

**Le premier, il a liquéfié
tous les gaz**

Louis-Paul CAILLETET

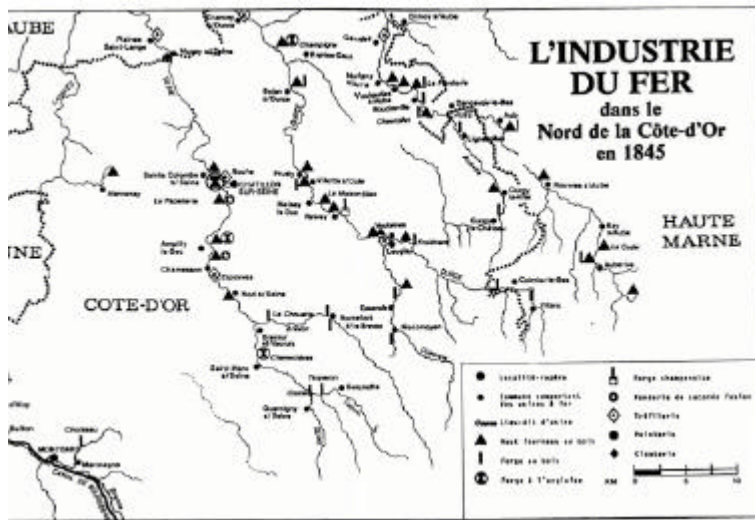
(1832-1913)



par Gérard Hartmann

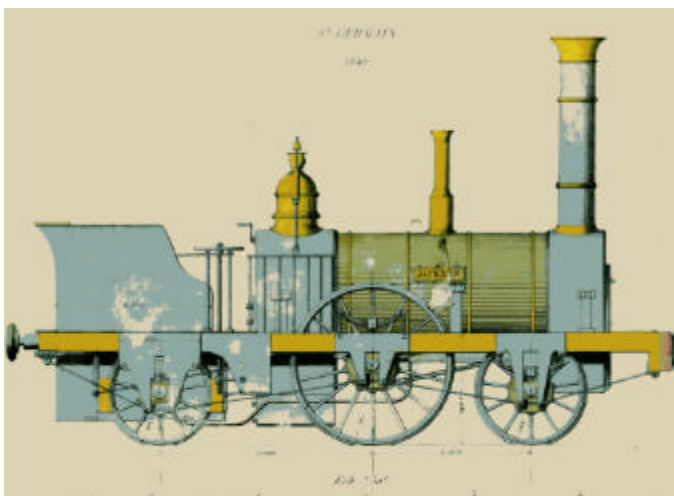
Industriel bourguignon

Louis-Paul Cailletet est né le 21 septembre 1832 à Châtillon-sur-Seine (Côte d'Or). Elève de l'Ecole supérieure des Mines et de la Faculté des Sciences de Paris, c'est à Montbard, dans son pays natal, alors l'un des principaux centres de la métallurgie du fer en France, qu'il décide d'exercer, dès 1857 comme maître des forges. Montbard est connu par un précédent maître des forges, Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788), l'homme qui, le premier, révéla l'âge véritable de la Terre en calculant le temps mis par un boulet pour se refroidir.



L'industrie du fer dans le nord de la Côte-d'Or en 1845. (Musée de la sidérurgie).

Dans le laboratoire qu'il crée l'année suivante à côté des forges, le jeune ingénieur qu'est Cailletet étudie scientifiquement les phénomènes de la cémentation et du puddlage de l'acier pendant une dizaine d'années, tout en poursuivant son labeur quotidien consistant à valider la qualité des fers, fontes et aciers qui sont produits.



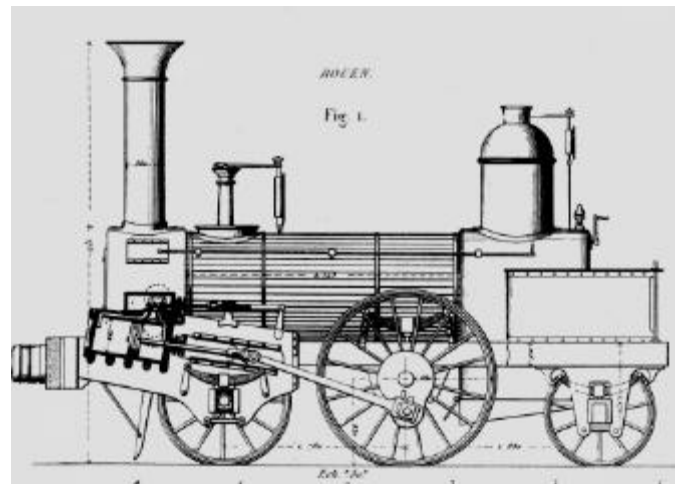
Locomotive du Paris - Saint-Germain, milieu du XIXe siècle. (Collection de l'auteur).

