

Les ballons-sondes



Gustave Hermite. *L'Aérophile*.



Portrait de Georges Besançon. *L'Aérophile*.

Les ballons libres

Jusqu'en 1892, la technique des ballons montés resta la seule à être utilisée pour faire des mesures en altitude. D'un coût élevé, donc relativement peu nombreuses, les ascensions scientifiques, entreprises uniquement par des physiiciens, n'avaient jamais dépassé 8 000 m et mettaient en péril la vie des expérimentateurs. Par ailleurs, les cerfs-volants étaient très limités par leurs performances en altitude.

Les ballons non montés, dits ballons libres ou ballons perdus, ne pouvaient être utilisés, car les appareils à enlever étaient lourds, fragiles et coûteux. Les chances de récupération paraissaient très faibles. Cependant, en 1879, suivant une idée de Claude Jobert¹, les aéronautes Brissonnet et Cassé lancèrent quantité de petits ballons munis de questionnaires à renvoyer, et certains furent retrouvés à de grandes distances. Les renseignements météorologiques recueillis, concernant en particulier les vents, se révélèrent difficiles à exploiter. En 1892, Hermite et Besançon reprirent cette expérimentation.

Hermite et Besançon

Hermite, neveu du célèbre mathématicien, était chimiste de formation. Il s'intéressa très tôt à l'astronomie puis à l'aérogologie. Il devint aéronaute en 1888 et s'attacha, dès lors, à résoudre les problèmes instrumentaux qui entravaient le développement des mesures en altitude.

Besançon était « constructeur de machines aéronautiques et aérogologiques ». Il était donc expert en ballons et fit toutes sortes d'essais concernant la nature et le diamètre de leur enveloppe, le gaz de gonflement, la résistance aux intempéries. Il assure avoir conservé intact un ballon gonflé durant soixante-douze jours ! Il s'intéressa également à la nacelle étanche, proposée par Yon quarante ans avant le professeur Picard. Enfin, il introduisit la technique consistant à coiffer le ballon d'un parachute, pour ralentir la descente et protéger ainsi les appareils lors de l'atterrissage.

Les deux hommes se rencontrèrent et il s'établit entre eux une amitié et une collaboration qui durèrent jusqu'à la mort du premier. Leurs succès en aérogologie leur amenèrent une renommée certaine qui leur permit de fonder, en 1893, l'École supérieure de la navigation aérienne dont Besançon prit la direction.

1 - L'ingénieur Claude Jobert, plusieurs fois cité par Hermite et Lecornu, a été un dispensateur d'idées, dont certaines furent reprises par Hermite.

La même année, ils lancèrent la revue *L'Aérophile*, qui fut la première publication aéronautique régulière et qui perdura jusqu'en 1949. Ils étudièrent les fusées en tant que vecteurs aériens, la faisabilité d'un vol en ballon jusqu'au pôle - elle servit de base à Andrée, l'astronaute norvégien, lors de son vol tragique de 1897 - ou encore la réalisation d'études en modèles réduits : Hermite fit voler, en 1895, un prototype d'hélicoptère mû par un moteur électrique ne pesant que quatre-vingt-six grammes. Ils s'intéressèrent aussi aux cerfs-volants, et leur collaboration avec Jules Richard conduisit à la réalisation des météorographes dont nous avons déjà parlé.

La température en altitude

Le grand problème du moment était celui de la température en altitude. Les quatre premiers numéros de *L'Aérophile* lui consacrent plusieurs articles fort contradictoires. Cette question rejoignait d'ailleurs celle de l'épaisseur de l'atmosphère, tout aussi controversée. Laplace s'était déjà intéressé à ce double problème et avait proposé comme limites -182 °C et 20 000 m, en déclarant : « Il me paraît à peu près certain que la température doit s'approcher considérablement de la théorie ». Arago pensait que l'épaisseur était inférieure à 60 km. L'opinion générale était que la température devait diminuer jusqu'à s'approcher de celle des espaces intersidéraux, c'est-à-dire 0 °K. Cependant, de Fonvielle écrivait à la même époque : « L'idée que la température du vide planétaire doit être égale à -273 °C ne repose sur aucune donnée sérieuse ». D'autres physiciens commençaient à penser que, à partir d'une altitude donnée, mais incertaine, la décroissance devait s'arrêter.

