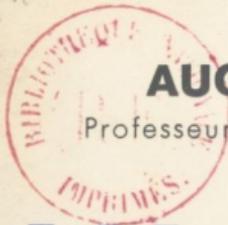


2148



AUGUSTE PICCARD

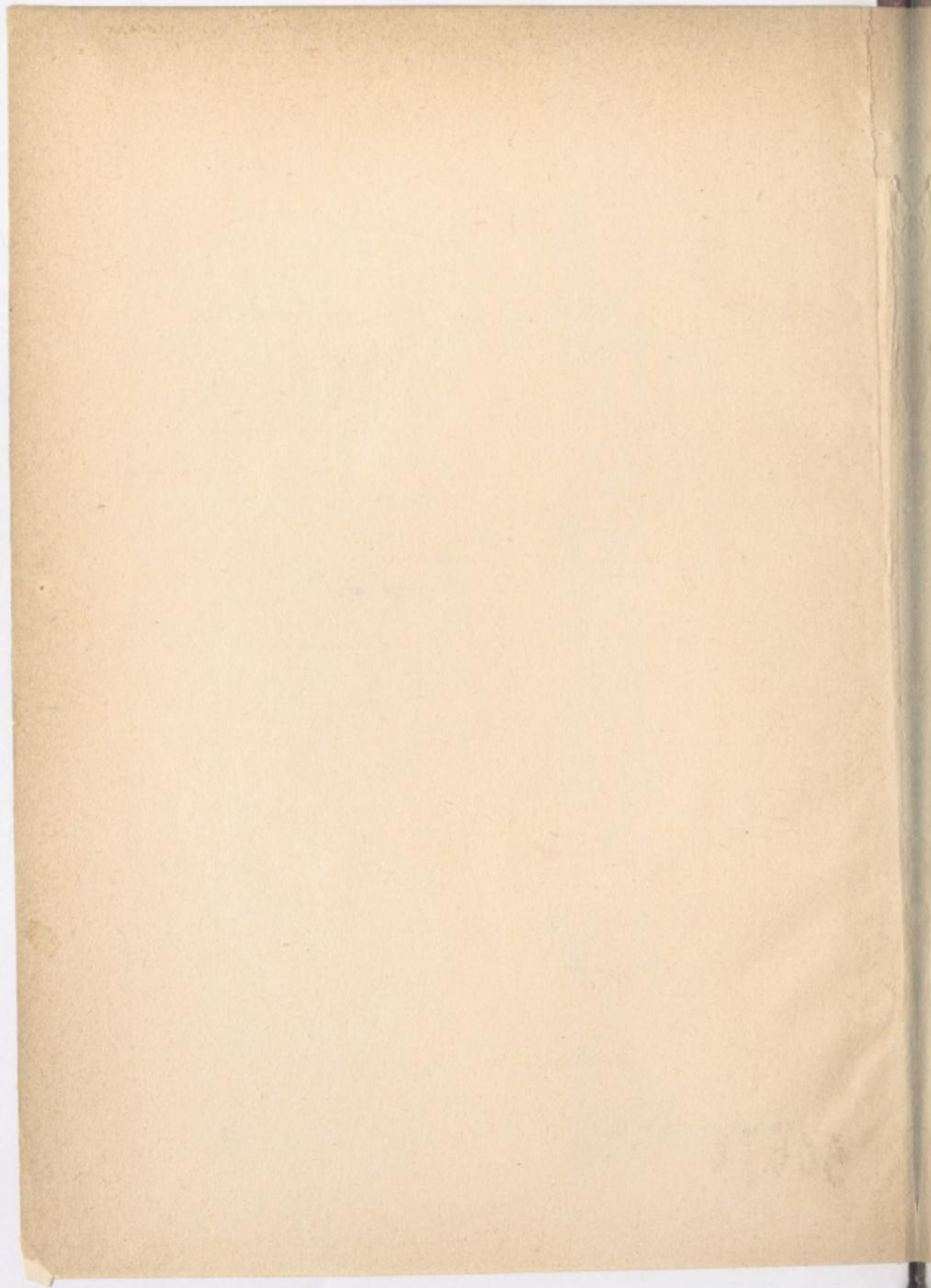
