OBSERVATOIRE DE ZI-KA-WEI,

PRÈS CHANG-HAI, CHINE.

SUR

L'INCLINAISON DES VENTS

NOUVELLE GIROUETTE POUR OBSERVER CETTE INCLINAISON

CETTE INCLINAISON PROUVÉE PAR
LES OBSERVATIONS DE LA DIRECTION ET DE LA FORCE DU VENT
A DIFFÉRENTES ALTITUDES

PAR

M. DECHEVRENS, S. J.

DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE

QC
940
.C62
D43
1881

LIBRARY

N.O.A.A.
U.S. Dept. of Commerce

ZI-KA-WEI

TYPOGRAPHIE DE LA MISSION CATHOLIQUE,
A L'ORPHELINAT DE TOU-SÈ-WÈ.

1881.

Chang-hai: KELLY & WALSH.

National Oceanic and Atmospheric Administration

Environmental Data Rescue Program

ERRATA NOTICE

One or more conditions of the original document may affect the quality of the image, such as:

Discolored pages
Faded or light ink
Binding intrudes into the text

This document has been imaged through the NOAA Environmental Data Rescue Program. To view the original document, please contact the NOAA Central Library in Silver Spring, MD at (301) 713-2607 x124 or www.reference@nodc.noaa.gov.

Lason, Inc.
Imaging Subcontractor
Beltsville, MD
December 20, 2000

Comme le titre de ces pages l'indique suffisamment, j'ai eu, en les écrivant, l'intention de faire connaître aux météorologistes un nouvel instrument, une *Girouette* spécialement destinée à l'observation courante de l'inclinaison des mouvements de l'air.

Cette question dont j'ai cherché d'abord à démontrer l'importance, malgré le peu d'attention qu'on lui a accordée jusqu'ici en météorologie, se dévoilera, dans la seconde Partie, pleine d'intérêt : ce n'est, en effet, que par l'inclinaison des mouvements de l'air que peuvent s'expliquer les faits inattendus révélés par la comparaison des observations anémométriques faites simultanément au niveau de la mer et au sommet de quelques phares pris sur trois points différents des côtes de la Chine.

Si l'on prend garde que la hauteur de ces phares (70 et 90 mètres), choisis comme stations météorologiques supérieures, est de beaucoup inférieure à celle de plusieurs monuments, tels que la Flèche de la Cathédrale de Rouen (150 mètres), la plus haute des pyramides d'Egypte (142 m.), la tour de Strasbourg (142 m.), la Coupole de S^{t} Pierre à Rome (132 m.), la Coupole de S^{t} Paul à Londres (110 m.), le sommet du Panthéon à Paris (79 m.), on ne verra pas sans étonnement l'énorme influence de la chaleur absorbée durant le jour par le sol et rayonnée pendant la nuit sur les mouvements de l'air qui coule à sa surface et les différences considérables que doivent présenter les vents selon qu'on les considère près du sol ou à ces hauteurs qui pourraient au premier abord sembler négligeables dans l'étude de ces phénomènes.

Peut-être ces quelques indications, parfaitement certaines, engageront-elles quelques météorologistes, et je le désire vivement, à entreprendre quelques recherches dans cette voie, en utilisant l'un ou l'autre de ces monuments dont le sommet domine de si haut le niveau ordinaire des observatoires météorologiques fondés au sein des grandes villes. La nouvelle girouette portée à cette altitude donnerait certainement lieu à de très-curieuses comparaisons.

Zi-ka-wei, 1 Juin 1881.

M. Dechevrens S. J.

SUR

L'INCLINAISON DES VENTS.

NOUVELLE GIROUETTE POUR OBSERVER CETTE INCLINAISON.

1ÈRE PARTIE

I — L'ANÉMOMÉTRIE ACTUELLE.

Au dernier Congrès météorologique international tenu à Rome au mois d'Avril 1879 une question importante fut incidemment soulevée, mais sans donner lieu malheureusement à aucune discussion. M. Plantamour, de Genève, exprima le regret justement fondé que des observations de la Composante verticale du vent n'aient pas encore été entreprises et ajouta que cette question serait du plus haut intérêt puisqu'il ne s'agit rien moins que de la véritable direction et de la véritable intensité des vents à la surface de la terre.

Pourquoi le Congrès n'a-t-il pas jugé opportun de prêter quelque attention à cette observation de M. Plantamour ? Les conséquences d'une inclinaison dans la direction du vent ne se sont-elles donc jamais présentées à l'esprit des météorologistes éminents qui ont pris part aux délibérations ? S'est-on demandé à quelles causes pouvaient se rattacher toutes les incertitudes, tous les mécomptes, toutes les obscurités de cette question de l'anémométrie ? Est-on en effet plus avancé aujourd'hui qu'on ne l'était à l'ouverture du 1er Congrès de Leipzig en 1872 ? De plus, les anémomètres en usage dans les observatoires sont-ils des instruments en état de donner une notion suffisamment exacte de la vitesse ou de la force des vents ? et si le principe même de ces instruments n'est pas bien sûr, comment ne s'est-on pas mis en peine d'en imaginer de meilleurs ?

Je ne sais si je me fais illusion, mais je ne puis m'empêcher de penser qu'en s'occupant de rechercher la véritable direction et la véritable intensité des vents on aurait coupé court à bien des difficultés, on se serait épargné bien des discussions inutiles et sans fruit, bien des questions aujourd'hui incertaines faute de moyens d'observation, auraient été élucidées, et pour n'en citer qu'une dont l'importance n'échappera à personne, on aurait vidé le débat soulevé entre les partisans des vents descendants et les partisans des vents ascendants au sein des tourbillons atmosphériques : car enfin cette descente ou cette ascension de l'air dans des proportions aussi gigantesques n'est pas un phénomène qui ne puisse devenir l'objet d'observations directes et la météorologie serait infidèle à sa mission si en ce point capital elle prétendait se contenter de déductions plus ou moins fondées, plus ou moins contestables et toujours contestées.

Jusqu'à présent on s'est contenté, en effet, d'étudier avec plus ou moins de succès les mouvements de l'atmosphère dans ses couches les plus inférieures; mais comme ces mouvements ne peuvent manquer d'avoir une relation intime avec ce qui se passe dans toute l'épaisseur de cette enveloppe gazeuse, il importe de saisir le lien qui unit les régions les plus basses avec les régions moyennes et les régions les plus élevées : ce lien, c'est l'inclinaison de la direction des masses gazeuses.

Quel météorologiste sérieux oserait aujourd'hui affirmer l'horizontalité absolue ou habituelle des vents? A priori, elle est improbable, impossible. Comment dès lors n'a-t-on pas immédiatement vu les défauts des anémomètres usuels, de ceux surtout que les Congrès ont cru pouvoir recommander spécialement? Il est juste de dire que le dernier Congrès des météorologistes, à Rome, a cru avoir *in petto* de bonnes raisons pour retirer les approbations données ailleurs (1); mais cela seul est une marque évidente qu'il y a au fond de toute cette question un faux supposé dont il faut se résigner à faire le sacrifice et une inconnue qu'il serait temps de dégager : ce faux supposé, c'est l'horizontalité absolue des mouvements de l'air, cette inconnue, encore une fois, c'est l'inclinaison des courants aériens.

II — NOS PRINCIPAUX ANÉMOMÈTRES.

Je n'entrerai pas ici dans de longues et bien inutiles démonstrations des défauts de nos anémomètres; il me semble qu'il suffit de poser cette simple question : *si le vent n'est pas habituellement horizontal, quelle confiance peut-on avoir dans les anémomètres actuels?* pour que leur insuffisance saute aux yeux.

Par les extraits des Protocoles des divers Congrès météorologiques que je viens de donner en note on a pu voir que deux anémomètres ont préférablement à tout autre mérité l'attention des savants réunis pour traiter de l'avancement de la météorologie : ce sont le moulinet de Robinson et la plaque mobile de M. Wild. Le premier est presque exclusivement employé dans les observatoires de 1er ordre; le second, comme on l'a vu,

---

(1) *Conférence météorologique à Leipzig. Août* 1872. — La proposition du sous-comité tend à l'adoption de l'Anémomètre de Robinson dans sa forme la plus simple pour la détermination de la Vitesse du vent au moment des observations : les vitesses seraient données en mètres par seconde. — La recommandation du sous-comité a été adoptée.

Congrès météorologique international de Vienne. Septembre 1873. — Le Congrès procède à la discussion concernant l'échelle à adopter pour estimer la force du vent, et s'accorde, à l'unanimité moins une voix, à recommander l'introduction sans délai dans les stations de second ordre, pour la mesure de la force du vent, de l'appareil simple proposé par M. Wild, instrument qui a déjà fait ses preuves.

Assemblée du Comité permanent à Utrecht. Septembre 1874. — Nous manquons presque absolument des moyens de mesurer la vitesse réelle et la force réelle du vent : nous ne connaissons pas davantage la relation qui existe entre ces deux quantités. Il est tout spécialement à désirer que la théorie du Dr. Robinson, touchant son anémomètre, soit de nouveau remise à l'étude et qu'on refasse des expériences avec différents anémomètres de ce système. (Rapport de M. Buys-Ballot).

Second Congrès météorologique international de Rome. Avril 1879. — Question 23 : Comment peut-on déduire la vitesse absolue du vent des indications directes des différents anémomètres? — Résolution. Le Congrès ne se croit pas en état pour le moment de répondre catégoriquement à cette question. Il se borne à recommander aux directeurs des observatoires centraux d'effectuer des comparaisons entre les différents anémomètres en usage.

Le Capitaine Hoffmeyer (Danemark) demande que la question soit renvoyée au futur Comité international.

M. Scott (Londres) appelle l'attention du Congrès sur la manière dont à Vienne on avait traité la question des anémomètres. Dans le premier Congrès l'appareil de M. Wild avait été recommandé et son introduction dans tous les observatoires de second ordre urgée fortement, tandis que le Comité du présent Congrès n'a adopté aucune résolution à cet égard. Il fait remarquer aux membres du Congrès l'importance d'une unité de vues et d'action entre les deux Congrès.

M. Wild (St Pétersbourg) dit que le Comité s'est fait une règle de ne recommander aucun instrument en particulier, parce que toute recommandation semblable impliquerait un jugement de la part du Congrès, ce qui pourrait peut-être avoir des inconvénients. C'est pour cela qu'il a lui-même retiré sa proposition de faire désigner les instruments qui pourraient être choisis pour entreprendre une comparaison des baromètres et thermomètres employés dans les diverses contrées et il a requis le Congrès de n'avoir pas égard à la décision prise autrefois par le Congrès de Vienne touchant la question des anémomètres.

Ainsi on a cru devoir au Congrès de Rome revenir sur les approbations données un peu à la hâte au Congrès de Vienne. Mais je doute qu'on ait fourni aux stations de second ordre un autre anémomètre : ma critique conserve donc sa valeur et son actualité.

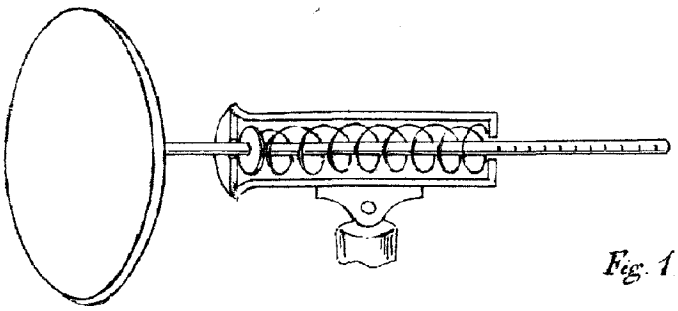


Fig. 1

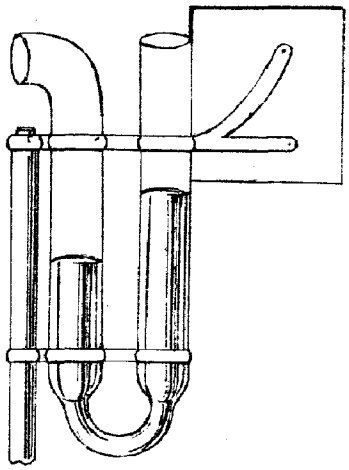


Fig. 1 - Anémomètres de pression.

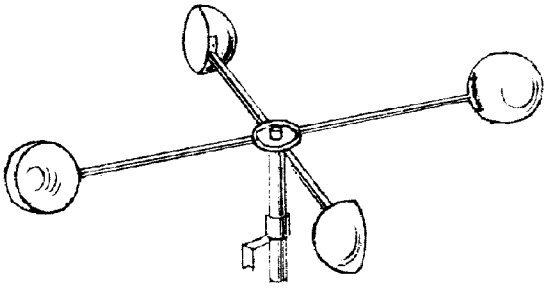
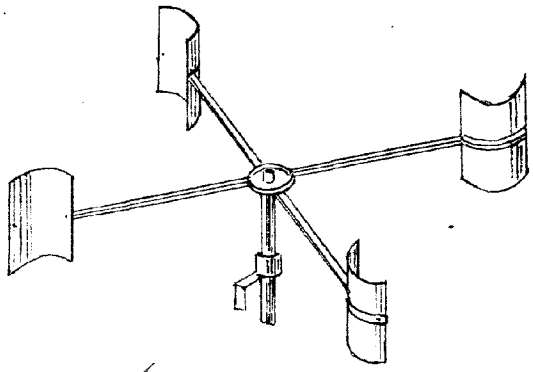


Fig. 2.

Anémomètre du Dr Robinson



Anémomètre à rotation,
pour la Composante horizontale du Vent.

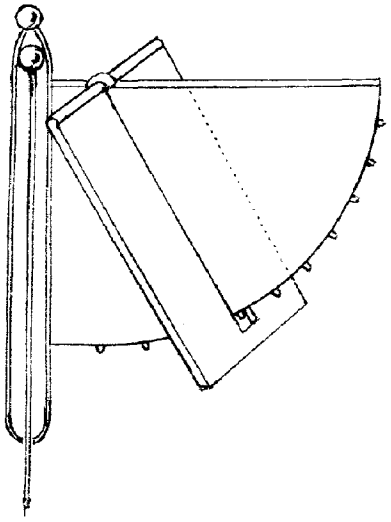
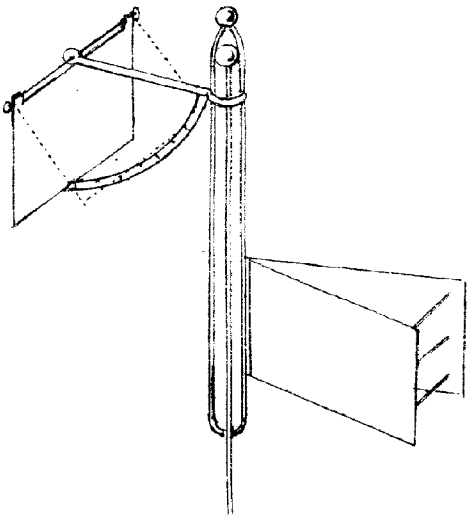


Fig. 3.

Anémomètre à plaque mobile de Lind



Anémomètre à plaque mobile de Mr. Wild

a été introduit dans un grand nombre de stations météorologiques de 2^{d} ordre, en Suisse, en Allemagne, en Russie et ailleurs.

Ces deux appareils d'observation, l'un de la vitesse du vent, l'autre de sa pression ou de sa force, méritent-ils entièrement la faveur dont ils jouissent? dans l'état présent de nos connaissances sur les mouvements de l'air peuvent-ils atteindre l'un et l'autre le but poursuivi par leurs inventeurs ? Je répondrais oui, si le vent était toujours horizontal; mais alors pourquoi tant d'incertitudes, tant de résultats contradictoires dans les observations comparatives qu'on a tentées avec eux? Je ne citerai que quelques chiffres que M. Buys-Ballot a eu la franchise de mettre sous les yeux des savants réunis à Vienne en 1873 : il avait essayé de comparer les rotations du moulinet de Robinson avec les pressions supportées par une plaque disposée probablement comme celle des anémomètres à pression d'Osler ou de Jelinek *(Pl. I. fig. 1)*; voici quelques-unes des pressions qu'il observa pour une même vitesse du vent déduite de la vitesse du moulinet :

Vitesse de	7 à 8 milles :	pression de	1,3 à 4,5	kilogrammes par mètre carré.	
	8 à 9 milles :	,,	1,7 à 9,5	,,	,,
	9 à 10 milles :	,,	2,0 à 13,0	,,	,,
	13 à 14 milles :	,,	4,6 à 16,2	,,	,, etc.

De bonne foi que doit-on conclure de pareils résultats? Sans aucun doute que les deux appareils ne sont pas comparables. Puisqu'on ne peut révoquer en doute le principe de la proportionalité de la pression à la vitesse du vent, il faut admettre que au moins l'un des deux moyens de mesurer ces éléments est défecteux. A mon avis ils le sont tous deux, mais non sous le même point de vue : modifions, d'un côté, la manière d'interprêter les pressions reçues par la plaque dynamométrique, modifions, de l'autre, la forme du récepteur de l'action du vent dans le moulinet, peut-être alors les observations donneront-elles de meilleurs résultats comparés.

Je dis d'abord qu'il fallait interprêter autrement les pressions indiquées par la plaque à ressort. Ces observations ont duré un mois; admettra-t-on que pendant tout ce temps l'horizontalité du vent a été absolue et que par suite les pressions supportées par la plaque sont dues à toute l'intensité du vent? Raisonnablement on ne le peut pas, on ne le doit pas. Ce que l'on a observé ce sont les pressions dues à la seule composante horizontale du vent et l'on conçoit que la tension du ressort pouvait prendre toute espèce de valeurs sans que l'intensité absolue du vent fût le moins du monde modifiée à la seule condition que son inclinaison à l'horizon variât graduellement; la pression exercée est en effet proportionnelle au carré du cosinus de l'inclinaison; à son maximum quand le vent est normal à la plaque, elle serait nulle quand son mouvement se ferait parallèlement au plan de la plaque supposée ici verticale.

Si le moulinet de Robinson est disposé pour indiquer avec précision, toutes corrections faites, la vitesse absolue du vent, comme le prétendent bien ceux qui l'ont introduit dans sa forme actuelle, il est manifeste que les comparaisons devaient donner des nombres aussi étrangement variables que ceux que j'ai cités plus haut. La plaque dynamométrique serait un excellent appareil si l'on pouvait conserver au ressort toute son élasticité première; il ne faut toutefois lui demander que ce qu'il peut donner, la composante horizontale de la force du vent. Quant au moulinet de Robinson, s'il n'est modifié et par conséquent s'il ne perd son nom, il me parait un appareil défectueux et peu scientifique. Très-certainement la forme hémisphérique des coupes réceptrices de la force du vent est la plus favorable pour obtenir avec un vent horizontal la plus grande somme d'action et par suite la plus grande vitesse horizontale; mais prenons l'anémomètre en main, inclinons son plan de rotation par rapport à la direction du vent, qui osera assurer que sa vitesse n'est en rien modifiée par cette inclinaison ?

qui ne voit immédiatement qu'une partie de la force du vent a pour effet de presser l'instrument contre la main ou de l'en arracher. Remettons l'appreil sur son support et laissons le vent venir frapper l'intérieur de ses coupes sous toutes les inclinaisons probables qu'il peut prendre; les observations faites dans ces conditions auront-elles beaucoup de valeur? Et cependant c'est à cet anémomètre qu'on a voulu comparer tous les autres.

Mais ces défauts ne sont pas sans remède, si je ne me trompe, et on pourrait encore en faire un instrument comparable avec la plaque dynamométrique; il faudrait pour cela substituer à ses coupes un autre récepteur apte également à créer un mouvement de rotation *continu et tel cependant qu'il puisse servir à mesurer soit* la véritable vitesse du vent, soit au moins sa composante horizontale. Contentons-nous pour le moment de chercher à satisfaire à cette dernière condition. J'ai à cet effet expérimenté deux systèmes qui au premier abord semblent différer assez peu; mais les résultats ont montré que l'un d'eux était inadmissible, tandis que l'autre paraitrait pouvoir conduire au but. A l'extrémité des quatre bras d'un grand moulinet (65 centim. de rayon) monté sur un flotteur de zinc en guise de pivot de rotation, j'ai fixé verticalement deux plaques de zinc réunies par un de leurs bords verticaux et inclinées l'une sur l'autre de 60° environ. L'action du vent devait avoir plus de prise dans l'espace intérieur triangulaire formé par les deux plaques que sur leurs surfaces extérieures, d'après le principe même du moulinet de Robinson; mais le mouvement de rotation qui s'en suivit fut extrêmement lent et irrégulier : ce n'était pas cette forme qu'il fallait adopter.

Je substituais à ces plaques un hémicylindre vertical *(Pl. I. fig. 2)*, me rapprochant ainsi davantage de la forme primitive : l'appareil y gagna immédiatement en rapidité et en régularité, il devint comparable à l'ancien muni de ces quatre coupes et ne lui fut pas de beaucoup inférieur en vitesse de rotation. Telle est la nouvelle forme qu'il me paraîtrait utile, avant même toute comparaison, de substituer à l'ancienne pour l'observation de la vitesse du vent. J'ose dire *avant même toute comparaison,* car si elle laisse au moulinet tous ses avantages comme instrument d'observations courantes, elle lui enlève les graves défauts signalés plus haut. Ce n'est plus, il est vrai, un anémomètre destiné à mesurer d'une manière vague, mais fautive, la vitesse de l'air en général; c'est un anémomètre dont le principe est plus sûr, qui ne peut subir qu'une action, celle de la composante horizontale et qui reste absolument indifférent à la composante verticale dont il ne peut non plus rien avoir à souffrir. Seulement il faudra bien s'entendre en étudiant les résultats des nouvelles observations faites avec ce moulinet modifié: ils auront une signification bien précise; ce ne seront plus des chiffres représentant une vitesse absolue fictive et par conséquent sans intérêt et presque sans valeur scientifique, ce seront les variations de l'une des deux composantes du mouvement de l'air et il se pourrait bien que cette étude ainsi comprise conduisît, même dans ces conditions restreintes, à de meilleurs résultats que la méthode précédente.

