

VENTS - NUAGES ET TEMPETES

par Jean BESSEMOULIN et Roger CLAUSSE
(extrait du livre paru chez PLON)

(Suite)

II - L'EPOQUE DE LA CONSTATATION SCIENTIFIQUE

1 - Les premiers instruments météorologiques.

La paternité d'une découverte ou d'une invention est rarement établie avec certitude dans les "registres de l'état-civil de la Science". L'étincelle qui illumine l'esprit des chercheurs jaillit telle la foudre avec des branches multiples, et plusieurs peuvent, souvent en toute bonne foi, s'imaginer qu'ils sont chacun le seul, ou le premier, à en être éclairés. L'historien de la science peut rester perplexe en constatant que la plupart des instruments de mesure ont été "réinventés" plusieurs fois et que l'attribution classique de nombreuses découvertes est sujette à caution. Nous nous contenterons de résumer ici les faits marquants qui ont présidé à l'apparition des appareils de mesures météorologiques, sans prétendre mettre un terme à la querelle de leur origine.

a) Le pluviomètre.

Le pluviomètre est l'un des instruments météorologiques les plus simples: une règle graduée plongée verticalement dans un récipient cylindrique quelconque, qui recueille l'eau de pluie, permet une mesure rapide de la hauteur d'eau tombée. Pour obtenir plus de précision, la hauteur peut être calculée en versant le contenu du récipient dans une éprouvette de section plus faible. Il suffit alors de connaître le rapport de la section du pluviomètre à celle de l'éprouvette pour déterminer la quantité d'eau tombée.

Sans qu'il soit possible de l'affirmer, on aurait fait usage d'un instrument de ce genre en Palestine, aux premières années de notre ère.

D'autre part, on lit, paraît-il, dans les Annales historiques de Corée, qu'en l'an 24 du règne du roi Sejo (1443 de notre ère) le monarque fit construire un instrument pour mesurer la pluie. C'était un vase de bronze, dont des exemplaires auraient été répartis à travers les provinces afin que les mesures soient régulièrement communiquées à la cour.

Cependant, aucun vestige de cette instrumentation, ni aucun relevé, n'ont été retrouvés.

Le génie inépuisable de Léonard de VINCI a également entrevu l'intérêt de mesurer la pluie, mais sans donner suite à cette idée.

On peut donc, faute de preuves certaines du contraire, et selon la tradition, attribuer l'invention du pluviomètre à Benedetto CASTELLI, disciple de GALILEE, en 1639.

b) Le thermomètre.

Le principe du thermomètre - ou plutôt du thermoscope - remonte aux dernières années du XVIème siècle; il s'agissait de constater la dilatation de l'air contenu dans une boule reliée à un tube de verre. Les noms de PORTA, GALILEE, BACON, SANCTORIUS, Salomon de CAUS, entre autres, sont liés à cette invention et à ses perfectionnements. Toutefois le thermomètre à liquide (eau, puis esprit de vin) ne vint le jour qu'en 1641.

Selon l'acte de naissance classique de cet instrument, le premier thermomètre à colonne liquide, attribué au grand duc de Toscane, fut expérimenté par les savants de l'Académie del Cimento à Florence. L'échelle graduée, permettant de mesurer la dilatation observée, et par suite la température, fut assez longtemps arbitraire, faute de repères limites fixes.

La fantaisie la plus grande présida d'abord au choix de ces repères; le point de congélation de l'huile essentielle d'anis, la température des souterrains de l'Observatoire de Paris, les plus hautes températures des jours d'été en Italie ou au Sénégal, le point de fusion du beurre, la température d'un mélange de glace pilée et de sel d'ammoniac et la température "du corps d'un homme en bonne santé".

Ces températures de référence font aujourd'hui sourire, et pourtant les deux dernières sont celles qui ont déterminé le 0 et le ...96 de l'échelle Fahrenheit, encore utilisée en 1957 dans certains pays anglo-saxons.

L'un des "avantages" de l'échelle Fahrenheit était, selon l'esprit de son auteur, de n'avoir pas à employer de températures négatives puisque le zéro correspondait au "froid le plus intense qu'on puisse provoquer artificiellement". Le développement de la physique moderne et les observations météorologiques en altitude et dans les régions polaires ont fait perdre ce dernier avantage: le zéro Fahrenheit, qui correspond à -17°C , est normalement franchi dans le grand Nord et au-delà de 5 kilomètres d'altitude.

La constance des températures d'ébullition et de congélation de l'eau, connue dès la fin du XVIIème siècle, avait cependant déjà permis en 1694 à C.RENALDI, physicien de Padoue, de prendre comme points fixes de la graduation, les valeurs correspondantes.

REAUMUR, en 1730, divise cette échelle en 80 degrés puis CELSIUS, en 1742, la divise en 100 degrés (centigrades) adoptés par la majorité des hommes de science.

c) Le baromètre.

Il semble ne pas y avoir de problème au sujet de l'origine du baromètre: l'expérience de TORRICELLI est trop classique pour qu'on refuse à son auteur la paternité du tube barométrique.

Pourtant, au début du XVIIème siècle, les fontainiers de Florence avaient constaté que les pompes ne pouvaient aspirer l'eau que jusqu'à une hauteur d'environ 32 pieds (10 mètres). Pour comprendre la cause de ce phénomène un groupe de savants, disciples de GALILEE: Evangelista TORRICELLI, Raffael MAGIOTTI, Antonio NARDI et Gaspero BERTI, résolurent de procéder à une expérience.

Si MAGIOTTI semble avoir été le promoteur de cette expérience, celle-ci fut réalisée entre 1639 et 1641 par GASPERO BERTI. Il fit pomper de l'eau dans un tuyau de plomb de 11 mètres de longueur, fermé en haut par un ballon de verre et dressé sur la façade de sa maison.

La mort prématurée de BERTI interrompit les travaux et priva ce jeune savant d'une notoriété plus grande.