Professeur à l'Université de Bruxelles

AU-DESSUS DES NUAGES



GRASSET

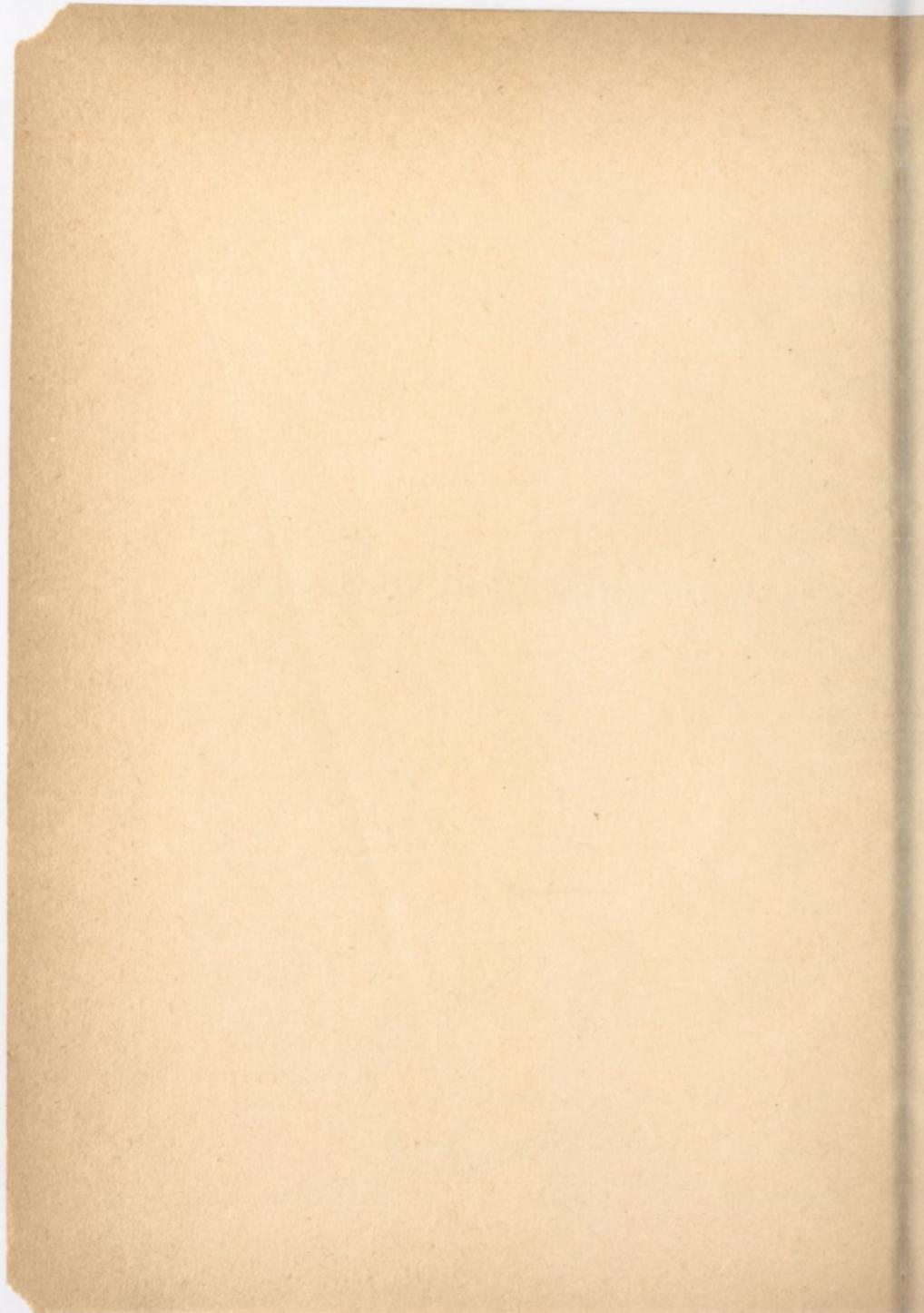
S. P.

