

LA STATION METEOROLOGIQUE
AUTOMATIQUE DE LA METEOROLOGIE
NATIONALE FRANCAISE

par Michel DUREPAIRE

Président Directeur Général de la Société Industrielle
de Télécommande et de Télémécanique

Officier de Réserve

RESUME.-

Le nombre d'observations météorologiques dont on peut disposer pour établir des prévisions est gravement limité par le coût élevé d'un centre d'observations permanent établi dans une région mal desservie ou déserte. La station météorologique automatique mise au point par la SOCIETE INDUSTRIELLE DE TELECOMMANDE ET DE TELEMECANIQUE sur les indications de la METEOROLOGIE NATIONALE FRANCAISE permet d'obtenir, sans intervention humaine, des observations météorologiques périodiques, transmises par radiotélégraphie en code Morse par l'équipement lui-même, alimenté sur batterie de grande capacité.

La station comprend 6 instruments météorologiques dont les indications sont transformées en signaux électriques par des dispositifs pointeurs ou totalisateurs appropriés, selon la nature de chaque appareil.

Un moteur actionne un système de cames qui assure la traduction en signaux Morse de la lecture de chaque appareil; ces signaux correspondent à des chiffres dans un code simple; les cames assurent également la succession automatique des signaux des différents appareils au cours d'une même émission et la transmission trois fois de suite de ces signaux, l'émission commençant par une période préliminaire d'appel destinée à permettre le réglage des postes de réception. La station comprend deux émetteurs radiotélégraphiques de 40 Watts, qui sont utilisés alternativement: un le jour, l'autre la nuit, pour faire face aux variations diurnes de la propagation des ondes utilisées (ondes décimétriques). La portée utile peut ainsi atteindre facilement 1000 à 2000km.

L'ensemble du fonctionnement de la station est commandé par un horo-contacteur de précision.

INTRODUCTION.

La prévision rationnelle de l'évolution des phénomènes météorologiques ne peut s'appuyer que sur une connaissance précise et suivie de l'état actuel de l'atmosphère, observé en un nombre d'emplacements aussi élevé que possible. De plus, les emplacements qui fournissent les observations les plus significatives sont très fréquemment situés à l'écart des grands centres, souvent même dans des régions complètement inhabitables.

Or, l'établissement d'un observatoire météorologique capable de faire plusieurs observations chaque jour nécessite la présence permanente d'au moins deux opérateurs, ainsi qu'une alimentation en énergie, ce qui implique une mise de fonds et des dépenses d'exploitation considérables.

C'est pour cette raison, et compte tenu de l'importance des prévisions météorologiques pour le trafic aérien, que plusieurs conférences internationales ont préconisé la construction et l'installation d'appareils automatiques capables de remplir le même office qu'une équipe d'observateurs et ne nécessitant pas de surveillance permanente.

Le matériel décrit ci-après, étudié et construit par la SOCIETE INDUSTRIELLE DE TELECOMMANDE ET DE TELEMECANIQUE sur les spécifications et sous le contrôle technique de la METEOROLOGIE NATIONALE, a été conçu spécialement pour répondre à ce besoin. La station est représentée par la figure 1.

EXPOSE DU PROBLEME.

Le problème consiste à mesurer les éléments météorologiques en un point donné, et à en assurer la transmission par voie radioélectrique en code Morse.

Les éléments à transmettre sont ;

- l'indicatif de la station;
- la pression atmosphérique;
- la température;
- le degré d'humidité;
- la vitesse du vent;
- sa direction;
- la quantité de pluie tombée depuis l'observation précédente;
- l'indication de présence de pluie au moment de la transmission.

Les éléments doivent être automatiquement transmis à heures fixes, en général toutes les 3 heures, c'est-à-dire 8 fois par jour.



Fig. 1 - Armoire (vue avant)

