aussi propres à donner la position de l'équateur magnétique que des observations faites à terre.

Il serait certainement curieux de savoir si ce peu d'action de la part du fer du bâtiment tenait à une compensation fortuite, à un équilibre accidentel entre les actions opposées du fer des diverses parties du navire, ou bien si réellement chacune de ces actions était individuellement très-petite. Mais je ne puis donner aucun renseignement positif à cet égard. Ce qui pourrait porter à croire que chaque action individuelle était réellement très-petite, c'est qu'il est arrivé plusieurs fois que, pour les besoins du service, on a transporté les boussoles de relèvement de l'arrière à l'avant, ou sur d'autres points du bâtiment, et qu'on n'a jamais remarqué de différences bien considérables dans les résultats obtenus dans ces diverses positions de l'instrument.

Je dois dire, toutefois, que l'inclinaison observée dans ma cellule, en avant du carré des officiers, a été trouvée de 7° plus considérable que dans ce carré

même, au-dessous de l'habitacle, où toutes les observations ont été faites.

— Dans la définition de l'équateur magnétique, il entre un élément tout à fait étranger au magnétisme : la direction de la pesanteur ; et c'est là un inconvénient grave sous plus d'un rapport. Il vaudrait mieux, je crois, définir l'équateur magnétique comme la suite des points où l'aiguille libre se place parallèlement à la ligne qui joint les deux pôles magnétiques de la terre. Mais, comme, dans la définition reçue de ces deux points, la direction de la pesanteur entre encore, il faudrait, pour éliminer définitivement tout élément étranger au magnétisme, définir les pôles magnétiques comme les points opposés de la surface terrestre où deux aiguilles libres se placeraient suivant une seule et même ligne droite (que cette ligne soit ou non un diamètre de la terre). Au reste, toutes les définitions des lignes et points magnétiques à la surface du globe peuvent être débarrassées de tout élément étranger au magnétisme par une seule et même considération, ainsi qu'il suit.

Supposons qu'en tous les points de la surface du globe on ait tracé la direction que prend l'aiguille aimantée librement suspendue par son centre de gravité, il y aura nécessairement deux points opposés où ces directions seront les mêmes, et coïncideront suivant une seule et même ligne droite. Cette ligne sera l'*axe magnétique du globe*, et les deux points où elle percera la surface terrestre en seront les *pôles magnétiques*. Il passera en chaque point de la surface du globe

une ligne suivant laquelle l'angle que les directions de l'aiguille libre font avec l'axe magnétique du globe variera avec la rapidité la plus grande : cette ligne sera le *méridien magnétique* du lieu. Par ce même point, et à peu près perpendiculairement à la ligne précédente, il passera une seconde ligne suivant laquelle l'angle que les directions de l'aiguille libre font avec l'axe magnétique du globe ne variera pas du tout et restera le même; cette seconde ligne sera le *parallèle magnétique*. Enfin, les points de la surface du globe où ce même angle sera nul, ou plutôt de 180°, sera l'*équateur magnétique*.

Ces lignes, ainsi débarrassées dans leur définition de tout élément étranger au magnétisme, pourront être plus aisément comparées aux lignes analogues basées sur la considération seule de l'intensité de la force magnétique qui sont déjà par elles-mêmes indépendantes de tout élément étranger au magnétisme; et l'on peut croire que l'on parviendra ainsi plus aisément à découvrir les lois qui unissent les divers phénomènes magnétiques entre eux, et, par suite, à découvrir la cause réelle des phénomènes magnétiques eux-mêmes.

Les lignes ainsi définies auront sans doute beaucoup d'analogie de forme et de position sur le globe avec celles qui portent actuellement les mêmes noms, mais elles ne coïncideront pas cependant avec elles; car celles-ci dépendent essentiellement de la pesanteur et de la forme que cette force donne au globe terrestre, tandis que les autres en sont entièrement indépendantes, et conviennent à un corps magnétique

quelconque, quelles que soient sa forme et ses autres propriétés physiques.

