

intéressant chaque point géodésique. Elles s'appuient autant que possible sur les repères du Service du Nivellement général de la France.

» Une série de tours d'horizon photographiques permet de compléter la détermination détaillée des arêtes par des points, dits *points photographiques*, obtenus par la méthode des levés par perspective.

» Le travail déjà accompli durant la première campagne, celle de 1903, porte sur les trois massifs d'Allevard, des Sept-Laux et de la Belle-Étoile. Le canevas géodésique intéresse 160km^2 et comprend la détermination d'environ 80 points.

» La campagne de 1904, très favorisée par la continuité des belles journées de l'été, a porté sur les massifs de Belledonne, des Grandes Rousses, de Taillefer et des Arves. Il a été fait 45 stations primaires et secondaires dont plus d'une dizaine sur des sommets d'altitude variant de 2800m à 3500m , notamment au Pic de l'Étendard, sommet culminant des Grandes Rousses, au grand Pic de Belledonne, sommet culminant du massif de ce nom, à l'Aiguille de Goléon, etc. Les quatre points du premier ordre du Dépôt de la Guerre : *Pic du Frêne, Goléon, Taillefer, Rocher Blanc des Sept-Laux* (ce dernier pour la seconde fois) ont été stationnés; les axes des signaux, construits vers 1830 et retrouvés en assez bon état, servent de points de départ pour cette campagne. Ce canevas couvre environ 500km^2 dans lesquels plus de 170 points géodésiques seront déterminés. En chaque station, il a été pris une mesure de la déclinaison magnétique.

» La campagne de 1905 est en préparation depuis l'été dernier, par la construction des signaux nécessaires : elle portera uniquement sur l'important massif du Pelvoux. »

AVIATION. — *Sur un nouveau mode de construction des hélices aériennes.*

Note de M. CH. RENARD, présentée par M. Maurice Levy.

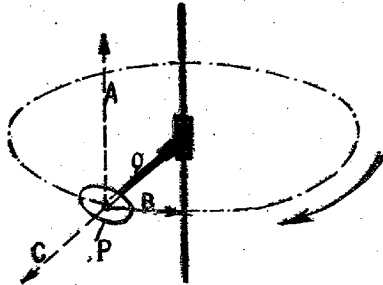
« Nous avons réussi à construire des hélices sustentatrices de $2\text{m},50$ de diamètre qui restent parfaitement indéformables sous les efforts de la poussée, bien que leur poids ne soit que de 3kg . Des hélices de construction ordinaire, semblables à celles de 1m de diamètre que nous avons présentées à l'Académie le 23 novembre 1903, auraient pesé environ 8kg et auraient présenté moins de solidité à vitesse égale. Nous sommes d'ailleurs certain de pouvoir réduire encore ce poids dans nos prochains essais sans compromettre en rien ni la rigidité, ni la solidité du système.

» Le principe de la construction de ces hélices légères est le suivant :

» Considérons une aile d'hélice réduite à un petit plan oblique P portée par un bras unique Q. Sous l'influence du mouvement de rotation dans le sens de la flèche, le petit plan P est soumis aux trois forces :

» 1^o *Poussée* A parallèle à l'axe;

- » 2° *Trainée B* dirigée en sens inverse du mouvement et tangentielle-ment à la circonférence décrite par le centre du petit plan ;
- » 3° *Force centrifuge C* dirigée suivant le rayon de giration.



» Si, comme on le fait d'habitude, le bras Q est perpendiculaire à l'axe de rotation, la force centrifuge C produit une tension longitudinale du bras qui le fatigue assez peu. La force A tend à fléchir le bras dans le plan COZ et la force B à le fléchir dans le plan du cercle décrit par le centre du plan.

» Cette dernière est d'ailleurs beaucoup plus faible que la première (environ $\frac{1}{5}$ dans les bonnes hélices), de sorte que le bras est surtout fatigué par la force A qui lui impose un moment fléchissant prépondérant auquel il lui faut résister sans trop de déformation.

» De là la nécessité de donner au bras des dimensions et un poids relativement considérables.

» Les choses changent complètement si l'on articule le bras à la cardan à une petite distance de l'axe de rotation *en le laissant ainsi libre de prendre la direction de la résultante des trois forces qui lui sont appliquées.*

» Le bras ne travaille plus alors *par flexion* mais *par extension* seulement. Il se fixe avec la plus grande stabilité dans une orientation qui résulte de deux déviations, l'une dans le plan méridien, l'autre dans le plan du parallèle et la limite de sa résistance est ainsi reculée dans une proportion considérable.

