

1. LA PROGRESSION DE L'AÉRONAUTIQUE

1.1. L'aérostation et la transition vers l'aviation

Depuis la plus lointaine antiquité, l'Homme a admiré les évolutions des oiseaux et a été animé par la passion du vol. Pour transformer en réalité le mythe d'Icare, deux grandes voies étaient envisageables :

- l'aérostation, avec des véhicules plus légers que l'air et bénéficiant ainsi de la poussée d'Archimède ;
- l'aviation, avec des véhicules plus lourds que l'air et utilisant leur vitesse par rapport à l'air pour se sustenter.

À première vue, aérostation et aviation sont totalement distinctes. Tout semble les séparer : les bases scientifiques, les techniques mises en œuvre, les capacités opérationnelles sont très différentes. De nombreux auteurs se refusent à évoquer ensemble ces deux voies d'accès de l'homme à l'espace aérien. Certains considèrent que le fait de s'engager dans la voie de l'aérostation plus de cent ans avant la naissance de l'aviation a été préjudiciable à celle-ci. Cependant, il nous a paru intéressant de retracer la progression de l'aérostation avant celle de l'aviation et de dégager, pour chacune d'elles, le processus selon lequel a été obtenue la maîtrise des techniques nécessaires à leur développement. Nous examinerons également dans quelle mesure les résultats acquis en aérostation ont pu profiter à l'aviation.

1.1.1. Les ballons

L'aérostation est née en France, en 1783, avec les premiers vols, avec équipage, des ballons à air chaud des frères Montgolfier et des ballons à hydrogène conçus par le physicien Charles.

– les frères Joseph et Étienne Montgolfier gonflaient leurs ballons avec de l'air chaud (ils croyaient avoir découvert un gaz nouveau). Le 4 juin 1783, sur la place d'Annonay (Ardèche), ils firent s'envoler un ballon de 800 m³ en toile fine doublée de papier. Avec l'aide du fabricant de papier peint Réveillon et grâce à la caution de l'Académie des Sciences, Étienne Montgolfier fait s'élever le 19 septembre 1783 devant le roi Louis XVI et en présence de nombreux diplomates étrangers -réunis à Versailles pour signer le traité de paix entre Anglais et Américains- un ballon, « Le Martial » (*Fig.1*). Celui-ci, ayant à son bord un mouton, un canard et un coq, monta à 480 m et redescendit à 3 km de son point de départ, après un vol d'une dizaine de minutes. Puisque les animaux avaient supporté le voyage, le vol humain était possible. Étienne Montgolfier fit aussitôt réaliser par son ami

Réveillon un ballon de plus grandes dimensions, comportant une galerie circulaire en osier où pouvaient prendre place deux passagers. Le ballon était somptueusement décoré : il s'agissait du premier voyage aérien qui serait effectué par un être humain. Le principe d'un vol au-dessus de Paris fut admis par le roi. Le 21 novembre 1783, François Pilâtre de Rozier et le marquis d'Arlandes effectuèrent un vol de vingt-cinq minutes depuis le château de la Muette jusqu'à la Butte-aux-Cailles. Ce survol de Paris, sur une dizaine de kilomètres, marque le début de l'aérostation.

– le 1^{er} décembre 1783, Aîné Robert et le physicien Jacques Alexandre Charles firent leur premier vol en ballon à hydrogène, depuis le jardin des Tuileries jusqu'à Nesles, à 35 kilomètres de Paris (*Fig.2*).

Ainsi, la même année, deux types d'aérostats, expérimentés avec succès, permirent les premiers vols humains. Les techniques utilisées étaient très différentes :

– les « montgolfières » étaient remplies d'air chaud, donc plus léger que l'air ambiant. Cet air chaud était obtenu en brûlant des ballots de paille ou des fagots de bois auxquels on ajoutait parfois de l'alcool ou des matières bitumineuses. Les enveloppes étaient réalisées en toile et papier (le papier constituait un bon isolant thermique) et leur base était ignifugée grâce à un enduit. Les frères Montgolfier étaient bien conscients de l'intérêt de l'hydrogène, dont la densité, dans les conditions ambiantes, est de 0,07, à comparer à celle de l'air à 100°C qui est de 0,78 (d'où une force ascensionnelle, à volume égal, plus de 4 fois supérieure avec l'hydrogène). Cependant, si le papier utilisé par les frères Montgolfier pour leurs enveloppes était suffisamment étanche pour l'air chaud, il ne l'était plus du tout pour l'hydrogène ;

– la légèreté de l'hydrogène avait conduit le physicien J.A. Charles à le choisir pour ses ballons. Stimulé par le vol de la montgolfière du 4 juin, il fit s'envoler un petit ballon libre de 35 m³, gonflé à l'hydrogène, qui suscita l'admiration des Parisiens le 27 août 1783. Le vol magistral du 1^{er} décembre 1783 marqua le vrai début de l'aérostation, qui allait devenir rapidement opérationnelle. En effet, grâce à ses performances et à sa facilité d'emploi (comparée à celle des montgolfières de l'époque), le ballon à hydrogène s'imposa rapidement. Ainsi, c'est avec un ballon à hydrogène que Jean-Pierre Blanchard traversa la Manche, de Douvres à Calais, le 7 janvier 1785. Il avait, pour passager, le docteur américain John Jeffries.

Rappelons que la découverte de l'hydrogène est due au chimiste britannique Henri Cavendish. En faisant réagir de l'acide sulfurique sur du fer, sur du zinc ou sur de l'étain, il recueillit le gaz obtenu dans des vessies de porc.