Mais cet anémomètre ainsi modifié appellera trop l'attention du météorologiste sur la composante verticale de la direction des vents, c'est-à-dire sur leur inclinaison à l'horizon, pour que le besoin d'un appareil indicateur de cette inclinaison même ne se fasse bientôt sentir. Cet appareil aussi simple qu'une girouette ordinaire sera décrit plus loin.

Auparavant je dois dire quelques mots du second anémomètre recommandé pour les stations de second ordre par le Congrès de Vienne en 1873. C'est l'anémomètre à plaque mobile pendante de M. Wild. Il consiste *(Pl. I. fig. 3)* en une simple plaque métallique rectangulaire suspendue par son bord supérieur à un axe mobile horizontal : cette plaque est toujours présentée au vent par l'intermédiaire d'une girouette ordinaire. C'est par les inclinaisons qu'elle prend que se mesureraient les variations de la force du vent. Un tableau a été présenté par M. Wild au Congrès indiquant, comme résultat des comparaisons faites avec un moulinet de Robinson, les vitesses du

vent correspondant à diverses inclinaisons déterminées. Sans revenir sur ce qui a été dit de la difficulté de graduer de semblables anémomètres par comparaison avec un instrument qui est loin d'être exact lui-même, je ferai une remarque qui montrera l'insuffisance de cette plaque mobile, telle qu'on la construit, pour la détermination de la vitesse ou de la force du vent.

La plaque dynamométrique (à ressort : anémomètres d'Osler et de Jelineck) n'indique que les pressions horizontales : je crois qu'on ne peut pas accorder à la plaque mobile même cet avantage. Il n'est pas difficile, en effet, de démontrer que—1° *pour une même inclinaison de la plaque* l'intensité absolue du vent peut, suivant sa direction vraie, varier entre un *minimum* qui sera atteint quand le vent soufflera normalement à la plaque et un *maximum* qui est l'infini quand il soufflera parallèlement à la plaque et de haut en bas — 2° pour cette même inclinaison de la plaque, la composante horizontale peut être ou *nulle* si le vent s'élève verticalement, ou *infiniment grande* s'il marche dans le plan de la plaque. Cet anémomètre n'est donc d'aucune utilité dès que le vent est incliné à l'horizon, puisque dans l'ignorance de sa véritable direction on ne peut absolument rien déterminer soit de sa force absolue, soit même de celle de la composante horizontale. La question de la véritable direction du vent est donc encore ici une affaire capitale, et en l'absence de toute donnée sur ce sujet l'instrument de M. Wild est plutôt un anémoscope qu'un anémomètre.

Tout défectueux qu'il soit dans l'état de nos connaissances sur les mouvements de l'air, l'anémomètre à plaque mobile sans rien changer à sa construction, peut retrouver tous les avantages qu'on lui avait d'abord attribués si on compare ses indications avec celles d'une girouette d'inclinaison telle que celle que je fais connaître aujourd'hui.

III — PREMIÈRES TENTATIVES D'UNE DÉTERMINATION DE L'INCLINAISON DES VENTS.

Si jamais quelques météorologistes ont fait des essais de recherche expérimentale sur la composante verticale du mouvement de l'air dans les couches inférieures, ce dut être probablement sans succès, puisqu'aujourd'hui encore la question est absolument neuve. Soyons juste et disons qu'en réponse à la plainte que faisait à ce sujet M. Plantamour au Congrès de Rome (1879) M. Wild lui-même assura avoir essayé un anémomètre formé d'une plaque à axe horizontal qui lui avait donné des résultats satisfaisants. Cet anémomètre n'était-il autre que celui dont il vient d'être question ou bien la plaque était-elle tenue horizontalement? le savant directeur de l'Observatoire de St. Pétersbourg ne le fait pas connaître, non plus que la nature des résultats satisfaisants obtenus dans ces essais. Il y a lieu, certes, de s'étonner qu'aucun des membres du Congrès n'ait cherché à obtenir un éclaircissement à ce sujet et qu'une question de cette importance n'ait pas même mérité l'attention qu'on a mise à discuter le diamètre des pluviomètres.

Déjà aussi, en 1873, un météorologiste français, M. Tarry, présentait à l'Académie des Sciences (3 Novembre) une note dans laquelle il faisait connaître une nouvel anémomètre, bien plus simple, bien plus efficace que tous les autres, puisque ne consistant qu'en une banderolle suspendue sous forme de bannière à un anneau passé autour d'un poteau, il devait donner et la vraie direction et la vraie force du vent. A vrai dire je préfère encore les anciennes girouettes qui au moins avaient un peu de fixité dans la direction du vent et pouvaient l'indiquer avec exactitude. Les mêmes principes qui militent contre la plaque mobile pendante de M. Wild s'opposent absolument à ce que cette disposition imaginée par M. Tarry puisse jamais servir à indiquer l'inclinaison vraie du vent et par conséquent puisse mener, comme l'inventeur aime à le croire, à la solution du pro-

blème de la descente ou de l'ascension de l'air au centre des Cyclones et des autres tourbillons atmosphériques.

Dans un travail (1) sur les observations météorologiques faites en Mai 1872 au pied et au sommet du mont Washington (New-Hampshire, États-Unis d'Amérique) M. Hellmann (Berlin) dit quelque part ce qui suit : « La plus grande vitesse du vent observée pendant ce mois de Mai au sommet de la montagne (1915 mètres) s'est élevée à 96 milles anglais à l'heure; il est intéressant de remarquer qu'en ce moment même le calme régnait à la station inférieure (797 m.). Un mouvement de translation aussi rapide des couches supérieures de l'air ne devait-il pas produire sur les couches inférieures au repos une puissante aspiration et déterminer leur ascension verticale? Aussi longtemps que nous ne posséderons aucun instrument qui puisse mesurer la composante verticale du mouvement de l'air comme nous mesurons sa composante horizontale, de semblables questions resteront toujours sans réponse. »

Voilà les seuls documents parvenus à ma connaissance qui témoignent qu'au moins quelques esprits se sont préoccupés d'un problème à la solution duquel j'ai la confiance d'avoir moi-même travaillé plus efficacement.

IV — LA GIROUETTE D'INCLINAISON - ESSAIS PRÉLIMINAIRES.

J'avais entrepris la construction d'un anémomètre de pression d'une forme toute nouvelle dans lequel je voulais remplacer le ressort, dont l'élasticité est loin d'être constante, par un poids variant lui-même avec la force du vent et enregistrant ses propres variations. Sur le point de commencer les premières observations, une objection que je me fis à moi-même m'arrêta court. L'appareil pouvait être bon si le vent agissait sur lui horizontalement, mais non dans le cas d'une inclinaison quelconque. Il y avait donc à décider ce point expérimentalement, il fallait résoudre avant tout le problème de la direction du vent.

Dans ce but je fis faire tout d'abord une sorte d'anémoscope de la composante verticale, qui devait m'indiquer simplement si le vent venait d'en haut ou d'en bas : il se composait *(Pl. II. fig. 1)* d'une roue en bois à huit palettes très-légères montée sur une aiguille d'acier placée horizontalement dans une sorte de boîte carrée ouverte en dessus et en dessous. La roue était assez délicatement équilibrée pour qu'un vent même assez faible en pénétrant obliquement dans la boîte pût mettre les palettes en mouvement. Ce petit appareil ayant été fixé au bout d'un long bâton fut avancé assez loin, contre le vent en dehors de la balustrade qui entoure la plateforme de l'Observatoire de Zi-ka-wei (2). Répétée maintes et maintes fois, diversifiée de toutes manières par différents vents, cette expérience a toujours donné des résultats positifs : rarement le vent venait assez horizontalement pour laisser les palettes en repos, le plus ordinairement il paraissait ascendant. Un soir, par un bon vent de SE., il me fallut incliner la boîte de près de 45° pour enlever tout mouvement à la roue : je me servais à ce moment du long bâton pour tenir l'anémoscope élevé très-haut au-dessus du bord de la plateforme; les anémomètres ordinaires ne sont pas installés à une plus grande hauteur au-dessus des observatoires, de telle sorte que si l'anémoscope se ressentait, comme on ne manquera pas de l'objecter, de l'influence des murailles de la petite tour sur lequelle je faisais toutes ces expériences, il faut conclure que les anémomètres sont aussi mal garantis

---

(1) Ein Beitrag zur Physik der höheren Luftschichten, von Dr. Gustav Hellmann.

(2) L'observatoire de Zi-ka-wei comprend deux bâtiments distincts, l'un élevé en 1872 renferme le météorographe-Secchi, les anémomètres, la bibliothèque, une salle de travail et le logement du directeur; l'autre de forme octogone flanqué de 4 cabinets sur 4 de ses faces renferme, au milieu le magnétographe et dans trois des annexes un barographe, un double thermographe et un électrographe : tous ces appareils sont enregistreurs par la photographie. Le premier bâtiment a 20 m. de long, 8,3 m. de large et 5 m. de haut à l'Est et à l'Ouest de la plateforme centrale qui est élevée de 9,5 m. au-dessus du sol et a 36 mètres carrés de surface *(Planche IV. fig. 1)*.

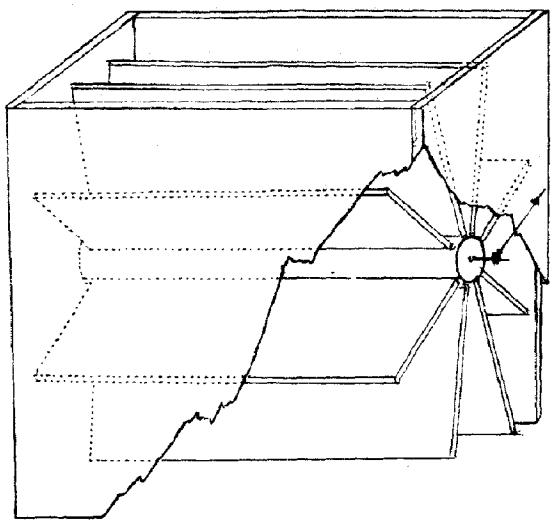


Fig. 1 - Anémoscope pour l'Inclinaison du vent

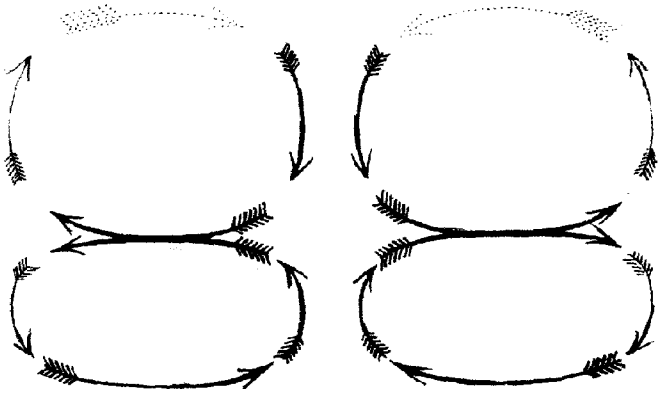


Fig. 4 - Mouvements théoriques de l'air dans un Typhon - coupe verticale par le Centre

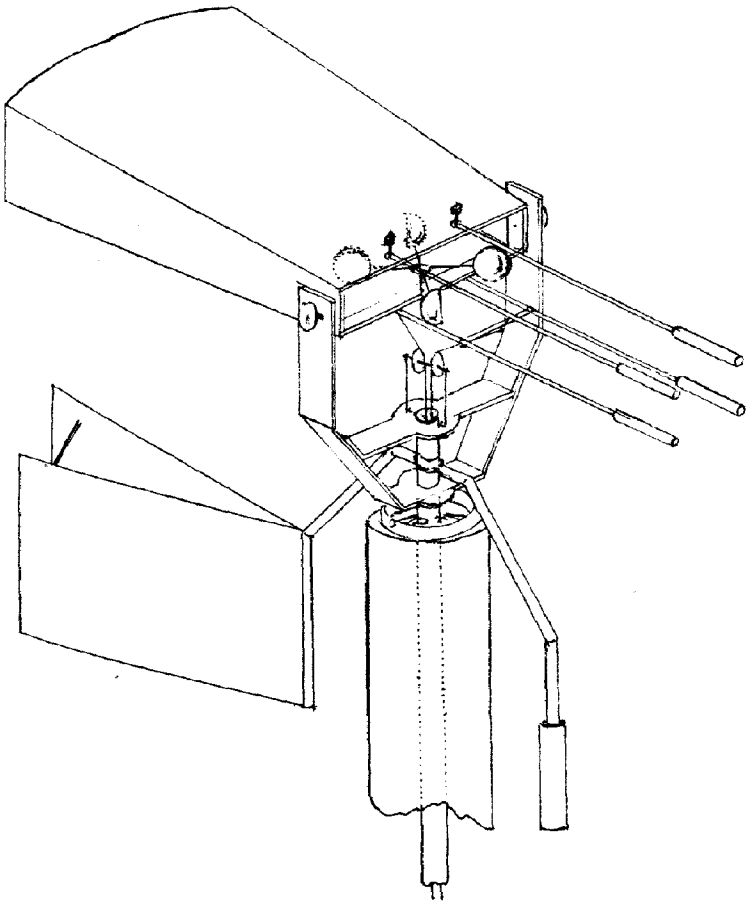


Fig. 2 - Essai d'un anémomètre-universel. Direction - inclinaison - vitesse.

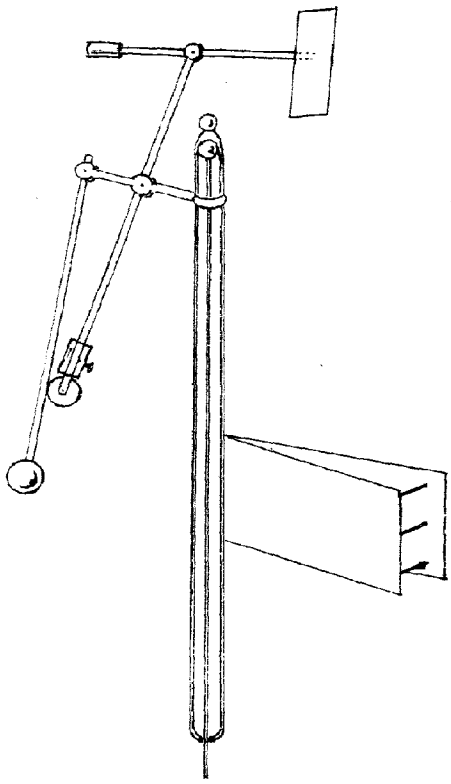
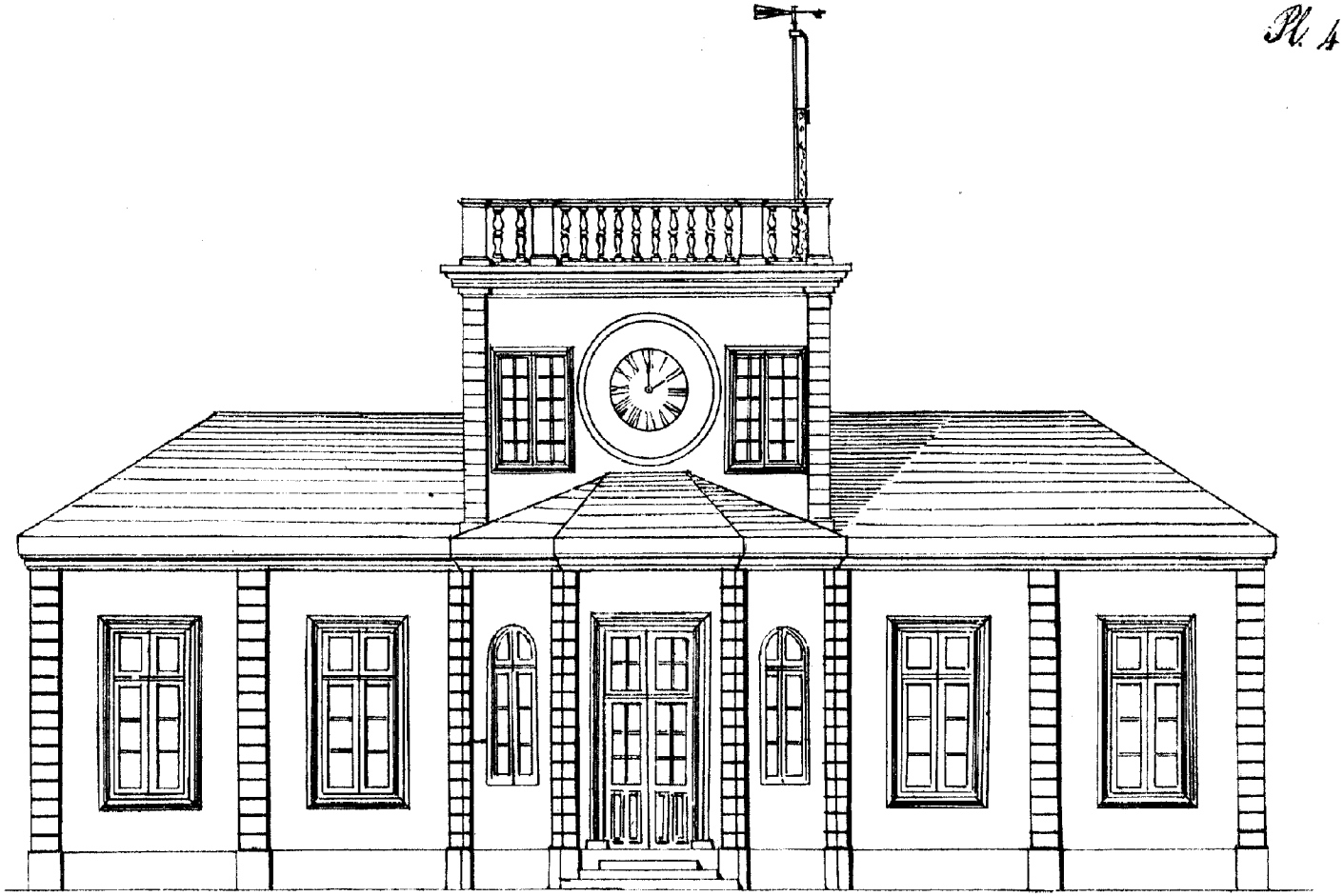


Fig. 3 - Essai d'un anémomètre-universel. Direction - inclinaison - force.

Pl. 4e



Echelle 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 mètres

Observatoire de Zi-ka-wei, Chine. façade Sud.
Exposition de la nouvelle Girouette d'Inclinaison

de l'influence des murailles et sont loin de marquer la vraie vitesse ou la vraie pression de l'air, d'après ce que j'ai dit plus haut. Le crains bien toutefois que si l'on veut chercher une hauteur convenable pour les exposer à des courants vraiment horizontaux on ne perde et son temps et sa peine. J'ajoute enfin que le rotation de l'anémoscope s'est fait observer aussi bien par des vents très-faibles que par de vents très-forts ; l'inclinaison des premiers m'a semblé en général plus grande et dans plus d'un cas il eut été invraisemblable de mettre la rotation au compte des courants ascendant le long des murailles, d'autant plus que la tour se termine par une corniche ouvragée très-saillante et très-propre à rompre les courants ascendants s'il y en a. D'un autre côté je ne vois pas comment les courants aériens descendants constatés plusieurs fois avec cet anémoscope et avec l'anémomètre d'inclinaison dont je vais parler, peuvent être l'effet des murailles de l'observatoire. Rien ne sert de critiquer des expériences faciles d'ailleurs à répéter : qu'on se mette dans de meilleures conditions que je ne suis, qu'on expérimente avec bonne foi et je suis convaincu qu'on ne trouvera pas les courants d'air aussi habituellement horizontaux qu'on l'a supposé quand on a inventé et mis en usage les anémomètres dont j'ai cru devoir signaler les défauts essentiels (1).

Le petit appareil à rotation ne pouvait pas par sa construction même indiquer l'inclinaison sous laquelle ses palettes étaient frappées par le vent ; sa rapidité était souvent considérable, trois à quatre tours par seconde, mais elle dépendait autant, sinon, plus de la vitesse du vent que de son inclinaison. Voici le dispositif que j'imaginai pour observer directement l'inclinaison du vent indépendamment de sa vitesse.

V — LA GIROUETTE D'INCLINASON - SA DESCRIPTION.

Une girouette ordinaire consiste essentiellement en une plaque rectangulaire allongée et verticale tournant

---

(2) On m'a objecté aussi qu'il devait en être de l'air près du sol comme de l'eau dans une rivière où le maximum de vitesse se rencontrant au milieu du courant doit produire sur les filets liquides, près des bords où la vitesse est minimum, une succion qui les incline vers l'axe dans le sens du courant ; de plus les inégalités du sol, quelque petites qu'elles soient, doivent tendre à amener une semblable inclinaison de bas en haut.

Je répondrai d'abord que, même en supposant dûment constatés les faits objectés, leur influence sur l'inclinaison du mouvement de l'air doit être bien faible, puisqu'elle n'empêche pas des mouvements verticaux de haut en bas de se produire même par des vents de faible intensité. Et cela se conçoit car l'inclinaison, qui est l'effet direct des inégalités dela pression atmosphérique, doit être de beaucoup supérieure à celle due à ces petites causes locales. Sans aucun doute dans une région semée de collines et de montagnes les couches atmosphériques inférieures imitent par leurs ondulations celles du sol même. Mais même dans ce cas il ne sera peut-être pas difficile de discerner la part de ces causes et celle du mouvement général de l'atmosphère, principalement en comparant les observations de deux stations convenablement situées. Maintenant est-il bien vrai que les frottements de l'air contre le sol parce qu'ils ralentissent sa vitesse en ce point, ont pour résultat naturel de laisser ces couches superficielles obéir à une sorte d'appel ou de succion vers les couches plus élevées et plus rapides? Le fait serait loin d'être prouvé quand il s'agit des cours d'eau. Voici ce que dit à ce sujet M. Darcy dans son mémoire sur *le mouvement de l'eau dans les tuyaux* (Académie des Sciences — Mémoires présentés par divers savants. Tome XV[e]) : " Je n'ai point parlé des mouvements obliques du fluide, mouvements qui sembleraient accusés par les corps en suspension, lesquels se dirigent, en général, vers les points animés d'une vitesse plus grande ; l'explication, en effet, de ce phénomène peut résulter, ainsi que plusieurs hydrauliciens l'ont fait observer, des différences de pressions auxquelles ces corps sont assujettis et non d'un mouvement particulier du fluide. Je ne crois pas qu'en général ce phénomène puisse indiquer un afflux réel des particules fluides vers les points du plus grand débit ; on ne saurait lui assigner pour cause l'alimentation des filets doués d'une vitesse supérieure. De quelle façon, en effet, dans cette hypothèse, les molécules enlevées aux filets doués de moindre vitesse pourraient-elles être remplacées ? "

D'un autre côté sur quoi s'appuye-t-on pour affirmer que l'effet résultant de la rencontre des molécules aériennes avec les inégalités du sol, arbres, maisons, canaux, rivières dans un pays de plaine, est une inclinaison ordinaire de l'air de bas en haut ? Ce que tout cela me paraît devoir engendrer ce sont de très-nombreux petits mouvements gyratoires n'affectant tout au plus qu'une très-mince couche d'air au-dessus ou à côté de l'obstacle ou de la cavité et bientôt absorbées dans la masse générale en mouvement, grâce à la vitesse supérieure des couches qui passent par-dessus cet obstacle ou cette cavité. Si le vent est fort, ces mouvements gyratoires sont presque aussitôt éteints ; si le vent est faible, l'air glisse doucement contre l'obstacle et ne saurait s'élever haut par-dessus, appelé qu'il est immédiatement pour remplacer les molécules qui doivent aussi glisser en descendant de l'autre côté de l'obstacle.

