



# L'exploit inégalé

## d'Audouin Dollfus

Le 22 avril 1959, il y a cinquante ans exactement, Audouin Dollfus atteignait l'altitude record de 14 000 m à bord d'un dispositif ascensionnel ingénieux dont il était l'inventeur. L'altitude atteinte, qui était déjà en soi une performance remarquable, avait pour finalité de permettre des observations astronomiques dans la haute atmosphère. À cette époque l'industrie spatiale n'existait pas encore, et encore moins les satellites dédiés à l'observation astronomique.

Audouin Dollfus est astronome et aéronaute. Son père, Charles Dollfus, qui fut le créateur du musée de l'aéronautique, devenu musée de l'Air et de l'Espace, était déjà un aéronaute de grand talent. Il avait conduit de nombreux vols audacieux en ballon et, tout naturellement, son fils Audouin avait hérité de cette passion. Mais, très jeune, une autre passion était née chez Audouin, l'astronomie, « l'envie de comprendre l'Univers » comme il le dit lui-même. C'est au pic du Midi, aux côtés de Bernard Lyot, que sa vocation d'astronome s'est confirmée avec pour thème d'études le Soleil et les planètes. Aller plus haut encore pour « voir » mieux était donc une entreprise logique, mais qui ne manquait pas d'audace.

Audouin Dollfus, grand observateur et bricoleur génial, tel est le personnage révélé par cet entretien que *l'Astronomie* publie aujourd'hui, à l'occasion du cinquantenaire de ce grand exploit.

M.-C. P.

### Audouin Dollfus, pourquoi des observations en ballon ?

– L'observation astronomique en ballon est venue des recherches que nous développons sur les planètes depuis 1946 aux observatoires de Meudon et du Pic du Midi. Nous voulions préciser les conditions physiques régnant à la surface des corps planétaires. Nous pouvions le faire avec la puissante lunette du Pic du Midi, par l'emploi des forts grossissements, de la photographie, de la micrométrie, de la photométrie, de la polarimétrie. Sur Mars, en particulier, nous cherchions à déceler la présence d'une vie possible à la surface de l'astre. Il apparut, par l'analyse des propriétés de la lumière, qu'une vie ne pouvait y être que sous la forme de petits grains ou des microbes. Des formations plus développées ne produisaient pas les effets optiques que nous observions au télescope. Mais, pour qu'une telle vie puisse exister, la présence de l'eau est indispensable. Une absence totale d'eau ne permettrait aucune manifestation de la vie telle que nous la comprenons. D'où l'importance de rechercher la présence de l'eau sur la planète. Le problème de l'eau se posait aussi pour Vénus, mais de façon différente, afin d'identifier la nature de ses nuages.

### Que savait-on alors de la présence d'eau sur les planètes ?

– On avait essayé de détecter de l'eau en examinant le spectre de la lumière renvoyée par les planètes. L'eau entraîne la présence de vapeur dans l'atmosphère planétaire et celle-ci se traduit par des bandes d'absorption spectrales caractéristiques. Plusieurs astronomes avaient tenté la chose. Mais, en visant une planète, les bandes spectrales de la vapeur d'eau que l'on observe sont produites par l'eau dans l'atmosphère terrestre et elles masquent celles produites par la planète. Jules Janssen, dès



1867, avait cherché à observer depuis des montagnes élevées, pour diminuer l'effet de l'eau terrestre. Il avait comparé visuellement les spectres de Mars et de la Lune au sommet de l'Etna et cru déceler l'eau sur la planète. Il avait renouvelé l'expérience au sommet du mont Blanc en 1899. Mais les photographies ultérieures n'ont pas confirmé le résultat. La tentative de Very à l'observatoire Lowell en 1909, celle de Adams et Dunham au Mont Wilson en 1934, celle plus tardive de Kiess en 1957 et d'autres ont seulement prouvé que la quantité d'eau sur Mars devait être très faible. D'où l'idée de monter plus haut que les montagnes et d'observer avec un télescope depuis la nacelle d'un ballon.