FIG. 1. – Ascension à Versailles, le 19 septembre 1783, d'une montgolfière avec trois animaux à bord

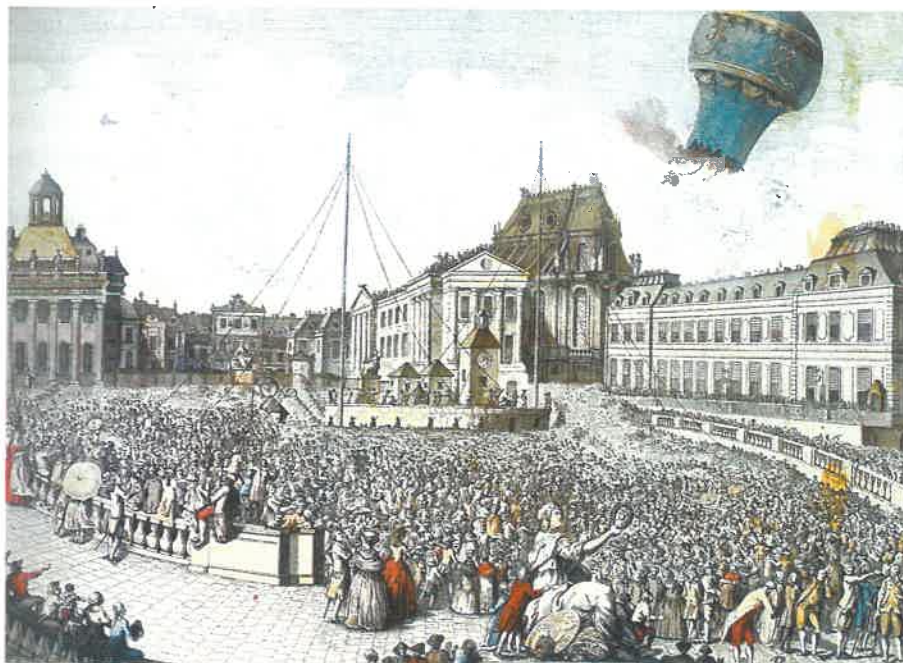


FIG. 2. – Envol de Charles et Robert, aux Tuileries à Paris, le 1^{er} décembre 1783, à bord d'un ballon gonflé à l'hydrogène



On appela ce gaz très léger « air inflammable » jusqu'en 1790, date à laquelle Antoine Laurent de Lavoisier lui donna le nom « d'hydrogène ». En effet, Lavoisier avait, avec Laplace et Monge, montré que la réaction de l'hydrogène avec l'oxygène de l'air produit de l'eau (expériences de 1783).

À l'époque, l'hydrogène avait aussi été appelé « gaz subtil » car il était très difficile à conserver dans une enveloppe, même revêtue d'un vernis. Pour ses ballons, Charles utilisa une enveloppe de soie, enduite d'une dissolution de caoutchouc avec des huiles siccatives.

Le passage des ballons au stade opérationnel intervint du fait de la Révolution française de 1789.

Le premier ballon militaire, « l'Entreprenant », fut réalisé en 1794. Son enveloppe était suffisamment robuste pour résister au vent : il s'agissait, en effet, d'un ballon captif, maintenu au-dessus du sol par des câbles, le long desquels deux observateurs, à bord du ballon, pouvaient faire descendre des sacoches contenant des messages (Fig.3). L'« Entreprenant » s'illustra à Maubeuge et surtout à Fleurus. Durant toute la bataille de Fleurus, qui dura dix heures, le Capitaine Coutelle et le Général Morlot surveillèrent les opérations militaires : pour la première fois au monde, une armée (l'armée française) était dirigée d'après des renseignements aériens.



FIG. 3. – Ballon captif à l'hydrogène, pour l'observation du champ de bataille en 1794

Les ballons militaires, fabriqués à partir de 1794 par l'atelier de Meudon, proche de Paris, étaient réalisés avec du taffetas de soie enduit d'un vernis mis au point par Coutelle et Nicolas Conté. Ce vernis devait conférer à l'enveloppe son étanchéité tout en lui conservant sa souplesse. Il ne devait pas produire de collage et être stable au vieillissement. Comme l'huile de lin devenait dure et cassante en vieillissant, il fallait la mélanger avec de l'hévée, de la glu et de la cire. L'enveloppe était ainsi enduite de plusieurs couches de vernis, à l'intérieur et à l'extérieur. Ces différentes couches augmentaient notablement le poids de l'enveloppe (qui atteignait 300 g/m^2), mais l'étanchéité des ballons de Meudon était telle qu'ils pouvaient rester gonflés à l'hydrogène au cours de leurs déplacements sur le théâtre des opérations militaires.

L'aérostation militaire, pour laquelle la France joua un rôle de pionnier au plan mondial, résultait de la conjonction entre :

- une découverte scientifique, celle de l'hydrogène ;
 - une innovation technique, celle de l'enveloppe légère, résistante et imperméable ;
 - un besoin militaire, celui de l'observation du champ de bataille ;
- ceci avec le soutien des dirigeants et de l'opinion publique dont l'enthousiasme avait été suscité dès 1783

par l'envol des montgolfières à air chaud et des premiers ballons à hydrogène du physicien Charles.

Ainsi, science, technologie, besoin opérationnel, intérêt de la Nation, tout avait convergé pour faire de la France la première puissance aérostatique au monde.

Mais cette innovation majeure ne convainquit pas Bonaparte qui démantela en 1799 le corps des aérostatiers. Tout acquis à la guerre de mouvement avec des unités très mobiles, il ne pouvait accepter les délais d'installation et de mise en œuvre à poste fixe des aérostats ainsi, d'ailleurs, que les contraintes opérationnelles liées aux conditions atmosphériques.

Ce fut pendant la guerre de Sécession en Amérique que les ballons reprirent du service, et ceci avec trois innovations supplémentaires :

- l'emploi du ballon en survol des troupes adverses (John La Mountain, en 1861) ;
- l'installation d'un équipement télégraphique à bord de la nacelle : Thaddeus Lowe, en 1861, put ainsi diriger à distance le tir de l'artillerie des Nordistes sur les forces des Confédérés ;
- l'utilisation de générateurs d'hydrogène déplaçables, ayant la capacité de gonfler des ballons de dimensions moyennes en moins de trois heures.

En France, l'aérostation revint au premier plan lors du siège de Paris : de septembre 1870 à janvier 1871, 66 ballons s'envolèrent pour transporter en province près de 10 tonnes de courrier. 58 vols furent réussis, dont celui de Léon Gambetta, qui eut lieu le 7 octobre 1870. À noter que, pour éviter le tir des canons prussiens, qui rendit très dangereux les vols au-dessous de 1000 m, il fut bientôt indispensable de voler la nuit.