Au reste les nombreux tracés que m'a déjà donnés la girouette installée à Zi-ka-wei et enregistrant graphiquement toutes ses oscillations prouvent péremptoirement le peu de fondement de toutes ces objections et de celles qui pourront encore être faites. Dès aujourd'hui je puis affirmer l'existence d'une variation diurne dans l'inclinaison du vent et une relation très-marquée entre ses variations anormales et les variations irrégulières du baromètre.

autour d'un axe vertical et équilibrée exactement par une contre-poids de manière que le centre de gravité de l'appareil se trouve sur l'axe de rotation. Dans ces conditions la plaque n'a pas de tendance à se porter plutôt d'un côté que d'un autre et elle obéit fidèlement à toutes les variations horizontales de la direction du vent. Renversons l'appareil, faisons osciller la plaque autour d'un axe horizontal bien mobile, équilibrons son poids par un contre-poids équivalent, faisons en un mot de cette plaque et de son contre-poids une balance indifférente mais mobile et élevons le tout sur une tige verticale qu'on pourra orienter au vent, nous aurons construit l'*Anémomètre d'inclinaison (Pl. III.)* que je propose aux météorologistes pour l'observation de l'inclinaison des vents à la surface de la terre.

On le voit, cet appareil diffère essentiellement de ceux avec lesquels on a en vain tenté de résoudre le même problème : ces divers appareils, si légers qu'ils fussent, banderolle, oriflamme, bannière de M. Tarry, ballon, plaque de M. Wild, tous avaient ce défaut d'obéir à la force du vent plus qu'à sa direction ; on leur conservait un poids variable avec leur inclinaison, par conséquent ils étaient hors d'état de marquer la véritable direction des courants d'air.

La girouette d'inclinaison que je présente est construite de manière que son centre de gravité se trouve sur l'axe de rotation ; elle se tient en équilibre sous toutes les inclinaisons qu'on lui donne, elle est indifférente à toutes les variations de vitesse ou de pression du vent, elle n'est sensible qu'à ses changements de direction dans l'espace. Disons tout de suite qu'un petit appareil extrêmement simple, construit de cette sorte et fixé à 3 pieds au-dessus de notre grande girouette ordinaire à flotteur et tournant par suite avec elle, confirma par ses balancements et ses inclinaisons toutes les variations du petit anémoscope de rotation observé simultanément : le vent s'est assez montré rarement horizontal.

Voici la forme et les dimensions principales de la girouette que j'ai fait construire pour les premiers essais dès que je fus certain d'avoir trouvé le vrai principe qui doit guider dans l'observation de ce phénomène intéressant.

(Pl. III.). Un axe en acier à pointes tournées, de 110^{mm} de longueur sur 9^{mm} de diamètre traverse deux bandes de cuivre jaune de 25° de long sur 4° de large. Ces deux bandes espacées de 4° sont échancrées en forme de mâchoires à l'une de leurs extrémités et embrassent deux plaques de zinc qui vont en s'écartant l'une de l'autre ; cet écartement, que l'expérience réglera, n'a ici que 5° à l'extrémité des plaques : celles-ci sont des trapèzes de 11° de côté près de l'axe et de 27° à l'extrémité libre, leur longueur est de 47°, de sorte que de l'axe à l'extrémité des plaques on mesure 54°5. Des bandes de zinc ont été soudés sur les côtés et verticaux, l'anémomètre constitue ainsi une sorte de boite triangulaire entièrement fermée. Pour augmenter la surface utile sans augmenter notablement le poids de l'appareil, j'ai fait souder dans le plan moyen des deux plaques, au milieu des côtés, deux bandes rectangulaires de zinc de 7° de largeur, ce qui porte à 26° environ la largeur du plateau de la balance près de l'axe et à 68° celle de l'autre extrémité. La surface du plateau est donc ainsi de 22 décim-carrés.

Pour obtenir l'orientation de l'appareil je fis souder normalement aux deux plaques et dans le milieu de leur plan deux autres bandes de zinc de 5° environ de largeur, donnant une surface verticale qui paraît suffire dans cet instrument. Mais il est plus prudent, pour assurer l'orientation, d'ajouter sur l'axe vertical une plaque verticale distincte.

De l'autre côté de l'axe, les deux bandes de cuivre sont réunies par deux petites plaques de même métal qui servent de points d'attache à une tige en cuivre jaune de 9^{mm} de diamètre et de 45° de longueur ; cette tige porte à son extrémité filetée un écrou et une petite masse de plomb servant de contre-poids.

Tout cet appareil oscille entre deux grosses vis également en acier dont les capsules ont été tournées avec

soin. Ces deux vis sont portées par une sorte d'étrier en cuivre soudé à l'extrémité d'un tube de fer cuivré en dehors, de 15^{mm} de diamètre et de 4 mètres de longueur : c'est dire qu'il descend jusque dans la chambre qui est immédiatement au-dessous de la plateforme de l'observatoire. A la partie inférieure de ce tube j'ai fait adapté un cylindre creux en zinc qui flotte dans un bassin plein d'eau glycérinée. Cette girouette d'inclinaison est élevée de 3^{m},7 au-dessus de la plateforme.

Telle est dans son ensemble la girouette nouvelle à double effet qui permettra, je l'espère du moins, d'entreprendre des observations suivies et faciles sur la véritable direction des vents. L'enregistrement mécanique ou électrique peut sans difficulté s'y adapter : on trouvera aisément les meilleurs combinaisons en rapport avec le local et les ressources de chaque observatoire. Je dirai seulement qu'un tube creux comme axe facilite singulièrement l'emploi de l'électricité en donnant un lieu de passage commode aux fils conducteurs.

On pourrait encore perfectionner le système d'enregistrement que j'ai appliqué, à Zi-ka-wei, à la girouette d'inclinaison décrite ci-dessus. Une poulie à gorge en cuivre a été tournée au milieu de l'axe de rotation : sur cette poulie passe une petite chainette dont l'un des bouts est fixé et l'autre va à quelques centimètres dans l'intérieur du tube-support se relier à une série de très-minces baguettes de bois léger et verni qui descendent jusqu'au-dessus du flotteur en zinc. Là elles mettent en mouvement un levier métallique léger qui traverse horizontalement le tube par deux ouvertures longitudinales pratiquées en regard l'une de l'autre. Ce levier porte un crayon tendre qui trace des ares de cercle sur un cylindre mu par un mouvement d'horlogerie : le tout est porté par le flotteur même et tourne comme lui au caprice du vent; mais l'enregistrement des inclinaisons de la girouette n'en est en rien gêné. Inutile de faire remarquer qu'avant de faire usage de l'enregistrement il faut équilibrer avec soin la girouette avec ces pièces accessoires.

La pluie qui tombe sur le plateau et en augmente le poids est un sérieux inconvénient qu'il sera bien difficile d'éviter par les vents faibles surtout : car par un bon vent, j'ai remarqué qu'elle avait peu d'action sur l'appareil. En donnant au plateau une forme légèrement convexe dans le sens de la largeur, en dessus et en dessous, on préviendrait déjà toute accumulation d'eau à sa surface.

Pour obtenir toute la mobilité désirable dans les rotations de l'axe vertical, j'ai évité de me servir de colliers à frottement pour le maintien de la verticalité du tube-support. Ce tube passe entre trois galets montés dans un anneau de cuivre fixé horizontalement au haut d'une grosse barre de fer dont le pied est encastré solidement dans le sommet d'un poteau en bois élevé sur la plateforme; selon les besoins plusieurs de ces anneaux à galets peuvent sans inconvénient être distribués dans la longueur du tube; les frottements sont ainsi remplacés par des roulements : les mouvements y gagnent en douceur.

Ayant désormais à sa disposition le moyen simple et commode de connaître à tout instant la direction des couches inférieures de l'air et leur véritable inclinaison sur l'horizon, le météorologiste en faisant simultanément usage d'un anémomètre qui puisse lui donner avec quelque assurance l'une quelconque des composantes de l'intensité du vent, pourra toujours calculer soit sa vitesse, soit sa force absolue. Au lieu de notions assez vagues sur les mouvements généraux et particuliers de l'atmosphère, au lieu de résultats qui n'avaient pour bases que des observations dont l'exactitude était au moins contestable, il verra bientôt ses idées prendre un corps, les faits se lieront plus logiquement les uns aux autres, le lumière se fera dans ces ténèbres opiniâtres et la météorologie générale aussi bien que la climatologie particulière s'enrichiront de principes plus certains et de déductions plus étendues et plus vraies.

Comme instruments à employer pour l'observation de la vitesse ou de la force du vent concurremment

avec la girouette d'inclinaison, je puis indiquer d'abord le moulinet modifié donnant les variations de la composante horizontale; — la plaque dynamométrique, quoiqu'on doive veiller beaucoup à l'entretien des ressorts soumis naturellement à de fortes et fréquentes variations d'humidité; — la plaque mobile de M. Wild qui probablement serait encore, grâce à sa grande simplicité, le meilleur des anémomètres : le même axe vertical porterait les deux appareils, la girouette à double effet et la plaque mobile et chaque observation comprendrait les trois éléments indispensables du mouvement de l'air, la direction horizontale et la double inclinaison, celle de la girouette d'inclinaison et celle de la plaque : des tables à double entrée construites d'avance donneraient sans peine la vitesse vraie ou la force vraie du vent.

Si l'on cherchait d'autre part un anémomètre universel renfermant tout ce qui est nécessaire à l'observation de ces trois mêmes éléments, voici deux dispositions qui pourraient être essayées. La première, que j'ai commencé de faire exécuter, exige beaucoup de soin de la part du constructeur : c'est un moulinet ordinaire de Robinson ou un moulinet à récepteur hémicylindrique adapté au milieu de l'axe même de rotation de la girouette d'inclinaison. Le moulinet tournerait au milieu d'un cadre métallique rectangulaire mobile autour de son grand axe horizontal; à ce cadre seraient soudées, d'un côté, deux plaques formant la girouette d'inclinaison, de l'autre, des contre-poids symétriquement placés de telle sorte que le centre de gravité de tout cet ensemble de pièces coïncidât avec le centre de figure du cadre métallique (Pl. II. *fig.* 2).

Le seconde disposition utiliserait le principe des plaques dynamométriques, mais on éviterait l'emploi des ressorts, toujours sujets à caution, de la manière suivante. Une forte barre de fer maintenue verticale pénètre dans un tube également de fer fermé à son extrémité supérieure par un pièce en acier qui repose sur la pointe de la barre; à la base du tube serait soudée verticalment une ou deux plaques à large surface servant de girouette pour l'orientation de l'appareil. Au sommet du tube se trouverait une petite barre horizontale sur laquelle seraient articulés deux leviers pendant verticalement dans le plan de la girouette; l'un plus long armé d'une masse métallique à son extrémite libre; l'autre distant du premier d'environ 15 ou 20 centim. serait presque appliqué contre le tube-support et porterait aussi une masse métallique comme l'autre; mais différent en cela du premier, il se prolongerait au-dessus de l'articulation et porterait une second levier horizontal parfaitement équilibré; d'un côté, celui de la girouette, ce levier horizontal aurait soudée à son extrémité et par son centre une plaque métallique qui est la plaque dynamométrique et à l'autre un contre-poids suffisant. La *fig.* 3. (Pl.II.) fera mieux comprendre la disposition et le fonctionnement de cet anémomètre. Quand le vent souffle, la girouette oriente la plaque au vent; celle-ci force d'abord le levier supérieur à s'incliner dans la direction vraie du courant d'air, puis la pression exercée sur la plaque incline à son tour le levier vertical d'un angle en rapport avec la force du vent. Si celui-ci est très-fort, le levier vient à toucher la seconde barre verticale et l'écarte de sa position normale. Ainsi par les deux angles du levier supérieur portant la plaque et des leviers de la pression on peut trouver la véritable inclinaison du vent et sa pression ou sa force.

Ces divers appareils que je ne fais qu'indiquer sont, comme on le voit, fondés toujours sur le même principe pour ce qui regarde l'inclinaison du vent; on les modifiera, on les perfectionnera, on inventera d'autres formes plus convenables, mais je suis convaincu qu'on fera fausse route si on abandonne le type que j'ai décrit dans la girouette d'inclinaison.

Comme on a pu en faire la remarque, si l'on excepte le principe même de toute cette série de nouveaux appareils, qui est parfaitement sûr, et son application immédiate à la girouette d'inclinaison la plus simple qui est actuellement en fonctionnement régulier à l'Observatoire de Zi-ka-wei, je me suis le plus souvent contenté dans tout

ce qui précède d'énoncer des idées sans aller moi-même jusqu'à la pratique : ce n'est pas la volonté qui me manque, ce sont les ressources, le temps et d'habiles constructeurs qui, on le conçoit, ne sauraient se rencontrer en Chine. Je suis donc forcé de m'en tenir là pour le moment, laissant à d'autres l'honneur d'exécuter, de perfectionner, d'expérimenter.

Sous le rapport de l'observation, même avec des instruments imparfaits, j'ai la confiance que notre station, déjà si favorablement située pour l'étude de bien des phénomènes, le sera encore à l'égard de celle des variations de l'inclinaison des vents.

VI — UTILITÉ DE LA GIROUETTE D'INCLINAISON.

Qu'on me permette, avant de terminer, d'indiquer au moins brièvement quelques-uns des points principaux sur lesquels pourront porter les recherches à faire avec ces nouveaux appareils.

Avant tout on tâchera de déterminer la moyenne inclinaison mensuelle et annuelle des mouvements de l'air en chaque station. Cette notion, avec celle de la direction horizontale moyenne des vents, conduira à la connaissance des mouvements les plus généraux et les plus étendus de notre atmosphère, mouvements d'échange entre l'air des différentes zônes du globe par l'intermédiaire des régions aériennes plus élevées. Peut-être alors saisira-t-on mieux le lien qui unit les grands courants généraux entr'eux, l'alizé et le contr'alizé et ceux-ci avec les courants d'Ouest des zônes tempérées.

Une étude intéressante réservée aux météorologistes des contrées soumises au régime des moussons portera sur la variation de l'inclinaison des vents dominants pendant les deux phases du phénomène annuel; une inversion dans l'inclinaison semblerait devoir être observée près des centres de haute et de basse pression atmosphérique : ascendant pendant la periode des basses pressions, l'air devrait être descendant pendant la période contraire, tandis qu'entre ces deux points les courants qui vont de l'un à l'autre pourraient conserver une direction habituellement horizontale (1).

Moins générale, mais accessible cependant à tous les observateurs, est la fameuse question du mouvement de l'air dans un tourbillon atmosphérique. La direction des courants dans le sens horizontal est déjà bien éluci-

---

(1) L'existence des Moussons n'est pas un phénomène spécial à l'Asie où certainement il est développé à un haut degré : il est beaucoup plus général qu'on ne croit communément. On peut dire que toute grande étendue de terre enveloppée de tous côtés ou à peu près par la mer sera sujette annuellement à cette alternative de deux courants atmosphériques opposés possédant en général des propriétés hygrométriques différentes. La pression atmosphérique, subissant l'influence des variations de la température, sera en été plus faible, en hiver plus élevée sur cette terre que sur les mers environnantes; dès lors, puisque l'air pour obéir à la loi de la gravité doit toujours se porter plus ou moins directement vers le minimum de pression, on aura des vents venant de la mer en été, allant vers la mer en hiver : c'est en grand et avec une phase seulement bi-annuelle le phénomène quotidien des brises de mer et de terre sous l'influence de la rotation diurne apparente du Soleil. L'Asie, l'Australie, l'Afrique australe, l'Amérique septentrionale présentent ces phénomènes d'une manière très-caractérisée. L'Espagne, paraît-il, serait aussi un pays à moussons : sa situation et sa configuration y prêtent fort bien. Dans une note intéressante présentée à l'Académie des Sciences, le 14 Février dernier, M. L. Teisserenc de Bort démontre, sans le vouloir, l'utilité de la nouvelle girouette d'inclinaison pour l'étude des mouvements généraux de l'air. Voici quelques passages de cette note :

"En hiver, la péninsule est plus froide que les mers qui l'environnent ; on y trouve un maximum barométrique se rattachant d'une part aux pressions élevées de Madère, et de l'autre à celles de l'Europe centrale. L'air, tout autour de la péninsule, se dirige vers la mer et se disperse par les côtés, comme le ferait un liquide s'échappant d'un bassin alimenté par une source centrale. Il y a donc dans cette saison un courant d'air *descendant* sur la péninsule ibérique. — En été, et en général dans la saison chaude, la température de la péninsule est en excès notable sur celle des régions voisines, et les isothermes se groupent autour d'un maximum situé au centre de l'Espagne ; la pression, au contraire, offre un minimum et les isobares sont d'autant plus serrées que les isothermes sont moins espacées. Le mouvement de l'air bien marqué est dirigé de la côte vers l'intérieur sur tout le pourtour de la péninsule et cette disposition convergente de l'air implique l'existence d'une composante verticale *ascendante* dans son mouvement .. Ce régime opposé entre l'hiver et l'été et les mouvements de l'air qui en sont la conséquence permettent d'assimiler l'Espagne aux pays à moussons ; elle en possède du reste les divers caractères climatologiques. Le passage du régime d'été à celui d'hiver se fait en Octobre."

dée; l'étude des plus récents Typhons des mers de la Chine n'a certainement pas peu contribué à ce résultat. Nous pouvons aujourd'hui affirmer que les vents dans un tourbillon atmosphérique, comme sont les Ouragans des Antilles, les Cyclones du Bengale et de Maurice, les Typhons de la Chine, en général toutes les tempêtes, sont en partie convergents ou centripètes. Il me semble qu'appuyés sur ce fait d'observation nous pouvons hardiment affirmer le sens de l'inclinaison de ces courants centripètes, et par suite nous représenter sans difficulté l'ensemble du tourbillon. La pression atmosphérique est à son maximum vers les bords extérieurs du disque en rotation qui peut figurer un tourbillon; elle est à son minimum au centre : ce défaut d'équilibre est la cause première de la direction que prennent les couches inférieures de l'air; chassées de dehors en dedans par l'excès de pression à la circonférence, elle tendent à combler le déficit qui a lieu au centre. Mais ce vide partiel central n'en persiste pas moins aussi bien que les pressions élevées extérieures; il faut donc qu'il y ait, d'abord une voie ouverte par où s'échappent les masses énormes d'air qui affluent sans cesse vers le centre du tourbillon, ensuite une autre voie par où arrivent, loin du centre, les nouvelles masses qui devront obéir à leur tour à l'appel central : ces deux voies ne peuvent se concevoir tracées autrement que dans le sens de la verticale. Au centre, l'air s'élève en tourbillonnant avec fureur; à la circonférence il descend avec plus de calme : ce sont ces mouvements de l'air que la nouvelle girouette d'inclinaison permettra probablement d'observer sans trop de difficulté. Sans doute l'immense surface sur laquelle ils ont lieu, principalement vers les bords extérieurs, et l'énorme rapidité des courants au centre, rapidité qui peut dispenser les vents de s'élever sous une forte inclinaison, seront un obstacle peut-être à l'observation d'un phénomène que ces deux causes peuvent en partie dissimuler, mais avec un peu d'attention et surtout avec un enregistrement continu qui permette des comparaisons de détail l'inclinaison dans un sens ou dans l'autre en ces deux régions extrêmes du tourbillon ne saurait échapper longtemps. Inutile de dire que dans la zône moyenne on ne doit pas s'étonner de trouver les vents à peu près horizontaux. Voilà tout ce que les instruments permettront d'observer dans les couches inférieures de l'air : mais c'en est assez pour nous mettre sur la voie de ce qui se passe plus haut. En effet, l'ascension de l'air par le centre et sa descente vers la circonférence extérieure ne rétablissent pas l'équilibre : la pression reste élevée ici et faible au centre. Donc l'air qui s'est élevé doit de nouveau à une certaine hauteur s'échapper loin du centre entretenant ainsi le vide primitif, il se précipite en divergeant vers l'extérieur et va concourir à reformer sans cesse les hautes pressions qui s'y laissent observer. Ainsi-en bas, mouvement horizontal centripète, - en haut, mouvement horizontal centrifuge attesté par la direction des Cirri, - au centre, ascension de l'air, - à la circonférence, descente des masses qui doivent maintenir cette circulation, - telle est l'idée générale que nous pouvons nous faire d'un tourbillon atmosphérique. Que ce tourbillon s'étende sur un Océan, d'énormes quantités de vapeur seront absorbées et élevées dans les régions moyennes de l'air pour être de là emportées dans toutes les directions où elles se condenseront et retomberont en torrents de pluie incessament renouvelés.

