

AÉROSTATION. — *Méthode permettant de déterminer la vitesse propre des aérostats dirigeables. Application aux expériences de M. Santos-Dumont.*
 Note de M. H. DESLANDRES.

« Dans une Note récente des *Comptes rendus* (même Tome, p. 900), M. Armengaud jeune décrit une méthode géométrique permettant de déterminer la vitesse propre (par rapport à l'air) d'un aérostat dirigeable dans une courbe de virage. Il annonce avoir pu appliquer sa méthode à l'ascension remarquable de M. Santos-Dumont du 19 octobre dernier, et avoir trouvé une vitesse propre comprise entre 8^m,50 et 9^m par seconde.

» De mon côté, j'ai présenté à la Commission scientifique de l'Aéro-Club les résultats d'une autre méthode qui donne une vitesse un peu différente, et que je soumetts à l'Académie.

» La méthode s'applique à un aérostat qui part de A vers B, tourne autour de B, et revient au point de départ. L'observateur note simplement les temps précis (t_a et t_r) de l'aller et du retour, la direction du vent étant connue. La vitesse et la direction du vent sont supposées constantes.

» Un cas simple est celui où la direction du vent est la direction AB ou BA. Si l'on appelle v la vitesse du vent et V la vitesse propre du ballon, D la distance AB, r le rayon moyen de virage, on a les équations suivantes qui déterminent V et v :

$$t_a = \frac{D}{V \pm v} + \frac{\frac{\pi}{2}r}{V \pm \frac{v}{2}}, \quad t_r = \frac{D}{V \mp v} + \frac{\frac{\pi}{2}r}{V \mp \frac{v}{2}}.$$

» Dans l'ascension du 19 octobre, les durées de l'aller et du retour sont 8^m45^s et 20^m45^s, et la distance D entre le Parc d'aérostation de Saint-Cloud et la Tour Eiffel, mesurée sur la Carte d'état-major, est 5400^m. De plus le Bureau central météorologique a mis aimablement à ma disposition les courbes des enregistreurs de la vitesse et de la direction du vent, installés au sommet de la Tour et sur la terrasse du Bureau, à 600^m de la Tour. Les vitesses, au moment de l'ascension, sont 4^m,50 à 5^m, à 300^m d'altitude, et 1^m,50 à 2^m, à 20^m du sol. La direction qui est restée à peu près constante est la direction ouest-sud-ouest et fait un angle de 20° avec la direction ouest-est de la ligne Parc-Tour Eiffel.

» Si l'on néglige l'angle entre les directions du vent et de la marche, on a les résultats suivants :

Rayon de virage.	Vitesse propre du ballon.	Vitesse du vent.
100 ^m	7,53 ^m	3,10 ^m
200	7,75 ^m	3,23 ^m
300	7,97 ^m	3,36 ^m

» Le rayon de virage le plus probable est celui de 200^m, le ballon n'ayant pas atteint l'alignement de l'avenue de la Bourdonnais, à 225^m au delà de la Tour. La vitesse du vent ainsi calculée est en accord avec la hauteur de 120^m atteinte par le ballon au moment du virage et nettement indiquée dans plusieurs belles photographies prises par M. Angot, de la terrasse du Bureau central.

» Mais j'ai voulu reconnaître l'influence de l'inclinaison du vent par rapport à la direction de la marche. J'ai construit la courbe du ballon dans l'air immobile, en donnant à la Terre, à la Tour et au Parc une vitesse égale et contraire à la vitesse du vent. L'aéronaute qui se dirige constamment vers les buts mobiles, qui sont successivement la Tour et le Parc, décrit dans l'air la courbe appelée familièrement *courbe du chien qui court après son maître* (1). Or, d'après l'examen de cette courbe, on voit que, pour satisfaire à la condition nouvelle de l'inclinaison, il faut augmenter la vitesse propre de 0^m,10 et la vitesse du vent de 0^m,20 (2).

» La vitesse propre trouvée (de 7^m,60 à 8^m,10) est un peu inférieure à la vitesse, déterminée par M. Armengaud, dans la courbe de virage, et comprise entre 8^m,50 et 9^m. L'écart apparaît plus grand si l'on remarque

(1) Le 19 octobre, l'aéronaute a décrit cette courbe spéciale, car, si l'on déduit d'elle la trajectoire projetée sur le sol, on retrouve la courbe à deux boucles observée par les spectateurs et déviée vers le nord par rapport à la ligne des deux buts.

L'aéronaute aurait pu diminuer un peu la durée du trajet, en se maintenant constamment sur l'alignement des deux buts; car, alors il aurait décrit dans l'air immobile deux lignes droites constituant le chemin le plus court. Il y a là l'indication d'une règle à suivre dans les expériences futures, et même d'un appareil spécial à organiser pour en rendre l'application facile.

