

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 79 (1953)
Heft: 9-10: École polytechnique de l'Université de Lausanne: publication du centenaire 1853-1953, fasc. no 1

Artikel: L'anémomètre anti-givre de l'observatoire du Saentis à 250 m
Autor: Lugeon, Jean
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-59753>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

L'ANÉMOMÈTRE ANTI-GIVRE DE L'OBSERVATOIRE DU SAENTIS À 2500 M

par JEAN LUGEON, ingénieur E. P. U. L.,
directeur de la Station centrale suisse de météorologie

L'enregistrement de la direction et de la vitesse du vent en haute montagne ou dans les régions polaires présente de grandes difficultés, à cause du blocage fréquent des organes mobiles par le givre.

Le problème du dégivrage des girouettes et anémomètres est ancien. Mais jusqu'à la dernière guerre mondiale il n'a pas, à notre connaissance, trouvé de solution irréprochable.

Pendant plus d'un demi-siècle, l'observateur du Saentis, à 2500 m d'altitude, devait l'hiver, grimper plusieurs fois par jour au haut de la tour d'observation pour enlever le givre de ses appareils. Il dut fréquemment faire usage du piolet dans des conditions dangereuses. Sait-on ce qu'est ce travail par —15° et 150 km/h de vent ? Il fallait aider l'homme. Nous y parvinmes, quand la compagnie du nouveau téléférique eut la complaisance de nous vendre quelques milliers de kilowatt-heures.

Pour enregistrer la vitesse du vent en haute montagne, on ne saurait profiter des moyens pneumatiques, car la sonde, ou le tube Pitot sont rapidement obstrués par la neige. Le chauffage en est difficile, par suite de la production abondante des eaux de fusion. Nous avons donc conservé le vieux principe du robinson, où les transmissions mécaniques, cardan, excentrique, etc. furent remplacées par des transmissions électriques à distance. L'inscription des éléments est ainsi plus fine ; les impulsions reçues du moulinet tous les deux tours permettent plusieurs sortes de tracés du vent : vitesse quasi instantanée, vitesse moyenne intégrée, « vent parcouru », etc.

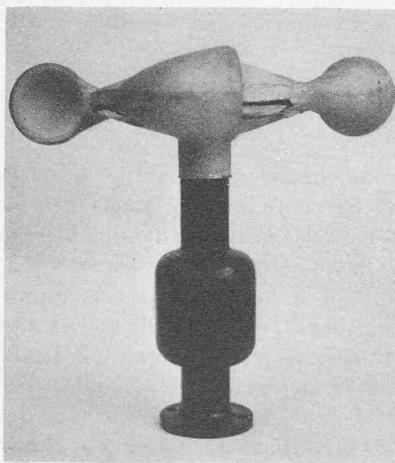


Fig. 2.—Le tourniquet, dit «robinson», affecte la forme d'une turbine Pelton. Les aubes sont creuses intérieurement et chauffées par le rayonnement d'une résistance électrique stator (voir fig. 3).



Fig. 1. — Tourelle d'observation du Saentis avec l'anémomètre et la girouette ancien modèle, chauffée pneumatiquement (modèle Dr ing. Pierre de Haller, 1942).

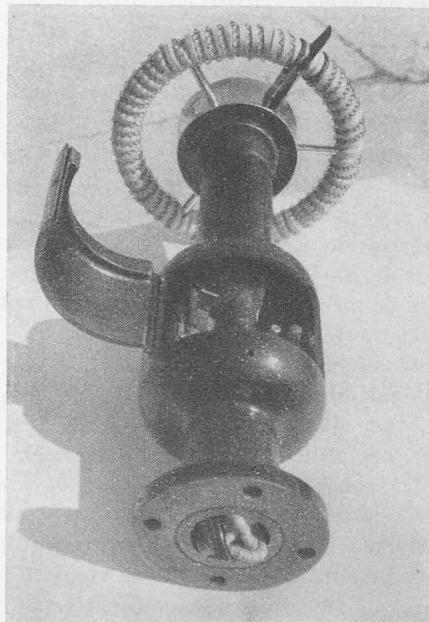


Fig. 3. — Le corps de chauffe à l'intérieur du robinson, concentré au miroir réfléchissant la chaleur radialement vers les aubes. La porte de révision du boîtier où est logé le contacteur est ouverte.

