

NOTICE

SUR LES

INSTRUMENTS ENREGISTREURS

CONSTRUITS PAR

RICHARD FRÈRES

COMPRENANT

LE RAPPORT DE M. LE COLONEL SÉBERT

à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale

ET

l'Exposé des Perfectionnements et Applications nouvelles

INSTRUMENTS ADOPTÉS

par les Gouvernements Français, Anglais, Allemand, Russe, Italien, Espagnol,
Portugais et Brésilien

POUR

la Marine, l'Instruction publique

les Observatoires, les Stations Météorologiques, les Laboratoires, etc.

Prix : 2 francs

1886

RICHARD FRÈRES

8, IMPASSE FESSART, 8

PARIS

RÉCOMPENSES

de 1845 à 1876. M. F. Richard Père, fondateur de la Maison

- 1845. Médaille d'argent décernée par la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.
 - 1849. Médaille d'or. Exposition de Paris
 - 1851. Grande Médaille de 1^{re} Classe. Exposition universelle de Londres.
 - 1868. Médaille d'or. Exposition maritime du Havre.
-

de 1876 à 1886. Richard Frères, successeurs de leur père

- 1878. Médaille d'argent. Exposition universelle de Paris.
 - 1882. Grande Médaille de vermeil. Société d'Horticulture de Paris.
 - 1882. Médaille de platine décernée par la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.
 - 1884. Médaille d'or. Exposition internationale d'Hygiène et Climatologie, à Londres.
 - 1885. Exposition universelle internationale d'Anvers:
 - Diplôme d'Honneur (Classe des Instruments de précision).
 - Médaille d'Or (Classe de la Navigation).
 - Médaille d'Argent (Classe des Machines).
 - 1886. Diplôme d'honneur. Exposition de Nantes.
-

NOTICE

SUR LES

INSTRUMENTS ENREGISTREURS

CONSTRUITS PAR

RICHARD FRÈRES

COMPRENANT

LE RAPPORT DE M. LE COLONEL SÉBERT

à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale

ET

l'Exposé des Perfectionnements et Applications nouvelles



1886

RICHARD FRÈRES

8, IMPASSE FESSART, 8

PARIS





Anzin (Nord), imprimerie Ricouart-Dugour.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	
Rapport de M. le Colonel Sébert à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.	1
Exposé des perfectionnements et applications nouvelles.	15
CHAPITRE I ^{er} . — MÉTÉOROLOGIE ET CLIMATOLOGIE	16
Baromètre	16
Suspension Cardan à Ressort pour la Marine	17
Thermomètre	18
Psychromètre	19
Hygromètre	20
Baromètre à mercure	22
Baromètre à papier sans fin	23
Pluviomètres.	23
Evaporomètre	27
Anémomètre à cadran	29
Anémomètres enregistreurs	30
Actinomètres	35
Thermomètres sous-marins et terrestres	38
Statoscopes	40
CHAPITRE II. — MÉDECINE ET CHIMIE	
Thermomètres de laboratoire	41
Thermomètres médicaux	42
CHAPITRE III. — MICROGRAPHIE	
APPAREILS DU DOCTEUR MIQUEL	
Aérosopes	43
Aérosopes-girouette	44
Enregistreurs des bactéries	45

CHAPITRE IV. — SERVICE DES PONTS-ET-CHAUSSEES	
Marégraphes	47
Enregistreurs de niveau d'eau	47
CHAPITRE V. — ÉLECTRICITÉ	
Ampèremètres et Voltmètres	50
Enregistreurs de la charge et de la décharge des accumulateurs	52
CHAPITRE VI. — INDUSTRIE	
Anémomètre à cadran	53
Hygromètre	53
Thermomètre pour Brasseries et Malteries, etc.	54
Thermomètres-avertisseurs électriques des températures maxima et minima	55
Canne thermométrique avertisseur électrique pour silos, magasins à fourrage, etc., dite <i>Canne exploratrice</i>	56
Thermomètres de laboratoire pour milieux clos, chaudières, etc.	57
Thermomètres à cadran pour diffusion, sucreries et distilleries dits Indicateurs de température ou Thalpotasimètres	59
Pyromètres de 0 à 2500°	60
Pyromètres de 0 à 700°	61
Manomètres enregistreurs	63
id. id. à cadran	65
id. id. à gaz	66
Indicateurs de vitesse ou tachymètres	67
Indicateur dynamométrique de Watt	69
Indicateur dynamométrique de Watt, système Napoli	69
Chronographe contrôleur universel	70
Enregistreur du niveau d'eau des générateurs	71
Appareils enregistrant à distance les Indications	71
CHAPITRE VII. — HYGIÈNE ET VENTILATION	
Ventilateurs	73
RÉFÉRENCES. — Etablissements scientifiques ou industriels qui emploient les Enregistreurs RICHARD Frères	75

fonction du temps, au moyen d'un mouvement d'horlogerie, et d'un style mû par l'Instrument dont on veut enregistrer les indications. Le style porte une plume d'une forme spéciale qui écrit le diagramme à l'encre sur une bande de papier fixée sur le cylindre par une simple barette de métal.

L'écriture se faisant sans frottement appréciable, les appareils les plus délicats peuvent être rendus Enregistreurs, et leurs moindres variations inscrites d'une façon indélébile.

On trouvera plus loin le rapport fait par M. le colonel Sébert à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale et la description de nos divers instruments.

EXTRAIT DU BULLETIN MENSUEL
DE LA
SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE
Novembre 1882

RAPPORT
FAIT PAR MONSIEUR LE COLONEL SÉBERT
au nom du Comité des Arts économiques
sur les Appareils Enregistreurs
CONSTRUITS PAR
MM. RICHARD FRÈRES

MM. Richard frères, constructeurs d'instruments de précision, demeurant impasse Fessart, 8, à Paris-Belleville, ont présenté à la Société une série d'appareils comprenant des thermomètres, des baromètres et des hygromètres enregistreurs qui présentent ce caractère commun d'inscrire à l'encre et d'une façon continue leurs indications sur une feuille de papier quadrillé entraînée par un mouvement d'horlogerie.

Ces appareils sont disposés de façon à pouvoir être facilement déplacés et

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a décerné à MM. RICHARD Frères une médaille de platine pour leurs Appareils enregistreurs.

transportés, leurs dispositions mécaniques simples permettent de les mettre en service partout, sans qu'il soit nécessaire de recourir, pour leur entretien et leur direction, à un personnel spécialement habitué au maniement des instruments de précision, et leur prix minime les met à la portée de tous.

Ces particularités donnent à la communication qui nous a été faite par MM. Richard, une importance qui nous a paru justifier les développements dans lesquels entrera ce Rapport.

Dispositions communes. -- Organes d'enregistrement.

Tous les appareils dont il s'agit sont disposés d'après le même type.

Tous leurs organes sont portés sur un socle surmonté d'une cage vitrée qui laisse voir la plume traçante et le papier entraîné par le mouvement d'horlogerie.

La monture de la cage est en bois, s'il s'agit d'appareils d'appartements, mais pour les appareils destinés à être placés en plein air, comme les thermomètres, elle est en métal, ainsi que le socle même qui supporte tout le système.

La partie destinée à recevoir les enregistrements, y compris le mouvement d'horlogerie, est identique dans tous les instruments, ce qui explique la modicité du prix auquel on peut arriver en fabrication courante.

Les appareils dont on veut enregistrer les indications diffèrent donc seuls, dans chaque cas particulier, mais ils sont tous disposés de façon à porter au bout d'un long style, traduisant leurs indications, une plume qui trace à l'encre, sur la surface d'un papier quadrillé animé d'un mouvement lent, un trait fin et continu.

L'organe enregistreur est formé d'un tambour vertical, mobile autour de son axe, à l'intérieur duquel est logé un mouvement d'horlogerie complètement renfermé entre les deux fonds du tambour.

La cloison supérieure présente seulement deux ouvertures, habituellement fermées par de petits volets pour le passage des clefs de remontage et de réglage.

La cloison inférieure laisse passer l'extrémité d'un des axes du rouage,

sur lequel est monté, à l'extérieur, un pignon denté, qui reçoit ainsi un mouvement de rotation régulier.

Ce pignon engrène avec une roue fixe, clavetée sur une tige montée sur le socle de l'appareil et qui traverse tout le tambour auquel elle sert d'axe de rotation.

Il résulte de cette disposition que le mouvement du rouage, entraînant le pignon denté qui joue le rôle de roue planétaire, provoque un mouvement de rotation générale du tambour qui contient le moteur.

Il en résulte encore que le tambour et son mouvement d'horlogerie intérieur forment un ensemble que l'on peut séparer facilement du reste du système. Il suffit, en effet, de dévisser un bouton molleté, pour pouvoir dégager le tambour que l'on peut donner à réparer à un horloger sans toucher aux autres organes.

On conçoit aussi que, grâce à ces dispositions, au moyen du simple changement du rapport des rayons des deux roues planétaires qui règlent le mouvement final, le constructeur peut modifier facilement la vitesse de marche du tambour et faire varier, dans des limites étendues, la durée de sa révolution, durée qui règle celle des périodes d'enregistrement sur les feuilles de papier quadrillé dont on recouvre le tambour tournant.

Ces feuilles sont imprimées à l'avance ; l'espacement de leurs traits horizontaux, qui s'enroulent suivant des circonférences parallèles aux bases du tambour, est réglé selon la nature des instruments.

Les traits verticaux, qui s'appliquent sur les génératrices, mesurent les durées, et leur écartement est réglé d'après la marche du mouvement d'horlogerie.

Dans les appareils que MM. Richard ont soumis à la Société, la durée de révolution du cylindre est d'une semaine et quelques heures, de façon à permettre de changer les feuilles tous les huit jours à heure fixe.

Les génératrices tracées sur le papier quadrillé sont espacées alors de deux en deux heures et réparties par groupes représentant une journée entière.

Les noms des jours de la semaine et les numéros d'ordre des heures sont inscrits à la partie supérieure.

Un intervalle de deux heures correspond, sur ces feuilles, à un écartement de 3 millimètres. On peut facilement apprécier, à l'œil, la moitié de la distance de deux traits qui correspond aux heures impaires et même les quarts de ce demi-intervalle qui correspond aux quarts d'heure.

MM. Richard construisent aussi des appareils dans lesquels la durée de

révolution n'est que d'une journée et dont les feuilles doivent être, par suite, renouvelées chaque jour.

Ils peuvent enfin, sans difficultés, donner à cette durée telle autre valeur dont on pourrait avoir besoin.

Si les traits verticaux tracés sur le papier quadrillé étaient rigoureusement rectilignes et s'appliquaient exactement sur les génératrices, il serait nécessaire de donner à la plume un mouvement vertical rigoureux, ce qui entraînerait, dans la disposition des organes des appareils, une complication dont il est facile de se rendre compte et qui, en créant des résistances passives, nuirait à la sensibilité. C'est un des principaux obstacles qu'ont rencontré, jusqu'à ce jour, tous ceux qui ont cherché à construire des appareils enregistreurs de ce genre.

MM. Richard ont tourné cette difficulté d'une façon très heureuse en se contentant d'une solution qui n'est qu'approximative, mais qui donne cependant une précision bien suffisante dans la pratique.

Les appareils dont on veut recueillir les indications étant tous supposés pourvus d'un long style mobile dans un plan vertical et animé d'un mouvement de rotation, ils disposent l'appareil de telle sorte que le plan décrit par le style soit orienté tangentiellement au cylindre, et ils montent la plume portée par l'extrémité de ce style de façon qu'elle se trouve exactement appliquée contre la génératrice de contact du cylindre et du plan, lorsque le style est dans sa position moyenne d'oscillation.

Par suite de cette disposition et grâce à la flexibilité transversale du style, qui est formé d'une lame mince et élastique, la plume, dans les mouvements verticaux de rotation du style, ne quitte pas la surface du cylindre sur laquelle elle trace une ligne légèrement infléchie.

On corrige l'erreur qui pourrait résulter de cette inflexion, pour la mesure des temps correspondant aux indications des appareils, en disposant, suivant la courbe décrite ainsi sur la surface du cylindre, les traits de quadrillage tracés sur le papier que l'on enroule sur cette surface.

Dans la pratique, ces traits se confondent, sur ce papier, avec des portions successives de circonférences tracées avec un rayon constant, égal à la longueur du style.

On voit que cette disposition si simple, que rend possible la flexibilité transversale du style, permet de recevoir directement, sur un tableau rectangulaire, les tracés des appareils enregistreurs, aujourd'hui si nombreux, dont les indications sont fournies par la marche d'une aiguille sur un cadran.

Chaque feuille de papier quadrillé se fixe sur le cylindre de la façon la plus simple, les bords qui se recroisent étant simplement maintenus par la pression d'une lame de ressort facile à dégager.

Le papier repose par le bas sur un rebord saillant du cylindre pour assurer le parallélisme des traits horizontaux avec la base du tambour.

Lorsque ce tambour est ainsi garni d'une feuille de papier, on peut le faire tourner à la main, dans un sens quelconque, parce que le mouvement d'horlogerie est relié au cylindre par un canon monté à frottement gras, comme la minuterie des horloges, et l'on peut ainsi amener la pointe de l'aiguille exactement en regard de la division du papier qui correspond à l'heure à laquelle on opère. En abandonnant ensuite l'appareil à lui-même, il commence sa révolution, et le cylindre vient présenter successivement et à chaque instant, devant la plume, les divisions voulues.

Les instruments de MM. Richard présentent encore une disposition qui est commune aux différents types d'appareils enregistreurs qu'ils construisent, c'est celle de la plume traçante, et cette disposition forme une des particularités les plus remarquables de ces instruments, car elle constitue une solution excellente du problème longtemps cherché de l'inscription à l'encre, d'une façon continue et prolongée, des traces du passage d'un style auquel on ne pourrait, sans inconvénients, faire exercer, sur la surface du tableau, une pression un peu forte.

Cette plume est simplement un petit godet, en forme de pyramide triangulaire renversée, obtenu en pliant une lame mince de métal.

L'une des faces de la pyramide est appliquée sur le style et y est fixée par un petit emmanchement, le sommet opposé vient affleurer le papier et l'arête correspondante est fendue comme le bec d'une plume, afin de déterminer par capillarité, l'écoulement de l'encre dont on emplit le godet. On fait usage d'une encre d'aniline mélangée de glycérine, dont on verse une goutte dans le godet.

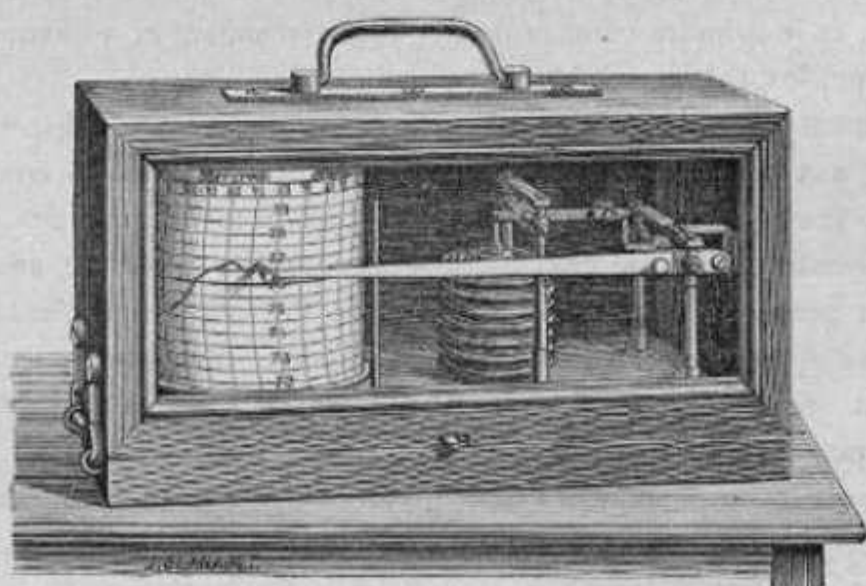
A la condition de faire usage de papier collé à la gélatine, on obtient un trait net et fin, malgré le contact prolongé de la plume sur les mêmes points du papier.

Ce trait peut s'inscrire, sans interruption, pendant plusieurs semaines.

Par excès de précaution, les constructeurs conseillent de nettoyer la plume et de renouveler l'encre tous les huit jours, au moment où l'on change le papier et où l'on remonte le mouvement d'horlogerie. Dans ces conditions on

obtient un enregistrement continu assuré. On doit, au moment où l'on vient de remplir le godet, vérifier si l'appui de la plume sur le cylindre est convenable. On le fait en imprimant, par un léger choc, un déplacement brusque au style et produisant ainsi, grâce à l'élasticité des pièces, un trait vertical qui prouve le bon fonctionnement du système et conserve en même temps la trace de l'heure de la mise en marche.

Baromètres enregistreurs. — Les baromètres auxquels MM. Richard frères appliquent les organes d'enregistrement dont il s'agit, sont des baromètres anéroïdes de construction spéciale, auxquels ils ont, il y a quatre ans, apporté un perfectionnement important qui en a accru notablement la sensibilité.



L'organe élémentaire de ces baromètres est une chambre anéroïde ou coquille, formée de deux valves métalliques minces, soudées par leurs bords, dans laquelle on fait le vide. Les deux valves, qui tendent alors à se rapprocher sont maintenues écartées par l'action antagoniste d'un ressort logé à l'intérieur et formé de deux plaques d'acier cambrées qui s'arc-boutent l'une sur l'autre par leurs extrémités.

Chaque coquille ainsi constituée, s'aplatit légèrement quand la pression extérieure augmente et s'épanouit quand celle-ci diminue.

Chacune de ces coquilles porte, suivant son axe et sur chaque base, une petite pièce saillante ; l'une de ces pièces forme pas de vis, l'autre forme écrou ; de sorte que l'on peut superposer une série de coquilles semblables disposées en colonne verticale, en les vissant successivement l'une sur l'autre.

Dans ces conditions, si la base inférieure de la colonne repose sur un plan fixe, la base supérieure se soulève ou s'abaisse, pour chaque variation de la pression atmosphérique, d'une quantité qui est la somme des déplacements de chaque coquille élémentaire.

On peut donc, en faisant varier le nombre des coquilles de la colonne, obtenir, pour des mêmes variations atmosphériques, des déplacements différents, suivant le degré de sensibilité que l'on veut demander à l'appareil, et il est à remarquer que les coquilles restent indépendantes l'une de l'autre comme vide.

Dans les baromètres destinés aux observations météorologiques, comme ceux que MM. Richard ont soumis à la Société, la colonne employée est formée de huit coquilles. Dans ces conditions, et avec l'amplification donnée par le style dont il nous reste à parler, la plume de ce style parcourt la hauteur totale du tambour enregistreur, pour une variation de la pression atmosphérique équivalente à une hauteur de huit centimètres de mercure, c'est-à-dire pour une variation supérieure à celle que l'on peut avoir à observer à la surface de la terre.

Lorsque MM. Richard ont eu à construire un baromètre enregistreur destiné à des observations aéronautiques, ils ont été conduits à ne conserver que deux coquilles seulement, et, dans ces conditions, l'appareil qu'ils ont construit, pour la Commission des communications aériennes de Meudon, pourrait enregistrer, sans dépasser la course permise par le cylindre, une chute de pression correspondant à une ascension de 5.000 mètres.

Les déplacements de la base supérieure de la colonne de coquilles sont utilisés pour faire mouvoir l'extrémité du petit bras d'un levier articulé dont le grand bras forme le style enregistreur.

Pour éviter toute résistance, qui pourrait fausser les indications de l'appareil, le levier est équilibré par un petit contrepoids, dont la position peut être réglée au moyen d'une vis de rappel.

Ce levier amplifie environ quarante fois les déplacements de la base supérieure de la colonne de coquilles ; on peut d'ailleurs, par le déplacement de l'axe de rotation et d'articulation de la bielle, faire varier légèrement ce rapport d'amplification, et le constructeur règle ainsi, une fois pour toutes, sous la cloche d'une machine pneumatique, et par comparaison avec un bon baromètre à mercure, les déplacements du style de façon qu'ils correspondent aux divisions tracées sur les papiers quadrillés.

Dans les baromètres construits pour le Bureau central météorologique et pour les Commissions départementales, le millimètre effectif de course de la plume correspond exactement à un millimètre de hauteur du baromètre à mercure.

Le baromètre, une fois réglé, ne subit pas de dérangements sensibles, en ce qui concerne l'amplitude de ses oscillations ; le seul changement que l'on peut observer avec le temps, est un mouvement d'ensemble dû à une variation lente dans l'état d'équilibre de métal qui compose les coquilles, ce qui équivaut à un déplacement du zéro de l'échelle.

Pour permettre de corriger cet effet, toute la colonne de coquilles est montée sur une base solide que l'on peut soulever ou abaisser, par un mouvement de réglage, commandé par une vis sur laquelle on agit au moyen d'une clef spéciale.

On peut ainsi, à un instant quelconque, établir l'accord des indications de l'instrument avec celles d'un baromètre à mercure et, dès lors, ces indications doivent concorder en toutes circonstances.

On pourrait craindre que la température exerçât une influence perturbatrice notable sur les indications du baromètre anéroïde. Cette influence existe, en effet, mais on peut le rendre négligeable dans la pratique, par une compensation que l'on obtient en laissant une certaine quantité d'air dans l'une des coquilles.

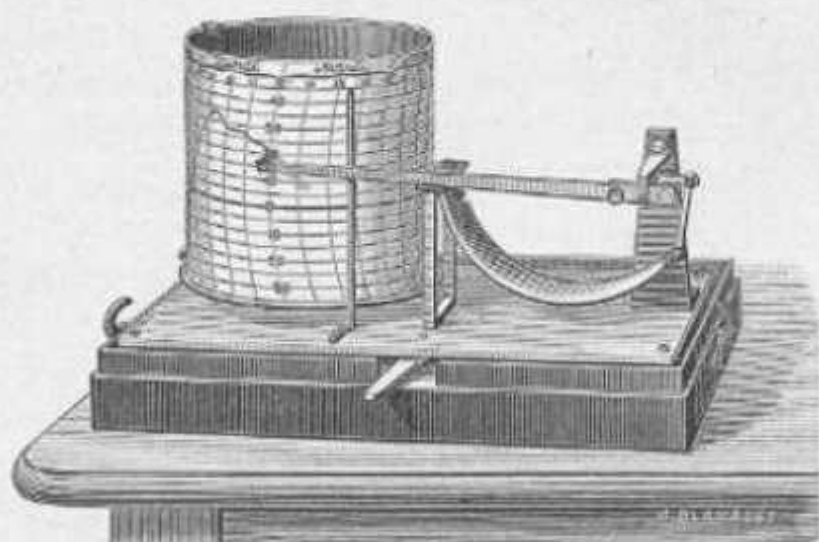
Pour s'assurer que l'effet de correction est obtenu, on place le baromètre dans une enceinte dont on porte la température à 50 degrés : si le baromètre n'est pas resté stationnaire, on laisse de nouveau pénétrer l'air dans la coquille compensatrice et on fait varier la pression avant d'en souder de nouveau l'orifice, jusqu'à ce que l'appareil marque le degré voulu.

Il est bien évident que l'on ne doit pas demander aux baromètres enregistreurs de ce système une haute précision, telle que celle que l'on peut obtenir des baromètres à mercure, lorsque l'on tient compte des variations du niveau dans la cuvette et qu'on effectue les corrections dues à la température, mais tels qu'ils sont ces appareils donnent une précision, bien suffisante pour la plupart des applications et en particulier pour les observations météorologiques. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point. (1)

Thermomètres enregistreurs. — Le thermomètre employé dans les appareils enregistreurs Richard est un thermomètre métallique fondé sur l'emploi d'un

(1) Voir page 10 et page 12.

tube courbe, en cuivre, de section méplate, du système Bourdon. Ce tube, qui mesure environ 18 millimètres de largeur et 100 de longueur, est hermétiquement fermé et plein d'un liquide difficile à congeler, liquide qui est habituellement de l'alcool ; sa capacité est d'environ 2 centimètres cubes.



La dilatation de l'alcool fait changer la courbure du tube ; l'une de ses extrémités étant fixée sur le bâti de l'appareil, l'autre se déplace de quantités qui peuvent servir à mesurer les variations de température.

L'extrémité libre est reliée au moyen d'une bielle à un levier qui porte, comme pour le baromètre, la plume remplie d'encre ; mais la puissance d'action de l'appareil dispense ici de prendre les mêmes précautions pour assurer l'équilibre des leviers.

L'appareil se gradue, par comparaison avec un thermomètre étalon, en se servant des glacières et d'étuves pour obtenir différents degrés de température.

Les thermomètres construits pour l'usage de la météorologie sont gradués de -15 à $+40$ degrés.

On s'est assuré que, dans cette étendue, les déplacements de la plume sont sensiblement proportionnels aux variations de la température.

Les dimensions des leviers sont choisies de façon qu'une variation de température de 1 degré soit représentée par un déplacement de 1 mill. 5 pour la plume, et les divisions du papier quadrillé sont, en conséquence, espacées de cette quantité.

Cet écartement a l'avantage de permettre d'apprécier à vue le dixième de degré, ce que ne permettrait pas la division par millimètre.

Le réglage des leviers pour obtenir l'amplitude voulue du mouvement de la plume s'opère, une fois pour toutes, lors de la construction, et l'on n'a plus à craindre qu'un déplacement du zéro par suite de mouvements moléculaires du métal avec le temps.

On corrige facilement l'erreur qui résulte de ce déplacement, en soulevant plus ou moins la partie fixe du tube qui est montée, à cet effet, sur une platine dont on peut régler la hauteur au moyen d'une clef agissant sur une vis de rappel.

Les dispositions adoptées pour la construction de ces thermomètres leur assurent une grande sensibilité ; par sa matière, le tube moteur est éminemment conducteur de la chaleur, il présente une surface considérable en contact avec l'air et n'a qu'une faible capacité, l'alcool qu'il contient se met donc rapidement en équilibre avec la température ambiante.

Il résulte de ces conditions une telle sensibilité qu'elle devient un obstacle lorsqu'on se propose de comparer les indications de ce thermomètre à celui de thermomètres ordinaires, car ceux-ci se trouvent constamment en retard sur le thermomètre métallique, si les variations de température sont un peu rapides.

Mais si, comme on le fait au bureau central météorologique, on compare les indications données par les thermomètres à maxima et à minima avec celles de cet instrument, on vérifie facilement que ces indications concordent au dixième de degré près.

MM. Richard peuvent construire aussi des thermomètres gradués spécialement en vue d'applications industrielles ou scientifiques déterminées.

C'est ainsi qu'ils ont construit pour MM. Louit, fabricants de chocolat, à Bordeaux, des thermomètres destinés à enregistrer les variations de température d'étuves employées dans cette fabrication spéciale.

Ils ont mis aussi en construction pour le service de l'artillerie de la marine des thermomètres destinés à suivre les variations de températures d'étuves employées au séchage du coton-poudre.

Pour ces applications spéciales, le tambour enregistreur est disposé de façon à faire un tour entier en 24 heures, de façon à donner plus de précision dans les lectures des durées, et l'on change chaque jour le papier qui reçoit les tracés.

Hygromètre enregistreur. — MM. Richard ont réussi récemment à construire des hygromètres dont les indications peuvent s'inscrire sur un tambour enregistreur, comme dans les appareils qui précèdent.

On connaît les difficultés que l'on rencontre pour réaliser un hygromètre qui soit d'un emploi pratique.

Les hygromètres à cheveu, qui sont très sensibles, conservent fort peu de temps leurs qualités et il est rare que ceux que l'on a occasion de rencontrer soient en état de fonctionner.

Par l'emploi de la baudruche, qui jouit des mêmes qualités que le cheveu, mais qui a sur celui-ci l'avantage d'une grande stabilité, MM. Richard paraissent avoir fait faire un grand pas à la question.

Ils font usage d'une membrane de cette substance tendue sur un tambour métallique.

Un levier poussé par un petit ressort antagoniste appuie, par l'intermédiaire d'une bielle, sur le milieu de cette membrane.

La baudruche se tend plus ou moins suivant l'état de sécheresse de l'air, et le mouvement de flexion qui en résulte est amplifié par le style qui porte la plume.

Les mouvements de l'appareil sont très réguliers et l'on a pu, au Bureau central météorologique, établir une table de tarage pour l'emploi de ce genre d'appareils.

Les résultats ont été assez satisfaisants pour que l'on ait pu confier un instrument de ce système aux membres de l'expédition météorologique du cap Horn.

On peut espérer que ces appareils conserveront leur sensibilité un temps suffisant, car un hygromètre de ce genre, construit par MM. Richard en 1878, et qui fait mouvoir une aiguille de 35 centimètres de longueur, donne toujours les mêmes résultats et la même sensibilité, bien qu'il ait été porté, à diverses reprises, de l'humidité extrême à la sécheresse absolue.

Résumé.

En résumé, les dispositions adoptées par MM. Richard frères, dans les instruments qu'ils ont présentés à la Société, constituent un progrès des plus dignes d'attention.

On peut dire que la commodité d'emploi et la modicité du prix de leurs

appareils enregistreurs ouvrent un vaste champ d'applications nouvelles : on n'aura plus à reculer, à l'avenir, devant les difficultés qui s'étaient opposées, jusqu'à ce jour, à l'emploi courant des instruments enregistreurs, dans les cas si nombreux où leur utilité se manifeste.