**Mais un ballon est très instable, un télescope très encombrant !** – Il fallait un télescope compact, mobile, très léger (fig. 1). Son miroir, à très court foyer, mesurait 50 cm de diamètre. La combinaison Cassegrain donnait une longueur focale de 3,5 m. L'instrument était fixé verticalement au-dessus de la cabine étanche servant d'habitacle à l'observateur. Il pointait vers le bas sur un miroir plan mobile autour de deux axes, lequel renvoyait la lumière de l'astre visé dans le télescope. Ce miroir plan était commandé par deux manettes depuis l'intérieur de la cabine.

**1. Le télescope fixé au-dessus de la cabine étanche.**

**Était-il possible de pointer la planète avec une précision suffisante ?**

– Pas question évidemment, depuis un aérostat, d'amener l'astre sur la fente très étroite d'un spectroscopie. Il fallait imaginer un moyen d'utiliser un champ beaucoup plus grand. J'ai remplacé le spectroscopie par un dispositif optique préservant une large surface d'entrée. J'avais appris avec Bernard Lyot à maîtriser la technique des filtres polarisants. Il s'agit d'une combinaison de lames en quartz et de prismes en spath dont l'assemblage constitue un filtre optique ne trans-

mettant qu'un intervalle spectral très étroit. J'ai donc construit un tel filtre et je l'ai réglé afin qu'il isole la forte bande d'absorption de la vapeur d'eau à la longueur d'onde  $1,4 \mu\text{m}$  dans l'infrarouge (fig. 2). Derrière le filtre, une lentille concentrait la lumière sur une cellule photoélectrique sensible à l'infrarouge, avec cathode au sulfure de plomb d'un modèle particulier qu'André Lallemand avait bien voulu faire réaliser spécialement. La cellule était suivie d'un amplificateur alimentant un microampèremètre. Ainsi, il suffisait que l'image de l'astre tombe sur la surface du filtre, laquelle mesure 3 cm de diamètre, pour que le récepteur donne un signal proportionnel à l'intensité dans le spectre. Plus précisément, un dispositif optique permet-

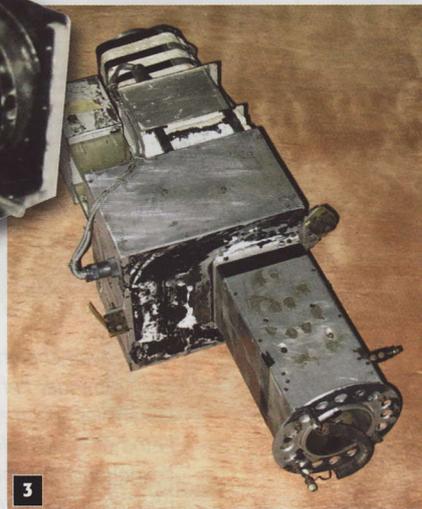


2

cer rapidement le domaine spectral isolé par le filtre pour l'amener en dehors de la bande caractéristique de l'eau. Un mécanisme alternait rapidement les deux combinaisons vingt fois par seconde. La différence entre les deux flux alternés donnait alors la valeur exacte de l'absorption par la vapeur d'eau.

**Comment concilier ce pointage délicat avec les mouvements du ballon ?** – Il n'était pas nécessaire que la planète reste pointée en permanence sur la surface du filtre. J'avais ajouté dans le filtre un dispositif optique produisant une bande d'absorption inverse de celle produite par la vapeur d'eau. En agissant sur cet organe, je pouvais compenser exactement le signal donné par l'astre en ramenant

l'aiguille du microampèremètre à zéro. De plus, l'appareil à aiguille était monté en fluxmètre, c'est-à-dire qu'il donnait une déviation proportionnelle au temps. Ainsi, en prolongeant la visée, l'aiguille déviait de plus en plus, ce qui accroissait la sensibilité. On agissait sur le compensateur pour l'arrêter. Lorsque la compensation était exactement ajustée, l'aiguille devait rester au zéro aussi longtemps que durait l'observation. Dès lors, avec ce spectrophotomètre polarisant (fig. 3), lorsque la planète sortait du champ de l'instrument, l'aiguille s'arrêtait de dévier. En la ramenant dans le champ, la déviation reprenait. Je pouvais alors jouer avec le télescope,