En 1942, nous installâmes au Saentis, soigneusement étudié par le Dr ingénieur Pierre de Haller, le premier anémomètre chauffé, composé d'une soufflerie à turbine, chassant par une tubulure de l'air chaud dans les aubes creuses du robinson (fig. 1). L'installation fonctionna quelques années, puis il fallut y renoncer à cause des frais d'exploitation trop élevés.

Tôt après la seconde guerre, je repris l'idée de chauffer les aubes creuses depuis l'intérieur, par la simple radiation d'une résistance électrique immobile, concentrique à l'axe de rotation du robinson (fig. 2, 3). Les données calorifiques extraites de nos premières expériences me firent miser sur une force de 1 à 2 kw pour dégivrer l'anémomètre par les plus mauvaises conditions d'humidité, entre -4° et -12° , avec des vents de 150 km/h. L'évaluation s'avéra exacte. Notons que des tentatives analogues avaient été faites au Mont-Ventoux, dans les Alpes Maritimes, et au Mont-Washington, aux Etats-Unis [1, 2].

Voici bientôt cinq ans que cette sorte de turbine Pelton éolienne tourne sans difficultés par les pires tempêtes de glace. Sa vitesse de démarrage est de l'ordre de 0,8 m/sec et sa courbe d'étalonnage s'approche suffisamment de la ligne droite pour que l'enregistrement soit relativement simple.

Le plan d'exécution (fig. 4) est assez clair pour éviter une longue description. Le robinson, d'un poids de 700 gr, est en cuivre de 0,4 mm d'épaisseur. Celui de rechange est en anticorodal, plus léger, mais l'effet thermique est le même.

Au cours des ans, nous supprimâmes par tâtonnement plusieurs maladies d'enfance, ayant leur origine dans les eaux de condensation. En effet, le dispositif est soumis à des différences de température extrados-intrados considérables. D'autre part, des interstices suffisants doivent être maintenus entre les organes mobiles et fixes. Les précipitations, et surtout le poudrin peuvent y pénétrer : il faut les empêcher. On eut aussi à prévoir des ouvertures de contrôle, de graissage et de nettoyage pour le contacteur et le collecteur. Il fallut refroidir suffisamment le roulement à billes supérieur supportant la turbine. Deux petits trous radiaux percés dans la colonne maîtresse, mais émergent sous le manchon du robinson, s'avérèrent suffi-

