



**HAL**  
open science

# ANÉMOMÈTRE A FIL CHAUD EMBARQUABLE SUR BALLON CAPTIF

Agnès Weill, W. Brandes, C. Oberto, P. Bares

► **To cite this version:**

Agnès Weill, W. Brandes, C. Oberto, P. Bares. ANÉMOMÈTRE A FIL CHAUD EMBARQUABLE SUR BALLON CAPTIF. Journal de Physique Colloques, 1976, 37 (C1), pp.C1-173-C1-175. 10.1051/jphyscol:1976125 . jpa-00216452

**HAL Id: jpa-00216452**

**<https://hal.science/jpa-00216452v1>**

Submitted on 4 Feb 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## ANÉMOMÈTRE A FIL CHAUD EMBARQUABLE SUR BALLON CAPTIF

A. WEILL, W. BRANDES, C. OBERTO et P. BARES

Laboratoires de Météorologie Dynamique et Physique et Dynamique de l'Atmosphère  
Faculté des Sciences, Tour 15, 5<sup>e</sup> étage, 4, place Jussieu, 75230 Paris Cédex 05, France

**Résumé.** — 1) On décrit un système anémométrique à fil chaud embarquable sur ballon captif.  
2) On met en évidence un des problèmes de physique de la mesure concernant la conception et la réponse d'une girouette.

**Abstract.** — 1) A hot wire anemometer used with a captive balloon is described.  
2) One of the physical problems of wind vane design and response is discussed.

**1. Introduction.** — La connaissance de la turbulence en micrométéorologie expérimentale nécessite l'utilisation d'instruments de détection du champ turbulent dont on connait suffisamment bien les performances.

Sur le plan international, les nombreuses équipes travaillant sur la couche limite atmosphérique, ont développé divers instruments de mesure : anémomètres à coupelles, anémomètres à fils chauds, anémomètres soniques et ioniques. Ne possédant pas nous-mêmes de tels instruments, et ceux dont nous disposions n'étant pas adaptés à de telles mesures, nous nous sommes proposés de développer nous-même un système anémométrique à fil chaud embarquable sur ballon captif.

Une autre raison qui nous a guidé vers une telle recherche était les résultats obtenus par [1] Brandes, W. (1971) en soufflerie, en particulier la mise au point de fils chauds à caractéristiques linéaires pour des vitesses d'écoulement dépassant le  $\text{ms}^{-1}$  jusqu'à  $15 \text{ ms}^{-1}$ .

**2. Système anémométrique embarquable sur ballon captif.** — Les contraintes imposées pour notre système étaient les suivantes :

1) La légèreté : nous étions limités à 2 kg, 2 batteries comprises pour quatre heures de fonctionnement.

2) La robustesse : le système devait résister à des vitesses d'écoulement supérieures à  $10 \text{ ms}^{-1}$ .

3) Le temps de fixation sur la drisse d'un ballon captif devait être très court.

4) La réponse anémométrique devait être linéaire.

Nous avons réalisé un système constitué de deux girouettes : une à grande inertie, en supportant une plus petite à faible inertie, sur laquelle est positionné un fil chaud horizontal. Le fil chaud est toujours orienté face au vent ; il est *asservi* horizontalement et ne subit aucune influence du fait des déplacements sur le plan horizontal autour des axes des deux girouettes : il est sensible jusqu'à la *fréquence de coupure* de la petite girouette au module du vent.

Nous avons représenté sur la figure 1 le schéma mécanique du système ; on peut remarquer en 1 la grande girouette, en 2 le support de celle-ci contenant les fils de transmission de l'énergie et des signaux, en 3 on

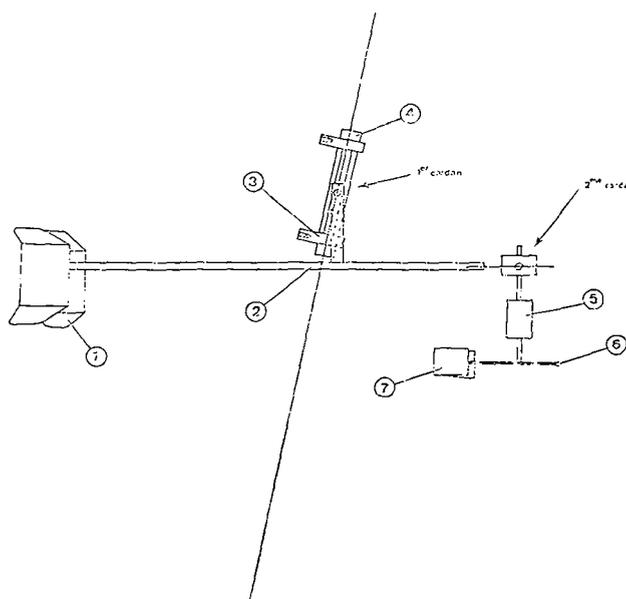


Fig. 1. — Schéma mécanique du système anémométrique.