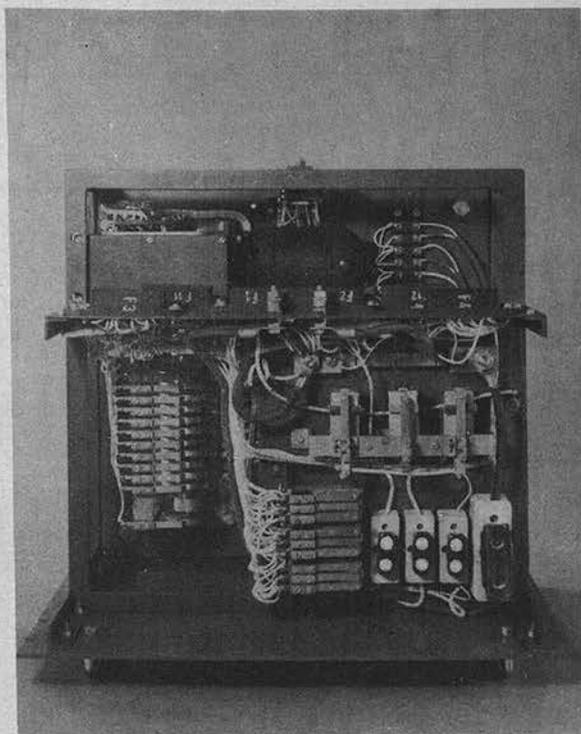


Fig. 3 - Tiroir traducteur (vue supérieure)

