

LES INSTRUMENTS DE PRÉCISION

à l'Exposition d'Aéronautique de 1909

MM. L. Leroy et Cie exposaient des chronomètres et des chronographes à aiguilles dédoublantes et rattrapantes, caractérisés par l'emploi d'un balancier compensateur laiton acier-nickel, dû à M. Ch.-Ed. Guillaume, et assurant à ces compteurs de temps une remarquable régularité de marche à toutes les températures. En particulier, le dispositif commandant les aiguilles dédoublantes et rattrapantes des différents modèles de chronographes de MM. Leroy et Cie, est d'une simplicité et d'une sûreté de fonctionnement bien supérieures à ce qui se fait dans ce genre à l'étranger, et justifie la faveur dont ces compteurs de temps jouissent maintenant auprès de nos chronométristes officiels.

MM. Leroy et Cie avaient également exposé un modèle de chronographe, dont l'idée est due au comte de Lambert, et qui permet de totaliser les temps d'envol d'un aéroplane. Le chronographe entre en marche dès que ce dernier quitte le sol et s'arrête dès qu'il atterrit.

Dans ce même ordre d'idées, MM. Chauvin et Arnoux exposaient un *indicateur d'atterrissage* dont la conception est due à M. Esnault-Pelterie, et qui présente, sur l'appareil précédent, l'avantage d'enregistrer en même temps que les durées d'envol d'un aéroplane, tous les incidents qui se sont produits à l'envolée et à l'atterrissage. Cet appareil (fig. 1) se compose simplement d'un

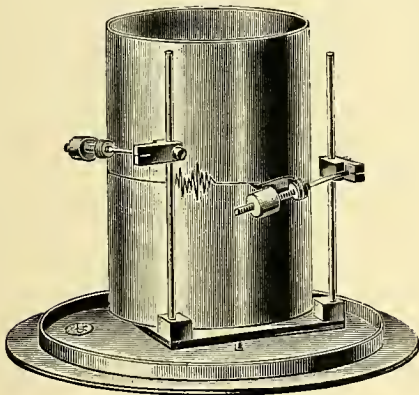


Fig. 1. — Indicateur d'atterrissage

cylindre enregistreur entraîné directement par l'axe du barillet d'un mouvement d'horlogerie sur lequel se trouve tendue une feuille de papier. Deux masses munies de crayons, placées à 90° l'une de l'autre et reliées élastiquement à deux supports, tracent sur le papier du cylindre deux traits qui deviennent sinueux à chaque envolée et à chaque atterrissage. Cet instrument peut être fixé sur l'aéroplane et le dispositif enregistreur est protégé par un couvercle qui peut recevoir à ses attaches un fil de plombage.

Parmi les autres instruments exposés par MM. Chauvin et Arnoux, et spécialement destinés à l'aviation et à l'aérostation, il convient de signaler les suivants :

D'abord un *moulinet anémométrique* de Robinson, monté sur roulement à billes placé dans un bain d'huile et destiné à mesurer la vitesse du vent sur les aérodromes. Ce moulinet, représenté (fig. 2), doit être placé dans le voisinage de la piste de roulement à l'extrémité d'un poteau de 10 à 15 mètres de hauteur. Les dimensions des bras et des coquilles sphériques ont été calculées de façon à ce que chaque tour du moulinet corresponde à un déplacement du vent qui agit sur lui, exactement égal à 6 mètres. Dans ces conditions, il suffit de compter le nombre de tours effectués par le moulinet pendant l'intervalle d'une minute ou 60 secondes, donné par une montre à trotteuse, et de diviser par 10 ce nombre de tours pour avoir la vitesse du vent en

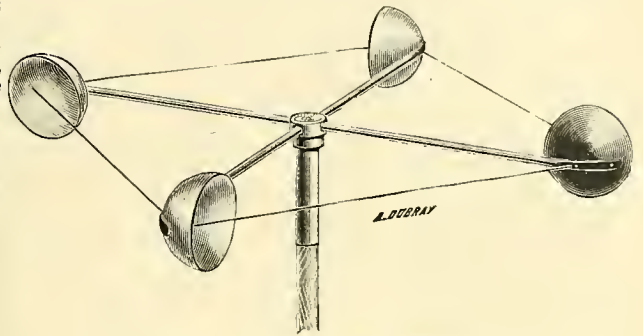


Fig. 2. — Moulinet anémométrique

des frottements de son axe, celui-ci a été monté sur roulement à billes noyé dans un bain d'huile.