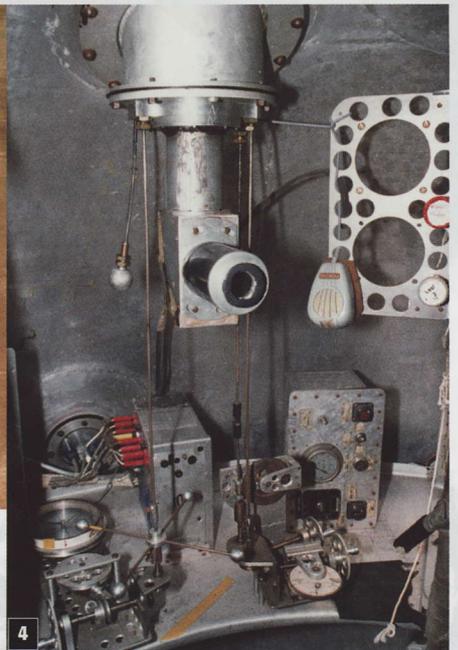


3

chercher à maintenir l'astre dans le champ aussi souvent et longtemps que possible, malgré les mouvements d'oscillation et de rotation du ballon. Les déviations de l'aiguille, ainsi cumulées, indiquaient dans quel sens rectifier le réglage du compensateur. Je reprenais avec ce réglage amélioré jusqu'à obtenir une déviation nulle en permanence.

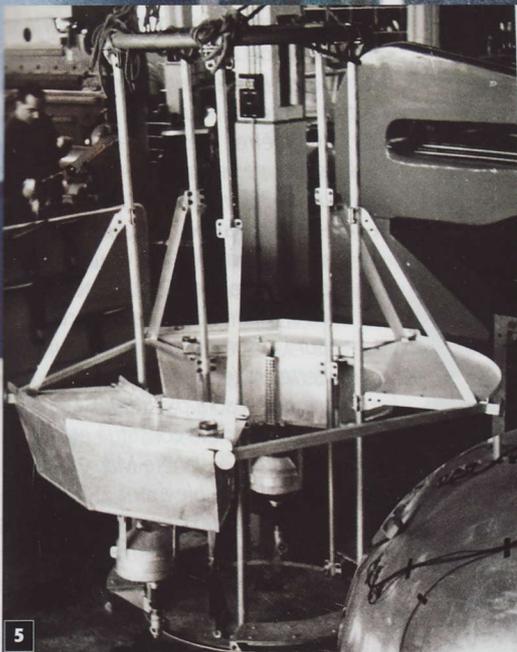
### Comment procédiez-vous pour réaliser l'observation ? Il fallait une grande adresse.

– Dans l'intérieur de la cabine étanche, j'agissais en position assise. J'avais devant moi l'oculaire du périscope reprenant l'image donnée par le télescope (fig. 4). Je voyais la région du ciel visée sur un champ couvrant  $3^\circ$  de diamètre. En son centre, un réticule définissait un cercle de  $0,5^\circ$  de diamètre correspondant à l'emplacement couvert par le filtre. Il fallait donc amener l'astre à se positionner dans ce cercle. J'avais pour cela une manette dans chaque main. Avec la gauche, je pouvais agir sur l'azimut et avec la droite sur la hauteur. Pour trouver l'astre, je connaissais ses coordonnées célestes. La manette de droite actionnait



4

8. Gonflement de douze ballons dilatables Delacoste à l'observatoire de Meudon le 27 juin 1956. Leur assemblage en un chapelet vertical de près de 100 m de hauteur emportera une charge instrumentale de 45 kg à 27 000 mètres d'altitude.



5 un cadran gradué sur lequel j'affichais la hauteur. Avec la main gauche, j'ajustais l'azimut par rapport à l'aiguille d'une grande boussole couplée avec la position du télescope. Il fallait balayer un peu, l'astre traversait le champ de l'oculaire comme un trait de lumière, je le ramenais plus doucement, puis, par action des deux mains, je cherchais à l'amener délicatement dans le cercle central. Il fallait ensuite essayer de l'y maintenir aussi longtemps que possible.