En ce qui concerne la météorologie, l'emploi d'appareils de ce genre qui dispensent de l'assujettissement des observations à heure fixe, présente une grande importance. Cette importance paraît déjà avoir été appréciée, à en juger par le grand nombre d'instruments qui ont été livrés par MM. Richard depuis l'époque peu éloignée où ils en ont commencé la fabrication, car les livraisons se sont élevées à près de 300 en dix-huit mois. (1)

Parmi les établissements ou les services qui emploient ces appareils, on peut déjà citer, en effet, en France, l'Observatoire de Montsouris, le Bureau central météorologique, les Observatoires météorologiques de Perpignan, de Douai et de Besançon, les Commissions météorologiques d'un grand nombre de nos départements, les écoles régimentaires et les établissements du Génie, le Dépôt des cartes et le Laboratoire central de la marine.

A l'étranger les Observatoires météorologiques en font également usage, l'Angleterre, l'Allemagne, la Suisse, la Russie, l'Italie, l'Espagne, le Portugal en possèdent. Il y en a en service aux Etats-Unis et au Brésil ; on en fait usage sur les chantiers de l'isthme de Panama, l'expédition du cap Horn en a emporté, on en a installé même à Yokohama.

Partout leurs qualités sont appréciées et tous ceux qui en font usage leur prodiguent des éloges.

La continuité de leurs indications, la sûreté de leur marche et la simplicité de leur service constituent, en effet, pour ces applications spéciales, de précieux avantages.

En ce qui concerne particulièrement les baromètres, M. Angot a pu constater sur ceux qu'il observe depuis dix-huit mois au Bureau central météorologique de France, que leurs indications ne se sont jamais écartées de plus de 0^{mm},6 de celle du baromètre à mercure et que, la plupart du temps, leur concordance avec ce dernier est exacte à moins de 0^{mm},2. (1)

Pour ces appareils surtout, la disposition donnée aux organes ou plutôt la réunion, sur un même socle, du rouage d'horlogerie et du baromètre présente d'ailleurs un avantage important, celui de donner aux appareils une sensibilité extrême et de leur permettre d'enregistrer, sans retard, les moindres variations

(1) Au premier Mai 1886, le chiffre des appareils enregistreurs vendus dépasse trois mille.

de la pression. Car, ainsi que l'a fait remarquer notre collègue M. le colonel Goulier, la légère et perpétuelle trépidation produite par l'échappement du rouage équivaut à une série de petits chocs analogues à ceux que l'on a l'habitude de produire en frappant sur le cadran de baromètres anéroïdes lorsqu'on veut vaincre la paresse de leurs organes. Par l'effet de ces chocs répétés, les résistances passives qui peuvent entraver la marche de la plume se trouvent à chaque instant annulées et les organes sont, pour ainsi dire, tenus constamment en éveil.

On obtient donc toute la sensibilité dont les appareils sont susceptibles en produisant ainsi, d'une façon indirecte, l'effet que notre collègue M. Redier a déjà réalisé, dans d'autres appareils enregistreurs, au moyen d'un mécanisme spécial.

Il en résulte que ces baromètres indiquent les variations de pression les plus passagères : c'est ainsi que fréquemment, spécialement dans les orages, on voit la plume tracer une série de petites ondulations formant une succession de crochets, de grandeur décroissante, qui se répètent de quart d'heure en quart d'heure environ, pendant plusieurs heures, et atteignent parfois au début une valeur de 2 à 3 millimètres.

Ces ondulations dénotent l'existence de perturbations atmosphériques qui ne peuvent être mises en évidence que par des appareils à enregistrement continu.

A l'Observatoire météorologique de Montsouris, M. Marié Davy a soumis aussi à l'étude des baromètres, les thermomètres et les hygromètres Richard et il en fait hautement l'éloge.

Le père Denza, directeur de l'Observatoire de Montcalieri, et président de l'Association météorologique italienne, les a soumis avec succès à l'épreuve du service dans les stations de montagne.

M. Britto Capello, qui les emploie à Lisbonne, leur rend le même témoignage.

Nos collègues M. Hervé Mangon et M. le colonel Goulier qui ont eu aussi l'occasion d'en faire usage, leur accordent les mêmes éloges et votre rapporteur peut ajouter qu'il a été également satisfait de ceux qu'il a eu l'occasion d'expérimenter.

Du reste, les nombreux tracés obtenus et qui sont placés sous vos yeux, témoignent par eux-mêmes des qualités des appareils.

Tous les témoignages sont aussi unanimes pour constater les qualités

d'ingéniosité et de sagacité dont MM. Richard frères font preuve chaque jour dans l'étude des conditions de fonctionnement et de réglage des organes délicats qu'ils ont à mettre en œuvre.

Ils n'ont pas, du reste, limité leurs recherches aux appareils qui viennent d'être décrits et il convient de signaler, tout particulièrement, leur baromètre enregistreur à papier sans fin et à marche rapide qui constitue un appareil des plus remarquables, mais d'un prix naturellement plus élevé.

Ces jeunes constructeurs qui marchent si bien sur les traces de leur père, montrent par leur heureux début, ce que l'on est en droit d'attendre d'eux, et votre comité ne peut que vous proposer de venir en aide à leurs efforts, en leur accordant vos encouragements.

Il vous demande donc d'ordonner l'insertion du présent Rapport au *Bulletin* de la Société avec les dessins nécessaires pour faire comprendre le mode de construction des intéressants appareils qui nous ont été présentés.

Signé : SEBERT, rapporteur.

Approuvé en séance, le 28 juillet 1882.

COMPLÉMENT AU RAPPORT

Fait par Monsieur le Colonel Sébert

A LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

EXPOSÉ DES PERFECTIONNEMENTS

ET APPLICATIONS NOUVELLES

Depuis le mois de Novembre 1882, époque à laquelle M. le colonel Sébert fit le rapport qu'on vient de lire, nous avons apporté de nombreux perfectionnements à la construction de nos instruments enregistreurs et nous en avons appliqué les principes à plusieurs autres appareils appartenant soit à la météorologie, soit à la mécanique ou à la chimie.

Afin que les intéressés puissent étudier rapidement les appareils qui leur sont utiles nous avons divisé cette brochure en sept chapitres suivant l'emploi à faire de nos instruments.

- 1° Météorologie et Climatologie
- 2° Médecine et Chimie
- 3° Micrographie
- 4° Service des Ponts-et-Chaussées
- 5° Electricité
- 6° Industrie
- 7° Hygiène et Ventilation

Conclusions et liste succincte des principaux établissements scientifiques ou industriels qui emploient des Appareils de notre construction.

Le septième chapitre comprend des appareils dont la description paraîtra peu à sa place au milieu de celle d'instruments enregistreurs ; nous la faisons cependant figurer ici afin de compléter l'exposé des appareils que nous construisons.

Chapitre 1^{er}. -- METEOROLOGIE & CLIMATOLOGIE

Ce chapitre comprend : 1° la description des perfectionnements apportés au Baromètre anéroïde, au Thermomètre et à l'Hygromètre, instruments déjà étudiés par M. le Colonel Sébert dans le rapport qui précède ; 2° le Baromètre enregistreur compensé à mercure ; 3° le Baromètre enregistreur métallique à papier sans fin ; 4° les Pluviomètres ; 5° l'Evaporomètre ; 6° les Anémomètres ; 7° l'Actinomètre ; 8° le Thermomètre sous-marin ; 9° le Statoscope.

I. — Baromètre anéroïde enregistreur

Le baromètre anéroïde enregistreur n'a subi qu'une transformation de boîte extérieure. L'ouverture en a été rendue plus facile par la simple application d'une charnière.

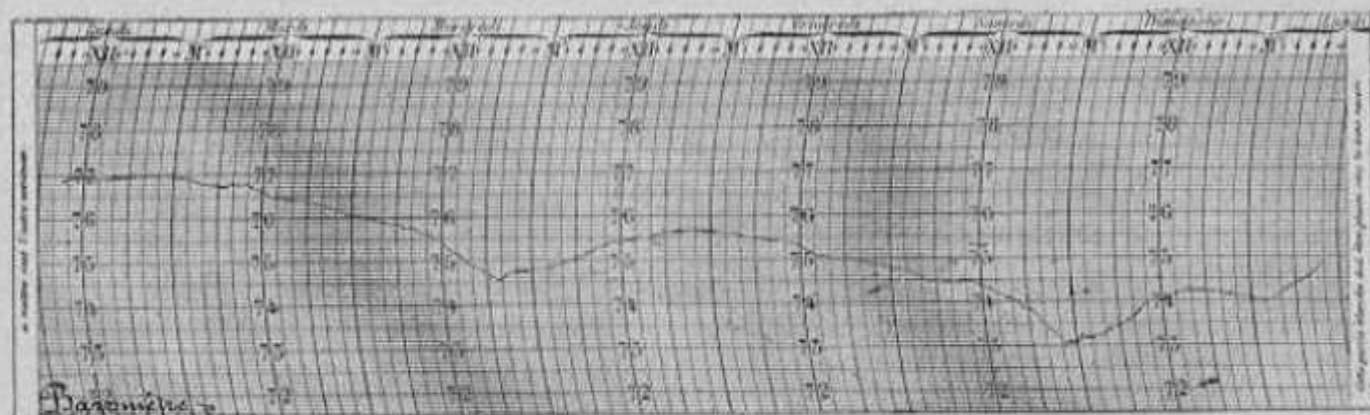


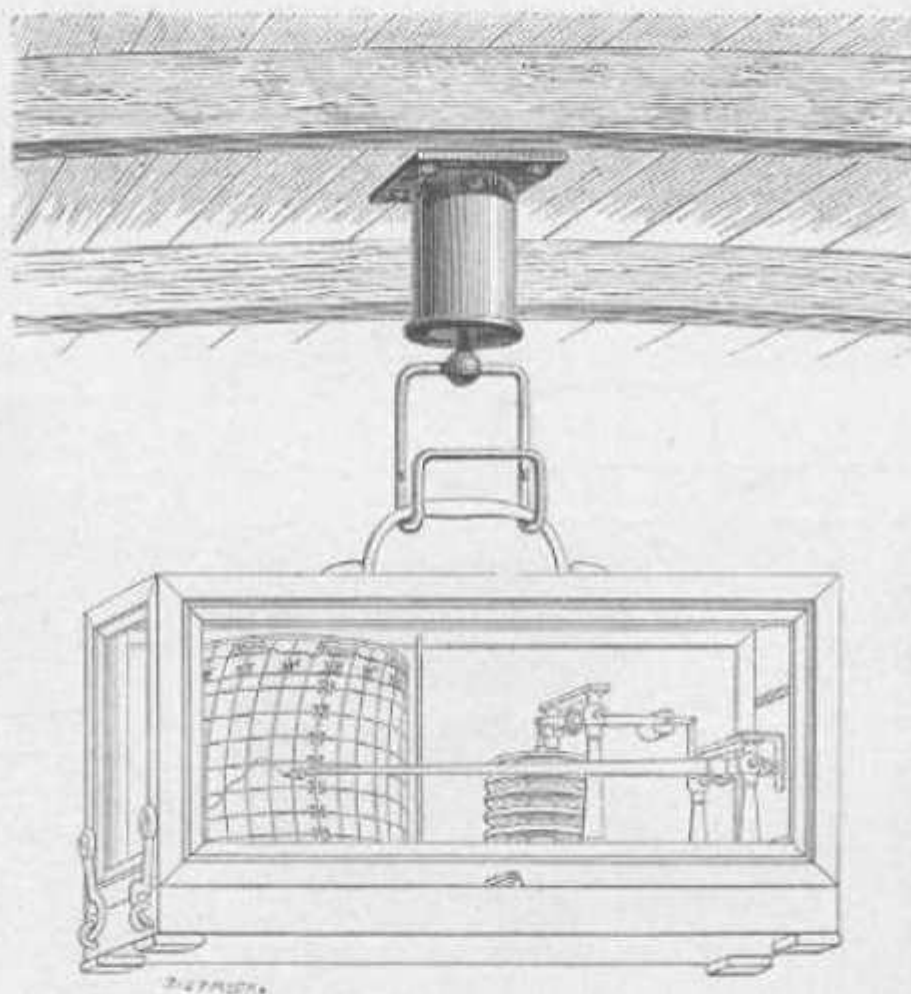
Diagramme donné par un Baromètre anéroïde enregistreur
(Demi-grandeurs linéaires).

Dans le modèle à trois crochets en effet, en enlevant le dessus de la boîte, on est exposé à écraser la plume de l'instrument contre le cylindre. La nouvelle disposition annule cet inconvénient.

Suspension Cardan à ressort pour la Marine

La nécessité de remplacer par des enregistreurs les Instruments en usage dans la marine, nous a contraints à chercher une **Suspension Cardan à ressort**, susceptible de soustraire les instruments aux secousses des navires, tout en n'élevant pas sensiblement le prix des appareils.

Nous sommes arrivés au résultat au moyen du dispositif suivant.



Suspension Cardan à ressort pour la Marine

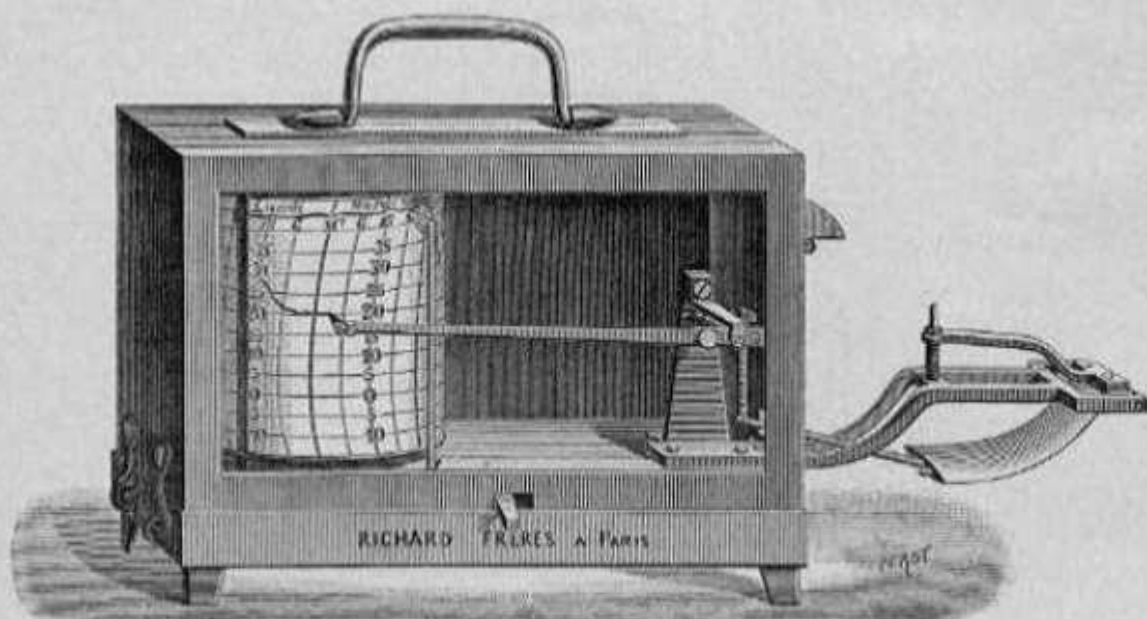
Un cylindre de métal est fixé par son extrémité supérieure au plafond de la cabine; l'extrémité inférieure étant un disque percé d'une large ouverture, sur la base ainsi formée est placé un ressort dit **à boudin** supportant un second disque, au centre duquel se fixe une tige terminée par un crochet auquel on adapte l'instrument. La tige passant à travers la base du cylindre

et le ressort étant tendu à moitié de sa course par le poids de l'instrument, ce dernier peut s'incliner dans tous les sens, en même temps qu'il se trouve soustrait aux trépidations du navire.

Cette suspension est aujourd'hui adoptée par toute la marine française.

Thermomètre Enregistreur

Dans le thermomètre décrit par M. Sébert (*voir page 8*), le tube rempli d'alcool étant, comme le reste de l'appareil, recouvert d'une boîte de métal, l'équilibre de température de l'intérieur de la boîte avec l'atmosphère s'établit à travers deux fenêtres garnies de toile métallique pour empêcher la pluie et la neige d'y pénétrer. Cet équilibre se fait ainsi rapidement, et suffisamment d'ailleurs, pour que les diagrammes obtenus donnent exactement les moyennes thermométriques; mais, outre que la toile métallique



Thermomètre enregistreur à tube extérieur

laisse pénétrer la poussière qui vient salir les axes et le mouvement d'horlogerie, les courbes produites par les variations brusques de la température, comme les abaissements subits, après une averse d'été par exemple, ne sont pas rendues avec leur instantanéité. Nous avons remédié

à ce défaut en plaçant le tube thermométrique à l'extérieur de la boîte de métal, de manière à ce qu'il soit, en quelque sorte, immergé dans l'atmosphère et par suite en contact immédiat avec l'air ambiant.

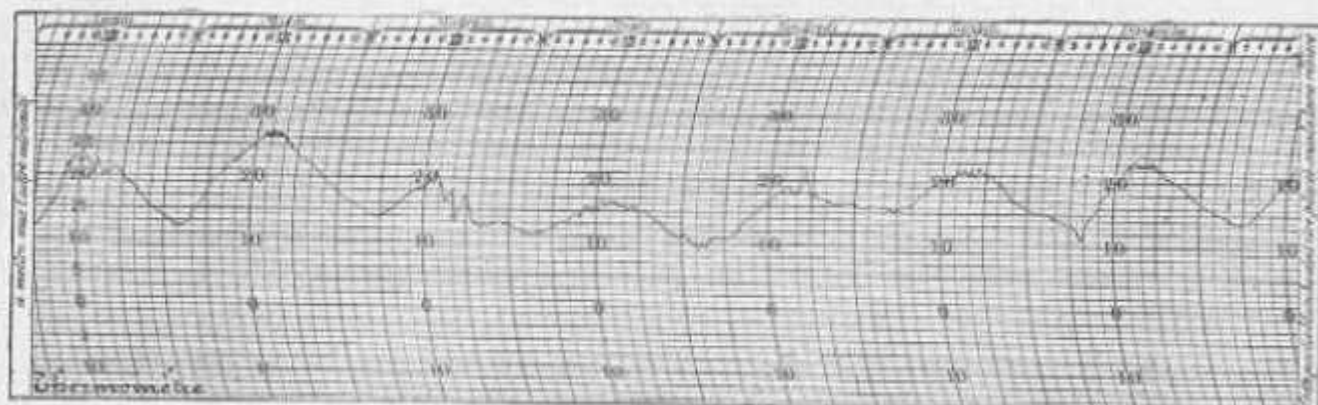
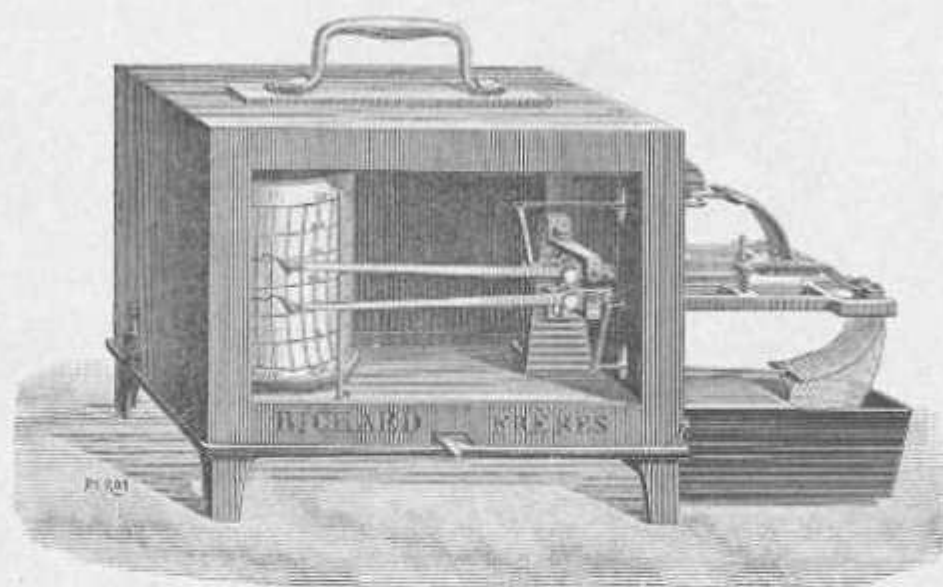


Diagramme donné par un Thermomètre à tube extérieur
(Demi-grandeurs linéaires)

Cette disposition, qui nous a permis d'obtenir des diagrammes extrêmement curieux, a rendu possible la construction des Psychromètres enregistreurs.

Dans le thermomètre courant, l'échelle des divisions est de 1 mm 5 pour un degré.

Sur demande spéciale, cette échelle peut atteindre 10 mm pour un degré centigrade.



Psychromètre enregistreur

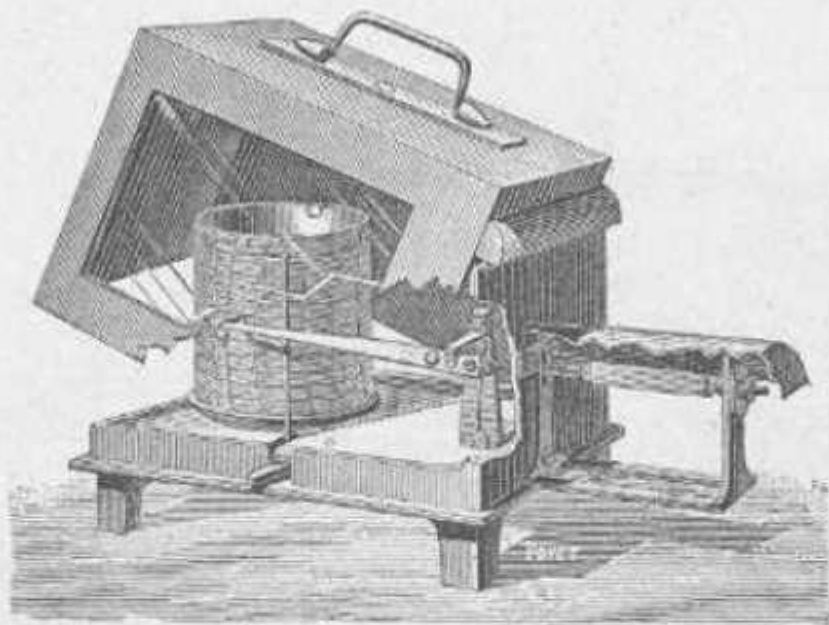
Le Psychromètre enregistreur se compose de deux tubes thermométriques placés à côté l'un de l'autre. L'un reste sec, l'autre est maintenu constamment humide au moyen d'une mèche de coton descendant d'un vase de métal fixé au dessus de la boîte.

Les tubes thermométriques commandent chacun un style et l'inscription des deux courbes se fait sur un cylindre unique. La différence des deux courbes donne l'état hygrométrique de l'air.

Par le moyen d'un système différentiel que nous étudierons plus loin, nous pourrions donner sur le cylindre le diagramme direct de la différence de température du thermomètre sec et du thermomètre humide ; mais ce système nécessiterait l'emploi d'un autre thermomètre enregistreur donnant le diagramme de la température, le coefficient servant à calculer l'hygrométrie de l'air au moyen du Psychromètre changeant avec la température de l'air ambiant (1).

Hygromètre Enregistreur

Nous avons d'abord appliqué à l'hygromètre, décrit page 10, les mêmes perfectionnements qu'au thermomètre, comme disposition extérieure de la



Hygromètre Enregistreur

(1) Voir au chapitre de l'Industrie les applications industrielles du système de Thermomètre à tube extérieur.

membrane; mais ayant rencontré dans la construction pratique d'assez grandes difficultés pour la manipulation de la baudruche, (substance solide, il est vrai, mais délicate cependant à cause de son peu d'épaisseur), nous avons cherché si nous ne pourrions la remplacer par une autre substance organique d'un emploi plus facile, tout en offrant les mêmes conditions hygrométriques, au point de vue de l'exactitude et de la stabilité des indications.

Après bien des essais, nous avons trouvé que la corne de bœuf brute, coupée en bandes d'un vingtième de millimètre d'épaisseur satisfait aux conditions exigées.

Nous avons obtenu, en l'employant, des instruments donnant l'état hygrométrique de l'air avec une exactitude et une constance parfaites.

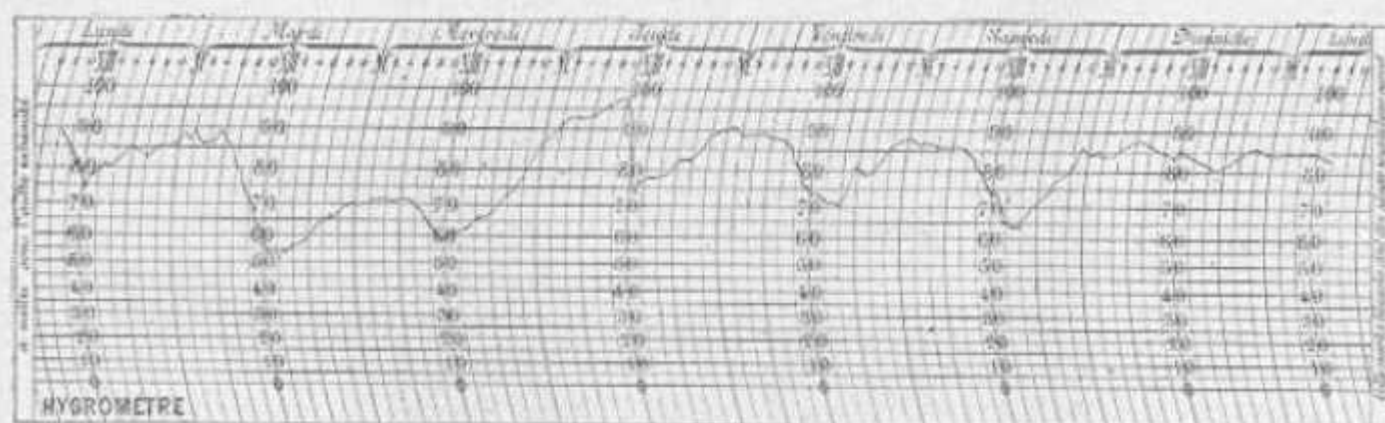


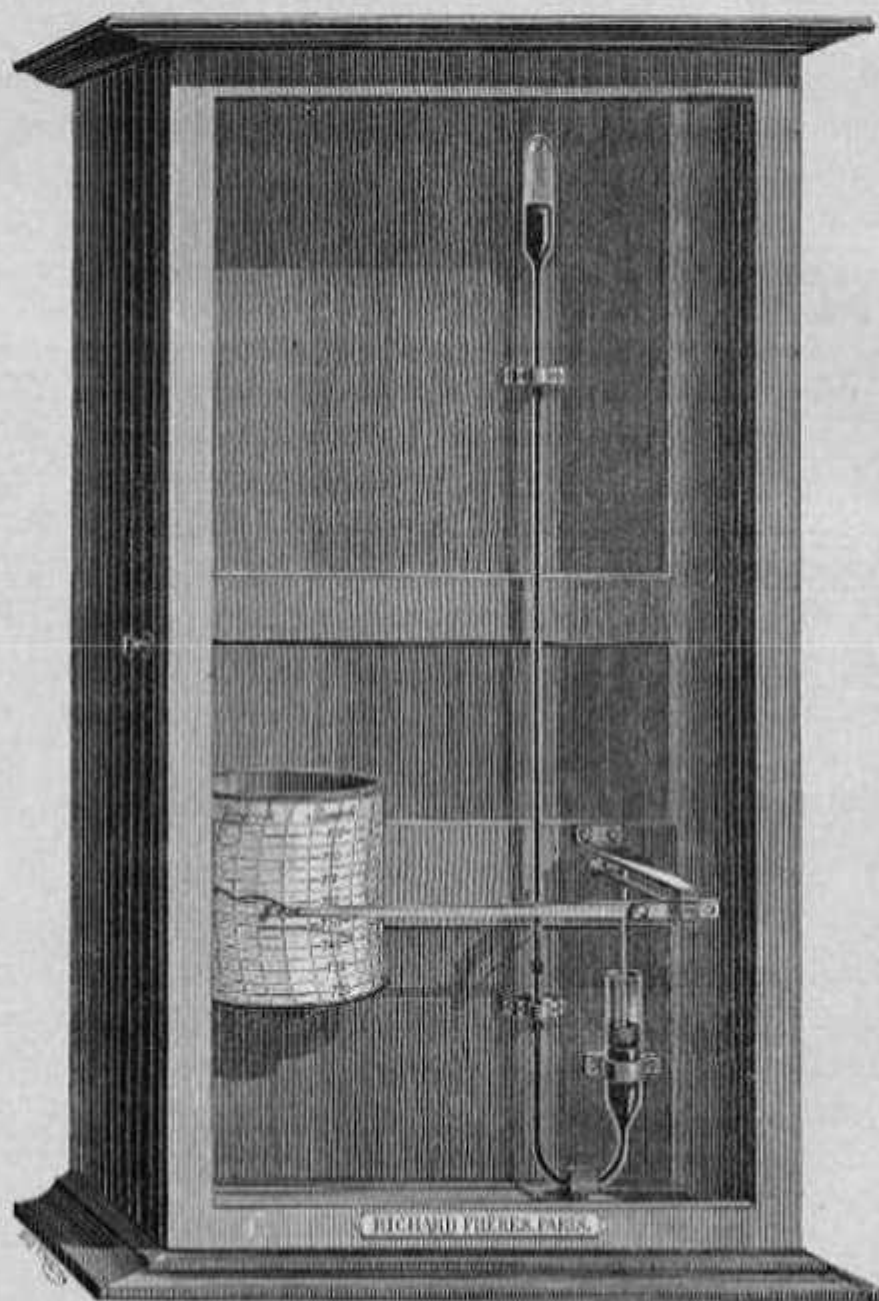
Diagramme donné par un Hygromètre enregistreur

(Demi-grandeurs linéaires.)