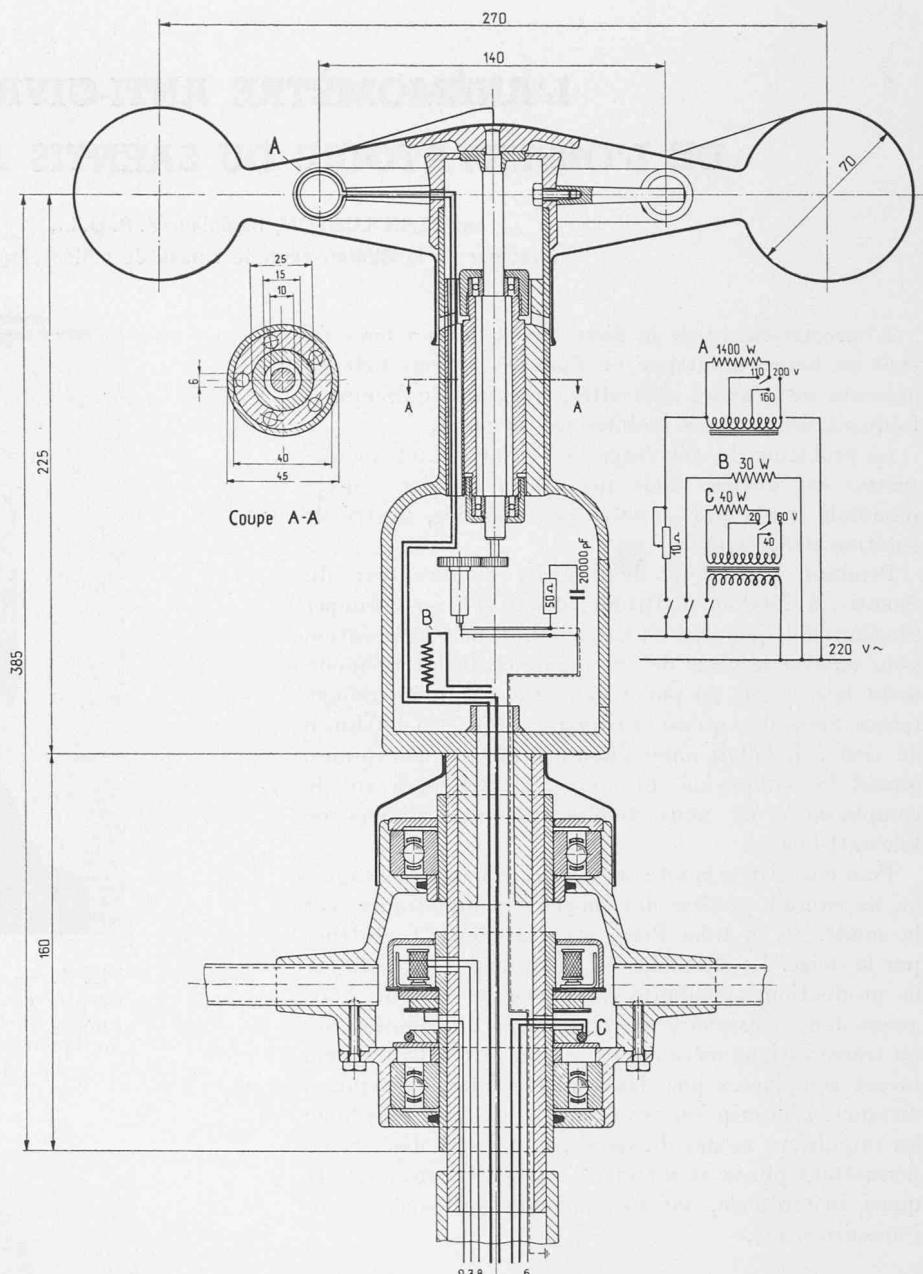


Fig. 4. — Schéma de construction de l'anémomètre chauffé de l'observatoire du Saentis. A, B, C sont les 3 corps de chauffe ; schéma de distribution du courant électrique.

sants ; tout grippage par excès de chauffage fut ainsi supprimé.

Le corps de chauffe radial A (fig. 4) du stator de la turbine est en céramique, à gorge hélicoïdale, dans laquelle est enroulée la spirale de chauffage de 34 Ohms (fig. 3). Le rayonnement propre de la résistance, qui serait insuffisant à lui seul pour atteindre l'intérieur des quatre aubes, est réfléchi radialement par un miroir cylindrique, concentrique à l'axe, dont la courbure de la génératrice est faible, de manière à diriger les calories également vers le couvercle conique supérieur de la turbine. Ce miroir est chromé.

Dans la chambre du contacteur se trouve une petite résistance de chauffage B (fig. 4), qui est d'ailleurs rarement utilisée. Elle est là pour apporter assez de chaleur d'évaporation aux eaux d'imbibition éventuelles. La vapeur d'eau produite s'échappe derechef,

en suivant l'axe de rotation et sort par les petits trous situés sous le roulement à billes supérieur.

La girouette tourne autour du même axe vertical supportant l'anémomètre. Ses deux bras sont fixés radialement dans une bague ayant deux roulements à billes fixés au pignon.

Le collecteur à seize résistances en série est immobile (fig. 5). Les contacts fixes sont sciés dans une platine en laiton. Les deux curseurs en or de 14 carats solidaires du mouvement de la girouette glissent à faible frottement sur les lamelles. Le contact or-laiton s'est avéré excellent. Il est possible de supprimer pratiquement toute usure par un léger graissage des contacts, sans nuire au passage du courant électrique.

La chambre du collecteur, qui peut supporter passablement d'humidité sans influence électrique, est néanmoins pourvue d'un petit corps de chauffe circulaire C, de 25 Ohms. Il est enclenché plus fréquemment que celui du contacteur, à seule fin d'ailleurs, de libérer les adhérences de glace entre le capot fixe protégeant le haut du boîtier axial de la girouette et celui-ci.