Qu'on me permette maintenant de m'élever plus haut encore et de rechercher ce qui doit se passer au-dessus de cette région dont nous venons de reconnaître les mouvements généraux : c'est peut-être une excursion en dehors de mon sujet; mais elle peut s'y rattacher de très-près comme on va le voir. Supposons donc à une certaine hauteur dans l'atmosphère, qui ne dépasse pas la région des Cirri, un mouvement général de l'air encore un peu ascendant mais déjà fortement divergent au centre, des courants rapides tourbillonnants s'éloignant dans toutes les directions et au loin comme une barrière formée de toutes ces masses qui s'y accumulent sans cesse. Du reste il faut bien admettre que c'est dans cette région moyenne de l'air qu'a pris naissance le tourbillon et par conséquent que c'est là, à la hauteur de la ligne de séparation des courants inférieur et supérieur opposés et

en lutte, que se produisent les mouvements les plus impétueux. Dès lors pourquoi renfermer ces mouvements tourbillonnaires et circulatoires dans le seul courant inférieur; ici en bas bien des obstacles naturels dans la configuration et la nature de la surface de la terre doivent modifier la forme théorique de tous ces mouvements; là haut, rien de tout cela n'a lieu et s'il était donné à l'homme de porter son regard jusque dans ces hautes régions de l'air c'est là sans aucun doute qu'il pourrait étudier la constitution des ces vastes phénomènes dans toute leur sublime grandeur. Mais ils seraient la contre-partie exacte de ce que nous avons observé en bas : courants centrifuges dans les parties les plus basses, celles qui font partie de la région moyenne directement soumise à la cause de tous ces mouvements aériens, centripètes aux dernières limites de l'atmosphère, descendants au centre et ascendants à la circonférence : tel serait dans son ensemble la portion supérieure de ces tourbillons aériens dont l'effroyable énergie à la surface du sol laisse supposer une somme totale de puissance en action vraiment inconcevable *(Pl. II. fig. 4)*

J'ai déja énoncé ces vues générales dans l'étude détaillée que j'ai faite du Typhon du 31 Juillet 1879; mais ce que je n'ai pas cru alors devoir ajouter, je me hasarde aujourd'hui à le dire ici.

M. Faye voit dans le mouvement gyratoire descendant des taches solaires une éclatante confirmation de sa théorie des courants *descendants* au centre des tourbillons atmosphériques de notre Terre; d'autre part tous les observateurs attentifs aux phénomènes qui se passent sous leurs yeux ou sur lesquels ils ont pu recueillir de nombreux documents parfaitement authentiques, sont convaincus de la convergence des vents dans ces tourbillons et par conséquent de leur *ascension* dans la région centrale. Y a-t-il donc opposition entre ce qui se passe sur le Soleil et ce qui est observé sur la Terre? Il est assez difficile de l'admettre; il s'agit donc de concilier les faits, s'il est bien vrai que le mouvement descendant a été observé dans les taches solaires. Or, je viens de développer aussi brièvement que possible une théorie de nos tourbillons terrestres dans laquelle nous avons un véritable mouvement gyratoire descendant, précisément dans les régions les plus élevées de notre atmosphère, de telle sorte qu'un observateur placé en dehors d'elle et qui pourrait en contempler la surface extérieure, si elle était opaque comme l'est la photosphère sur le Soleil, aurait bien sous les yeux une tache circulaire ou ovale formée de courants centripètes et descendants. Mais peut-on raisonnablement assimiler ces deux phénomènes si différents dans leurs causes originelles? Un tourbillon atmosphérique est un mouvement gyratoire d'abord horizontal né très-probablement de la rencontre, du frottement ou des inégalités de vitesse de deux vastes courants superposés et de sens différents : la force centrifuge développée donne graduellement lieu à tous les autres mouvements verticaux ou horizontaux que nous avons trouvés au-dessous et au-dessus de la couche directement troublée; tout s'y fait pour ainsi dire avec calme et gradation. Tandis que sur le Soleil les taches sont le produit d'une éruption violente analogue à celle de nos volcans terrestres : l'action première est dirigée de bas en haut et elle est subite, instantanée et son résultat immédiat est de projeter bien loin au-dessus du niveau général de la photosphère les masses liquides incandescentes de l'intérieur du globe. Quand la force d'expansion s'est épuisée en se donnant libre carrière, les masses soulevées et en partie refroidies par rayonnement à l'extérieur s'affaissent et pendant un certain temps leur poids spécifique différent de celui des matières légères de la surface creuse la photosphère et y produit une espèce de cuvette assez régulière qui la limite et la contient : c'est alors, mais alors seulement, c'est-à-dire à la fin du phénomène, que des courants peuvent envahir l'intérieur de la tache sous forme de tourbillons descendants; mais on le voit tout cela n'a rien de commun avec le mécanisme de nos tourbillons aériens terrestres, d'autant plus que la tache peut se former loin du centre d'émission si le matière rejetée a été lancée obliquement, ce qui évidemment ne peut avoir lieu dans notre atmosphère où la cavité creusée par

la force centrifuge, si l'on peut parler ainsi, doit nécessairement se trouver au lieu même où le tourbillonnement commence et se continue.

L'importance de cette étude des tourbillons atmosphériques par l'intermédiaire de l'inclinaison des courants intérieurs ne doit pas faire oublier d'autres points dont l'observation attentive a bien aussi son intérêt. La rotation diurne apparente du Soleil autour de la Terre doit avoir quelque influence sur l'inclinaison des mouvements ordinaires et locaux de l'air, et cette inclinaison ne peut être la même le jour et la nuit *(voir la II^e Partie)*.

D'autre part l'existence de deux maxima et de deux minima principaux dans les variations diurnes de la pression atmosphérique étant un fait incontestable, ne pourra-t-on pas trouver une relation entre cette double oscillation de l'air et des mouvements verticaux concordants ? (1)

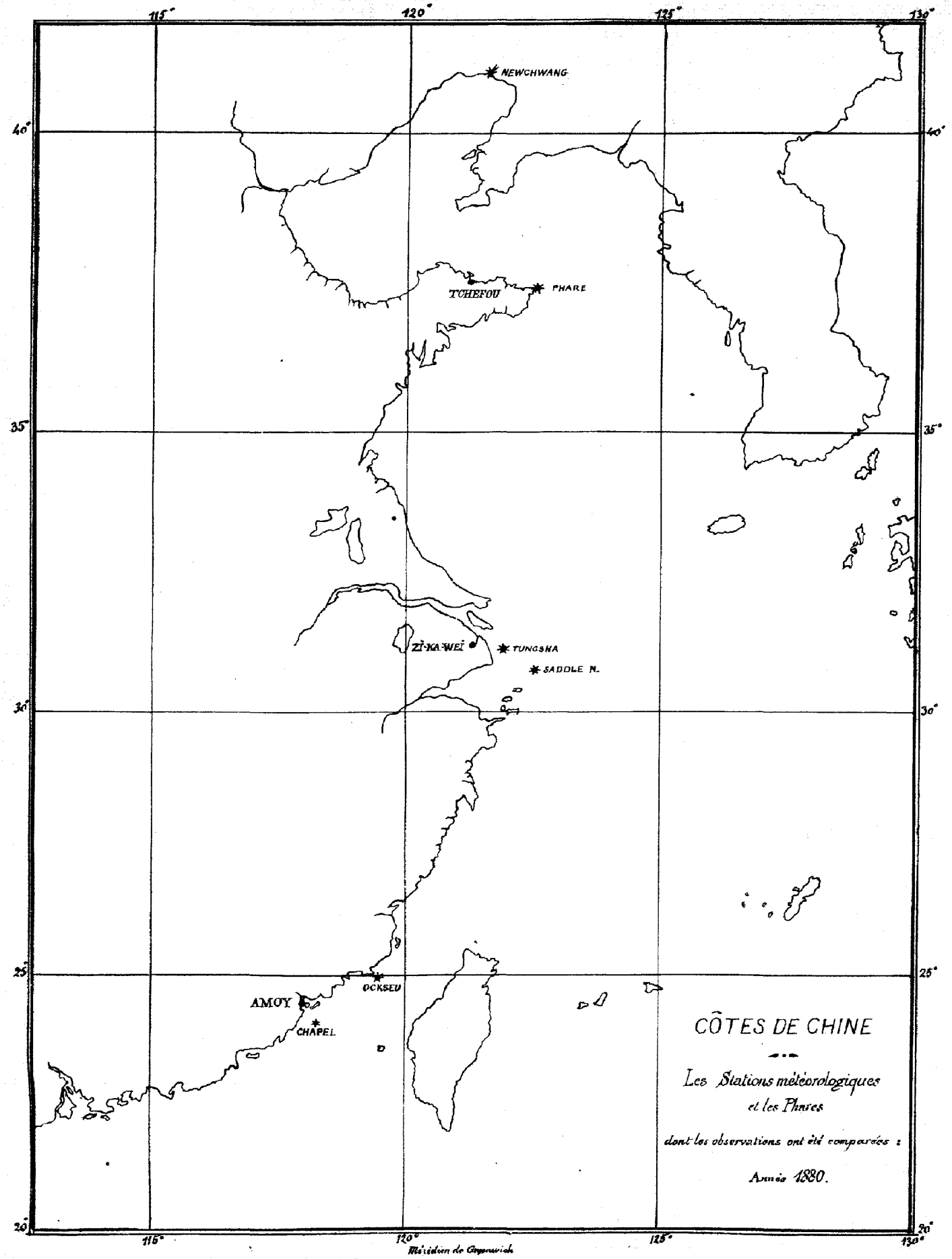
Installée dans les stations élevées aussi bien que dans les plaines, la girouette d'inclinaison montrera certainement avec un grand intérêt le mécanisme des brises de montagnes, comme sur les côtes celui des brises de de mer et de terre *(voir la II^e Partie)*.

En certaines contrées sujettes à ces phénomènes curieux auxquels on a donné le nom de Fœhn, de Sirocco, comme dans les Alpes, les Pyrénées, les Appenins, cette girouette permettra de vérifier l'explication qu'en a récemment donnée M. Hebert de Moulins. etc.....

On voit déjà par ce simple programme de questions à résoudre de quel secours pourra être au météorologiste le petit instrument que je présente aujourd'hui. Espérons que grâce à une admirable et active organisation du service météorologique dans presque toutes les contrées du monde, nous n'aurons pas à attendre longtemps les résultats importants que semblent promettre les observations faites avec ces nouveaux anémomètres.

---

(1) Déjà avec l'enregistreur imparfait que j'ai fait construire pour les premiers essais j'ai pu constater de très-intéressantes coïncidences entre les variations en inclinaison des vents faibles et les variations normales du baromètre et surtout avec ses irrégularités.


115°
120°
125°
130°
40°
35°
30°
25°
20°
NEWCHWANG
TCHEFOU
PHARE
ZI-KA-WEI
TUNGSHA
SADDLE N.
OCKSEU
AMOY
CHAPEL
CÔTES DE CHINE
Les Stations météorologiques
et les Phares
dont les observations ont été comparées :
Année 1880.
Méridien de Greenwich

2DE PARTIE

PREUVES DIRECTES DE L'EXISTENCE DE MOUVEMENTS VERTICAUX DANS L'AIR, DÉMONTRANT L'UTILITÉ PRATIQUE DE LA GIROUETTE D'INCLINAISON.

I — EXPOSÉ THÉORIQUE DES MOUVEMENTS DIURNES GÉNÉRAUX DE L'AIR.

S'il est encore besoin de démontrer la possibilité, la probabilité de ces mouvements verticaux dans l'air, c'est apparemment parce qu'il serait difficile, peut-être même impossible, en l'absence de tout instrument propre à indiquer l'inclinaison des vents à la surface de la terre, de constater autrement cette inclinaison et ces mouvements, en un mot, de prendre la nature sur le fait. Il n'en est rien cependant et il me semble qu'en comparant ensemble des observations anémométriques faites à différentes altitudes et dans des stations favorablement situées, on peut encore s'assurer, presque *de visu*, de l'ascension ou de la descente de l'air. Car enfin, si l'air a parfois de ces mouvements verticaux de sens opposés se combinant avec les mouvements horizontaux accusés par les girouettes ordinaires, la direction horizontale elle-même doit présenter, à ces différentes altitudes, des écarts que la théorie peut faire prévoir et qui sont dès lors des preuves irrécusables d'une ascension ou d'une descente de l'air.

Supposons, en effet, deux girouettes sur la même verticale, l'une placée près du sol dans les conditions ordinaires, l'autre à une grande hauteur. Avant midi, le méridien dans lequel se rencontre le maximum de température est à l'Est; l'air s'y élève en vertu de sa densité plus faible et comme conséquence appelle à droite et à gauche l'air des couches inférieures; la girouette du sol indiquera, à ce moment, un vent d'Ouest; de l'autre côté du maximum de température on observerait naturellement un vent d'Est. Or il est évident que ces deux vents horizontaux contraires qui servent à alimenter le courant ascendant produit par l'échauffement du sol et de l'air dans le méridien solaire, ne sauraient être indéfinis dans le sens des parallèles terrestres : ils ont dont l'un et l'autre un point d'origine commun ou distinct, mais à partir duquel ils doivent être l'un et l'autre alimentés autrement que par l'intermédiaire des couches horizontales; ils doivent l'être de haut en bas et un courant descendant doit exister nécessairement quelque part dans ce but. Il est probable que dans l'Ouest le méridien où s'opère cette descente est celui du minimum de température du matin qui accompagne le lever du Soleil, et dans l'Est celui d'un minimum relatif du soir accompagnant le coucher de l'astre (1). Ainsi l'air des régions supérieures est entraîné vers le sol pour aller bientôt s'élever à son tour un peu plus loin : c'est une circulation commencée; elles doit s'achever en haut pour que le mouvement puisse indéfiniment se continuer. Notre girouette supérieure,

(1) A Zi-ka-wei un maximum d'inclinaison du vent de bas en haut existe manifestement au moment de la plus grande chaleur du jour, entre 1h. et 2h. du soir; un minimum très-marqué également se laisse observer au moment du lever du Soleil, correspondant au minimum diurne de la température de l'air.

si elle est suffisamment élevée, se tournera donc vers l'Ouest sous impulsion d'un vent d'Est. Ainsi, en bas vent d'Ouest, en haut vent d'Est, avant midi, s'il existe réellement un mouvement de l'air dans le sens vertical produit par la chaleur solaire. De l'autre côté du méridien de plus grand échauffement, c'est-à-dire pour les lieux qui ont le soleil à l'Ouest avant son coucher, l'inverse a lieu; donc après midi, nos deux girouettes doivent avoir échangé leurs directions, celle d'en bas sera tournée vers l'Ouest et celle d'en haut vers l'Est.

Inutile de faire remarquer que ces directions absolument opposées ne seront indiquées que dans les régions de l'air où ces mouvements sont parfaitement établis, où ne se rencontrent pas des causes qui tendent à donner aux vents une direction anormale : car alors le phénomène général serait en partie masqué ou dissimulé, mais il sera toujours facile par quelques séries de bonnes observations de le dégager et de le mettre en pleine lumière.

Le phénomène dans son ensemble, outre ces mouvements de l'air dans le sens des parallèles terrestres, en comprend d'autres dans le sens des méridiens. Mais ces derniers sont moins aisés à reconnaître, parce qu'en réalité un maximum de température a lieu simultanément ou à très-peu près par tout le méridien, avec des différences d'intensité très-variables tenant à la nature du sol, à la distribution des terres et des mers, et surtout à la marche du Soleil en latitude. Cependant ce qui est certain, c'est que les vents de Nord seront plus fréquents aux heures du jour où un maximum de température se rencontrera au midi de la station; les vents de Sud inversement domineront quand ce maximum sera au Nord. En un mot, l'air aura une tendance à se diriger horizontalement vers les lieux de plus grand échauffement pour s'y élever et établir avec les régions supérieures une circulation incessante, très-propre à maintenir notre atmosphère inférieure dans une pureté et une homogénéité de composition nécessaire à la vie de tant d'êtres animés.

La girouette d'inclinaison qui sera désormais le témoin fidèle de ces intéressants phénomènes sera donc, j'en ai la confiance, la bienvenue et sera admise dans les stations météorologiques comme un instrument, non seulement utile, mais même indispensable.

Le Dr. G. Hellmann (Berlin) a essayé de reconnaître l'existence de ces courants opposés à différentes altitudes par les observations faites simultanément au pied et au sommet d'une haute montagne, le mont Washington, dans le New-Hampshire (États-Unis d'Amérique); l'altitude de la station supérieure était de 1915 mètres, celle de la station inférieure 797 mètres, et il ne put étudier à ce point de vue que les observations du mois de Mai 1872. Je crois la station supérieure beaucoup trop élevée pour permettre une constatation certaine du phénomène qui nous occupe; ce qui ressort le mieux des chiffres apportés en preuve, c'est un renversement des heures des maxima et minima de la vitesse du vent : à la station inférieure le minimum a été observé vers 6 h. du matin, à la station supérieure à 1 h. de l'après-midi; quant au maximum, il s'est rencontré entre 1 h. et 2 h. du soir, en bas, et à minuit seulement au sommet de la montagne. Le fait est intéressant, mais je me hasarderai à n'y pas trouver une application pure et simple de la théorie énoncée par M. Hellmann et que j'ai développée ci-dessus. Ce savant ne donne pas dans son travail la variation diurne de la direction des vents aux deux stations : c'est la seule chose qui permettrait cependant de se faire une idée exacte du phénomène, mais je doute qu'à cette hauteur cette variation soit bien marquée et surtout qu'elle présente un véritable caractère d'opposition avec la variation observée au pied de la montagne. Quant à la singulière variation de la vitesse des vents dans ces hautes régions, voici comment elle pourrait s'expliquer : Un courant aérien de grande vitesse dirigé habituellement du NW. au SE. règne au sommet du mont Washington et probablement il ne change accidentellement de direction (comme fait ici, à Zi-ka-wei, notre courant supérieur d'Ouest) qu'à l'occasion du passage d'une dépression atmosphérique. Vers le milieu du jour les flancs de la montagne doivent s'échauffer considérablement et par suite un fort courant

d'air s'élève vers le sommet l'enveloppant comme d'un immense colonne gazeuse verticale, véritable rempart élastique donc la présence doit nécessairement gêner les mouvements normaux de l'air et en ralentir la vitesse en cet endroit : de là le minimum de vitesse horizontale, à midi, indiqué dans les observations. A minuit, au contraire, le courant normal de NW. a retrouvé toute sa liberté sur le sommet et même se trouve accéléré par le fait même de la contraction des couches d'air qui descendent le long des flancs de la montagne refroidie. La masse de la montagne trouble donc ici le phénomène qu'il s'agirait de constater et de plus sa trop grande hauteur met probablement son sommet au-delà de la région à laquelle ce phénomène de la circulation diurne de l'air semble devoir être limité.

Mais bien autrement intéressants sont les faits observés dans des limites plus restreintes et dans de tout autres conditions. Au lieu de choisir notre station inférieure à près de 800 mètres au-dessus du niveau de la mer et au pied d'une haute montagne dont la large base supprime au moins la moitié des vents qui pourraient passer sur la station, établissons notre girouette à 10 mètres au-dessus du sol, à 20 mètres au-dessus du niveau de la mer et au milieu d'une immense plaine s'étendant à perte de vue sans laisser voir le plus petit accident de terrain; pour notre seconde station, quittons le sommet des montagnes dont l'influence perturbatrice pourrait bien annuler tous les résultats des observations et descendons jusqu'à la hauteur d'une centaine de mètres au-dessus du niveau de la mer; installons notre girouette au sommet d'un *phare* isolé : rien ainsi ne viendra plus troubler les mouvements réguliers de l'air et observons la variation diurne des vents dans ces deux stations que nous prendrons aussi près que possible l'une de l'autre. Telles sont les conditions dans lesquelles ont été faites quelques-unes des observations que j'ai eu la bonne fortune de pouvoir comparer pour en déduire l'existence d'un mouvement vertical de l'air.

II. — CES MOUVEMENTS OBSERVÉS A ZI-KA-WEI, TUNGSHA ET AU PHARE DE SADDLE NORD.

Ces stations sont — 1° l'Observatoire de *Zi-ka-wei* (1) élevé au milieu de la plaine de Chang-hai (Chine), à 30 kilomètres environ (à l'Ouest) de la mer, — 2° le phare de *Saddle Nord* (2), petite île située à l'entrée de l'estuaire du Yang-tze-kiang; sa direction vraie par rapport à Zi-ka-wei est S. 70°E., et il en est distant en droite ligne de 121 kilomètres; dans cette même direction la côte est à 40 kilomètres de l'observatoire. Le phare est élevé de 273 pieds au-dessus du niveau de la mer; 8 observations du baromètre, du thermomètre et de la direction et force des vents y sont faites chaque jour à partir de minuit. Ce sont les observations faites pendant une année entière, d'Octobre 1879 à Septembre 1880, qui ont été comparées dans les deux stations; à Zi-ka-wei, la vitesse du vent en kilomètres est enregistrée électriquement par le moulinet de Robinson; à Saddle Nord, c'est la force à l'échelle de Beaufort, de 0 à 12, qui est estimée par les observateurs au nombre de trois. Pour la direction des vents, dans les deux stations on s'est contenté des 16 rhumbs ordinaires N., NNE., NE., etc.

Comme contrôle j'ai ajouté les observations tri-horaires faites au niveau de la mer sur le bâteau-phare *Tungsha* (3), ancré près de la côte, à peu près à égale distance de Zi-ka-wei et de Saddle Nord.

Voici maintenant la méthode suivie dans ces comparaisons.

J'ai cru bon de réduire d'abord tout les vents observés à 4 directions principales N. S. E. et W., en con-

---

(1) Observatoire de Zi-ka-wei, longit. 121° 26′ E. (Greenwich) — latit. 31° 12′ N.

(2) Saddle Nord, longit. 122° 40′ E. — latit. 30° 50′ N.

(3) Tungsha, longit. 122° 1′ E. — latit. 31° 7′ N.

servant la distinction de leur fréquence et de leur force.

Pour la fréquence, j'ai cherché à chaque heure d'observation le nombre de fois que le vent a soufflé du côté du Nord (N., NNE., NE., ENE., NNW., NW., WNW.), du côté de l'Est (NNE., NE., ENE., E., ESE., SE., SSE.) et semblablement des deux côtés Sud et Ouest. Les tableaux suivants donnent cette fréquence pour les six mois de l'hiver (Oct. — Mars) et pour les six mois de l'été (Avril — Septembre).