Avec une vitesse du vent et du ballon constante, mais avec une direction du vent variable de 0° à 90° par rapport à la ligne des buts, les points de virage, pour l'aéronaute qui suit le chemin le plus court, sont, dans l'air immobile, situés sur un même cercle excentrique au but B. Le produit des temps d'aller et de retour est constant, et leur somme, qui est variable, est maxima pour l'angle 0° et minima pour l'angle de 90°. Cette propriété peut servir à calculer des Tables donnant les temps de l'aller et du retour dans tous les cas possibles.

(2) Il faut augmenter encore de 0^m,05 la vitesse propre, et de 0^m,12 la vitesse du vent, pour tenir compte du fait que le ballon a une vitesse nulle au départ.

que, au virage, la vitesse propre est au-dessous de sa valeur normale par le fait du gouvernail qui augmente la surface offerte au vent.

» De ces deux méthodes, quelle est la meilleure? Celle que je présente repose sur une mesure simple du temps, facile à faire avec précision. Celle de M. Armengaud exige pendant la courte durée du virage (1^m à 2^m) plusieurs mesures à la fois rapides et précises, du temps, de la distance et de l'azimut. Pour les comparer avec fruit, il faudrait connaître les moyens et appareils employés par M. Armengaud, et non décrits dans sa Note.

» En résumé, les très belles expériences de M. Santos-Dumont confirment l'aisance de mouvement des ballons automobiles, déjà reconnue et signalée par les aéroliers militaires de Chalais (Renard et Krebs en 1884, les frères Renard en 1885) qui, les premiers, sont revenus à leur point de départ, avec un vent contraire et une longueur de trajet équivalente. Mais, en plus, M. Santos-Dumont a obtenu une augmentation sensible de la vitesse, qui, de 6^m, 50 (vitesse atteinte en 1885), a été portée à 8^m.

» Il faut remarquer, d'ailleurs, que récemment les moteurs légers ont fait de très grands progrès. En 1885, ils avaient 50^{kg} par cheval; actuellement, ils ont seulement 5^{kg} et sont, pour le même poids, dix fois plus puissants. Ils permettent donc de doubler la vitesse de 1885, les vitesses étant proportionnelles aux racines cubiques des puissances développées.

» Les deux ballons de 1885 et de 1901 ont la même forme générale, le premier avec une surface de 55^{m²} et un moteur de 9 chevaux, le second avec une surface de 28^{m²} et un moteur de 20 chevaux. Si l'on part du ballon de 1885, qui a été l'objet de mesures précises de vitesse, en admettant que la résistance de l'air est proportionnelle à la surface et au carré de la vitesse, on calcule que le ballon de 1901 aurait pu atteindre une vitesse de 10^m, 6 (au lieu de 8^m). La cause principale de cet écart doit être rapportée au tangage qui, dans le dernier ballon, était particulièrement fort. Le tangage, qui diminue la vitesse et même peut compromettre le ballon, a une amplitude, variable suivant des lois complexes, qui croît avec la vitesse. Il apparaît comme le principal obstacle aux progrès des ballons automobiles qui doivent atteindre 13^m de vitesse pour lutter huit fois sur dix contre le vent. Or, le ballon de M. Santos-Dumont n'avait aucun organe contre le tangage; celui de 1884 et surtout celui de 1885 avaient une série de dispositifs pour le diminuer et l'amortir. Un des points les plus ardu du problème sera de réunir dans un même ballon deux qualités difficiles à concilier, à savoir : une grande vitesse et une grande stabilité de marche.

» Je dois ajouter que la plupart des considérations précédentes m'ont été suggérées par la Conférence sur la Navigation aérienne faite par le colonel Renard, au Congrès d'aérostation de 1900. »

AÉROSTATION. — Note complétant celle du 25 novembre dernier et donnant par un tracé, avec une approximation de $\frac{1}{20}$ au moins, la trajectoire sur le sol de l'aérostat dirigé de M. Santos-Dumont dans l'épreuve du 19 octobre; par M. J. ARMAND jeune.

« Pendant l'épreuve du 19 octobre dernier, étant placé sur le pont de la gare des Coteaux de Saint-Cloud, j'ai suivi avec une jumelle l'aérostat; je ne l'ai pas perdu de vue pendant la demi-heure de son trajet aller et retour, sauf pendant les quelques instants où, vers le point extrême de son évolution autour de la tour Eiffel, il a été masqué par la tour. J'avais donc pu, de mémoire, faire un premier tracé approximatif de la projection horizontale de la trajectoire de l'aérostat.