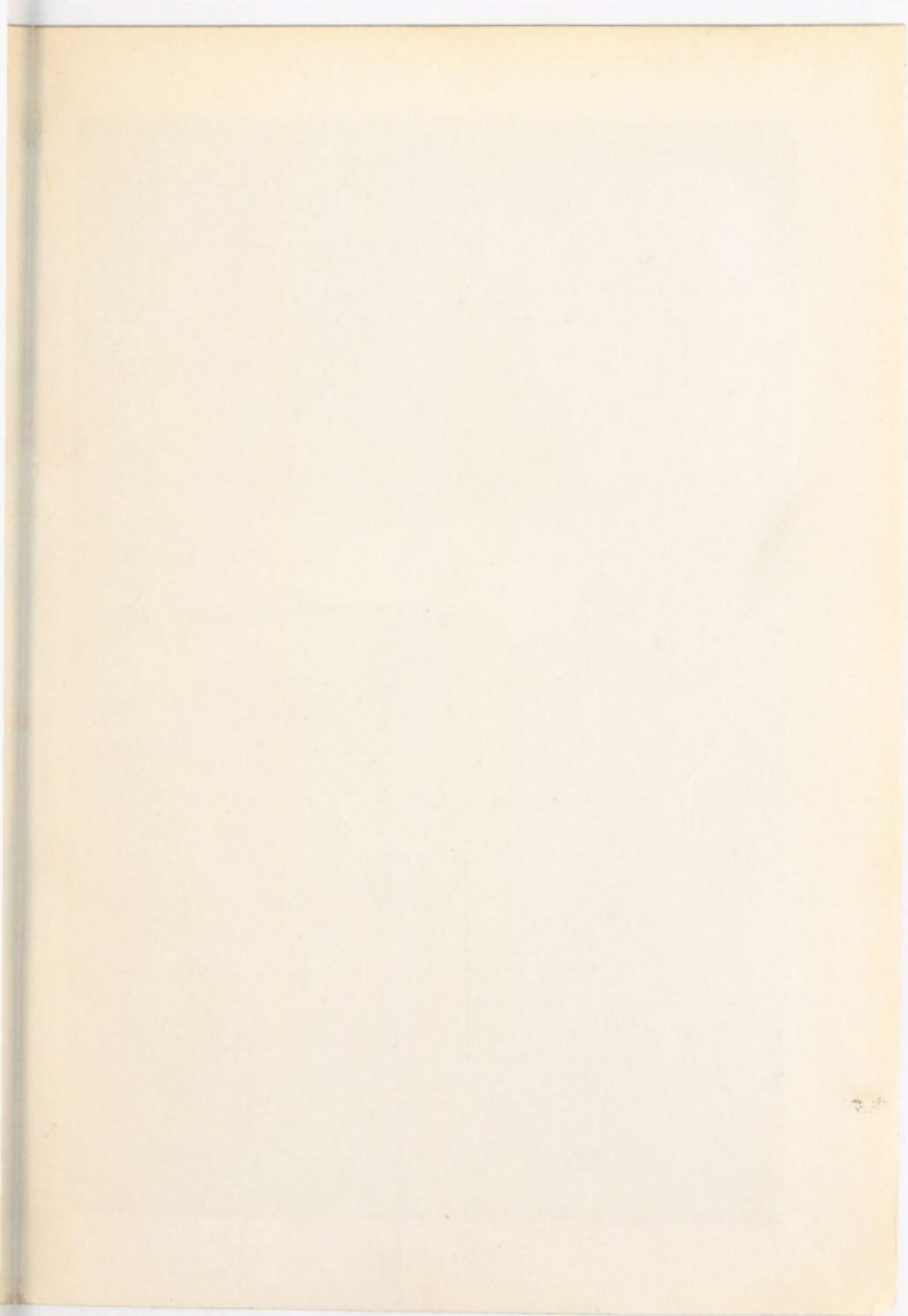


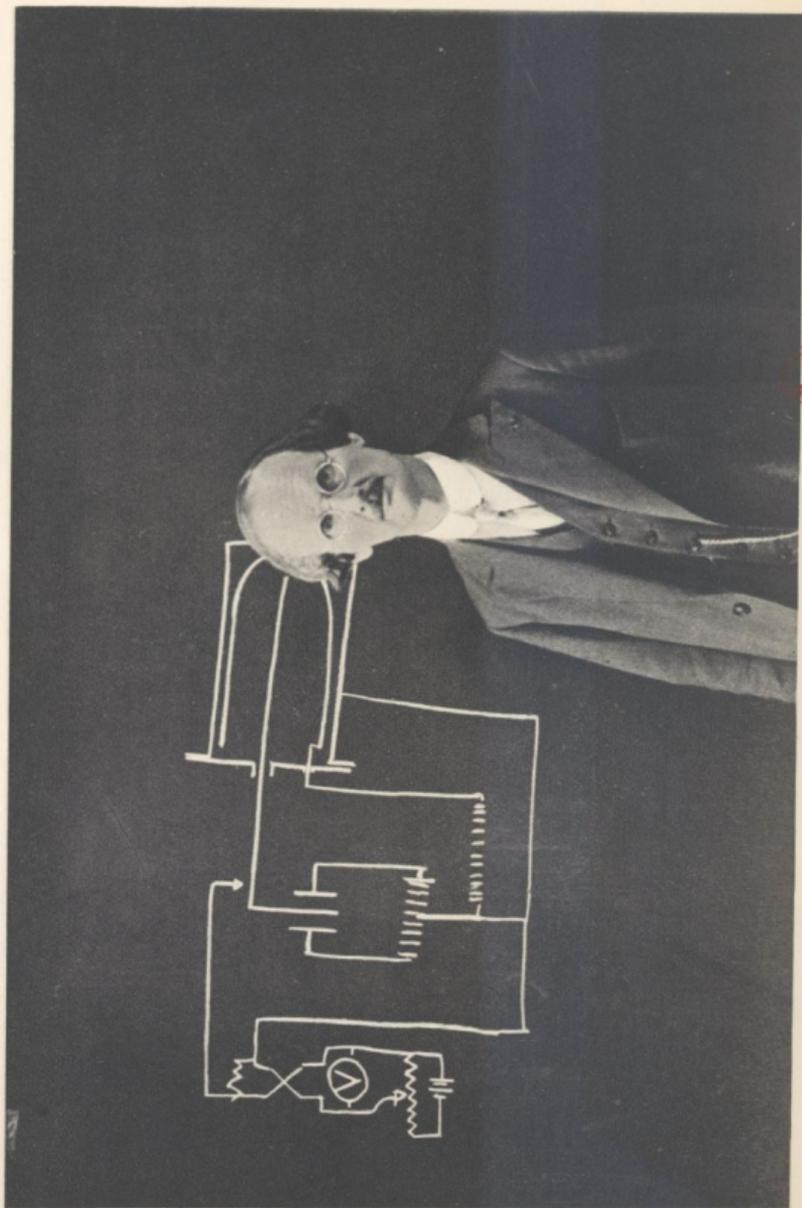
AU-DESSUS DES NUAGES

8 ✓
50672









Le Professeur PICCARD au tableau noir.