Pour ramener tous les vents, sous le rapport de la force, à leurs composantes rectangulaires N., S., E., et W., j'ai employé les deux formules simples :

$$\text{N.}\,(\text{S.}) = \mathbf{V}\cos d \qquad\qquad \text{E.}\,(\text{W.}) = \mathbf{V}\sin d$$

d étant l'angle que fait la direction du vent avec la ligne N-S. (NNE. $= 22^{\circ}5$ NE. $= 45^{\circ}$ *etc.*...). Le même calcul a été appliqué aux vitesses du vent pour Zi-ka-wei.

Voici ce résumé de toutes les observations anémométriques (2920 pour la direction du vent et autant pour sa force ou sa vitesse) faites pendant ces douze mois consécutifs.

I — FRÉQUENCE DES VENTS A *ZI-KA-WEI* D'OCTOBRE 1879 A SEPTEMBRE 1880.

		NORD								SUD								EST								OUEST							
		Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.
Hiver	Octobre	24	26	27	25	26	25	23	26	4	3	1	2	2	3	3	3	13	15	11	16	18	19	17	14	12	14	14	5	6	6	7	10
	Novembre	22	26	24	23	21	23	23	24	3	3	3	5	8	1	1	3	17	17	19	21	22	20	22	18	7	7	7	6	7	7	6	7
	Décembre	20	18	19	19	18	17	18	18	8	9	7	11	12	11	11	10	9	9	8	8	6	5	11	10	18	18	19	19	21	17	12	15
	Janvier	24	25	23	21	23	24	25	23	5	5	5	4	6	2	2	4	18	14	13	16	18	20	22	18	11	12	10	13	11	7	8	8
	Février	24	24	26	25	22	23	23	25	3	3	3	2	2	2	1	3	16	14	14	17	17	16	19	18	8	8	9	8	5	7	7	4
	Mars	16	17	20	14	15	16	19	16	14	12	10	12	11	13	12	11	23	16	19	21	21	25	27	26	5	6	7	4	4	4	1	2
	Sommes	130	136	139	127	125	128	131	132	37	35	29	36	41	32	30	34	96	85	84	99	102	105	118	104	61	65	66	55	52	48	41	46
Eté	Avril	11	13	15	14	16	16	14	14	14	16	13	13	10	10	11	12	16	14	14	16	17	19	20	18	9	10	10	13	9	9	8	7
	Mai	4	6	7	6	4	8	7	6	23	23	22	20	20	18	19	19	24	20	20	15	16	24	25	26	5	8	10	8	7	5	3	3
	Juin	5	8	10	8	8	7	6	5	15	15	14	18	16	15	14	18	24	25	23	21	22	24	28	29	2	4	5	5	6	2	1	0
	Juillet	11	16	16	13	16	15	15	17	11	8	8	8	9	10	10	6	22	21	19	17	18	23	29	26	7	7	9	5	8	4	1	2
	Août	22	23	22	23	22	25	22	22	7	8	6	5	5	4	7	6	19	14	15	20	21	23	27	23	7	10	11	5	4	3	3	3
	Septembre	15	18	14	16	17	14	15	13	11	6	9	9	9	9	9	15	22	25	23	22	24	24	27	24	4	3	4	4	3	5	2	4
	Sommes	68	84	84	80	83	85	79	77	81	76	72	73	69	66	70	76	127	119	114	111	118	137	156	146	34	42	49	40	37	28	18	19

FRÉQUENCE DES VENTS A *SADDLE NORD* D'OCTOBRE 1879 A SEPTEMBRE 1880.

		NORD								SUD								EST								OUEST							
		Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.
Hiver	Octobre	21	20	18	17	19	22	20	20	3	4	4	5	4	2	2	2	19	17	16	15	21	19	21	21	5	4	7	7	5	6	5	4
	Novembre	18	22	20	21	19	20	19	18	5	6	4	4	3	4	4	8	18	23	16	16	18	18	18	18	5	5	7	4	5	5	7	6
	Décembre	22	23	20	21	22	23	21	22	9	6	7	9	9	7	8	9	7	6	9	6	4	6	7	6	15	16	16	18	19	20	15	14
	Janvier	23	22	23	24	25	24	26	25	2	2	1	2	1	2	1	1	16	17	20	21	19	18	19	18	6	8	7	9	9	9	7	6
	Février	19	19	23	23	23	24	23	21	2	2	3	4	4	1	1	2	13	17	16	17	16	14	12	11	8	7	5	4	4	6	6	7
	Mars	18	13	15	27	17	18	19	19	9	12	9	11	9	10	8	6	18	19	18	18	16	17	16	18	3	1	4	4	5	5	2	2
	Sommes	121	119	119	123	125	131	128	125	30	32	28	35	30	26	24	28	91	99	95	93	94	92	93	92	42	41	46	46	47	51	42	39
Eté	Avril	15	11	12	13	14	14	16	15	13	14	15	13	14	13	13	14	18	19	16	15	14	15	19	21	6	7	9	10	10	9		5
	Mai	6	6	6	4	8	8	7	7	22	21	21	21	18	20	21	21	14	17	17	15	17	16	14	16	4	6	7	9	6	7	5	5
	Juin	5	5	4	7	9	7	5	4	16	18	19	18	18	17	19	20	20	19	19	20	19	18	17	19	6	7	7	6	7	8	5	6
	Juillet	6	7	10	9	12	11	7	6	17	20	18	18	15	17	22	22	20	19	18	18	18	21	22	22	2	4	5	6	6	3	7	1
	Août	18	19	18	17	18	20	18	20	6	8	10	10	9	8	7	7	20	16	18	24	19	19	21	22	6	7	7	4	6	5	0	4
	Septembre	10	10	13	13	14	13	14	13	12	11	13	13	14	13	13	10	21	25	21	22	23	25	25	24	3	3	3	3	3	3	3 2	1
	Sommes	60	58	63	63	75	73	67	65	86	92	96	93	88	88	95	94	113	115	109	114	110	114	118	124	27	34	38	38	38	35	22	22

II — MOYENNES VITESSES HORAIRES DES VENTS A *ZI-KA-WEI* D'OCTOBRE 1879 A SEPTEMBRE 1880.

		NORD								SUD							
		Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.
		km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km
Hiver	Octobre	5,0	6,7	6,1	10,5	13,3	10,3	5,3	5,5	5,0	5,3	9,0	5,0	6,0	4,0	3,3	2,3
	Novembre	7,1	7,0	7,3	10,4	11,5	8,5	5,6	5,9	4,3	2,0	4,0	5,4	6,1	12,0	4,0	2,6
	Décembre	9,2	10,1	9,4	15,4	17,8	19,1	10,6	9,8	5,4	4,7	5,1	10,3	12,4	10,5	7,9	6,9
	Janvier	8,4	9,4	9,9	12,1	14,0	15,5	10,0	8,9	3,2	2,8	2,2	4,5	10,3	13,5	4,5	4,2
	Février	9,3	10,0	8,9	11,7	14,6	14,5	8,6	9,1	3,7	10,0	7,3	1,5	4,0	6,5	2,0	3,7
	Mars	7,2	8,0	9,2	15,2	16,3	13,9	8,5	7,3	11,1	8,6	7,9	12,3	16,4	12,1	10,7	11,2
	Moyennes	7,7	8,5	8,5	12,5	14,6	13,6	8,1	7,8	5,4	5,6	5,9	6,5	9,2	9,8	5,4	5,2
Été	Avril	5,9	5,9	6,4	11,7	16,2	14,7	9,1	8,4	9,9	10,0	10,6	13,4	15,7	14,9	11,0	11,6
	Mai	3,2	7,0	10,6	8,7	14,0	10,2	9,2	7,2	2,7	8,1	8,5	13,7	15,8	15,6	11,3	10,1
	Juin	4,0	3,3	6,4	10,0	10,4	13,4	10,0	3,8	5,5	4,4	6,2	7,7	10,6	9,9	9,0	6,7
	Juillet	2,4	3,4	3,8	8,1	9,6	8,1	6,5	4,4	5,1	4,6	5,4	9,5	10,9	7,7	5,9	5,8
	Août	4,2	5,4	5,7	8,1	9,5	9,6	6,0	5,6	5,0	2,5	2,7	6,4	4,6	6,2	4,3	4,3
	Septembre	2,7	2,7	3,5	7,0	8,8	5,1	4,8	3,6	6,0	4,0	7,8	20,0	17,0	13,0	10,1	8,0
	Moyennes	3,7	4,6	6,1	8,9	11,4	10,2	7,6	5,5	6,9	5,6	6,9	11,8	14,3	11,2	8,6	7,8

		EST								OUEST							
		Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.
		km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km
Hiver	Octobre	7,2	6,0	7,7	12,4	12,9	11,5	7,0	6,7	4,2	4,1	4,4	10,0	13,3	9,8	4,7	3,7
	Novembre	7,1	6,7	6,6	10,0	10,5	8,8	7,2	6,6	5,7	5,4	7,1	10,2	15,0	14,1	5,3	5,0
	Décembre	4,3	4,9	5,9	7,9	8,3	8,4	5,5	4,8	11,6	12,2	11,5	13,3	14,9	13,2	12,0	9,4
	Janvier	7,2	8,3	8,4	10,3	13,6	12,5	9,0	7,3	7,4	6,4	5,2	8,4	12,7	15,6	8,6	8,2
	Février	7,8	7,4	7,4	9,5	13,7	14,9	8,7	7,9	10,9	11,8	9,4	12,5	18,0	10,1	8,7	16,2
	Mars	6,7	9,0	7,5	9,5	11,0	10,7	9,3	9,3	3,0	4,5	5,6	10,8	11,5	6,2	8,0	3,0
	Moyennes	6,7	7,0	7,1	9,9	11,7	11,1	7,9	7,1	7,1	7,4	7,2	10,9	14,2	11,5	7,9	7,6
Été	Avril	8,6	8,1	8,9	11,0	12,7	12,6	10,9	9,5	5,9	5,4	5,9	11,8	16,7	13,7	12,0	7,4
	Mai	9,0	8,4	10,1	10,2	12,2	11,4	10,7	10,4	13,0	7,9	11,1	14,3	15,7	19,0	17,0	19,0
	Juin	7,3	6,8	9,4	12,2	13,8	14,3	12,2	8,7	2,0	2,5	5,6	6,4	10,2	15,5	11,0	0,0
	Juillet	6,2	5,2	7,2	11,1	11,6	12,6	9,1	6,5	4,6	4,1	2,9	5,0	7,9	6,8	4,0	3,0
	Août	3,6	3,1	3,0	7,6	7,7	9,8	6,3	4,4	3,0	3,1	3,4	12,2	14,2	13,3	7,3	9,0
	Septembre	6,2	8,6	9,3	11,2	13,8	13,7	7,1	6,7	2,4	1,2	3,4	3,2	6,8	10,7	1,7	5,0
	Moyennes	6,8	6,7	8,0	10,6	12,0	12,4	9,4	7,7	5,1	4,0	5,4	8,8	11,9	13,2	8,8	7,2

MOYENNE FORCE DES VENTS A *SADDLE NORD* D'OCTOBRE 1876 A SEPTEMBRE 1880

		NORD								SUD							
		Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.
Hiver	Octobre	3,3	3,5	3,6	3,6	3,4	3,5	3,5	3,2	1,7	2,0	1,5	1,6	2,2	3,0	3,0	2,0
	Novembre	3,0	2,5	3,3	3,2	3,4	3,3	3,2	3,2	1,4	1,3	1,5	2,2	2,0	1,8	1,7	1,9
	Décembre	3,4	3,5	3,8	3,8	3,1	3,6	3,8	3,7	2,8	3,0	2,9	2,9	3,0	2,9	3,0	1,8
	Janvier	4,0	3,9	3,7	3,5	3,5	3,5	3,6	3,8	3,0	2,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	2,0
	Février	3,5	3,1	3,1	3,2	3,6	3,5	3,5	3,5	2,0	2,0	2,3	1,8	2,2	3,0	3,0	2,5
	Mars	2,9	3,2	3,3	3,4	3,5	3,3	3,1	3,3	3,3	3,2	3,0	2,6	3,1	3,2	4,2	4,0
	Moyennes	3,35	3,28	3,47	3,45	3,42	3,45	3,45	3,45	2,37	2,33	2,37	2,27	2,42	2,57	2,65	2,37
Été	Avril	3,4	3,8	3,3	3,1	3,2	3,3	3,2	3,3	3,0	2,9	3,1	3,3	3,1	2,9	3,5	2,9
	Mai	3,0	2,3	2,5	2,2	2,8	2,5	2,9	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9	3,4	3,0	3,0
	Juin	2,2	1,6	1,2	1,9	2,1	2,3	2,4	2,8	2,3	2,1	2,3	2,3	2,2	2,3	2,4	2,3
	Juillet	2,8	2,6	2,5	2,8	2,5	2,6	3,0	3,0	2,5	2,1	2,4	2,3	2,3	2,4	2,1	2,3
	Août	2,6	2,7	3,0	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	2,0	1,8	1,5	1,9	1,8	1,6	1,6	2,0
	Septembre	3,4	3,4	3,2	2,8	2,9	3,1	3,4	3,3	2,4	2,1	2,1	2,2	2,1	2,2	2,3	2,3
	Moyennes	2,90	2,73	2,62	2,65	2,77	2,82	2,98	3,05	2,50	2,32	2,38	2,47	2,40	2,47	2,48	2,47

		EST								OUEST							
		Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.
Hiver	Octobre	2,7	2,6	2,7	2,9	2,6	2,7	2,8	2,8	2,5	2,8	2,0	2,1	3,2	1,7	1,4	2,2
	Novembre	2,6	2,0	2,8	2,7	2,6	2,5	2,8	2,4	2,5	2,0	2,1	3,0	3,0	3,0	2,1	2,5
	Décembre	2,2	2,0	1,8	2,3	2,5	2,5	1,7	2,2	3,5	3,1	3,4	2,7	2,5	2,8	3,3	2,9
	Janvier	2,6	2,9	2,6	2,6	2,9	3,1	2,7	2,9	2,8	3,4	3,1	3,1	2,7	2,7	3,1	3,3
	Février	3,2	2,9	3,1	2,9	2,3	2,4	3,3	3,2	2,9	3,6	3,4	3,7	3,5	3,5	3,0	3,3
	Mars	2,2	1,9	2,4	2,3	2,3	2,2	2,3	2,2	1,7	2,0	2,0	1,5	1,8	1,2	2,0	1,5
	Moyennes	2,60	2,38	2,57	2,62	2,53	2,57	2,60	2,62	2,65	2,82	2,67	2,68	2,78	2,48	2,48	2,62
Été	Avril	2,1	2,2	2,5	2,6	2,4	2,1	1,9	2,0	2,8	2,7	2,2	2,4	2,8	3,0	2,6	2,6
	Mai	2,3	2,3	2,1	2,3	2,1	2,3	2,4	2,3	2,0	2,3	2,3	2,7	2,3	2,3	2,8	2,8
	Juin	2,0	2,1	2,1	2,0	2,1	2,4	2,4	2,3	2,3	2,6	2,4	1,8	1,9	1,8	1,4	1,9
	Juillet	2,1	1,9	2,0	2,2	2,2	2,0	2,2	2,0	2,0	2,8	2,0	1,5	2,3	1,4	0,0	1,0
	Août	2,2	2,1	2,0	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1	2,0	2,7	2,2	2,4	2,3	2,6
	Septembre	2,6	2,5	2,5	2,4	2,6	2,6	2,5	2,5	1,5	1,5	1,6	1,3	2,2	1,9	1,3	1,5
	Moyennes	2,22	2,18	2,20	2,28	2,27	2,25	2,25	2,20	2,13	2,33	2,08	2,07	2,28	2,05	1,78	2,07

III — FRÉQUENCE DES VENTS A *TUNGSHA* D'OCTOBRE 1879 A SEPTEMBRE 1880

		NORD								SUD								EST								OUEST							
		Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.m.	6h.	9h.	Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.
Hiver	Octobre	24	25	24	27	24	26	24	24	5	6	5	3	8	2	4	4	24	22	22	20	21	22	22	24	6	7	7	8	6	6	5	6
	Novembre	22	24	22	22	21	24	23	21	4	4	2	3	4	3	4	2	19	20	22	22	18	22	23	24	5	6	4	5	8	6	5	3
	Décembre	20	21	24	21	20	19	20	22	7	8	8	9	9	10	10	8	8	7	9	7	4	7	13	10	17	20	19	22	22	16	15	16
	Janvier	29	26	26	24	27	28	29	28	2	1	2	2	1	3	0	2	20	18	17	15	18	20	21	21	8	10	11	11	10	11	8	8
	Février	27	28	26	26	26	27	26	27	1	1	3	3	2	2	0	0	16	15	16	16	16	16	13	13	7	10	9	9	10	11	5	8
	Mars	17	20	19	17	17	16	20	20	13	9	10	11	13	11	10	10	24	19	18	21	22	25	24	26	4	7	7	6	6	1	4	4
	Sommes	139	144	141	137	135	140	142	142	32	29	30	31	32	31	28	26	111	101	104	104	99	112	116	118	47	60	57	61	62	51	42	45
Été	Avril	13	15	14	14	15	17	17	14	18	15	15	12	12	10	12	13	22	18	17	17	15	22	21	21	8	7	10	11	10	6	8	7
	Mai	7	8	8	8	6	6	9	7	23	23	22	22	20	22	21	22	21	19	18	18	20	22	25	23	6	9	10	12	6	6	3	5
	Juin	6	9	7	6	6	5	6	6	23	20	20	18	20	20	23	22	21	20	19	23	21	26	27	26	4	6	4	5	3	1	1	1
	Juillet	9	12	17	16	15	15	11	10	17	18	13	13	13	13	19	19	25	21	22	22	23	25	26	25	4	6	7	6	6	5	3	3
	Août	19	21	22	20	21	21	20	21	9	8	7	8	9	5	5	7	25	23	20	24	22	25	26	28	5	6	6	3	5	5	3	2
	Septembre	13	12	13	13	16	15	16	15	14	16	15	15	12	11	12	11	25	28	28	28	25	24	26	26	2	3	4	4	2	4	1	3
	Sommes	67	77	81	77	79	79	79	73	99	100	92	88	86	81	92	94	139	124	119	127	126	144	151	149	29	37	41	41	32	27	19	21

MOYENNE FORCE DES VENTS A *TUNGSHA* D'OCTOBRE 1879 A SEPTEMBRE 1880

		NORD								SUD								EST								OUEST							
		Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.m.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.	Min.	3h.s.	6h.	9h.	Midi	3h.s.	6h.	9h.
Hiver	Octobre	2,8	3,1	3,1	3,1	3,4	3,1	3,1	2,9	1,6	1,3	1,6	1,4	1,6	0,5	1,4	1,4	2,6	2,5	2,7	2,8	2,6	2,4	2,6	2,7	1,7	1,9	1,7	2,0	1,7	2,2	2,6	1,7
	Novembre	3,1	2,9	3,1	3,1	3,1	2,8	2,9	2,9	1,2	1,6	2,0	1,5	2,7	1,7	1,5	1,6	2,3	2,3	2,5	2,3	1,9	2,4	2,3	2,2	1,4	1,4	2,5	2,9	1,5	2,2	2,7	2,4
	Décembre	3,4	3,5	3,2	3,5	3,6	4,2	3,8	3,5	2,4	1,9	2,0	2,3	2,0	2,5	2,3	2,4	1,4	1,6	1,4	1,5	2,2	1,6	1,7	1,5	2,7	2,7	2,7	2,3	2,8	3,0	2,6	2,4
	Janvier	2,8	3,4	3,4	3,5	3,0	3,1	3,2	3,1	1,4	1,1	0,6	0,6	0,7	1,3	0,0	1,4	2,2	1,9	2,1	2,2	2,4	2,1	2,0	2,4	2,5	2,8	2,8	2,7	2,7	2,4	2,6	2,2
	Février	3,3	3,3	3,5	3,4	3,4	3,5	3,8	3,5	1,4	1,7	1,1	1,7	1,4	0,4	0,0	0,0	2,1	2,1	1,9	1,9	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	2,5	2,5	3,7	2,1	2,3	2,0
	Mars	3,3	3,1	3,0	3,1	3,4	3,6	2,8	2,8	2,4	3,1	2,6	2,6	2,4	2,3	2,6	2,4	2,4	1,9	2,1	2,1	1,8	1,6	1,9	2,3	1,4	1,8	1,5	1,6	1,4	1,4	1,6	2,7
	Moyennes	3,12	3,22	3,22	3,28	3,32	3,38	3,27	3,12	1,73	1,78	1,65	1,68	1,80	1,45	1,30	1.53	2,17	2,05	2,12	2,18	2,12	2,00	2,10	2,22	2,02	2,18	2,28	2,33	2,30	2,22	2,40	2,23
Été	Avril	2,8	3,0	3,5	3,3	3,6	3,3	3,2	3,2	3,0	2,9	3,0	3,4	3,1	3,2	2,9	2,9	2,4	2,3	2,3	2,6	2,8	2,1	2,4	2,5	2,6	2,9	2,4	2,7	2,4	3,1	2,6	2,9
	Mai	2,6	2,6	2,6	2,4	2,9	3,3	2,9	2,5	2,9	2,7	2,8	2,6	3,0	2,9	2,5	2,7	2,2	2,3	2,2	2,1	2,3	2,3	1,9	1,9	2,5	2,5	2,3	2,1	2,7	2,1	3,0	2,8
	Juin	2,8	2,1	2,5	2,6	2,8	3,6	3,9	2,7	2,4	2,3	2,1	2,1	2,3	2,4	2,1	2,4	2,5	2,5	2,4	2,8	2,7	2,5	2,5	2,4	2,0	2,0	1,7	1,6	1,7	3,5	0,6	3,3
	Juillet	2,4	2,4	2,2	2,0	2,7	2,3	2,9	2,5	2,6	2,3	2,2	2,4	2,3	2,4	2,5	2,6	2,3	2,4	2,6	2,7	2,5	2,4	2,6	2,2	2,4	2,2	1,9	1,2	1,1	2,3	1,2	1,8
	Août	2,8	2,8	2,9	3,0	2,9	2,7	2,7	2,6	1,8	1,7	2,0	1,8	1,5	2,3	1,3	1,7	2,5	2,3	2,5	2,3	2,3	1,7	2,6	2,5	1,7	2,5	2,3	2,3	1,4	1,9	3,1	3,5
	Septembre	3,1	2,9	2,9	2,8	2,9	3,0	2,6	2,9	2,9	2,5	2,4	2,5	2,2	2,4	2,7	3,0	2,3	2,5	2,5	2,6	2,7	2,5	2,5	2,6	1,9	2,2	1,3	1,6	1,3	1,5	2,0	1,1
	Moyennes	2,75	2,63	2,77	2,68	2,97	3,03	3,03	2,73	2,60	2,40	2,42	2,47	2,40	2,60	2,33	2,55	2,37	2,38	2,42	2,52	2,55	2,25	2,42	2,35	2,18	2,38	1,98	2,00	1,77	2,40	2,08	2,57

Les *Planches V^e et VI^e* résument tous ces tableaux et montrent la moyenne variation diurne des 4 vents principaux aux 3 stations pendant l'hiver et l'été. La similitude des courbes pour Zi-ka-wei et Tungsha est aussi grande qu'on pouvait l'attendre de deux stations voisines, également élevées (7 mètres au-dessus du niveau de la mer), mais dans des conditions bien différentes, l'une se trouvant au milieu d'une vaste plaine, l'autre sur la mer et à peu de distance de la côte. De là probablement vient que les brises d'Ouest sont moins fréquentes, le matin, à Tungsha près du littoral de la mer qu'à Zi-ka-wei et les brises d'Est également moins habituelles, le soir. Ce fait me confirme dans la persuasion où j'étais que la rotation diurne des vents, à Zi-ka-wei, si bien indiquée par ces mêmes courbes, W. le matin, S. (hiver) ou N. (été) au milieu du jour, enfin E. le soir, est en grande partie indépendante du phénomène des brises de terre et de mer et que notre vaste plaine se comporte, au point de vue des phénomènes dus à la variation diurne de la température, comme si elle était indéfiniment prolongée de tous côtés. Nous serions presque dans les conditions théoriques où j'ai placé, en commençant cette discussion, la girouette qui devait indiquer les différents courants horizontaux que fait naître le passage du Soleil.