» Mais, en raison de l'importance de la question, j'ai cru devoir chercher une exactitude aussi grande que possible; c'est pourquoi j'ai fait une enquête à Auteuil et dans le quartier de Passy, auprès des personnes que je savais ayant pu se trouver sur le trajet, et non loin du passage au zénith

de l'aérostat, et j'ai consulté certains observateurs qui avaient vu évoluer le ballon des plates-formes de la tour Eiffel.

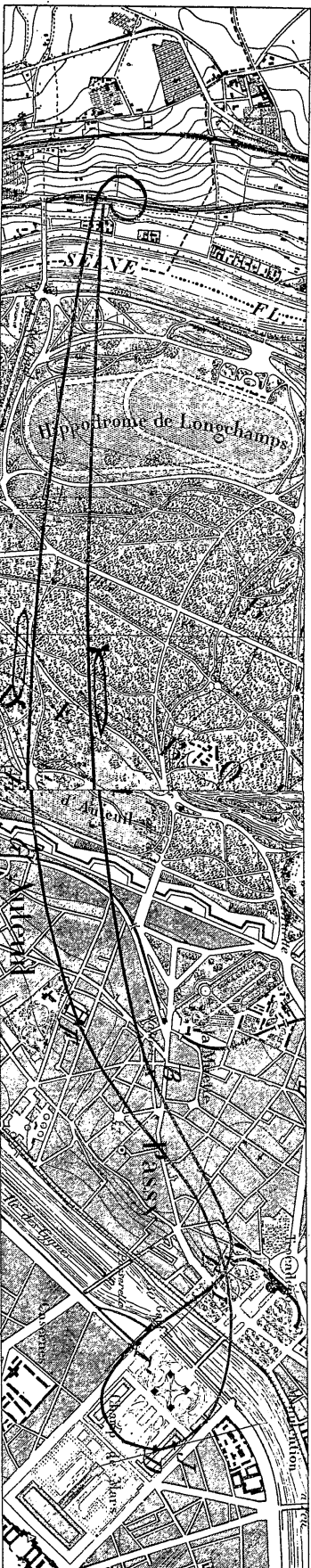
» C'est quand j'ai été certain de la concordance de toutes ces indications, que j'ai obtenu la courbe définitive que je présente aujourd'hui, en la traçant sur la carte au $\frac{1}{20000}$, dressée par le Service géographique de l'Armée.

» Les points de repère, dont je puis notamment garantir l'exactitude surtout pour le retour, sont les suivants :

» *A l'aller.* — A, 100^m de la pointe extrême du petit lac du Bois de Boulogne; B, intersection de la rue des Vignes et de la rue Boulainvilliers; C, 200^m à droite de la tour de gauche du Palais du Trocadéro quand on le regarde du Pont d'Iéna; D, 250^m au point extrême à partir de l'axe de la tour.

» *Au retour.* — E, point de croisement, à 50^m de l'extrémité de l'aile bue du Jockey-Club à l'hippodrome d'Auteuil.

» Le jour de l'épreuve, on a, au chronomètre, noté que l'aérostat avait mis six minutes pour franchir la distance existant entre le parc d'aérostation et le point où il a commencé son virage. Cette distance, étant de 4900^m, donne comme vitesse moyenne réelle 13^m, 60 à la seconde et, en en déduisant la vitesse du vent, soit 4^m, 50, soit 5^m, valeurs extrêmes, on trouve que la vitesse propre a varié de 8^m, 60 à 9^m, 10.

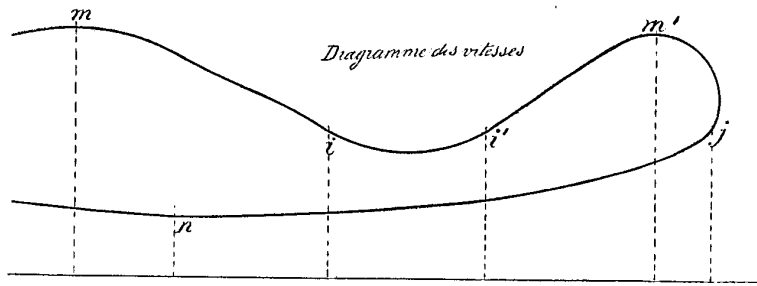
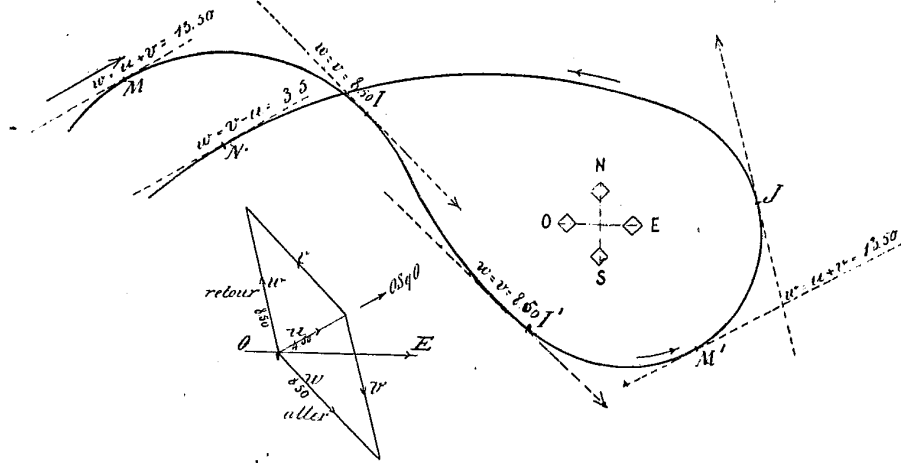