Le rôle des ballons lors du siège de Paris eut un impact considérable. Des corps d'aérostatiers furent créés en Allemagne, en Autriche et en Grande-Bretagne, aussi bien qu'en France.

La technologie de l'aérostation fit ensuite de grands progrès. C'est ainsi qu'en Grande-Bretagne, J.L.B. Templer améliora :

- la technique de production de l'hydrogène : il remplaça la réaction chimique de l'acide sulfurique sur le zinc par l'électrolyse de l'eau. L'hydrogène obtenu par électrolyse était beaucoup plus pur et ne contenait pas de résidu d'acide sulfurique qui attaquaient l'enveloppe des ballons ;
- l'emploi opérationnel en stockant l'hydrogène, sous forme de gaz comprimé, dans des bouteilles cylindriques en acier ;
- la réalisation des enveloppes de ballon, en utilisant la peau des batteurs d'or, faite de paroi d'intestin de bœuf ; les enveloppes ainsi obtenues étaient plus imperméables à l'hydrogène que la soie revêtue de caoutchouc.

Tous ces progrès techniques firent, dès 1899, de l'aérostation militaire britannique une force opérationnelle de grande valeur. Elle fut utilisée lors de la guerre du Transvaal pour surveiller les positions des Boers et diriger les tirs d'artillerie des Britanniques.

En France, le succès des ballons postaux, durant le siège de Paris (succès obtenu malgré leur réalisation improvisée et rapide), avait montré la nécessité de disposer, en permanence, d'un corps d'aérostiers. Une commission des communications par voie aérienne fut chargée, en 1875, d'organiser :

- un service de pigeons-voyageurs ;
- un service de télégraphie optique ;
- un service d'aérostats.

Ce fut au capitaine du Génie Charles Renard qu'incomba l'étude scientifique des aérostats (ballons captifs et ballons libres). L'Établissement Central de l'Aérostation Militaire fut créé à Meudon, près de Paris. Il devint ainsi, en 1877, le premier laboratoire aéronautique au monde. Les aérostiers français prirent part aux campagnes du Tonkin (1884), de Madagascar (1895), de Chine (1900) et du Maroc (1909).

De nombreux pays étrangers s'équipèrent de matériel français. Des établissements analogues à celui de Meudon furent créés en Grande-Bretagne et en Allemagne.

1.1.2. Les dirigeables

Pour ne plus être à la merci des vents et pouvoir se rendre à des destinations précises, il fallait transformer les ballons en dirigeables. Écartons les projets chimériques d'adjoindre des voiles ou des ailes battantes aux ballons et reconnaissons à G. Meusnier le mérite d'avoir, le premier, conçu un ballon, en forme de cigare,

propulsé par trois hélices mues par une machine à vapeur. Meusnier avait, en outre, prévu d'installer, à l'intérieur de l'enveloppe principale, un ballonnet gonflé d'air sous pression, de façon à éviter le délestage d'hydrogène qu'exigeait le maintien en altitude. Ces idées très novatrices, soumises dès 1784 à l'Académie des Sciences, ne furent hélas pas exploitées faute, notamment, d'un moteur de puissance suffisante.

Ce fut un autre inventeur français, Henri Giffard, qui réalisa le premier dirigeable ; il était propulsé par une hélice tripale mue par une machine à vapeur de 3 CV. Son vol inaugural fut effectué le 24 septembre 1852, dans des conditions idéales d'absence de vent, à la vitesse de 8 km/h sur un parcours de 27 km (*Fig.4*). Mais la puissance motrice du dirigeable de Giffard était très insuffisante pour permettre le vol dans les conditions usuelles de vent.

En 1873, le Français Spiess conçut la formule du dirigeable rigide, concept qui fut repris ultérieurement par l'Allemand Von Zeppelin.

En 1884, Charles Renard, aidé d'Arthur Krebs, réalisa le dirigeable « La France ». Celui-ci effectua son premier vol le 9 août 1884 : il parcourut un circuit de 7,6 km à la vitesse moyenne de 23 km/h (aller retour Meudon-Villacoublay, près de Paris). Ce dirigeable comportait des ballonnets à l'intérieur de l'enveloppe externe. Il était équipé de gouvernes, pour la profondeur et pour la direction. Il était propulsé par une hélice entraînée par un moteur électrique de 8,5 CV. Son gros handicap était le poids de l'installation motrice (environ 100 kg/CV), du fait des batteries électriques.

En Allemagne, Karl Woelfert et Robert Knabe réalisèrent un dirigeable propulsé à l'aide d'un moteur à combustion interne, mais ils périrent lorsque, à une altitude voisine de 900 m, ils déclenchèrent un dégazage d'hydrogène qui provoqua l'incendie de leur dirigeable.

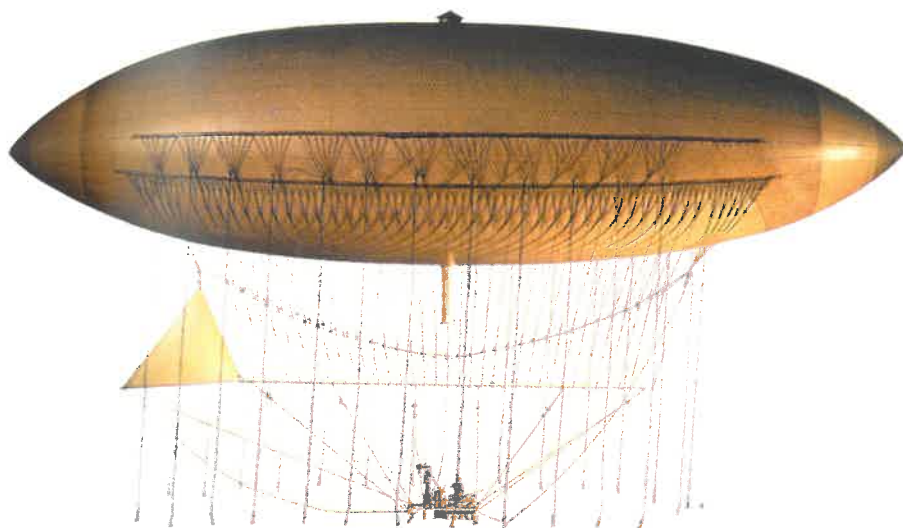


FIG. 4. – Dirigeable de Henri Giffard (1^{er} vol humain en dirigeable en 1852)

CHRONOLOGIE DES PROGRÈS TECHNIQUES ET

LES BALLONS

1783

21 Novembre : Premier vol humain : Pilâtre de Rozier et le marquis d'Arlandes, en montgolfière (à Paris).

1^{er} Décembre : Premier vol en ballon à hydrogène. J.A. Charles et A.Robert. (L'hydrogène est produit par réaction de l'acide sulfurique sur de la limaille de fer).