Grâce aux facilités que lui procurent les hauts fourneaux (températures élevées) et les machines à vapeur puissantes qu'il a à sa disposition (hautes pressions), Cailletet peut étudier les propriétés chimiques et physiques du fer à l'état liquide, étudier la dissociation des gaz dans les fours, le passage de l'hydrogène à travers les lames de fer. Il démontre rapidement l'affinité du fer pour les gaz, à haute température, puis à basse température. Il étudie sous microscope dans son laboratoire les gaz occlus dans le fer et sa structure, analysant les réactions chimiques qui se produisent dans les hauts fourneaux.



Intérieur d'une forge près de Châtillon-sur-Seine par E. Bouhot, 1824. (Musée de la sidérurgie).

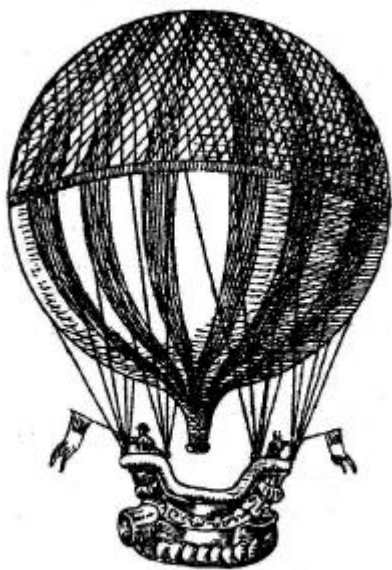
La force de la vapeur d'eau est largement utilisée dans les machines industrielles et sur les locomotives. L'air comprimé par un piston dans un cylindre n'a pas comme seule application le soufflage de la fonte dans les hauts fourneaux ; il est utilisé pour le serrage des freins des wagons, le transport des plis pneumatiques, l'alimentation des cloches à plongeur. L'hydrogène comprimé par le même moyen est utilisé pour gonfler les ballons dans l'aérostation militaire dès 1880.



Locomotive du Paris - Rouen, milieu du XIXe siècle. (Collection de l'auteur).

Distingué chimiste

Dès 1863, Cailletet poursuit des recherches sur les gaz, lois de Mariotte à haute pression et les lois sur la compressibilité, qui conduisent à une mémorable découverte. Après avoir mis en évidence la notion de « point critique » des gaz (théorie de T. Andrews), il prouve qu'à partir d'une certaine pression les gaz comprimés ne suivent plus la loi de Mariotte, et il entreprend de démontrer la possibilité de liquéfier les gaz qui sont considérés comme permanents dans la nature, l'air, l'oxygène, l'azote.

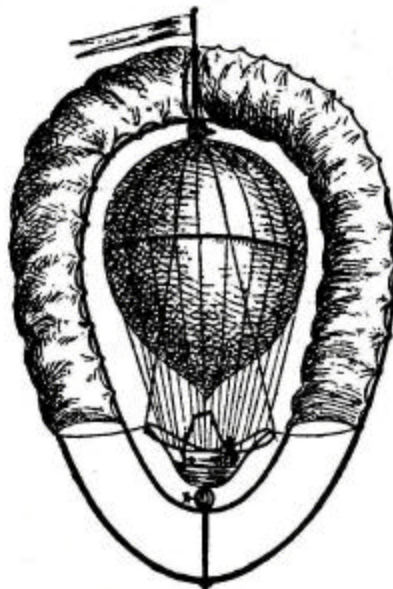


Premier ballon à hydrogène portant des hommes, les physiciens Charles et Robert, aux Tuileries à Paris le 1^{er} décembre 1783. (Larousse universel 1908).

C'est à Paris dans le laboratoire de l'Ecole Normale supérieure de son ami Henri Sainte-Claire Deville (1818-1881) éminent chimiste qui découvrit en 1864 les phénomènes de dissociation thermique, en particulier pour la vapeur d'eau, pour le gaz chlorhydrique et pour le gaz sulfureux, que Cailletet réalise en 1877 la célèbre expérience qui rend à la fin du XIX^e siècle son nom si populaire. Utilisant un très long cylindre comprimant de l'oxygène (d'où échauffement) plongé dans l'eau glacée (refroidissement) puis où le piston crée une brusque détente, il obtient la liquéfaction (état pâteux) de l'oxygène.