Les instruments sont réglés au moyen de cloches dans lesquelles on établit différents degrés d'humidité et l'étalonnage est fait au moyen de l'hygromètre de Regnault perfectionné par M. Alluart. Le diagramme donné par ces instruments est exactement celui de l'état hygrométrique de l'air, et il n'y a pas besoin de comparer les indications à une table de réduction, comme pour l'hygromètre à cheveu de Saussure.

II. — Baromètre à mercure compensé

Nous avons appliqué notre système d'enregistreur au baromètre à mercure à siphon. Un flotteur plonge dans la branche ouverte et transmet les mouvements du mercure par une bielle au style portant l'aiguille. Cette



Baromètre à mercure compensé

bielle est munie d'une pièce spéciale qui permet de compenser l'action de la température sur le baromètre et d'obtenir la courbe de l'instrument réduite à 0. Elle se compose de deux tiges placées en prolongement l'une de l'autre, réunies par une coquille ou boîte de Vidie remplie d'alcool; le volume de cette dernière est calculé de manière que le déplacement du diaphragme sous l'influence de la température compense exactement le déplacement du mercure sous cette même influence.

On peut également obtenir une compensation très-suffisante par l'emploi d'un baromètre dont les branches sont dans un rapport donné.

Dans ces instruments l'échelle est plus grande que dans nos baromètres anéroïdes enregistreurs ordinaires; elle est de 2 millimètres effectifs pour 1 millième de mercure.

Sur demande spéciale elle peut être encore augmentée.

III. — Baromètre enregistreur à papier sans fin

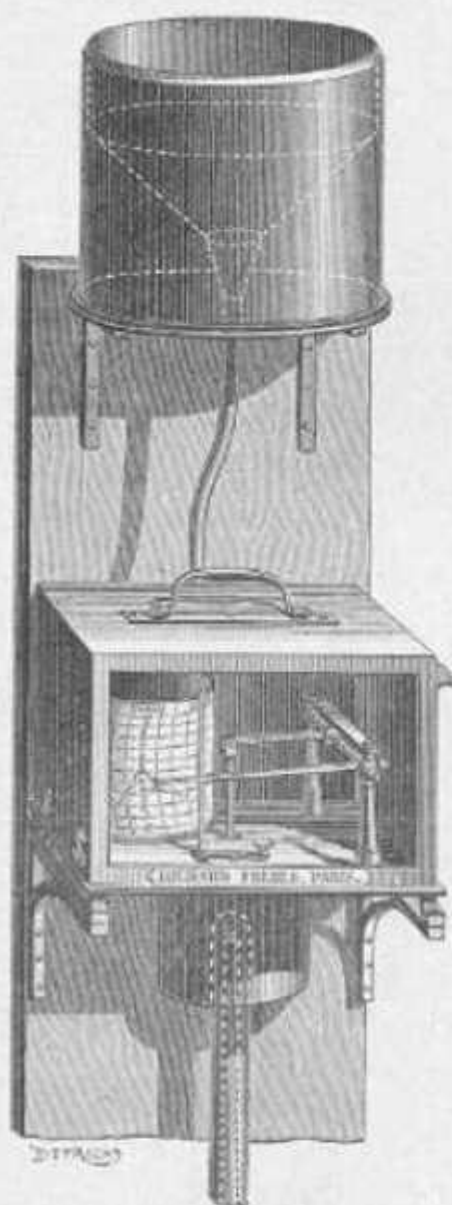
L'excellente marche des tubes Bourdon lorsqu'ils sont armés à l'intérieur d'une lame d'acier trempé, nous a conduits à les appliquer à la construction des baromètres enregistreurs. L'échelle des instruments ainsi obtenus est double de celle du baromètre ordinaire et l'inscription se fait sur une bande de papier sans fin. Par cette disposition, il suffit de remettre un rouleau de papier tous les six mois. L'entretien de l'appareil consiste seulement à remonter le mouvement d'horlogerie une fois par quinzaine et à remettre de l'encre dans la plume tous les mois.

IV. — Pluviomètres Enregistreurs

Nous avons créé deux modèles de pluviomètres enregistreurs : l'un, simple comme construction et donnant de bons résultats ; l'autre, plus compliqué, d'un prix plus élevé par suite, mais répondant d'une façon absolue à l'approximation qu'on demande à ces instruments dans les Observatoires.

Dans le premier modèle, l'eau pluviale recueillie par un entonnoir se rend dans un récipient de métal où elle s'élève graduellement, faisant monter un flotteur annulaire. Ce flotteur commande un style muni de la plume habituelle. Les surface et volume de l'entonnoir et du récipient

sont calculés de façon à ce que la plume parcoure la hauteur du cylindre pour dix millimètres de pluie tombée.



Pluviomètre Enregistreur

Un siphon intérieur, placé au milieu du récipient, s'amorce et vide ce dernier lorsque la plume est arrivée au haut de sa course. Ramené ainsi à zéro, la plume recommence son ascension suivant la quantité de pluie qui tombe.

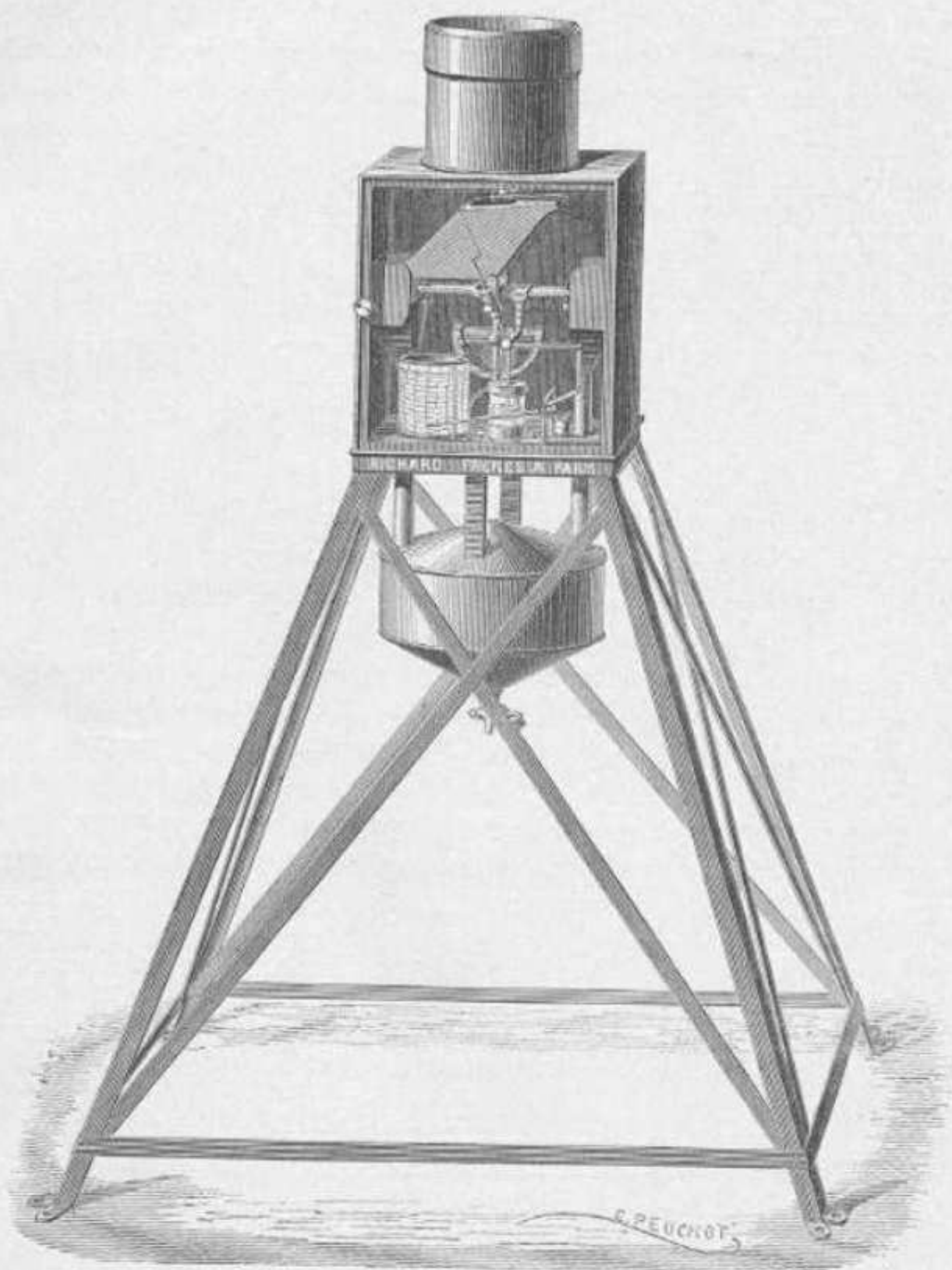
Un dispositif spécial arrête l'arrivée de l'eau dans le récipient pendant le temps qui est nécessaire au siphon pour le vider.

Ce système donne de bons résultats. La seule critique qu'on puisse lui adresser, est que le siphon s'amorce quelquefois trop tôt, quelquefois trop tard. Dans le premier cas, la plume redescend avant d'avoir atteint 10 m/m de pluie; dans le second, elle monte au-dessus; mais ce n'est qu'un inconvénient relatif, puisque, dans tous les cas, la courbe est inscrite, et il suffit de noter que l'ascension a eu lieu pour 9 m/m 5, par exemple ou 10 m/m 8, au lieu de compter exactement le chiffre 10 pour l'addition des hauteurs de pluie lorsqu'on change le papier.

Le second système de pluviomètre enregistreur se compose de quatre parties distinctes reliées directement entre elles et condensées sous un faible volume. Ce sont: un entonnoir, un compteur à bascule, une balance et l'enregistreur proprement dit.

L'entonnoir est celui qu'emploie habituellement les météorologistes pour la réception des eaux pluviales; sa dimension est telle qu'il reçoit exactement 314 centimètres cubes d'eau pour une hauteur de pluie de 1 centimètre.

L'eau recueillie par l'entonnoir coule dans un compteur à bascule composé de deux auge polyédriques accolées l'une à l'autre et maintenues en équilibre



Pluviomètre Enregistreur

instable par deux tourillons, de manière que l'une d'elles se trouve toujours sous l'orifice par lequel arrive l'eau pluviale. A mesure que le niveau de l'eau s'y élève, le centre de gravité de l'auge se trouve déplacé par le fait de sa forme, et au moment où il tombe au dehors des tourillons, l'ensemble bascule amenant la deuxième auge vide sous l'entonnoir.

Le système est réglé de façon à basculer quand il y a 314 centimètres cubes d'eau dans l'auge momentanément placée sous l'entonnoir.

Le compteur ainsi construit est fixé sur la plate-forme d'une balance romaine équilibrée par un poids fixe de telle sorte que le fléau étant en haut de sa course lorsque le compteur est vide, il descend presque au bas quand l'une des auges est pleine et sur le point de basculer. Le mouvement du fléau est transmis par une bielle au style portant la plume chargée d'encre, et les longueurs des leviers sont calculées pour que cette plume parcoure la hauteur du cylindre pour la chute complète de la balance.

Le fonctionnement du pluviomètre enregistreur est dès lors facile à comprendre. La pluie tombe, l'eau recueillie par l'entonnoir coule dans l'auge placée momentanément au-dessous, augmente le poids de ce côté et le fléau de la balance s'incline ; les changements de position de l'ensemble sont constamment inscrits sur le cylindre en fonction du temps. La pluie s'arrête-t-elle, le diagramme devient horizontal ; recommence-t-elle, le fléau continue à s'incliner. Aussitôt qu'il est tombé un centimètre d'eau, le fléau arrive en bas

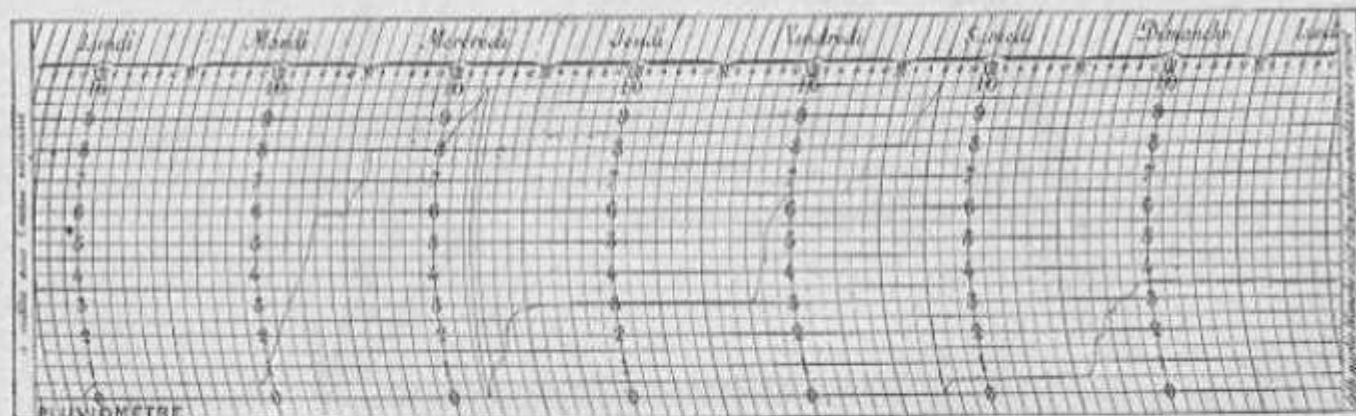


Diagramme donné par un Pluviomètre Enregistreur

de sa course et la plume en haut du cylindre, à ce moment le compteur bascule, l'auge pleine verse son eau dans un entonnoir intérieur qui la conduit

dans un réservoir de contrôle ; la balance étant subitement allégée, le fléau remonte et la plume redescend au bas de sa course pour reprendre sa marche à mesure que la deuxième auge se remplit.

Comme le cylindre sur lequel s'écrit le diagramme tourne avec une vitesse de 1 millim. 6 à l'heure, il se peut, dans le cas assez rare d'averses torrentielles, que le compteur se remplisse et bascule plusieurs fois dans un temps assez court pour que les différents traits accusant ces effets se confondent sur le cylindre. Nous avons remédié à cet inconvénient, qui du reste ne peut avoir lieu que dans certains pays, en ajoutant, sur demande, à l'appareil un petit compteur à rochet qui indique au moyen d'une aiguille sur un cadran, le nombre de fois que le compteur a basculé.

Il est facile avec cet instrument d'obtenir les indications à un dixième de millimètre près, la plume parcourant environ 8 millimètres effectifs pour 1 millimètre d'eau tombée. On comprend que ce système est d'autant plus exact que chaque auge après avoir basculé se vide jusqu'à la dernière goutte pendant le temps que met la pluie à remplir celle qui est venue se placer sous l'entonnoir.

V. — Evaporomètre Enregistreur

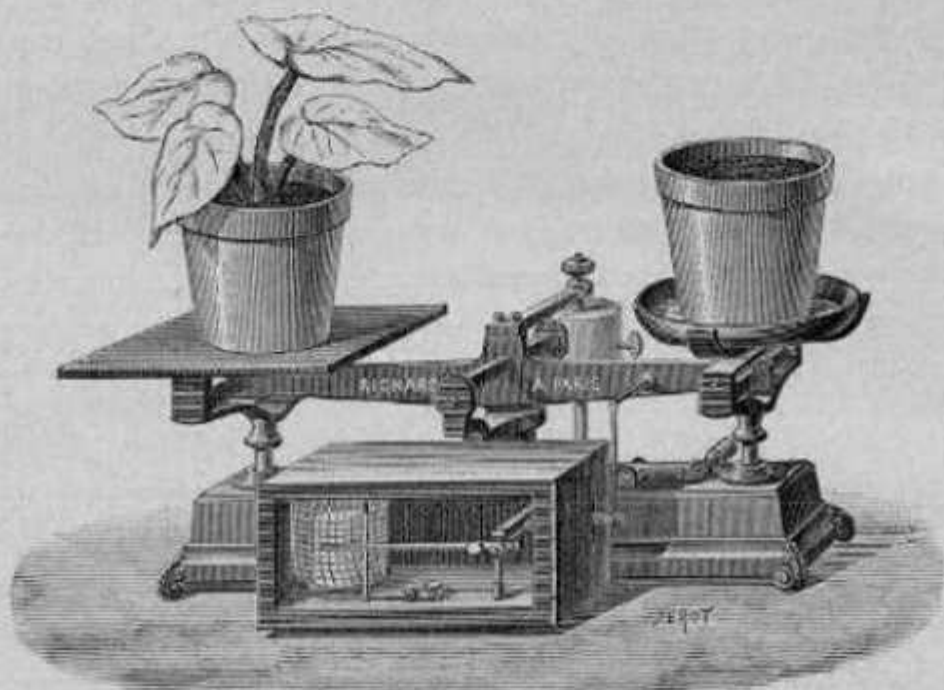
Dans les observatoires et les stations agronomiques, il est important d'avoir le diagramme de la marche de l'évaporation de l'eau ou de certains végétaux, soit à l'air libre, soit dans des milieux divers.

L'évaporomètre que nous allons décrire a été construit de telle sorte qu'il peut se prêter à ces différents essais. Il se compose d'une balance de Roberval, dont l'un des plateaux reçoit la cuve à eau ou la plante à observer. A l'aide de l'autre plateau on tare la balance de façon qu'elle soit au bas de sa course au début de l'observation. A mesure que l'évaporation se produit, le poids diminuant de ce côté tandis que celui de l'autre reste constant, la balance remonte et son mouvement est transmis par une bielle au style portant la plume habituelle. La marche est combinée de manière que pour une chute du fléau de la balance, la plume parcourt la hauteur du cylindre.

Quant on veut étudier l'évaporation d'une plante, celle-ci étant placée sur le plateau voulu, il est bon de placer dans l'autre un pot exactement semblable à celui du végétal et contenant une égale quantité de terre. Les deux bacs recevant

la même quantité d'eau d'arrosement, le diagramme est exactement celui de l'évaporation de la plante seule.

Nous signalerons deux points intéressants dans la construction de cet évaporomètre. Le premier est l'adjonction d'un poids curseur qui permet d'abaisser ou d'élever le centre de gravité de la balance de telle sorte que, suivant la hauteur du curseur la chute de la balance se produit pour des poids différents. Cette disposition est importante pour les stations agronomiques car elle permet



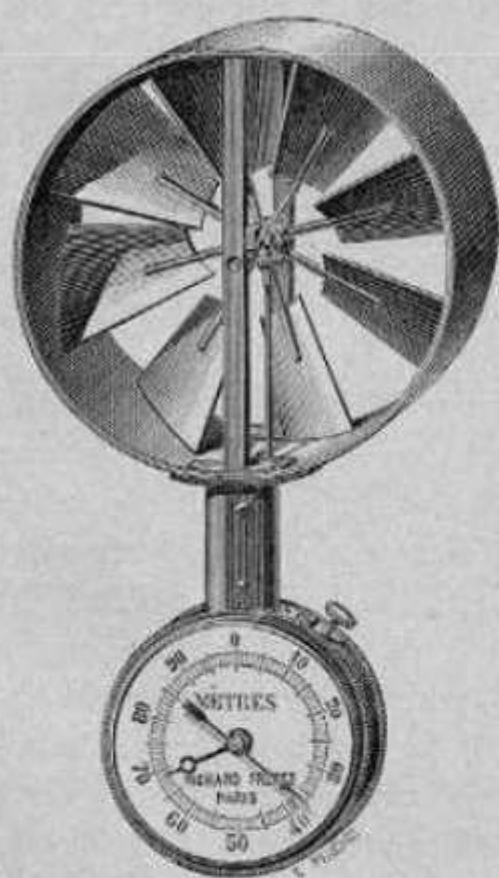
Evaporomètre Enregistreur

d'observer des plantes de nature très diverses. Les plantes d'appartement par exemple, évaporent extrêmement peu et pour les observer il faut donner à la balance son maximum de sensibilité; les céréales au contraire, ont une évaporation des plus actives et le centre de gravité doit être abaissé considérablement; suivant que le curseur est en haut ou en bas de la tige sur laquelle il est monté à frottement, la balance tombe pour 50 grammes ou pour 1,500 grammes en passant nécessairement par tous les intermédiaires et répondant ainsi à tous les besoins.

Lorsque la balance doit être placée au dehors et se trouve par suite soumise à l'action du vent qui vient la faire osciller, il est nécessaire de compléter l'évaporomètre de façon à annuler cet effet.

Pour cela, au plateau portant la cuve à eau ou la plante en observation on fixe par une tige verticale un cylindre creux de faible hauteur mais d'assez grand diamètre, fermé à sa partie inférieure par un disque percé d'un trou de deux à trois millimètres, et plongeant dans un bassin rempli d'eau sans y être immergé complètement. L'instrument étant en fonction, le cylindre creux remonte en même temps que le plateau de la balance auquel il est relié. Comme ce mouvement se produit d'une façon lente et continue, et que l'eau doit toujours être au même niveau au dedans et au dehors du cylindre, l'eau de ce dernier s'écoule dans le bassin par la petite ouverture sans créer de résistance, mais s'il vient un coup de vent, tendant à faire osciller brusquement l'évaporomètre, l'eau du cylindre ne pouvant s'écouler assez rapidement forme une masse homogène qui s'oppose de tout son poids aux mouvements de la balance. On obtient par ce moyen un diagramme très fin quel que soit l'état de l'atmosphère.

VI. — Anémomètres



Anémomètre à cadran

Nous construisons deux sortes d'anémomètres ; les uns à cadran, les autres enregistreurs. Ces derniers de plusieurs modèles.

L'anémomètre à cadran se compose d'un moulinet d'aluminium extrêmement léger, de façon à ce que des vents très-faibles, de 10 centimètres par seconde par exemple, le fasse tourner. Ce moulinet est monté sur un axe muni d'une vis sans fin qui, au moyen d'une roue dentée, transmet le mouvement à un compteur. L'ensemble est disposé de telle sorte que le compteur se tient à la main afin de permettre facilement l'exposition du moulinet au vent.

L'instrument est réglé directement au moyen d'un manège et le compteur donne la vitesse du vent en **mètres** sur le cadran. Un système permet d'enclancher et de

déclancher le moulinet sur le rouage du compteur afin de faire les observations avec une grande précision, sans tenir compte de la mise en route du moulinet.

Anémomètres enregistreurs

Nous avons créé plusieurs modèles d'anémomètres enregistreurs qui donnent tous la force et la direction du vent.

Le premier, qui est le plus simple, nécessite de pouvoir installer l'enregistreur sinon directement au-dessous de la partie exposée au vent, au moins à peu de distance.

L'appareil se compose de deux parties distinctes: l'anémomètre proprement dit, donnant la vitesse du vent, et la girouette enregistreuse ou anémoscope donnant la direction. Les deux instruments font partie intégrale l'un de l'autre.

La girouette se compose d'une barre de fer supportée à son milieu par un chariot à trois galots, de façon à la rendre très mobile sur son axe. Ce chariot tourne sur une plate-forme fixée à l'extrémité d'un tube de fer scellé à la charpente du toit de l'immeuble. La girouette s'oriente au vent au moyen de deux palettes formant un angle aigu.

Dans le milieu du chariot et par le tube de fer, descend une tige creuse dont l'extrémité supérieure est fixée à la girouette et dont l'extrémité inférieure commande un cylindre vertical mobile sur son axe. Ce dernier suit donc la girouette dans toutes ses orientations.

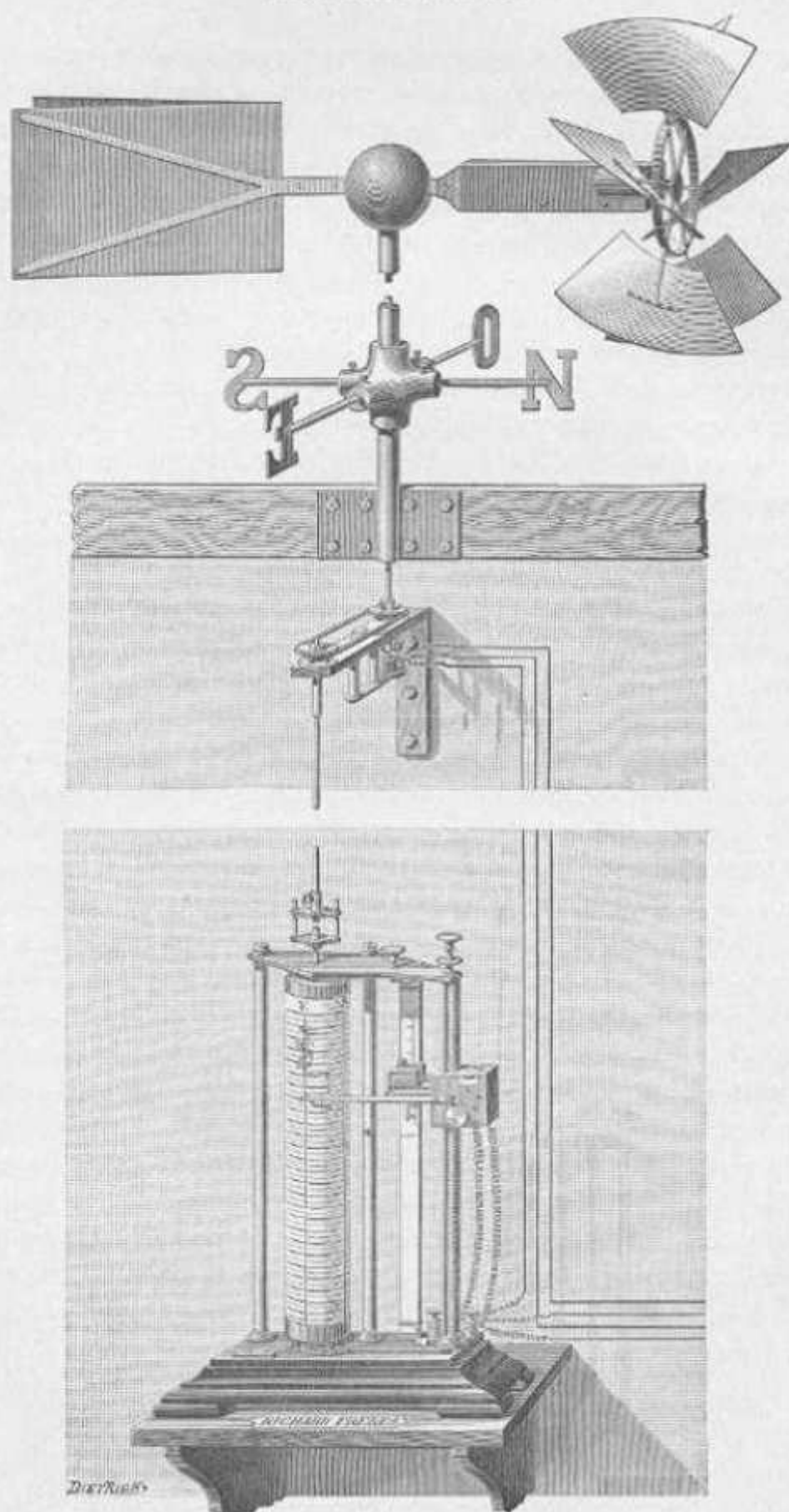
Le cylindre est revêtu, de la manière suivante, d'une feuille de papier destinée à recevoir le diagramme de la direction du vent. Il est fendu suivant deux génératrices opposées; l'une des moitiés est fixée sur les plateaux qui doivent servir à monter l'axe central et l'autre est montée à charnière sur l'une des génératrices coupées formant ainsi un vantail mobile. On place le papier contre le cylindre après en avoir plié les marges qu'on fait entrer dans l'intérieur; on ferme ensuite le cylindre et on arrête la fermeture au moyen d'un verrou à ressort placé à la base. Ce système a l'avantage de permettre le changement instantané du papier, de lui conserver ses marges, de le tendre très exactement et d'assurer l'orientation de ses divisions par rapport à la girouette.

L'inscription se fait par le moyen d'un mouvement d'horlogerie qui descend par son propre poids le long d'une crémaillère placée parallèlement au cylindre. Ce mouvement porte un style muni d'une plume de forme spéciale inscrivant la direction sur le papier dont le cylindre est revêtu. L'utilisation du poids du mouvement d'horlogerie pour sa descente a pour but de supprimer le ressort habituel, non pas à cause du prix de ce dernier, mais afin d'éviter les cas de rupture et les ennuis des réparations. On y trouve, de plus, l'avantage d'avoir une marche très régulière, l'échappement, qui règle la descente, étant mû par une force constante.

L'enregistrement de la **direction** des vents étant ainsi obtenu, la **vitesse** est inscrite au moyen du dispositif suivant.

A l'extrémité du bras de la girouette qui fait équilibre aux palettes destinées à orienter l'appareil, se trouve un **moulinet** très léger à ailettes d'aluminium inclinées de façon à faire un tour pour un mètre de vent. Ce moulinet, à cause de sa légèreté, se met à tourner pour des vents extrêmement faibles, absolument inappréciables avec l'appareil de Robinson, et s'arrête instantanément, n'ayant aucune inertie, quand le vent tombe complètement.