La pratique a démontré qu'il n'est pas nécessaire de chauffer la girouette. Le vent fait lui-même œuvre de brise-glace autour de l'axe de rotation. Pour éviter toute perturbation dans l'enregistrement de la direction du vent, nous avons conservé l'ancien système de girouette, à un pan vertical. Les oscillations à gauche et à droite du lit quasi axial du courant d'air sont de $\pm 10^\circ$ d'angle, ce qui est parfaitement tolérable dans un observatoire de haute montagne, où l'on ne saurait noter plus de 16 azimuts, dans la majeure partie des situations météorologiques.

Le tableau de commande pour le chauffage est dans la tour pyramidale, sur laquelle est montée la girouette (fig. 1, 6). Les enregistreurs sont à 30 m de là, dans la chambre de travail de l'observateur (fig. 7).

La vitesse du vent est enregistrée par mon « fréquencemètre à constante de temps », imaginé à Varsovie en 1932 [3], dont le principe est résumé ainsi (fig. 8).

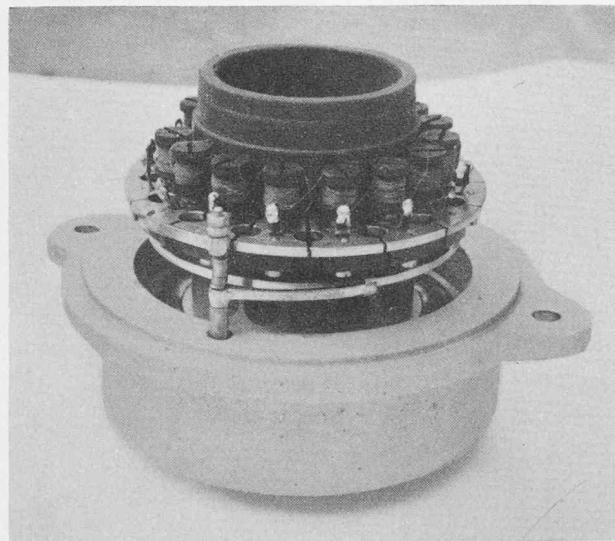


Fig. 5. — Le collecteur de la girouette. Les bobines ohmiques sont connectées en série aux secteurs interrogés par le balai supérieur. Le balai inférieur glissant sur un disque assure la fermeture du circuit.



Fig. 6. — La tourelle d'observation du Saentis après une tempête de glace (voir fig. 1). L'échelle a été dégagée à coups de piolet pour accéder à la plate-forme d'observation. La girouette chauffée n'est pas givrée.

Les impulsions reçues du robinson commandent un relais à translation. Quand l'armature mobile est au repos en K_1 , elle ferme le circuit d'un condensateur C et d'une batterie V_1 . Au repos, le condensateur est donc toujours maintenu chargé par une f. é. m. constante. Lorsque l'armature bascule par l'impulsion descendant du robinson, le circuit du condensateur C_1 est d'abord ouvert, puis refermé dans la position K_2 sur le circuit d'un deuxième condensateur shunté par une résistance R . La charge du condensateur C_1 passe

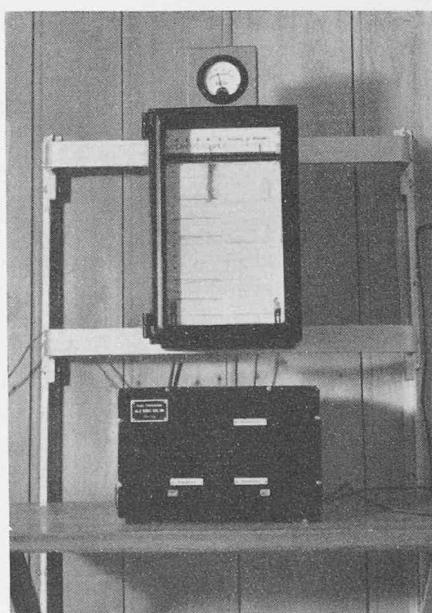


Fig. 7. — L'amplificateur et l'enregistreur dans la salle des observations instrumentales.