A la Sorbonne au laboratoire de Troost qui dispose d'un cylindre plus puissant, Cailletet obtient pour la première fois l'oxygène à l'état liquide stable. Plusieurs gaz « permanents » lui sont amenés. Enfin, en 1878, après avoir fait connaître à l'Académie des Sciences une suite de recherches sur la condensation de l'éthylène et de l'acétylène, Cailletet peut réaliser à volonté

la liquéfaction de l'oxygène, de l'azote, de l'air et de tous les gaz regardés jusque là comme inamovibles. Cailletet obtient leur état liquide stable par le même procédé, la détente du gaz dans un cylindre.



Ballon de Franconville, premiers essais de direction, le 16 janvier 1784. (Larousse illustré 1908).



Aérostas « dirigeable » de Blanchard, 2 mars 1784. (Larousse universel 1908).

Le 22 décembre 1877, l'Académie des sciences de Paris reçoit un télégramme envoyé par le savant suisse Raoul Pictet, indiquant qu'il a réussi la liquéfaction de l'oxygène au-dessous de 320 atmosphères par utilisation combinée d'acide sulfureux et d'acide carbonique à une température de -140 degrés Celsius. Cette annonce est pratiquement simultanée avec celle de Cailletet. Les deux savants se voient attribuer conjointement les mérites de cette découverte et Pictet est décoré de la Légion d'honneur en 1878, et par une Grande médaille et une médaille d'or lors de l'Exposition de Paris.



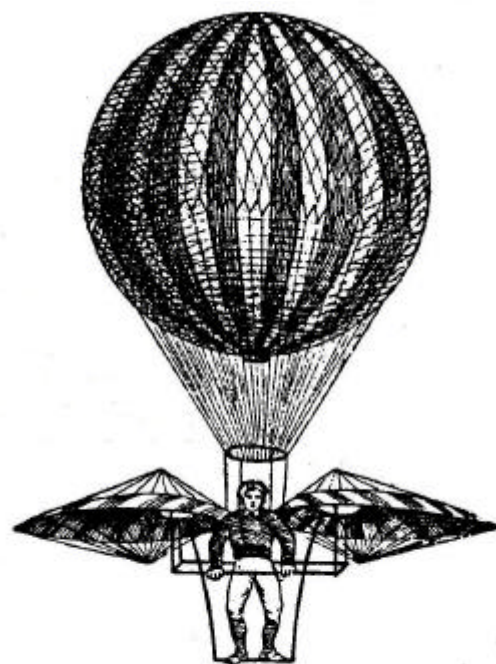
Gay-Lussac, auteur d'une ascension en ballon à l'altitude record de 7 315 mètres (1804) grâce à une vessie remplie d'air. Avec Biot, Gay-Lussac a vérifié la constance de la composition de l'air et posé la loi adiabatique.

Entre 1878 et 1899, de nombreux savants occidentaux reprennent l'expérience de Cailletet, plus simple à réaliser que celle de Pictet : l'Écossais sir James Dewar (1842-1923), auteur en 1891 d'un procédé industriel d'obtention de l'oxygène liquide dont on a déjà trouvé nombre d'applications et qui réalisera en 1898 pour la première fois la liquéfaction du fluor, le Hollandais Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926), fondateur à Leyde aux Pays-Bas en 1904 d'un laboratoire d'étude des gaz liquéfiés (cryogénie), le savant polonais Zygmunt Wróblewski (1845-1888) et son homologue Karol Olszewski (1846-1915), premiers en 1883 à liquéfier successivement l'oxygène, l'azote et le dioxyde de carbone de l'atmosphère.

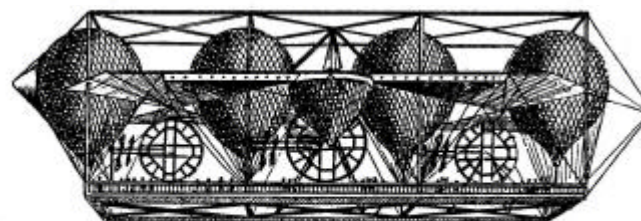
Ces résultats valent à Cailletet son entrée à l'Académie des sciences en 1884, cette académie où son ami Henri Sainte-Claire Deville a siégé si peu de temps.