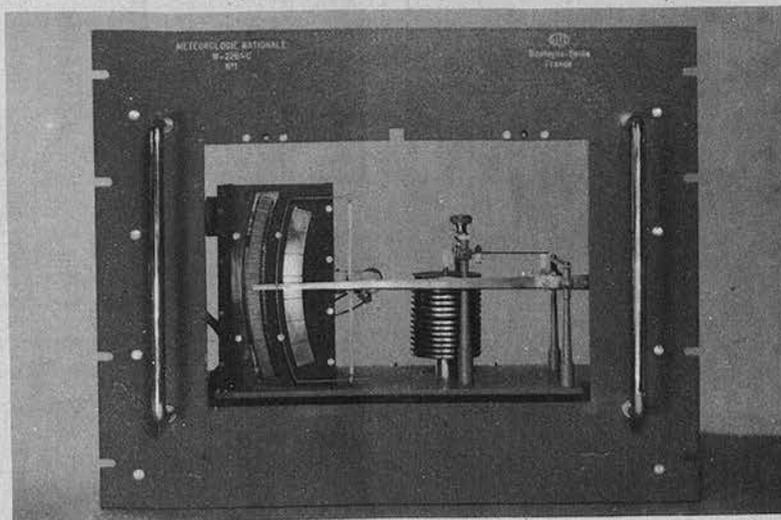


Fig. 4 - Tiroir baromètre

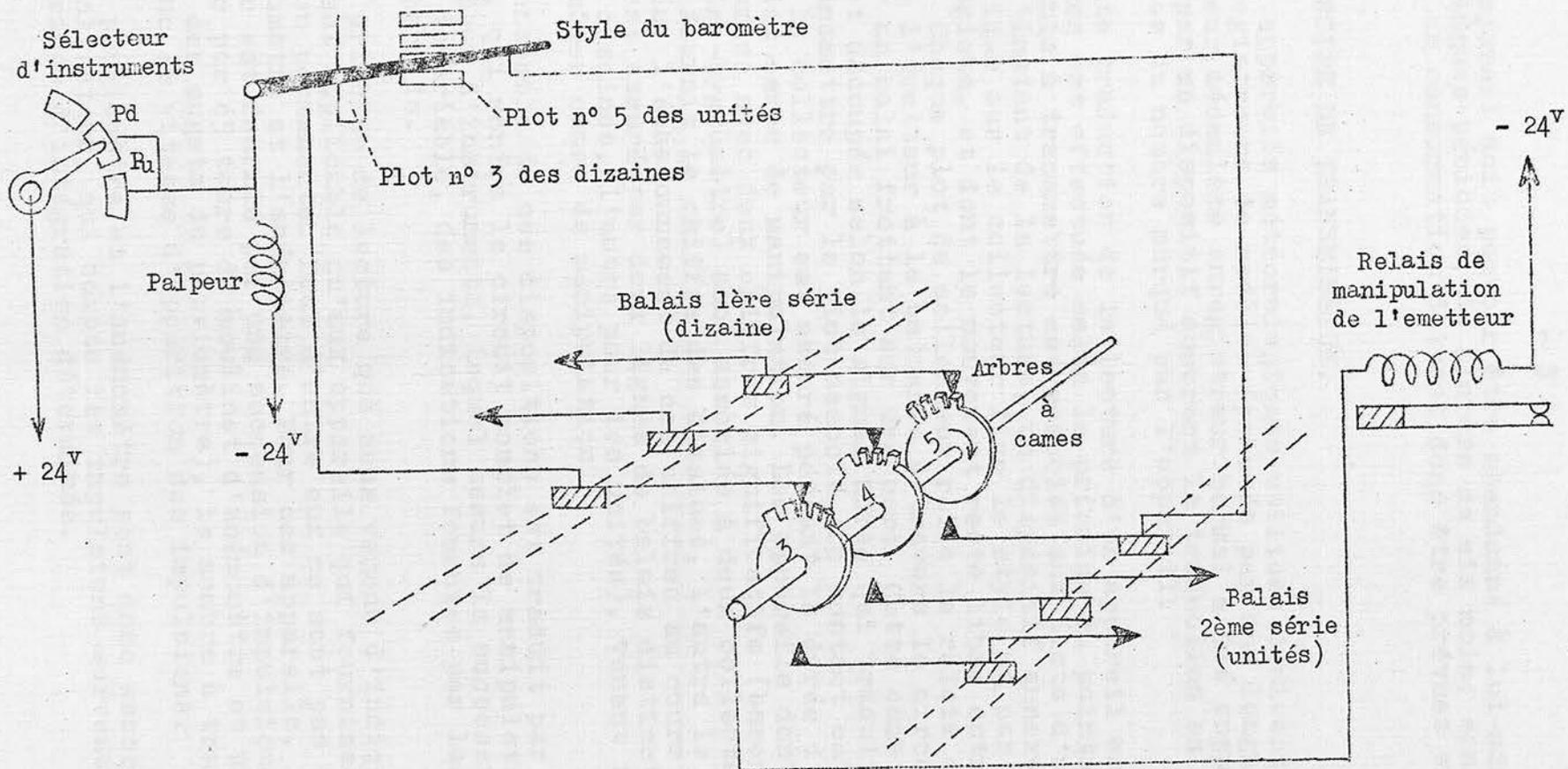


Fig. 2

L'appareil doit pouvoir être abandonné à lui-même pendant de longues périodes, de l'ordre de six mois; son alimentation et sa consommation doivent donc être prévues en conséquence.

PRINCIPE DE TRANSMISSION.

Les appareils météorologiques utilisés dérivent d'appareils enregistreurs de modèles éprouvés par une longue exploitation. Leur mécanisme enregistreur normal a été supprimé et remplacé par un dispositif assurant la traduction en signaux électriques du nombre marqué par l'appareil.

Cette traduction de la lecture d'un appareil en signaux électriques est effectuée selon le principe du pointage : chaque variable à transmettre est associée aux plots d'un collecteur; à l'instant de la lecture, un dispositif annexe dit palpeur applique sur le collecteur fixe le style mû par l'appareil météorologique, et dont le mouvement reste libre entre deux lectures. Chaque plot de collecteur relie le relais de manipulation de l'émetteur à la batterie à travers le circuit constitué par un balai frottant sur une came. Cette came de manipulation est découpée selon le signal Morse qui traduit le chiffre à transmettre par le plot associé. Le contact entre le style et le collecteur est assuré pendant la durée d'un tour complet des cames de manipulation. Les appareils dont la donnée est transmise avec deux chiffres significatifs (baromètre, thermomètre-hygromètre) sont associés à deux collecteurs fixes, l'un qui fournit le chiffre des dizaines, l'autre le chiffre des unités; l'échelonnement de ces chiffres au cours de la transmission est assuré par deux lignes de balais distinctes (l'une pour les dizaines, l'autre pour les unités), venant frotter sur les mêmes cames de manipulation.

L'ensemble de ces dispositions est traduit par le schéma figure 2, qui montre le circuit complet de manipulation, avec le sélecteur d'instruments, lequel assure la succession dans un ordre invariable, des indications fournies par les différents appareils.

Le principe de lecture que nous venons d'indiquer n'est directement applicable qu'aux appareils qui fournissent une indication permanente. Deux d'entre eux ne sont pas dans ce cas: le pluviomètre et l'anémomètre. Pour ces appareils, l'indication à mesurer est fournie par une succession d'impulsions électriques (une par 65 tours du moulinet d'anémomètre et une par basculement des augets du pluviomètre), le nombre à transmettre étant donc la vitesse d'apparition des impulsions.

Le pluviomètre et l'anémomètre sont donc associés chacun à un totalisateur, qui compte les impulsions survenues au cours d'une période d'intégration déterminée.