Mais ce qui doit paraître le plus intéressant, c'est la comparaison de ces courbes obtenues au niveau de la mer avec les courbes obtenues 90 mètres au-dessus. Ici je me contenterai d'appeler l'attention sur l'opposition presque complète des variations des vents à Tungsha et à Saddle Nord : ces deux stations étant, à part leur élévation, dans les mêmes conditions et très-près l'une de l'autre, les faits n'en ressortent que mieux.

Toute l'année, les vents de Nord ont un maximum de fréquence, le matin, un peu avant le lever du Soleil, au niveau de la mer; en même temps un maximum a lieu aussi pour les vents d'Ouest : c'est donc sensiblement du NW. au SE. qu'a lieu le mouvement de l'air au moment du plus grand abaissement de la température. A quelque distance du littoral, à Zi-ka-wei, la brise à ce moment est en général un peu plus inclinée vers l'Ouest et vient de l'WNW. Une différence considérable a lieu, en été, entre les vents qui soufflent sur ces deux points : près de la côte, en mer, ce sont des vents de SW.; dans l'intérieur de la plaine de Chang-hai ce sont des vents de NW., mais dans l'un et l'autre cas ce sont bien les brises d'Ouest qui prédominent.

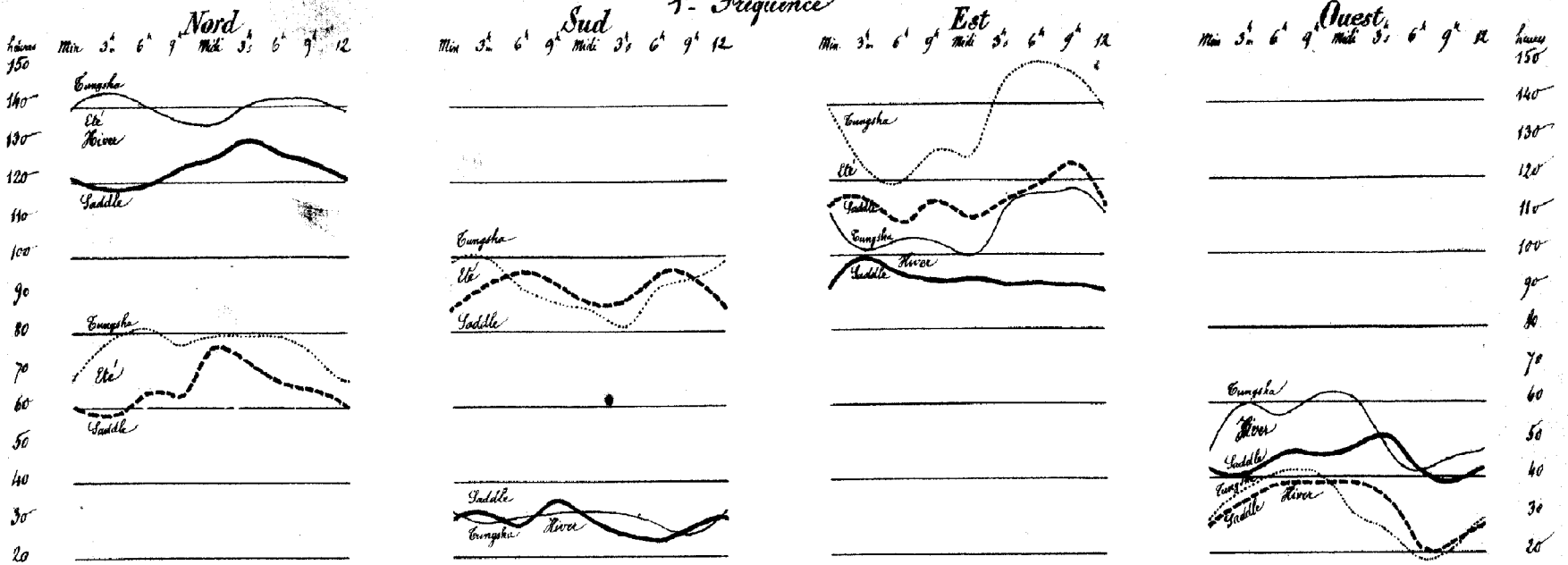
Or, à ce moment même, à 90 mètres de hauteur, au Phare de Saddle Nord, la brise a une tout autre direction. En hiver, les vents d'E. y présentent leur maximum diurne, les vents de S. y ont aussi un maximum secondaire qui devient le principal en été, tandis que les vents de N. y montrent toute l'année leur minimum diurne parfaitement accentué. En été, ce sont plutôt des brises de SW. qui règnent à cette hauteur. A cet instant, qui est celui du minimum de la température, les terres sont plus froides que la surface de la mer et l'air y est plus dense; il se dirige donc de la terre vers la mer où il s'éléve pour revenir un peu plus haut en sens opposé, de la mer vers la terre, afin de rétablir en redescendant, après s'être refroidi, l'équilibre rompu par le premier appel vers la mer. Les observations faites au Phare de Saddle Nord nous montrent aussi que ce premier mouvement de circulation de l'air a peu d'étendue dans le sens vertical, puisque déjà à 90 mètres de hauteur les vents effectuent en grande partie leur retour vers la terre.

A mesure que la température s'élève les phénomènes observés paraissent s'égaliser, les différences s'effacent et les mêmes vents semblent en bas et en haut offrir les mêmes variations; évidemment la limite supérieure de la circulation s'est considérablement élevée, grâce à l'échauffement de l'air qui arrive à son maximum dans les couches inférieures; cet échauffement a pour résultat immédiat de les porter de bas en haut tout en laissant subsister une fréquence un peu plus marquée des vents de Sud (variant entre SW. et SE.), en hiver, au niveau de la mer, de Nord (variant entre NE. et NW.), au sommet du Phare, preuve de la persistance du phénomène commencé le matin. Au coucher du Soleil, les vents d'Est sont, toute l'année, parfaitement établis à Zi-ka-wei et sur le littoral,

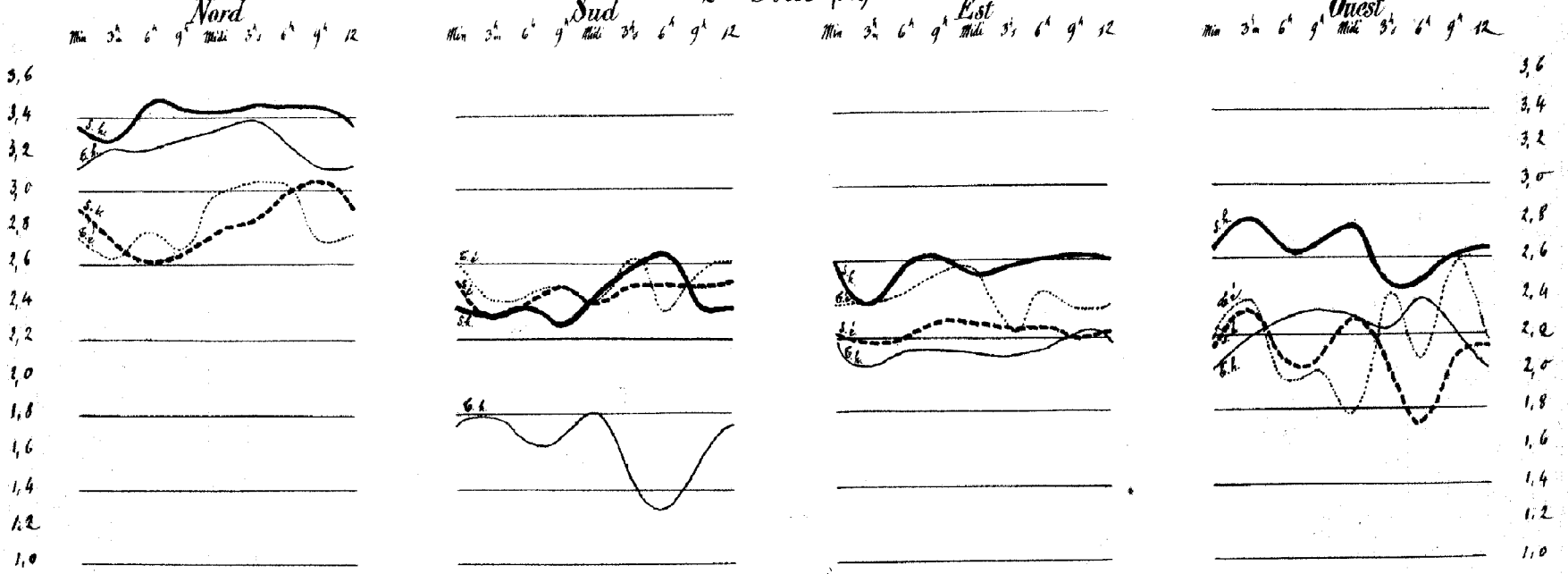
Pl. 6

Variations des Vents à Tungsha (5 mètres) et à Saddle Nord (90 mètres).
d'Octobre 1879 à Septembre 1880.

1°- Fréquence



2°- Force (0-12)

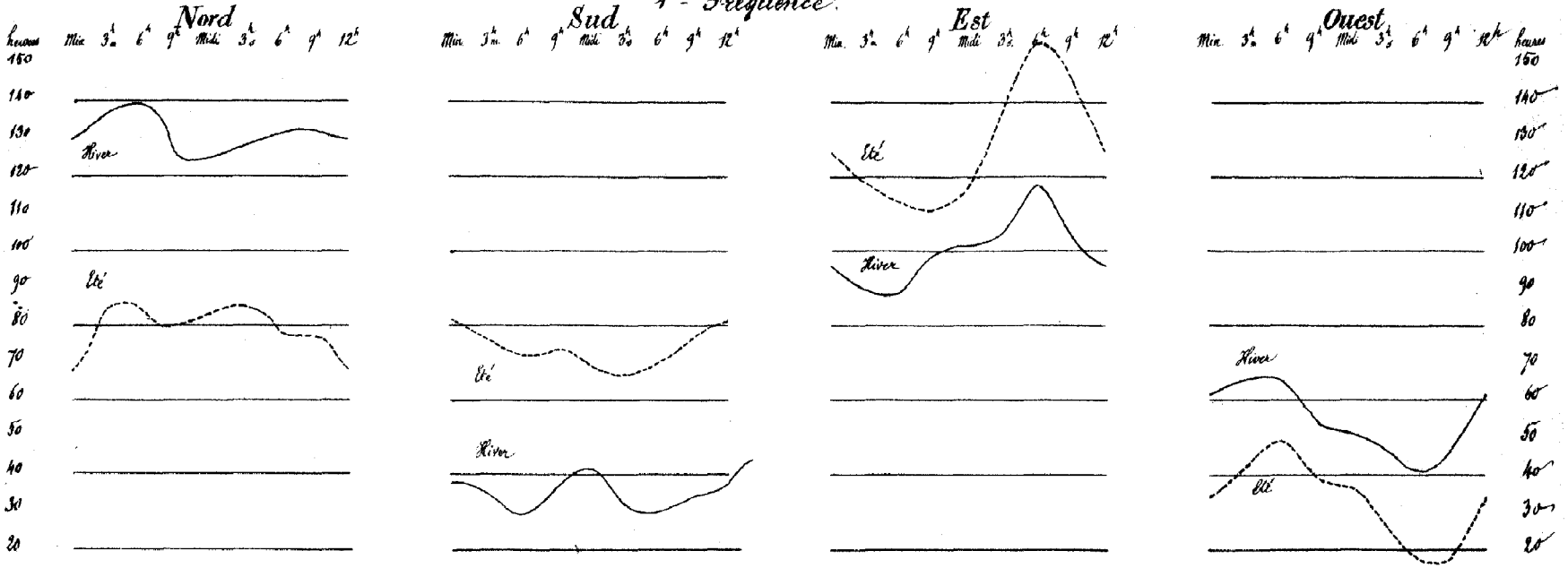


Variations des Vents à Zi-ka-Wei

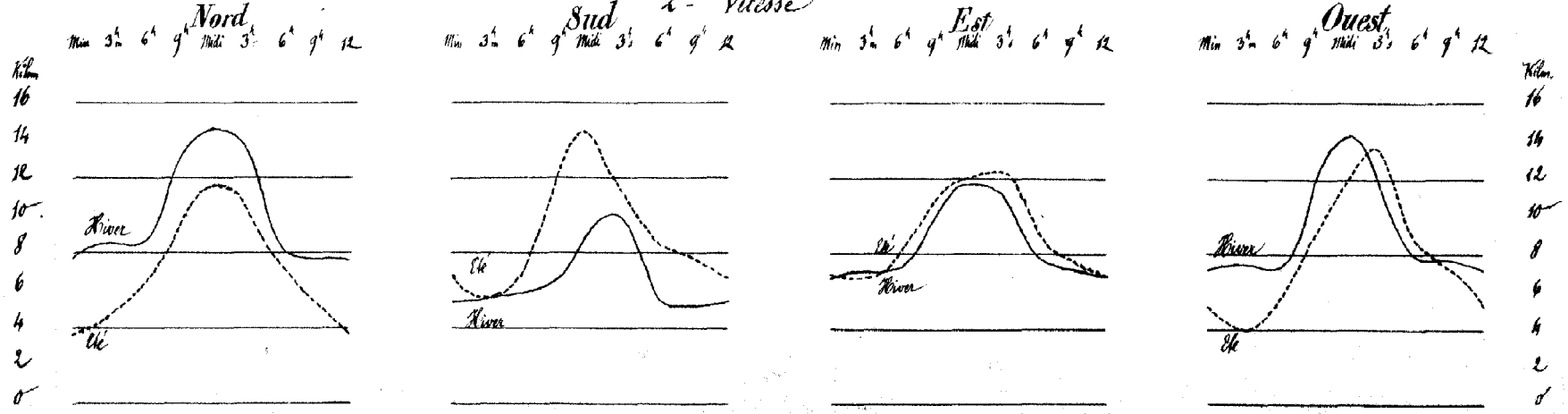
Pl. 7e

d'Octobre 1879 à Septembre 1880.

1°- Fréquence.



2°- Vitesse



à la surface de la mer, tandis qu'au haut du phare c'est à peine si à ce moment ils commencent à se lever, principalement en hiver et encore n'acquéreront-ils, vers 9h. ou minuit, qu'une fréquence relative très-bornée et nullement en rapport avec l'importance qu'ils ont eue en bas, vers le soir. Pendant la 1ère partie de la nuit, en bas, retour à l'Ouest par le Sud, et depuis minuit, brises de Nord-Ouest jusqu'au lever du Soleil; en haut, les mouvements de l'air sont assez mal dessinés, ils sembleraient en partie concordants avec ceux de l'air à la surface au moins jusque vers minuit.

En ce qui touche à l'intensité des vents, il est impossible d'établir aucune comparaison entre les vitesses accusées par l'anémomètre de Robinson, à Zi-ka-wei, et la force estimée au niveau de la mer, à Tungsha. L'anémomètre semble indiquer que la vitesse du vent, quelle que soit sa direction, N., S., E. ou W., a un minimum généralement au lever du Soleil et un maximum entre midi et 3h. du soir : la vitesse moyenne maximum est à peu près double de la vitesse moyenne minimum dans les deux saisons. A Tungsha, comme l'indique la *Pl. VI*e, la variation diurne de la force du vent près du littoral n'offre pas à beaucoup près ce caractère de régularité.

Quoi qu'il en soit, il est curieux de constater entre la force du vent à Tungsha et celle qu'il a au Phare de Saddle Nord une opposition parfois bien prononcée, comme, par exemple, pour les vents de N., de S. et d'W. en hiver, de N. et d'W. en été. D'autre part, il est visible que les vents ont été plus forts, et dans toutes les directions, à 90 mètres de hauteur qu'au niveau de la mer pendant l'hiver, tandis qu'en été il y a eu égalité.

L'opposition qui est ici indiquée entre l'intensité des vents aux deux niveaux s'explique aisément, puisqu'on vient de voir que les vents régnants sont eux-mêmes en opposition : si à un instant donné, à la station inférieure dominent des vents d'Ouest, par exemple, ils y auront naturellement un maximum d'intensité; tandis qu'à la station supérieure les vents d'Est l'emporteront et pour la fréquence et pour la force.

Un dernier fait qui peut être relevé sur ces courbes, c'est l'existence, pendant l'été de 1880, de deux courants contraires superposés, l'un de Nord sur la plaine de Changhai, l'autre de Sud à la hauteur du Phare de Saddle : leur variation diurne a également été en sens opposé. Les vents dominants, en effet, ont été, à Zi-ka-wei, d'entre E. et N. pendant les mois les plus chauds, Juillet et Août, ce qui est tout à fait extraordinaire; en haut ils se sont maintenus au SE. avec beaucoup de constance pendant les mois d'Avril, Mai, Juin et Juillet; en Août ils ont commencé à tourner à l'E. et au NE. Ce courant polaire inférieur semble avoir eu le littoral pour limite orientale, car on ne l'a pour ainsi dire pas observé à Tungsha.

III — OBSERVATIONS FAITES A TCHEFOU ET AU PHARE DU PROMONTOIRE DU CHANTONG.

Quoique moins complètes et mal distribuées, les quatre observations faites à *Tchefou* et au *Phare du Promontoire du Chantong*, n'en sont pas moins curieuses à étudier au point de vue de cette circulation diurne de l'air due à la variation de la température diurne. Elles diffèrent du reste essentiellement sous plusieurs rapports de celles des trois stations précédentes.

Tchefou (1) est un port très-commerçant sur la côte nord de la Péninsule du Chantong, dont l'extrême

(1) Tchefou, latit. 37°. 36'N. — long. 121°. 26' E.

pointe NE est occupée par un phare (1) haut de 220 pieds (72 mètres). Cette Péninsule qui pénètre dans la Mer Jaune et a ses côtes nord-ouest baignées par les eaux du Golfe de Pé-tchely, est montagneuse. A l'Ouest du Phare s'élèvent plusieurs hautes collines escarpées dont la plus proéminente, nommée Ta-tching-chain, a 910 pieds d'élévation; à l'extrémité du Promontoire le phare se trouve adossé à une colline haute de 265 pieds. Tche-fou, ou Yen-tai, posséde une magnifique rade fermée, à l'Est, par un groupe de petites îles appelées Kung-kung et au Nord et à l'Ouest par une longue et bizarre péninsule en forme de T; des collines assez basses dominent la ville à l'Ouest.

Cette courte description géographique des deux stations dont je vais donner les observations suffit à montrer qu'elles sont dans de moins favorables conditions que Zi-ka-wei, Tungsha et Saddle Nord pour notre but, et cependant le phénomène en question y est bien mieux marqué.

IV — FRÉQUENCE DES VENTS A *TCHEFOU* D'OCTOBRE 1879 A SEPTEMBRE 1880.

		NORD				SUD				EST				OUEST			
		Min.	9h. m.	Midi	4h. s.	Min.	9h. m.	Midi	4h. s.	Min.	9h. m.	Midi	4h. s.	Min.	9h. m.	Midi	4h. s.
Hiver	Octobre	11	8	20	21	11	18	6	4	4	2	8	11	14	17	18	15
	Novembre	11	10	19	23	7	15	4	2	3	3	4	3	17	19	13	17
	Décembre	16	17	18	21	5	10	11	9	4	3	1	2	20	20	19	21
	Janvier	13	13	18	22	10	13	6	3	10	4	6	9	15	22	21	20
	Février	21	18	21	23	1	6	3	1	9	6	10	8	12	13	12	12
	Mars	10	12	16	16	9	11	9	7	8	5	8	10	13	14	16	12
	Sommes	82	78	112	126	43	73	39	26	38	23	37	43	91	105	99	97
Été	Avril	13	9	16	14	11	14	8	8	7	7	12	12	18	14	12	11
	Mai	3	9	16	11	18	15	14	12	0	8	9	14	16	11	12	11
	Juin	3	5	20	14	11	9	6	8	3	8	16	18	6	10	6	6
	Juillet	0	7	21	14	19	9	4	7	19	15	24	26	2	7	5	3
	Août	8	9	21	20	9	12	5	1	4	1	9	13	11	17	11	15
	Septembre	12	10	17	16	15	13	8	9	4	2	10	13	11	8	9	7
	Sommes	39	49	111	89	83	72	45	45	37	41	80	96	64	67	55	52

FRÉQUENCE DES VENTS AU *PHARE* DU CAP CHANTONG
d'Octobre 1879 à Septembre 1880.