Le 8 janvier 1913, au cours de l'éloge funèbre de Cailletet à Paris, le docteur Monin, au nom de la société bourguignonne « La Grappe » dont Cailletet était le président d'honneur rappelle les vertus du savant et son attachement à

sa région natale : « Nul plus que lui ne se réjouissait du temps des vacances où, faisant pour un moment trêve à ses travaux scientifiques, à ses recherches géniales, il se rendait à Châtillon-sur-Seine dans sa vieille maison, perchée comme un nid d'aigles, dominant la vallée de la haute Seine, maison dans laquelle il était né, où il avait grandi, ressenti les plus douces émotions de l'enfance, de la jeunesse où il avait dans son modeste et primitif laboratoire esquissé et déjà trouvé ce qui devait lui conquérir les plus justes titres à la célébrité ».



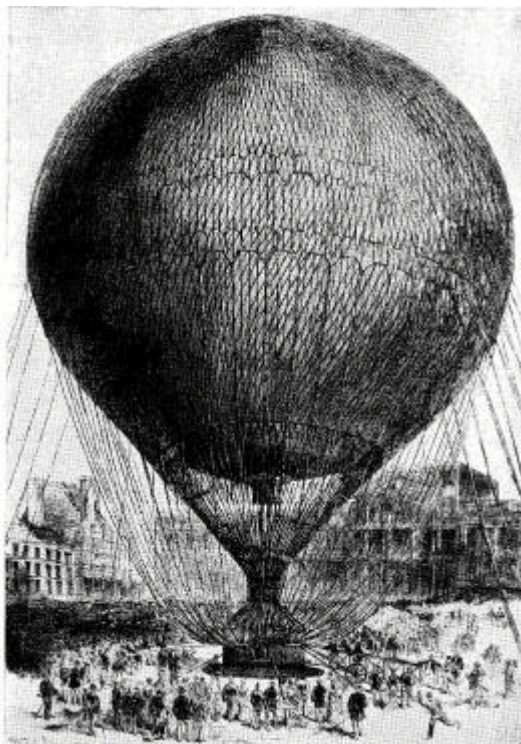
Aérostât « dirigeable » de Denghen à Tivoli, Paris le 10 juin 1812. (Larousse universel 1908).



Système de navigation aérienne imaginé par Petin, Paris 1850. (Larousse universel 1908).

Immortel

Lors des réunions des membres de l'Académie des sciences, Cailletet se fait des amis, comme Léon Teisserenc de Bort (1855-1913), curieusement décédé le même jour que lui, et qu'on peut considérer comme son disciple au même titre que Georges Claude (1870-1960). De Bort est nommé à la tête du Bureau central de météorologie à sa création en 1875. Spécialiste de la météorologie et de la physique du globe, il crée en 1892 à Trappes le premier observatoire dynamique faisant usage de ballons sonde, récoltant une moisson de résultats incroyables sur l'atmosphère de la Terre. Sa plus importante découverte est celle de la zone isotherme à 12 km d'altitude, zone au-dessus de laquelle la variation de température n'est plus réglée par la loi adiabatique de décroissement de Gay-Lussac.



Ballon de Giffard, exposition universelle de Paris 1878. (Larousse universel 1908).

Le 8 janvier 1913, le professeur Guyon de l'Académie des sciences fait l'éloge de Cailletet en ces termes : « Ce n'est pas le moment ni le lieu d'entrer dans les détails de sa belle carrière ni de parler de chacune de ses mémorables découvertes. Pour donner une idée de leur importance, il suffit de dire qu'elles ont pour principal objet la liquéfaction des gaz qui étaient jusque-là considérés comme permanents. Au lieu de rester un fluide invisible, l'air atmosphérique passe à l'état de liquidité, tous les gaz qui le composent et beaucoup d'autres, que l'on croyait incoercibles subissent, entre les mains de Louis Cailletet cette étonnante transformation. Pareille métamorphose était inattendue. On conçoit le retentissement de ses dé-

monstrations à l'Institut de France et à la Sorbonne et l'on peut présumer l'influence exercée par l'obtention de ces résultats. Ils ont eu sur la direction des recherches ayant la physique et la chimie pour objet d'intéressantes conséquences et nous assistons à l'évolution de la chimie physique. Le nom de Louis Cailletet ne devint pas seulement célèbre mais populaire. Louis Cailletet ne saurait être oublié. Il ne le sera pas à l'Académie des sciences où il ne comptait que des amis, il ne peut l'être des jeunes savants, de ces opiniâtres chercheurs qu'il aimait à encourager, à guider, et ne le sera pas davantage dans ce quartier auquel il est resté si fidèlement attaché et que lui faisait particulièrement aimer le voisinage de la grande Ecole des Mines où il avait appris à comprendre la science, à l'aimer, à la servir ».