AUGUSTE PICCARD
PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES



AU-DESSUS DES NUAGES

Orné de 32 pages en héliogravure

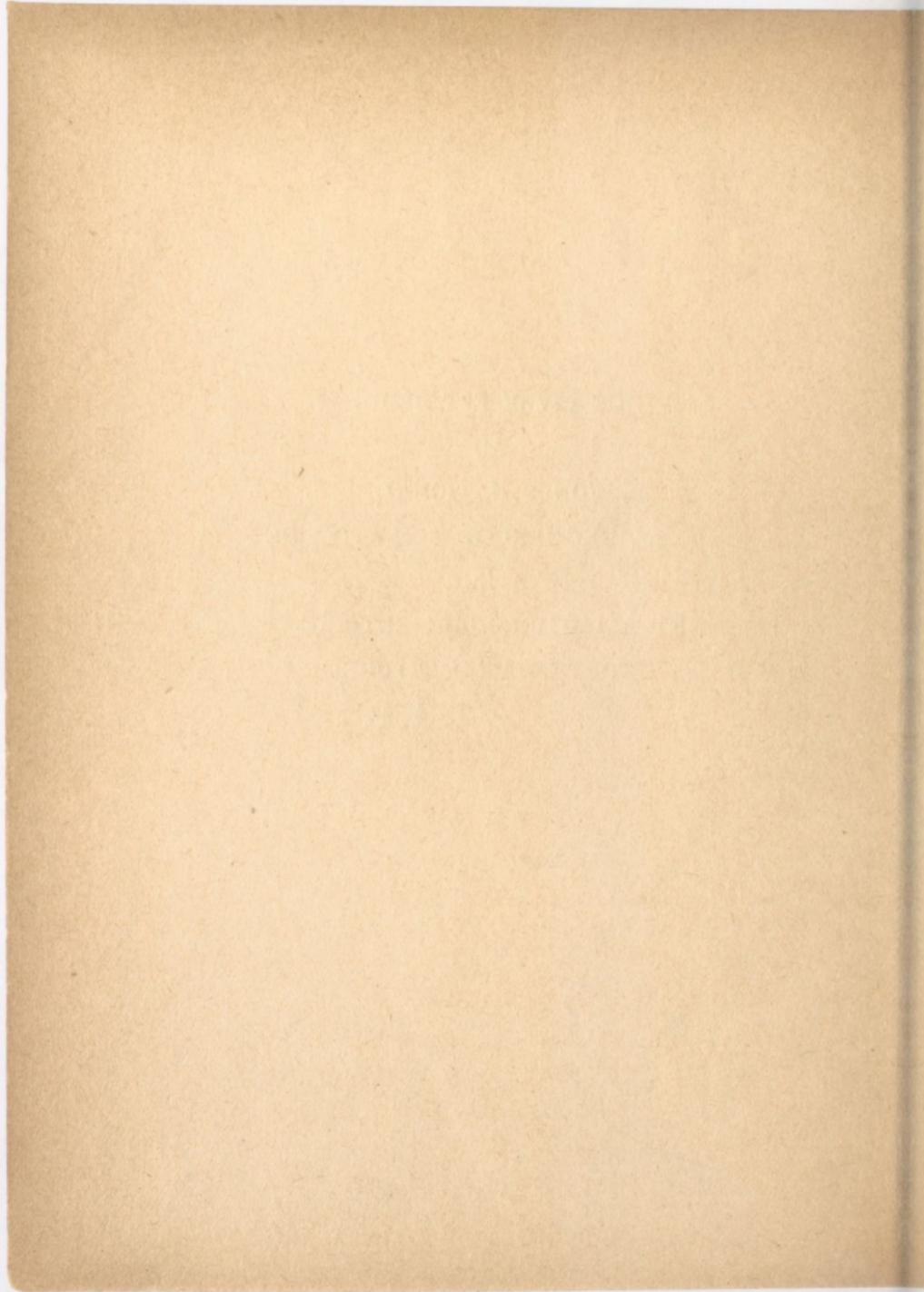
8 V ✓

ÉDITIONS BERNARD GRASSET
61, rue des Saints-Pères - Paris (VI^e)

Photographies : Copyright Photo Champroux
Agence Actualit, Bruxelles.

*World-Copyright by Schweizer Aero-Revue A. G.
Oerlikon-Zurich.*

CE LIVRE EST DÉDIÉ
AU
FONDS NATIONAL
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
A LUI
ET A LA BELGIQUE ENTIÈRE
TOUTE MA GRATITUDE
A. P.



INTRODUCTION

DE tout temps l'humanité a rêvé de pouvoir, à l'instar des oiseaux, quitter la terre et s'élever dans le ciel. Bien des peuples célèbrent dans leurs légendes les exploits fabuleux d'inventeurs téméraires. Dans les mythologies les dieux ont leurs demeures bien haut : au-dessus de la terre, dans le royaume des nuages, du soleil et des étoiles.

Le Moyen Age nous a transmis de nombreuses descriptions de machines volantes. Plus lourds que l'air, tous ceux qui voulurent s'élever en battant des ailes échouèrent. La science exacte leur faisait défaut. L'étude mathématique du problème leur aurait montré que la force humaine ne suffit pas, dans l'air, pour vaincre le poids. Au point de vue vol, l'homme est physiquement moins capable que l'oiseau et, pour le suivre dans les airs, il

doit puiser sa force dans le trésor le plus précieux que les dieux lui ont donné. Athénée est sortie de la tête de Jupiter, elle a transmis, avec son souffle, l'esprit de Jupiter aux créatures d'argile de Prométhée. Cet esprit s'est transmis de génération en génération. C'est par lui, et non par la force brutale de ses muscles, que l'homme doit se rendre maître de l'univers.