Si l'on supposait qu'on a tracé les directions de la force magnétique, non-seulement à la surface du globe, mais encore dans son intérieur et à l'extérieur, on pourrait concevoir, au lieu de simples lignes magnétiques, méridiennes et parallèles, des surfaces magnétiques dont ces lignes ne seraient que les intersections avec la surface du globe.

Les nouvelles lignes dépendant essentiellement de la position de l'axe magnétique du globe, on entrevoit la possibilité d'expliquer les variations de forme et de position qu'elles éprouvent, soit dans la période diurne, soit dans la période annuelle, soit enfin dans la période séculaire, par un simple déplacement de cet axe par rapport au globe.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES PHÉNOMÈNES MAGNÉTIQUES.

En examinant l'ensemble de nos observations relatives au magnétisme terrestre, on est tout naturellement amené à penser que la *cause première* des phénomènes magnétiques que présente le globe réside non dans son intérieur, mais bien dans les régions plus ou moins élevées de son atmosphère.

Et d'abord, de ce que le mouvement diurne de l'aiguille de déclinaison ne suit pas la période du jour si-

déral, mais bien la période du jour solaire, on doit conclure que ce phénomène ne dépend pas du mouvement *absolu* de rotation de la terre, mais bien de son mouvement par rapport au soleil ; d'où il suit évidemment que l'effet observé est dû à une action particulière de cet astre. Or, à moins d'admettre une action toute nouvelle, toute spéciale, créée exprès pour l'explication du phénomène en question, ce qui serait peu philosophique, on ne peut attribuer l'effet observé qu'à une action dépendante des rayons solaires ; car l'hypothèse qui ferait dépendre ce phénomène de l'attraction solaire se trouve éléminée par le fait seul de l'inaction de la lune ; en sorte qu'il ne reste de possible qu'une action due aux rayons solaires.

Or, ces rayons traversent d'abord l'atmosphère terrestre dans toute son épaisseur, arrivent à la surface solide ou liquide du globe, mais, dans les deux cas, ne pénètrent, dans le cours d'une journée, qu'à une bien petite profondeur au-dessous de cette surface. Il faut donc que l'effet observé provienne, ou de l'action directe, ou de l'action indirecte des rayons solaires sur l'atmosphère, ou bien de l'action directe ou indirecte de ces mêmes rayons sur une petite épaisseur de la couche superficielle du globe. Mais, comme il résulte de nos observations que la nature de cette couche (terre ou mer) n'influe réellement en rien sur le phénomène, et qu'il est d'ailleurs tout à fait impossible d'admettre que l'action puisse être la même sur une vaste couche d'eau et sur une vaste couche de terre, on est amené, ce me semble, naturellement à conclure

que l'effet observé est dû à l'action directe ou indirecte des rayons solaires sur l'atmosphère. Et comme d'ailleurs l'état couvert ou non couvert du ciel et la température froide ou chaude de l'air inférieur ne paraît pas avoir d'influence bien sensible sur le phénomène, on arrive à conclure que c'est surtout dans les parties élevées de l'atmosphère que se passe l'action qui, dans la journée, modifie la direction de la force magnétique.

On est ainsi conduit, par l'examen des variations diurnes de l'aiguille aimantée, à penser que la cause générale des phénomènes du magnétisme terrestre pourrait bien aussi résider dans les couches plus ou moins élevées de l'atmosphère.

L'examen des variations accidentelles produites par les aurores boréales ou australes conduit encore à la même conclusion ; car on ne peut guère douter aujourd'hui, et les faits que nous avons cités, pages 270 à 278, le prouveraient au besoin, que le phénomène des aurores boréales ne se passe également dans les régions plus ou moins élevées de l'atmosphère.