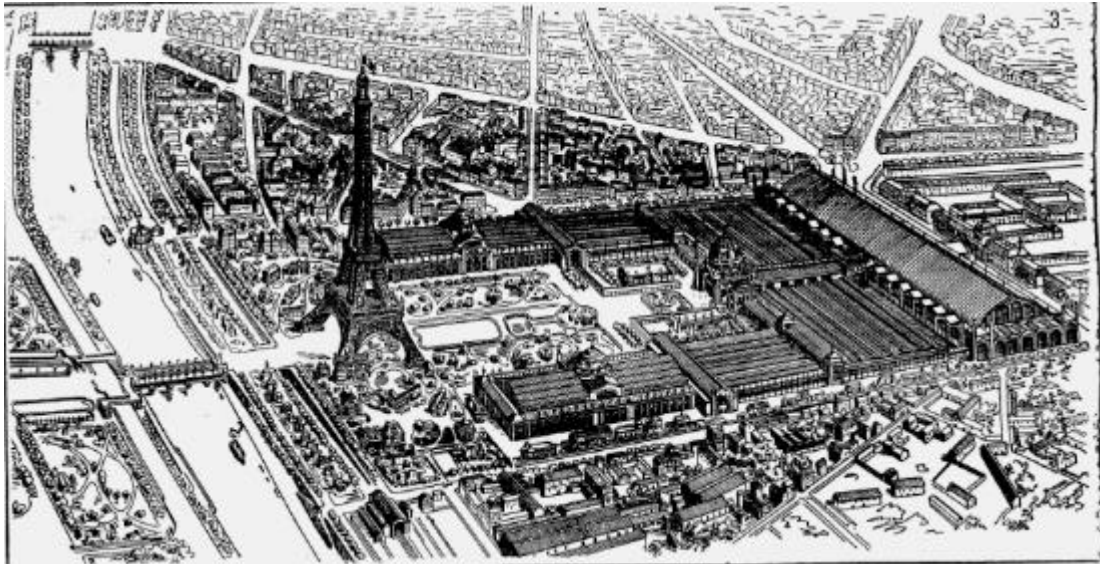
Rédacteur en chef du périodique La Nature, l'aéronaute Gaston Tissandier (1843-1899) réalisa de nombreuses ascensions sur Paris. (Gravure ancienne).

En 1893, entrant dans une voie de recherches nouvelle, celle de l'aéronautique et ses contraintes, Cailletet entreprend sur la tour Eiffel une série d'expériences aérodynamiques. Il s'intéresse dès leur création aux ballons-sondes que viennent de réaliser et lancer (le 14 novembre 1892) le savant Gustave Hermite et l'aéronaute-écrivain Georges Besançon (1866-1934). Cailletet encourage de tout son pouvoir les deux jeunes chercheurs qui projettent de passer au-dessus du pôle Nord en ballon.

Cailletet construit un appareil de « prise » (récolte) d'air en haute altitude, monté sur bal-

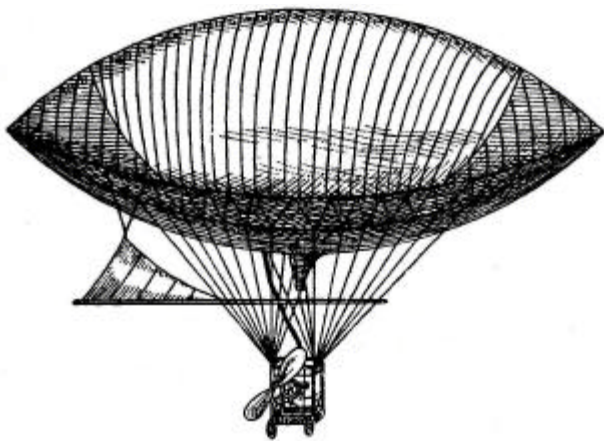
lon-sonde permettant d'aller puiser dans les hautes régions du globe terrestre et à toutes les latitudes des échantillons de fluide atmosphérique et de les ramener au sol pour analyse. Avant de contribuer à la fondation de la Commission internationale d'aérostation scientifique pour développer et coordonner dans le monde entier les observations météorologiques par ballon-sonde, Cailletet provoque la création de la Commission

scientifique d'aérostation qui effectue les mêmes recherches en France. Cette commission siège à l'Académie des sciences et réunit l'hydrographe Jean-Jacques Bouquet de La Grye (1827-1909), le physicien Eleuthère Mascart (1837-1908), Cailletet, le physicien Jules Violle (1841-1923), le prince Roland Bonaparte, le commandant Arthur Krebs (1850-1935), Angor, Teisserenc de Bort (1855-1913), Hermite et Besançon.