La période d'intégration est, de par la nature des appareils, différente pour l'un et pour l'autre : le totalisateur pluviométrique ajoute toutes les impulsions survenues entre deux émissions successives, c'est-à-dire au cours d'une période qui est normalement de 3 heures, tandis que le totalisateur d'anémomètre a pour période d'intégration les 10 minutes qui précèdent une émission. Cette période est simultanément utilisée par le pluviomètre pour fournir l'indication de pluviosité présente : si un basculement d'augets survient au cours des 10 minutes qui précèdent immédiatement l'émission, un signal spécial est transmis, un autre signal, indiquant l'absence de pluie, étant transmis si aucun basculement n'a eu lieu au cours de cette période de 10 minutes.

DESCRIPTION GENERALE DE LA STATION.

La station automatique est alimentée par accumulateurs : elle ne nécessite donc aucune adduction permanente d'énergie, l'entretien se réduisant à la recharge des batteries (qui peut être effectuée automatiquement par génératrice éolienne ou par groupe électrogène à démarrage automatique). En outre, les indications diffusées à heure fixe par voie radioélectrique ne demandent aucun matériel de réception spécial et peuvent, au moyen d'un code très simple, être interprétées par un personnel peu spécialisé.

La station automatique est commandée par un hcrocontacteur. Cet organe est le seul qui fonctionne en permanence; son alimentation est assurée par des piles d'une durée de marche supérieure à un an.

Les ondes utilisées étant les ondes décamétriques, on sait que la propagation dans cette gamme présente des différences appréciables entre le jour et la nuit : la station renferme donc deux émetteurs, réglés sur deux fréquences différentes, de telle sorte que l'horocontacteur, qui définit le programme d'ensemble de la station, puisse actionner un émetteur différent selon l'heure de chaque émission.

Les appareils météorologiques comportent : un baromètre, un thermomètre, un hygromètre, un anémomètre, une girouette et un pluviomètre. Seul le premier de ces appareils se trouve placé dans l'armoire de la station; les autres sont, il va de soi, placés à l'extérieur et reliés à l'armoire par des connexions électriques blindées.

Un moteur, actionnant un système de cames, assure la succession automatique des fonctions accomplies à chaque émission de la station, la commande initiale étant fournie par l'horocontacteur. Une émission occupe une période de 150 secondes, au cours de laquelle des signaux sont effectivement émis pendant 125 secondes. Les 50 premières secondes d'émission constituent la période d'appel, qui permet au correspondant de régler son

récepteur sur l'indicatif fixe émis par la station; les 75 dernières secondes permettent la répétition à 3 reprises des résultats de mesure obtenus par les appareils météorologiques associés. Ainsi que nous le verrons ci-dessous, la station fournit simultanément certains contrôles relatifs à son propre fonctionnement.

L'ensemble de l'armoire est représenté sur la figure 1, sur laquelle on distingue, de bas en haut :

- le tiroir traducteur, renfermant le moteur, les arbres à cames et les convertisseurs qui alimentent les émetteurs;
- le tiroir de liaison, qui renferme les raccordements des connexions vers les autres tiroirs de l'armoire, ainsi que vers les appareils extérieurs. Ce tiroir contient également un manipulateur Morse permettant d'utiliser les émetteurs de la station pour écouler des messages de service par transmission manuelle;
- le tiroir de contrôle, sur lequel sont placés les appareils de mesure (voltmètre et ampèremètre) du circuit de la batterie, ainsi que les boutons de commande permettant de produire le fonctionnement de l'équipement à la demande, indépendamment de la commande normale de l'horocontacteur;
- le tiroir contenant les totalisateurs d'impulsions associés respectivement à l'anémomètre et au pluviomètre, et dont le rôle est expliqué en détail ci-après;
- le tiroir du baromètre;
- les deux tiroirs, placés sur le même plan horizontal et qui contiennent les deux émetteurs radioélectriques, les connexions d'antenne se trouvant à la partie supérieure de l'armoire.

La même figure montre l'accessibilité de l'armoire, par l'avant (pour l'exploitation normale) et par l'arrière (pour la maintenance), ainsi que les câbles souples blindés allant aux appareils extérieurs. L'étanchéité totale de l'armoire est assurée par un joint qui encadre complètement chaque porte : étant donné la présence du baromètre à l'intérieur, une communication doit être ménagée avec l'extérieur; celle-ci se fait par un filtre de poussière en laine de verre, placé sous le plancher de l'armoire.