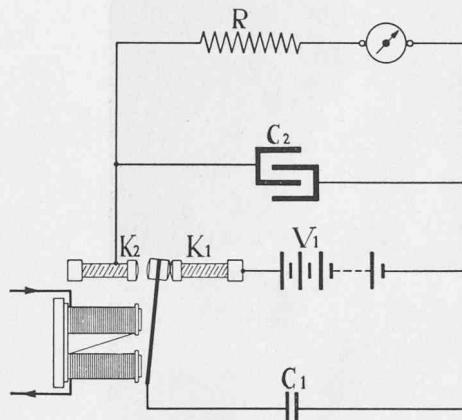


Fig. 8. — Schéma de principe du fréquencemètre à constante de temps adapté à la mesure de la vitesse du vent.

ainsi au condensateur C_2 , car une des armatures de C_1 est connectée à C_2 . Le condensateur C_2 accumule l'énergie qu'il reçoit à chaque basculement et la rend dans la résistance R qui, en l'occurrence, est l'instrument de mesure, soit le milliampèremètre enregistreur.

On démontre que ce dispositif est un fréquencemètre, et que la position de l'aiguille du milliampermètre est une fonction assez simple des basculages du relais. Je ne répéterai pas ici le développement mathématique déjà publié, me contentant de dire que ce principe permet d'enregistrer la vitesse moyenne du vent en fonction de la fréquence des impulsions du moulinet, avec une remarquable précision. J'ai choisi ici une constante de temps relativement élevée, de l'ordre de la minute, pour obtenir un tracé en vitesse moyenne minute assez étalée, pour faciliter la codification télégraphique. La lecture d'une ligne de vitesse partiellement intégrée est beaucoup plus simple que celle d'un indicateur à vitesses instantanées. Rien ne nous empêche, d'ailleurs, de choisir une constante de temps de l'ordre de la seconde ; l'appareil suit alors fidèlement les sauts du vent, hormis le petit glissement bien connu du robinson dans le lit du courant d'air.

Un inconvénient du modèle de Varsovie est la grosse valeur de C_2 , de l'ordre de 40 000 MF ; C_1 n'a que 50 MF. Pour cette raison, j'ai invité mon éminent collègue, Dr ingénieur Guido Nobile, à remplacer l'équipement en courant télégraphique, par un dispositif électronique, ce qui présentait le double avantage d'obtenir à bon compte, par un condensateur variable (fig. 9), le « vent parcouru », c'est-à-dire la ligne en zigzag totalisant les kilomètres de vent pendant l'unité de temps. Le schéma (fig. 10) indique les valeurs de l'amplificateur du Dr Nobile. Les lettres signifient : D , le milliampèremètre enregistrant la direction ; CP , celui enregistrant le vent parcouru ; VIT , celui inscrivant la vitesse moyenne intégrée du vent. L'amplificateur est alimenté sous 220 V, 50 périodes et consomme environ 70 Watts. Plusieurs lampes ont vécu au-delà de 50 000 heures, sans faiblir. Les chiffres 1 à 9 encerclés

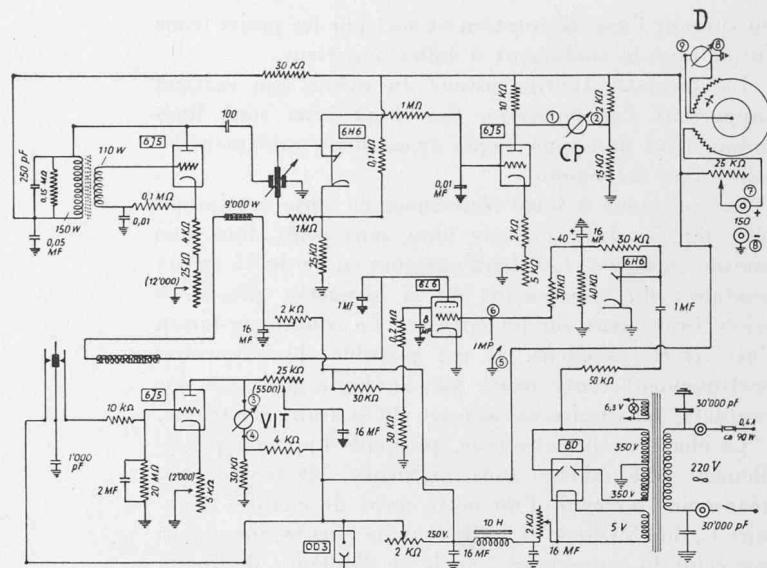


Fig. 10. — L'amplificateur du Dr ing. G. Nobile composant sur l'enregistreur les lignes de vitesse et de direction du vent.