Les installations du Trocadéro à Paris lors de l'exposition universelle de 1889. (Larousse universel 1908).

tainement en aéronautique où il est plus pratique d'emporter de l'air liquide ou de l'oxygène liquide pour alimenter les respirateurs en altitude que de l'air comprimé.



Dirigeable des frères Tissandier, 1883. (Larousse universel 1908).

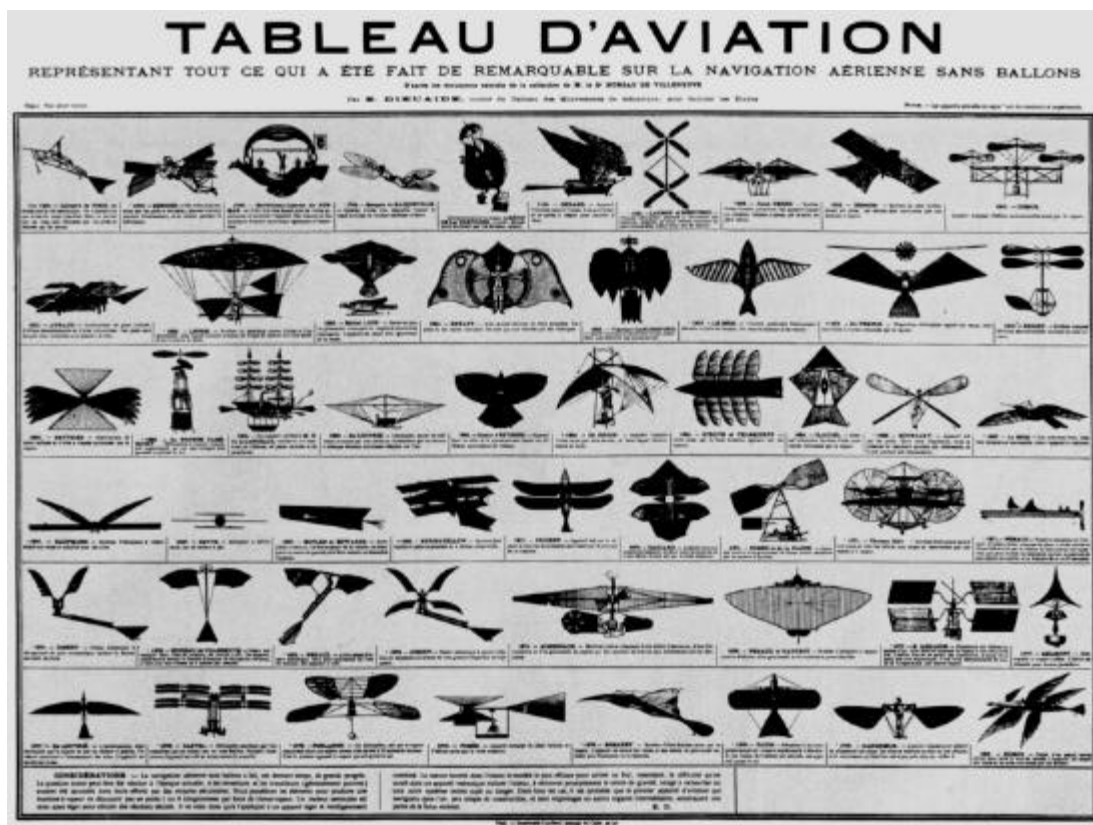
En 1900 alors que Paris héberge la célèbre Exposition universelle, Cailletet participe à tous les colloques et débats sur la navigation aérienne et ses contraintes, ses perspectives.

En 1902 le physicien Georges Claude et l'industriel Paul Delorme mettent au point un procédé de liquéfaction de l'air afin d'en séparer graduellement les composants. Ils créent la société L'Air Liquide.