Tracé sur la Carte du Service géographique de l'Armée, à Paris, de la trajectoire horizontale de M. Santos-Dumont, dans l'épreuve du 19 octobre 1901.

» Mais, grâce à la méthode graphique que j'ai indiquée, en construisant plusieurs cercles osculateurs sur diverses portions de la boucle fermée, j'ai pu marquer avec précision les points I, I' et J où le triangle de la composition des vitesses est isocèle, c'est-à-dire pour lesquels la vitesse propre de l'aérostat a été égale à la vitesse réelle.

» D'autre part, en prenant les dimensions principales de l'aérostat, et

Boucle de la trajectoire de l'aérostat autour de la tour Eiffel.
Triangle isocèle au point où la vitesse propre v est égale à la vitesse réelle w .



I, I', J, points où la vitesse propre v est égale à la vitesse réelle w ;
 u , vitesse du vent variant de $4^m,50$ à 5^m .

avec les données résultant de la puissance du moteur (16 chevaux), de l'effort obtenu par l'hélice (70^{kg}) j'ai, en appliquant les formules mêmes du colonel Renard et celles de M. Duroy de Bruignac, trouvé, pour la vitesse propre, des valeurs variant de 9^m à 10^m .

» Je puis donc conclure d'une façon positive et catégorique que, dans l'épreuve du 19 octobre, où M. Santos-Dumont a maîtrisé en quelque sorte

l'espace et le temps, il a atteint avec son aérostat une vitesse propre entre 8^m, 50 et 9^m, soit un gain de 2^m au moins sur la vitesse propre du ballon de Chalais dans les expériences célèbres de 1884 et 1885. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Influence des courants vagabonds sur le champ magnétique terrestre, à l'observatoire du Parc Saint-Maur.* Note de M. TH. MOUREAUX, présentée par M. Mascart.

« Les appareils de variations magnétiques, modifiés par certains dispositifs que j'ai indiqués précédemment (1), notamment par l'emploi d'amortisseurs, permettent d'obtenir, dans la zone d'action des tramways électriques à trolley, des courbes de la déclinaison et de la composante horizontale, où l'influence des courants *vagabonds* est notablement atténuée (2).

» Il était nécessaire de rechercher si les courbes actuelles, assez réduites en épaisseur pour qu'il soit possible de les dépouiller, sinon avec toute la rigueur antérieure, au moins avec une certaine approximation, représentent fidèlement la marche diurne des éléments magnétiques.

» I. J'ai d'abord comparé, pour la période d'avril à septembre 1901, la marche diurne des trois éléments D, H, Z, obtenue simultanément à notre nouvelle station du Val-Joyeux (3), où fonctionne depuis un an le magnétographe réglementaire de M. Mascart, et à l'observatoire du Parc Saint-Maur qui, depuis le mois d'octobre 1900, se trouve sous l'influence des courants de tout un réseau de tramways électriques à trolley et où, pour ce motif, les appareils amortis ont été mis en service. Les deux stations sont à 35^{km} l'une de l'autre, à la même latitude. On peut admettre que la variation diurne y est identique; de plus, les éléments doivent y avoir la même marche pendant la suspension du service des tramways, de 2^h à 5^h.

» *Déclinaison.* — Le repère de la courbe, déduit des mesures absolues,

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXI, p. 337.

(2) Depuis, les oscillations de la balance magnétique ont été amorties également, mais l'effet est beaucoup moins net, et les courbes de la composante verticale ne peuvent être dépouillées qu'après avoir été régularisées à la main. Comme les troubles causés par les courants des tramways ne sont pas symétriques sur l'axe de la courbe, la méthode du tracé moyen n'a qu'une valeur toute relative.

(3) *Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 30.