La connaissance des lois de l'équilibre mit l'homme sur le droit chemin. Les frères Montgolfier cherchèrent un gaz plus léger que l'air ; ils le trouvèrent dans la chaleur de la flamme. Comme la fumée de l'offrande monte au ciel, leur ballon s'éleva dans les airs. Le rêve millénaire de l'humanité se réalisait. Mais un feu de paille est bien vite consumé. Si dans la conquête de l'air le premier pas était fait, la voie définitive n'était pas encore ouverte ; la Mongolfière n'était pas viable ; il fallait trouver mieux.

Les physiiciens peuvent se glorifier de ce que l'un d'eux ait montré la nouvelle route à suivre : Charles remplit son ballon d'hydrogène. Il inventa le filet, la nacelle et la soupape. Le ballon libre était créé. Durant un siècle il ne fut pas modifié. Seul le panneau de déchirure différencie le ballon moderne de la « Charlière ».

Le ballon libre allait au gré du vent. On comprend le désir de le rendre dirigeable. Innombrables sont les essais de ceux qui voulurent résoudre le problème sans avoir compris les lois du mouvement relatif. Ils travaillèrent avec la voile et le gouvernail. Ils étaient trop pauvres en savoir et trop faibles en moyens. Ce n'est que lorsque la technique eut créé le moteur, que l'on put, grâce à une nouvelle force, donner au ballon son propre mouvement. On améliora peu à peu les moteurs. Il y a déjà un demi-siècle que le ballon militaire français du colonel Renard put être guidé à volonté. Il fit de petits voyages aux environs de Meudon et revint chaque fois à son point de départ. Dans les anciens livres de Physique on trouve ces voyages aériens tracés sur des cartes à grande échelle. Mais le dirigeable ne pouvait évoluer que par temps beau et calme. Il progressa peu à peu. Avec les moteurs à explosion le champ d'action s'élargit et c'est une planisphère qu'il faut aujourd'hui pour décrire leurs randonnées. .

En même temps que l'on s'efforçait de rendre le ballon dirigeable, on reprenait les anciens essais pour s'élever du sol sans ballon par la force des ailes. On s'achemina ainsi vers l'aviation. Les premiers essais furent pénibles. La faute n'en in-

combait pas aux avions, les moteurs étaient trop peu puissants. L'automobile parut. Il conquiert la route et dans son corps de fer le moteur grandit et se développa.

Un caricaturiste a dessiné la genèse de l'avion : les garde-boue de l'auto croissent en largeur ; le radiateur se place de côté ; le ventilateur reste et se transforme en hélice. Il y a du vrai dans cette histoire. L'avion est l'enfant de l'auto car le moteur de l'avion ne pouvait naître que du moteur de l'auto. La genèse procède par continuité, en technique comme en biologie. Placé dans l'avion, le moteur continue son évolution et devient un chef-d'œuvre de la technique. Des centaines, des milliers de chevaux travaillent dans cette machine et le mot « panne » peut être biffé de la dernière édition du dictionnaire technique, après avoir souverainement régné durant deux décades.

Et qu'est devenu entre-temps notre ballon libre ? Il considère sans jalousie son jeune frère ; il a dû lui céder le record de vitesse, le record de distance et même le record d'altitude. Mais il se réjouit de ce succès. L'air reste son royaume ; il est fier de ses enfants, de ses rivaux.

Sera-t-il mis de côté définitivement et remisé dans un musée ? Non, il reste le ballon libre et en

lui vit le plus beau des sports ; c'est lui qui offre à l'homme la plus pure des jouissances. « Le ballon libre, » a-t-on dit, « le jouet des vents, à quoi sert-il donc ? On ne peut même pas le mener où l'on veut ! Il a sa place au grenier ». Chaque chose doit-elle vraiment être d'une utilité pratique ? Celui qui désire voyager à la hâte, qui est chassé d'un point de la terre à l'autre par les affaires et les cours de la bourse, celui-là ne doit certes pas choisir le ballon pour ses déplacements. Quiconque tient à prévoir la fin du voyage, à connaître l'heure exacte de l'arrivée doit prendre le train. Mais ce qui fait le charme de la vie, c'est précisément de ne pas penser sans cesse à la fin du grand voyage.

Le ballon libre est au service de la liberté, de l'observation, du progrès, de l'élévation de l'âme. Cela ne suffit-il pas ? Aéronautes, nous respectons le ballon libre. Qui accuserait la machine à coudre d'être incapable de moudre du café ? Qui condamnerait le moulin à café sous prétexte qu'il ne peut coudre ? Toute chose qui réalise son programme est bonne en soi.

Nous aimons donc le ballon libre et l'estimons hautement. Il a conquis la troposphère. L'avion de l'avenir doit voler dans la stratosphère. Le F. N.

R. S. montre la voie. Cabine fermée, foi aux lois éternelles de la nature, confiance dans ses calculs et en sa bonne étoile, voilà le chemin que le ballon libre montre à l'avion. Puisse la paix que nous avons trouvée là-haut, ne jamais être troublée par l'avion militaire et la stratosphère être uniquement la voie du rapprochement des peuples

L'ATMOSPÈRE

C E livre ne doit pas être un livre de théorie. Nous nous proposons d'y décrire les voyages qui nous ont conduits aux grandes altitudes. Quelques passages du récit seront cependant plus clairs, si nous rappelons aux lecteurs quelques notions se rapportant à la physique de l'atmosphère.

Pour cette raison, je voudrais donner dans le présent chapitre quelques explications sur l'air qui nous environne.