Quoi qu'il en soit, le tube barométrique (à eau) était né, La première expérience réalisée, et GALILEE ayant émis l'opinion que la hauteur atteinte par la colonne était en raison inverse du poids spécifique du liquide employé, on songea à utiliser des liquides plus lourds. Selon ROBERVAL (mathématicien français, correspondant des savants italiens mêlés à l'expérience), TORRICELLI aurait employé le mercure en 1643, mais le premier document connu qui en fait mention est une lettre de TORRICELLI à RICCI datée du 11 Juin 1644.

VIVIANI, la même année 1644, réalise à Florence la même expérience. Mais voici qu'une autre paternité se déclare à la même époque en Pologne: des essais, d'ailleurs non couronnés de succès, ont lieu avec des tubes de métal vers 1639 ou 1640, puis le Père MAGNI réalise vers 1644, à Varsovie, une expérience toute semblable à celle de TORRICELLI, avec mercure et tube de verre.

Affirmant qu'il ne connaissait en rien les expériences de ses confrères italiens, le Père MAGNI fut le premier à présenter un rapport imprimé concernant le tube barométrique.

Coïncidence, aboutissement logique en divers points d'une même série de réflexions sur le vide? Les années 1639 à 1644 représentent de toute façon une période capitale dans l'histoire de la Météorologie.

On remarquera d'ailleurs que le milieu du XVIIème siècle a déjà, et presque simultanément, vu la naissance du pluviomètre (1639), celle du thermomètre (1641) et celle du baromètre (1643) instruments de base de l'observation météorologique; l'hygrométrie et le vent restant encore, cependant, estimés.

d) L'anémomètre.

La direction des vents fit l'objet d'observations dès la plus haute antiquité et il paraît vain de vouloir préciser l'origine de la girouette dont la nature offre des spécimens tout prêts: fumées, arbres, banderolles, ou, plus savant déjà, le doigt mouillé dont le côté présenté au vent est refroidi par une évaporation activée.

Ces méthodes d'observation de la direction permettent, dans une certaine mesure, d'estimer la force du vent.

L'échelle moderne donne d'ailleurs une équivalence de cette estimation.

Dès le milieu du XVII^{ème} siècle, les physiciens s'ingénient à mesurer de façon plus précise la vitesse quasi instantanée de l'air.

Le théologien Pierre-Daniel HUET (1630-1721) aurait imaginé un premier dispositif permettant de connaître la pression exercée par le vent; il consistait en un tube en U rempli de liquide, terminé par deux branches horizontales, le tout orienté comme une girouette dans le lit du vent.

La pression du vent s'exerçait, dans la branche orientée face au vent, sur le liquide qui était refoulé vers l'autre branche. Les graduations portées sur cette dernière permettaient de mesurer la force de pression du vent et d'en estimer la vitesse.

Basés sur la même idée de la variabilité de la pression dynamique du vent, les anémomètres de HOOKE (1667) réinventés ou améliorés par la suite, aboutirent à l'appareil de DALLOZ dont la partie mobile est une sphère-pendule, que le vent déplace le long d'un quart de cercle gradué. Mais sans attendre les perfectionnements des anémomètres à pression, le Français PAJOT fait construire en 1734 un anémomètre enregistreur, dont l'organe sensible est constitué par un cylindre tournant muni d'ailettes.

Ce serait là non seulement le premier anémomètre à rotation mais aussi l'une des premières réalisations d'enregistrement d'une variable météorologique.

Les appareils les plus couramment utilisés aujourd'hui pour la mesure du vent sont des appareils à rotation; le vent actionnant un moulinet à 3 ou 4 coupelles hémisphériques, dont le principe serait dû à ROBINSON (1873).

Dans l'appareillage moderne, le moulinet entraîne un minuscule générateur électrique. L'intensité du courant débité est fonction du nombre de tours du moulinet par seconde, donc de la vitesse du vent.

e) L'hygromètre.

La présence de l'humidité dans l'atmosphère était déjà soupçonnée par les Grecs de l'Antiquité: les vents emportent la vapeur, disait ARISTOTE. Mais les instruments permettant la mesure et l'enregistrement des variations de ce facteur météorologique important n'ont vu le jour qu'au cours du XVIIIème et du XIXème siècle.

Cependant, l'idée primitive peut être trouvée plus avant dans le temps; MIZALDUS écrivait en effet en 1554: Lorsque les cordes tendues des instruments de musique se brisent avec éclat et que les portes s'ouvrent et se ferment difficilement sans raison apparente, c'est l'indice que l'air est chargé de pluie.

L'association abusive de l'idée de l'allongement des substances hygroscopiques à celle de la pluie est encore en honneur aujourd'hui chez les constructeurs de sujets animés, lesquels entrent ou sortent selon, prétend-on, qu'il va pleuvoir ou faire soleil. Ces mal nommés baromètres, tout comme les cartes postales qui "changent de couleur selon le temps qu'il va faire" ne sont en réalité que des hygrosopes; ils indiquent que l'air ambiant est plus ou moins chargé d'humidité, et rien d'autre.

HOOKE, en 1664, utilisant ce même principe, tente de réaliser un hygromètre à l'aide d'une corde à boyau dont l'allongement se traduisait par le déplacement d'une aiguille; il essaie par la suite diverses autres substances dont la barbe d'avoine sauvage.

Abandonnant ces moyens mécaniques de juger du degré de saturation de l'air en vapeur d'eau, CULLEN constate en 1777 que l'évaporation s'accompagne d'un refroidissement. Il est ainsi le précurseur de GAY-LUSSAC qui, lui, eut l'idée d'utiliser ce refroidissement pour mesurer l'humidité de l'air. Mais nous sommes déjà en 1825.

Le principe de l'instrument appelé psychromètre est simple: la différence des indications de deux thermomètres, dont les réservoirs sont l'un sec et l'autre mouillé, est d'autant plus grande que l'évaporation est plus forte, et l'évaporation, à une température déterminée, est liée à la plus ou moins grande quantité de vapeur contenue dans l'air.

AUGUSTE puis REGNAULT firent la théorie de l'appareil et établirent la relation entre la différence de température des thermomètres sec et mouillé, et la tension de vapeur.