La figure 3 représente un *anémomètre permettant de déterminer la vitesse instantanée du vent* en général, et, en particulier, du flux d'air produit par les hélices aériennes en même temps que la direction de ce flux d'air. Cet instrument, dont le principe est dû à M. Daloz, est basé sur l'action de l'air sur une sphère creuse, action qui a l'avantage de toujours passer par le centre de cette sphère quelle que soit l'inclinaison de la tige à l'extrémité de laquelle celle-ci est fixée.

La force antagoniste à l'action du vent est empruntée à celle que la pesanteur exerce sur la sphère creuse, et, comme le moment de cette dernière, par rapport à l'axe du pendule, est égal à : $P l \sin a$ (P étant le poids de la sphère, l la longueur du pendule, et a l'angle qu'elle forme avec la verticale passant par l'axe de rotation), tandis que le moment de la force exercée par le

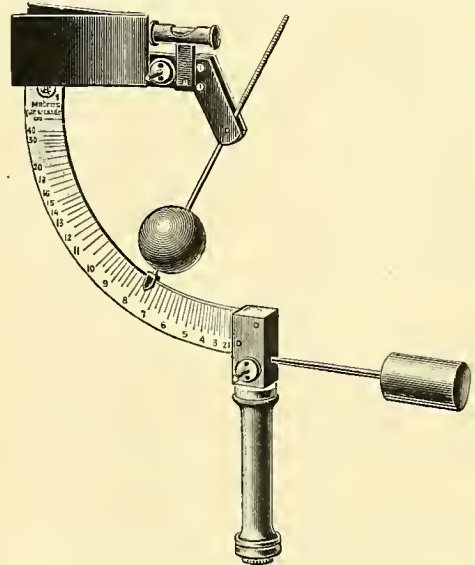


Fig. 3. — Anémomètre mesurant la vitesse instantanée du vent

vent sur la sphère est égal à $F l \cos a$, il en résulte que la tige du pendule prend à chaque instant une position telle qu'on a : $F l \cos a = P l \sin a$. D'autre part, la force F que l'air exerce sur la sphère étant proportionnelle au carré V^2 de sa vitesse, la valeur de cette vitesse est déterminée par l'équation d'équilibre $V = k \sqrt{P \operatorname{tg} a}$. L'échelle de l'instrument porte donc une graduation proportionnelle à $\sqrt{P \operatorname{tg} a}$.

Dans ces conditions, et bien que cet anémomètre puisse servir à la mesure de vitesse du vent comprise entre 0 et l'infini, le modèle établi par MM. Chauvin et Arnoux a été étudié pour mesurer avec une précision suffisante pour la pratique des vitesses du vent comprises entre 0 et 40 mètres par seconde. Cette dernière est celle des vents d'ouragan et de cyclone. Les mouvements du pendule sont d'une remarquable apériodicité bien que l'instrument soit dépourvu de tout amortisseur. Comme le fonctionnement de cet anémomètre exige que le plan d'oscillation du pendule à sphère creuse reste toujours parallèle à la direction du flux d'air, l'échelle divisée de l'instrument et son support sont munis d'une girouette à dièdre et d'un axe avec roulement à billes pivotant à l'intérieur d'une poignée qu'on peut tenir à la main ou fixer sur un pied photographique un peu lourd. Un petit niveau à bulle d'air fixé à la partie supérieure de l'anémomètre en avant de la girouette permet de placer le plan passant par les axes de rotation du pendule et de l'échelle divisée dans la verticale et de l'y maintenir pendant la mesure.