» Il est facile de voir que la position que prend le bras est indépendante de la vitesse, car les forces A, B et C sont toutes trois proportionnelles au carré de la vitesse. Supposons maintenant qu'on ait déterminé par expérience l'orientation du bras sous l'influence de ces trois forces, il sera inutile de conserver l'articulation à la cardan et il suffira pour placer le bras dans les conditions favorables où il ne travaille que par extension de le

fixer dans la position qu'il tendrait à prendre naturellement s'il était librement articulé. On a ainsi un mode de construction rationnel et simple d'hélices présentant en apparence l'aspect d'un solide rigide exposé aux efforts de flexion et qui en réalité n'y est pas soumis et n'a d'autres efforts à craindre que des efforts d'extension simple.

» En raison de la prépondérance marquée de l'effort de flexion dû à la poussée A, on peut souvent se contenter d'incliner le bras dans le plan méridien de façon à le placer dans la position favorable d'extension simple dont nous venons de parler. Le bras n'aura plus alors à supporter que le faible effort de flexion dû à la traînée, lequel n'est que le quart ou le cinquième du premier dans les bonnes hélices.

» Si m est la masse en rotation (supposée concentrée au centre du plan), la force centrifuge C a pour valeur $C = m \frac{v^2}{r}$, tandis que la poussée a pour valeur $A = kv^2$ (r distance du centre du plan à l'axe de rotation).

» L'inclinaison naturelle du bras sur la normale à l'axe est $\frac{A}{C} = \frac{kr}{m}$. Pour des hélices semblables, géométriquement et matériellement, cette inclinaison est constante, car on a

$$k = \lambda r^2 \quad \text{et} \quad m = \mu r^3,$$

d'où

$$\frac{A}{C} = \frac{\lambda r^3}{\mu r^3} = \frac{\lambda}{\mu} = \text{const.}$$

» L'hélice dont nous présentons la photographie a été construite d'après ces principes. L'inclinaison des bras est de $\frac{1}{10}$ et l'on a calculé les masses de façon à annuler le moment de flexion dû à la poussée.

» Cette légère inclinaison n'altère pas les propriétés de l'hélice. Son coefficient de poussée s'est trouvé juste égal à celui que le calcul nous avait fait prévoir en partant de nos expériences sur les hélices optima de 1^m de diamètre (proportionnalité du coefficient de poussée à la quatrième puissance du diamètre).

» La formule $A = kan^2x^4$ se trouve ainsi vérifiée (a poids du mètre cube d'air, n nombre de tours par seconde, x diamètre en mètres).

» Pour annuler le faible moment fléchissant dû à la traînée B, il faudrait prendre un dispositif analogue aux rayons tangents des roues de bicyclette en inclinant les bras dans le plan du cercle décrit, ce qui revient à les faire passer à une petite distance de l'axe de rotation qu'ils ne rencontrent plus.

» Cette disposition ne présenterait d'ailleurs aucune difficulté. Nous n'avons pas cru devoir l'adopter pour ces premières hélices.

» Nous présentons à l'Académie deux modèles de petites hélices schématiques de 0^m,50 de diamètre dans lesquelles on a réellement articulé les bras pour les laisser libres de prendre la position de moindre fatigue.

» Dans le premier modèle, on n'a qu'une seule articulation qui permet au bras de céder à la poussée A seulement.

» On voit, en mettant l'appareil en mouvement, que les bras s'inclinent légèrement et se fixent dans une position invariable, quelle que soit la vitesse.

» Dans le second appareil, l'articulation est double et les bras cèdent à la fois aux deux efforts de *trainée* et de *poussée*. L'hélice se fixe encore dans une position absolument indépendante de la vitesse de rotation.

» On a depuis longtemps songé à utiliser la force centrifuge pour raidir les surfaces des hélices aériennes, mais le plus souvent on s'était contenté de construire ces hélices au moyen de surfaces de toile souple alourdis à la circonférence par des poids en plomb ou autres matières. Ce mode de construction ne se prête pas à l'exécution des surfaces correctes et parfaitement lisses sans lesquelles *la qualité* des hélices sustentatrices ne peut être bonne.

» La méthode que nous venons d'indiquer et dont nous avons fait une première application permet au contraire de concilier les exigences d'une construction rigide et correcte avec un allègement considérable des appareils.

» Le problème de la sustentation par les hélices en devient beaucoup plus facile. »

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les explosions de chaudières.*

Note de M. L. LECORNU, présentée par M. Maurice Lévy.

« L'explosion de locomotive survenue le 4 juillet dernier à la gare Saint-Lazare a produit des effets dynamiques dont l'importance a paru d'autant plus surprenante que la pression ne dépassait pas 8^{kg} à 9^{kg}. Quelques ingénieurs ont émis, à ce sujet, l'idée que la sortie instantanée d'une grande masse d'eau et de vapeur avait pu déterminer, par réaction, à l'intérieur de la chaudière, une surpression considérable. Cette hypothèse ne résiste pas à un examen attentif.