		NORD				SUD				EST				OUEST			
		Min.	9h. m.	Midi	4h. s.	Min.	9h. m.	Midi	4h. s.	Min.	9h. m.	Midi	4h. s.	Min.	9h. m.	Midi	4h. s.
Hiver	Octobre	18	22	21	20	7	6	8	9	4	5	4	5	18	19	18	18
	Novembre	19	18	19	19	10	8	8	9	1	3	3	2	17	17	17	16
	Décembre	19	17	17	19	8	12	14	11	2	2	2	2	13	12	12	11
	Janvier	19	22	24	23	4	3	1	3	2	2	2	1	12	11	10	11
	Février	26	26	25	25	2	2	3	3	4	6	8	5	3	4	1	1
	Mars	15	17	15	16	13	11	12	15	2	4	2	3	16	13	9	11
	Sommes	116	122	121	122	44	42	46	50	15	22	21	18	79	76	67	65
Été	Avril	14	14	13	14	9	13	15	13	4	7	6	5	10	8	6	5
	Mai	10	12	10	9	16	13	14	19	4	3	3	3	16	13	11	11
	Juin	4	9	8	7	22	16	16	20	8	5	6	11	6	8	7	5
	Juillet	7	5	5	8	17	18	18	16	11	12	12	13	3	1	1	2
	Août	18	16	17	20	10	11	11	9	2	5	5	4	16	4	5	5
	Septembre	14	12	12	11	12	14	15	12	2	5	5	4	6	2	2	3
	Sommes	67	68	65	69	86	85	89	89	31	37	37	30	58	36	32	31

(1) Phare du Chantong, latit. 37° 24′ N. — long. 122° 42′ E.

V — FORCE DES VENTS A *TCHEFOU* D'OCTOBRE 1879 A SEPTEMBRE 1880

		NORD				SUD				EST				OUEST			
		Min.	9h.m	Midi	4h.s.	Min.	9h.m.	Midi	4h.s.	Min.	9h.m.	Midi	4h.s.	Min.	9h.m.	Midi	4h.s.
Hiver	Octobre	3,3	4,3	1,7	3,2	1,0	1,4	1,8	1,2	1,3	2,3	2,6	2,2	3,0	2,4	2,9	3,2
	Novembre	4,4	4,3	4,0	5,0	1,0	1,4	2,4	1,5	2,9	3,5	2,1	1,7	1,7	1,7	2,0	4,8
	Décembre	3,5	4,3	4,4	3,7	0,8	1,4	2,3	1,4	1,5	1,9	3,5	1,1	2,8	2,7	3,2	2,8
	Janvier	2,1	2,6	2,8	2,4	0,8	1,0	1,7	0,9	1,2	0,8	1,6	1,3	2,2	3,3	2,9	2,2
	Février	2,8	3,3	2,7	2,9	0,7	0,9	0,7	1,4	1,3	1,8	1,6	1,7	1,8	1,9	2,4	2,4
	Mars	2,6	3,7	3,3	2,9	1,5	2,3	3,3	2,6	1,4	1,8	2,1	1,9	2,1	2,2	3,2	2,7
	Moyennes	3,12	3,75	3,15	3,35	0,97	1,40	2,03	1,50	1,60	2,02	2,25	1,65	2,27	2,37	2,77	3,02
Été	Avril	2,5	3,4	2,9	2,5	1,2	1,9	2,1	2,0	2,4	2,4	2,5	2,4	1,3	2,6	2,6	2,3
	Mai	5,3	2,4	3,0	2,2	2,4	2,5	3,6	3,4	0,0	1,5	2,4	2,0	2,0	2,1	3,0	2,3
	Juin	0,9	1,7	2,3	1,9	2,2	2,2	3,0	2,8	1,4	2,2	2,6	2,6	1,0	1,7	2,0	1,8
	Juillet	0,0	1,2	2,3	2,4	1,2	1,5	2,0	1,6	1,2	1,4	2,4	2,2	1,3	1,4	2,3	2,4
	Août	3,2	3,6	2,9	2,9	2,0	1,2	1,5	1,4	0,9	0,7	2,3	2,6	2,5	2,5	3,3	3,2
	Septembre	3,2	3,1	2,8	3,2	2,3	2,0	2,3	2,1	2,1	1,7	1,2	1,3	2,1	1,2	2,3	3,0
	Moyennes	2,52	2,57	2,70	2,52	1,88	1,88	2,42	2,22	1,33	1,65	2,23	2,18	1,70	1,92	2,58	2,50

FORCE DES VENTS AU *PHARE* DU CAP CHANTONG

d'Octobre 1879 à Septembre 1880

		NORD				SUD				EST				OUEST			
		Min.	9h.m.	Midi	4h.s.	Min.	9h.m.	Midi	4h.s.	Min.	9h,m.	Midi	4h.s.	Min.	9h.m.	Midi	4h.s.
Hiver	Octobre	3,5	3,0	3,5	3,5	3,0	2,6	2,1	2,3	2,1	2,7	3,1	2,4	2,8	2,2	2,5	2,5
	Novembre	4,3	3,8	3,8	3,1	2,0	2,2	2,5	2,8	0,7	2,2	2,2	2,2	2,5	2,6	2,4	2,3
	Décembre	6,1	7,3	7,1	5,7	1,2	2,8	3,0	3,5	4,7	3,8	4,2	2,8	2,4	2,5	3,0	2,3
	Janvier	5,2	4,4	4,1	4,5	1,4	0,8	2,0	0,8	3,2	2,4	2,4	2,8	2,1	2,1	1,9	2,1
	Février	4,6	4,5	4,8	4,9	1,0	1,1	0,9	1,3	3,8	3,5	2,4	3,1	2,8	1,9	2,8	1,4
	Mars	4,9	4,4	5,2	4,6	2,4	2,9	3,1	2,5	1,8	1,7	2,4	1,4	2,6	2,5	2,9	2,6
	Moyennes	4,77	4,57	4,75	4,38	1,83	2,07	2,27	2,20	2,72	2,72	2,78	2,45	2,53	2,30	2,58	2,20
Été	Avril	3,6	4,5	5,1	4,8	3,8	3,0	2,7	3,2	2,8	2,2	2,1	1,7	2,9	3,2	3,1	3,5
	Mai	2,5	3,2	3,2	3,4	3,7	3,1	3,5	3,2	4,1	3,0	3,3	4,1	3,0	3,0	3,4	2,8
	Juin	3,2	2,0	2,3	2,0	2,2	2,5	2,8	2,4	2,0	1,5	1,7	1,6	2,0	2,2	2,5	1,6
	Juillet	2,2	1,0	2,8	1,7	2,3	1,9	2,0	2,4	1,5	2,1	1,8	1,6	2,3	1,4	1,4	2,4
	Août	3,5	4,0	3,6	3,3	2,6	1,6	1,8	2,2	4,2	2,4	2,5	2,5	2,0	2,3	2,1	2,2
	Septembre	4,6	5,1	4,7	5,1	2,3	2,1	2,4	2,8	3,2	1,8	1,7	1,5	1,4	2,1	2,1	2,0
	Moyennes	3,27	3,30	3,62	3,38	2,82	2,37	2,53	2,70	2,97	2,17	2,18	2,17	2,22	2,37	2,43	2,42

Ce qui frappe au premier coup d'œil dans les courbes tracées avec les nombres qui représentent la fréquence des vents à Tchefou et au Phare du Cap Chantong *(Pl. 8e)*, c'est encore une opposition, je dirais, mieux marquée même que pour nos premières stations et je crois que cela tient à la latitude plus élevée de ces deux nouveaux points d'observation; plus on avance, en effet, vers le Nord, plus prompt doit être le refroidissement des couches aériennes que la chaleur diurne élève au-dessus du sol et par conséquent moins haut doit se trouver la limite supérieure de la circulation qui ramènera bientôt ces masses une fois refroidies vers le sol. Au contraire, nous allons bientôt voir dans les observations de deux autres stations prises beaucoup au-dessous du parallèle de Zi-ka-wei que c'est à peine si l'on y soupçonne un commencement de rotation des vents, pour une même différence d'altitude : c'est que, là, les couches de l'air, même loin du sol, sont habituellement à une température assez élevée, ce qui oblige les masses surchauffées qui quittent le sol à s'élever fort haut pour y déposer leur excès de chaleur par rayonnement. Ces faits deduits directement de l'observation des vents ont aussi leur intérêt, et sont de précieux renseignements sur les mouvements généraux de l'atmosphère.

Pour Zi-ka-wei et Tungsha la mer était à l'Est et les terres à l'Ouest : de là brises d'Ouest le matin, brises d'Est le soir. Pour Tchefou la mer est au Nord, et la terre au Sud : de là brises de Sud le matin, brises de Nord

dans l'après-midi. Et probablement parce que le golfe de Pé-tchely enveloppé de trois côtés par les terres doit avoir une température moins constante que la mer Jaune avec laquelle il communique, les brises du matin, à Tchefou, se dirigeront plutôt vers cette grande mer en soufflant du SW.; de même dans l'après midi, l'échauffement continental sera plus effectif pour appeler l'air de la mer vers le Sud-Ouest de Tchefou où les terres sont sans limite que vers le Sud ou le Sud-Est, et les vents viendront alors du NE.

Il est, je crois, inutile de répéter ce qui a été dit pour expliquer l'opposition des vents à la hauteur du Phare du Cap Chantong; on peut remarquer cependant que les vents d'Ouest ont à très-peu près les mêmes variations aux deux niveaux; c'est que l'une et l'autre stations sont dominées à l'Ouest par des collines, ce qui les met presque dans les mêmes conditions pour les vents qui peuvent leur venir de ce côté.

Enfin, comme pour Zi-ka-wei et Saddle Nord, la variabilité des vents est plus considérable près du sol qu'à la hauteur de 70 mètres : c'est en effet à l'échauffement des terres qu'il faut principalement attribuer la naissance des vents.

La variation diurne de l'intensité des vents, estimée à Tchefou comme au Phare à l'échelle Beaufort, de 0 à 12, est mieux marquée à Tchefou qu'à Tungsha; elle se rapproche sensiblement, pour la forme des courbes, de celle de la vitesse des vents observée à Zi-ka-wei. La raison en est sans doute que les écarts diurnes de la température sont plus grands à mesure qu'on s'élève en latitude, ce qui donne plus d'intensité dans les phénomènes qui en sont la conséquence.

J'avais eu d'abord l'intention d'ajouter ici les observations tri-horaires faites avec beaucoup de soin par le Capit. Trebing sur le bâteau-phare le *Newchwang*, ancré près de l'entrée de la rivière de ce nom, au fond du Golfe du Liao-tong, sur la côte nord du Golfe de Pé-tchely, par 40° 35′ de latit. N.; mais j'ai craint de fatiguer le lecteur. Je dirai seulement que la situation géographique de cette station au fond d'un golfe dont la direction est SSW-NNE., donne précisément lieu à un régime de brises de terre et de mer qui ont cette direction générale, brises de NNE. le matin, brises de SSW., le soir : c'est exactement le contraire de ce que nous venons de voir à Tchefou. La théorie de ces brises diurnes et locales se trouve ainsi parfaitement vérifiée dans nos mers de la Chine. Mais ce qui nous intéresse le plus, c'est que les idées émises plus haut sur la circulation verticale de l'air sous l'influence de la chaleur solaire sont encore ici l'expression même des faits observés.

IV — OBSERVATIONS FAITES DANS LE MIDI DE LA CHINE : AMOY — CHAPEL ISLAND — OCKSEU.

Amoy (1) est un port très-commerçant situé sur l'île de ce nom, à l'entrée du fleuve Lung-kiang qui traverse un peu plus loin la grande cité de Tchang-tchao-fou. L'île renferme au Nord et Nord-Est de la ville d'Amoy une chaîne de collines de 500 pieds d'élévation en moyenne.

Le phare de *Chapel Island*, (2) à peu de distance de la côte, est parfaitement isolé et sa lumière se voit de tous les côtés.

Il en est de même du phare d'*Ockseu* (3), puisque la colline la plus élevée des deux îles qui portent ce nom et au haut de laquelle a été bâti le phare, n'a que 260 pieds d'élévation. Ce phare est le plus élevé de tous ceux qui éclairent le littoral chinois.

---

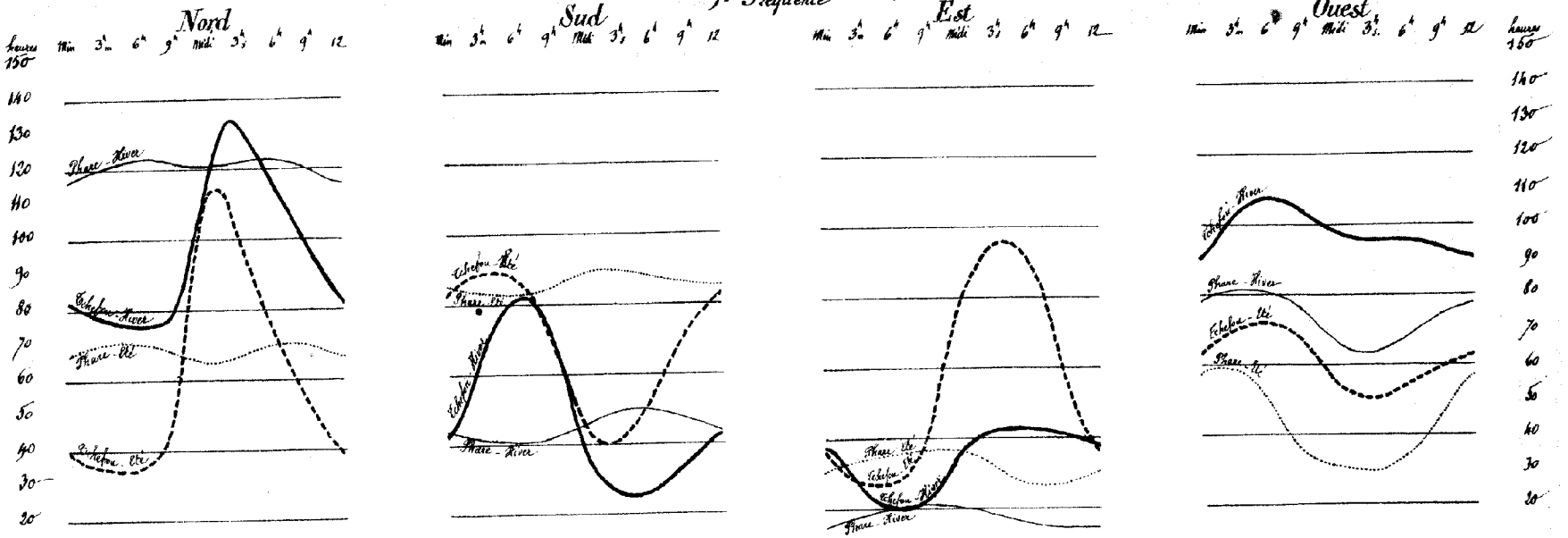
(1) Amoy, latit. 24°. 25′ N. — longit. 118°. 3′ E.

(2) Phare de Chapel Island, latit. 24°. 10′ N. — longit. 118°. 13′ E. — Elévation : 227 pieds (74 mètres).

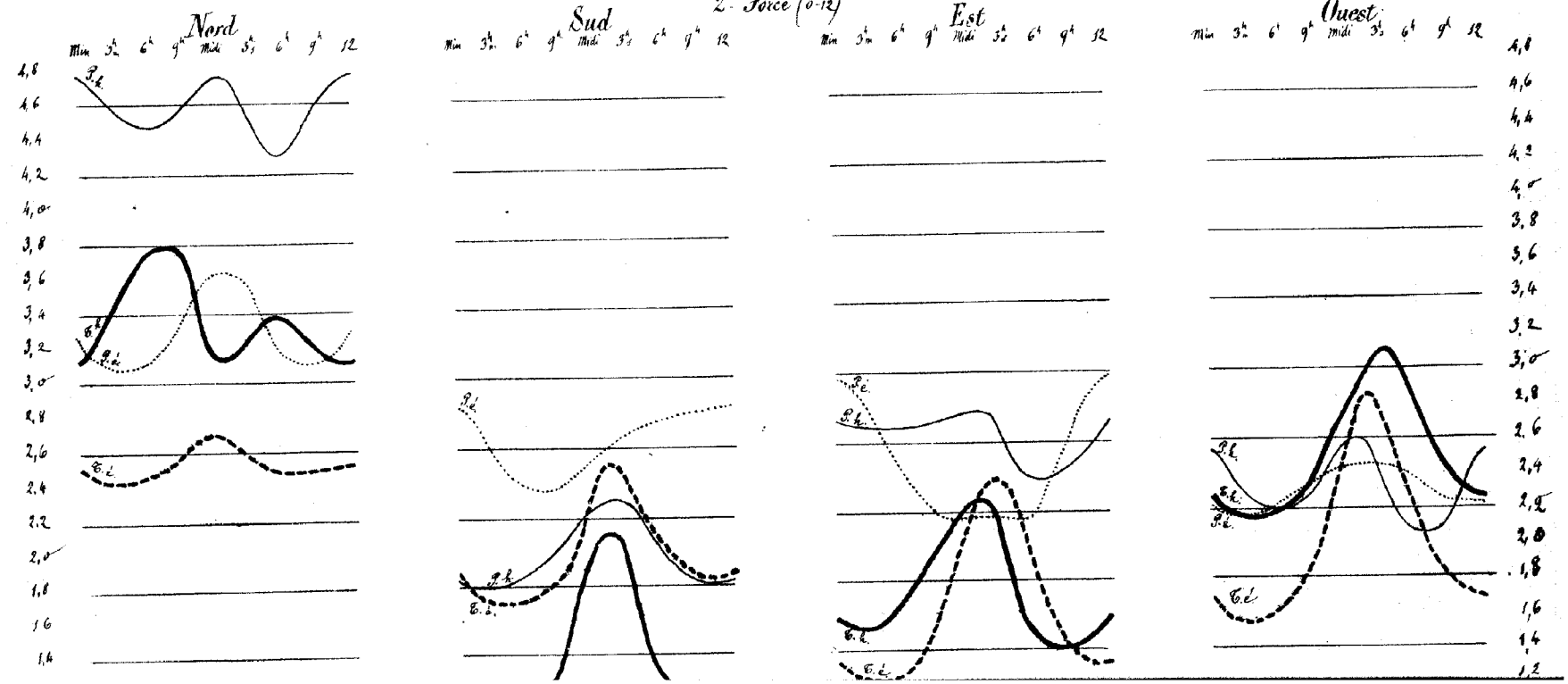
(3) Phare d'Ockseu, latit. 24° 59′ — longit. 119°. 28′ — Elévation : 286 pieds (94 mètres).

Octobre 1879 à Septembre 1880

1° Fréquence



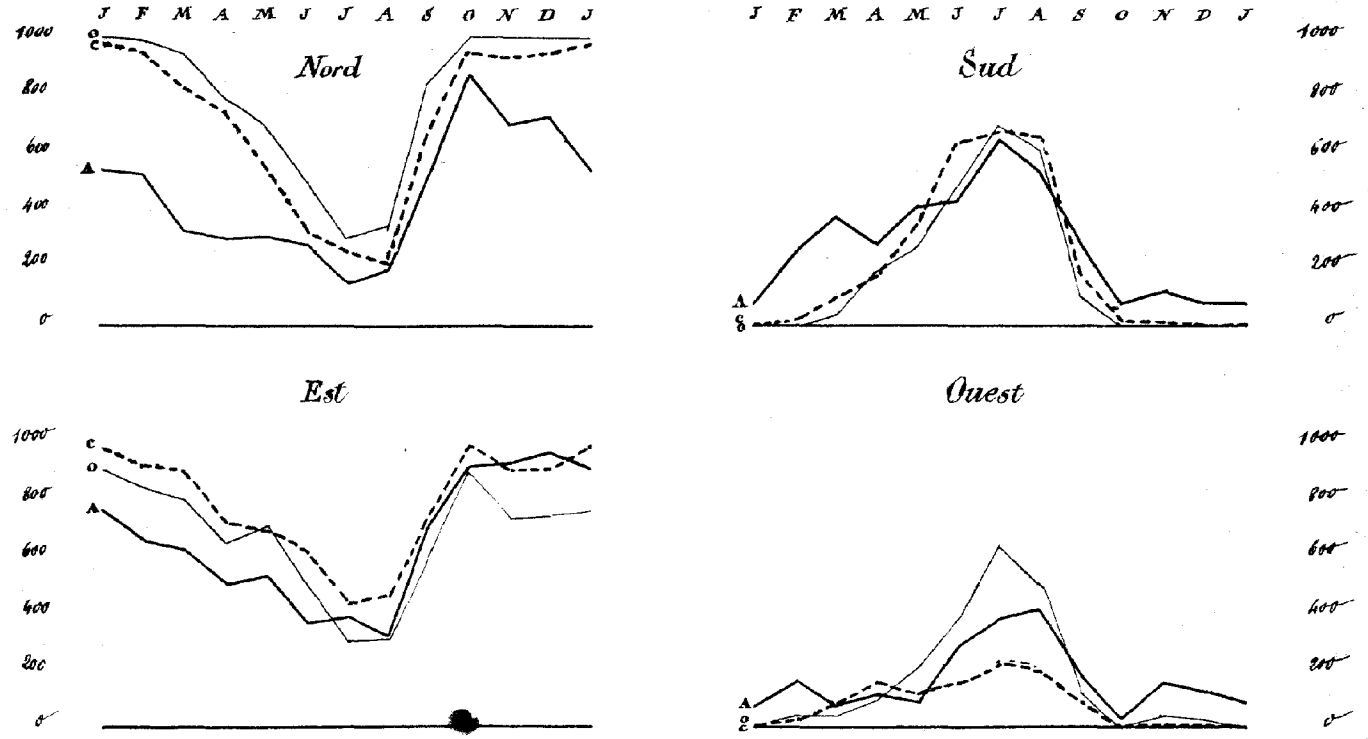
2° Force (0-12)