La batterie d'alimentation est une batterie au plomb à grande réserve d'électrolyte, d'une capacité de 250 AH, qui permet à la station de fonctionner un mois sans recharge à la cadence de 8 émissions par jour sur un émetteur chacune.

FONCTIONNEMENT DE L'APPAREILLAGE.

Dispositif chronométrique et programme.

L'horocontacteur utilisé est un appareil pour commande de sonneries à 4 programmes et variation hebdomadaire. On n'utilise, pour le fonctionnement de la station, que 3 circuits-programmes, le quatrième peut servir à assurer, par exemple, le démarrage périodique d'un groupe destiné à recharger la batterie.

Chaque émission nécessite deux contacts distants de 10 minutes. La variation hebdomadaire du programme n'est pas utilisée normalement, mais elle peut l'être si les conditions d'exploitation l'imposent. Le programme le plus habituellement adopté comporte 4 émissions sur la fréquence de jour et 4 émissions sur la fréquence de nuit par 24 heures, soit la transmission d'un bulletin météorologique toutes les 3 heures.

Moteur et arbre à cames.

Le moteur électrique contenu dans l'armoire a pour seul rôle d'entraîner 3 arbres à cames qui assurent par les contacts qu'elles actionnent, la succession de toutes les opérations nécessaires à une émission.

L'ensemble du mécanisme et du tiroir qui le renferme se trouve représenté sur la figure 3 : on distingue à gauche le moteur, suivi de son réducteur, d'où sortent 3 axes :

- le premier, qui effectue un tour pendant la durée d'une émission (150 s) entraîne 3 cames qui assurent la succession des différentes phases suivantes : chauffage des tubes (25 s); appel par émission rapide d'indicatif (50 s); 3 lectures successives des instruments météorologiques; arrêt automatique. (Ces cames ne sont pas visibles sur la figure);

- le second qui effectue un tour pendant la durée d'une lecture, (soit 25 s), c'est-à-dire 6 tours à chaque émission; il entraîne le distributeur d'instruments, lequel à chaque lecture dessert successivement 11 plots (3 doubles et 8 simples), correspondant à la transmission successive des données suivantes (chaque plot est associé à une lettre Morse transmise) : signal séparatif; répétition d'indicatif (2 lettres); baromètre (2 lettres); thermomètre (2 lettres); hygromètre (2 lettres); anémomètre; girouette; pluviomètre; pluviomètre de temps présent (1 lettre); un plot en attente pour un nouvel instrument. Le câblage du distributeur d'instruments est visible sur la partie inférieure gauche de la figure 3;

- le troisième axe entraîne les cames de manipulation et effectue un tour pendant la durée d'un signal double, soit 7 tours pour chaque lecture et 42 tours par émission. Les cames montées sur cet axe sont au nombre de 13 et comportent : une came portant l'indicatif de la station, une came portant le

signal "séparatif", 10 cames associées aux 10 lettres, qui traduisent les chiffres de 0 à 9 et une came lisse assurant le retour du circuit. Les cames frottent sur deux lignes distinctes de balais de sorte qu'à chaque tour de l'arbre à cames deux signaux sont émis, correspondant, s'ils sont associés au même instrument, aux dizaines et aux unités; dans le cas contraire, à deux instruments successifs.

Il aurait été possible de graver directement les chiffres Morse à la périphérie des cames et d'obtenir ainsi la transmission en clair des nombres lus sur les appareils; on a préféré associer à chaque chiffre une lettre par un code simple, pour la raison suivante : le style d'un instrument peut se trouver, lors d'une lecture, soit en contact avec un seul plot, soit en contact avec deux plots successifs du collecteur auquel il est associé. Le second cas produisant l'émission simultanée de deux signaux donnerait lieu alors à une fausse lecture si aucune précaution spéciale n'était prise. Etant donné qu'il est très difficile d'éviter qu'il y ait des positions du style telles qu'il vienne toucher deux plots successifs, on a résolu la difficulté en choisissant les signaux de telle manière que, compte tenu du décalage des cames de manipulation, la connexion simultanée de deux cames dans le circuit et, par conséquent l'émission simultanée de deux signaux, produit un troisième signal intelligible.

Par exemple, si le chiffre 1 est traduit par M (- -) et le chiffre 2 par I (. .), le branchement simultané dans le circuit de manipulation des cames 1 et 2 produira le signal Z (- - . .) qui sera traduit par 1,5.

Cet artifice permet de doubler la précision de lecture des instruments; il est possible en utilisant des lettres Morse, mais pas avec des chiffres Morse.