1785

7 Janvier : Première traversée aérienne de la Manche par J.P. Blanchard (à bord d'un ballon à hydrogène).

1793

23 Juillet : Lavoisier et Guyton de Morveau remettent au Comité de Salut Public un rapport attestant la réussite des essais de production d'hydrogène par réaction de la vapeur d'eau sur des rognures de fer chauffées au rouge (méthode permettant d'éviter l'emploi du soufre, importé d'Italie).

1794

29 Mars : Ascension de Joseph Coutelle à bord d'un ballon captif gonflé à l'hydrogène selon le procédé de Lavoisier.

2 Avril : Création de la première compagnie d'aéroliers, sous les ordres de Coutelle (à Meudon, près de Paris).

2 Juin : Première utilisation opérationnelle d'un aérostat, « l'Entreprenant », ballon captif au-dessus de Maubeuge.

21 Juin : Transfert de « l'Entreprenant », en vol captif, de Maubeuge à Charleroi. Quelques jours après, la garnison autrichienne de Charleroi capitule. « désespérant de cacher sa mauvaise situation à un ennemi possédant un pareil moyen d'observation ».

26 Juin : «L'Entreprenant » à Fleurus permet à Coutelle et au Général Morlot de dominer de 390 m le champ de bataille et de signaler les

déplacements des forces autrichiennes au Général Jourdan, qui les met en déroute. Le même jour, le Comité de Salut Public crée la deuxième compagnie d'aéroliers sous les ordres de Jacques-Nicolas Conté.

31 Octobre : Création à Meudon, de l'École d'Aérostation. Dirigée par Conté, elle est chargée de former soixante aéroliers. Conté rédige un cours détaillé sur la fabrication, le gonflement et l'emploi des ballons à hydrogène.

1861

Emploi opérationnel de ballons captifs et de ballons libres lors de la guerre de sécession des États-Unis. Les Nordistes utilisent des générateurs d'hydrogène déplaçables et capables de gonfler les ballons en moins de trois heures. Le 18 juin, Thaddeus Lowe, à bord du ballon captif "Enterprise", transmet au Président Lincoln le premier message télégraphique depuis un ballon.

1870 - 1871

Les 66 ballons du siège de Paris. Vol de 155 personnes, dont Léon Gambetta, transport de 10 t de courrier. "The Paris airlift caused most European powers to take note : aerial superiority would be of vital importance". L'Allemagne, l'Autriche, la Russie et la Grande-Bretagne créent des écoles d'aérostation et des corps d'aéroliers.

1875

Le capitaine Charles Renard est chargé de l'étude scientifique des aérostats (ballons captifs et ballons libres).

1877

Création, à Meudon, de l'Établissement Central de l'Aérostation Militaire. Dirigé par Charles Renard, cet établissement fut à l'origine des grands progrès français en matière de ballons, de dirigeables et d'avions.

OPÉRATIONNELS DES BALLONS ET DES DIRIGEABLES

1878

Début, en Grande-Bretagne, des travaux de J.L.B. Templer, qui apportent des innovations techniques concernant la production et le stockage de l'hydrogène, ainsi que l'étanchéité des ballons.

1884 - 1895 - 1900 - 1909

Participation d'aérostiers militaires français aux campagnes du Tonkin, de Madagascar, de Chine, du Maroc.

1890

18 Octobre : Dépôt, par Charles Renard, d'un brevet de production de l'hydrogène par électrolyse de l'eau. Renard installe, à Chalais-Meudon, le premier atelier d'électrolyse de l'eau au monde.

1899 - 1902

Utilisation de ballons britanniques lors de la guerre des Boers, au Transvaal. Les Britanniques mettent en œuvre quatre corps d'aérostiers qui observent sans discontinuer les positions adverses et dirigent les tirs d'artillerie.

À la fin du siècle dernier, l'aérostation est universellement reconnue comme un instrument majeur pour l'observation militaire. Les ballons d'observation sont très utilisés au cours de la guerre 1914 - 1918. Le ballon fuselé captif d'Albert Caquot est une remarquable innovation.

LES DIRIGEABLES

1852

24 Septembre : Premier vol humain en dirigeable (Henri Giffard).

1873

Le Français Spiess conçoit le dirigeable rigide.

1884

9 Août : Premier vol du dirigeable « La France » de Charles Renard et Arthur Krebs (propulsion par moteur électrique).

1898

Début de la réalisation, par Von Zeppelin, d'un dirigeable rigide avec une carcasse en aluminium et 17 ballons intérieurs. Il possède deux nacelles avec chacune un moteur thermique de 15 CV.

1902

Juillet : Vol inaugural du premier Zeppelin.

1902

Vol du dirigeable des frères Lebaudy avec carcasse en tubes d'acier.

1914

L'Allemagne dispose de 9 Zeppelins opérationnels.

Les dirigeables, pendant la guerre 1914 - 1918, s'avèrent plus efficaces pour l'observation, notamment des flottes adverses, que pour le bombardement.