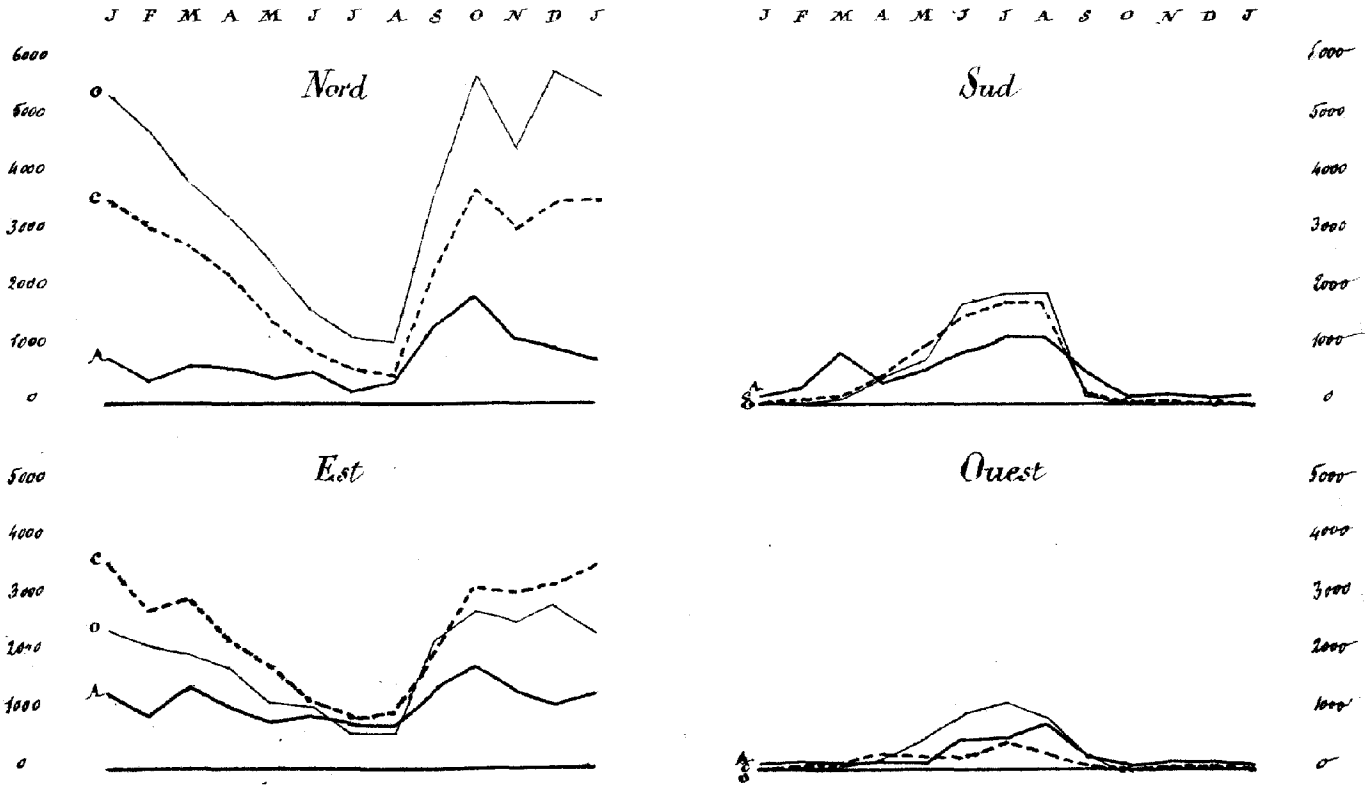
Variations des Vents à Amoy (port), au phare de Chapel (17 mètres) et au phare d'Ockseu (94 mètres), pendant l'année 1880.

Pl. 9e

1e Fréquence



2e Importance (Sommes des forces observées)



A cette latitude inférieure un seul vent règne pendant tout l'hiver à la hauteur des phares, c'est le vent de NE. : son intensité est considérable, puisqu'au Phare de Chapel Island elle est indiquée en moyenne par le chiffre 5 de l'échelle Beaufort; au phare d'Ockseu la moyenne force du vent de NNE. serait presque 6. Sur la côte, le NE. est bien aussi le vent dominant, mais on y voit souffler, hiver et été, tous les autres vents, sauf cependant le N. qui y est rare en toutes saisons *(Pl. 9e)*.

Pendant l'hiver, ces vents permanents de NE. au Phare de Chapel Island et de NNE. à celui d'Ockseu éprouvent une légère rotation diurne qu'il est aisé de suivre dans les observations quotidiennes qui m'ont été communiquées; de minuit à 9h m. ils tournent du NE. au N.; ils reviennent ensuite en arrière, dépassent leur position moyenne, descendent vers l'ENE. jusqu'entre 6 et 8h du soir, pour remonter enfin au NE.

A Amoy la rotation est plus développée; pendant l'hiver, les vents d'Ouest se laissent observer avant midi, les vents de Sud soufflent dans le milieu de la journée et le soir le vent remonte au NE.

Il n'y a donc pas à proprement parler opposition des courants à ces deux altitudes pendant l'hiver; on n'en trouve pas de mieux dessinée en été; seulement en cette dernière saison l'intensité moyenne des vents à Amoy et à Chapel Island, par exemple, présente les caractères mêmes que M. Hellmann a trouvés pour les vents au pied et au sommet du mont Washington, ce qui confirme l'explication simple que j'ai donnée du phénomène rapporté par le savant météorologiste allemand : si les vents sont faibles, en haut pendant le jour, quand ils sont forts, en bas, et inversement pendant la nuit, forts en haut et faibles en bas, ce n'est pas une preuve qu'il y a circulation de l'air telle que nous l'avons reconnue, à la latitude de Zi-ka-wei et à celle de Tchefou, à une faible élévation au-dessus du niveau de la mer; ce renversement prouve seulement que les vents constants et forts qui règnent à une centaine de mètres au-dessus du niveau de la mer se voient comme coupés ou sont fortement gênés par les courants ascendants d'air chaud qui prennent naissance sur les flancs de la colline ou de la montagne et enveloppent le sommet comme d'un manteau, qu'il s'agisse d'une colline de 80 à 100 mètres de hauteur ou d'une montagne de 2000 mètres.

Voici le résumé des observations faites à Amoy et à Chapel Island pendant l'été de 1880 (Avril-Sept.) :

AMOY.

	Fréquence (Été)				Force (Été)				Force
	N	S	E	W	N	S	E	W	moyenne
Minuit	55	69	76	51	2,00	1,23	1,76	1,33	1,58
4h. m.	63	47	67	37	1,97	1,06	1,61	1,33	1,55
8	64	50	65	59	2,42	0,96	1,49	1,12	1,27
Midi	49	102	90	34	2,16	1,71	1,76	1,94	1,83
4h. s.	42	121	114	34	2,07	2,78	2,26	2,18	2,43
8	50	95	92	49	2,28	1,81	1,90	1,72	1,90

PHARE DE CHAPEL ISLAND.

	Fréquence (Été)				Force (Été)				Force
	N	S	E	W	N	S	E	W	moyenne
Minuit	89	84	108	39	2,95	2,64	2,55	1,74	2,59
4h. m.	99	75	102	43	2,83	2,72	2,65	1,21	2,53
8	95	73	100	37	2,87	2,63	2,51	1,43	2,52
Midi	77	81	112	25	2,74	2,01	2,32	1,76	2,30
4h. s.	70	93	135	22	2,97	2,39	2,33	1,95	2,43
8	74	91	110	28	3,05	2,46	2,64	1,57	2,56

Les moyennes forces des vents pendant le jour (8h. m. — Midi — 4h. s.) et pendant la nuit (8h. s. — Minuit — 4h. m.) sont, pour l'été :

	Jour	Nuit
Amoy :	1,84	1,64
Phare :	2,42	2,56

Le fait d'un renversement dans l'intensité des vents entre les deux stations est donc incontestable; il est vrai que la différence entre leur force, la nuit et le jour, au Phare est relativement faible si on compare à celle du mont Washington; mais il faut remarquer d'abord qu'elle est de même ordre que la différence inverse au niveau de la mer et par conséquent que traduite en vitesse de vent elle donnerait des nombres qui seraient plus frappants; ensuite, l'effet devant être proportionnel à la cause, l'échauffement d'un petit rocher (70 mètres) comme celui qui porte le phare de Chapel Island, doit avoir un influence retardatrice sur les courants aériens incomparablement plus faible que l'échauffement d'une masse comme celle du mont Washington (2000 mètres).

Je voudrais, avant de clore toute cette discussion, montrer par quelques chiffres ce qui semble déjà ressortir fort bien de tout ce qui précède; mais on y verra d'une manière sensible l'influence de l'élévation sur la constance des vents et par suite sur leur intensité et aussi le changement radical que les chaleurs de l'été apportent dans le régime des vents sur ces côtes de la Chine.

Les tableaux suivants sont le résumé de toutes les observations anémométriques (6 par jour) faites pendant l'année 1880 (Janvier-Décembre) à Amoy et aux deux phares de Chapel Island et d'Ockseu. Le calcul de la fréquence des vents a d'abord été fait comme il a été dit au commencement de la discussion : ensuite pour rendre les nombres absolument comparables je les ai réduits à un mois uniforme de 1000 heures. Ainsi tel vent dont la fréquence est représentée par 1000 est un vent qui a soufflé sans interruption pendant tout le mois aux heures d'observation.

ANNÉE 1880.

FRÉQUENCE DES VENTS.

	AMOY (niveau de la mer)				*CHAPEL ISLAND (74 mètres)*				*OCKSEU (94 mètres)*			
	N	**S**	**E**	**W**	**N**	**S**	**E**	**W**	**N**	**S**	**E**	**W**
Janvier 1880	543	74	767	69	981	0	989	0	1000	0	899	0
Février	539	258	654	166	956	22	931	22	995	0	840	30
Mars	354	389	613	64	826	98	895	65	940	45	798	45
Avril	309	289	505	133	744	183	730	158	784	196	638	142
Mai	305	408	538	79	564	354	688	122	694	273	700	208
Juin	266	438	377	261	333	638	605	155	511	488	483	388
Juillet	160	651	392	370	251	672	430	273	294	694	294	640
Août	202	559	335	408	214	651	456	256	360	609	310	489
Septembre	533	283	611	183	660	183	755	78	838	116	710	144
Octobre	867	85	888	37	958	11	987	1	1000	0	929	0
Novembre	710	122	744	155	943	6	899	50	1000	0	938	6
Décembre	732	74	748	132	958	0	899	26	1000	0	964	5
Hiver	3745	1002	4414	623	5622	237	5600	163	5935	45	5368	86
Été	1766	2628	2758	1434	2766	2681	3664	1042	3485	2376	3135	2011

FORCE DES VENTS.

	AMOY (niveau de la mer)				*CHAPEL ISLAND (74 mètres)*				*OCKSEU (94 mètres)*			
	N	**S**	**E**	**W**	**N**	**S**	**E**	**W**	**N**	**S**	**E**	**W**
Janvier 1880	1,55	1,63	1,75	1,22	4,01	0,00	3,62	0,00	5,29	0,00	2,63	0,00
Février	1,19	1,04	1,40	0,97	3,20	1,20	2,90	1,00	4,81	0,00	2,56	0,59
Mars	1,72	2,18	2,29	0,88	3,43	1,65	3,26	1,61	4,08	1,84	2,50	1,34
Avril	1,99	1,15	2,02	1,07	3,05	2,63	3,08	1,98	4,17	2,08	2,55	1,75
Mai	1,39	1,42	1,41	1,43	2,68	2,68	2,54	1,87	3,52	2,54	1,79	2,54
Juin	1,95	2,04	2,35	1,83	2,80	2,49	1,91	1,66	3,18	3,44	2,15	2,56
Juillet	1,31	1,85	1,79	1,43	2,36	2,56	1,98	1,63	3,87	2,77	2,06	1,85
Août	1,77	2,09	2,15	1,71	1,93	2,65	2,06	1,15	2,94	3,17	1,98	1,85
Septembre	2,60	1,76	2,21	1,43	3,64	1,32	2,70	1,03	4,35	1,58	3,15	1,48
Octobre	2,18	1,83	1,98	0,99	3,87	0,55	3,16	0,00	5,68	0,00	3,00	0,00
Novembre	1,57	1,34	1,79	1,19	3,24	0,90	3,36	0,93	4,48	0,00	2,77	0,00
Décembre	1,34	1,42	1,55	1,23	3,63	0,00	3,63	1,04	5,75	0,00	2,91	0,80
Hiver	1,59	1,57	1,79	1,08	3,56	0,72	3,32	0,76	5,02	0,31	2,73	0,45
Été	1,83	1,72	1,99	1,48	2,74	2,39	2,28	1,55	3,67	2,60	2,28	2,00

Voici quelques remarques générales sur ces tableaux *(Planche 9')* :

(1) — Une rotation, on pourrait dire une torsion des vents assez singulière a lieu dans le sens de la verticale : du côté de la mer, par conséquent en allant du Nord au Sud par l'Est, on trouve en haut de forts vents de N., un peu plus bas ils sont de NE. moins forts, et au niveau de la mer ils viennent de l'E. encore plus faibles; si en haut on les observe de l'E., au milieu on les aura du SE. et en bas du S.. Du côté de la terre, plusieurs mois de l'année semblent montrer une rotation inverse : si les vents sont de N. ou d'W., en haut, on les observera d'W. ou de S., en bas. Je me demande si cette rotation ne ferait pas partie du système de circulation dont il a été question ci-dessus : aux courants inférieurs ne correspondraient pas à 90 mètres de hauteur, comme à la latitude de Zi-ka-wei et surtout à celle de Tchefou, des courants de direction contraire : mais un commencement d'opposition et au lieu d'avoir tourné de 180°, les courants n'auraient encore à cette hauteur tourné que de 90° environ. Ceci expliquerait assez bien, me semble-t-il encore, pourquoi la rotation n'a pas lieu dans le même sens pour les vents d'E. et d'W.; moins sujets aux influences très-variables de la surface du sol, les courants à la hauteur de ces phares tendent à se diriger vers les régions les plus échauffées et où se fait un appel énergique d'air : ces régions sont évidemment vers le Sud et les courants locaux superficiels venant de l'Ouest aussi bien qui ceux qui viennent de l'Est doivent paraître se tordre et tourner peu à peu au Nord à mesure qu'on les considère à des niveaux plus élevés.

(2)—Pendant tout l'hiver l'air n'a qu'une seule direction générale au niveau des Phares, du NE. au SW.; un nouveau courant de direction absolument contraire, du SW. au NE., se mêle au premier pendant l'été, mais sans lui enlever toute son importance. Or, dans cette dernière saison, à cette latitude inférieure, et à une si petite élévation, l'existence de vents habituels et forts de NE. est assez difficile à expliquer avec le régime normal des moussons; de même en hiver, cette constance si absolue de vents presque violents et toujours dans cette direction sans mélange d'aucun autre, ne peut encore s'expliquer qu'en admettant que deux causes ici sont en jeu : travaillant ensemble durant la saison froide, elles unissent leurs forces individuelles — opposées et se gênant mutuellement durant la saison chaude, leurs forces individuelles et l'ensemble du phénomène y perdent en importance: ces deux causes sont l'alizé de NE. et la mousson; le courant constant c'est l'alizé, le courant variable c'est la mousson qui dans ces parages sera NE. en hiver et SW. en été. Il est assez vraisemblable que le sens du mouvement vertical de ces deux courants d'origine essentiellement différente sera inverse l'un de l'autre et que la girouette d'inclinaison établie, par exemple, au haut du Phare d'Ockseu, marquera tantôt un courant descendant qui sera l'alizé de NE., tantôt un courant ascendant qui sera la mousson de SW.

(3)—Moins accentués en bas qu'en haut ces vents alizés de NE. ne laissent pas de se faire sentir jusqu'au niveau de la mer; on est habitué, dans ces mers de la Chine, à les confondre avec la mousson de NE., mais la distinction n'en existe pas moins, à mon avis, puisque dans les parages Sud ces vents soufflent toute l'année, tandis que quelques degrés plus haut, à la latitude de Zi-ka-wei (31°), des vents de NE. en été, et surtout en Juillet et Août, seraient un fait extraordinaire, témoin l'étonnement général à Changhai et dans toute la contrée lorsque pendant ces deux mois de l'été de 1880 on a vu souffler des vents de NE. frais au lieu des vents de S. brûlants accoutumés. L'intensité propre de l'alizé, même au fort de l'été, à la latitude d'Amoy et du Phare d'Ockseu (25°) se laisse deviner par ce fait que, à Amoy, au niveau de la mer, les vents de S. l'ont emporté en fréquence et aussi en force sur les vents de N. pendant 4 mois (Mai, Juin, Juillet et Août); au Phare de Chapel Island (74 mètres), cet excès pour la frequence n'a eu lieu que pendant les trois mois de Juin, Juillet et Août et seulement pendant les deux derniers pour la force; enfin au Phare d'Ockseu (94 mètres) deux mois seulement, les plus chauds, Juillet

et Août ont amené une prédominance des vents équatoriaux qui n'ont pu surpasser les vents polaires en force que pendant le seul mois d'Août. Qu'on se rappelle ce que je viens de dire de nos vents à Zi-ka-wei et Changhai pendant ces deux mêmes mois et l'on sera convaincu que l'alizé de NE., qui très-certainement est reporté en général plus au nord en été, s'était abaissé jusqu'au sol à notre latitude et que par-dessus coulait le courant équatorial de SW. attesté du reste et par les observations des Cirri à l'Observatoire de Zi-ka-wei *(voir Bulletin de* 1880*)* et par les observations du Phare de Saddle Nord que j'ai comparées plus haut avec celles de Zi-ka-wei. Nous retrouvons donc encore ici un système de circulation atmosphérique sur une plus vaste échelle, mais dont la constatation ne fait que démontrer mieux encore l'importance d'une étude d'ensemble de l'atmosphère et l'utilité pratique de la girouette d'inclinaison.

(4) — Si l'existence des vents alizés proprement dits dans les mers de Chine devient ainsi presque incontestable, le fait d'une rotation générale des vents, d'une modification essentielle de la direction du mouvement d'ensemble de l'atmosphère, ayant pour cause première et immédiate les variations considérables que subit la pression atmosphérique sur tout le continent Asiatique, grâce à ses variations de température annuelle, n'en est pas moins évident et ce sont les observations faites dans les deux Phares de Chapel Island et d'Ockseu, où cependant l'alizé de NE. marque le mieux sa présence, qui en donnent les meilleures preuves. La seule inspection des trois tableaux de la fréquence des vents à Amoy et à la hauteur de ces Phares suffirait déjà pour faire, à la lettre, sauter aux yeux la réalité du phénomène. Mais le doute sera impossible quand on se sera assuré par une simple comparaison des nombres que les rapports des vents de Sud aux vents de Nord en hiver et en été sont les suivants :

		Amoy	Chapel Island	Ockseu
Vents de S	Hiver :	1,0	1,0	1,0
	Été :	2,6	19,6	52,8

CONCLUSION GÉNÉRALE.

On le voit par ces quelques exemples, l'étude des mouvements atmosphériques dans le sens vertical auss bien que dans le sens horizontal conduit à des faits d'un très-haut intérêt. S'était-on jusqu'ici douté qu'une simple différence de moins de 100 mètres dans l'élévation pouvait apporter des changements aussi remarquables dans la direction et dans l'intensité des vents? Les observations qui m'ont été si gracieusement communiquées par l'administration des douanes chinoises ont certainement été faites au haut des phares où se trouvent placés les baromètres et thermomètres à observer en même temps; et cependant, des informations que j'ai prises à ce sujet il résulte qu'aucun ordre n'a été donné aux gardiens des phares de faire l'observation de la direction et de la force du vent plutôt en haut qu'en bas : il n'est personne maintenant qui ne voie l'inconvénient de la liberté laissée aux observateurs.

Dans un pays plat se trouve une petite colline qui semblerait favorable à l'installation d'une station météorologique, faut-il la choisir pour le lieu des observations? — Si le but est d'étudier le climat de la contrée, dans lequel le régime des vents joue un grand rôle, tout ce qui précède semblerait en dissuader. Si l'on a un but plus

général et que la climatologie locale ne soit que secondairement en vue, je crois qu'en se mettant un peu au-dessus de tous ces courants atmosphériques qui sont dépendants des variations diurnes de la température, de la nature du sol, de la configuration du pays, du voisinage de la mer, on arrivera plus vite à des résultats intéressants et utiles. Mais encore là la question de l'altitude touchera de prés aussi à celle de la latitude. Plus au Nord, les vents inférieurs sont plus variables; mais la circulation dans le plan vertical paraîtrait de peu d'étendue; plus au sud, la variabilité est moins grande, mais l'étendue verticale des mouvements serait plus considérable. Dans tous les cas on doit s'attendre, en s'élevant au-dessus du niveau moyen de la contrée, à ne pas observer les mêmes vents qu'à d'autres altitudes.

Mais quelle que soit la station choisie, la *girouette d'inclinaison* devra faire partie des premiers instruments à observer; ses divers mouvements aideront à trouver l'explication de bien des phénomènes en relation immédiate avec l'inclinaison des courants atmosphériques et la météorologie même locale ne consistera plus simplement en une indigeste accumulation de chiffres : ils auront bientôt dans l'esprit de l'observateur une signification, parce qu'il verra le lien qui unit les phénomènes entr'eux.

TABLE.

Pages

PRÉFACE... 1

I^e^ PARTIE.

Sur l'Inclinaison des Vents — Nouvelle girouette pour observer cette inclinaison.

I — L'anémométrie actuelle 1
II — Nos principaux anémomètres 2
III — Premières tentatives d'une détermination de l'inclinaison des Vents. 5
IV — La girouette d'inclinaison — essais préliminaires.. 6
V — La girouette d'inclinaison — sa description 7
VI — Utilité de la girouette d'inclinaison. 11

II^e^ PARTIE.

Preuves directes de l'existence de mouvements verticaux dans l'air démontrant l'utilité pratique de la girouette d'inclinaison.

I — Exposé théorique des mouvements diurnes généraux de l'air 15
II — Ces mouvements observés à Zi-ka-wei et aux phares de Tungsha et Saddle Nord... 17
III — Observations faites à Tchefou et au phare du Cap Chantong 23
IV — Observations faites dans le midi de la Chine : Amoy et les phares de Chapel Island et d'Ockseu 26
Conclusion. 30