Angot présenta une note à l'Académie des sciences, le 4 décembre 1893, pour

défendre ce point de vue, mais curieusement, tout comme son collègue russe Voieikoff, il se fondait, non sur les rares mesures faites par les aéronautes, mais sur celles relevées au sommet des hautes montagnes, en l'espèce par Vallot et Janssen au sommet du Mont-Blanc. Il pensait, à juste titre, qu'il devait y avoir une variation saisonnière, mais proposait -45 °C comme valeur moyenne.

Cependant, le 21 mars 1893, Hermite et Besançon avaient atteint, à 12 471 m, la température de -51 °C !

Angot refusa d'accepter cette valeur qui ruinait ses théories et assura que « l'instrument s'était dérégulé durant l'ascension, par suite du travail du métal ou de toute autre cause » ! Hermite et Besançon défendirent vigoureusement leurs mesures, bien que la qualité de l'enregistrement ait été imparfaite. La suite de leurs recherches confirma la réalité de leur premier résultat.

Le ballon-sonde

Le 18 novembre 1892, Charles Renard présentait à la Société de physique, une étude très complète sur « L'emploi des ballons perdus pour l'exécution de mesures météorologiques à très grandes hauteurs ». Il la résuma le 5 décembre dans une communication à l'Académie des sciences. Mais il arriva trop tard, car le 17, puis le 21 novembre, Hermite adressait à celle-ci deux lettres successives, donnant le résultat des expériences auxquelles il se livrait en compagnie de Besançon, depuis le mois de mars précédent. Ils commencèrent par lancer, depuis le boulevard Sébastopol à Paris, un ballon en papier, de 26 m³, gonflé au gaz d'éclairage, qui emportait des cartes questionnaires à leur renvoyer. Il était muni d'un distributeur automatique qui lâchait progressivement les missives.

Ils préparaient ainsi le lancer de ballons portant des instruments de mesure, car

Ascension du ballon _____	
Parti de _____	
Le _____	à _____ h. _____ m.
AVIS	
La personne qui trouvera la présente carte est priée de la remettre à M. le Maire ou à M. l'Instituteur de la Commune voisine qui vaudra bien remplir autant que cela lui sera possible le questionnaire ci-dessous et la renvoyer sans l'affranchir à l'adresse indiquée au verso.	
Questionnaire n° _____ jeté à _____ h. _____ m.	
1. A quel endroit exact est tombée cette carte ? _____	
_____ Commune de _____	
Département de _____	
2. Quand l'a-t-on trouvée ? _____ h. _____ m.	
3. A-t-on vu passer le ballon ? Si on s'a vu, à quelle heure ? _____	
4. Quelle était la température (thermomètre centigrade) au moment où le ballon a passé ? _____	
5. Quelle était la hauteur du baromètre ? _____	
6. Quel temps faisait-il et quel était l'aspect du ciel ? _____	
7. Quelles étaient la force et la direction du vent ? _____	
Remarques personnelles :	

Signature et adresse } _____	

Exemple des cartes-questionnaires diffusées par Hermite et Besançon à partir de mars 1892. *L'Aérophile*.

1 - Elle fut publiée dans le *Journal de Physique*, en 1893.



lancement de l'Aéroophile n° 1 gonflé au gaz d'éclairage, moins onéreux que l'hydrogène. L'Aéroophile.

ils se demandaient dans quelle proportion ils pouvaient être récupérés. On retrouva près de 50 % des cartes dans un rayon de 150 km autour de Paris, et les deux chercheurs estimèrent alors que la chance valait d'être courue et poursuivirent leurs expériences. Ils firent alors, jusqu'au 4 octobre, quatre essais plus importants, mais infructueux, avec des ballons en papier pétrolé, lâchés des usines à gaz de Noisy-le-Sec ou de La Villette. Au cours de l'un d'entre eux, le ballon emportait un thermomètre à maximum à minimum ainsi qu'un barographe à enregistrement sur une plaque de verre enduite de noir de fumée.

Puis, du 4 octobre au 10 décembre, ce fut une série de quatorze expériences, dont sept réussies, faites avec des ballons en baudruche ou en papier pétrolé, emportant tous un baromètre, et, pour trois d'entre eux, un thermomètre à minimum.

Le 21 mars 1893, c'est depuis l'usine à gaz de Vaugirard que fut lancé L'Aéroophile 1, le premier de ce qu'Hermitte appelait « ballon explorateur », et qui devait faire carrière, depuis, sous le nom de « ballon-sonde ». Cet engin en baudruche, de 113 m³ (6 m de diamètre), emportait 6 kg d'instruments et notamment, un baromètre à mercure spécialement aménagé et des thermomètres à minimum. Les appareils furent retrouvés intacts à Chamvres, près de Joigny. Le ballon avait atteint 12 471 m où régnait une température de -51 °C¹.