remarque l'axe central mobile contenant des roulements à bille travaillant verticalement et horizontalement, l'ensemble tournant de l'axe fixe par rapport à la drisse. Les deux axes 3 et 4 sont composés de deux coquilles cylindriques articulées par une charnière et se verrouillant par une pince à ressort. En 5 est placé le système anémométrique contenant l'électronique du système ; en 6 on remarque le support du fil chaud, tandis qu'en 7 est dessiné le système *minigirouette* permettant au fil chaud de suivre les fluctuations de direction de l'écoulement atmosphérique.

Sur la figure 2 nous avons représenté un schéma électronique simplifié du système : un amplificateur opérationnel de gain 20 a été ajouté et permet d'avoir la composante différentielle (filtre passe-haut, à fréquence de coupure égale au centième de Hz).

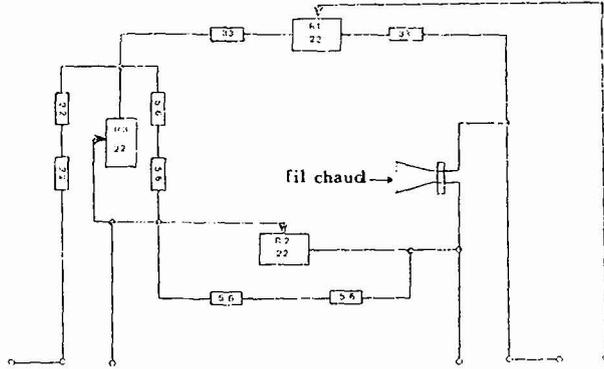


FIG. 2. — Schéma électronique succinct du système. Les résistances indiquées sont en ohms.

La disposition électronique choisie assure une forte surchauffe du fil chaud : le taux de surchauffe de 4,2 assure au système un comportement semblable à celui d'un anémomètre à température constante.

L'analyse spectrale des fluctuations turbulentes montre une réponse du système jusqu'à des fréquences élevées (plus de 200 Hz) : photographie n° 1.

3. Girouette suivant l'écoulement atmosphérique. —

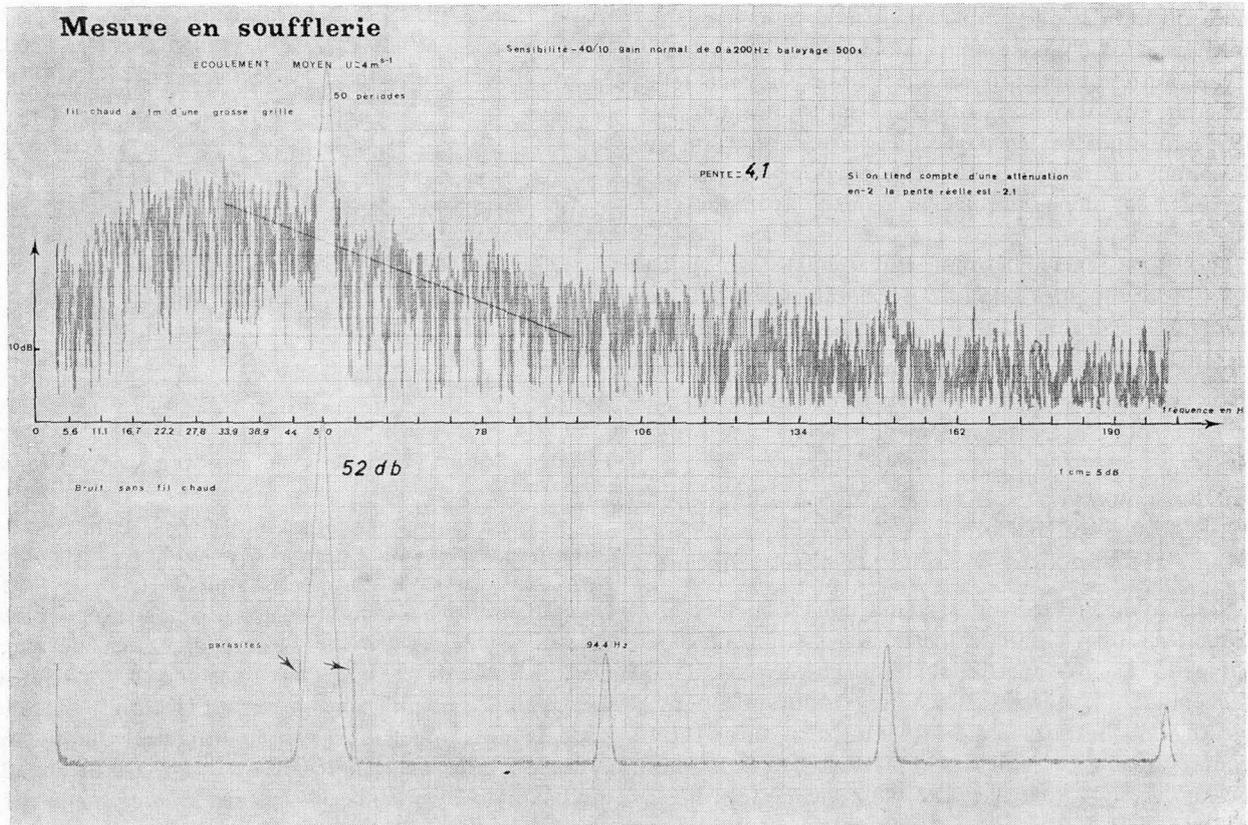
Un écoulement en atmosphère libre est constitué par un vent dominant ou composante basse fréquence de l'écoulement, auquel se superpose une perturbation induite par des tourbillons de diverses dimensions, et constitue la composante turbulente.