1937

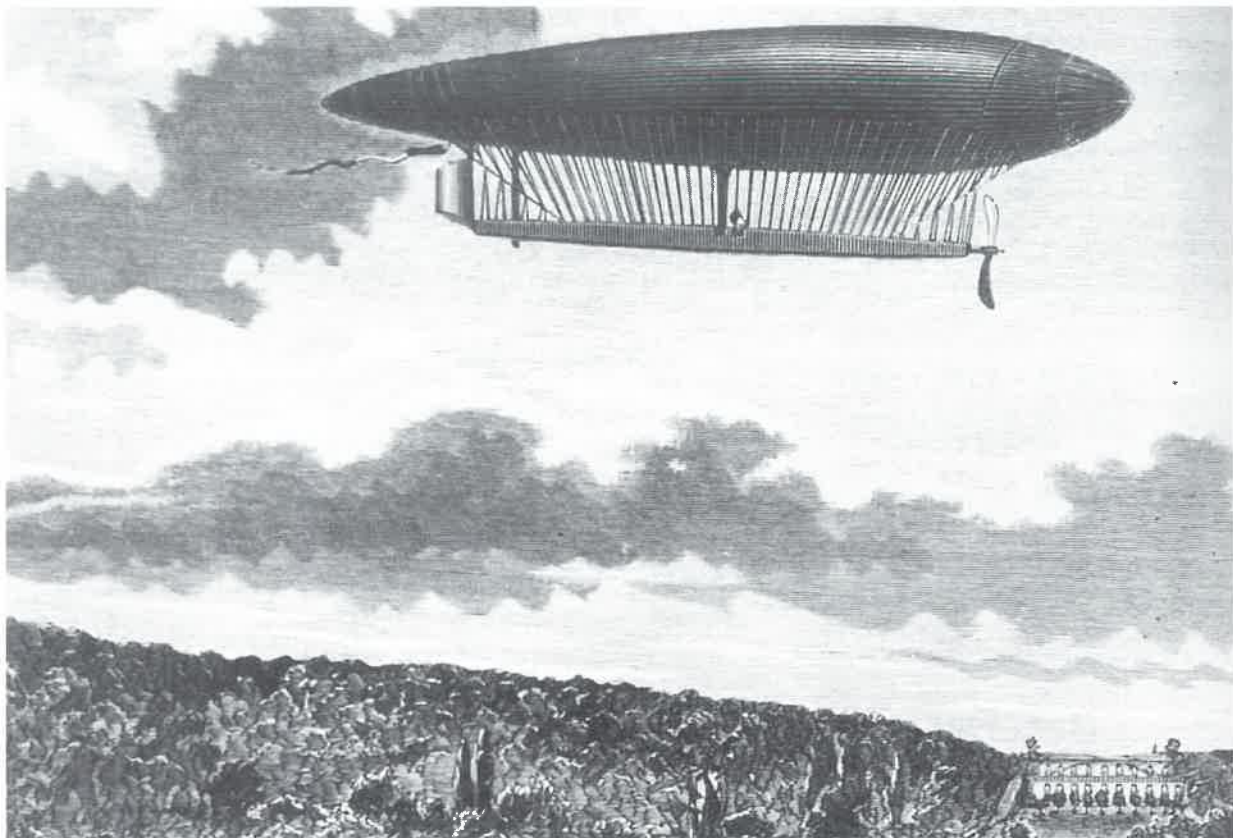
Le gros handicap reste jusqu'alors l'emploi de l'hydrogène.

Mais la catastrophe de l'Hindenburg, le 6 mai 1937, porte un coup fatal aux dirigeables gonflés à l'hydrogène. L'emploi de l'hélium s'impose.

1939 - 1945

Les petits dirigeables "blimps" sont utilisés pendant la seconde guerre mondiale, notamment pour la défense radar des États-Unis.

Évolution des dirigeables, de 1884 à 1942



Le dirigeable « La France » de Charles Renard et Arthur Krebs, survolant Meudon le 9 août 1884, au cours du premier vol au monde en circuit fermé



Dirigeable Zeppelin survolant la flotte allemande (1914)



Dirigeable "blimp" de l'US Navy (1942)

Ce fut Alberto Santos-Dumont qui démontra la capacité réelle des dirigeables à effectuer des parcours parfaitement contrôlés. Ses petits dirigeables propulsés par moteur à combustion interne émerveillèrent les Parisiens : son numéro 6 gagna le prix Deutsch de la Meurthe en partant de Saint-Cloud, en contournant la Tour Eiffel et en revenant à son point de départ en moins de 30 minutes. Avec le numéro 9, il survola les rues de Paris, à la hauteur des toits des immeubles. Son excellente manœuvrabilité était obtenue grâce à un gouvernail de direction placé derrière l'hélice, à l'arrière du véhicule.

Les frères Lebaudy firent voler, en 1902, un dirigeable ayant une carcasse métallique, en tubes d'acier, qui servait à la fois à maintenir la forme de l'enveloppe et à sustenter la nacelle. Pouvant atteindre une vitesse de 40 km/h, ce dirigeable fut le prototype d'une série de dirigeables militaires, en France et à l'étranger.

Mais, pour que le dirigeable ait une réelle utilité, il faut que ses dimensions permettent l'emport d'une charge notable sur une distance franchissable importante. C'est dans ce but que le comte Ferdinand Auguste Adolf Von Zeppelin commença, en 1898, la réalisation d'un dirigeable avec une carcasse en poutres d'aluminium (24 longerons solidarités par 16 cadres transversaux). Les 17 compartiments intérieurs de l'enveloppe étaient occupés, chacun, par un ballon en coton caoutchouté avec valve automatique à la partie inférieure. Quelques ballons étaient munis, à la partie supérieure, de valves pouvant être commandées depuis la nacelle. L'enveloppe extérieure du dirigeable était en coton imprégné de caoutchouc. Sa longueur était de 120 m. Deux nacelles portaient chacune un moteur Daimler pesant 400 kg et développant 15 CV. Le vol inaugural du premier Zeppelin eut lieu en 1902 et dura 15 minutes. Par la suite, malgré des échecs dus aux intempéries (destruction par la tempête, incendie dû à la foudre), les Zeppelins furent commandés par l'armée allemande et par la marine allemande qui, en 1914, disposaient respectivement de 8 et de 1 dirigeables. Au cours de la première guerre mondiale, de nombreux Zeppelins furent construits. L'armée allemande les utilisa pour des missions de bombardement : ils pouvaient larguer 1 tonne de bombes sur Paris ou sur Londres. La marine allemande les réserva à l'observation à distance lointaine des côtes.