correspondent aux connexions. Le contacteur du robinson fut déparasité, non sans peine, vu la difficulté d'obtenir de bonnes prises de terre sur les rochers calcaires du Saentis, souvent desséchés et pratiquement isolés par basses températures. Au début, on entendait les impulsions jusque dans le thalweg des vallées d'Appenzell, à plusieurs kilomètres de distance.

Un exemple d'enregistrement est donné à la figure 11.

Le chauffage de l'anémographe du Saentis n'est sciemment pas entièrement automatique. Un tel instrument ne peut être abandonné à lui-même, car il ne s'agit plus ici d'une question essentiellement instrumentale, mais plutôt d'un problème météorologique. Là-haut, en effet, les conjonctures varient avec une extraordinaire rapidité. Les sautes de température de $\pm 20^\circ$ et de vent, entre 0 et 150 km/h se produisent parfois en quelques heures. Nous avons renoncé, dès les débuts, à automatiser les enclenchements du chauffage. Des thermostats eussent été un luxe inutile,

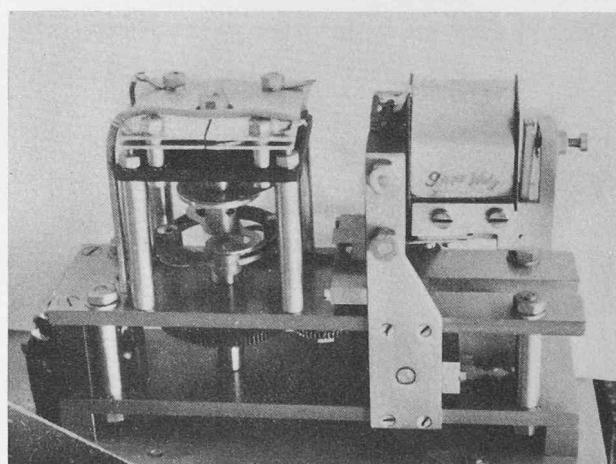


Fig. 9. — Le relais et le condensateur variable de l'amplificateur (modèle Dr ing. G. Nobile, voir schéma fig. 10).