L'ensemble des cames de manipulation et des balais qui leur sont reliées est nettement visible sur la partie inférieure de la figure 3. Au-dessus se voient les fusibles de protection des circuits 24 V (1 fusible général, 1 fusible pour chacune des 3 machines tournantes), ainsi que les relais et contacteurs assurant le démarrage du moteur et des convertisseurs qui fournissent la tension anodique des émetteurs.

Les convertisseurs sont placés sous la platine qui porte les relais et les fusibles; il en existe un par émetteur.

Baromètre.

Le baromètre est représenté par la figure 4. Il s'agit d'un baromètre anéroïde dans lequel le mécanisme enregistreur a été remplacé par l'ensemble des deux collecteurs visible sur la figure, celui de gauche, à petits plots étant celui des unités, celui de droite à gros plots, celui des dizaines.

La figure montre également la barre de frappe actionnée par le relais palpeur, qui vient appliquer le style sur les collecteurs au moment de la lecture, ce style étant, le reste du temps, libre de son mouvement sous la commande des coquilles barométriques. Le collecteur des unités est formé de lamelles d'acier inoxydable, enrobées dans un isolant moulé (araldite). Le nombre de plots est de 70, à raison de un par millibar; l'appareil donne donc la précision du demi-millibar, moyennant la disposition indiquée ci-dessus; la pression moyenne du lieu d'utilisation peut être amenée au milieu du collecteur par le jeu de la vis d'étalonnage, la liaison des plots de dizaines avec les cames de manipulation peut, par ailleurs, être modifiée par le déplacement d'un embout de raccordement amovible inséré dans le câblage, ces dispositions ayant pour but de pouvoir approprier le baromètre à son utilisation à n'importe quelle altitude.

Thermomètre-Hygromètre.

Ces appareils sont contenus dans un boîtier commun, destiné à être placé à l'extérieur du bâtiment qui abrite la station, sous un abri léger. Les dispositions des collecteurs et des relais palpeurs sont entièrement analogues à celles que nous venons de décrire pour le baromètre; l'ensemble est représenté sur la figure 5, qui montre également le câble de raccordement à embout.

Le thermomètre couvre une gamme de 56° par $1/2$ degré; l'hygromètre peut varier de 0 à 100% d'humidité relative, par 1%. Les mêmes dispositions que pour le baromètre permettent d'adapter le thermomètre à la température moyenne du lieu d'utilisation.

Pluviomètre.

Le pluviomètre est contenu dans un boîtier en tôle qui porte à sa partie supérieure l'entonnoir étalonné collecteur de pluie, d'une surface de 400cm^2 .

Le basculement des augets est produit par la chute de 0,5mm de pluie, soit une masse d'eau égale à 20g. Il est associé à un totalisateur décrit ci-dessous.

La figure 6 montre le pluviomètre ouvert; le balai qui fournit une impulsion électrique à chaque basculement des augets se trouve placé entre les godets receveurs; son axe est lié à l'axe des augets. L'ensemble des augets et des godets receveurs est en acier inoxydable.