Comme tous les gaz, l'air qui nous entoure obéit avec une très grande approximation aux deux lois des gaz suivantes :

1° Il est élastique et compressible; sa densité est proportionnelle à la pression;

2° Il se dilate quand la température augmente; quand la pression reste constante, son volume

croît proportionnellement avec la température absolue (on calcule la température absolue en ajoutant à 273° la température exprimée en centigrades, si celle-ci est supérieure à 0° et en la soustrayant de 273° si elle est inférieure à 0°).

PRESSION ET DENSITÉ

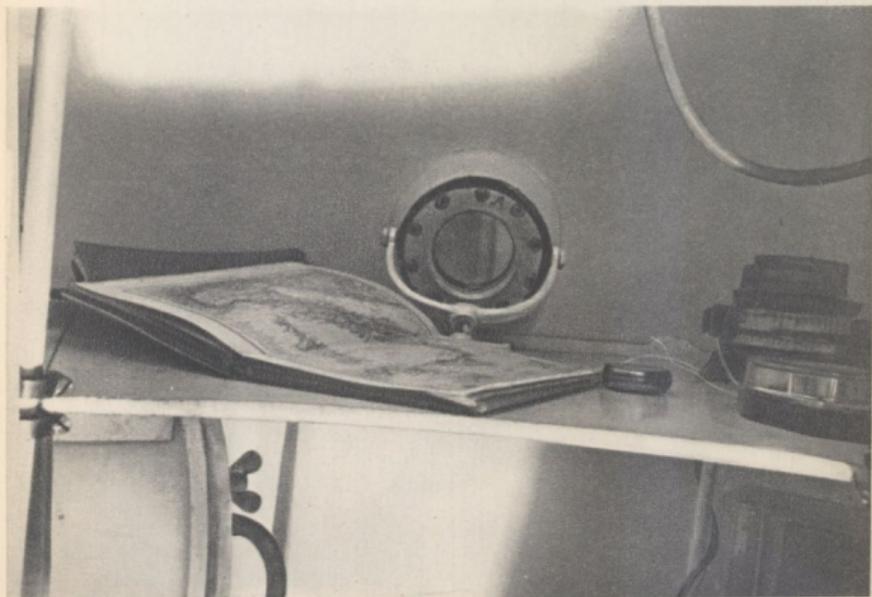
Attendu que les couches élevées de l'atmosphère se posent sur les couches inférieures, ce sont les couches les plus basses qui ont à supporter le poids de toute l'atmosphère. Au niveau de la mer, l'air se trouve en moyenne sous une pression correspondant à celle d'une colonne de mercure de 760 mm. de hauteur. Cette pression est à peu près d'un kilogramme par cm^2 . Comme chacun sait, elle varie quelque peu avec la situation météorologique. A une altitude de 79 m. au-dessus du niveau de la mer la pression est moindre. On trouve la différence entre les deux pressions en calculant le poids d'une colonne d'air de 79 mètres de hauteur et de 1 cm^2 de section. Ce poids est de 0,01 kgr. par cm^2 , donc un centième d'atmosphère. En conséquence, la densité de l'air à l'altitude de 79 m. est de un pour cent moindre



M. Kipfer et le Professeur Piccard avec leurs casques d'atterrissage
(Première ascension)



Vue plongeante dans la cabine, avant la première ascension. (Par terre, un panier formant siège ; premier étage : batterie Helleesen ; second étage : divers instruments électriques ; à gauche : l'un des trous d'homme ; au milieu : un hublot ; à droite : baromètre à mercure.)



L'intérieur de la cabine. Photographie prise avant le second départ, montrant le poste de pilotage avec un atlas déjà ouvert à la page de l'Italie.

qu'au niveau de la mer. En nous élevant davantage, nous rencontrons une pression d'air toujours plus petite et, par suite, de l'air avec une densité moindre. Le montant absolu de la dépression correspondant à une différence de 79 mètres est d'autant plus petit que nous nous élevons. Comme ce montant est proportionnel à la densité de l'air, cette pression d'air doit, chaque fois que nous montons de 79 mètres diminuer de un pour cent de sa valeur locale. Pour simplifier, nous négligeons dans ce calcul l'influence des températures et arrondissons les chiffres dans ce qui va suivre. Le calcul montrerait que si l'on s'élève de 5.000 mètres, la pression d'air a diminué de moitié. Si nous nous élevons encore de 5.000 mètres, tout se répète. A une altitude de 10.000 mètres, nous pouvons donc prévoir une pression d'un quart d'atmosphère et à 15.000 mètres une pression d'un huitième d'atmosphère. A 16.000 mètres la pression tombe presque exactement à un dixième d'atmosphère. Là-haut, la pression est donc de 76 mm. de mercure. Si nous nous élevons encore de 16.000 mètres, la pression diminuera encore une fois à un dixième de sa valeur. A 32.000 mètres d'altitude elle doit être de 0,01 atmosphère. Si nous négligeons les variations de température,

le même calcul nous donne pour différentes altitudes les pressions suivantes :

Altitude	Pression
—	—
0 km.	1 Atm.
16	0,1
32	0,01
48	0,001
64	0,0001
80	0,00001
96	0,000001

Ce tableau répond à une question bien souvent posée : « Jusqu'à quelle hauteur trouve-t-on de l'air? » ou plutôt il démontre que cette question est un non-sens. Il faudrait d'abord déterminer ce qu'on appelle de l'air. Si je dis par exemple que je veux établir la limite là où l'air ne pèse plus que 10 mg par m³, cette limite est située à 80 km. de hauteur. Par contre c'est à 96 km. qu'il ne pèse plus que 1 mg. par m³. Ces données sont valables si l'on admet l'hypothèse que l'air possède toujours la même composition. Nous reviendrons sur ce point.