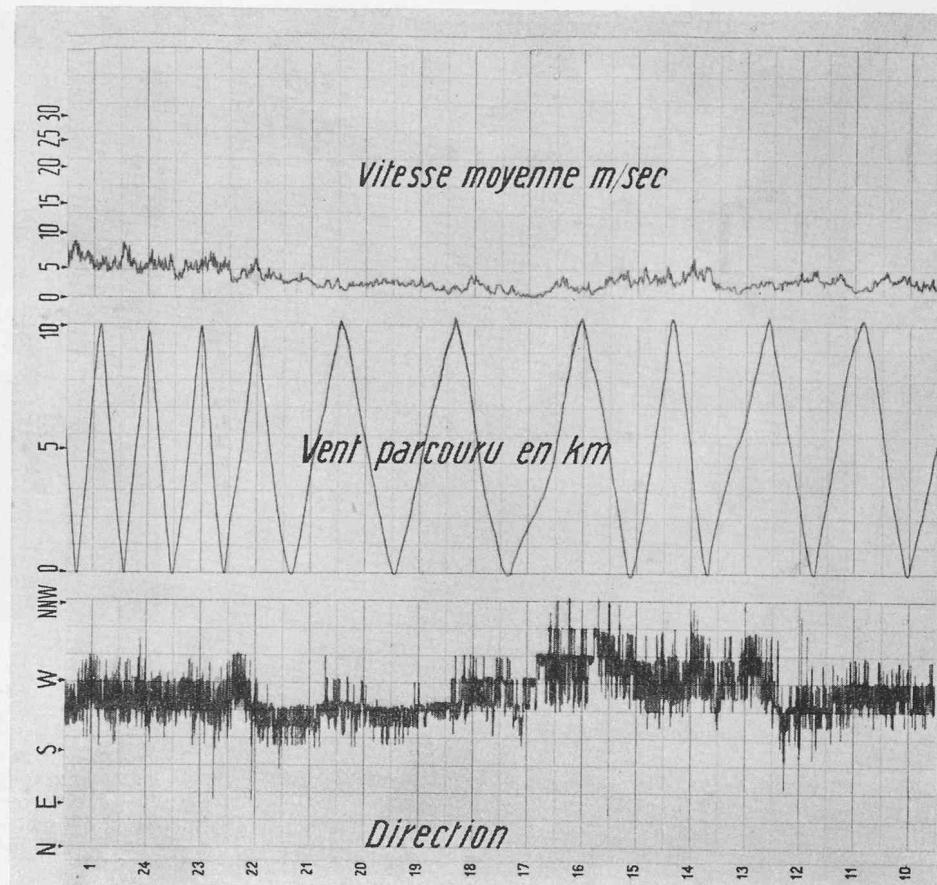


Fig. 11. — Exemple d'enregistrement de la vitesse et de la direction du vent à l'anémographe et girouette du Saentis. La tangente en tous points à la courbe en zigzag du vent parcouru, donne la vitesse instantanée en km/h.

puisque l'homme est toujours présent pour tourner les boutons, sauf aux courtes heures du sommeil (22 h à 6 h).

On ne saurait s'étendre longuement ici sur l'intensité des phénomènes gélifuges, en altitude. Les figures 6 et 12 sont parlantes. Par vent humide de l'ouest-nord-ouest, des barbules de glace de 50 cm de longueur se déposent en deux heures sur un paratonnerre. En un jour de tempête, par -2° à -6° , la pyramide s'enrobe d'une carapace de glace pesant plusieurs tonnes, et vingt heures de travail sont parfois nécessaires à l'observateur pour libérer l'échelle, à coups de piolet.

Malgré tout cela, notre appareil regardant le ciel, assez haut sur la tour, reste dénué de givre. La photographie (fig. 13) montre le robinson bloqué, sans chauffage. Sur l'image (fig. 14), on le voit reprendre son mouvement, dégivré en trois minutes. Remarquons que le coup de chaleur commence à libérer l'axe de la girouette.

Voici quelques renseignements concernant l'exploitation, communiqués par l'observateur E. Hostettler, dont les conseils ont été précieux pour la réalisation définitive de notre appareil.

Rappelons d'abord que le corps de chauffe du robinson ne comporte qu'une résistance. Par le jeu des secondaires d'un transformateur et de résistances appropriées (voir schéma, fig. 4), on lui envoie sous :

- I : 250 à 340 Watts
- II : 500 à 680 Watts
- III : 1000 à 1400 Watts

Lors d'une invasion d'air chaud et humide entre -1° et -3° , par brouillard dense, vent modéré, et formation de barbules de givre de vingt centimètres de longueur en une ou deux heures, la position I est suffisante.

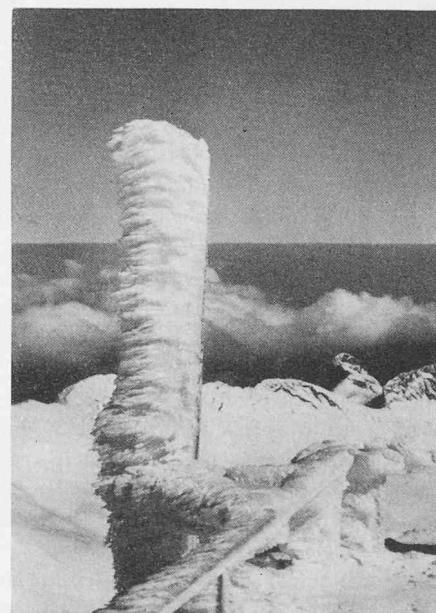


Fig. 12. — Aiguilles de glace de 50 cm de longueur soudées entre elles, et croissant contre le vent en 1 à 2 heures sur la tige d'un paratonnerre.