Une considération d'un autre genre vient encore, ce me semble, à l'appui des inductions précédentes. En effet, le globe (en supposant qu'aujourd'hui son aimantation soit réelle) n'a pas été toujours aimanté. Il ne pouvait l'être dans les temps primitifs, s'il est vrai qu'une très-haute température détruise toute aimantation. Il se serait donc aimanté en se refroidissant. Mais, ni le fer, ni ses composés, ni les autres corps magnétiques ne sont magnétiques par eux-mêmes,

par essence, ils ne le deviennent que par influence, et la plupart même perdent, au bout d'un temps plus ou moins long, l'aimantation qu'ils ont acquise ainsi, quand ils se trouvent placés hors de l'influence qui les avait rendus magnétiques. Si donc aujourd'hui des portions plus ou moins considérables de la croûte du globe sont aimantées, on doit admettre qu'une influence étrangère préexistante a produit cette aimantation.

Or, dans l'état actuel de la science magnétique, cette influence ne peut être attribuée qu'à des courants électriques; et l'on est ainsi conduit à rechercher si ces courants ont été ou sont encore aujourd'hui intérieurs ou extérieurs à la croûte superficielle du globe.

En considérant les nombreuses et énergiques actions chimiques et calorifiques qui ont dû se passer dans le globe aux époques primitives, et qui se passent encore journellement dans sa croûte superficielle, on est tout d'abord porté à attribuer la production de ces courants électriques à ces actions. Et c'est, en effet, à une cause semblable qu'un savant profond, M. Ampère, avait rattaché d'abord toute la théorie du magnétisme terrestre. Mais cette théorie, séduisante dans son ensemble, n'a point été adoptée, malgré l'appui imposant d'un nom justement vénéré de la science; parce qu'on n'a pas reconnu, dans la composition de la croûte terrestre, ces conditions toutes particulières, toutes spéciales, qui sont indispensables pour la production des courants électriques. En sorte qu'on se trouve encore par là naturellement conduit à rechercher la cause du

magnétisme terrestre en dehors de la croûte superficielle du globe, c'est-à-dire dans les régions plus ou moins élevées de l'atmosphère.

Il existe, au reste, dans ces régions, une cause puissante de dégagement d'électricité à laquelle on conçoit, *a priori*, la possibilité de rattacher la cause du magnétisme terrestre. En effet, la hauteur de l'atmosphère, quoique considérable en elle-même (16 lieues), n'est qu'une assez petite fraction du rayon terrestre, $\frac{1}{100}$ environ; et c'est avec juste raison qu'on l'a comparée, pour les dimensions, au duvet d'une pêche, relativement au corps de ce fruit. Or, la partie inférieure de cet océan aérien, de ce duvet, étant, sur ses trente-deux millions de lieues carrées de base, constamment en mouvement des pôles vers l'équateur, et, plus haut, de l'équateur vers les pôles, il est impossible, ce me semble, de ne pas admettre que ce mouvement, que nous suivons jusqu'au cinquième environ de la hauteur totale de l'atmosphère, ne se soit pas communiqué de proche en proche, depuis la base jusqu'à la limite extrême, en produisant des courants alternativement dirigés des pôles vers l'équateur, et de l'équateur vers les pôles, comme cela a lieu dans la partie inférieure. C'est là, ce me semble, une conséquence nécessaire de la communication latérale du mouvement dans les fluides, et du peu de hauteur de l'atmosphère relativement à l'immense étendue de sa base mobile. S'il en est ainsi, ces courants doivent avoir dans les hautes régions une constance et une régularité parfaites, et être totalement dégagés des influences

purement locales et accidentelles qui troublent cette régularité dans les basses régions.

Il faudrait donc admettre que l'atmosphère est divisée dans toute son épaisseur en couches dont les mouvements seraient alternativement dirigés des pôles vers l'équateur, et de l'équateur vers les pôles, si l'on pouvait faire abstraction du mouvement diurne de rotation de la terre. Mais on voit qu'en ayant égard à ce mouvement, on aura en réalité des courants alternativement dirigés de l'Est vers l'Ouest, et de l'Ouest vers l'Est, obliquant plus ou moins vers le Nord ou vers le Sud.