Ce procédé, vraiment scientifique, présente certains inconvénients et notamment celui de ne pas se prêter à l'enregistrement; il est donc heureux que les vieilles idées de la mesure mécanique de l'humidité aient été reprises en 1775 par de LUC,

puis par Horace-Bénédict de SAUSSURE qui utilisa les cheveux dégraissés comme substance hygroscopique (1776-1783).

L'hygromètre à cheveux, robuste, pratique, ne permet que des mesures assez grossières. Condamné par REGNAULT, il reste cependant avec des variantes (notamment dans l'emploi des substances utilisées: peau de batteur d'or, cheveux laminés, fils de soie) le seul appareil enregistreur couramment utilisé.

2 - Les premières mesures des variables météorologiques.

Examinons maintenant comment les inventeurs et leurs successeurs immédiats se servirent des appareils nouvellement mis à leur disposition.

Le snobisme de la science, qui a fait place à tant d'autres depuis, s'empare de la bonne société dès le milieu de la Renaissance. On se met à collectionner les instruments, appareils et machines nouvelles, au même titre que les chefs-d'oeuvres artistiques, les médailles ou les insectes.

Au XVII^{ème} siècle les gens les plus cultivés, princes, nobles et haut clergé discutent de science, correspondent, expérimentent parfois.

Au XVIII^{ème} siècle, des cabinets de curiosité s'ouvrent un peu partout, dont certains représentent des fortunes, car non seulement les appareils coûtent fort cher par eux-mêmes mais ils sont, de plus, luxueusement ornés.

Baromètres, hygromètres, thermomètres, font partie de ces collections.

Mais bientôt, la vulgarisation de la science s'impose aux esprits éclairés... et aux marchands. Maurice DAUMAS, dans son remarquable ouvrage sur les Instruments scientifiques au XVII^{ème} et au XVIII^{ème} siècle (1) cite les archives du Conservatoire National des Arts et Métiers, où il est question d'un démonstrateur de physique installé rue Saint-Honoré en 1785 et qui fournissait pour 55 louis un assortiment scientifique complet comprenant, en plus d'accessoires d'électricité et d'optique dont un télescope et une lanterne magique: un baromètre, un hygromètre et un thermomètre.

Et pour couronner le tout, un démonstrateur de foire nommé MICHEL montrait en 1784, à la foire Saint-Laurent une machine imitant le tonnerre, approuvée par l'Académie des Sciences (COMPARDON, le Spectacle de la foire 1877, t.II, p.432). Ce n'est ni dans les cabinets de curiosité, ni sur les champs de foire, même accrédités

(1). Presses Universitaires de France.

par l'Académie des Sciences, que nous irons puiser les résultats des premières mesures concernant l'atmosphère.

Au demeurant, les constructeurs des premiers appareils, faute de pouvoir donner des échelles précises se contentaient d'indications approximatives; ainsi de nombreux baromètres portaient simplement: Beau, variable ou tempête, ce qui, on en sera convaincu par la suite, est fort sujet à caution.

3 - PASCAL et les expériences sur la pression.

...Et je vous le dis hardiment
que cette expérience est de
mon invention.

(Lettre de PASCAL à de MONTFERRAND)

Au moment des expériences de TORRICELLI, PASCAL se trouvait à Rouen. Le Père MERSENNE, qui était allé en Italie s'instruire de la question, communiqua à PASCAL les résultats et le mode d'expérimentation.

L'expérience du vide fut reprise pour la première fois en France par l'ingénieur PETIT, en présence d'ETIENNE et de Blaise PASCAL (1646); ce dernier la répéta même au début de l'année suivante... avec du vin.

DESCARTES, ROBERVAL, PASCAL, semblent, d'après les Réflexions du Père MERSENNE parues en septembre 1647, avoir procédé à des expériences à des altitudes différentes.

C'est en novembre de cette même année 1647 que PASCAL charge son beau-frère PERIER d'organiser une expédition scientifique au Puy-de-Dôme afin de répondre aux attaques contre les idées exprimées dans l'opuscule Expériences nouvelles touchant le vide.

Il fallut attendre près d'un an pour que PERIER puisse donner suite au projet.

Le 19 septembre 1648 à l'aube, une caravane de huit personnes gravissait les pentes de la montagne: M. PERIER le Père BANNIER, le chamoine MONNIER, MM. de la VILLE et BEGON (Conseillers à la Cour des Aides), le Dr de la PORTE et deux laquais portant avec précaution le précieux tube de cristal long de quatre pieds et un baril contenant 8 livres de vif-argent. Blaise PASCAL malade n'assistait pas à la célèbre expérience du Puy-de-Dôme.

Le promoteur attendait le résultat avec fièvre: Sur l'emplacement de la petite chapelle de Saint-Barnabé, au sommet du Puy-de-Dôme, à 500 toises (975m) au-dessus de Clermont, la hauteur barométrique était de 23 pouces et 2 lignes (63cm). En bas au couvent des Minimes, elles se maintinrent à 26 pouces 3 lignes et demie (71cm) toute la journée.

PASCAL pensa qu'il n'était pas nécessaire de monter si haut pour constater la décroissance de la pression avec l'altitude et il refit (lui-même, cette fois) l'expérience à Paris. Malgré une vieille querelle autour du point exact où elle eut lieu, il semble acquis que ce fut bien à la tour Saint-Jacques que le savant la renouvela, la même année 1648.

Si nous nous sommes arrêtés un peu longuement sur PASCAL c'est que son nom peut être considéré comme l'un des plus célèbres en Météorologie.

PASCAL sut, non seulement tirer de ses mesures des conclusions primordiales concernant les variations de la pression avec l'altitude, mais avec son beau-frère PERIER, M. CHANUT, ambassadeur de France en Suède, et DESCARTES, alors à Stockholm, il fut aussi le premier à organiser des observations simultanées de la pression en plusieurs points.

Précurseurs de LAPLACE et de TEISSERENC de BORT, PASCAL et PERIER sont, dès 1648, plus que des observateurs isolés.

4 - Mesures isolées : l' "AVENTURE", en météorologie.

Au large des mers, il est des destinées brûlantes vouées à une île qui n'existe pas.