Cependant, du fait des progrès des avions de chasse et des canons antiaériens, les Zeppelins devaient effectuer les vols de nuit et à des altitudes de plus en plus grandes. Ceci réduisait la charge utile et diminuait l'efficacité du bombardement. Les pertes devinrent de plus en plus lourdes, notamment au cours des raids allemands sur Londres. Le raid désastreux du 2 sep-

tembre 1916 marqua la fin de l'emploi offensif des dirigeables de l'armée allemande. La marine allemande fit réaliser des dirigeables pouvant voler à des altitudes allant jusqu'à 6000 m, ce qui les rendait invulnérables aux dispositifs antiaériens des navires britanniques. Mais leur vitesse opérationnelle était faible en raison de l'importance des vents en altitude. Les équipages devaient supporter le froid et la raréfaction de l'air pendant des vols de longue durée.

En fait, au cours de la guerre 1914-1918, les Zeppelins s'avèrent moins intéressants pour le bombardement que pour l'observation des flottes adverses.

Sur le front terrestre, la France utilisa de petits dirigeables, mais leur vulnérabilité à la défense antiaérienne allemande les fit retirer du service dès 1916.

C'est pour les missions de patrouille maritime, à proximité des côtes et en escorte des convois, que les dirigeables britanniques, puis américains, connurent leurs plus grands succès. Ils furent encore utilisés lors de la 2^e guerre mondiale : les "blimps", petits dirigeables de reconnaissance et d'alerte (gonflés à l'hélium) contribuèrent ultérieurement à la défense radar des États-Unis.

Le gros handicap des dirigeables fut, pendant longtemps, le risque d'incendie dû à l'utilisation de l'hydrogène. Au cours des années 30, les Zeppelins furent utilisés par les Allemands pour le transport de passagers sur une ligne transatlantique. Mais, le 6 mai 1937, le dirigeable « Hindenburg » prit feu à son atterrissage à Lakehurst, près de New-York. Cette catastrophe porta un coup fatal aux dirigeables gonflés à l'hydrogène. Dorénavant, l'emploi de l'hélium (qui était beaucoup plus disponible aux États-Unis qu'en Europe) s'imposa.

1.1.3. La transition vers l'aviation

L'enthousiasme français pour les ballons qui existait en 1783 était quelque peu retombé vers 1860. À cette époque, un grand mouvement en faveur du plus lourd que l'air anima toute une génération. Parmi les plus ardents propagandistes, figurait le célèbre photographe Félix Tournachon, dit Nadar. Celui-ci fonda en 1863 un journal intitulé « L'Aéronaute » et le tira à 100.000 exemplaires. Le premier numéro de ce journal comportait, en préambule, un véritable manifeste :

« Vouloir lutter contre l'air en étant plus léger que l'air, c'est folie : on ne s'appuie que sur ce qui résiste. L'air nous fournit cette résistance, l'air qui renverse les murailles, déracine les arbres centenaires, fait remonter par les navires les plus impétueux courants. C'est l'hélice qui nous emportera dans l'air... »

CHALAIS-MEUDON, CENTRE D'AÉROSTATION MILITAIRE

Charles Renard (1847 - 1905)

Officier du Génie, il rédige, en 1872, un mémoire sur la sustentation des appareils plus lourds que l'air, avec une étude de la mécanique applicable aussi bien au planeur qu'à « l'aéroplane à moteur ».

En 1877, le Capitaine Renard est nommé directeur de l'Établissement Central de l'Aérostation Militaire, qu'il installe à Chalais-Meudon. Il perfectionne les soupapes des ballons d'observation et met au point une suspension maintenant la nacelle horizontale. Il améliore le dispositif d'enroulement des câbles, et obtient une vitesse d'ascension de 1,5 m/s et une vitesse de descente de 2 m/s. En 1879, le Ministre de la Guerre décide de créer huit parcs d'aérostation de campagne. Étant ainsi parvenu à créer une force d'aérostation opérationnelle pour l'observation, Charles Renard consacre une part croissante de son activité, aux dirigeables, en étroite collaboration avec son adjoint, Arthur Krebs.

Grâce à la parfaite entente entre Renard et Krebs, ainsi qu'à leur complémentarité, le dirigeable « La France » obtient un immense succès. Le 9 août 1884, Renard et Krebs effectuent le premier vol, au monde, d'un dirigeable en circuit fermé. Cependant, sa vitesse, 20 à 25 km/h, est insuffisante pour le rendre indépendant de la météorologie. Renard est conscient du fait que l'avenir du dirigeable est lié à la réalisation d'une installation motrice plus puissante et plus légère que celle constituée par un accumulateur et un moteur électrique. Il s'oriente alors vers les moteurs à explosion : il réalise, en 1888, un moteur de 100 CV pesant 4 à 5 kg/CV. EN 1896, il construit un moteur à vapeur de 300 CV, avec aérocondenseur.

La créativité de Charles Renard le conduit à réaliser un ensemble de véhicules articulés dont toutes les roues sont motrices et entraînées par un moteur unique monté sur le véhicule de tête. Cette invention fut exploitée en France et à l'étranger, pour des besoins militaires et des besoins civils.

Mais c'est par l'aviation que Charles Renard reste profondément attiré. À partir de 1888, il entreprend des essais d'aérodynamique à l'aide de balances dynamométriques.

Il réalise un « tunnel aérodynamique » (qu'il est le premier à appeler ainsi) et conçoit un « moulinet aérodynamique » pour mesurer la caractéristique couple-vitesse des moteurs. En 1888, il réalise une balance dynamométrique double pour l'essai des hélices dont il envisage l'emploi non

seulement pour les avions, mais pour les hélicoptères. En 1904, il expérimente deux modèles réduits d'hélicoptère, d'un poids de 25 kg, mus par des moteurs de 3 à 5 CV. Renard imagine un appareil combiné hélicoptère-aéroplane, qu'il baptise « hélico-aéroplane », pour effectuer le décollage et l'atterrissage à la verticale.