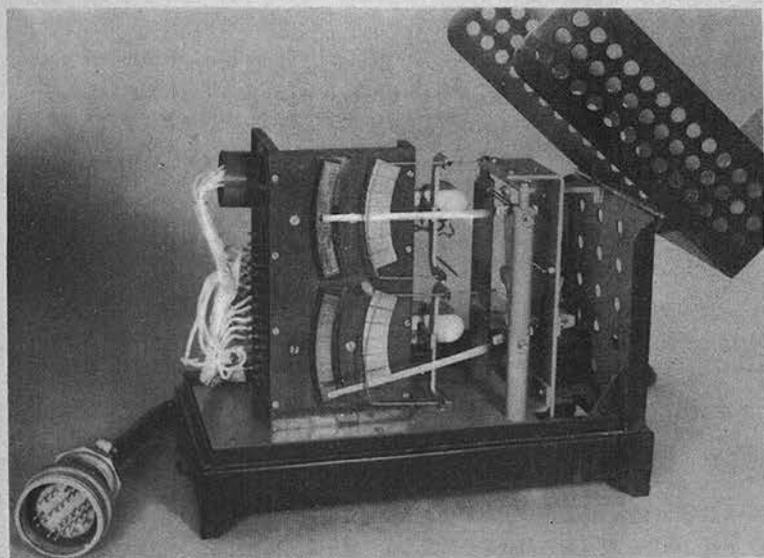


Fig. 5 - Thermo-hygomètre

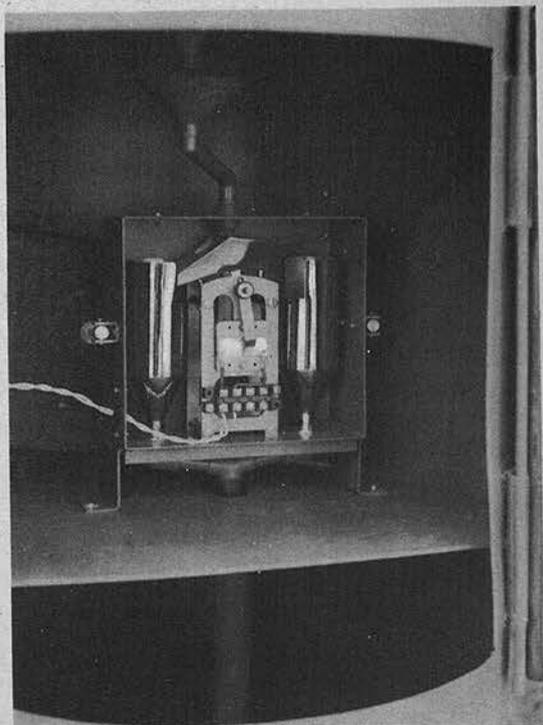


Fig. 6 - Pluviomètre

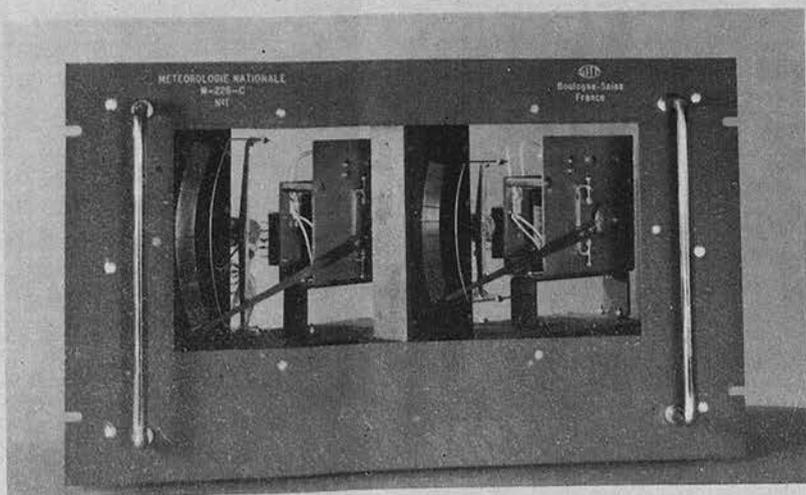


Fig. 7 - Tiroir totalisateur anémométrique et pluviométrique

Anémomètre-Girouette.

L'ensemble anémomètre-girouette, de même présentation que les anémomètres habituels utilisés par la METEOROLOGIE NATIONALE prend place sur un pylône à l'extérieur du bâtiment. Ce pylône est naturellement l'un des trois supports nécessaires à l'érection des deux antennes accordées utilisées par la station. Un second de ces pylônes peut être utilisé, le cas échéant, pour supporter un aérogénérateur rechargeant automatiquement la batterie. L'anémomètre est formé d'un moulinet actionnant par une démultiplication un doigt de contact qui fournit une impulsion électrique tous les 65 tours de l'anémomètre. La girouette actionne directement un balai se déplaçant sur un collecteur qui donne la direction du vent en rose de 9; moyennant le doublement fictif du nombre des points de lecture, la direction du vent est indiquée par secteurs de 20°. Un relais situé dans l'armoire est associé au collecteur de la girouette, et joue le même rôle que les relais palpeurs pour les autres appareils.

Totalisateurs.

Les deux totalisateurs associés, comme nous l'avons indiqué ci-dessus, à l'anémomètre et au pluviomètre sont contenus dans le même tiroir de l'armoire, tiroir représenté par la figure 7. Ces deux totalisateurs ne diffèrent que par leur collecteur et transmettent chacun un seul chiffre. Le collecteur du totalisateur anémométrique a ses plots taillés de telle sorte qu'il indique la vitesse du vent de 0 à 9 dans l'échelle de BEAUFORT; celui du totalisateur pluviométrique fournit un chiffre conventionnel, différent de zéro à partir de 0,5mm de pluie et atteignant 9 pour 100mm de pluie.