SAINT-EXUPERY

Défricher une science dont les hommes n'ont encore parcouru que les premiers sillons est déjà une aventure passionnante, mais tenter de prévoir ce que l'atmosphère sera demain en s'appuyant sur les premières lois découvertes c'est, dans le domaine de l'esprit humain, une des entreprises les plus hardies qui soient.

On ne s'étonnera donc pas de trouver dans les rangs des météorologistes quelques-uns qui rêvent d'allier, à cette aventure intellectuelle, la découverte d'horizons nouveaux.

La Météorologie, depuis le siècle dernier, a permis de ces évasions, le plus souvent au sein d'une atmosphère inhospitalière qu'il s'agissait d'étudier

a) L'aventure en terres lointaines.

Les rapports des explorateurs ont toujours comporté au moins quelques paragraphes sur le climat des régions découvertes ou traversées; mais c'est seulement depuis une cinquantaine d'années que l'on voit la météorologie constituer le but principal de certaines expéditions ou, pour le moins, figurer dans le programme de leurs plus importantes activités.

Nous n'oublierons pas cependant les nombreux prédécesseurs des météorologistes itinérants ou explorateurs et notamment les 700 météorologistes de Gengis Khan qui assurèrent sans doute une quantité d'observations en terres lointaines. Ces observations ne sont malheureusement pas parvenues jusqu'à nous; aurions-nous d'ailleurs pu en tirer plus de bénéfice que des observations relevées dans la chronique de l'époque? Il faut en effet attendre, pour disposer de données dignes de foi, que les mesures soient effectuées avec des instruments suffisamment précis, souvent spécialement adaptés aux conditions exceptionnelles de travail; aussi signalerons-nous simplement pour mémoire les premières expéditions dans les régions polaires qui remontent, selon les experts russes et allemands en la matière, à l'an 860 pour l'Arctique et au début du XVIème siècle pour l'Antarctique; au total, on compterait près de 800 missions dans ces régions, depuis ces premières tentatives jusqu'à nos jours.

Pour les météorologistes, le défrichement de l'Arctique n'est ébauché qu'en 1810, par le britannique W. SCORESBY, chasseur de baleines, qui, tout en faisant des hécatombes de cétacés sur la côte orientale du Groenland, se livre à des mesures de température de la mer, par plus de 76° de latitude.

Certes, chacune des expéditions de cette époque apporta sa contribution à l'étude moderne de l'Arctique; les Anglais ROSS et PARRY ouvrirent la voie du Nord aux géographes, archéologues, météorologistes en imaginant peu à peu la technique de l'hivernage et de la navigation dans les glaces, et en rapportant les premières données sur les rigueurs du climat et la topographie des terres inconnues.

Simultanément les Américains, les Russes, les Australiens entreprennent de visiter l'Antarctique; Jules-Sébastien-César DUMONT D'URVILLE, en janvier 1840 débarque sur le continent antarctique, y plante le drapeau français et baptise cette terre couverte de glace et de neige, du nom de sa femme: Adélie.

Au cours de la première Année Polaire (1882-1883) de nombreux explorateurs du Nord de l'Europe: Suédois, Danois, Russes, Allemands, Finlandais, Polonais, rapportent de leur séjour dans le grand Nord des volumes d'observations et notamment des précisions sur le climat du Spitzberg, de l'Islande, et du Groenland presque uniquement connu jusqu'alors par la série des observations assurées par la station de Godthaab (Groenland) qui fonctionnait depuis 1866.

Quelques années après, le navire norvégien Fram se livre à des mesures systématiques de température, notamment dans l'Antarctique et en mer Rouge.

Aux environs de 1900, le déclenchement d'une véritable offensive vers le continent antarctique contraste avec l'image classique de cette époque insouciant.

L'exemple de l'expédition allemande de von DRYGALSKI au Sud de l'océan Indien, de l'Anglais SCOTT vers la Terre Victoria au Sud de la Nouvelle-Zélande, de l'Écossais BRUCE, du Suédois Otto NORDENSKJOLD vers la mer de Weddel, décide le médecin J.B. CHARCOT (1867-1936) à continuer au nom de la France l'oeuvre des expéditions des siècles précédents et où s'étaient illustrés KERGUELEN-TREMAREC, Marin de FRESNE, CROZET, DUMONT D'URVILLE.

Le but de CHARCOT n'était pas de découvrir des terres nouvelles, d'en assurer la possession à son pays ou d'en exploiter la faune, mais de faire l'inventaire scientifique de régions très mal connues.

Durant quatre années, au cours des campagnes du Français (1903-1905) et du Pourquoi-pas? (1908-1910), CHARCOT et ses compagnons accumulent les observations concernant la température de l'air et de la mer, la pression, les vents, les précipitations, l'actinométrie, l'évaporation, l'hygrométrie, les nuages....

Mieux qu'un long exposé des travaux, ce jugement d'Edwin SWIFT BALCH, historiographe américain, montre la qualité de l'oeuvre de CHARCOT:

" Les expéditions de CHARCOT sont à l'avant-garde des plus marquantes des explorations antarctiques. Personne ne l'a surpassé et peu l'ont égalé comme chef et comme observateur scientifique... Sans préjuger de l'avenir, nos connaissances et la science ont été élargies par les splendides efforts des Français qui, avec CHARCOT à leur tête, ont exploré l'Antarctique". (Cité par Louis GAIN compagnon de CHARCOT, ancien sous-directeur de l'O.N.M.).

Après ces missions dans les mers Australes, le Pourquoi-pas? effectue, dans l'Atlantique et sur les côtes françaises, des séries d'études océanographiques puis, à partir de 1925, gagne les régions arctiques où il reprend les observations sur l'atmosphère dans les régions froides du globe, commencées dans le Sud.

En 1932, CHARCOT part pour installer la mission française de la seconde Année Polaire internationale dont fait partie M. MAURAIN, membre de l'Institut. Les études sur les "noyaux de condensation" atmosphériques et leur dénombrement, ainsi que sur la radiation globale, permettent des conclusions particulièrement intéressantes.