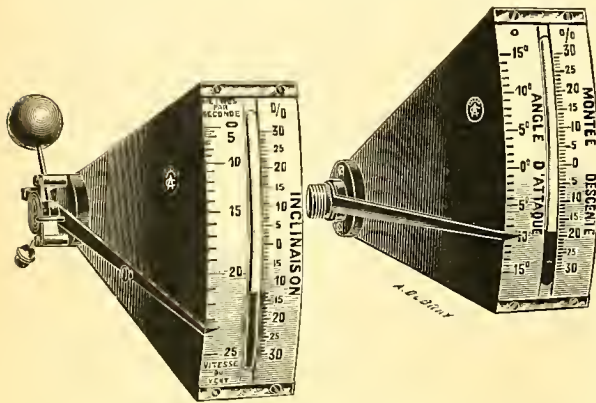


Fig. 4 — Girouette d'aviation

La figure 4 représente une girouette d'aviation étudiée et construite également par MM. Chauvin et Arnoux. Cette girouette, placée devant l'aviateur, permet la mesure des différents facteurs qui intéressent la technique de l'aéroplane, mesure qui n'avait pu être faite jusqu'ici, à savoir : 1° l'angle d'attaque de ses surfaces portantes ; 2° l'inclinaison en pour cent de rampe ou de pente de la trajectoire suivie par l'aéroplane ; 3° l'inclinaison de ces surfaces portantes sur l'horizontale ; 4° enfin la vitesse de l'aéroplane par rapport à l'air ambiant. Le modèle exposé comprenait, à proprement parler, deux appareils qui seront réunis en un seul dans un nouveau modèle.

La partie mobile de l'instrument, la girouette proprement dite, est constituée par une boîte dont deux des parois exposées obliquement à l'action de l'air forment entre elles un dièdre de 40°. A l'intérieur, se trouve un niveau d'horizontalité à liquide coloré analogue à celui utilisé dans l'indicateur de pente pour automobiles, de MM. Chauvin et Arnoux. Cette boîte munie d'un axe monté sur roulement à bille parallèle à l'arête d'attaque du dièdre, est équilibrée par rapport à cet axe dans toutes les positions qu'elle peut prendre, à l'aide d'un contre-poids fixé à l'extrémité d'une tige reliée à cet arête.

L'action de l'air sur les deux faces du dièdre de la girouette maintient constamment le plan bissecteur de celui-ci dans la trajectoire de l'aéroplane, tandis que la pesanteur maintient toujours dans le plan horizontal passant par l'axe de la girouette le niveau du liquide coloré dans son tube de verre. Si ce niveau coïncide avec le zéro de la graduation de quel est, par construction, contenu dans le plan bissecteur du dièdre de la girouette), la trajectoire suivie par l'aéroplane est horizontale ; s'il est au-dessous de ce zéro, l'appareil descend, et s'il est au-dessus, l'aéroplane monte. La graduation de l'échelle fait connaître en pour cent la valeur de la pente ou de la rampe que suit l'appareil. Sur

la gauche de la girouette se trouve une aiguille montée à frottement dur sur la partie de l'axe qui est fixe et qui doit être réglée parallèlement aux surfaces portantes de la façon suivante :

On incline et on cale l'aéroplane dans une position telle que ses surfaces portantes soient horizontales en s'aidant pour cela des indications d'un niveau à bulle d'air ordinaire. Puis, la partie fixe de l'axe de la girouette étant montée devant l'aviateur de façon à ce que cet axe soit sensiblement parallèle aux bords d'attaque des surfaces portantes, on incline le dièdre de la girouette de façon à ramener le niveau du liquide coloré du tube de verre à hauteur du zéro de la graduation de l'échelle divisée, et on amène, par une rotation convenable, l'aiguille fixe de l'appareil à coïncider avec ce même zéro, ce qui a pour but de rendre celle-ci parallèle aux surfaces portantes. Dès lors, la girouette est réglée. Le déplacement de la graduation de la seconde échelle divisée de la girouette devant l'extrémité de l'aiguille fixe fait connaître à chaque instant la valeur de l'angle d'attaque que font les surfaces portantes avec la trajectoire suivie par l'aéroplane.