Après destruction à l'arrivée, par vandalisme, du même ballon relancé le 27 septembre 1893, ils construisirent un Aéroophile 2, de 180 m³, qui s'envola le 20 octobre 1895. Il emportait notamment deux instruments de fabrication

Richard : un enregistreur à capsules anéroïdes et un thermographe à tube de Bourdon. L'enregistrement sur noir de fumée montra que le ballon avait atteint 15 500 m par -70 °C.

La série des Aérophiles, qui étaient désormais en soie spéciale, s'étala du 21 mars 1893 au 13 mars 1897 ; dix lancers furent effectués, non sans quelques incidents. Mais ce n'est qu'après l'Aéroophile 3, et donc après sa troisième mesure, qu'Hermitte est pleinement convaincu de la réalité du phénomène de l'isothermie au-dessus d'une certaine altitude. Il écrit, en 1896, dans *Les Sciences Populaires* : « Il serait téméraire de tirer d'une seule observation nocturne la conséquence que nous avons atteint à 15 000 m la couche de température invariable pendant toutes les heures de la journée et dans toutes les saisons de l'année ».

Hermitte et Besançon ont ainsi ouvert la voie à Teisserenc de Bort, dont nous parlerons dans le prochain chapitre. Ce dernier a bénéficié, non seulement de leurs résultats, mais aussi des améliorations qu'ils ont apporté aux techniques de lancer, tant des cerfs-volants que des ballons. Il a également utilisé, notamment au cours de ses missions lointaines, le « dromographe »². Le dromographe, réalisé par Hermitte en 1893, peut être considéré comme le premier théodolite enregistreur. Chez ses successeurs, l'homothétique de la projection de la trajectoire du ballon sur un plan horizontal est pointé, ou tracé, sur un diagramme circulaire.

Mais il n'y eut jamais de collaboration entre Hermitte et Besançon d'une part et Teisserenc de Bort de l'autre. Ce dernier ne mentionne pratiquement pas les travaux de ses prédécesseurs et particulièrement pas leurs résultats. Réciproquement, les travaux de Teisserenc de Bort ne sont généralement pas relatés dans la revue *L'Aéroophile*. Les moyens considérables, techniques et financiers, dont disposait l'observatoire de Trappes ne permettaient d'ailleurs pas une émulation équitable.

1 - Les appareils n'étaient pas protégés des effets radiatifs du soleil. Les résultats furent critiqués par Henry, dans la revue *L'Aéroophile*. Il estimait, à partir de raisonnements discutables, que la température de l'air vers 16 000 m devait être comprise entre -55 °C et -70 °C.

2 - Dromographe - du grec « dromos » : coureur, comme dromadaire. C'est donc un enregistreur de trajectoire. Un appareil du même nom fut utilisé, à la même époque, dans les Chemins de Fer. Le dromographe de Hermitte était le premier théodolite enregistreur, largement en avance sur ses successeurs. L'azimut et la déclinaison étaient enregistrés, l'un en rouge, l'autre en noir, sur un cylindre entraîné par un mouvement d'horlogerie, la simultanéité des pointage était assurée par une liaison électrique entre les deux appareils.