Après deux campagnes, que le mauvais temps et l'état des glaces rendent pénibles, dans les parages d'Angmassalik (côte Est du Groenland) et l'île Jan Mayen (mer de Norvège), le Pourquoi-Pas? appareille de Saint-Servan, en juillet 1936 pour un dernier voyage.

Le 16 septembre 1936 à l'aube, le Pourquoi-pas? qui vient d'essayer une tempête, entouré d'écueils et à demi désarmé talonne sur un rocher, brise sa quille et s'engloutit sur les côtes de l'Islande, entraînant dans la mort CHARCOT, le commandant LE CONNIAT et tout l'équipage sauf un homme.

Quatorze ans plus tard, jour pour jour, le 16 septembre 1950, à quelques kilomètres du point de départ du Pourquoi-pas? la frégate météorologique LAPLACE sautait sur une mine à son retour d'une campagne de vingt et un jours sur l'océan.

Après une période durant laquelle la recherche des points d'appui stratégiques l'emporta sur la recherche scientifique, les expéditions constituées par des savants reprirent le chemin des terres lointaines. Encore doit-on signaler que la Météorologie n'a jamais perdu ses droits, même dans la conquête des positions avancées du no man's land glacé, car la connaissance de l'atmosphère fait aujourd'hui partie de toute stratégie.

En février 1947, le Conseil des ministres français approuva un projet d'organisme privé, les Expéditions polaires françaises, qui reprenait, en l'amplifiant, les programmes de recherches antérieures, et notamment ceux concernant la Météorologie.

La première expédition au Groenland, organisée et conduite par Paul-Émile VICTOR en 1948, avait pour tâche essentielle de préparer les campagnes suivantes.

Entreprise gigantesque qui nécessita 110 tonnes de matériel transporté par traîneaux, véhicules à chenilles, téléphérique, avion et parfois à dos d'homme, du rivage jusqu'à la station centrale, à 3.000 mètres d'altitude, par 70°54N et 30°38W.

Au total, on compte jusqu'à ce jour (1957):

- 6 campagnes d'été de 4 à 6 mois,
- 2 hivernages consécutifs de un an (1949-1950 et 1950-1951),
- 1 hivernage de 1956-1957 dans le cadre de l'Année Géophysique, qui ont permis de compléter la documentation sur les conditions atmosphériques dans cette région mal connue, par plusieurs recueils d'observations au sol et en altitude.

Pendant cette même période de 1948 à nos jours, la France renoua sur le continent antarctique et dans les mers australes, la tradition de DUMONT d'URVILLE et de CHARCOT. Le navire de la Marine nationale, qui fut envoyé en terre Adélie en 1948 fut d'ailleurs rebaptisé Commandant CHARCOT. Arrivé en vue de la banquise en février 1949, il fut arrêté par l'état continu du pack et les 12 savants et techniciens, dont un météorologiste, ne purent pas débarquer.

L'année suivante, plus heureuse, la seconde expédition commandée comme la première par A.F. LIOTARD, effectuait le débarquement en terre Adélie le 20 janvier 1950, cent dix ans exactement après la découverte de cette terre par DUMONT d'URVILLE.

Par la suite trois autres campagnes, dont la dernière, en 1957, ont contribué avec les établissements permanents des îles Kerguelen et Amsterdam, à l'étude de l'atmosphère dans ce laboratoire météorologique idéal des mers australes où la circulation

générale n'est gênée par aucune masse continentale importante, si ce n'est le désert glacé de l'Antarctique.

Pour résumer les souffrances endurées par les météorologistes et leurs compagnons durant leurs longues campagnes dans ces terres inhospitalières, où le blizzard souffle des jours et des jours à 150 km/h et par des températures de -60° , nous citerons cette belle page de l'Amiral BYRD. Elle réchauffe le coeur, sinon les membres engourdis par le froid de ces blanches immensités.

" On peut considérer ce continent et ces mers comme le plus sublime ouvrage d'art de la Nature. Aucune peinture de la terre, aucune oeuvre d'art humaine ne peut se mesurer avec ces cités féériques, ces cathédrales éblouissantes jaillies de la neige de diamant; il n'y a pas non plus d'harmonie qu'on puisse comparer avec la musique muette de ces millions d'années de silence accumulées... J'ai connu peu d'hommes qui soient allés au-delà du cercle antarctique sans s'être sentis un instant ravis à eux-mêmes et transportés jusqu'aux plus calmes royaumes de la pensée. Il y a là une porte grande ouverte par où l'on peut s'évader un moment de notre petit monde, loin du bruit et du chaos de la civilisation, pour entrer dans le silence et l'harmonie cosmiques et se fondre un instant en eux. Mais ces possibilités d'évasion ne constituent pas la principale valeur de la blanche immensité vierge de vie sur laquelle veille, haut dans le ciel, la Croix du Sud. Celle-ci, intangible et ineffable, est d'ordre spirituel. Etendue, clarté, blancheur, silence, pureté, élévation au-dessus des mesquines querelles des hommes et des nations, autant d'éléments qui s'unissent pour former un majestueux symbole de ce que l'homme devrait désirer par dessus tout: la Paix sur la Terre".

b) L'aventure météorologique en mer.

Contrastant avec les voyages et les séjours des expéditions lointaines, il n'est pas apparemment plus sédentaire que le chercheur rivé à son laboratoire ou à sa table de travail. Les jours, les mois et les années peuvent s'écouler sans qu'il ait d'autre horizon que l'objet limité de son étude. Sans doute, pour le plus immobile des météorologistes, cet objet s'anime de lui-même puisque les nuages et ce qu'ils représentent de bouleversements incessants de l'atmosphère, défilent sans cesse devant lui, presque pour lui.

LAMARCK doit à sa jeunesse passée dans une chambre mansardée, donnant uniquement sur le ciel de Paris, l'intérêt qu'il porta aux nuages et ses découvertes dans ce domaine. Maurice de TASTES s'intéressa aux vents qui lui permettaient de faire sur la Loire les quelques promenades en voilier qu'autorisait son état de santé.