L'axe du moulinet porte une vis sans fin qui engrène avec une série de roues dentées dont les engrenages sont calculés de telle sorte que la dernière roue fait un tour pour 10,000 tours du moulinet, soit pour un myriamètre de vent. La dernière roue porte un colimaçon qui soulève une goupille fixée à un bras de levier rappelé par un ressort. A mesure que le moulinet tourne, le colimaçon soulève la goupille, armant ainsi le ressort; aussitôt que le vent a fait 10,000 mètres, la goupille tombe au fond du colimaçon; le ressort rappelant le levier, ce dernier, par une tige qui se déplace horizontalement vient faire buter l'un sur l'autre deux contacts de platine fixés à l'extrémité de lames métalliques verticales formant ressorts. Le **contact** électrique ainsi établi ferme un circuit qui actionne un électro-aimant placé sur le mouvement d'horlogerie, les fils électriques passant dans la tige creuse de la girouette. L'armature mobile de cet électro-aimant porte une plume qui, en temps ordinaire, écrit un trait vertical continu sur une bande de papier immobile placée parallèlement au cylindre. Quand le circuit dont nous venons de parler se ferme, l'armature qui porte la plume est attirée et trace un trait transversal sur la bande de papier, indiquant qu'il y a 10,000 mètres de vent passé.



Anémomètre enregistreur

En même temps que l'armature mobile de l'électro-aimant placé sur le mouvement d'horlogerie a tracé son trait transversal, elle a **établi un contact** et fermé un second circuit passant par un autre électro-aimant placé à côté du premier contact qui est **resté établi**; ce second électro-aimant entre donc en fonction et dans son mouvement l'armature mobile fait sauter la tige horizontale qui maintenait fermé le premier circuit; le premier circuit rompu, le second se rompt également et tout rentre au repos, jusqu'à ce que le moulinet ayant fait de nouveau 10,000 tours, la succession des contacts et des ruptures se reproduisent.

Si l'on a bien compris la fonction des deux électro-aimants, on voit que le contact constatant qu'il y a 10,000 tours de moulinet ne peut cesser que lorsque le trait qui l'enregistre a été tracé et qu'il ne peut se produire plusieurs contacts successifs. La fermeture des deux courants et l'inscription ne demandant qu'un vingtième de seconde environ, on conçoit combien les piles peuvent durer de temps avec un emploi aussi court.

L'enregistrement de la vitesse peut donner les kilomètres de vent au lieu des myriamètres. C'est une simple question d'engrenages.

Tous les jours on change le papier du cylindre, lequel donne le diagramme de la **direction** et on colle sur la marge inférieure la bande de papier qui porte le diagramme de la **vitesse**.

Ce système d'anémomètre est le plus simple; il nécessite malheureusement de placer l'appareil enregistreur dans l'immeuble au dessus duquel est monté la girouette.

Dans le cas où les circonstances ne se prêtent pas à une semblable installation, il faut adopter un **système enregistrant électriquement la direction et la vitesse** du vent.

L'appareil est alors établi de la façon suivante :

L'organe **récepteur** de la vitesse et de la direction du vent est le même que précédemment; une girouette montée sur galet portant un moulinet extra-léger.

Pour transmettre la **direction** prise par la girouette, on munit celle-ci d'un bras vertical qui descend extérieurement à la hampe et qui, portant un contact de platine, vient frotter constamment sur un collier de substance isolante fixé à la hampe même. Sur ce collier se trouvent autant de touches métalliques qu'on veut avoir de directions enregistrées, soit 4, soit 8, soit plus encore.

De chacune de ces touches, qui sont naturellement verticales et noyées dans la substance isolante, de façon à ce que le contact frotteur ne rencontre aucune aspérité en tournant autour du collier, part un fil électrique qui se rend à une touche semblable placée sur un secteur de matière isolante faisant partie de l'instrument enregistreur proprement dit.

Sur ce secteur, à des intervalles de temps réguliers et par le moyen d'un mouvement d'horlogerie qui produit des déclenchements automatiques, passe un contact frotteur relié à un électro-aimant dont l'armature mobile commande un style. Ce style parcourt la hauteur d'un cylindre tournant en fonction du temps, en même temps que le contact frotteur passe sur les touches métalliques du secteur. Un fil de retour réunissant les massifs de la girouette et de l'enregistreur, on comprend facilement qu'au moment où le contact de l'enregistreur passe sur la touche métallique communiquant avec celle du collier à laquelle adhère à ce moment le contact de la girouette, le circuit se trouve fermé, l'électro-aimant entre en fonction, rapprochant la plume dont le style est muni du papier et marquant ainsi un point sur l'abscisse correspondant à la touche métallique et, par conséquent, à l'orientation momentanée de la girouette.

Le diagramme de la **direction** du vent sera donc donné par une série de points très rapprochés les uns des autres.

La **vitesse** du vent est enregistrée par un électro-aimant placé sur le bâti de l'enregistreur et traçant un trait vertical sur le papier du cylindre au-dessous du diagramme de la direction chaque fois qu'il y a un kilomètre de vent passé. On a donc ainsi les deux indications, **vitesse** et **direction** sur la même feuille de papier.

Ce système a l'avantage de permettre l'enregistrement à une distance quelconque de l'endroit où est placé l'appareil récepteur de la force et de la direction du vent.

Un **troisième système** consiste à employer comme anémomètre un **Indicateur de vitesse** qui donne alors le diagramme direct de la vitesse du vent, c'est-à-dire la courbe du nombre de tours par secondes du moulinet.

Lorsqu'on emploie cet appareil, il est utile de lui adjoindre un **Compteur totalisateur chronographique** qui donne le **total** du chemin parcouru par le Vent.

On trouvera au chapitre de l'Industrie, page 57, la description de l'Indicateur de vitesse.

Quant au **Compteur totalisateur chronographique**, il forme par lui-même

un excellent enregistreur anémométrique. Il donne en effet la vitesse moyenne du vent à des intervalles de temps très rapprochés (toutes les cinq minutes) en même temps qu'il fournit le total du chemin parcouru.

L'appareil perceur du vent est le même que celui décrit page 31, avec cette variante que le contact électrique est établi pour chaque hectomètre de vent passé, soit pour cent tours du moulinet. Le contact ainsi produit ferme un circuit passant par l'électro-aimant de l'enregistreur dont l'armature mobile mise en mouvement déclanche un rouage d'horlogerie. Le rouage défile pendant une seconde environ, entraînant au moyen d'un rouleau une bande de papier provenant d'un magasin semblable à ceux employés en télégraphie. En même temps que le papier se déroule ainsi d'une quantité constante pour chaque déclanchement, le rouleau, étant divisé et encre, imprime une division à sa surface. La bande de papier vient passer sous une plume, qui, toutes les cinq minutes fait un trait transversal court, et toutes les heures un trait long.

L'avantage de cette disposition est de soustraire les indications enregistrées aux erreurs que pourraient produire l'allongement du papier sous l'influence de l'hygrométrie de l'air.

Chaque division imprimée sur le papier correspond, par suite de cet ensemble, à un hectomètre de vent et la quantité de divisions placées entre deux traits transversaux tracés par la plume, donne la vitesse moyenne du vent, pendant un intervalle de temps de cinq minutes.

Pour connaître la **vitesse** du vent, à un moment donné, il suffit donc de voir combien d'hectomètres sont passés en cinq minutes, et pour savoir la **somme** totale du Vent, au bout d'une journée, de lire la longueur du papier, les divisions imprimées par le cylindre étant à une échelle métrique.

VII. — Actinomètres enregistreurs

La construction de l'actinomètre nous a fourni l'occasion de résoudre un problème assez difficile dont la solution a permis l'établissement de nombreux appareils thermométriques basés sur le même principe.

Nous allons donner d'abord la théorie de ce principe commun.

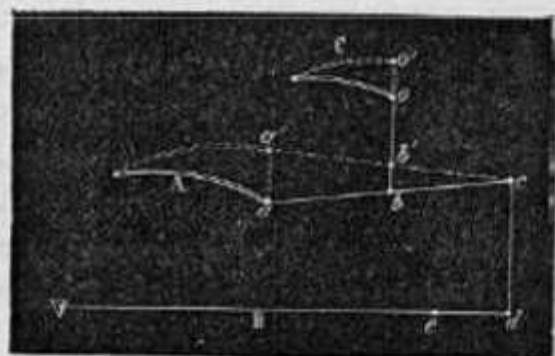
Le théorème était celui-ci : « Un récepteur thermométrique, placé dans un milieu isolé, doit transmettre les indications qu'il reçoit, de manière à commander, en dehors de ce milieu, le système enregistreur chargé d'en inscrire le diagramme. »

Nous sommes arrivés au résultat cherché par le dispositif suivant.

Un réservoir métallique ou ampoule placé dans le milieu dont on veut connaître la température, communique, par un tube filiforme avec un tube thermométrique ordinaire et l'ensemble est rempli d'un liquide dilatable. La température du milieu où est placée l'ampoule venant à changer, à s'élever par exemple, le liquide qu'elle contient se dilate et se rend dans le tube thermométrique dont il change la courbure. Ce dernier tube commandant le style habituel portant la plume, la dilatation du liquide de l'ampoule et par suite la température est inscrite sur le papier porté par le cylindre.

Mais l'instrument ainsi construit aurait un grave inconvénient; en effet, le tube chargé de transmettre au style la température de l'ampoule forme thermomètre, il est donc évident que si la température de l'endroit où est l'enregistreur proprement dit vient à changer, le tube ayant une marche par lui-même, viendra altérer le diagramme de la température de l'ampoule. Il est donc nécessaire d'ajouter à l'instrument un système qui annule exactement la marche du tube thermométrique sous l'influence de la température ambiante.

Nous sommes arrivés à ce résultat au moyen d'un deuxième tube qui détruit les effets du premier et compense exactement son action.



Voici la théorie de cette fonction :

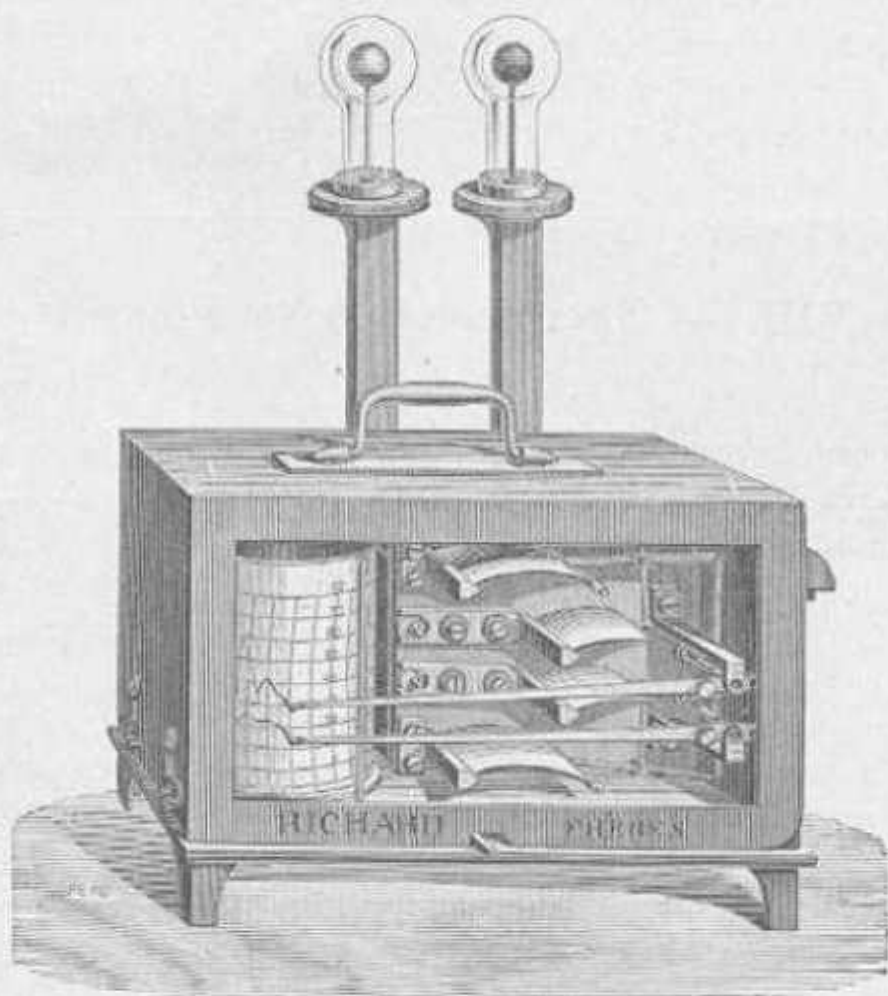
Soit le tube A relié à l'ampoule réceptrice de la température du milieu isolé; fixé par une de ses extrémités il commande par son autre extrémité libre *a* le style B portant la plume, au moyen du levier *a b c* mobile autour de l'axe *b*, de la bielle *c d* et du levier *d e*.

Pour que le diagramme donné soit réellement et exactement celui de la température de l'ampoule, il est nécessaire que la plume et le style restent immobiles, quels que soient les mouvements que prenne le tube A sous l'influence de la température ambiante de l'endroit où le système enregistreur proprement dit est placé. Supposons donc que cette température s'élève et fasse venir l'extrémité mobile *a* en *a'*, pour que la plume ne change pas de place il faut et il suffit que l'ensemble *c d e*, c'est-à-dire le point *c* restent immobiles. Il faut donc que la température qui a amené le point *a* en *a'* amène l'axe d'oscillation *b* en *b'*. Nous obtiendrons ce résultat en plaçant un second tube C dont le mouvement thermométrique sera tel, qu'il

amènera toujours l'axe d'oscillation au point voulu pour annuler l'effet du tube A. Il suffit pour cela que la marche du tube C soit à celle du tube A comme $\frac{b \cdot b'}{a \cdot a'}$, c'est-à-dire comme $\frac{b \cdot c}{a \cdot c}$. En pratique, ce résultat s'obtient d'une façon parfaite.

La construction de thermomètres, écrivant au dehors d'un milieu isolé la température de ce milieu, étant ainsi possible, nous avons pu établir non-seulement les **actinomètres**, mais encore les **thermomètres sous-marins**, les **thermomètres terrestres**, les **thermomètres de laboratoire** et de **médecine**, enfin les **appareils industriels** destinés à indiquer ou à enregistrer les températures de **diffuseurs** pour la **sucrerie**, de certains **bouilleurs** pour la **raffinerie**, de **colonnes à rectifier** pour la **distillerie**, etc., etc.

Actinomètre à boules



Actinomètre à boules

Deux sphères creuses en cuivre, l'une argentée et polie, l'autre noircie et mate, sont placées chacune dans un ballon de verre fermé hermétiquement et vide d'air. Chaque sphère est maintenue au milieu du ballon par un tube filiforme qui la fait communiquer avec un tube thermométrique commandant le style et la plume enregistreurs.

L'ensemble de la sphère et des tubes filiforme et thermométrique est rempli d'alcool. Les boules s'échauffant différemment sous les rayons du soleil, le liquide qu'elles contiennent se rend dans les tubes thermométriques et en change la courbure. Le mouvement des deux tubes ainsi produit est transmis aux styles par le système de leviers muni des compensateurs et les deux plumes fournissant les diagrammes du thermomètre noir et celui du thermomètre brillant les écrivent sur un cylindre unique.

On voit que cet instrument répond exactement aux conditions d'un bon actinomètre ; la partie de l'instrument chargée de parcourir la température étant enveloppée d'un ballon de verre dans lequel le vide est fait. Afin qu'on puisse toujours vérifier le degré de vide existant dans le ballon, nous le relierons à un petit manomètre placé sur le bâti de l'appareil.

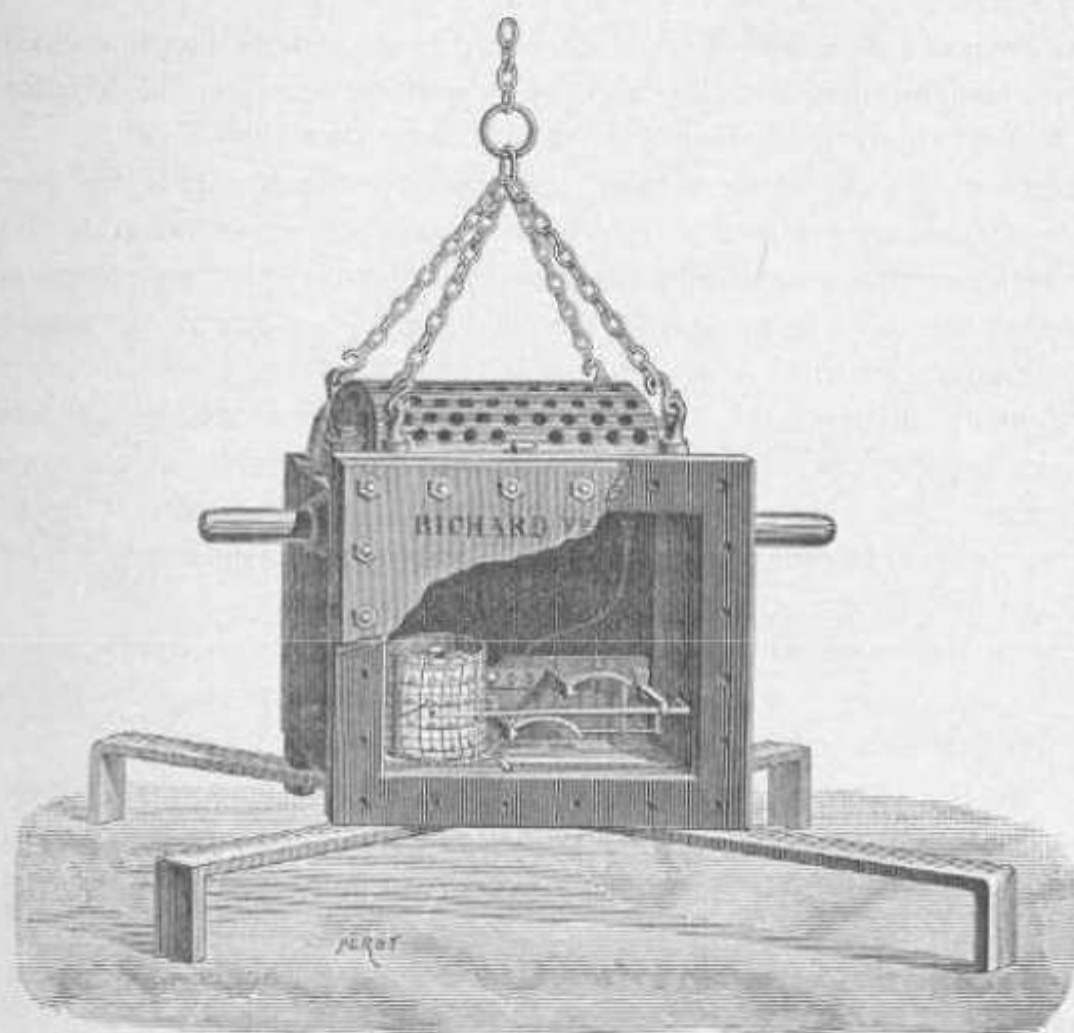
VIII. — Thermomètres sous-marins

Le thermomètre sous-marin représenté par la vignette ci-jointe, a été commandé par M. Pouchet, directeur du laboratoire maritime de Concarneau, au nom de l'Association française. Il est immergé à un mille de la côte par 40 mètres de profondeur, et tous les quinze jours il est relevé pour la manipulation de l'enregistreur, c'est-à-dire le changement de papier et la remise en état de la plume.

Il se compose d'une caisse en fonte étanche reposant sur le sol sous-marin au moyen de quatre pieds. La partie antérieure est un plateau qui se monte sur la caisse au moyen de boulons en faisant serrage sur un cadre de caoutchouc, pour obtenir une obturation parfaite.

Sur la caisse est fixée une grille qui empêche le récepteur de température placé entre cette grille et la caisse de fonte d'être endommagé par les chaînes qui servent à retenir l'appareil.

Le récepteur de température est un cylindre creux de laiton argenté, mesurant 0,140 de long. et 0,009 de diamètre. N'ayant que trois dixièmes de millim. d'épaisseur, il prend très facilement la température de l'eau de mer avec laquelle il est en contact immédiat et communique avec un tube thermométrique placé



Thermomètre sous-marin

ainsi que tout le système enregistreur dans l'intérieur de la caisse, au moyen d'un tube filiforme qui y pénètre par une ouverture munie d'un presse-étoupe.

Le fonctionnement est le même que dans l'actinomètre à boules. La seule particularité est que le cylindre sur lequel s'inscrivent les diagrammes fait sa révolution en quinze jours afin de diminuer les opérations du relevage.

IX. — Statoscope

Cet instrument est par le fait de sa construction un **baromètre à air**, susceptible de donner d'une façon lisible les différences infinitésimales de la pression atmosphérique.

Il se compose d'un réservoir d'air en métal d'une capacité d'un litre environ, mis en communication avec l'intérieur d'un manomètre susceptible d'indiquer des différences de pression équivalant à un dixième de millim. d'eau.

Si l'on suppose que la température ambiante reste constante, le diaphragme du manomètre étant soumis d'un côté à la pression atmosphérique et de l'autre à la pression constante existant à l'intérieur du réservoir d'air, on a donc ainsi un baromètre sensible au dixième de millim. d'eau, c'est-à-dire au cent trentième de millim. de mercure.

Les limites de la marche à donner à l'aiguille de l'instrument, qu'il soit à cadran ou enregistreur, étant très faibles à cause de sa sensibilité, on est obligé de le remettre au zéro, c'est-à-dire de rétablir l'équilibre entre la pression atmosphérique et la pression du réservoir, aussitôt que la différence atteint le maximum indiqué par la graduation.

Cette opération se fait au moyen d'un petit robinet, qu'en temps ordinaire on laisse ouvert ; au moment de faire les expériences nécessaires il suffit de le fermer pour mettre l'instrument en fonction.

Quoique les observations à faire à l'aide du statoscope ne soient jamais de longue durée et que par suite on puisse négliger l'effet de la température ambiante sur l'air du réservoir pendant ce temps, nous avons cru devoir détruire toute cause d'erreur en enfermant l'appareil dans une caisse de bois capitonnée de laine et de crin. On l'observe alors au travers d'une double paroi de verre.

Le statoscope enregistreur muni d'un cylindre à rotation rapide permet d'obtenir des diagrammes extrêmement curieux de la pression atmosphérique pendant les orages.

Cet instrument avait été primitivement construit pour fournir aux aéronautes un moyen exact de connaître si un ballon est dans un mouvement ascendant ou descendant. Il suffit en effet, s'il est accroché dans la nacelle, de fermer le robinet et d'observer l'aiguille, la pression atmosphérique agissant aussitôt sur le manomètre extra-sensible.

C'est à cause de cette fonction que nous lui avons donné le nom de **statoscope**, dont l'étymologie est peut-être un peu risquée, étant pour les deux mots qui le composent, de racine grecque et latine.

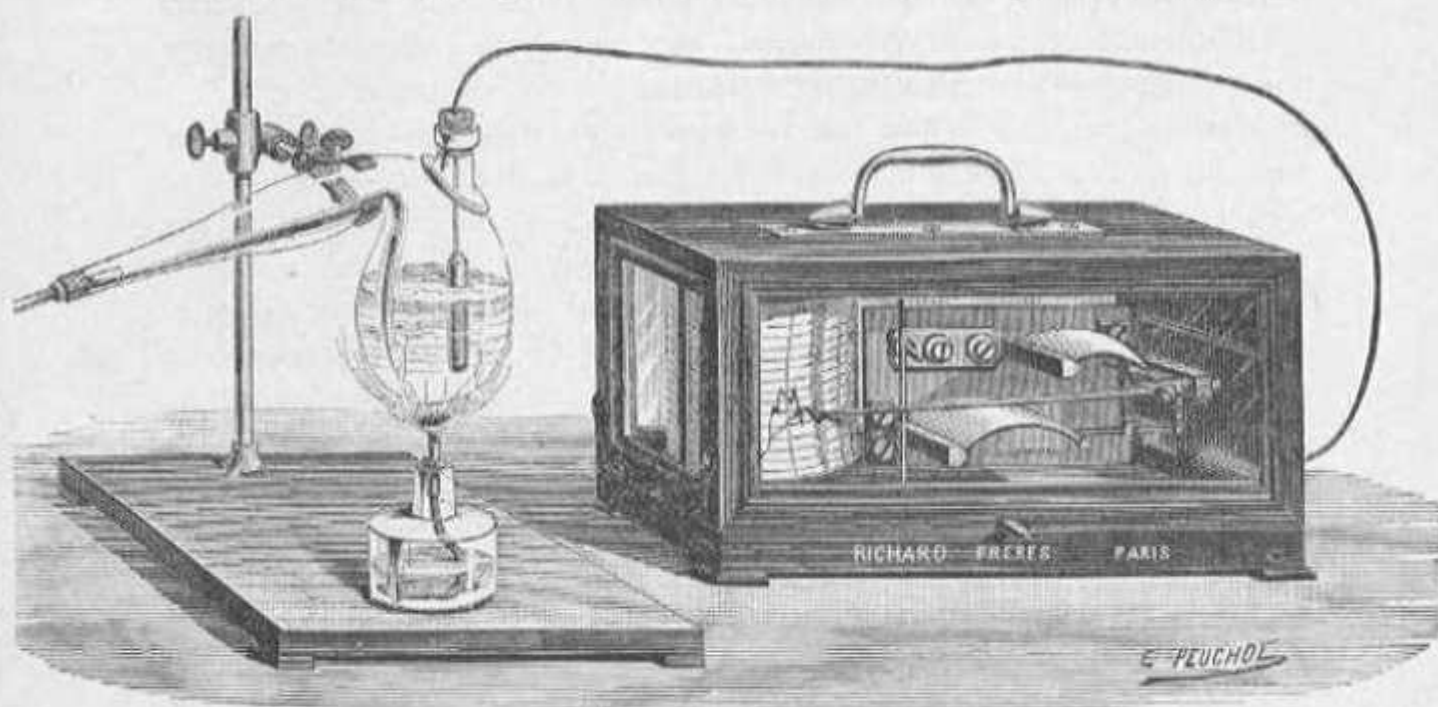
Chapitre 2^{me}. — MÉDECINE ET CHIMIE

Ce chapitre comprend: 1^o les **Thermomètres de laboratoire** qui servent à prendre les températures, soit dans les vases où se produisent des réactions chimiques, soit dans les étuves de Wiesnegg, etc.; 2^o les **Thermomètres médicaux** dont un des deux systèmes exposés est exactement le même que celui du thermomètre de laboratoire.

Thermomètre de Laboratoire

Ce thermomètre est construit d'après les principes exposés au chapitre de l'Actinomètre.

Il se compose d'un réservoir de forme cylindrique mis en communication avec un tube Bourdon par un tube de cuivre souple filiforme dont la longueur peut atteindre quatre mètres. Le tout est rempli exactement de



Thermomètre de laboratoire

liquide dilatable. L'action de la température ambiante sur le liquide contenu dans le tube filiforme et dans le tube manométrique est compensée au moyen d'un second tube, comme il a été expliqué plus haut.

On place l'ampoule dans le milieu dont on veut connaître la température et on obtient directement le diagramme de cette température sur le cylindre de l'instrument, qui peut être placé sur une console à l'abri des émanations toujours nuisibles d'un laboratoire.

Thermomètres médicaux

Nous avons deux systèmes de thermomètres médicaux. L'un construit exactement comme le thermomètre de laboratoire, avec cette seule modification que le récipient a la forme d'une lentille, afin de s'appliquer facilement sur le corps du malade. On peut encore le faire cylindrique dans le cas où l'on voudrait enregistrer la température rectale. L'échelle de ce thermomètre est de $2^{\circ}/m$ pour un degré centigrade.

Le second système est à transmission électrique et du même genre que celui adopté pour l'enregistrement électrique de la direction d'une girouette.

L'instrument percepteur des températures se compose d'un thermomètre d'une forme tout-à-fait nouvelle. Le liquide dilatable se trouve placé dans un récipient de forme aplatie dont les parois sont rigides, de façon à résister aux chocs ou à la pression et à s'appliquer exactement sur le corps. Ce récipient a une paroi souple, comme celles des boîtes anéroïdes, qui transmet à une aiguille la dilatation du liquide sous l'influence de la chaleur.

L'aiguille se déplace devant un cadran formé d'une substance isolante, portant des divisions métalliques correspondant aux degrés et fractions de degré et se trouve munie d'un contact qui frotte constamment sur le cadran.

De chacune de ces divisions métalliques part un fil électrique qui vient aboutir à une division semblable fixée sur un secteur placé sur l'enregistreur dont tous les organes sont disposés de la même façon que pour l'anémomètre décrit page 31.

Chaque fois que, dans le mouvement ascendant ou descendant que fait la plume par suite du déclenchement du mouvement d'horlogerie, le contact frotteur de l'enregistreur passe sur la division communiquant avec celle à laquelle adhère l'aiguille du thermomètre, le circuit électrique se ferme, la plume est

rapprochée du cylindre et trace un point ou un trait sur l'abscisse du papier correspondant au degré thermométrique existant à ce moment.

Dans cet appareil, on peut établir 4 contacts par degré centigrade, ce qui permet d'obtenir une approximation très-suffisante pour les recherches médicales.

Dans la création de cet appareil, il revient une part d'étude importante à M. le Docteur de Pezzer pour lequel le premier instrument de ce genre a été construit.

Chapitre 3^{me}. — MICROGRAPHIE

Nous avons construit, pour le service micrographique de l'Observatoire de Montsouris, si excellemment dirigé par M. le Docteur Miquel, plusieurs instruments. M. le Docteur Miquel lui-même a établi divers appareils à l'aide de nos cylindres enregistreurs.