Associant constamment l'étude théorique, l'expérimentation au sol et l'essai en vol, Charles Renard est le grand fondateur de la technique de l'aérostation et de l'aéronautique. Sa compétence fut sans cesse approfondie et élargie par une puissance de travail considérable. Il savait communiquer son enthousiasme et sa créativité à ses collaborateurs qui, à tous les niveaux, lui étaient très attachés. Évoquons les principaux assistants de Charles Renard qui ont contribué d'une façon éminente, il y a cent ans, au rayonnement national, puis international de Chalais-Meudon.

Arthur Krebs (1850 - 1935)

Aussi froid que Renard est enthousiaste, Arthur Krebs se défend d'être un inventeur. Dans les travaux dont il est chargé, il ne donne aucune part à l'imagination et base tous ses calculs sur des valeurs vérifiées par l'expérience. C'est ainsi qu'il étudie la forme à donner au ballon dirigeable, en tirant une maquette dans l'eau : il est en effet convaincu que le dirigeable doit voler dans l'air comme un poisson nage dans l'eau. Par ailleurs, il réalise le moteur électrique, l'hélice et le gouvernail du futur dirigeable « La France ». Renard, de son côté, étudie la stabilité longitudinale du dirigeable, la nacelle et l'accumulateur électrique.

Jean-Baptiste Émile Dorand (1866 - 1922)

Capitaine du Génie, il est affecté à l'Établissement de Chalais-Meudon en 1894 et prend part en 1895 à la campagne de Madagascar, avec les troupes d'aérostation. En 1904, à Chalais-Meudon, il établit une théorie de l'aéroplane et de l'hélicoptère. En 1907, il expérimente un « cerf-volant dirigeable », sorte de grand cerf-volant libre propulsé par une hélice mue par un moteur à explosion. Poursuivant les travaux de Charles Renard sur les hélices, il en étudie les lois de similitude et les vérifie sur un wagon circulant sur une voie ferrée installée à Chalais-Meudon.

ET BERCEAU DE L'AÉRONAUTIQUE EN FRANCE

Ferdinand Ferber (1862 - 1909)

À sa sortie de l'École Polytechnique en 1884, Ferdinand Ferber devient officier d'artillerie. Il découvre en 1896 les travaux d'Otto Lilienthal et sa méthode progressive destinée à la réussite du vol humain. Dès 1898, Ferber construit des modèles réduits de planeurs, puis des appareils plus grands, à bord desquels il tente de se lancer. En 1901, Ferber entre en relations avec Chanute, qui a perfectionné le planeur de Lilienthal en le dotant d'une queue pour le stabiliser. C'est aussi Chanute qui a inventé le biplan ; c'est surtout lui qui mit en rapport Ferber avec les frères Wright. En 1902, Ferber construit et essaie, à Nice, un planeur biplan avec gouverne de profondeur à l'avant, selon la disposition adoptée par les frères Wright.

Le colonel Renard obtient l'affectation du Capitaine Ferber à Chalais-Meudon en juillet 1904, et lui confie la direction du laboratoire aéronautique. Cette affectation est une chance magnifique pour Ferber qui peut de cette façon bénéficier de l'acquis technique du centre de Chalais. C'est ainsi qu'il adopte, comme matériau de base, le bambou retenu pour la nacelle du dirigeable « La France ». Il dote son appareil de roues. Il conçoit un dispositif de lancement avec un chariot glissant le long d'un câble qui libère le planeur, à 10 m/s. 260 vols permettent de parvenir à une définition du planeur, qui se montre très stable grâce aux valeurs correctes :

- du dièdre (dont Ferber a découvert l'intérêt en matière de stabilité latérale) : la valeur retenue est d'environ 3 degrés ;
- du centrage (vers 30 % de la corde) ;
- du plan horizontal fixe de queue, calé à incidence négative ;
- de la dérive arrière.

Sur tous ces points, Ferber est en avance sur les frères Wright. Ferber est aussi le premier à avoir mesuré la trajectoire et l'orientation du planeur au cours du vol.

Le 27 mai 1905, Ferber réalise un vol sur un appareil équipé d'un groupe motopropulseur constitué par un moteur Buchet 6 CV entraînant deux hélices contrarotatives. C'est le premier vol en Europe d'un aéroplane à moteur, parfaitement stable et contrôlé.

Ferber traversa, en juillet 1908, le terrain d'Issy-lès-Moulineaux (vol de 700 m) avec son n°9, équipé d'un moteur 50 CV Levavasseur et réalisé par la société Antoinette.

Ferber se dépensa sans compter pour promouvoir l'aviation et ceci sans rechercher son propre intérêt (dès 1906, il avait recommandé au

Ministre de la Guerre d'acheter la licence des frères Wright). Pour se procurer les fonds nécessaires à ses propres travaux, Ferber se produisit dans des meetings aériens. Ce fut au cours de l'un d'eux qu'il trouva la mort le 22 septembre 1909. Ainsi disparaissait un acteur essentiel de la naissance de l'aviation en France.

Jacques Saconney (1874 - 1935)

Ce capitaine du Génie établit, de 1904 à 1907, une théorie des cerfs-volants en vue de réaliser des prises de vue photographiques. En 1910, il réussit à élever à 100 m de haut un observateur à l'aide d'un train de cerfs-volants. En 1912, il crée une section automobile de photographie aérienne utilisant des cerfs-volants à l'aide de treuils d'un modèle nouveau.

Albert Étévé (1880 - 1976)

Le lieutenant Étévé participe à la campagne du Maroc comme observateur en ballon captif. Lors des ascensions qu'il effectue en dirigeable à Chalais-Meudon en 1909, il constate des angles de tangage excessifs. Ce défaut est aussi reproché à l'aéroplane que W. Wright fait voler en France à cette époque. Albert Étévé conçoit alors un dispositif automatique de stabilisation, il l'essaye sur une maquette dans la petite soufflerie de Charles Renard. Ce dispositif est ensuite installé sur le premier aéroplane commandé par la France aux frères Wright. Le capitaine Albert Étévé l'essaye lui-même sur biplan Wright en 1910 à Villacoublay, annexe de Meudon.