Mais il arrive que la vie de certains météorologistes se déroule totalement, pendant des semaines, sur un espace de quelques dizaines de mètres carrés et cependant ces sédentaires sont de véritables aventuriers modernes des océans car, par un curieux effet des nécessités de la recherche, le météorologiste chargé

d'observer l'atmosphère au-dessus des mers a vu peu à peu se restreindre son domaine d'exploration jusqu'à se fixer en un point. Il n'est pas sans intérêt de savoir comment les météorologistes en sont arrivés à cette solution.

Dès la seconde moitié du XIXème siècle, sur la proposition du gouvernement anglais, l'Amérique provoqua en 1853 la réunion à Bruxelles d'un Congrès international de météorologie maritime pour uniformiser le mode d'observations et centraliser dans chaque pays les renseignements météorologiques recueillis par la marine. La France était représentée par l'ingénieur hydrographe DELMARK de la Marine royale; le commandant MAURY représentait l'Amérique. Ce dernier peut être considéré comme le créateur de la météorologie maritime. Il demanda à la marine américaine de faire procéder à des observations à bord de tous les bâtiments. Grâce aux cartes marines des vents (Pilot charts) qu'il put ainsi établir, MAURY parvint à améliorer la navigation sur mer, réduisant parfois de moitié certaines traversées océaniques par une utilisation judicieuse des courants aériens réguliers. L'exemple fut bientôt suivi par toutes les puissances maritimes. En France, le lieutenant de vaisseau BRAULT se livre à un travail analogue dépouillant 300.000 observations relevées sur 20.000 journaux de bord. Il précise ainsi la vitesse et la direction moyenne des vents dans les diverses zones des océans et permet l'ébauche de théories nouvelles sur la circulation générale.

Mais il ne pouvait s'agir encore que d'études faites a posteriori, entreprises de longs mois après le moment des observations, puisqu'il fallait attendre le retour des navires pour en disposer.

La naissance de la radio, et plus particulièrement l'utilisation des ondes courtes, permit enfin la transmission et l'utilisation instantanée des observations à la mer.

Spécialement équipé en matériel d'observation et de radiotélégraphie, le Jacques-Cartier (1920-1930), navire-école de la Compagnie Générale Transatlantique, fut ainsi la première station météorologique flottante, bientôt doublé par la Jeanne-d'Arc, navire-école de la Marine nationale, puis par le Cuba et le Flandre, courriers réguliers des Antilles, qui assurèrent après 1930 l'observation du temps ainsi que la concentration et la transmission des renseignements météorologiques sur l'Atlantique.

Mais la science se montre rapidement insatisfaite de ses moyens. Pour magnifique que fût l'oeuvre de ces premiers météorologistes des océans, elle n'offrait pas la permanence que réclament des études suivies et la nécessité se fit jour de disposer de points fixes d'observations sur les océans.

Après l'ère des stations météorologiques flottantes, vint celle des navires météorologiques stationnaires, dont le premier fut le Carimaré. Ancien cargo mixte (5.000 tonnes - 106 mètres de

long) le Carimaré fut cédé par la Compagnie générale transatlantique à l'O.N.M. qui le fit aménager pour lui permettre de jouer son triple rôle de station d'observations en surface et en altitude, de centre de transmission et de centre de prévision, car le Carimaré établissait et diffusait des prévisions sur l'Atlantique destinées aux autres navires, en échange des observations qu'ils lui fournissaient.

Le Carimaré entreprit sa première campagne le 14 août 1937 et termina sa carrière météorologique le 3 septembre 1939, la déclaration de guerre le surprenant alors qu'il venait d'arriver sur les lieux de stationnement par 38°N et 44°W.

Le bilan général de ces deux années peut se résumer ainsi

- nombre de jours à la mer: 390 jours, en 4 campagnes;
- nombre d'observations de navires recueillies: 27.859;
- nombre de radiosondages effectués: 329;
- nombre de traversées aériennes protégées: 53.

Mais un tel bilan ne donne qu'un aperçu de son activité et des résultats qu'elle a permis d'obtenir dans le domaine de la connaissance des conditions météorologiques sur l'océan.

Si le Carimaré dut cesser son travail à la mer dès 1939; les renseignements météorologiques concernant les océans ne tardèrent pas à préoccuper les états-majors alliés et ce, particulièrement lors de l'entrée en guerre des Etats-Unis.

Au commencement de 1940, deux stations furent déjà établies entre les Açores et les Bermudes. Elles fonctionnèrent jusqu'au début de 1943, date à laquelle deux autres stations furent placées, l'une au large du Groenland, l'autre dans le détroit de Davis. En 1944, les opérations aériennes et les transports aériens au-dessus de l'océan prirent une importance capitale dans la conduite de la guerre; il fut alors décidé de porter à 8 le nombre des navires météorologiques puis, après le débarquement, à 14.

En 1946, la démobilisation obligea les U.S.A. à réduire cet effectif important et il ne resta plus que 4 frégates météorologiques, celles dont le point de stationnement était le plus proche des côtes américaines.

Si, la paix revenue, le trafic aérien transatlantique diminua de façon très sensible, il ne fut pas totalement supprimé. Des lignes aériennes régulières et quotidiennes s'établirent aussitôt et réclamèrent une sécurité qui nécessitait une infrastructure météorologique analogue à celle du temps de guerre. Il était d'ailleurs à prévoir dès cette époque que le transport aérien transocéanique prendrait rapidement une importance considérable.

Lors d'une conférence de l'Organisation provisoire de l'Aviation civile internationale (O.P.A.C.I.), tenue à Dublin en mars 1946, les besoins de cette sécurité avaient amené les mé-

téorologistes participants à recommander que "13 stations météorologiques flottantes, judicieusement réparties, soient mises en place pour assurer la régularité et le bon rendement des services aériens au-dessus de l'Atlantique nord".

Conformément à ces recommandations, une conférence tenue à Londres du 17 au 29 septembre 1946 fixa la répartition, entre les états riverains de l'Atlantique, des points de stationnement et le travail type des stations.

La France s'est vu attribuer un point situé entre les Açores et le Portugal.