Les gaz liquéfiés ont de très nombreuses applications, en médecine, dans l'industrie, et cer-



Nacelle du dirigeable des frères Tissandier, 1883. (L'illustration 1884).



Tout ce qui a volé sans ballons en 1900, tableau réalisé à l'occasion de l'Exposition universelle par Cailletet et Hirschauer. (Catalogue de l'Exposition universelle de 1900).

A l'Aéro-Club de France

Nommé en janvier 1905 président de l'Aéro-Club de France, Cailletet se dépense sans compter pour développer la cause aérienne, comme le rappelle Ernest Archdeacon, au nom de la Ligue nationale aérienne, lors de son éloge funèbre : « En l'absence du président de la ligue nationale aérienne, actuellement souffrant, je crois remplir un devoir qui s'impose en apportant au grand savant disparu l'hommage ému de quelques milliers d'hommes passionnés de la science aérienne que nous représentons ici ».

« Car Cailletet ne fut pas seulement le glorieux expérimentateur mondialement connu dont on vous a déjà rappelé tout au long les géniales découvertes, il y a un de ses grands mérites que je tiens tout particulièrement à rappeler ici : quand mes collègues de l'Aéro-Club et moi-même l'avons naïvement prié d'accepter la présidence, il était déjà extrêmement souffrant et fatigué, il aurait assurément décliné cette lourde charge s'il avait considéré seulement son très grand besoin de repos ».

Cailletet est resté président de l'Aéro-Club de France jusqu'à sa mort le 5 janvier 1913. Il a donc connu huit ans de progrès considérables, certainement la période la plus glorieuse de cette institution. L'hommage d'Archdeacon n'est que justice. Le comte Henri de La Vaulx, le 10 janvier, rend encore dans l'église Saint-Nicolas

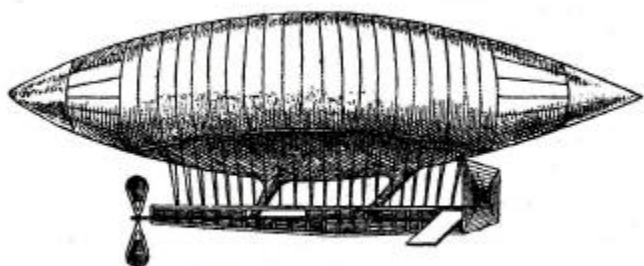
de Châtillon-sur-Seine avant son inhumation cet hommage à Cailletet qui éclaire singulièrement sur le rôle politique qu'il a joué pendant huit ans :

« Cailletet était pour nous plus qu'un président, c'était un père qui accueillait tous ses enfants avec affection, avec indulgence ; il savait nous aimer, il savait nous conseiller, et lui qui avait conquis l'admiration de l'Europe entière, lui dont le nom nous était déjà familier sur les bancs du collège et représentait pour nos jeunes cerveaux la célébrité scientifique, il daignait venir diriger nos travaux, et de sa voix calme, douce, prenante, il encourageait nos timides efforts, il les protégeait en haut lieu, et à une époque où l'Aéronautique était un peu considérée comme une utopie, et où les milieux scientifiques officiels nous regardaient en souriant, il prenait notre défense, et peu à peu, il nous fit ouvrir toutes grandes les portes des sanctuaires les plus fermés ».

« Si l'Aéronautique a actuellement gagné sa cause devant l'opinion, c'est, il est juste de le reconnaître, grâce à la hardiesse de nos pilotes, à l'intelligence de nos ingénieurs, mais aussi en grande partie grâce à l'éloquence persuasive et pénétrante de notre vénéré président dans les milieux scientifiques, éloquence persuasive qui créa peu à peu autour de nous une ambiance sympathique où nos travaux pouvaient se développer avec fruit ».

Plus surprenant est l'hommage rendu par le général Auguste Hirschauer, alors directeur de l'aéronautique militaire française : « C'est sous

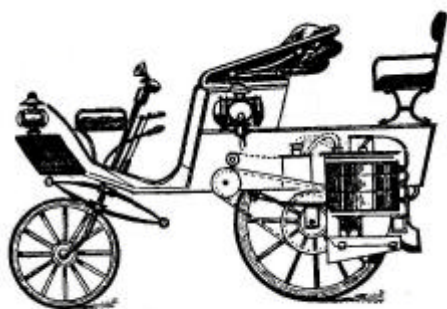
son égide sage et pondérée, sous sa direction éclairée que s'est depuis le début placé L'Aéro-Club de France, la société qui régit le sport aérien en France. Dire l'œuvre de Cailletet comme président de cette société, c'est décrire son développement, ses travaux, son influence grandissante et méritée ».