Albert Étévé est surtout connu pour son indicateur de vitesse, constitué par une plaque mobile autour d'un axe vertical : sous l'effet de la pression dynamique due à l'écoulement, cette plaque, également soumise à l'action d'un ressort antagoniste, se déplace d'un angle proportionnel au carré de la vitesse par rapport à l'air. Rendu réglementaire à bord de tous les avions militaires en 1911, l'indicateur de vitesse Étévé permit de sauver de nombreux pilotes qui, sans cet appareil, auraient été victimes de décrochage à basse altitude. « Excellent officier, remarquable pilote, brillant ingénieur » (appréciation émanant du Général Roques, chef de l'aviation de 1910 à 1912), Albert Étévé améliora les tourelles de mitrailleuses des avions français et de certains avions alliés pendant la première guerre mondiale. Il fut chargé du contrôle des travaux des constructeurs au Service des fabrications de l'aviation (1914-1916) puis à la Section technique de l'aéronautique (1916-1918) sous les ordres du commandant Albert Caquot.

Rappelons que Nadar servit de modèle à Jules Verne quand il conçut le personnage de Michel Ardan s'enfermant dans un boulet pour aller « de la Terre à la Lune ».

Mais pour passer du rêve du plus léger que l'air à la réalité, il fallait développer une nouvelle science : l'aérodynamique. Il fallait aussi disposer d'un dispositif de propulsion efficace, puissant, léger et fiable.

Loin d'opposer aérostation et aviation, on peut considérer qu'il y eut une transition bénéfique entre les deux avec les dirigeables, qui impliquaient une certaine connaissance de l'aérodynamique et exigeaient des moteurs puissants et légers ainsi que des hélices efficaces.

À cet égard, la carrière de Charles Renard est significative. À sa sortie de l'École Polytechnique en 1868, Charles Renard opta pour l'arme du Génie.

Profondément meurtri par la défaite de la France en 1871, il était convaincu de la nécessité de créer une arme aérienne. En 1872, il rédigea un mémoire sur les véhicules plus lourds que l'air. Ce mémoire comportait une théorie du planeur et de l'aéroplane à moteur. En 1874, il effectua, avec Alphonse Penaud, des expériences sur la résistance de l'air, sous la coupole de la chapelle du Val-de-Grâce, à Paris.

Mais les responsabilités qui lui furent confiées, à partir de 1875, en ce qui concerne les aérostats, amenèrent Charles Renard à leur consacrer tous ses efforts. Il réalisa les éléments nécessaires à la reconstitution des corps d'aérostats français, équipés de ballons. En 1890, il créa, à Chalais-Meudon, l'important centre de recherche et de réalisation, où il développa les dirigeables. Mais il restait convaincu que l'avenir était au plus lourd que l'air. Charles Renard avait lancé, dès 1888, des études aérodynamiques à l'aide de balances dynamométriques. En 1895, il mit en œuvre un tunnel aérodynamique (qu'il fut le premier à dénommer ainsi). Il conçut un dispositif d'essais, dit « moulinet aérodynamique » pour mesurer la puissance des moteurs, et une balance dynamométrique pour l'étude des hélices. Ainsi, petit à petit, Charles Renard mettait en place les méthodes et les moyens qui allaient faire progresser l'aéronautique.

Le tournant décisif vers l'Aéronautique fut, pour le Centre de Chalais-Meudon, l'arrivée en 1904 du Capitaine d'artillerie Ferdinand Ferber. Charles Renard l'y fit venir pour qu'il poursuive les expériences sur les planeurs et les aéroplanes qu'il menait depuis 1898. L'action de Charles Renard en faveur de l'aéronautique s'étendit aux appareils à voilure tournante. En 1904, il expérimenta deux hélicoptères de 25 kg, équipés de moteurs de 3 à 5 CV. Charles Renard envisagea aussi un appareil combiné, permettant de décoller et d'atterrir verticalement et de voler horizontalement, appareil qu'il baptisa « hélico-aéroplane ».

L'Ingénieur Général Albert Caquot a dit : « Charles Renard était, avant tout, ingénieur militaire. Il pensait que, pour coopérer avec l'armée, l'aéroplane devait pouvoir partir de tout terrain. C'est pourquoi il étudiait la solution de l'hélico-aéroplane qui s'élèverait du sol grâce aux hélices horizontales et utiliserait ensuite le vol, plus économique, des ailes de l'aéroplane ».

Ainsi, Charles Renard est-il bien une personnalité unique, qui a favorisé la transition de l'aérostation à l'aviation. L'hommage d'Albert Caquot est amplement mérité. D'ailleurs, c'est un hommage exprimé par un éminent spécialiste des deux domaines. Rappelons que, en 1914, le lieutenant d'aérostats Albert Caquot, constatant les difficultés rencontrées par les observateurs à bord de ballons sphériques, conçut un ballon fuselé utilisable pour des vitesses de vent pouvant atteindre 90 km/h. Celui-ci fut adopté, dès 1915, comme ballon captif d'observation par les armées et marines françaises et alliées, notamment par la British Navy (Fig. 6). Nommé, en 1928, directeur général technique du premier Ministère de l'Air français, Albert Caquot y créa un service des recherches, stimula la recherche aéronautique dans les universités, lança l'étude de nombreux prototypes d'avions militaires, organisa la production en série et les essais en vol.

Des hommes comme Charles Renard et Albert Caquot firent accomplir des progrès considérables à l'aérostation, puis à l'aviation. Bien que très différentes dans leur principe comme dans leur réalisation, ces deux disciplines doivent être considérées non pas en opposition, mais en conjonction, comme l'avait prédit Victor Hugo, en voyant un ballon survoler le Champ de Mars à Paris : « ce ballon est un œuf d'où naîtra un poussin qui s'envolera dans le ciel ».



Fig. 6. – Ballon fuselé captif conçu par Albert Caquot et destiné à l'observation pour l'armée et la marine