Or, ces courants, d'après leur origine opposée, doivent être alternativement chauds et froids, et doivent, par conséquent, dans les hautes régions, où l'air est parfaitement sec, donner lieu, par leur contact mutuel, à des dégagements considérables d'électricité; et ces dégagements doivent être, dans ces régions, d'une constance et d'une régularité parfaites, comme les courants d'air qui les produisent.

Il n'est guère possible de prévoir *a priori*, sans le secours du calcul (calcul très-épineux sans doute), quel doit être l'effet définitif de ce grand dégagement d'électricité dans toute l'étendue et dans toute l'épaisseur de l'atmosphère; mais on conçoit que ce puisse être, d'un côté, le magnétisme terrestre, de l'autre, la grande tension électrique des hautes régions de l'atmosphère.

Ainsi, *a priori*, il n'est pas impossible que la cause du magnétisme terrestre réside dans l'atmosphère, et comme, *a posteriori*, l'examen de nos observations

magnétiques conduit à l'y chercher, il est permis de croire que c'est en effet là qu'elle réside et qu'il faut la chercher, et non dans l'intérieur du globe. Mais, s'il en est ainsi, que de difficultés à vaincre dans les expériences et dans les calculs, avant de pouvoir arriver à la connaissance complète des lois de ce phénomène!

FIN.

Cet ouvrage formera 10 volumes grand in-8° de 500 pages, imprimés sur beau papier grand raisin vélin, et cartonnés.

Et un ATLAS contenant 190 planches in-folio, sur très-beau papier demi-jésus vélin, publié par livraisons de 6 ou 5 planches, et 19 cartes hydrographiques sur grand aigle vélin.

DIVISION DE L'OUVRAGE.

RELATION DU VOYAGE par M. Du Petit-Thouars. 4 volumes cartonnés et un atlas composé de 70 planches lithographiées, représentant des panoramas, des vues pittoresques, des costumes, etc., exécuté par les meilleurs artistes, et d'une grande carte générale du monde, sur laquelle est tracé l'itinéraire du voyage. Ces planches sont tirées sur papier de Chine ou à plusieurs teintes; la carte et les costumes sont coloriés avec le plus grand soin. 12 livraisons.

HISTOIRE NATURELLE. 1 volume cartonné et 110 planches gravées.

ZOOLOGIE. 80 planches tirées en couleur et soigneusement retouchées au pinceau, 15 livraisons.

BOTANIQUE. 30 planches tirées en noir pour les phanérogames, et tirées en couleur et soigneusement retouchées au pinceau pour les cryptogames. 6 livraisons.

Le texte sera rédigé par MM. Ad. Brongniard, Decaisne, Gaudichaud, Isidore Geoffroi Saint-Hilaire, Guillemin et Valenciennes.

Les planches seront gravées d'après les dessins de MM. Blanchard, Borromée, Oudart, Riocreux, Werner, etc.

PHYSIQUE, par M. de Tessan, ingénieur-hydrographe de la marine. 5 volumes cartonnés.

Observations faites à la mer, 2 volumes.

Observations faites à terre, 2 volumes.

Considérations générales, 1 volume.

L'Atlas hydrographique sera composé de 19 cartes nouvelles sur papier grand aigle, qui formera environ 4 livraisons.

PRIX pour les souscripteurs à tout l'ouvrage:

Chaque livraison de l'Atlas, 12 fr. 50.
Chaque volume cartonné, 9 fr.

CHAQUE PARTIE SE VEND SÉPARÉMENT.

LA RELATION DU VOYAGE. 4 vol. in-8, brochés, avec une carte générale du monde.	32 fr.
L'ATLAS PITTORESQUE, 12 livraisons.	150 fr.
LA ZOOLOGIE. 1 demi-volume et 10 livr. de planches.	217 fr.
LA BOTANIQUE. 1 demi-volume et 6 livr. de planches.	97 fr.
LA PHYSIQUE. 5 volumes.	50 fr.
L'ATLAS HYDROGRAPHIQUE.	58 fr.
LA CARTE GÉNÉRALE, sur grand aigle, coloriée.	4 fr.
— — en noir.	2 fr

Imp. d'A. SIROU, rue des Noyers, 37.