**Parlez-nous de cette cabine étanche dans laquelle vous étiez enfermé ?**

– Le but de cette cabine étanche était de me protéger contre le froid et le vide extérieur. J'ai eu déjà l'occasion de la décrire dans la revue l'Astronomie en 1959. J'avais conçu cette cabine étanche avec le professeur suisse Auguste Piccard, qui, le premier, avait réalisé des vols à grande altitude en 1931 et 1932. Cette cabine préfigurait la capsule spatiale de Gagarine ; sphérique et de diamètre comparable, mais beaucoup plus légère, sa paroi en alliage d'aluminium ne mesurait que 1,2 mm d'épaisseur, valeur calculée suffisante pour résister à la pression atmosphérique. L'air était régénéré à l'intérieur en circuit fermé. Ce chef-d'œuvre de réalisation du Centre technique de l'aluminium ne pesait que 42 kg (fig. 5, 6 et 7). La cabine surmontée par le télescope est conservée au musée de l'Air et de l'Espace du Bourget, où elle est présentée à l'entrée de la galerie de l'Espace.

**Quel type de ballon fallait-il prévoir pour atteindre une grande altitude ?**

– Un ballon ordinaire ne pouvait suffire. Les nouvelles enveloppes en fines feuilles de matière plastique dont les États-Unis faisaient alors les premiers essais se révélaient trop fragiles. Les



6 déchirures en vol étaient fréquentes, un danger auquel je ne voulais exposer ni l'astronome ni l'observation que je voulais réussir. À cette époque, la Météorologie nationale envoyait des appareils enregistreurs légers dans la haute atmosphère à l'aide de petits ballons-sondes en caoutchouc. En montant, ces ballons élastiques se dilataient par la raréfaction de l'air. Ils augmentaient de volume jusqu'à éclater ; la charge redescendait alors sous parachute. Une société anglaise produisait des ballons "Béritex", plus gros, capables de porter des charges jusqu'à 10 kg. Mesurant près de 3 m de diamètre au départ, l'enveloppe se dilatait en montant jusqu'à atteindre près de 10 m au moment de l'éclatement. Pour disposer de la force ascensionnelle nécessaire pour emporter la nacelle, son télescope et l'observateur – un poids total de 450 kg – il fallait une centaine de ballons. Au départ, la montée est franche ; avec l'altitude les ballons les plus faibles commencent à éclater les premiers, ce qui ralentit l'ascension. D'autres éclatent encore, la montée s'arrête et l'ensemble se stabilise de lui-même en altitude. Le largage intentionnel de quelques ballons entraîne une descente freinée par l'ensemble des ballons restants. L'observateur est transporté dans la haute atmosphère sans préoccupation de pilotage. Sa concentration peut se porter entièrement sur le seul problème de l'observation au télescope.

**Avez-vous dû effectuer des essais ? combien ?**

– Le dispositif des ballons était complètement nouveau, aussi il a fallu faire des essais graduels. J'ai eu pour cela le concours du service technique de l'Aéronautique que dirigeait le colonel Munnich, et celui du Comité d'action scientifique de la Défense nationale avec le colonel Genty. Les ballons ont d'abord été étudiés isolément, au sol en les gonflant jusqu'à éclatement dans l'ancien hangar à dirigeable dit Hangar Y de Meudon. J'ai essayé ensuite un



7 2. Le filtre polarisant du spectrophotomètre, isolant la bande spectrale de la vapeur d'eau. 3. Le spectrophotomètre polarisant pour la mesure de la vapeur d'eau. En avant, le boîtier du filtre polarisant. Au centre, l'organe modulateur alternant vingt fois par seconde la forme de la bande transmise par le filtre. En arrière, le boîtier de la cellule photoélectrique à sulfure de plomb refroidie par de la carboglace, avec son pré-amplificateur. 4. L'observation depuis l'intérieur de la cabine étanche. Au centre, l'oculaire du télescope. Sur la tablette, à droite, la manivelle d'action en hauteur. A gauche, la manivelle d'action en azimut avec quatre tiges en croix. Derrière, la grande boussole magnétique tournant avec le télescope pour le repérage de l'azimut. Au fond, les amplificateurs (le microampèremètre intégrateur placé sous l'oculaire a été démonté). En haut à droite, le panneau des organes de pilotage du ballon, altimètre et variomètre, démontés. 5. Structure de l'intérieur de la cabine. Cinq tiges verticales soutiennent un plancher circulaire de 80 cm de diamètre portant toute la charge. Deux bacs à lest liquide de 75 litres chacun, en magnésium, débouchent dans deux récipients à double robinets pour la vidange. Une tablette est fixée à droite. Toute la structure est entourée par la sphère métallique étanche qui ne porte aucune charge. 6. La sphère étanche de 1,8 m de diamètre enveloppant la structure intérieure. La paroi en alliage d'aluminium de 1,2 mm d'épaisseur supporte toute la pression de l'air. Elle comprend un trou d'homme, des petits hublots de 10 cm de diamètre et une ouverture pour l'entrée de la lumière provenant du télescope. Réalisation par le Centre technique de l'aluminium, dépendant de Pechinay. 7. La cabine étanche surmontée par le télescope, en état de vol le 22 avril 1959. Toute la sphère est enveloppée d'une couche de polystyrène expansé pour la protection thermique. On distingue le trou d'homme, la corde guiderope pour l'atterrissage, des batteries électriques largables par parachute.