A gauche, se trouve une boîte identique à celle de la girouette, munie également d'un niveau à liquide coloré, mais cette boîte est fixée à demeure sur l'axe de cette dernière, de façon à ce que le niveau du liquide coloré coïncide avec le zéro de l'échelle graduée contiguë, lorsque les surfaces portantes de l'aéroplane sont horizontales. Dès lors, le déplacement du liquide coloré devant la graduation de cette échelle fait connaître en pour cent de pente l'inclinaison des surfaces portantes sur l'horizontale et, par conséquent en pour cent du poids total de l'aéroplane, l'effort strictement nécessaire que l'hélice de celui-ci doit développer pour maintenir lesdites surfaces suivant cette inclinaison.

Sur le côté gauche de cette dernière boîte se déplace, devant une échelle divisée, l'aiguille d'un anémomètre à sphère creuse équilibrée par rapport à son axe de rotation et avec une force antagoniste produite par un ressort spiral. Le déplacement de l'aiguille devant son échelle fait connaître en mètres par seconde la vitesse de l'aéroplane par rapport à l'air ambiant venant frapper la sphère.

La figure 5 représente le contrôleur de vitesse angulaire que MM. Chauvin et Arnoux ont spécialement étudié pour mesurer, en tours par minute, la vitesse angulaire des moteurs ou des hélices d'aviation.

Les hélices aériennes exigeant une puissance méca-

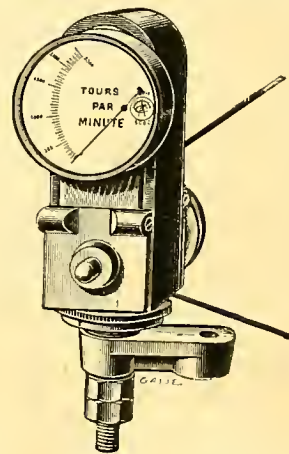


Fig. 5. — Indicateur de vitesse angulaire pour moteurs et hélices.

nique proportionnelle au cube de la vitesse angulaire qu'on veut lui imprimer, constitue pour les moteurs qui les actionnent un dynamomètre d'une remarquable précision, dès qu'on a déterminé expérimentalement et une fois pour toutes le coefficient de proportionnalité. Il suffira d'avoir sous les yeux un bon indicateur de vitesse actionné soit par le moteur, soit par l'hélice,

pour être immédiatement fixé sur le bon ou mauvais état de fonctionnement du moteur au départ de l'aéroplane. Le contrôleur de vitesse angulaire étudié par MM. Chauvin et Arnoux est basé, comme leur contrôleur de vitesse pour automobiles, sur l'emploi d'une petite magnéto à induit fixe et à courant alternatif envoyé dans un petit galvanomètre thermique à fil chaud qui peut être fixé soit sur la magnéto elle-même, comme l'indique la figure 5, soit à une certaine distance de celle-ci. Le modèle de la figure 5 ne pèse que 1.350 gr.

MM. Chauvin et Arnoux ont également étudié un autre modèle qui permet, en outre, de totaliser à l'aide d'un compteur, le nombre de tours correspondant à un parcours donné et par conséquent de déterminer par la connaissance de ce nombre de tours et du pas de l'hélice actionnée, l'importance du recul de celle-ci. La magnéto est entraînée à l'aide d'un petit bracelet de caoutchouc par deux poulies en aluminium calées, l'une sur l'axe de la magnéto, l'autre sur l'axe de l'hélice.

La figure 6 représente un modèle de boussole aperiodique avec carte de France constamment orientée par l'aiguille aimantée et destinée à être placée au-dessus de l'aviateur aussi loin que possible des pièces



Fig. 6 — Boussole aperiodique pour aviateurs

magnétiques pouvant l'influencer. C'est précisément cette disposition de la boussole au-dessus de la tête de l'aviateur qui a obligé à retourner la carte de France fixée sur l'aiguille aimantée.