Pour assurer la permanence, quatre "frégates d'escorte" furent achetées aux U.S.A., au début de 1947. Ces navires, de 1.400 tonnes, 90 mètres de long, reçurent des aménagements permettant le logement et le travail de l'équipe de météorologistes. Ils reçurent le nom de Le Verrier, Laplace, Le Brix et Mermoz.

La frégate Laplace sauta sur une mine à un retour de campagne le 16 septembre 1950 en baie de la Fresnaye; 47 officiers, officiers mariniers, quartiers-maîtres et marins, 2 spécialistes de la météorologie et 2 opérateurs radios de la navigation aérienne devaient périr au cours de cette catastrophe.

La série des campagnes avait débuté le 2 décembre 1947. Depuis cette date, le nombre de points de stationnement a été ramené à 10 puis à 9. La France participe aujourd'hui à la tenue de 4 points sur l'Atlantique, en collaboration avec la Grande Bretagne et les Pays-Bas.

Ainsi, depuis dix ans, sans relâche, par périodes de 21 à 28 jours consécutifs des équipes de marins, de météorologistes et de radios assurent la veille du ciel en tournant autour d'un point géographique fait de vagues, de vent et de nuages. L'aventure pour cette poignée d'hommes dont les voyages n'aboutissent qu'à un rendez-vous scientifique sur l'océan, est assez bien dépeinte par ce sobre rapport de mer du Mermoz datant de février 1951:

"Campagne rendue particulièrement pénible par une période de tempête et de vent violent ayant duré du 4 au 10 février, et par les forts coups de vent des 19 et 20 février. Pendant la période de tempête, le vent moyen journalier a été de 26 mètres par seconde le 4 février, 23m/s le 5, 20m/s le 8 et 17m/s le 9 avec de nombreuses pointes amenant l'anémomètre sur butée (50m/s = 180 km/h); hauteur moyenne de la houle 6 mètres; hauteur maximum de la houle 13 mètres; roulis moyen 10°; roulis maximum 20°. Le bâtiment a subi quelques avaries légères ne l'empêchant pas d'assurer sa mission. Le Mermoz a relevé la frégate hollandaise Cumulus et a été relevé en station par le même bâtiment. La relève s'est effectuée avec 24 heures de retard, le Cumulus s'étant dérouteré pour se porter au secours du vapeur norvégien Marga dont il a sauvé 7 hommes, qu'il a ramenés à Brest avant de reprendre sa route vers le point K".

c) L'aventure dans le ciel.

Le cerf-volant et le ballon libre ont, certes, précédé l'avion dans l'histoire et, par suite, dans la prospection de l'atmosphère, mais, nous l'avons dit, les chemins de la science font des détours, des retours en arrière et parfois même se perdent au moins provisoirement, pour faire place à d'autres.

L'avion, qui apparaît a priori comme un moyen idéal pour aller recueillir les données en altitude, a finalement vu son champ d'action se restreindre. S'il a l'avantage de permettre au spécialiste de procéder lui-même aux mesures et à l'observation du ciel, il présente deux inconvénients majeurs; le prix de revient de chaque montée et la limitation des études à l'altitude maxima atteinte par les avions. Or, pour préparer les routes de demain de la navigation aérienne, il est nécessaire d'aller plus haut qu'elles, dès aujourd'hui.

Cependant, dès le début du siècle, les pionniers du ciel rapportèrent de précieux renseignements... sur les couches inférieures de l'atmosphère. En 1913, le professeur K. WEGENER (Autriche) étudia le moyen d'adapter des appareils météorologiques aux avions et, aussitôt après la première guerre mondiale, la Hollande créa une station de vols météorologiques; des enregistreurs étaient installés à bord et les diagrammes remis à la station météorologique pour dépouillement.

La méthode fut, peu de temps après, adoptée en France, et en Allemagne. Ce fut alors la période des "sondages par avions" gagnant de l'altitude en même temps que les types d'appareils. En 1931, on parle encore de sondages, poussés jusqu'à 5.000 mètres comme un maximum; les équipages (pilotes militaires, souvent accompagnée de météorologistes) font de remarquables efforts pour assurer des montées fréquentes, parfois dangereuses et toujours fatigantes pour l'organisme car les carlingues ne connaissaient pas la pressurisation.

Aujourd'hui, alors que l'avion moderne pourrait être aussi confortable que le bureau de travail, le météorologiste volant est devenu l'exception: ses appareils n'ont plus besoin qu'il les accompagne, et il ne voyage en général par avion que pour des études particulières ou occasionnelles. Paradoxalement en effet, le ballon libre renseigne le spécialiste plus vite et plus complètement que l'avion le plus rapide.

Cerfs-volants, ballons et voyages immobiles.

Si dans la Nouvelle relation de la Chine (1688), P. Gabriel de MAGALHAN attribue implicitement aux Chinois (1) la paternité du paratonnerre considérée généralement comme l'apanage de FRANK-LIN, il n'en reste pas moins que ce dernier, en fixant un paratonnerre à un cerf-volant, a réalisé la première expérience météorologique en altitude à l'aide d'un instrument emporté dans les airs.

Cependant, cerfs-volants ou ballons captifs utilisés en Hollande, en Allemagne, et en France pour la mise en place dans les basses couches de l'atmosphère d'appareils enregistreurs légers, ne permirent que des études très limitées; rivés au sol par un câble, ils élargissaient insuffisamment le champ des mesures.

Le ballon libre ne présente pas le même inconvénient.

C'est le 15 octobre 1783 que, pour la première fois, un homme: Pilâtre de ROZIER quitta la sol, s'élevant de quelques mètres, suspendu à l'aide d'une corde à une montgolfière. Le 24 novembre 1783 Pilâtre de ROZIER et le marquis d'ARLANDES réalisèrent la première ascension. Quelques jours après seulement, le 1er décembre 1783, le physicien CHARLES réalisa, en compagnie du mécanicien ROBERT, à bord d'un ballon gonflé à l'hydrogène, le premier sondage météorologique en atmosphère libre. Ces deux aéronautes emportaient, en effet, un baromètre et un thermomètre. La plus basse pression enregistrée au cours de cette ascension fut de 501 millimètres de mercure, altitude correspondant à 3.400 mètres environ. A cette altitude le thermomètre indiquait 9° au-dessous de zéro.