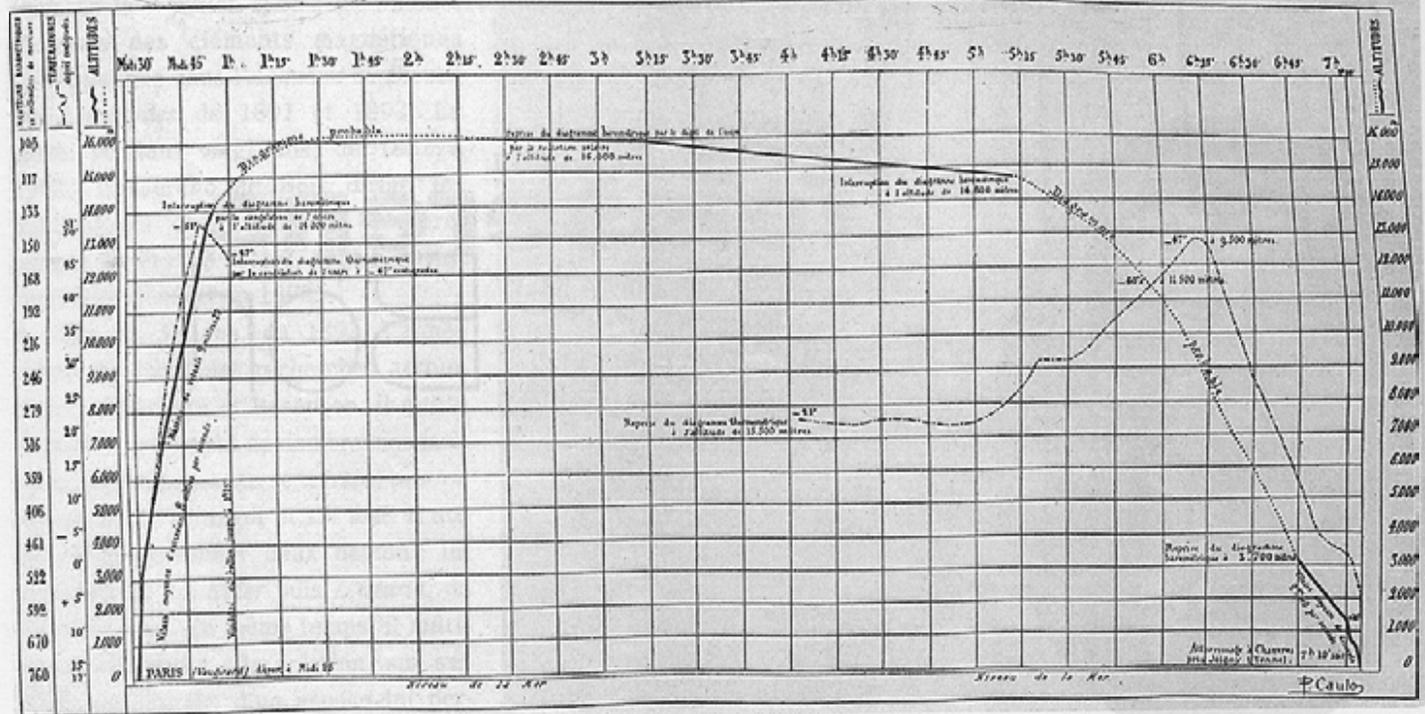


Diagramme de l'ascension de l'aérofile n°1, le 21 mars 1893. Il s'agit là du premier sondage à haute altitude. Malgré les défaillances de l'enregistrement on peut voir la présence d'une inversion de température vers 3 000 m avec -48°. L'Aérofile.

Les développements

De 1893 à 1894, Assmann, directeur de l'Institut météorologique de Berlin, effectua quarante-sept sondages aérologiques en utilisant le barothermomètre de Richard et publia les résultats en 1895. On y voit que, le 6 septembre 1894, le ballon appelé *Cirrus*, en tissu caoutchouté et gonflé à l'hydrogène, atteignit 18 450 m par - 68 °C. Dans une lettre du 12 juin 1896, Assmann proposait à Hermite et Besançon de procéder à l'exécution de douze ascensions aérologiques simultanées, à Paris et à Berlin, en essayant d'atteindre les altitudes les plus élevées possible. Dans sa réponse du 12 juillet, Hermite réfute d'abord les critiques faites par Assmann sur les mesures effectuées par les *Aérofile*, puis expose les raisons techniques qui s'opposent à la réalisation de ce projet à partir de bases aussi éloignées que Paris et Berlin. Il envisage toutefois la possibilité d'en discuter lors de l'éventuelle venue à Paris de Assmann. L'affaire n'eut malheureusement pas de suite.

L'importance prise par l'exploration de la haute atmosphère conduisit la

Conférence internationale des directeurs de services ou d'observatoires, réunie à Paris le 17 mai 1896, à créer une Commission internationale d'aérostation scientifique dont la présidence fut confiée à Hergesell, directeur du Bureau d'Alsace-Lorraine. Elle mit en place, à l'instar du réseau d'observations au sol que Le Verrier avait proposé en 1855, un projet de stations d'observations en altitude avec les procédés employés pour la première fois par Hermite et Besançon. La Commission se montra très active et détermina de grands progrès dans l'exécution, la collecte et le rassemblement des données sur l'atmosphère libre, obtenues au moyen de ballons ou de cerfs-volants. Elle organisa régulièrement des campagnes, connues sous le nom de « Semaines aérologiques internationales », visant à assurer la compatibilité des mesures ainsi qu'une couverture géographique maximale, notamment sur mer, en faisant appel à des navires.

Le 14 novembre 1896, furent effectués les premiers lancements simultanés de ballons-sondes et de ballons montés à partir de Paris, Berlin, Munich, Varsovie et Saint-Petersbourg pour explorer l'atmosphère.