groupement en chapelet de 12 ballons Delacoste, lâché le 27 juin 1956 depuis l'observatoire de Meudon (fig. 8). La charge instrumentale de 45 kg a atteint l'altitude de 27 000 m, résultat plus que satisfaisant. Puis, le 20 novembre 1958, nous avons lâché depuis Villacoublay une grappe de 30 ballons Bérítez groupés par trois le long d'un câble vertical de 165 m de haut. La charge de 120 kg comprenait deux caméras qui ont filmé les ballons et la nacelle pendant toutes les phases du vol. Après quoi, nous avons décidé le vol final, avec une grappe de 103 ballons emportant la cabine, le télescope et l'observateur, pour un poids total de 450 kg (fig. 9). Ce vol eut lieu le 22 avril 1959, et c'est alors que nous avons atteint l'altitude record de 14 000 m.

**Les péripéties du vol sont décrites dans votre carnet de bord (publié à la suite) et elles sont passionnantes. Qu'en est-il des observations télescopiques que vous avez recueillies ?** – Ces observations s'inscrivaient, nous l'avons vu, dans les recherches que nous menions à Meudon pour déceler l'eau sur les planètes. Pour Mars, nous avons déjà effectué une première expérience en ballon, dans la nuit du 29 au 30 mai 1954. Avec l'aéronaute Charles Dollfus mon père, nous avons atteint l'altitude de 7 000 mètres. Le ballon en soie caoutchoutée, de type classique, d'une capacité de 1 200 m<sup>3</sup>, ne contenait d'hydrogène que pour la moitié de son volume afin de permettre l'expansion du gaz. La nacelle en osier était conventionnelle. Le télescope était le précurseur de celui décrit ci-dessus. Son spectrophotomètre isolait une autre bande de la vapeur d'eau, à 0,83 mm. L'eau s'était révélée indécélable dans l'atmosphère martienne, impliquant une teneur inférieure au centième de celle trouvée sur la Terre. Ce vol avait montré qu'il fallait une instrumentation plus sensible encore, d'où la conception de la présente expérience, avec un télescope trois fois plus lumineux, un spectrophotomètre isolant la bande spectrale à 1,4 µm beaucoup plus intense et une montée à une altitude deux fois plus grande, entraînant une cabine étanche et la grappe des ballons. Avec ce dispositif, j'ai tenté un premier départ en décembre 1958, pour étudier Mars à nouveau. Mais le mauvais temps a contrecarré plusieurs fois la tentative d'envol jusqu'à la fin décembre, après quoi la planète s'est trouvée trop basse. En avril 1959, c'est la planète Vénus qui se présentait favorablement dans le ciel. J'ai donc décidé le vol dont nous venons de parler. Au cours de ce vol, les pointés sur la Lune, très précis, ont donné la teneur en vapeur d'eau de la stratosphère terrestre, valeur alors très mal connue, et j'ai trouvé  $0,015 \pm 0,004$  g/cm<sup>2</sup>, cette valeur étant la quantité cumulée sur une colonne verticale de 1 cm<sup>2</sup> de surface. Les pointés sur Vénus