A la fin du siècle dernier et au début du XXème, des sondages par ballons sondes emportant un enregistreur de pression et de température furent effectués de façon systématique. Le premier ballon sonde fut lancé en 1882 par deux aéronautes français: HERMITTE et BESANCON. Perfectionné, mis au point et utilisé systématiquement à partir de 1898 par le météorologiste français Léon TEISSERENC de BORT à l'Observatoire de Trappes, ce procédé permit la découverte en 1899 de la stratosphère.

Rappelons enfin la courageuse ascension du professeur PICCARD qui alla, en 1931, sonder lui-même la stratosphère jusqu'à 16 kilomètres d'altitude, ainsi que les ascensions américaines (Explorer) et russe (Ossoaviakhim). Mais de telles ascensions restent exceptionnelles; il ne serait guère possible de se livrer régulièrement

(1) Les toits de leurs maisons (...) Leurs angles pointent vers le ciel en forme de cornes ornées de dragons. Les monstres dont la langue darde vers l'espace, sont parcourus d'une entaille de métal qui va se fixer en terre. Ainsi d'aventure lorsque la foudre vient à tomber sur les demeures, elle emprunte le chemin que lui propose la langue des dragons et va s'engloutir dans le sol sans avoir fait de mal à quiconque, la Nouvelle relation de la Chine, 1688. Cité par Claude ROY, la Chine dans un miroir, éditions Clairefontaine, Lausanne.

à des observations qui nécessitent un appareillage spécial coûteux, plusieurs milliers de mètres cubes de gaz et des conditions atmosphériques favorables!.

La radiosonde.

Le ballon libre monté étant prohibitif, il aurait fallu continuer à livrer les appareils météorologiques enregistreurs à la frêle nacelle d'un ballon sonde sans pilote... et au caprice des vents, et attendre plusieurs jours, voire plusieurs mois, pour prendre connaissance des précieux renseignements.

Un problème de transmission rapide se posait, comme il s'était posé quelques années auparavant pour les observations de navires.

C'est en 1927 que BUREAU et IDRAC imaginèrent et réalisèrent un dispositif léger d'émission radio-électrique, manipulé automatiquement par les instruments météorologiques: la radiosonde.

Le 3 mai 1927 le premier appareil de ce genre était lancé à l'Observatoire de Trappes et, tout comme les enregistreurs de TEISSERENC de BORT, il atteignait la stratosphère.

Munie de piles et d'une lampe radio de modèle courant, montée sur des pièces de jouet "Meccano" que R. BUREAU avait... emprunté à ses enfants, cette nacelle historique devait servir de modèle à toute une armée de sondes qui partent aujourd'hui, plusieurs fois par jour, de centaines de points sur terre comme sur mer.

Dans son emballage protecteur de carton, la radiosonde française actuelle pèse, avec ses accessoires, moins de 2 kilos. Le ballon, de 2 mètres cubes au départ, l'entraîne verticalement à la vitesse de 300 mètres à la minute.

Emportée par les vents, cette minuscule station météorologique parcourt parfois, tout en s'élevant, des centaines de kilomètres puis atteignant 15 à 20.000 mètres d'altitude, le ballon de latex, démesurément grossi, éclate telle la grenouille de la fable, non sans confier sa fragile cargaison à un parachute en papier.

Les appareils météorologiques de mesure, soigneusement étalonnés avant le départ dans un caisson à vide, sont constitués par de classiques coquilles barométriques, un thermomètre bimétallique et un hygromètre à peau de batteur d'or (lamelle de péritoine de boeuf), plus sensible à l'humidité que les cheveux blonds habituels.

Grâce à un système électromécanique comportant un disque tournant muni de repères fixes, les styles mus par les organes sensibles précités traduisent automatiquement leurs déplacements angulaires en un certain nombre de contacts brefs, auxquels correspondent les signaux émis par la sonde. L'opérateur qui les reçoit au sol n'a plus qu'à en faire le décompte pour connaître la position des styles et, par suite, la valeur des éléments mesurés. Une mesure complète est assurée toutes les 30 secondes, soit tous les 150 mètres d'ascension.

Le radio-vent.

Pour mesurer la direction et la vitesse du vent en altitude on eut longtemps recours au théodolite, sorte de lunette dont les déplacements permettent la mesure des angles, et avec laquelle on peut repérer à tout moment la direction d'un ballon emporté par le vent. Il est ainsi facile de retracer la trajectoire du ballon dans l'espace et de connaître la direction et la vitesse du vent dans les différentes couches.

Ce système présente un inconvénient majeur; le ballon ne peut être suivi que jusqu'à son occultation par les nuages. Le radiothéodolite qui substitue au rayon lumineux un rayon hertzien capable de traverser les nuages, permet les mêmes mesures sans qu'il soit nécessaire de voir le ballon.

L'émetteur de la radiosonde, entraîné par le ballon est suivi dans son déplacement grâce à une antenne orientable comportant quatre secteurs. Les courants de haute fréquence qui prennent naissance dans chacun des secteurs sont amenés sur un système d'exploration puis analysés à la sortie d'un récepteur spécial par un oscilloscope.

Quand, sur le tube cathodique, l'opérateur qui oriente sans cesse l'antenne voit deux créneaux d'égale hauteur, c'est que le ballon est bien dans l'axe du radiothéodolite.

Il lit alors sur les cadrans placés devant lui les angles correspondant à l'azimut et à l'inclinaison du ballon.

Se découpant sur l'horizon lointain du parc météorologique, la silhouette de cette armature de métal, garnie de toile pour protéger l'opérateur des intempéries, rappelle celle d'un voilier qui roule et vire au gré des vents. C'est d'ailleurs bien aux chocs de l'atmosphère - qu'obéissent les mouvements de l'appareil et les balancements de son antenne. Grâce à la technique, le lorsqu'il ne va pas planter ses instruments dans l'Antarctique, dans le désert, ou sur le pont d'un navire.