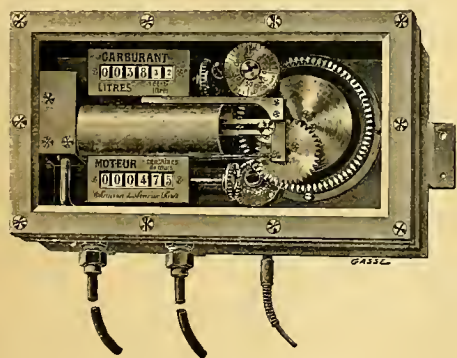


Fig. 7. — Compteur d'essence

La figure 7 représente le compteur d'essence de MM. Chauvin et Arnoux. Ce compteur permet de totaliser, en même temps que la consommation d'essence d'un moteur, le nombre de tours effectués par celui-ci et de comparer l'une à l'autre. Comme il est basé sur l'emploi d'une petite pompe à course variable, celle-ci peut servir à puiser l'essence dans un réservoir placé à un niveau inférieur à celui du carburateur du moteur.

Enfin, la figure 8 représente le baromètre enregistreur de MM. Chauvin et Arnoux, modèle nouveau qui remédie très heureusement à certains inconvénients des modèles actuels.

C'est ainsi qu'au huit ressorts de très petites dimensions placés à l'intérieur des huit boîtes anéroïdes, pour équilibrer l'effort de près de 15 kilos exercé par la pression atmosphérique sur les fonds cannelés de chaque boîte, et qui rendent constamment sous l'action de cet

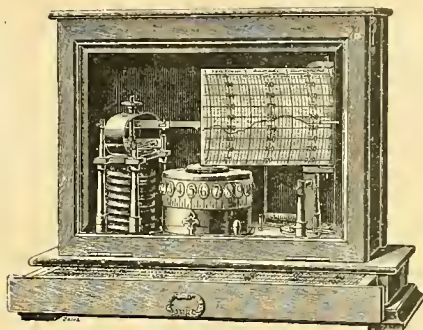


Fig. 8. — Baromètre enregistreur

effort, les constructeurs ont substitué un seul grand ressort à large et longue lame d'acier laminé placé à l'extérieur des cuvettes, et qui, en travaillant beaucoup plus loin de sa limite d'élasticité, met les indications du baromètre à l'abri des causes d'erreur résultant de l'affaïssissement continu de chacun des petits ressorts ci-dessus.

Un autre perfectionnement est celui de la substitution à la feuille à diagramme, difficile à bien fixer sur le cylindre enregistreur tournant avec le mouvement d'horlogerie, d'une manchette de papier formant courroie sans fin qu'il est extrêmement facile de mettre en place et qui est entraînée par un mouvement d'horlogerie fixé sur la platine du baromètre.

Les avantages résultant de l'emploi d'une manchette de papier sont de deux sortes : d'abord, celle-ci peut faire plusieurs tours sur elle-même sans qu'il y ait de solution de continuité dans le tracé de la courbe barométrique, et ensuite la partie visible du diagramme déjà tracé est beaucoup plus considérable que dans les dispositifs ordinaires.

La manchette de papier est tendue entre deux cylindres de très petites dimensions calés l'un, sur l'axe du barillet du mouvement d'horlogerie, et l'autre sur un axe constamment tendu par un ressort. L'emploi de l'axe du grand ressort du mouvement d'horlogerie comme axe du cylindre d'entraînement du diagramme, supprime totalement le jeu qui se produit dans les engrenages d'entraînement des systèmes ordinaires, et qui fait osciller constamment le diagramme sous la plume de l'enregistreur, dès que celui-ci est soumis à des trépidations.

L'axe du barillet effectuant exactement un tour en 24 heures entraîne un cadran cylindrique (divisé en heures et quarts d'heures, comme celui de quelques pendules de XVIII^e siècle) faisant connaître l'heure par son passage devant une aiguille fixe et réalise ainsi, sans complication aucune, un heureux mariage du baromètre enregistreur et de la pendule de cheminée.

En faisant varier le diamètre du cylindre d'entraînement du diagramme, on peut faire effectuer à celui-ci depuis un tour en 8 jours jusqu'à 1 tour en 24 heures. Les constructeurs sont même parvenus à faire effectuer au diagramme un tour complet en 4 heures, ce qui présente un grand intérêt pour les applications de ce nouveau baromètre enregistreur, au contrôle des records de hauteur pour aéroplanes, à bord desquels les variations de la pression barométrique dont l'amplitude est nécessairement plus grande qu'à terre imposent un déplacement beaucoup plus rapide du diagramme enregistreur.