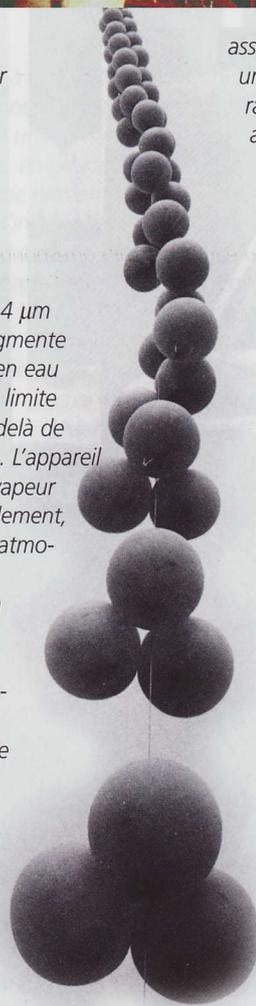
n'ont pas permis de distinguer l'eau sur la planète, en raison d'une arrivée en altitude trop tardive.

### Avez-vous poursuivi les recherches, et comment ?

– Le vol a précisé bien des choses. La bande spectrale 1,4 µm utilisée pour nos mesures augmente d'intensité lorsque la teneur en eau s'accroît jusqu'à une certaine limite s'établissant à 0,1 g/cm<sup>2</sup>, au-delà de laquelle elle n'augmente plus. L'appareil n'est plus alors sensible à la vapeur d'eau de la planète. Habituellement, la quantité d'eau dans notre atmosphère dépasse de beaucoup cette limite, sauf à observer à grande altitude depuis la nacelle d'un aérostat, ce que nous avons fait. Mais la quantité de vapeur d'eau que l'air peut contenir dépend aussi de la température. Les résultats du vol m'ont permis de calculer que, à l'altitude des grands sommets montagneux, par un air très sec, si la température descend au-dessous de -30 °C, le teneur en eau peut s'abaisser au-dessous de 0,1 g/cm<sup>2</sup>. Une telle situation est rare mais elle peut se rencontrer. Alors, la bande spectrale cesse d'être saturée et il devient possible de déceler la vapeur d'eau planétaire en pratiquant des mesures comparatives avec la Lune privée d'atmosphère. Nous pouvions donc poursuivre les recherches de deux manières : ou bien pratiquer une nouvelle expérience en ballon, ou bien tenter une observation sur une montagne élevée par un hiver très rigoureux. La recherche en science progresse de façon capricieuse.

**Qu'avez-vous choisi ?** – J'ai choisi de mener les deux approches de front. J'ai d'abord préparé un nouvel envol. Entre-temps, la société américaine Deway and Almy venait de commercialiser des enveloppes dilatables Darex de beaucoup plus grand volume que celles déjà employées. Nous pouvions leur faire porter des charges jusqu'à 35 kg. Elles pouvaient être livrées avec deux cols diamétralement opposés ce qui permettait de reprendre à plus grande échelle le dispositif expérimenté en 1956, très satisfaisant, consistant à associer les ballons le long d'un câble vertical pour constituer un chapelet dans lequel le câble traverse chaque ballon diamétralement. Le 22 juin 1961, depuis Orléans Bricy, un chapelet expérimental de plus de 100 m de hauteur

associant 8 gros ballons Darex emporta une nacelle de 200 kg portant des caméras et des enregistreurs. L'ensemble a atteint la belle altitude de 27 300 mètres. Dès lors, avec 22 ballons groupés en chapelet sur une hauteur de 330 m, je pouvais emmener la cabine avec le télescope et l'observateur à une altitude double de celle du vol de 1959. Cette hauteur ferait gagner encore un facteur dix sur l'absorption par la vapeur d'eau terrestre (et de plus établir un record absolu d'altitude). Le matériel a donc été constitué et le vol préparé. La planète Mars n'était plus observable avant 1962, mais en juillet 1961 nous avions Vénus en fin de nuit, permettant un atterrissage de jour. Le 25, la situation météorologique est déclarée favorable et je tente l'envol. En début de nuit tout s'annonce bien, mais une courte pluie vient mouiller le matériel. Il faut annuler à 1 heure du matin. Nouvelles tentatives le 21 septembre, puis le 2 octobre 1961, chaque fois à nouveau annulée. Lorsque, dans la suite, l'envoi d'astronautes dans l'espace deviendra pratique



**9. Ascension du 22 avril 1959.** Groupement de 103 ballons Bérítez le long d'un câble de 450 m de hauteur, portant la cabine étanche, le télescope astronomique et l'observateur.

courante, de tels ajournements paraîtront coutumiers. Mais en attendant, je n'avais toujours pas les résultats scientifiques que je voulais obtenir.