Dans ces appareils, il est facile de comprendre qu'il n'y a plus ni plume ni style, c'est l'air qui est chargé de transporter sur le cylindre ou sur les lames de verre, les poussières, les bactéries, spores, etc.

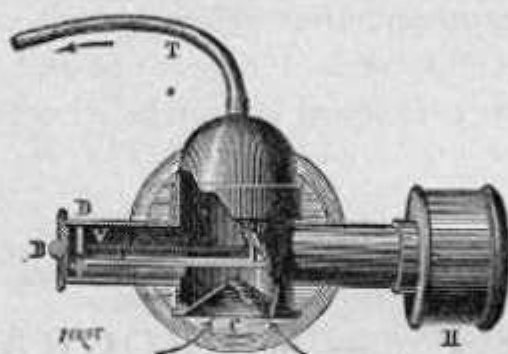
L'organe principal de tous ces appareils est donc un aspirateur quelconque. C'est la trompe hydraulique qui est employée à Montsouris.

Parmi les instruments du docteur Miquel, nous citerons l'aéroscope enregistreur, l'aéroscope-girouette enregistreur et l'appareil enregistreur des bactéries.

Aérosopes Enregistreurs

L'aéroscope enregistreur est un appareil destiné à recevoir aux différentes heures de la journée, les corps qui flottent dans l'atmosphère sur une glace mince afin de les étudier au microscope. A cet effet, une lame de verre est fixée sur un petit chariot, mû par un mouvement d'horlogerie, au moyen d'une vis. Elle se déplace ainsi longitudinalement d'un mouvement continu devant une petite ouverture par laquelle arrive, du dehors, une quantité connue d'air entraîné par un aspirateur.

La lame de verre étant enduite d'une matière légèrement collante, les bactéries de l'air viennent s'y fixer, et l'examen au microscope en fait connaître la quantité, la qualité et l'heure à laquelle elles ont été fixées.



Aéroscope enregistreur de M. le Docteur Miquel

(Gravure extraite de l'Annuaire de Montsouris, 1884, Gauthier-Villars, éd.)

Cet appareil est d'un prix assez élevé; nous l'avons un peu simplifié en remplaçant la bande de verre par un disque qui tourne en fonction du temps, placé de façon à ce que l'ouverture par laquelle pénètre l'air frappe à une certaine distance du centre du disque.

Ce système nous a permis de construire des **aérosopes enregistreurs à girouette**.

Dans cet appareil, il n'y a plus d'aspirateur, c'est le vent qui apporte ses germes par une ouverture en forme de pavillon qui se trouve toujours orienté contre le vent.

M. le docteur Miquel a construit à l'aide de nos cylindres à mouvement continu un **enregistreur des bactéries** très intéressant dont nous empruntons la description et la figure à l'Annuaire météorologique de Montsouris 1885 (Gauthier-Villars, édit.)

« La *fig. 24* représente mon appareil enregistreur des **bactéries atmosphériques**, dont les pièces essentielles sont: une cloche de verre et un mouvement d'horlogerie de MM. Richard frères.

« La cloche tubulée en haut est percée latéralement d'une fente verticale *Ff*, que l'air traverse pendant l'aspiration; les bords de la cloche reposent dans le fond d'une rigole circulaire pleine de mercure pratiquée sur un plateau de bois.

« Le mouvement d'horlogerie, solidement fixé sur un pied, entraîne, dans sa rotation, un cylindre d'ébonite de grand diamètre. Sur ce cylindre est

« placée une bande de papier nutritif HH qui présente successivement toute
 « sa surface à l'ouverture linéaire pratiquée dans la paroi de la cloche.
 « Pendant l'aspiration les poussières de l'air viennent se déposer systémati-
 « quement sur le papier nutritif humide.

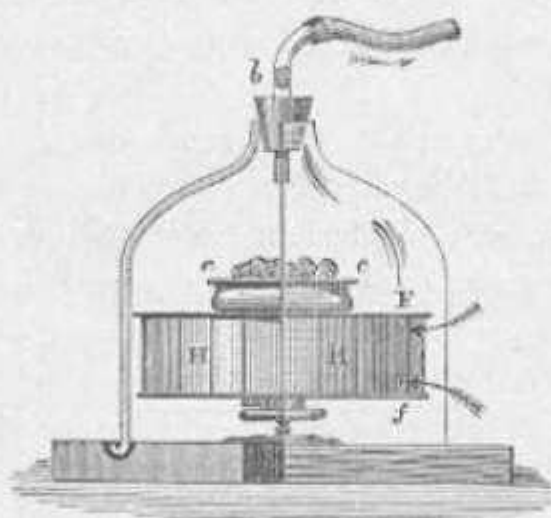


Fig. 24. — Aéroscope enregistreur des bactéries atmosphériques
 (Gravure extraite de l'Annuaire de Montsouris, 1885. Gauthier-Villars, éd.)

« Voici maintenant la marche à suivre pour obtenir au moyen de cet
 « aéroscope une image des variations horaires des **bactéries** en *nombre* et
 « en *nature* :

« 1° L'intérieur de la cloche, le mouvement d'horlogerie, le pied que
 « soutient le plateau sont enduits soigneusement d'une couche de vaseline ;
 « la surface du mercure est recouverte d'un peu de glycérine saturée de
 « sublimé corrosif.

« 2° Le cylindre d'ébonite recouvert de sa bande de papier nutritif est
 « porté à l'autoclave dans un bain de vapeur d'eau maintenue pendant une
 « heure à 110°. A sa sortie de l'appareil stérilisateur, on fait tourner pendant
 « quelques instants dans un jet de vapeur en condensation le papier enduit
 « de gelée qui se gonfle rapidement,

« 3° La cloche soulevée, le cylindre est placé sur le mouvement d'horlo-
 « gerie qui le reçoit dans des crans d'arrêt et l'entraîne concentriquement
 « dans son mouvement de rotation uniforme ; pour préserver la dessiccation
 « de la gelée répandue sur le papier, on place dans l'intérieur de la cloche
 « un cristalliseur contenant quelques morceaux d'éponge imbibés d'une

« solution de bi-chlorure de mercure, ou de tout autre anti-septique puissant
« non volatil.

« 4° Au commencement de l'expérience on note le moment du départ ;
« par un trait sur le papier, on détermine une aspiration lente et uniforme,
« 50, 80 et même 100^{lit.} à l'heure. Au bout de 24^h l'expérience étant
« terminée, on suspend l'aspiration, et l'on marque par un second trait
« l'heure de l'arrivée.

« 5° Il reste à faire développer les germes des poussières fixées sur la
« bande de papier nutritif; pour cela, on enlève le cylindre qu'on place
« sous une seconde cloche également vaselinée, et l'on attend pendant
« huit ou dix jours l'apparition des colonies microbiennes; le plus souvent
« on voit aussi naître sur la gelée des moisissures qui ont beaucoup de
« tendance à être envahissantes; mais, comme on ne veut pas les compter,
« on a peu à se préoccuper des flots multiples qu'elles forment, jusqu'au
« moment où elles deviennent gênantes.

« 6° La durée d'incubation jugée suffisante, on enlève le papier sur le
« cylindre, on le fait sécher à une douce chaleur, et, en moins d'une heure
« les colonies développées sont fixées et comme imprimées sur le papier;
« on peut alors les compter à l'aise, étudier leur caractère microscopique.
« Si le doute existe sur la nature d'une espèce, on met un peu d'eau sur
« la tâche à examiner, la gélatine gonfle, l'organisme reprend son état de
« fraîcheur et fait l'objet d'une préparation microscopique. Quoi qu'il en
« soit, la bande de papier devient un document qui peut être conservé et
« photographié au besoin. »

Nous avons traité rapidement cette question de Micrographie, tant au point de vue des instruments que M. le docteur Miquel a bien voulu nous faire construire qu'à celui du parti qu'il a tiré des organes de nos instruments enregistreurs. On trouvera, d'ailleurs, les excellents mémoires qu'il a écrits à ce sujet dans les annuaires de l'Observatoire de Montsouris, années 1879 à 1886.

Chapitre 4. -- SERVICE DES PONTS & CHAUSSEES

Indépendamment des appareils de météorologie et de mécanique qui sont constamment employés par les « Ponts-et-Chaussées » nous avons eu à établir des instruments spéciaux à ce Service.

Ce sont les **Marégraphes** et les **Enregistreurs de niveau**.

Les **Marégraphes** ont été construits à l'aide de manomètres indiquant la hauteur de l'eau au-dessus d'un récipient élastique contenant de l'air. La sensibilité de l'appareil est assez grande pour pouvoir mesurer les centimètres d'eau. Les cylindres enregistreurs se font alors avec des vitesses variant de un à 90 jours pour une révolution.

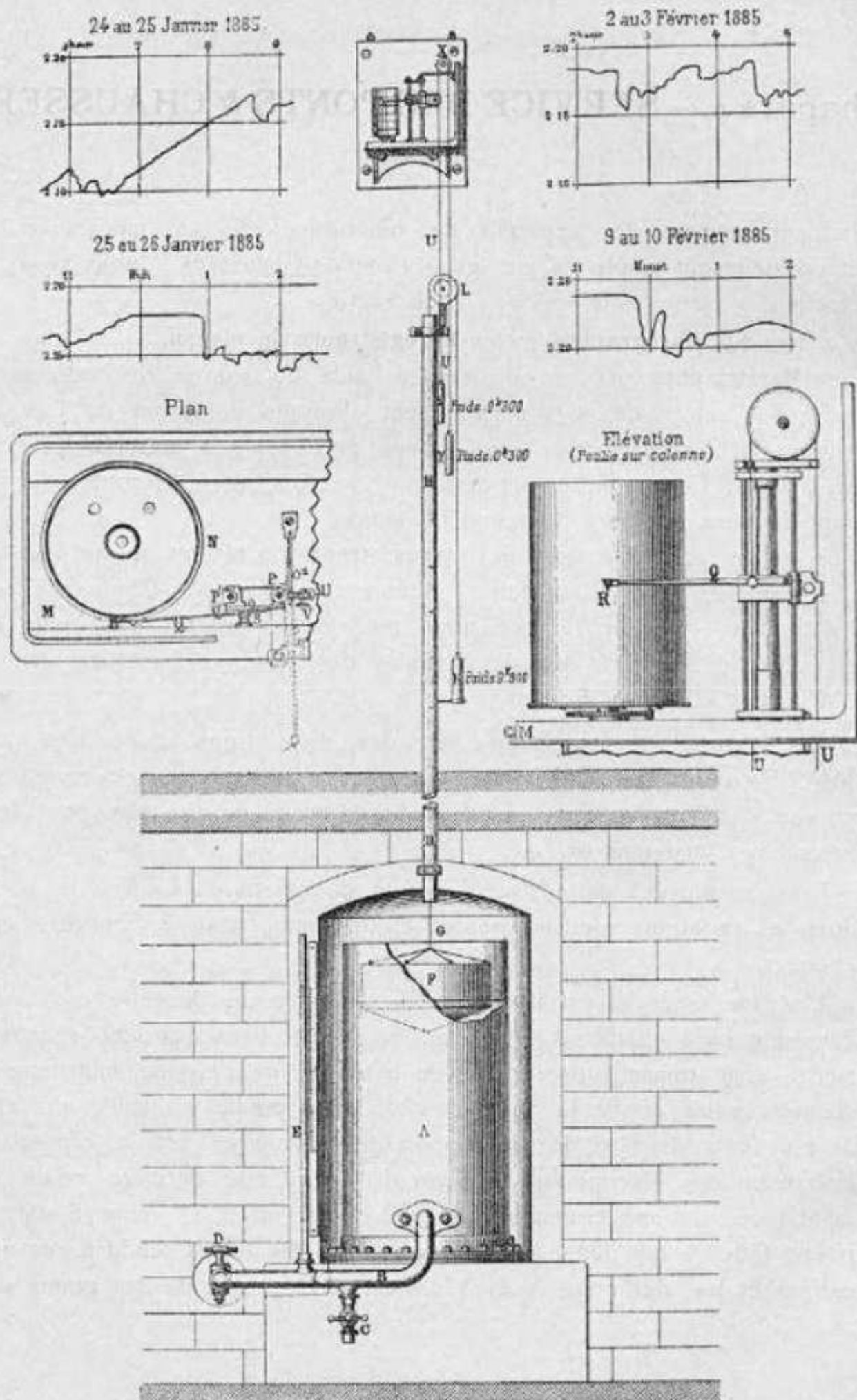
Les autres appareils sont des **enregistreurs de niveau** qui ont été faits sur la demande de M. Lechatelier, Ingénieur des Ponts-et-Chaussées.

La meilleure description que nous pouvons en donner est celle que M. Lechatelier a insérée dans les Annales des Ponts-et-chaussées, numéro de Mai 1885. (Dunod, Editeur.)

« Cet appareil a été établi sur des dispositions concertées avec
« MM. Richard frères, les habiles constructeurs d'instruments enregistreurs,
« en vue d'utiliser les organes fabriqués couramment par eux pour leurs
« baromètres, manomètres, etc.

« Il est employé à enregistrer le niveau du bassin de La Villette, niveau
« dont les variations sont incessantes et très importantes à connaître et à
« atténuer.

« L'organe essentiel est un flotteur F de 0^m30 de diamètre qui évolue
« dans une cuve en tôle A en connexion avec le bassin et dont les mouve-
« ments sont transmis par un fil en laiton G de 2/10 de millimètre de
« diamètre à une poulie L. Sur l'arbre de cette poulie est calée une autre
« de plus petit diamètre L'; le rapport des diamètres est le rapport de
« diminution des inscriptions de l'enregistreur. Cette dernière poulie est
« embrassée, sur une circonférence entière, par un fil U renvoyé sur une
« poulie folle X qui dépend de l'enregistreur. Ce fil est tendu à ses deux
« extrémités par des poids Y et Y'; il est serré en un de ses points dans



« une mâchoire assemblée à l'extrémité d'une lame de métal Q guidée
« verticalement.

« L'autre extrémité de cette lame porte une plume d'enregistrement R
« qui trace en ordonnées verticales les oscillations réduites du flotteur sur un
« cylindre à mouvement d'horlogerie N.

« La figure et sa légende donnent tous les détails de l'appareil.

« Parmi ces avantages, je citerai, son **bas prix**, sa **sensibilité** qui résulte
« du grand diamètre du flotteur et de la très faible raideur des fils en
« laiton employés aux transmissions; la **facilité** de son emploi, le flotteur
« étant placé dans une cave et l'appareil au premier étage, le fil de
« transmission pouvant recevoir des renvois multiples horizontaux et verticaux;
« la **simplicité** de son emploi, le soin de changer le papier d'enregistrement
« et d'entretenir la plume étant confié à un éclusier; enfin la facilité de son
« adaption à toutes circonstances avec telle réduction ou amplification
« qu'on veut des hauteurs à enregistrer.

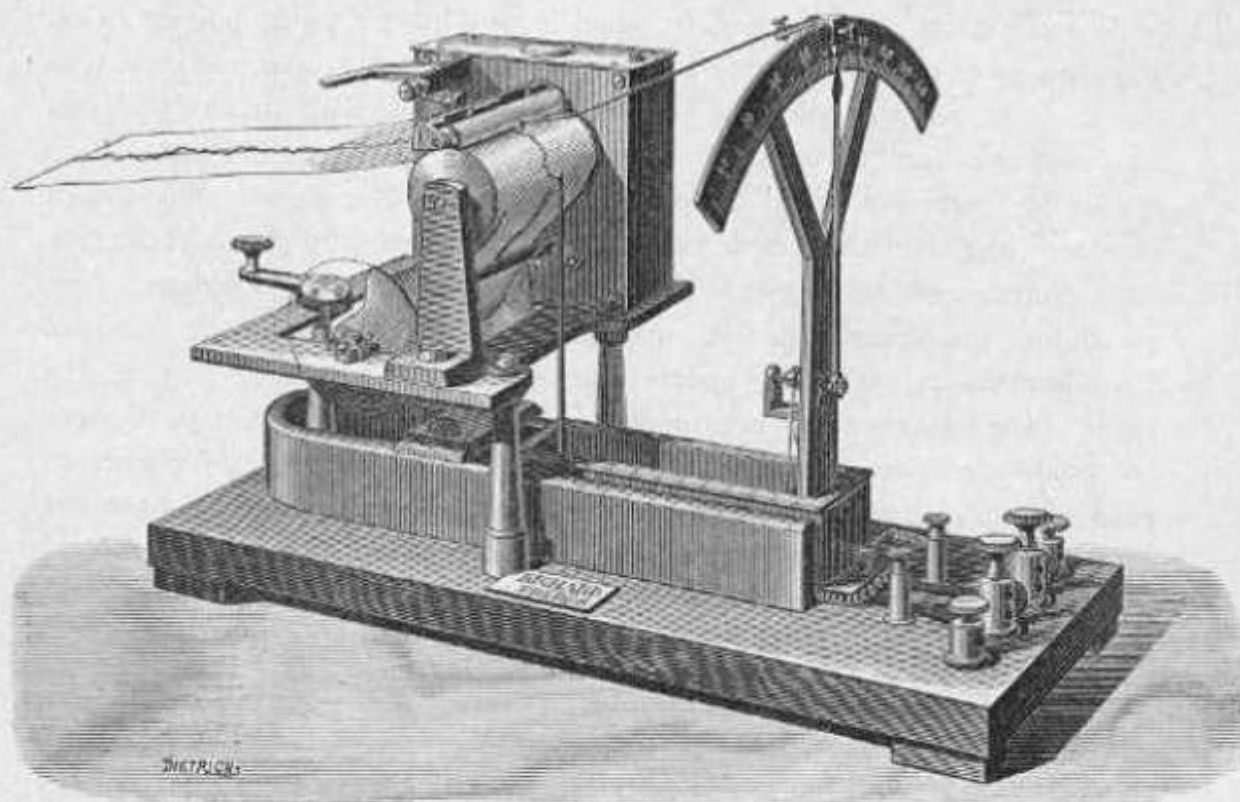
« J'ajoute enfin qu'il n'enregistre que le niveau piézométrique et n'est
« pas influencé par les variations fugitives du niveau superficiel, causées
« par le vent, par exemple. Ce résultat a été obtenu, d'abord en étranglant
« la communication de la cuve avec le bassin, puis, en adoptant pour
« toutes les parties mobiles, flotteur et contrepoids, des masses suffisamment
« grandes; une augmentation de ces masses accroît les frottements et diminue
« par conséquent la sensibilité, c'est-à-dire augmente l'amplitude des
« variations de niveau qui ne marquent pas. Par contre elle diminue
« l'accélération produite par une brusque variation d'amplitude donnée. Un
« assez long tâtonnement m'a amené à donner au contre-poids du flotteur
« un poids de 800 grammes et à ceux du fil conducteur de plume un
« poids de 300 grammes. Dans ces conditions, l'accélération produite par
« les variations fugitives du niveau est inférieure à la limite qui, elle-même,
« correspond à une figuration inférieure à l'épaisseur du trait d'enre-
« gistrement. »

Chapitre 5^{me}. — ELECTRICITÉ.

La méthode graphique trouve des applications très-importantes en électricité. Nous avons établi deux séries d'appareils qui doivent figurer dans toutes les installations électriques sérieuses.

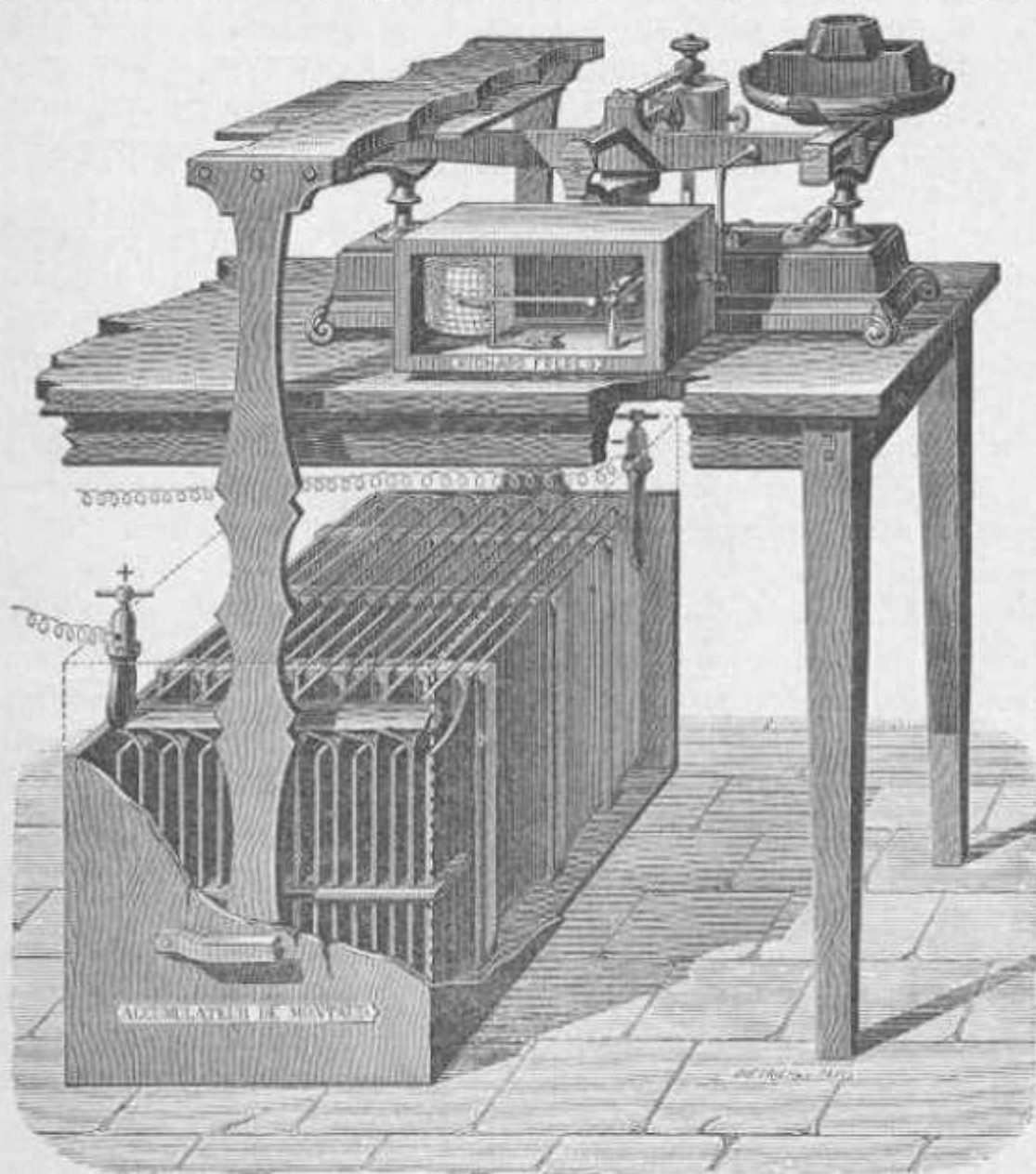
La première série comprend l'application à tous les instruments de mesure électrique (galvanomètre, etc., et plus spécialement Volt-mètre et Ampère-mètre) de notre système enregistreur qui donne ainsi le diagramme soit de la tension, soit de la quantité du courant fourni par les diverses sources : machines dynamo ou magnéto électriques, piles, accumulateurs, etc.

Un cylindre faisant un tour par heure ou par jour ou par semaine, etc., permet de donner à la courbe toute l'amplitude nécessaire aux observations habituelles ; mais dans le cas de charge des accumulateurs par une dynamo,



Galvanomètre Electrique Enregistreur donnant les Volts et les Ampères

ou plus généralement dans le cas de travail d'une dynamo sur une résistance quelconque, les variations deviennent trop brusques pour être facilement enregistrées par un cylindre, nous avons alors disposé un mouvement d'horlogerie qui fait passer sous la plume de l'appareil une bande de papier sans fin avec une vitesse qui peut atteindre un centimètre par minute.



Appareil Enregistreur de la charge et de la décharge des Accumulateurs

On parvient de cette façon à enregistrer les moindres variations et jusqu'aux à-coups de la courroie passant sur la poulie motrice.

Nous avons obtenu avec ces appareils des résultats très-curieux au sujet du rendement des sources habituellement employées.

La deuxième série est spécialement affectée aux **accumulateurs**.

Comme il n'existe pas d'appareils donnant le diagramme de la charge ou de la décharge, avertissant du moment précis où l'une quelconque de ces deux opérations est complète et où il est inutile de laisser la batterie d'accumulateurs en circuit fermé, on charge à tâtons et le plus souvent on dépense inutilement de la force sur un accumulateur complètement chargé, ou on laisse à moitié vide tel autre qui aurait emmagasiné bien plus d'électricité.

Notre appareil est basé sur ce fait qu'à mesure qu'un accumulateur se charge, le plomb se réduit ou s'oxyde, l'acide sulfurique qui avait formé du sulfate de plomb devient libre ou se mélange au liquide. L'accumulateur pendant la charge rejette donc un certain poids d'acide sulfurique, poids qui pour un appareil emmagasinant cent ampères heure va jusqu'à 373 grammes de perte. Une fois l'appareil chargé le poids devient constant. A la décharge les phénomènes inverses se produisent avec une augmentation de poids exactement semblable, soit pour l'accumulateur cité 373 grammes de charge.

M. B. de Montaud, Ingénieur électricien, a eu l'idée de mesurer cette diminution de poids au moyen de notre balance enregistreuse (voir page 28). Les résultats ont été parfaits, et le diagramme obtenu donne exactement la façon dont la charge de l'accumulateur se fait, avec tous les crochets que peut produire la variation de marche de la source électrique.

Lorsque l'accumulateur est chargé la courbe devient horizontale, indiquant ainsi qu'il est inutile de prolonger l'opération, l'accumulateur n'emmagasinant plus d'électricité.

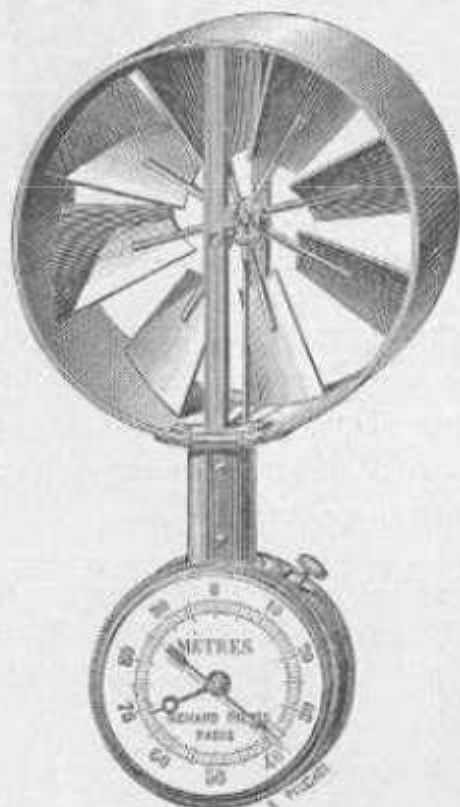
La balance par son oscillation fait agir un interrupteur automatique qui, si l'on charge, met l'appareil chargé hors de circuit et évite toute dépense inutile et qui pour la décharge, au-delà d'une certaine augmentation de poids, fonctionne et empêche l'appareil d'agir dans de mauvaises conditions.

Une seule balance suffit pour un nombre quelconque d'accumulateurs, car en ramenant au même type les appareils d'une même batterie (reliée en tension ou en quantité), il est évident que dès que l'accumulateur suspendu sous la balance est chargé, tous le sont de même.

Chapitre 6^{me}. — INDUSTRIE

Parmi les instruments applicables à l'Industrie que nous avons inventés ou perfectionnés, plusieurs ont déjà été décrits à cause de leur emploi dans les sciences, nous ne ferons donc que les rappeler, renvoyant les intéressés à la page où ils ont été étudiés en détail.

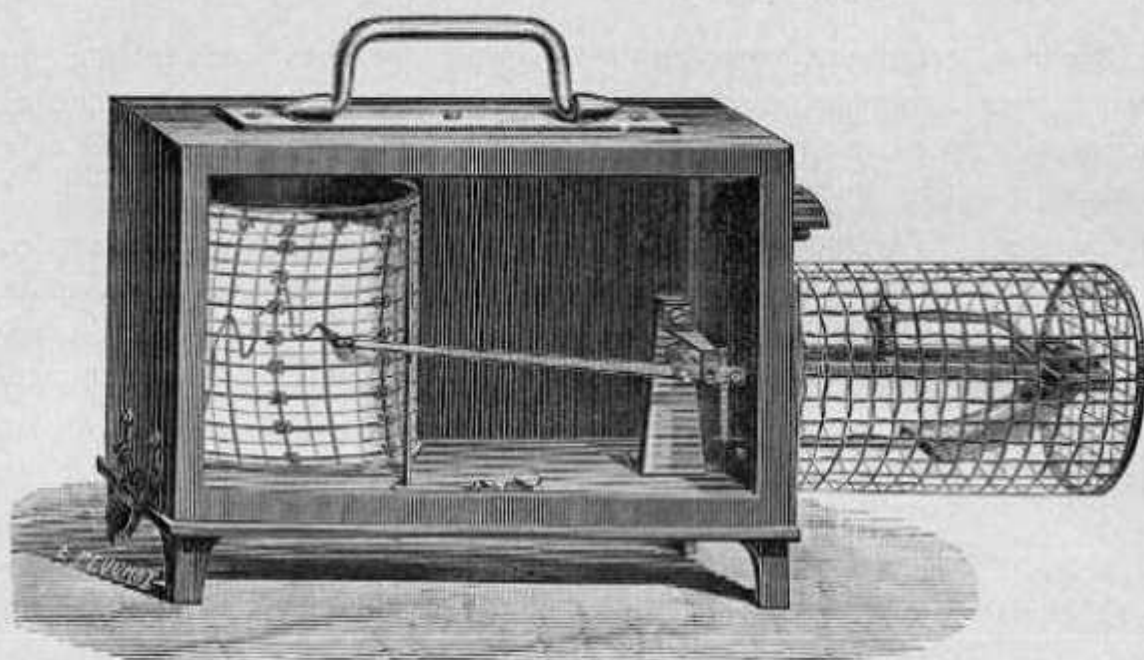
Ce sont : 1° l'**Anémomètre à cadran** qui a sa place marquée chez tous les Ingénieurs pour la mesure des déplacements de l'air soit dans les questions de chauffage, soit pour les aérations, ventilations, soit pour généraliser, dans toutes les installations où la vitesse des courants d'air joue un rôle important. (Voir page 31.)