TEMPÉRATURE

Tous les gaz ont une propriété dont il faut parler ici : quand la pression diminue, et que le gaz se dilate, celui-ci fournit un travail. Le travail, c'est de l'énergie. Où peut-il se procurer cette énergie ? On peut la lui donner sous forme de chaleur. Dans ce cas, le gaz est satisfait et fournit le travail sans modification de température. Mais si le gaz ne reçoit pas de chaleur et qu'il se dilate, il s'emprunte à lui-même la chaleur correspondante. Il se refroidit. Les variations correspondantes de son état sont alors appelées « adiabatiques » (ce qui signifie que ces variations s'effectuent sans qu'aucune chaleur traverse la surface du gaz). Si donc une quantité quelconque d'air s'élève dans l'atmosphère pour une raison ou pour une autre, il fournit du travail, il se refroidit. Quand de l'air sec monte du niveau de la mer à 100 mètres, le travail qu'il fournit est tel qu'il se refroidit de 1° C... Dans les grandes altitudes, le travail est moindre, parce que la différence de pression par 100 mètres est moindre ; cependant l'air est d'autant plus léger que la pression est

plus petite. Le travail plus petit doit être fourni par une masse qui est plus petite dans le même rapport. La variation de température est donc toujours la même, soit de 1° C. pour 100 mètres. L'air humide se refroidit aussi en montant, ce qui provoque la formation du brouillard et des nuages. La condensation de l'eau agit en ce sens que le refroidissement de l'air humide n'atteint pas 1° par 100 mètres.

L'atmosphère qui nous entoure n'est pas tranquille. Sous l'influence d'échauffements locaux dus aux rayons solaires, des masses d'air de moindre densité se forment au-dessus de certains points du sol. Ces masses s'élèvent alors et aspirent latéralement l'air qui les remplace. Ce déplacement d'air crée le vent. Comme l'air ascendant se refroidit rapidement, son ascension s'arrête toujours assez vite. Mais s'il contient suffisamment d'eau pour former des nuages, il se refroidit moins vite et peut monter plus haut. (Phénomène connu sous le nom de cumulus.)

Le mouvement de l'air, l'évaporation de l'eau et sa condensation dans les nuages constituent l'ensemble des phénomènes météorologiques.

Les météorologues ont envoyé jusqu'à 30 km. d'altitude de petits ballons enregistreurs et ont

ainsi déterminé les températures de l'air jusqu'à cette limite.

TROPOSPHÈRE ET STRATOSPHERE

On a trouvé qu'en général plus le ballon monte plus la température de l'air qu'il rencontre diminue. Pour chaque 100 mètres la température tombe d'environ $0,6^{\circ}$ C. A 12.000 mètres la température de l'air est de moins 55° C. En envoyant des ballons enregistreurs à de plus hautes altitudes, on découvrit que de 12.000 à 30.000 mètres cette température était constante. L'explication en fut facile. Les différences de température dans l'atmosphère inférieure proviennent des mouvements d'air adiabatiques verticaux. Ces mouvements ne dépassent pas une certaine limite. Au delà, un état d'équilibre est réalisé par rayonnement, ce qui provoque une température homogène. Comme il existe au-dessous de cette limite des mouvements horizontaux et verticaux, alors qu'il n'y a au-dessus que des mouvements horizontaux, Teisserenc de Bort, le météorologue français qui a ouvert la voie dans ces recherches, a dénommé la couche inférieure « troposphère » (sphère des

révolutions) et la couche supérieure « stratosphère » (sphère des couches horizontales). La limite inférieure de la stratosphère et sa température ne sont d'ailleurs pas toujours les mêmes. En été, dans les tropiques, le soleil plus intense chasse l'air du sol avec plus de force; la stratosphère commence alors plus haut et sa température est d'autant plus basse. En hiver et dans les hautes latitudes, la stratosphère commence déjà plus bas et elle est moins froide.

Nous ne savons rien de positif sur la température des couches au-dessus de celles dans lesquelles on a pu effectuer des mesures directes. Les physiciens ont des raisons de supposer que cette température augmente. D'après une certaine théorie, elle atteindrait à 50 km. 30° C. au-dessus de zéro. (Couche de l'ozone.)

En ce qui concerne la composition chimique de la stratosphère, on a avancé des hypothèses gratuites. Supposant qu'il n'existait là-haut aucun mouvement d'air vertical, on a calculé de quelle façon devaient se distribuer les différents gaz de l'atmosphère en fonction de leur poids. On trouve que l'oxygène doit diminuer rapidement en faveur de l'azote, que celui-ci doit céder la place à l'hélium et qu'au-dessus de tous ces gaz il doit exister

de l'hydrogène à l'état presque pur. Le résultat de ces calculs est en tout cas tout à fait faux pour la partie inférieure de la stratosphère. Car s'il n'existe pas de mouvements verticaux au point de vue météorologique, cela ne signifie pas qu'ils manquent totalement. Des gaz en mélange se séparent par diffusion après un temps si long que les petits mouvements verticaux détruiront sans cesse le résultat de la diffusion avant que celui-ci puisse atteindre une valeur importante.