**Avez-vous envisagé d'autres solutions pour résoudre cette question de l'eau sur les planètes ?** – Oui, car c'était important. En janvier 1963, mois souvent d'un froid rigoureux, Mars et Vénus se présentent l'un et l'autre dans le ciel, avec la Lune bien placée. Je décide alors de tenter l'observation en haute montagne. J'avais d'abord pensé monter une expédition au refuge Vallot, à 4 365 mètres d'altitude, presque au sommet du mont Blanc. Mais la montée du matériel en hiver posait de sérieux problèmes, même depuis l'exploit de Jean Moine du 6 juin 1955, parvenu en hélicoptère au sommet. La station scientifique du Jungfraujoch en Suisse n'est qu'à 3 600 m, mais l'accès par chemin de fer sous tunnel dans la montagne est facile et l'aménagement très développé. Le télescope est donc détaché de la cabine, démonté, transporté au Jungfraujoch et remonté à l'identique sous l'abri au sommet du piton du

Sphinx. Dès le 15 janvier 1963, avec Gislain Spaak, nous commençons les observations en sortant chaque nuit l'instrument sur la terrasse (fig. 10).

**Et alors, avez vous réussi l'observation ?**

– Durant les nuits, nous pointons la Lune et Bétetgeuse pour déterminer la quantité d'eau présente dans l'atmosphère terrestre le long du trajet visé. Le jour, nous complétons cette surveillance en pointant une mosaïque de billes renvoyant la lumière solaire. Le 19 janvier, un anticyclone en mer du Nord s'associe à une dépression en Sibérie. Un fort vent du nord amène un air sec et glacial venant de Laponie. Sous un ciel limpide, la température s'abaisse au-dessous de  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la teneur en eau le long du trajet visé descend au-dessous du seuil de saturation de la bande spectrale étudiée. C'est la situation idéale recherchée. D'autant plus que, le 21 janvier, la Lune occulte Vénus. Nous observons les deux astres très proches dans le ciel, ce qui rend les comparaisons particulièrement précises. Toutes les observations réussissent parfaitement. Pour Vénus 15 observations ont été recueillies. La vapeur d'eau de Vénus produit un signal correspondant à  $0,028\text{ g/cm}^2$ . La lumière solaire traverse l'atmosphère de Vénus une première fois avant d'être réfléchi par la couche nuageuse, puis une seconde fois lors de son renvoi vers la Terre. Compte tenu des obliquités, le trajet optique dans l'atmosphère de Vénus vaut globalement quatre fois une traversée verticale. La quantité d'eau présente verticalement dans l'atmosphère planétaire au dessus des nuages vaut donc  $0,007 \pm 0,002\text{ g/cm}^2$ , calibrée à la pression atmosphérique terrestre. Si toute l'eau était condensée en pluie, la couche d'eau liquide aurait une épaisseur de  $70\text{ }\mu\text{m}$ , contre environ  $20\text{ cm}$  pour le cas de la Terre. Cette faible quantité de vapeur suffit à indiquer que, sur la planète, l'eau peut entrer dans la composition des nuages.

Ce résultat est très beau. Il sera confirmé par la suite lorsque l'Américain John Strong enverra à grande altitude un ballon sans pilote avec un télescope pointé à distance.

**Mais vous avez étudié aussi la planète Mars ?**

– Tout a très bien marché aussi pour Mars. La quantité d'eau observée est de  $0,022\text{ g/cm}^2$ , ce qui correspond à  $0,0055\text{ g/cm}^2$  pour la teneur planétaire. Il faut appliquer une correction due à la faible pression atmosphérique sur Mars et une autre provenant de la réflexion sur le sol planétaire. On trouve finalement  $0,0045 \pm 0,0015\text{ g/cm}^2$ ,

soit, si toute l'eau atmosphérique se condensait en pluie sur le sol, une couche liquide de  $45 \pm 15\text{ }\mu\text{m}$  d'épaisseur.