Dirigeable de Charles Renard et Arthur Krebs, 1884. Il fut le premier au monde à accomplir un voyage en circuit fermé. (Larousse universel 1908).

« C'est au cours des travaux préparatoires de l'Exposition universelle de 1900 que j'eus, pour la première fois, l'honneur d'être présenté au maître que nous pleurons. C'est au cours des congrès et des concours aéronautiques de 1900 que je fus amené à collaborer à ses travaux ».

« L'année suivante, nous allions dans l'escadre de la Méditerranée à bord de La Foudre qui aujourd'hui reçoit nos avions marins expérimenter un appareil de photographie aérienne, œuvre de son cerveau, et qui nous permit la même année de constituer une méthode de reconnaissance aérienne des places et des côtes ».



Voiture à vapeur Serpollet, 1889. Ses voitures furent les premières à atteindre 120 km/h. (Larousse universel 1908).

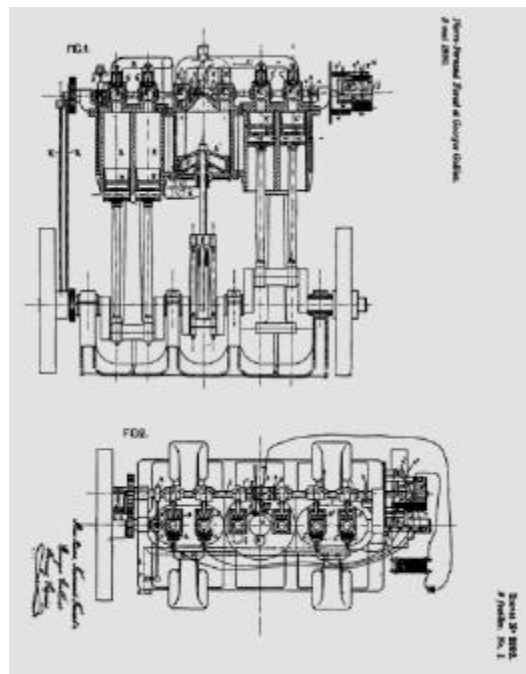
« C'est encore avec l'actuel président de l'Aéro-Club de France qu'en 1902 nous organisons le service des aéronautes des places fortes, formés de pilotes pourvus du brevet d'aéronaute de l'Aéro-Club ».

« L'aviation naissante a pris ses règlements à l'Aéro-Club qui délivre des brevets dont nous reconnaissons la valeur en obligeant tous nos pilotes

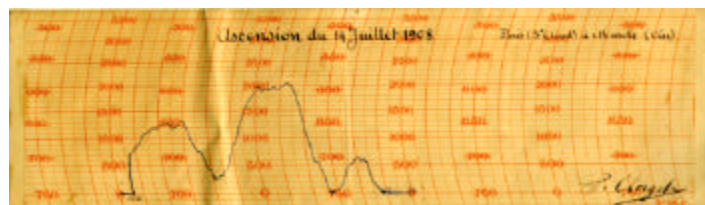
militaires à passer avant tout les épreuves de ce brevet ».

« Sur la demande de Cailletet, le ministre de la Guerre a admis récemment les commissaires de l'Aéro-Club à contrôler les épreuves du brevet militaire pour le personnel de la réserve et de la territoriale. Hier encore, le ministre décidait que les épreuves de brevet militaire des pilotes d'aérostats seraient les épreuves requises par l'Aéro-Club ».

« C'est donc en constante communion d'idée avec l'Armée qu'a marché l'Aéro-Club de France, de 1905 à 1913, sous l'égide de son distingué président ; c'est avec le constant concours de l'Aéro-Club de France que l'aéronautique militaire a édifié son œuvre. Et c'est comme chef de l'aéronautique militaire, au nom du général Roques, mon éminent chef et prédécesseur, au nom de mes collaborateurs, en mon nom personnel, que je viens saluer respectueusement la dépouille du grand homme qui n'est plus ».



Premier multicylindre à pétrole, Forest et Gallice, 1890. (Office européen des Brevets).



Ascension du 14 juillet 1908 sur le ballon Aéro-Club II de 1200 m³ par Ernest Archdeacon, pilote, Labro, mécanicien et M et Mme Clerget, passagers. Altitude maximale : 2050 mètres. (Collection Clerget).