Fig. 13. — Le tourniquet ou robinson abandonné sciemment sans chauffage est bloqué par une carapace de givre en quelques minutes.

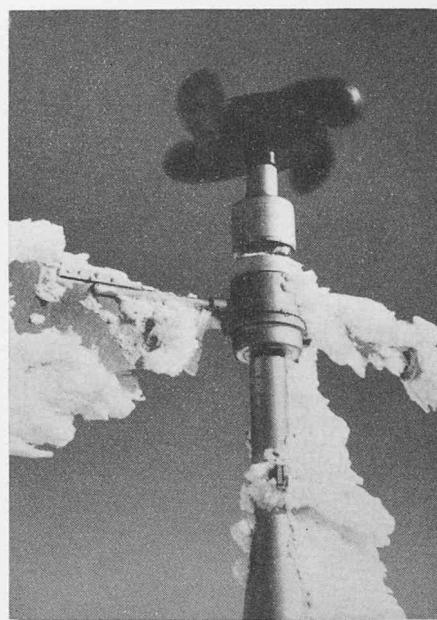


Fig. 14. — Le robinson bloqué par le givre (voir fig. 13) est dégagé après 3 minutes de chauffage et tourne librement. La glace s'est brisée d'elle-même autour de l'axe de rotation de la girouette par l'effet mécanique des oscillations horizontales du vent. Le chauffage du moyeu de la girouette a contribué à ramollir l'adhérence du givre.

On enclenche II quand le vent passe de 50 à 100 km/h, dans les mêmes conditions. La plupart du temps, 500 à 600 Watts suffisent.

Entre -8° et -12° , l'humidité absolue est plus faible, dans le brouillard, mais à ces températures la texture de la glace est compacte et dure. On peut alors abaisser le chauffage à 300 Watts. Par grand froid, vers -18° et plus, la glace est mince. Le contact I suffit.

Il est excessivement rare — une à deux fois par an — qu'il faille dépasser 1000 Watts. Quand cela s'avère nécessaire par des tempêtes dépassant 150 km/h, toute trace de glace sous 1000 Watts disparaît en trois à quatre minutes, après quoi on peut redescendre à 600 Watts. La position III est donc une réserve de sécurité pour des raisons météorologiques imprévues. Ainsi, quand l'observateur a été surpris de nuit par une bourrasque violente, il peut surchauffer son appareil au lever matinal ; quelques minutes plus tard tout est en ordre. M. Hostettler a un sens aigu des choses du Saentis. Sous son règne, il n'y eut jamais de panne nocturne.

Les deux petites résistances du contacteur et du collecteur ne sont mises en service que lorsqu'on remarque sur l'enregistreur des irrégularités de tracé provenant des eaux de condensation congelées dans les boîtiers, ce qui est rare. Quelques minutes de chauffage réparent les choses.

La consommation est contrôlée au compteur électrique. Elle est de l'ordre de 3200 kw/h par année, à partager ainsi :

| | |
|-------------------------|-----------|
| Chaussage | 2600 kw/h |
| Amplificateur | 600 kw/h |
| Total annuel | 3200 kw/h |

Au prix de 7 centimes le kilowatt/heure, nous dépensons un peu plus de 200 fr. de courant électrique par an et une dizaine de francs pour les tubes de rechange. L'anémographe du Saentis est donc un appareil très économique.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CHARLES F. BROOKS : *Heated Anenometer, Mount Washington Observatory*. News Bulletin, no 3, May 1938, Milton, Mass.
- [2] J. PAPILLON : *Le vent et sa mesure*. La Météorologie, déc. 1941 et janv.-juin 1942, Paris.
- [3] JEAN LUGEON : *Un fréquencemètre enregistreur à constante de temps*. Onde électrique 12, no 134, fév. 1933, p. 71-83, Paris, 1933.

* * *

Ont contribué à la construction de l'appareil décrit : MM. Dr ing. Pierre de Haller, ing. Willy Bleuler, Dr ing. Guido Nobile, M. Bohnenblust, E. Müller et O. Meier, techniciens S. C. S. M. L'enregistreur est de Trüb-Täuber. Que chacun reçoive ici les remerciements du rédacteur.