**Cela paraît vraiment très peu. Une quantité d'eau si faible est-elle suffisante pour permettre une vie sur la planète ?**

– Cette valeur correspond à une quantité totale d'eau dans toute l'atmosphère martienne de  $6 \times 10^{15}\text{ g}$ . Mais cette atmosphère est ténue. En proportion, la teneur en eau trouvée dans l'atmosphère martienne paraît comparable à celle concernant l'enveloppe gazeuse de la Terre, beaucoup plus dense. Pour la Terre, une telle humidité s'accompagne au sol de mers

s'est d'abord révélé difficile. En 1969, T. Owen et H. Mason firent de même avec le télescope de  $208\text{ cm}$  de l'observatoire McDonald. Ils ont trouvé  $35 \pm 15\text{ m}$ . En 1971, la sonde spatiale soviétique Mars 3 a été équipée d'un spectrophotomètre calqué sur notre instrument, puis à nouveau la sonde Mars 5 en 1973. La sonde américaine Mariner 9 puis les deux Viking ont été munis d'appareils un peu différents. Placés en orbite autour de la planète, tous ces engins ont pu analyser la vapeur d'eau en de nombreuses régions de la surface martienne et à maintes reprises. Il fut possible d'étudier en détail le comportement de l'eau dans l'atmosphère de la planète.



10. En janvier 1963 le télescope détaché de la cabine et transporté au Jungfraujoch a permis de déceler la présence de l'eau dans l'atmosphères de Vénus et dans celle de Mars.

et d'océans. Sur Mars, la faible pression atmosphérique n'autorise pas l'état liquide, mais la glace. On comprend les dépôts de givre observés au télescope ainsi que les deux calottes polaires blanches. Les biologistes consultés à l'époque ont considéré cette teneur en eau compatible avec une vie possible à la surface de l'astre.

**Vous avez été, là aussi, le premier à découvrir l'eau sur Mars !**

– Les confirmations sont venues par la suite. Avec le spectrographe du télescope de  $2,5\text{ m}$  du Mont Wilson, les Américains H. Spinrad, G. Munch et L. Kaplan ont obtenu en avril 1963 des spectres de la planète alors en mouvement radial rapide par rapport à la Terre. Les raies du spectre planétaire étaient suffisamment déplacées par effet Doppler pour être vues séparées. L'étalonnage

**Actuellement les recherches portent sur de l'eau présente à la surface même de l'astre ou bien dans son sous-sol. Qu'en pensez-vous ?**

– Le taux de vapeur d'eau trouvé dans l'atmosphère martienne implique de l'eau sur la planète elle-même. Il est prouvé maintenant que cette eau est essentiellement enfouie dans le sous-sol sous forme de glace. Elle forme une couche appelée pergélisol, telles celles rencontrées sur Terre dans certaines régions boréales. Des traces de chenaux observés par les sondes spatiales ainsi que des morphologies de surface particulières indiquent que l'eau a pu être liquide dans le passé reculé de la planète et couler alors en abondance.

**Finalement, vous n'avez pas eu à faire un autre vol avec votre nouveau dispositif de ballons. Audouin Dollfus, le regrettez-vous ?**

– Tout était prêt pour une nouvelle ascension si c'était nécessaire, mais j'avais réussi à atteindre le but proposé. Nous connaissons les teneurs en eau des atmosphères de Mars et de Vénus. Un nouveau vol n'aurait pas amélioré beaucoup les résultats obtenus. Il aurait demandé du temps que j'ai préféré

consacrer aux nouvelles idées d'observations astronomiques que j'avais alors. En particulier, je voulais tenter pour la première fois la photographie des grands jets de la couronne solaire, en utilisant des ballons sans pilote. L'opération menée avec le concours du CNES a réussi dès le premier vol quatre ans plus tard. Renoncer au vol en ballon est une option que j'ai prise délibérément. Le dispositif de ballons en chapelet est très puissant ; il m'aurait conduit à une altitude jamais atteinte par l'homme. Évidemment, l'ascension aurait été du plus haut intérêt à mener. Je crois que, cette fois, dégagé de préoccupations astronomiques, je l'aurais vécue différemment, totalement en aéronaute.

Propos recueillis en janvier 2009 ★