Anémomètre à cadran

2° L'**Hygromètre enregistreur** ou à cadran dont l'usage tend à se généraliser dans les diverses fabriques où on s'occupe de séchage. (Voir page 20.)

3° Le **Thermomètre à tube extérieur**, qui n'a pas seulement son utilité dans la Météorologie et qui rend les services les plus signalés dans les diverses exploitations industrielles, où la température entre comme facteur important d'une fabrication. La brasserie avec ses **chambres de malt**, les produits



Thermomètre enregistreur à tube extérieur pour l'Industrie

chimiques avec leurs séchoirs, les teintureries ont tout intérêt à introduire dans leur installation l'élément scientifique qui permet d'obtenir les meilleurs rendements ; et quel est l'appareil qui sera le mieux à sa place dans les usines, si ce n'est l'enregistreur « *ce Veilleur qui jamais ne s'endort* » comme a dit un Anglais — « *A Watchman that never sleeps.* »

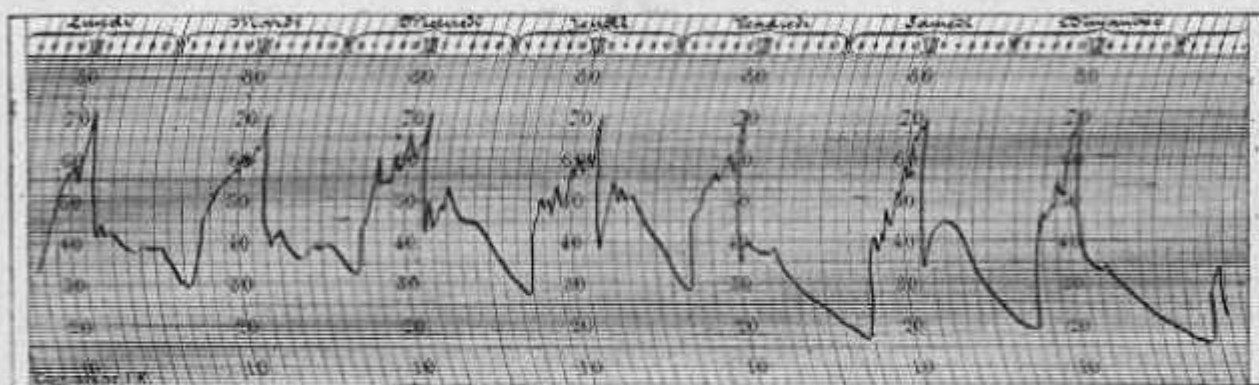


Diagramme donné par un Thermomètre à tube extérieur placé dans une chambre de Malt chez M. Jaujou à Nîmes.

Le **Thermomètre enregistreur industriel** possède les mêmes organes que celui que nous avons étudié page 18, le tube thermométrique est seulement enveloppé d'un tissu métallique destiné à le soustraire aux chocs malveillants ou autres ; la boîte est munie d'un cadenas et le liquide dilatable employé est choisi de façon à ce que son point d'ébullition soit assez élevé pour permettre l'emploi des appareils dans toutes les températures jusqu'à 300° centigrades. (1)

Avertisseurs électriques de températures maxima et minima

Avant de quitter la description de nos thermomètres à tube extérieur, nous signalerons une application que nous en avons faite à la construction de **thermomètres avertisseurs électriques**.

A cet effet, le tube thermométrique étant monté sur une platine métallique commande, par une simple bielle, une aiguille indiquant ainsi la température du milieu où l'instrument est placé. Sur le verre qui protège le cadran se trouvent deux index métalliques que l'on place sur les températures maxima ou minima dont on veut être averti. Le bouton de ces index et le massif de l'instrument sont réunis à une sonnerie électrique munie de sa pile. Quand la température s'abaisse au point minima ou s'élève au point maxima sur lesquels on a mis les index, le courant électrique se trouvant fermé, la sonnerie avertit l'observateur.

Cet instrument extrêmement solide, absolument inoxydable, puisqu'il ne possède aucune pièce de fer ou d'acier est d'un prix bien moins élevé que les instruments enregistreurs. Aussi a-t-il sa place indiquée dans les installations industrielles qui ne peuvent faire les frais de nombreux appareils enregistreurs, et dans lesquelles les températures maxima et minima sont seules utiles à

(1) Les papiers à diagrammes sont établis pour les divisions suivantes :

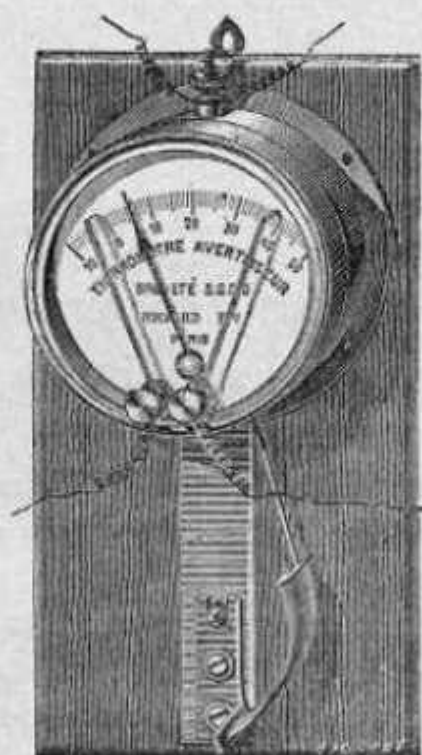
En Centigrade de — 35 à + 45, de — 15 à + 40, de — 5 à + 35, de — 5 à + 50, de 0 à 120, de 5 à 85, de 20 à 100, de 0 à 300, de 50 à 125, de 70 à 160 ;

En Réaumur de — 15 à + 38, de — 12 à + 32, de 5 à 68, de 15 à 78 ;

En Farenheit de — 32 à + 112, de 5 à 100, de — 20 à + 110, de 51 à 75, de 68 à 212.

Sur demande spéciale nous donnons aux instruments les divisions que l'on désire.

connaître, dans l'agriculture pour la préservation des vignes de la gelée, enfin dans les serres et les installations horticoles. La vie domestique et l'hygiène



Thermomètre Avertisseur électrique

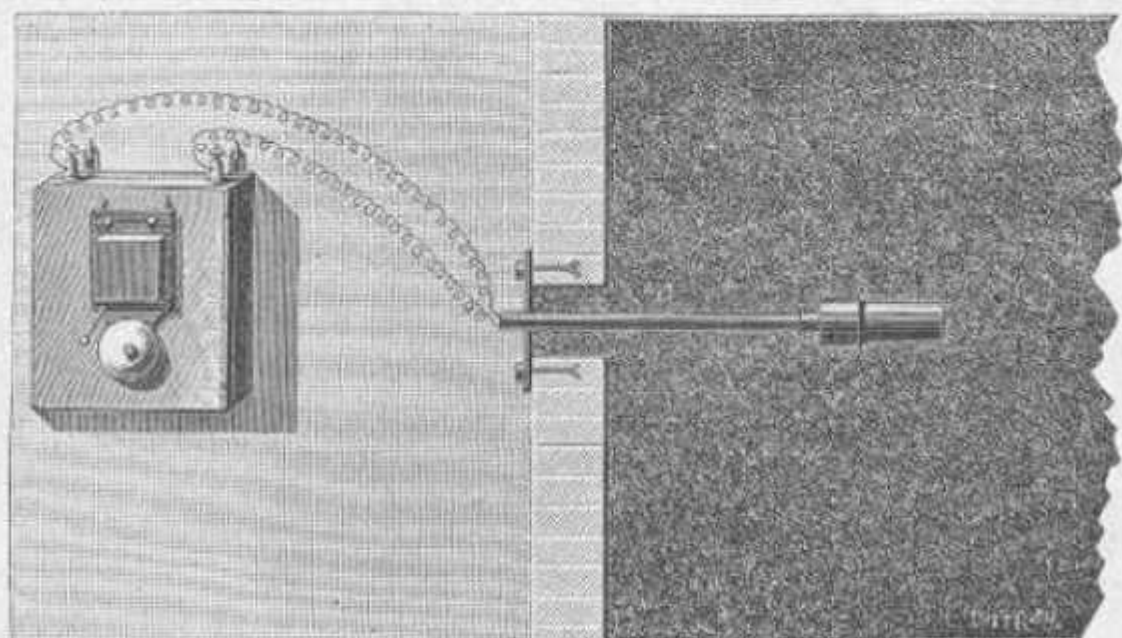
urbaine peuvent en faire une large application pour la surveillance du chauffage des chambres, des hôpitaux, etc.

Dans le cas où l'on veut être averti des températures maxima ou minima pouvant se produire dans les **silos, magasins à fourrages, cuves à liquides, autoclaves, etc.**, partout en un mot où le thermomètre plonge directement dans la matière dont on veut connaître la température, le thermomètre que nous venons d'étudier peut être avantageusement remplacé par la **canne thermométrique** d'un maniement plus facile et d'une solidité absolue.

L'organe principal de cette canne est un petit récipient de métal rempli exactement d'un liquide spécial dont la dilatation est accusée par une série de membranes souples métalliques immergées dans ce liquide. La marche des membranes métalliques s'additionne et fait mouvoir une tige métallique qui vient établir le contact lorsque la température voulue est atteinte. On monte le récipient muni de son contact à l'extrémité d'un tube formant canne exploratrice

d'une longueur quelconque, tube à l'intérieur duquel passent les fils électriques qui doivent aboutir à la sonnerie munie de sa pile.

Cet appareil est d'un prix modique et d'une solidité à toute épreuve, pouvant supporter même des chocs violents ou des pressions considérables ; il est absolument soustrait à toutes les causes de bris ou de mauvais fonctionnement.



Canne Thermométrique

De plus, comme c'est par la paroi extérieure que se produit l'échauffement du liquide dilatable, l'instrument est en contact direct et intime avec la source de chaleur qu'on veut mesurer ; enfin les contacts électriques étant protégés par le tube lui-même, sont d'une conservation parfaite et à l'abri de toute oxydation.

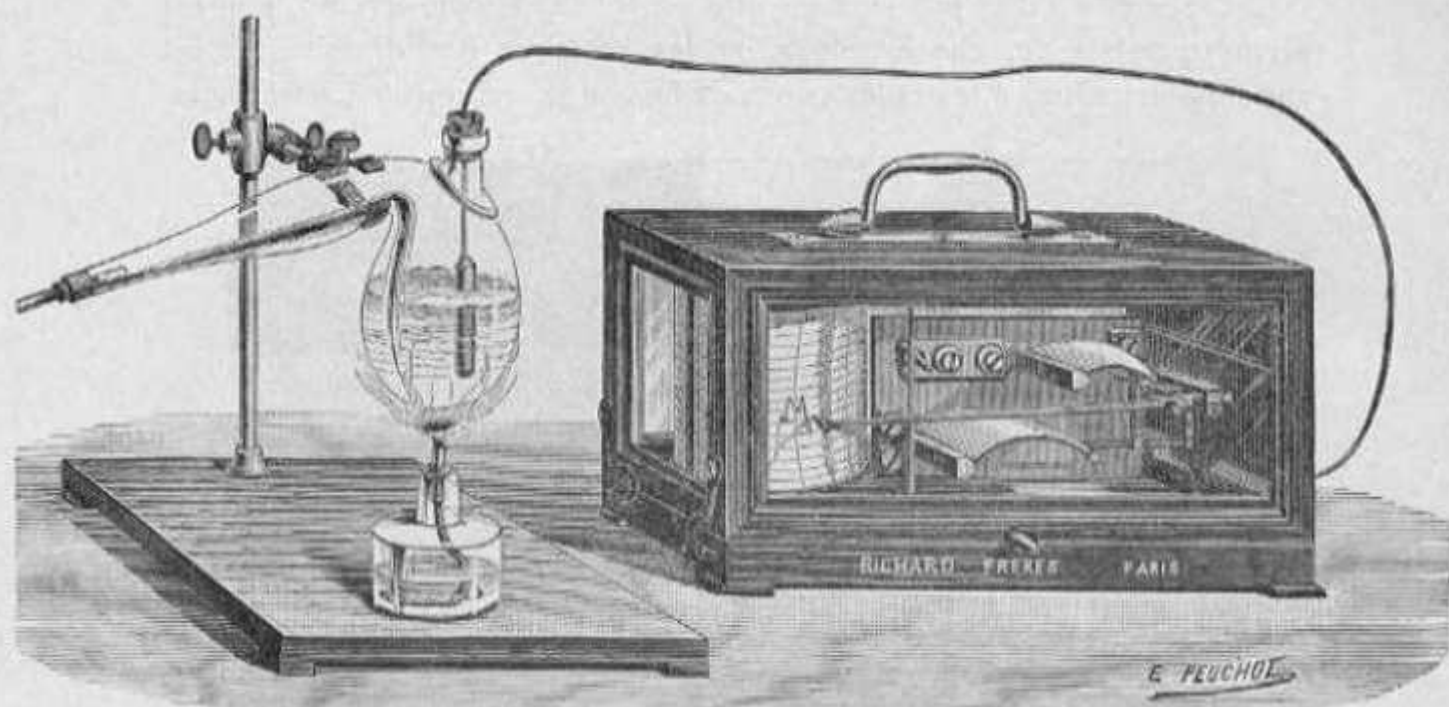
Ce petit appareil peut être considéré comme répondant à tous les desiderata sous le triple point de vue de la solidité, de l'exactitude et de la sensibilité.

En revenant aux instruments dont le principe a déjà été étudié, nous trouvons :

Le Thermomètre de laboratoire que nous avons vu page 41 et qui trouve un emploi considérable dans les usines où il est indispensable d'enregistrer la température des bouilleurs, récipients à vapeur, chaudières à réaction. Dans ces divers cas, nous pouvons régler ces appareils pour les températures auxquelles ils doivent être appliqués, c'est-à-dire de -30 à $+375$.

La raffinerie Say, à Paris, a fait un large emploi de ces appareils dans ses divers services.

Dans ces applications industrielles, on garantit le tube filiforme par une gaine de fer ou de cuivre et la boîte qui contient l'appareil est en fer.



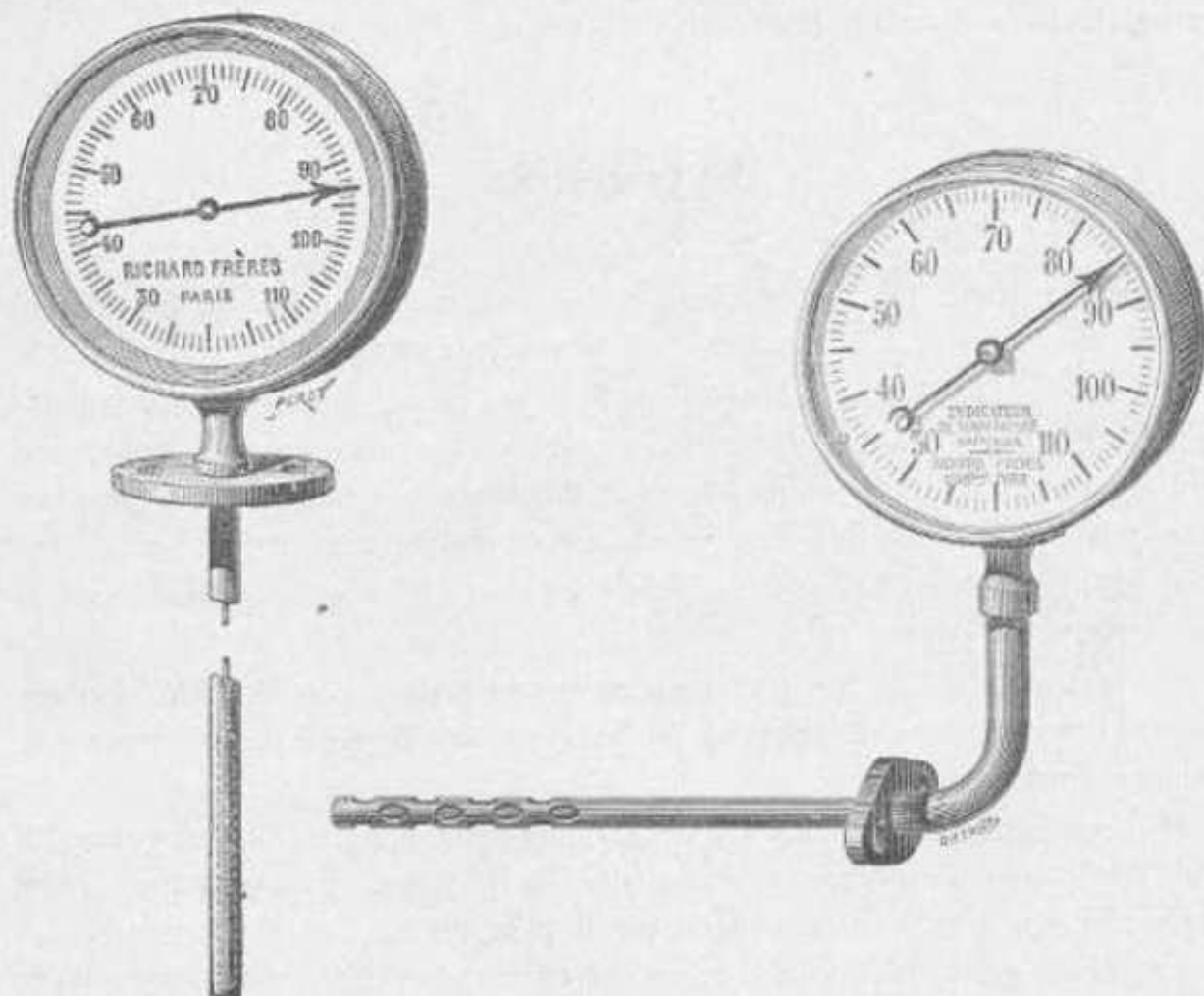
Thermomètre de Laboratoire

Dans le cas où il ne serait pas indispensable d'enregistrer à l'encre les températures utiles à connaître, on peut se contenter d'employer les appareils à cadran qui, étant comme les enregistreurs basés sur la dilatation d'un liquide, sont les seuls appareils susceptibles de donner exactement et toujours de bonnes indications.

Aussi ces appareils à cadran sont-ils adoptés maintenant à l'exclusion de tous les autres systèmes basés les uns, sur la dilatation linéaire d'un métal, d'autres sur la différence de dilatation de deux métaux, d'autres enfin sur la tension de vapeur. Tous ces systèmes, en effet, se mettent d'eux-mêmes rapidement hors de service; les premiers, parce que la dilatation d'une tige de métal agit sur son état moléculaire et la rend rapidement inerte; les seconds, parce que les mêmes changements moléculaires ont lieu et que les soudures se désagrègent promptement; les troisièmes enfin, parce qu'il se déclare rapidement des fuites par lesquelles les vapeurs s'échappent, et que leur construction fait intervenir comme

facteur important, l'élasticité du tube manométrique destiné à mesurer la tension de ces vapeurs.

Notre système se recommande de plus par l'adjonction du **compensateur** qui annule les effets de la température ambiante des ateliers sur la partie



Thermomètres à Cadran pour la Sucrierie, la Distillerie et les milieux clos

de l'appareil chargé d'indiquer la température du milieu où est placé le récepteur.

(Voir la théorie de cette fonction page 36).

Ce système d'indicateur de température est aujourd'hui adopté par la Compagnie de Fives-Lille, la Société anonyme des anciens établissements Cail à Paris, Douai et Denain, MM. Jean et Peyrusson à Lille, etc., aussi bien pour les appareils à diffusion que pour la distillerie et les autres branches de leur fabrication.

Avant de passer à l'étude des appareils dont l'application n'a été faite qu'à l'industrie, il nous en reste deux dont les principes ont déjà été exposés dans de précédents chapitres.

Ce sont : le **pyromètre enregistreur** à circulation d'eau et le **thermomètre enregistreur** à distance pour cales de navires, silos, etc.

Pyromètres

Le **pyromètre** à circulation d'eau a été découvert par M. de Saintignon, maître de forges. (1) Il est basé sur le principe suivant :

Un tube en métal étant plongé dans le foyer même dont on veut connaître la température, si l'on fait passer dans ce tube un courant d'eau avec une vitesse suffisante pour éviter la vaporisation, la différence des températures de l'eau à l'entrée et à la sortie du tube donnera la température relative du foyer.

Il suffit donc de multiplier cette différence par un coefficient pour obtenir la température du foyer.

Ce système a été l'objet d'un perfectionnement de la part de MM. Boulier qui ont remplacé le tube simple en fer à cheval de M. de Saintignon par une canne à double circulation.

On comprend les difficultés d'observation d'un appareil de ce genre ; il faut faire deux observations et en déduire le degré pyrométrique. C'est cependant un instrument excellent, car il peut donner des résultats toujours comparables entre eux jusqu'à 2,500°, mais un pyromètre n'a d'importance réelle que s'il permet d'étudier la marche des fours dans l'industrie. Il faut donc qu'il soit rendu **enregistreur**.

Sur la demande de la raffinerie Say, nous avons établi un thermomètre différentiel écrivant directement le diagramme de la température du foyer.

Le **Pyromètre différentiel enregistreur** est exactement disposé comme l'**actinomètre** (voir page 37) avec les modifications suivantes : les boules sont

(1) Par traité, nous sommes aujourd'hui les concessionnaires, pour tous les pays, de l'exploitation et de la vente des Pyromètres à circulation d'eau. (Brevets de Saintignon et Boulier frères.)

remplacées par des récipients cylindriques ; au lieu de sphères de verre, des cylindres creux reçoivent, l'un, l'eau avant son entrée dans la canne explo-ratrice, l'autre, la même eau à son retour.

Au lieu d'avoir deux tubes transmettant les températures prises par le récepteur à deux styles et compensées chacune de leur côté, il n'y a plus qu'un style et le compensateur unique est mis en communication par un tube filiforme avec le récepteur qui doit prendre la température de l'eau avant son entrée dans la canne, récepteur dont le volume est à celui de l'autre récepteur dans le rapport de la marche des deux tubes souples entre eux.

Il résulte de cette disposition que lorsque la température de l'eau à l'entrée et à la sortie est la même, **quelle que soit cette température**, la plume reste au zéro. Dès que la température de l'eau de sortie s'élève, la plume marque la **différence** des deux thermomètres traçant ainsi directement la **courbe pyro-métrique du foyer**.

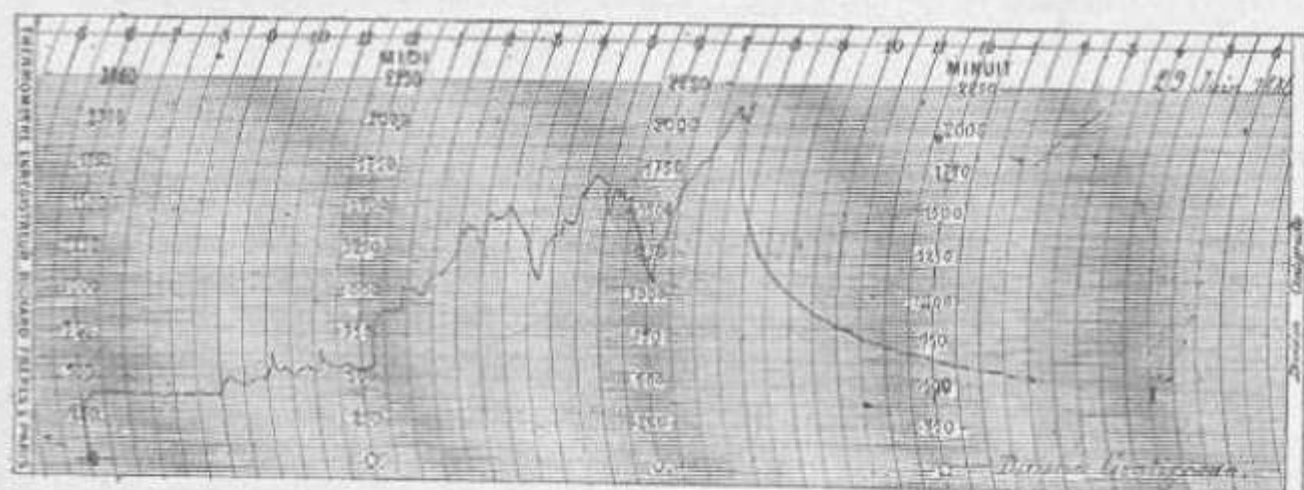


Diagramme donné par un Pyromètre enregistreur différentiel à la
Raffinerie Say (Paris)

(Chambres à décarbonater la Strontiane)

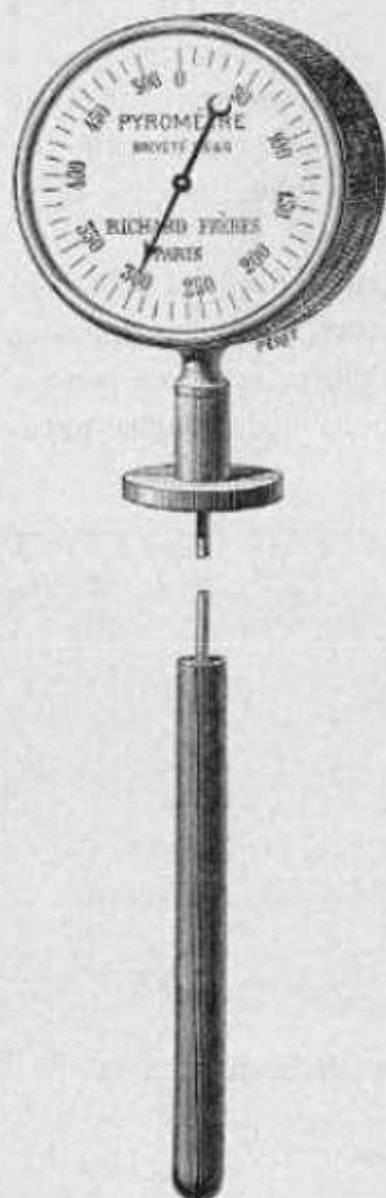
Cet appareil peut se faire également à cadran.

Dans le cas où l'on veut observer des températures moins élevées, nous avons établi des pyromètres en reprenant les études de Regnault sur la tension des gaz.

Notre appareil se compose d'un réservoir en fer ou en porcelaine suivant

les températures auxquelles il doit servir, d'une contenance d'environ 300 centim. cubes, qui communique par un tube filiforme avec un tube de manomètre Bourdon.

L'appareil est construit et gradué d'après ce principe observé par Regnault, que la pression de l'air sous volume constant double pour une élévation de 273 degrés centigrades.



Pyromètre

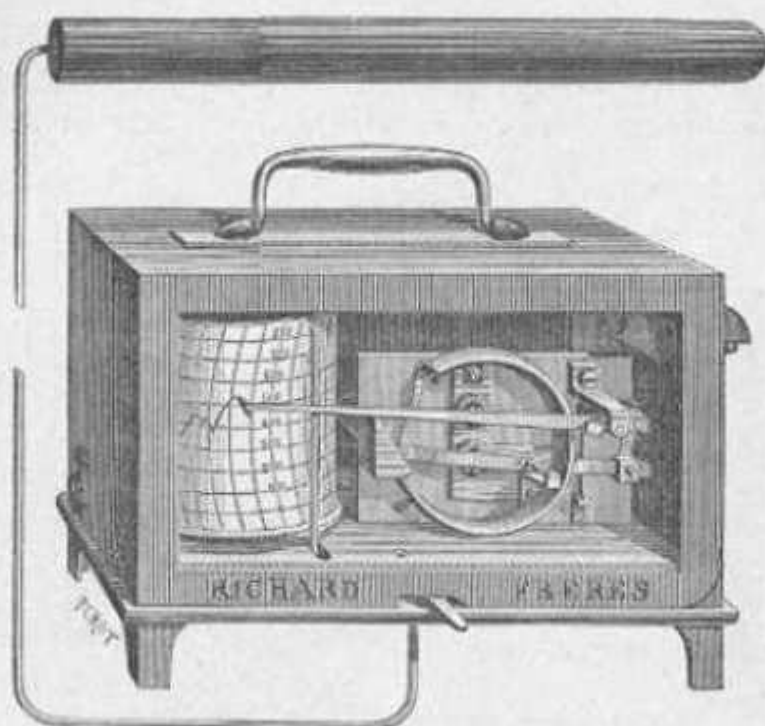
Le mode de fonctionnement est des plus simples. Il suffit de plonger le réservoir dans le milieu dont on veut connaître la température, le volume du gaz du réservoir se dilate et le tube Bourdon transmet à l'aiguille, par un système de leviers, le mouvement qu'il prend sous cet effet.