Il est nécessaire, après la transmission de chaque indication, de ramener à zéro les totalisateurs, pour qu'ils puissent enregistrer la lecture suivante; cette opération est faite par un débrayage magnétique actionné par les cames d'émission. Pour pouvoir vérifier à distance le bon fonctionnement de ces appareils, on produit le retour à zéro non pas en fin d'émission, mais entre la seconde et la troisième lecture effectuée au cours d'une même émission. De cette manière, la troisième lecture transmet, pour l'anémomètre et le pluviomètre, la lettre correspondant au chiffre zéro, ce qui indique le bon fonctionnement des totalisateurs.

Le relais dont le collage produit le signal de pluviosité présente se trouve également dans ce tiroir.

Emetteurs.

Les deux émetteurs radioélectriques couvrent l'un la gamme de 3 à 5 Mc/s (de 100 à 60m de longueur d'onde); l'autre la gamme de 6 à 8 Mc/s (de 50 à 37,5m).

Pilotés par quartz, ils satisfont aux règles de stabilité imposées par le Règlement International des Radiocommunications (Atlantic City, 1947), Les ondes émises sont des ondes entretenues pures (ondes du type A1), avec une puissance HF de 40 W.

Chaque émetteur comporte 4 tubes identiques, du type 807 W (tube spécial de longue durée), et dont les filaments sont chauffés en série sous 24 V, à savoir : un tube pilote, oscilateur à quartz et doubleur de fréquence, deux tubes en parallèle pour l'étage de puissance et un tube ballast d'écran. La manipulation se fait par coupure du circuit de cathode du pilote, au moyen d'un relais téléphonique.

Les 3 circuits du pilote, de l'étage de puissance et de l'antenne sont accordables au moyen de boutons, sur la fréquence de l'onde à émettre, celle-ci étant définie par le double de la fréquence du quartz.

Bien qu'il soit difficile de parler de portée limite en ondes décamétriques, l'expérience a prouvé que d'excellentes réceptions étaient couramment obtenues à des distances supérieures à 1.000km.

Un manipulateur, placé dans le tiroir de liaison, est utilisable soit pour le réglage des émetteurs, soit pour se servir de la station comme d'un poste radioélectrique ordinaire.

Poids et conditions d'installation.

L'ensemble de l'armoire contenant la station pèse en ordre de marche environ 250kg; la batterie pèse 150kg, les dispositifs chronométriques, montés en boîtiers étanches pèsent 50kg au total.

La station doit être installée dans un bâtiment en dur ou en matériaux provisoires de dimensions 4m x 4m, au minimum. Il est nécessaire que celle des parois où viendront se fixer les dispositifs chronométriques soit assez massive pour ne pas être sujette aux vibrations (mécaniques ou éoliennes). L'installation des antennes demande 3 pylônes d'une hauteur de 9m environ que l'on utilise, en outre, l'un pour installer l'anémomètre-girouette, l'autre pour un éventuel aérogénérateur d'alimentation. L'installation des antennes doit être faite sur un terrain aussi dégagé que possible; celles-ci peuvent être soit des doublets demi-onde, soit des antennes unifilaires verticales. Le pluviomètre se pose à même le sol, à quelque distance du bâtiment; l'ensemble thermometer-hygromètre nécessite un petit abri qui lui évite l'action directe de la pluie.

Tout le matériel constituant la station est entièrement tropicalisé et prévu, par conséquent, pour être à l'abri de l'action de l'humidité, des cryptogames, des insectes et de l'air marin. Des variations climatiques fortes et rapides (50° en 12 heures) peuvent être subies sans dommage par l'équipement.

Les tiroirs intérieurs de l'armoire sont réunis entre eux par des câbles souples sous catouchouc avec prises à broches, d'une longueur suffisante pour pouvoir faire fonctionner l'ensemble avec l'un quelconque des éléments à l'extérieur de l'armoire. La recherche d'éventuels dérangements est ainsi grandement facilitée, ainsi que la mise en service de la station.

L'ensemble des dispositifs électriques et mécaniques est conçu pour ne demander aucun entretien. En particulier, aucun organe tournant ne nécessite de graissage en exploitation. Le maximum de précautions ont donc été prises pour que cet ensemble puisse assurer son service sans défaillance pendant de très longues périodes.