Pour un observateur eulérien, (un senseur eulérien), une telle perturbation de l'écoulement est tridimensionnelle : pour que le fil chaud puisse suivre le module du vent jusqu'à une fréquence  $F_c$ , il faut que la minigirouette puisse suivre jusqu'à  $F_c$  l'écoulement atmosphérique changeant d'azimuth de façon aléatoire au cours du temps. Notre minigirouette testée en soufflerie (montée sur un potentiomètre à très faible frottement) a une longueur de réponse d'une trentaine de cm et un coefficient d'amortissement de 0,6 ; en nous contentant pour le fil chaud d'une fréquence limite de 4 Hz, nous nous assurons des mesures propres. On peut rappeler les résultats de [2] MacCready et Jex (1964) concernant la réponse d'une girouette à une fonction échelon

$$\theta(t) = \theta_0(1 - \exp - \omega\zeta t / (1 - \zeta^2)^{1/2} \times \cos(\omega t(1 - \zeta^2)^{1/2} + \text{Arc cos}(1 - \zeta^2)^{1/2}) \quad (1)$$

où :  $\zeta$  est le coefficient d'amortissement,  
 $\theta$  est l'angle atteint au bout d'un temps  $t$ ,  
 $\omega$  est la pulsation naturelle de la girouette,  
 $\theta_0$  est la déviation initiale.

Le choix de  $\zeta$  proche de 0,6 est dicté par la fonction



PHOTOGRAPHIE 1. — Partie supérieure : spectre d'amplitude obtenu en soufflerie. Partie inférieure : spectre du bruit (sans fil chaud).

de transfert de la girouette dont le maximum d'amplitude est presque plat pour  $\zeta = 0,6$ .

La figure 3 montre un exemple de réponse de la mini-girouette à une fonction échelon correspondant à une déviation initiale de  $30^\circ$ .

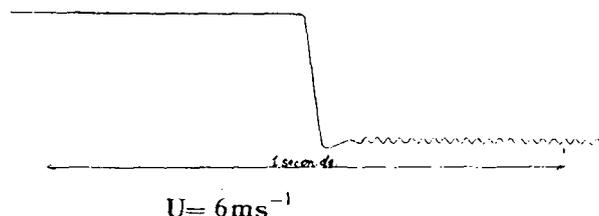


FIG. 3. — Réponse de la petite girouette à une fonction échelon pour une vitesse d'écoulement de  $6 \text{ ms}^{-1}$ .

**4. Conclusion.** — Nous avons développé un système anémométrique à fil chaud embarquable sur ballon captif, nous permettant d'étudier quelques caractéristiques de la turbulence atmosphérique. Cet instrument dont nous avons exposé de façon succincte quelques-unes des particularités, et dont nous connaissons bien les performances, ainsi que les défauts, a déjà fonctionné pendant deux campagnes de mesures et donné d'importants résultats concernant la variabilité de la turbulence [3] (Kaynejad, A. (1975)).

**Remerciements.** — Nous tenons à remercier tout particulièrement Messieurs J. F. Fèvre et F. Baudin du C. N. E. T., qui nous ont aidé au développement de notre anémomètre.

#### Bibliographie

- [1] BRANDES, W. : *Ein zeitintervall-Amplitudeanalysator für turbulente strömungsvorgänge und seine Anwendung zur Steuerung einer chronophotographischen Messanlage.* *J. Phys. E* 5 (1972) 876.
- [2] MACCREADY, P. B. and JEX, H. R. — *Response characteristics and meteorological utilization of propeller and vane wind sensors.* *J. Appl. Meteorol.* 3 (1964).
- [3] KAYNEJAD, A. — Thèse de Docteur-Ingénieur, Paris VI\* (1975).