Si cet instrument n'est pas nouveau dans son principe, il est à remarquer qu'il n'a été réalisable au point de vue pratique et industriel, que du jour où nous avons trouvé les perfectionnements que nous allons exposer. Le pyromètre à air, tel qu'il était construit par Regnault, ne peut être employé que dans les laboratoires.

Lorsqu'on chauffe le réservoir du pyromètre jusqu'à la température du rouge, s'il est rempli d'air atmosphérique, l'oxygène, qui en forme environ la cinquième partie, est absorbé par le fer, le volume du gaz n'est plus alors un multiple du volume initial, d'où une fausse indication.

De plus, le métal chauffé à ce point devient perméable aux gaz et en laisse échapper une partie, de telle sorte que revenu à la température ambiante l'instrument ne revient pas au degré voulu.

Nous avons annulé ces causes d'erreur de la façon suivante : le Pyromètre après avoir été séché et privé d'air est rempli d'azote sec et pur. On le règle ensuite par comparaison. Il est muni d'un robinet-ajutage de telle sorte



Pyromètre Enregistreur

qu'à des intervalles de temps réguliers on le remplit à nouveau de gaz au moyen d'un réservoir de caoutchouc rempli d'azote.

Avec ces précautions l'instrument donne d'excellents résultats jusqu'à des températures de 700° centigrades.

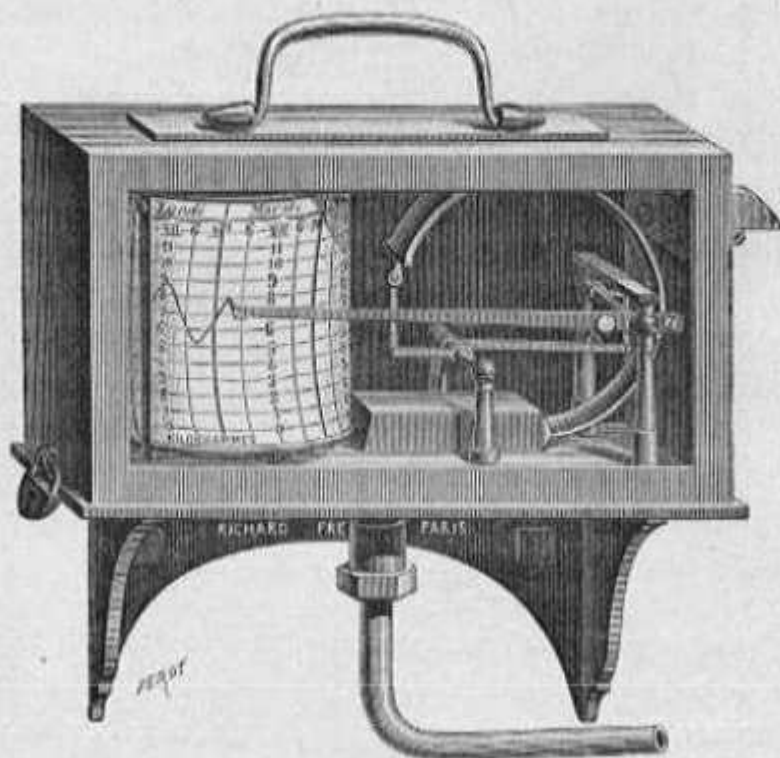
Manomètres enregistreurs

L'enregistrement des diagrammes de la pression des chaudières à vapeur est du plus haut intérêt au point de vue industriel.

La marche des foyers est, en effet, un des facteurs les plus difficiles à constater et les plus importants tant au point de vue de la sécurité des usines qu'à celui de la dépense.

Il est à remarquer que les industriels font une **économie** notable de **combustible** lorsque les chauffeurs conduisent leurs générateurs **régulièrement**. L'ouvrier, se sachant surveillé constamment par l'appareil, a tout intérêt à bien faire son service, le patron qui voit la manière dont les chaudières sont conduites, pouvant lui accorder une part du bénéfice qui lui est gagné par la régularité de la chauffe.

La surveillance ainsi exercée a de plus l'avantage de supprimer la plus grande partie des chances d'explosion. Le chauffeur ne peut ni caler ses soupapes ni se soustraire aux soins de mise en état et de propreté des



Manomètre Enregistreur

chaudières, puisque les moindres variations de pressions provenant de ces causes seront indiquées aux chefs d'usines.

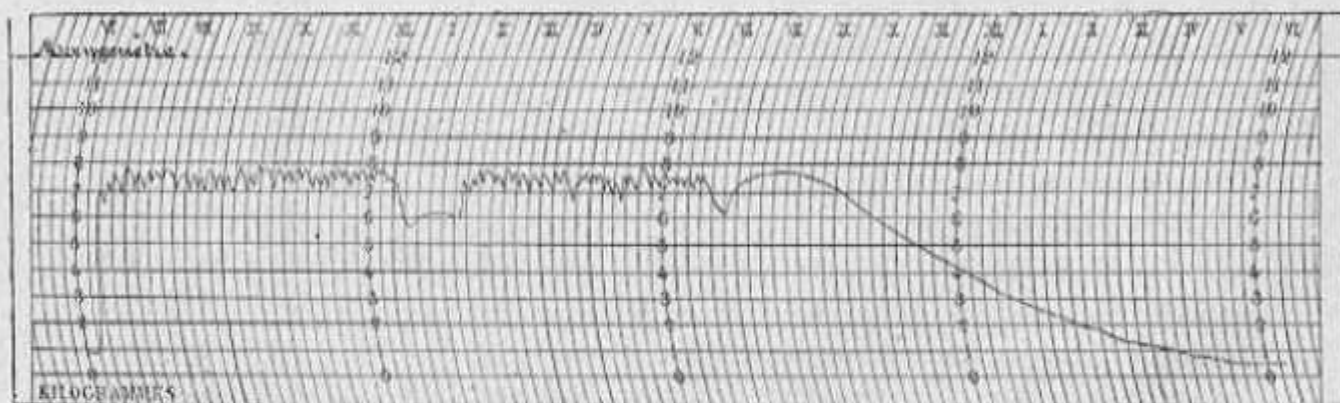
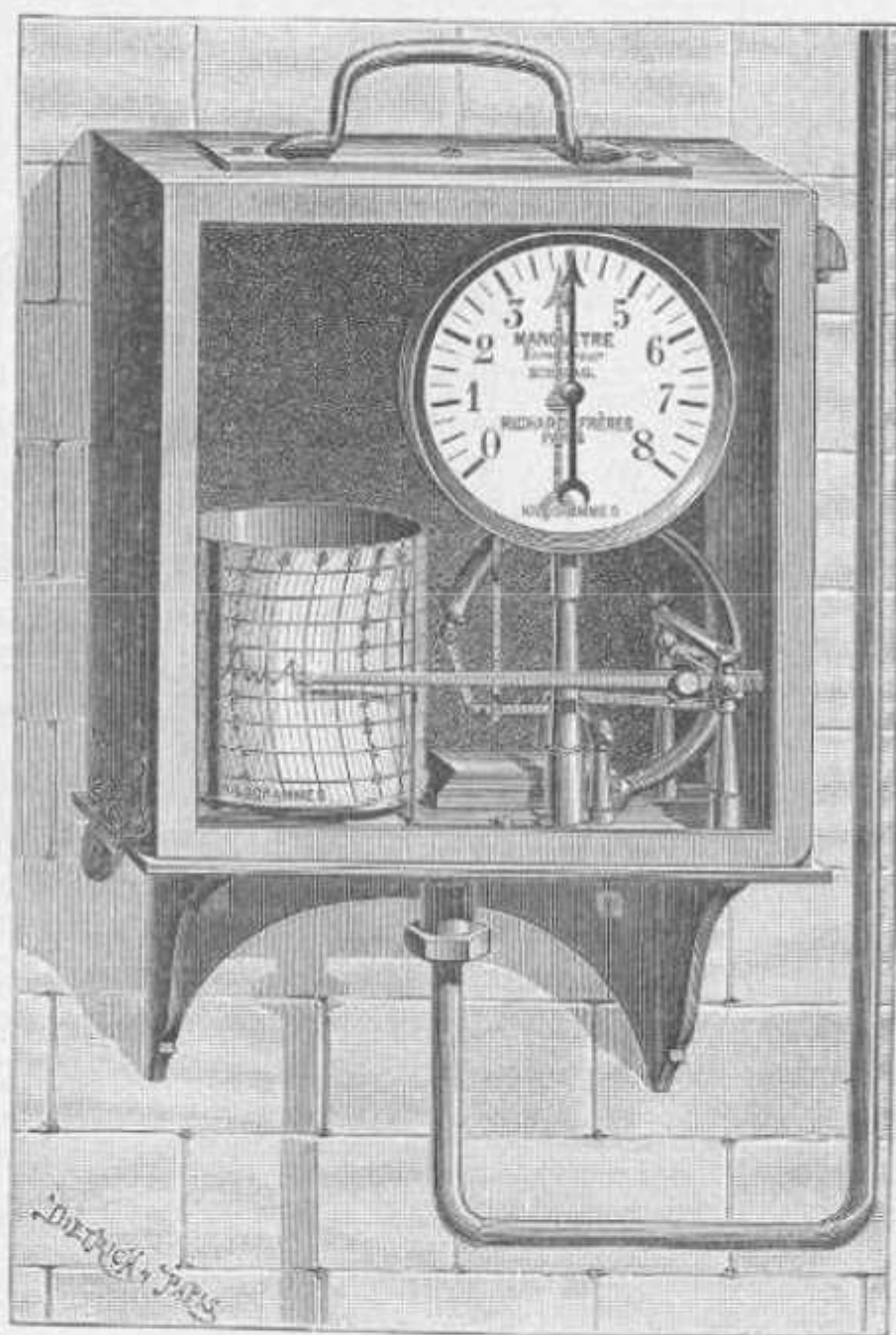


Diagramme donné par un Manomètre enregistreur
placé sur une Chaudière Belleville chez MM. Blin et Bloch à Elbeuf.

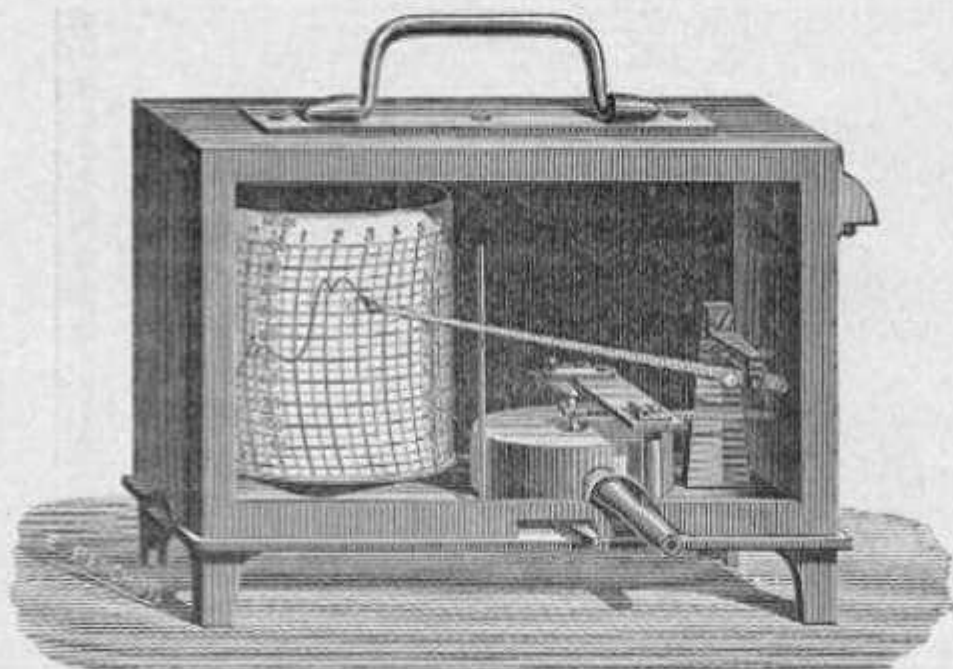
Nous avons donc été amenés à appliquer aux manomètres notre système d'enregistreur, qui permet de surveiller d'une façon constante et absolue le travail des chauffeurs, et nous avons créé deux modèles l'un simple, l'autre muni d'un cadran. Ces appareils sont d'un maniement très simple, extrêmement



Manomètre Enregistreur à Cadran

solides et ne nécessitent aucune installation, le tuyau se branchant directement sur les conduites de vapeur.

Dans les deux cas, c'est un tube manométrique de la maison Bourdon même qui reçoit la pression de la vapeur et la transmet au style habituel muni de la plume chargée d'inscrire le diagramme.



Manomètre Enregistreur pour le gaz



**Manomètre à Cadran
pour le Gaz**

Quant aux cylindres, ils se font à révolution **hebdomadaire** ou à révolution **journalière**.

Nous avons également établi des manomètres pour les pressions ou dépressions infinitésimales, telles que la pression du gaz d'éclairage, le vide produit par le tirage des cheminées, etc.

Dans le cas où un manomètre **enregistreur** ne serait pas nécessaire, nous construisons des manomètres extra-sensibles à **cadran** pour les pressions ou dépressions extrêmement faibles. Ils forment alors de petits appareils très portatifs et sont indispensables à tous les directeurs d'usines à gaz, soit pour vérifier les pressions dans les canalisations, soit pour observer le tirage des cheminées, et des carnaux.

Indicateur de Vitesse ou Tachymètre

Les méthodes de contrôle pénétrant de plus en plus dans l'Industrie, les ingénieurs se préoccupent aujourd'hui de la **vitesse** des machines, vitesse qui doit être constante autant que possible.

Pour les machines électriques, les trains de chemin de fer, la vitesse est des plus utiles à connaître et le problème est d'autant plus intéressant qu'il n'y a que peu ou point de bons appareils de ce genre.

Nous avons deux modèles de tachymètres qui peuvent tous deux être rendus **enregistreurs** et donner le diagramme de la **vitesse** sur une bande de papier placée sur nos cylindres enregistreurs.

Le premier de ces tachymètres est basé sur le principe suivant :

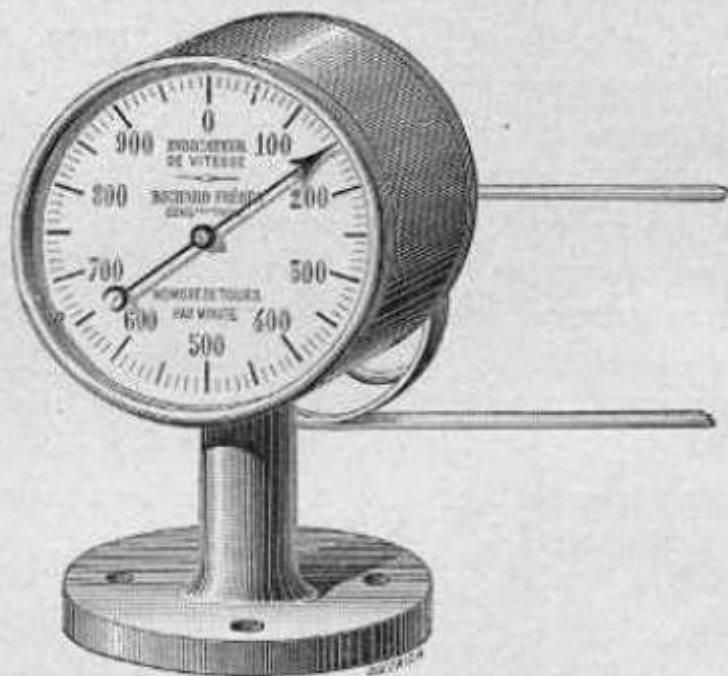
Si l'on attelle une résistance sur la troisième roue d'un engrenage différentiel dont toutes les roues sont folles sur leurs axes, et dont la première est commandée par une machine, si cette résistance actionne un Ressort, lorsqu'il y aura équilibre, la tension du ressort donnera la **vitesse** de la machine.

Ce tachymètre se compose donc d'un train différentiel à roues folles ; la première roue étant commandée par la poulie dont on veut connaître la vitesse, la troisième roue engrène avec un petit volant à ailettes qui étant alors mis en mouvement, crée par l'air une résistance ; le pignon, transmettant le mouvement de la première roue à la troisième, est donc entraîné ; mais comme son axe est fixé, par l'intermédiaire de l'axe principal, à l'extrémité mobile d'un ressort dont l'autre extrémité est fixée au bâti de l'appareil et que le volant à ailettes tourne d'autant plus vite que le ressort est plus tendu, lorsque la tension du ressort fait équilibre à la résistance de l'air, l'axe du pignon différentiel prend une position angulaire mesurée par une aiguille sur un cadran et donnant la vitesse cherchée.

L'instrument est réglé par expérience.

La grande qualité de cet appareil consiste en ce fait que la résistance de l'air augmentant à peu près comme le carré de la vitesse, les divisions du cadran vont **en augmentant** à l'inverse des tachymètres basés sur la force centrifuge. Pour rendre les divisions régulières, on rend les ailettes du volant souples de façon que les ailettes se couchent sur l'axe et diminuent leur résistance à l'air à mesure que la vitesse de la machine augmente.

De plus, ce système permet de mesurer des vitesses très faibles ; il suffit dans ce cas, de faire tourner le volant dans des liquides qu'on peut choisir plus ou moins denses.



Indicateur de vitesse ou Tachymètre différentiel

Notre second tachymètre est construit de la façon suivante :

Une pompe, actionnée par la poulie dont on veut connaître la vitesse, puise un liquide dans un récipient et l'envoie dans un cylindre muni d'une ouverture. Dès que le liquide envoyé par la pompe est en excès sur le débit par l'ouverture libre, le niveau augmente dans le cylindre. Or, il ne peut augmenter qu'en soulevant un piston qui tend à être ramené par un ressort. Au moment où la pression est telle que le débit par l'ouverture libre est égal à l'envoi par la pompe, le piston devient immobile et sa hauteur indiquée par une aiguille donne la vitesse cherchée. Nous avons adopté pour le piston un système de boîtes anéroïdes de façon à n'avoir aucun frottement.

L'appareil est réglé également par expérience.

Ces deux tachymètres peuvent être rendus enregistreurs en les munissant simplement d'un style portant une plume. Ils donnent alors directement le **diagramme de la vitesse de la machine en tours par minute.**

Indicateurs dynamométriques de Watt

Nous construisons deux sortes d'indicateurs de Watt.

Le premier est l'Indicateur Richard ordinaire, qui donne le diagramme du travail de la vapeur dans le cylindre. Le seul perfectionnement de cet appareil consiste dans l'emploi de notre plume, qui donnant le tracé de la courbe à l'encre, la rend plus facile à relever et à planimétrer.

Le second Indicateur dynamométrique a été construit d'après M. Napoli, Ingénieur. Sa disposition est telle qu'il n'y a pas d'inertie dans la marche des organes mesureurs ; il permet donc d'obtenir des courbes sur des machines à très grandes vitesses. De plus, on n'a qu'une lecture à faire sur un cadran pour lire la **surface** du diagramme.

Il supprime donc complètement l'opération fastidieuse et sujette à erreur du planimètre ordinaire.

La courbe est tracée à l'encre et se prête parfaitement à l'étude du travail.

Cet appareil se compose du tambour habituel commandé par la tige du piston qui produit les révolutions successives et alternatives. Le piston, d'un système supprimant le frottement, est disposé de telle sorte qu'à chaque coup de piston de la machine il ne peut déplacer l'organe enregistreur que d'un millimètre dans le sens de la hauteur du diagramme. Il commande par un levier le ressort de tension au moyen d'un cliquet de façon à le bander régulièrement et de plus en plus, d'après le principe de M. Hirn, repris plus tard par MM. Marcel Deprez et Garnier. L'organe enregistreur est une molette qui roule et ne touche le cylindre que lorsque le piston se meut dans un certain sens.

Le diagramme est donc obtenu par une série de traits parallèles tracés par la molette et la lecture du nombre des tours de cette molette donne exactement la **surface** du diagramme, l'écartement des traits étant absolument régulier.

On n'a donc plus à se préoccuper de rapprocher le crayon habituel du cylindre enregistreur. Il suffit de placer l'appareil sur le piston et d'ouvrir le robinet, le diagramme s'inscrit de lui-même, il suffit de refermer le robinet dès que la molette n'écrit plus rien.

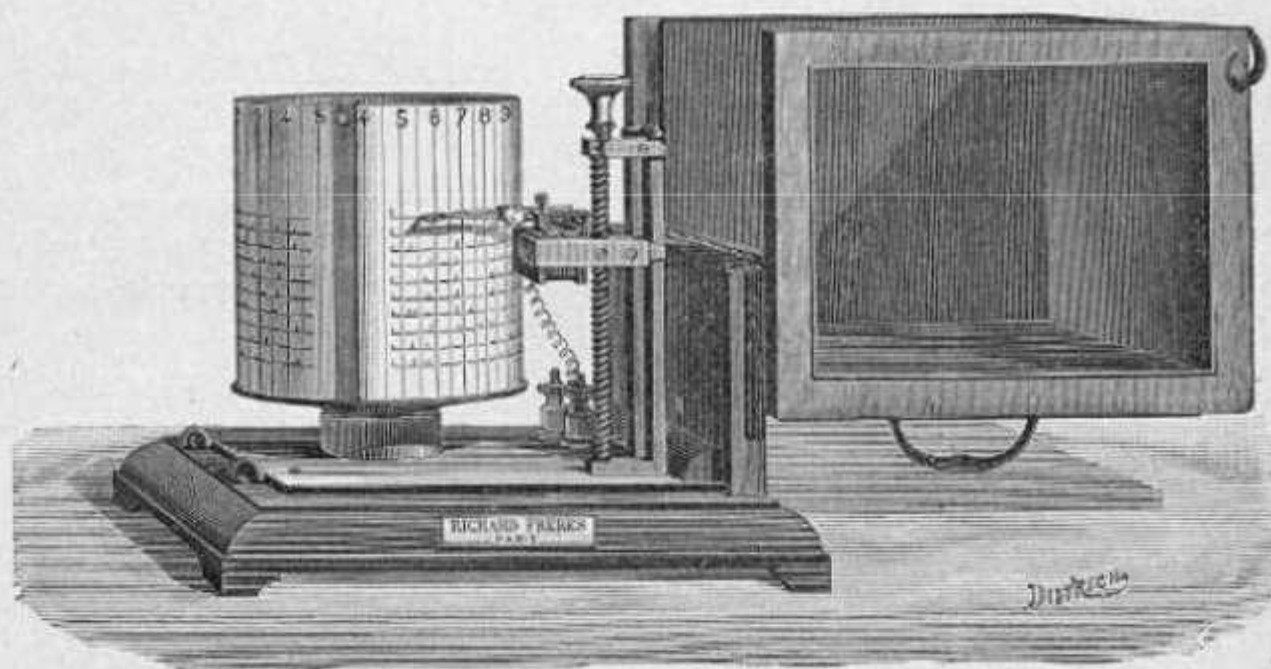
Cet appareil est le seul qui puisse donner des diagrammes exacts sur des machines à **grandes vitesses** et qui donne la **surface** de ces diagrammes par une simple lecture.

Chronographe Contrôleur Universel

Dans l'Industrie, aussi bien que dans les Sciences, il est souvent utile d'avoir un appareil susceptible d'enregistrer un fait ou un mouvement quelconque en fonction du temps, par exemple le **nombre de tours** d'une machine, l'**ouverture d'une porte**, le **chargement d'un four**, en un mot, l'**instant** et la **durée** d'une expérience quelconque.

Nous avons donc créé un Chronographe enregistreur susceptible de tracer un trait sur notre cylindre ordinaire chaque fois qu'on établit un contact et qu'on ferme le circuit électrique d'une pile reliée à l'appareil.

Cet appareil se compose d'un électro-aimant qui porte une plume traçant un trait continu sur le cylindre habituel. Chaque fois qu'on établit un courant



Chronographe Contrôleur Universel

en fermant le circuit, la plume trace un trait vertical dont le papier donne l'heure exacte et le temps qu'a duré l'opération.

A chaque tour du cylindre, le chronographe se déplace parallèlement au cylindre d'une certaine quantité, de façon à ce qu'on n'ait pas besoin de changer constamment le papier.

Cet instrument, indépendamment de nombreuses applications, a été placé avec succès sur les compteurs de tours qu'on emploie si généralement dans les usines. L'application de l'un à l'autre est des plus faciles, il suffit de placer sur une des roues du compteur un contact électrique et on enregistre soit les unités, soit les dizaines, soit les centaines, suivant la roue sur laquelle on a placé le contact. Sur demande nous fournissons les compteurs de tours enregistreurs. L'anémomètre étudié page 33 est un appareil de ce genre un peu modifié.

Indicateur Enregistreur du Niveau d'eau des Chaudières

Sur la demande de plusieurs Ingénieurs et de Directeurs d'usines métallurgiques, nous avons été conduits à adapter notre système **enregistreur** aux **indicateurs mécaniques de niveau d'eau** des chaudières.

Les appareils ainsi obtenus écrivent en fonction du temps le niveau d'eau des générateurs, et par suite l'alimentation.

Ces appareils sont le complément naturel des manomètres **enregistreurs** des pressions de vapeur et donnent une sécurité de plus aux Ingénieurs au point de vue des explosions possibles. Ils sont absolument indispensables dans les usines où on alimente au moyen de « bouteilles. »

Enregistreurs transmettant à grande distance leurs indications

Nous avons créé deux systèmes permettant de transmettre à n'importe quelle distance les indications des divers instruments que nous venons d'étudier, aussi bien pour la Météorologie que pour l'Industrie. Ces appareils sont alors établis à l'aide des organes que nous avons décrits et munis de transmetteurs électriques. Nous avons déjà donné le premier de ces systèmes qui est décrit à la page 33.

Le second se compose également de deux postes, le premier formant le poste percepteur des indications et transmetteur, l'autre étant le poste récepteur et enregistreur, mais avec les organes spéciaux suivants.

Le poste **transmetteur** comprend un appareil soit indicateur soit enregistreur. Le style ou l'aiguille se meut dans un cadre rectangulaire dont la position normale est d'être à cheval sur une goupille fixée sur l'aiguille. Dès que cette aiguille se meut à droite ou à gauche, la goupille établit un contact et envoie un courant électrique d'un côté ou de l'autre. Ce courant passe par les fils électriques et ferme le circuit d'un électro-aimant placé au deuxième poste, au **poste enregistreur**. L'armature mobile de cet électro-aimant est donc attirée et par son mouvement fait passer une dent à une roue dentée à rochet. Cette roue **portant le style** qui doit indiquer ou enregistrer ce qui passe dans le premier poste, on comprend que cette aiguille saute d'une division comme l'a fait l'aiguille placée au premier poste sur l'appareil qui perçoit les indications.

En même temps que le circuit a été fermé dans le premier poste, le cadre rectangulaire s'est trouvé ramené à sa position normale qui est de ne point toucher la goupille de l'aiguille.

Pour récapituler ce qui s'est passé en peu de mots, l'aiguille du **premier poste** s'étant dirigée dans un sens, a touché l'un des côtés du cadre, a envoyé un courant et a ramené le cadre à sa position première. Le circuit ainsi fermé a fait avancer d'une division l'aiguille placée dans le **deuxième poste**.

Si l'aiguille du premier poste continue à se mouvoir dans le même sens, la goupille de l'aiguille vient encore buter sur le cadre, envoie un deuxième courant et l'aiguille du récepteur avance encore d'une division. Si au contraire l'aiguille du premier poste rebrousse chemin, elle vient toucher l'autre côté du rectangle, ferme ainsi un circuit passant par un second électro-aimant placé au deuxième poste, lequel accomplit une fonction semblable à celle déjà décrite pour le premier, mais en sens contraire ; l'aiguille ou style du deuxième poste, saute donc d'une division dans l'autre sens.

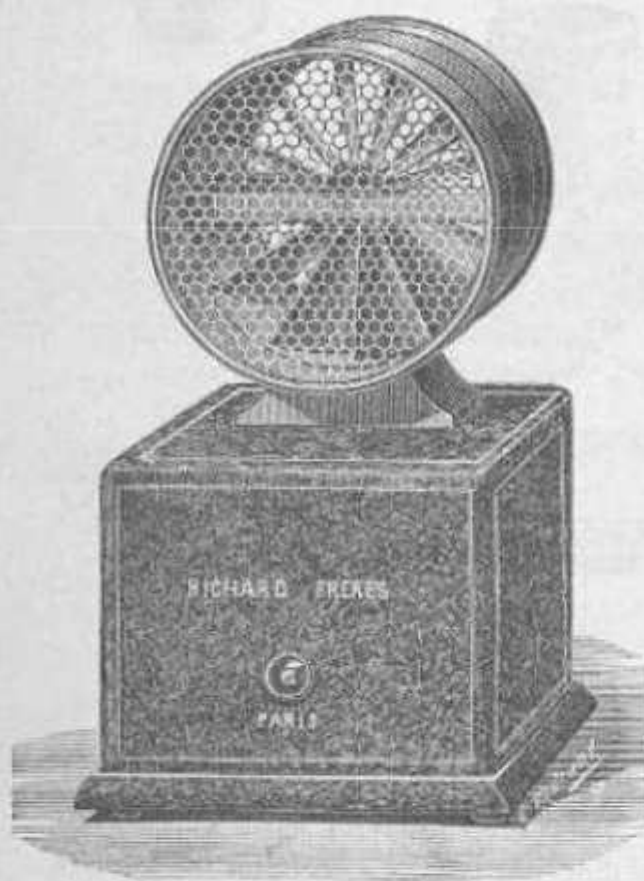
On voit par ce qui précède que l'aiguille ou style du **deuxième poste** prend **toutes les positions** que prend l'aiguille du **premier poste**. Les deux appareils marchent donc absolument parallèlement.

Ce dispositif s'applique à tous les instruments munis d'une aiguille ou style qu'ils soient simplement indicateurs ou déjà enregistreurs.

Dans le cas où le peu de force dont on dispose dans certains instruments ne permettrait pas de faire établir le contact par l'aiguille directement, on a recours à un dispositif spécial. A cet effet l'aiguille en position normale étant au milieu du cadre rectangulaire et les côtés de ce cadre ne formant plus conducteurs électriques, un mouvement d'horlogerie fait descendre à

des intervalles de temps réguliers un doigt métallique qui vient buter sur l'aiguille. Si l'aiguille est dans le milieu du cadre, le doigt descend, entraîne l'aiguille de haut en bas sans rien produire ; si au contraire, l'aiguille s'est dirigée à droite ou à gauche du centre et touche à l'un des côtés du cadre, le doigt en descendant et en l'entraînant vient établir un contact sur des butoirs placés symétriquement à droite et à gauche. On a ainsi une émission de courant soit à droite soit à gauche et la série des opérations que nous avons décrite plus haut se reproduit.

Chapitre 7^{me}. — HYGIENE ET VENTILATION



Ventilateur à ailettes

Sous l'influence des idées nouvelles de la contagion des maladies infectieuses par l'air ambiant, M. le docteur Desfossés a eu l'idée de remplacer la vaporisation, qui n'envoie dans l'atmosphère des appartements qu'une buée malsaine et humide, par le tamisage de l'air à travers des tissus à mailles serrées imprégnés de substances antiseptiques très concentrées.

Nous avons construit trois modèles d'appareils susceptibles de faire passer rapidement l'air des chambres à travers ces tissus.

Le premier consiste en un petit ventilateur à ailettes actionnées par un mouvement d'horlogerie. Ce petit appareil très-simple et d'un prix peu élevé est d'un faible débit.

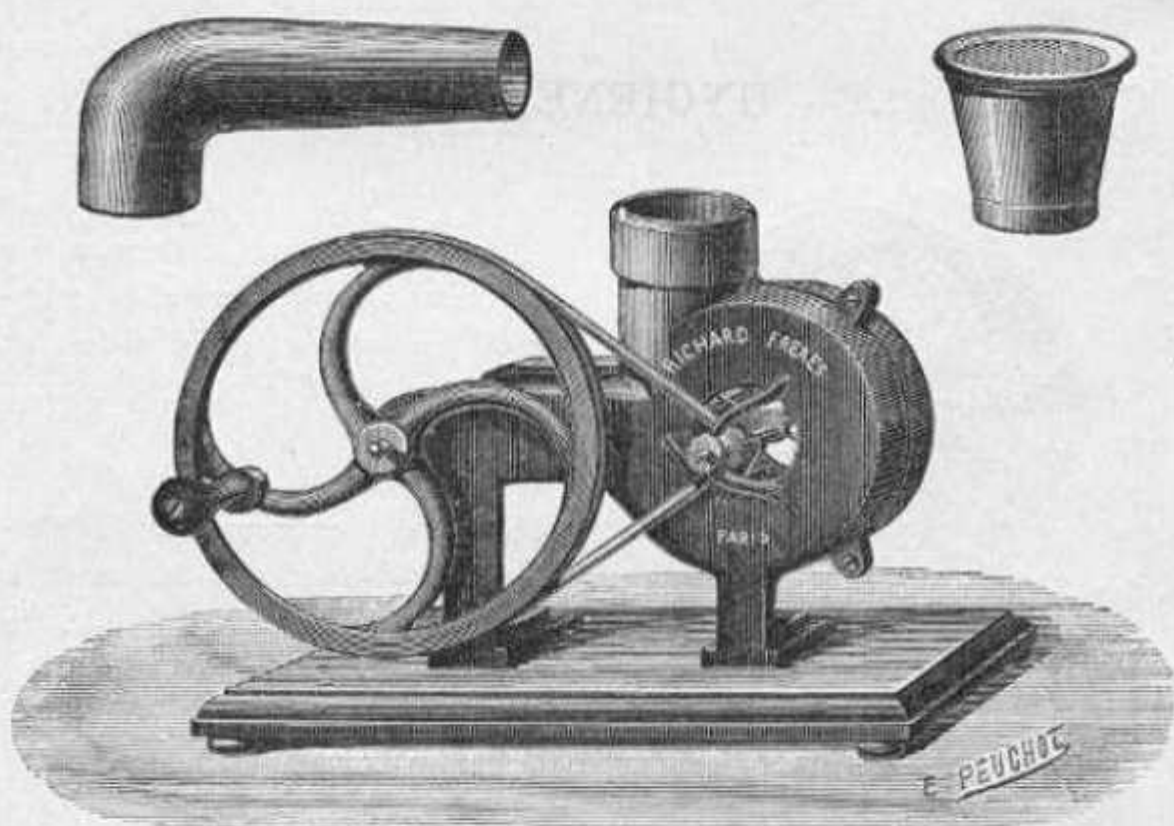
Il suffit cependant pour assainir de petites salles ou pour répandre des parfums,

Le second est un ventilateur à force centrifuge débitant deux mètres cubes d'air par minute. L'air qui en sort passe sur un tamis de toile qu'on imprègne de substances antiseptiques. (*Fig. ci-dessous*).

Le troisième enfin est un ventilateur plus important, absorbant 7 à 8 kilogrammètres de force et donnant un débit de 15 mètres cubes par minute. Il convient aux hôpitaux et aux salles de grandes dimensions.

Dans ce modèle, l'écran de toile se déplace mécaniquement et renouvelle de lui-même la quantité de liquide désinfectant absorbé par l'air.

Indépendamment de leur application à la méthode du docteur Desfossés, Ces



Ventilateur à force centrifuge

deux derniers appareils débarrassés de leurs tamis peuvent être employés avec succès pour la ventilation hygiénique des salles ou pour tout autre cas où l'on emploie des ventilateurs. Ils se recommandent par leur construction très-simple et leur débit considérable.

Septembre 1886.

RÉFÉRENCES

Etablissements Scientifiques ou Industriels

QUI EMPLOIENT LES ENREGISTREURS RICHARD FRÈRES

(Au 1^{er} Septembre 1886, 3500 Appareils sont en fonction sur tous les points du globe.)

BUREAUX MÉTÉOROLOGIQUES

Bureau central météorologique Algérien, à Alger.

Bureau central météorologique de France, à Paris.

Id. Id. d'Haïphong, Tonkin.

Id. Id. de Rome (Italie).

CANAUX

Canal de Corinthe (C^{ie} du).

Id. Panama.

Id. Suez.

CHEMINS DE FER

De l'Est.

Du Midi.

COMMISSIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Commission météorologique de l'Aude.

Id. Id. de l'Aveyron.

Id. Id. du Calvados.

Id. Id. de la Haute-Loire.

Id. Id. de la Haute-Marne.

Id. Id. de la Haute-Savoie.

Id. Id. de la Haute-Vienne.

Id. Id. de l'Isère.

Id. Id. de Limoges.

Id. Id. du Rhône.

Id. Id. des Deux-Sèvres.

DÉPARTEMENTS

Commission météorologique de la Corse.
 Id. Id. d'Indre-et-Loire.

ÉCOLES

PARIS

Conservatoire des Arts et Métiers.
 Collège Chaptal.
 Collège de France.
 Collège Rollin.
 Ecole Arago.
 Ecole centr^e des Arts et Manufactures
 Ecole Municipale Turgot.
 Ecole normale supérieure.
 Id. de Saint-Cloud.
 Ecole de physique.
 Ecole Polytechnique.
 Ecole des Ponts-et-Chaussées.
 Id. d'Amiens.
 Ecole Turgot.
 Lycée Condorcet.
 Lycée Jeanson, de Saily.
 Lycée Louis-le-Grand.
 Musée Pédagogique.

DÉPARTEMENTS

Ecole d'agriculture de Grandjouan.
 id. de Montpellier.
 Ecole de Grignon.
 Ecole du génie de Fontainebleau.
 » » de Montpellier.
 Ecole normale de Bourges.
 Id. du Puy.
 Id. de Parthenay.
 Id. de Sèvres.
 Ecole des Ponts-et-Chaussées de
 Bastia.
 Ecole régimentaire d'Arras.
 Ecole des sous-officiers du génie et
 et de l'artillerie de Versailles.
 Ecole vétérinaire de Lyon.
 Ferme Ecole de Nolhac (H^{te}-Loire).
 Laboratoire maritime de Concarneau.
 Lycée d'Amiens.
 Lycée d'Agen.
 Lycée de filles de Bordeaux.
 Lycée de Rennes.
 Lycée de Toulouse.
 Ville d'Annecy.

ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS

PARIS

Société anonyme des anciens établis-
 sem^{ts} Cail. Paris, Douai et Denain.
 C^{te} des Horloges pneumatiques.
 Chouberski (Usine).
 Doistau et Delizy (Pantin).
 Jossier (Montreuil).

DÉPARTEMENTS

André et Lieutier, à Marseille.
 Blosse fils, à Nancy.
 Butruille, à Douai.
 Burgelin, à Nantes.
 Blondel, à Arras.

PARIS

Joudrain (Usine).
Lahure.
Menier (Usine).
Mallet (Usine).
Marius Olivier.
Montaud (Usine).
Parvillée.
India Rubber Gutta-Percha Works.
Usine Rattier.
Raffinerie Say.
C^{ie} Transatlantique.
Usine à Gaz (C^{ie} Parisienne.)
C^{ie} des Vidanges pneumatiques.

DÉPARTEMENTS

Carion-Delmotte, à Anzin.
Chedin et C^{ie}, à Bourges.
Charbonnages d^e Bouches-du-Rhône
Id. de Marseille.
Cail, à Ruffec (Charente).
Forges de la Chaleassière, à Saint-
Etienne.
C^{ie} de Fives-Lille.
Gondolo, à Nantes.
Gaz de Colmar.
Jean et Peyrusson, à Lille.
Glaces de Montluçon.

DÉPARTEMENTS

Glaces de St-Gobain.
Jaujou, à Nîmes.
Hornung, à Chartres.
Louit frères, à Bordeaux.
Massillon et Dufour, à Crévecœur-
le-Grand.
Pilon et C^{ie}, à Nantes.
Quinchon, à Cambrai.
Ravinet frères, à Dunkerque.
Rohmer, à Ambervillers.
Rouget et C^{ie}, à Brest.
Sucrerie d'Abbeville.
Id. d'Artres, près Valenciennes
Id. Barbery.
Id. Bresle.
Id. Bourdon.
Id. Chevry-Cossigny.
Id. Etrépigny.
Id. Francières.
Id. Flavy-le-Martel.
Id. Montescourt-Lizerolles.
Id. Mitry-Clayes.
Id. Neuilly-St-Front.
Id. Novion-le-Comte.
Id. Pithiviers-le-Viel.
Id. Tracy-le-Val.
Id. Us-Marines.
Id. Vouziers.

ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS ÉTRANGERS

Donkin et C^{ie}, à Londres.
Negretti et Zambra, à Londres
Aachener-Exportbier-Brauerei, Dittmann et Sauerlaender, Aix-la-Chapelle.
Rheinische Brauerei-Gesellschaft, Alteburg, W. Reinhardt. Altebourg, près
Cologne.

- Kon. Ned. Beyersch-Bier-Brouwery, De Peters-Kooy, Amsterdam.
 De Haan et Sleutels, Amsterdam.
 Lorenz Røederer, Brasserie, Andernach.
 Gräfl. Deym^{sche} Brauerei (Brasserie du comte Deym.) Arnau (Bohême).
 J. M. Roesch, Brauerei zum Hasen, Augsburg.
 Ed. Eckenstein, Malterie franco-suisse, Bâle.
 W. Kröner, Bamberg.
 Berliner Bock-Brauerei Actien-Gesellschaft, P. Haenel, Berlin.
 Berliner Adler Bierbrauerei » » Berlin.
 Böhmisches Brauhaus, Commandit. Gesells auf Aktien, Berlin.
 Versuchs et Lehranstalt für Brauerei, D^r Otto Reinke.
 J. Bouche, Inspecteur des Jardins de l'Université de Bonn, Bonn-Poppelsdorf.
 Maerische Gersten Malzfabrik, W. Umgeltner et R. Karger, Brünn.
 J. C. Jacobsen Jun^r, Carlsberg, près Copenhague.
 Gebr. Diederichs, Brasserie, Dusseldorf.
 Quirin Lieven, Brasserie, Ehrenfeld.
 Joh. Emslander, Brauerei Hofmühl, Eichstätt.
 A. J. Roy, Brauerei Englisch Brunnen, Elbing.
 G. C. Wagner, Ingénieur de l'Exploitation de l'Opéra, Francfort-sur-Mein.
 D^r Harald Schütz, Professeur de Physique et de Chimie au Lycée, Id.
 A. Siebert, Inspecteur du Palmgarten, Francfort-sur-Mein.
 Metzger et Hild, Friedberg, près Augsburg.
 K. K. priv. erste pneumatische Maelzerei et Brauerei, Joh. Schilcher, Graz.
 Franz Schreiner et Söhne, Brasserie, Graz.
 Brüder Reininghaus, Brasserie, Graz.
 Johann Japl, Brasserie, Graz.
 Franz Hold^r Erben, Brasserie, Graz, Puntigam.
 Hatschek et Winter, Brasserie, Guggenthal, près Salzbourg.
 A. et G. Niemöller, Brasserie, Gutersloh.
 Chiari et C^o, Brasserie, Hannersdorf-Halbseit.
 Sam. et Jak. Reif, Fabrique de Malt, Himberg, près Vienne.
 Brauhaus Actien-Gesellschaft, Hütteldorf, près Vienne.
 Fürstl. Schwarzenberg^{sche} Gutsverwaltung, Jessonitz.
 Mathias Haberl, Brasserie, Judenburg.
 Eduard Schmitz et Geerd, Fabrique de Malt, Cologne-sur-Rhin.
 Koch et Rossbach, Fabrique de Malt, Cologne-sur-Rhin.

- Herm. Maschmeyer, Jardinier en Chef du Baron Ed^d d'Oppenheim, Col.-s/-R.
 Gebr. Stollwerk, Fabrique de Chocolats roy. et imp. de la cour, Col.-s/-Rh.
 F. Punschart Söhne, Klagenfurt,
 Gebrüder Kubelka, Fabrique de Malt, Kloster Hradisch, près Olmutz.
 Johann Götz, Brasseries, Krakau et Okocim (Galicie).
 G. Auer, Brasserie, Laibach.
 Gebrüder Kosler, Brasserie, Laibach.
 Thüringer Malzfabrik, Langensalza.
 Ehrich Kerl, Langensalza.
 Bürgerliches Brauhaus, Leitmeritz.
 A. Helmsdorfer, Inselbrauerei, Lindau.
 J. F. Daubek, Litten, près Prague.
 M. Strassmann, Dampfbrauerei, Mähr-Ostrau.
 Ant. Wlach, Brasserie, Mähr-Schönberg.
 Thomas Götz, Brasserie, Marbourg.
 Schröder-Sandfort, Mayence.
 Freiherr von Boutteville^{sche} Brauerei (Brasserie du Bon de Boutteville) Mehring.
 Josef Sedlmayer, au Franziskaner, Munich.
 Actien-Gesellschaft (Société par Actions), au Hackerbrau, Munich.
 Actien-Brauerei (Brasserie sur Actions), au Löwenbrau, Munich.
 Bürgerliches Brauhaus, Munich.
 Johannes Greiner, Munich.
 Haslbach, Namslau.
 Brauerei der Brüdergemeine, Neuwied-sur-Rhin.
 Neudorfer Bierbrauerei, Robert Herzfelder et C^o, Neudorf, p. Mödling, Vienne.
 Oswald Kropf, maltre-brasseur, Nuremberg.
 Nussdorfer Bierbrauerei et Malzfabrik, Bachofen et Medinger, Nussdorf.
 Malfabrik Schweinfurt, Oberndorf-Schweinfurt.
 Ign. et Wilh Briesz, Olmutz.
 Ed. Hamburger et Sohn, Hanna Malzfabrik et Bierbrauerei, Olmutz.
 Actien Brauhaus, Pardubitz.
 Brauhaus Actien-Gesellschaft, Prerau.
 Heinrich Haggenmacher Junr. Brasserie Promontor, Promontor, près Pesth.
 A. F. Lorenz et Gies, Malterie, Rostock.
 Heineken^s Bier-Brouvery Maatschappy, Rotterdam.
 Oranjeboom, Id. Id. Id.

- Joh. Schwaiger, Sternbrauerei, Salzboung.
 Spiritus et Presshefefabrik von Baron Dummreicher, Sawske-Marhof
 Anton Dreher, Schwechat, près Vienne.
 Prinz zu Schaumburg-Lippe^{sche} Brauhaus-Verwaltung, Skalitz (Bohême).
 J. Bohrisch, Stettin.
 Bröderne Herrmann, Stockholm.
 Johann Kern, Villach.
 Erste Bier-Brauerei Actien-Gesellschaft, Schellenhof, près Liesing, Vienne.
 Th. et G. Meichl, Brasserie, Simmering, Vienne.
 Brauhoff, Wiener-Neustadt.
 Brum et Sohn, Fabrique de Malt, Wienersdorf.
 Milschspeiser et Katscher, Wischau-Posoritzer Brauerei et Malzerzeugung,
 Wischau (Moravie).
 C. Koch, Fabrique de Malt et Brasserie, Wismar.
 Brasserie du Prince de Schwarzenberg, Wittingau.
 Bräuberechtigte Bürgerschaft, Budweis.
 Erste Eger Actien Bier-Brauerei, Eger.
 Fr. Klotz, Königshof.
 Brasserie du Prince de Schwarzenberg, Krumau.
 Brasserie du Prince de Fürstenberg, Kruschowitz.
 Leitmeritzer Bierbrau-Gesellschaft « Elbschloss », Leitmeritz.
 Brasserie de S. E. le Comte de Waldstein, Münchengrätz.
 Bürgerliches Brauhaus, Pilsen.
 Brasserie du Prince de Schwarzenberg, Protiwin.
 Id. Id. Id. Schwarzbach.
 Id. Id. Id. Tautzin.
 Fr. Kellner, Tworschowitz.
 Elbschloss-Brauerei Actien-Gesellschaft, Hambourg.
 Holsten-Brauerei, id. id. Hambourg.
 Heinr-Helbing, Wandsbeck, près Hambourg.

FACULTÉS

Faculté de médecine de Paris.
 « des Sciences de Bordeaux.
 « » de Dijon.
 « de Nancy.
 « de Montpellier.
 « de Rennes.
 « de Toulouse.
 Université de Liège.

HOPITAUX

Asile de Vincennes.
 Hôpital de Lariboisière.
 « de la Maternité.
 « Tenon.
 « du Val-de-Grâce.

MINISTÈRES

de l'Instruction publique.
de la Guerre.
de la Marine.
des Postes et Télégraphes.

MISSIONS

de Brazza.
du Cap Horn.
Missions étrangères en Chine.
du Haut-Sénégal.

OBSERVATOIRES

FRANCE

Grubi, à Paris.
Hamma d'Alger.
Marseille.
Montsouris.
Nice.
Parc Saint-Maur.
Paris.
Pic du Midi.
Perpignan.
Petit Port, à Nantes.
Toulouse.
Trocadéro.

ETRANGER

Bari.
Bruxelles.
Crémone
Grenwich.
Magdebourg.
Martano.
Naples.
La Plata.
Parme.
Rio Janeiro.
Saint-Petersbourg.

OFFICES

Central Anstalt de Vienne.
Office de Boston.
Central Anstalt de Berlin.
Id. Id. de Munich.
Office de Météorologie de Rome.

POUDRERIES

Du Bouchet.
De Sevran-Livry.
De Saint-Chamas.

PHARES DU PORTUGAL

SERVICES DE LA VILLE DE PARIS

STATIONS AGRONOMIQUES

de Lezardeau.

| de Melun.

TRAVAUX PUBLICS & NIVELLEMENT GÉNÉRAL DE LA FRANCE



inv. m. 13561/BA0A



PRIX-COURANT



APPAREILS DE MESURE

INSTRUMENTS ENREGISTREURS

ÉCRIVANT A L'ENCRE LEURS INDICATIONS EN FONCTION DU TEMPS
BRÉVETÉS EN FRANCE & A L'ÉTRANGER

Appareils divers pour les Sciences et l'Industrie

RICHARD FRÈRES

CONSTRUCTEURS, 8, IMPASSE FESSART

(TÉLÉPHONE BUREAU D)

PARIS

CHAPITRE I. — MÉTÉOROLOGIE

BAROMÈTRES ANÉROÏDES ENREGISTREURS

Modèle à 3 crochets, ferrure nickelée, boîte d'acajou	110 fr.
Modèle boîte à charnière, adopté par le Bureau central météorologique de France	115 fr.
Modèle à 3 glaces muni d'un Thermomètre	125 fr.
Modèle à 3 glaces sur console d'acajou avec cadre pour les diagrammes	150 fr.
Grand modèle, échelle 2 ^m / _m pour 1 ^m / _m de mercure, boîte à charnière. .	225 fr.
Petit modèle spécial pour la mesure des hauteurs (aérostations, excursions de montagnes) enregistrant le diagramme des ascensions de 0 à 3500 ^m ou de 0 à 5000 ^m	125 fr.
Etui à courroie pour ce Baromètre	"
Suspension Cardan à ressort pour l'installation des Baromètres enregistreurs à bord des navires	22 fr.

BAROMÈTRE enregistreur à mercure, échelle de 2^m/_m pour 1^m/_m de mercure. 250 fr.

BAROMÈTRE à tube Bourdon-Richard enregistrant sur papier sans fin. 500 fr.

La classification ci-dessus est celle de la Notice explicative (édition 1886), comprenant les dessins des Appareils. PRIX: 2 FRANCS

THERMOMÈTRES ENREGISTREURS

Modèle à tube thermométrique intérieur 110 fr.

Modèle à tube thermométrique extérieur, **adopté par le Bureau central météorologique de France**. 125 fr.

Modèle à grande course pour Températures spéciales 250 fr.

THERMOMÈTRE AVERTISSEUR (non enregistreur). 22 fr.

ACTINOMÈTRE simple enregistreur 375 fr.

ACTINOMÈTRE DOUBLE id. (une boule polie et l'autre en noir mat). 625 fr.

THERMOMÈTRES SOUS-MARINS enregistreurs.

Modèle du Laboratoire de Concarneau 1000 fr.

Modèle électrique (*voir la brochure page 39*). »

THERMOMÈTRE TERRESTRE enregistreur, jusqu'à 2 mètres de profondeur. 250 fr.

ID. ID. au-delà fr.

PSYCHROMÈTRE ENREGISTREUR

Modèle à tubes extérieurs, l'un sec, l'autre humide, écrivant les deux diagrammes sur le même papier 250 fr.

HYGROMÈTRES ENREGISTREURS

Modèle à lame hygrométrique intérieure 110 fr.

Modèle à lame hygrométrique extérieure, **adopté par le Bureau central météorologique de France**. 125 fr.

Grand modèle de l'Observatoire de Montsouris 350 fr.

PLUVIOMÈTRES

Modèle à flotteur. 250 fr.

Modèle à balance avec pied, réservoir et éprouvette de contrôle . . . 550 fr.

ÉVAPOROMÈTRE ou balance enregistrante. 375 fr.

Id. avec dispositif pour annuler les effets du Vent p' les essais en plein air 440 fr.

ANÉMOMÈTRE à cadran se tenant à la main, destiné aux lectures momentanées, **donnant** directement la vitesse de l'air en mètres 100 fr.

ANÉMOMÈTRE GIROUETTE ENREGISTREUR

La **vitesse moyenne**, soit par kilomètres soit par myriamètres, est transmise à l'enregistreur électriquement. La **direction des vents** est transmise mécaniquement par une tige verticale. Ce dispositif nécessite de placer l'enregistreur, sinon exactement au-dessous de la partie exposée aux vents, du moins à peu de distance 1050 fr.

ANÉMOMÈTRE GIROUETTE ENREGISTREUR ÉLECTRIQUE

La **vitesse** et la **direction des vents** sont transmises électriquement à l'enregistreur qui peut être placé à une distance quelconque de la partie exposée au dehors (Modèle à 32 directions). 1200 fr.

COMPTEUR ANÉMOMÉTRIQUE TOTALISATEUR ENREGISTREUR

donnant la **sommation** du vent passé et fournissant en outre la **vitesse moyenne par intervalle de 5 minutes et d'une heure**. (Dans cet appareil, l'anémomètre proprement dit établit un contact pour chaque hectomètre de vent passé.)

L'appareil complet : anémomètre et enregistreur 1000 fr.

L'enregistreur seul 750 fr.

CINEMOMÈTRE OU INDICATEUR DE VITESSE DU VENT (1)

Cet appareil enregistre la courbe de la **vitesse du vent dans l'unité de temps**. (Mètres par seconde.)

L'appareil complet : anémomètre et enregistreur 1200 fr.

L'enregistreur seul 950 fr.

CINEMOMÈTRE OU INDICATEUR DE VITESSE enregistreur applicable à tout appareil animé d'un mouvement de rotation susceptible d'établir un contact à chaque révolution. fr.

CINEMOMÈTRE OU INDICATEUR DE VITESSE, permettant de connaître la vitesse d'un mouvement dont on ne peut approcher. fr.

CHRONOGRAPHE contrôleur universel enregistreur 150 fr.

STATOSCOPE à cadran 150 fr.

STATOSCOPE enregistreur permettant d'enregistrer les variations infinitésimales de la pression atmosphérique 350 fr.

APPAREILS enregistreur ou indiquant à distance fr.

CYLINDRE ENREGISTREUR pour observations scientifiques.

L'appareil comprend un grand mouvement d'horlogerie, un Régulateur à vitesse constante et un cylindre. Les axes des divers mobiles donnent les vitesses suivantes : un tour en 8 minutes, un tour en 1 minute, un tour en 6 secondes et un tour en une seconde. Nous fournissons avec l'appareil des séries d'engrenages *ad hoc* pour les autres vitesses qu'on pourrait désirer 500 fr.

CYLINDRE ENREGISTREUR pour observations scientifiques.

L'appareil comprend un grand mouvement d'horlogerie à double rouage, un Régulateur à vitesse constante et un cylindre enregistreur. Il est muni d'un **cadran de réglage** permettant de donner au cylindre les diverses vitesses dont on peut avoir besoin, en tournant un simple bouton, sans avoir à toucher à l'appareil et sans rien démonter. fr.

CHAPITRE II. — MÉDECINE & CHIMIE

THERMOMÈTRE de Laboratoire enregistreur 275 fr.

THERMOMÈTRE de Médecine, Modèle du Thermomètre de laboratoire 375 fr.

THERMOMÈTRE de Médecine électrique (voir la brochure page 42) 700 fr.

(1) On peut disposer un **Anémomètre** de telle façon qu'il puisse établir les divers contacts nécessaires pour mettre en fonction en même temps un **Compteur totalisateur**, un **Indicateur de vitesse** et un **Enregistreur des Directions du vent**. Prix de l'Ensemble 2800 Fr.

CHAPITRE III. MICROGRAPHIE

AÉROSCOPE simple	(Modèle de Montsouris).	80 fr.
AÉROSCOPE à girouette simple	Id.	125 fr.
AÉROSCOPE enregistreur	Id.	600 fr.
ENREGISTREURS pour l'étude des bactéries	Id.	150 fr.
AÉROPULVISCOPE enregistreur.	Id.	225 fr.

CHAPITRE IV. — PONTS & CHAUSSÉES

MARÉGRAPHES Enregistreurs	500 fr.
ENREGISTREURS de niveau d'eau (l'enregistreur seul)	125 fr.
Le même avertisseur des hauteurs minima et maxima.	160 fr.

CHAPITRE V. — ÉLECTRICITÉ

AMPÈREMÈTRE enregistreur.	450 fr.
VOLTMÈTRE enregistreur.	450 fr.
Les mêmes enregistrant sur un papier sans fin se déroulant rapidement	600 fr.
PESON A CADRAN permettant de se rendre constamment compte de la quantité d'Ampères existant dans un accumulateur en charge ou en décharge	135 fr.
PESON ENREGISTREUR, enregistrant la charge et la décharge des accumulateurs	150 fr.

CHAPITRE VI. — INDUSTRIE

(Voir Tarif illustré spécial)

CHAPITRE VII. — HYGIÈNE & VENTILATION

VENTILATEUR à mouvement d'horlogerie	25 fr.
Id. à main, débitant 2 ^m cubes d'air par minute	25 fr.
Id. à bras, id. 20 ^m id. id.	150 fr.
Id. à bras, id. 20 ^m id. id. muni du système hygiénique du Docteur Desfossés	250 fr.

NOTA. — Tous les Instruments enregistreurs sont livrés avec la plume, la clef, un flacon d'encre et 55 feuilles (une année).

Flacon d'encre.	1 25
Plume.	3 »
Chaque série de 55 feuilles pour appareils hebdomadaires	5 »
Id. pour appareils à révolution journalière	3 75

Mouvement d'Horlogerie spécial, plus fort et muni d'un échappement à ancre
En plus pour chaque appareil enregistreur 30 »

Notice explicative comprenant le Rapport de M. le colonel Sébert à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale et l'Exposé des nouveaux Instruments (édition 1886) 2 »