On rencontre en général les vents les plus forts dans la partie supérieure de la troposphère. Dans la stratosphère les vents sont en moyenne plus faibles, mais même là on a pu observer des tempêtes de 100 km. à l'heure et occasionnellement de 200 km. à l'heure.

Signalons encore une propriété de la stratosphère : elle est le domaine du beau temps éternel. Les nuages ne s'y forment pas, à de très rares exceptions près. La pluie, la neige, la grêle, les orages y sont inconnus. Ce sont là vraiment des conditions idéales. Dans un autre chapitre, nous étudierons la possibilité de les mettre au service du transport aérien international.

LE RAYONNEMENT COSMIQUE

IL ne peut être question ici de développer le problème des rayons cosmiques dans toute son étendue. Je désirerais néanmoins exposer aux lecteurs en quelques mots comment les rayons cosmiques ont été trouvés et pourquoi ils présentent un intérêt tout spécial pour le physicien.

Chacun sait que les gaz sont de mauvais conducteurs de l'électricité. D'après les théories élémentaires, un gaz qui n'est soumis à aucune influence étrangère ne doit pas du tout conduire l'électricité. On sait d'autre part, déjà depuis les dernières années du siècle précédent, que certains rayons produisent dans tous les gaz une petite conductibilité électrique. Ce sont les rayons ultraviolets extrêmes de la lumière, les rayons Roentgen, les rayons cathodiques, puis les rayons alpha, beta et gamma des substances radio-actives. On

explique cette conductibilité par l'hypothèse de l'ionisation. On suppose que de petites particules électriques, les électrons, sont projetées hors de quelques molécules de gaz grâce à l'énergie d'un rayon absorbé. Ces particules sont négatives; elles ne restent pas isolées dans le gaz, mais elles se lient à d'autres molécules de gaz non chargées. En perdant un électron les molécules citées en premier lieu deviennent électriquement positives, tandis que les dernières molécules prennent une charge négative. Le gaz ainsi modifié doit, par suite de la grande mobilité des molécules chargées, être capable de conduire le courant électrique. Les particules chargées s'appellent ions et le gaz qui les contient est dit ionisé. Si l'on place, par exemple, un électromètre positivement chargé dans du gaz ionisé, les ions négatifs du gaz seront attirés par l'instrument, tandis que les positifs seront repoussés. L'instrument perd ainsi sa charge positive et se décharge. Les gaz ionisés ne laissent passer que des courants qui sont de billion à mille billions de fois plus faibles que l'unité de mesure de l'ampère. Il est donc indispensable d'employer des électromètres sensibles et ultra-sensibles pour examiner l'ionisation des gaz.

L'étude de l'électricité de l'air, c'est-à-dire de l'état électrique de l'air, constitue un domaine intéressant ouvert à la physique par les météorologues. On savait que l'air de l'atmosphère libre était toujours un peu conducteur de l'électricité, et on avait cru pouvoir attribuer cette conductibilité aux substances radio-actives. Mais déjà avant la guerre, on avait remarqué que cette théorie n'était pas exacte. L'air était plus conducteur que les substances radio-actives présentes ne pouvaient le laisser prévoir. On trouva que la proportion des rayons pénétrants et des rayons mous n'était pas celle qu'on aurait dû trouver si les substances radio-actives avaient été la seule cause de la conductibilité.

Des essais de laboratoire ont démontré que si l'on protège un gaz soigneusement à l'aide d'un écran métallique contre l'influence de tous les rayons, la conductibilité, contre toute attente, ne disparaît pas complètement. Il se forme toujours encore dans chaque cm^3 . de gaz une à deux paires d'ions par seconde. Cette conductibilité minime diminue sensiblement si l'on place tout l'appareillage dans une caverne de glacier; elle disparaît presque complètement si on le descend à une profondeur de 100 mètres dans l'eau pure d'un lac.

D'autre part, elle augmente rapidement si l'observateur se rend avec ses instruments à de grandes altitudes. Lors d'une ascension en ballon à 9.000 mètres au-dessus du niveau de la mer, Kolhörster avait trouvé une formation d'ions de 80 paires par cm^3 dans de l'air à pression normale.

On chercha l'explication de ces phénomènes dans un rayonnement ionisant arrivant de l'extérieur sur notre planète. Une partie de ce rayonnement pénètre l'atmosphère et atteint la surface de la terre, tandis que la plus grande partie du rayonnement est absorbée par la masse de l'air. Il fallut donner un nom à ces derniers rayons. En Europe centrale on les appela rayons Hess à cause des recherches importantes que le professeur Hess avait effectuées dans ce domaine, tandis qu'on les dénomme en Amérique les rayons Millikan, parce qu'on n'ajoutait pas foi là-bas aux travaux de Hess. On leur donna également l'appellation de « rayons cosmiques » en voulant, peut-être quelque peu prématurément, unir leur nom à leur origine. On les nomma aussi ultra-gamma, parce qu'on supposait, peut-être tout aussi prématurément, qu'il s'agissait de rayons électro-magnétiques qui auraient leur place dans le spectre, au delà des rayons gamma. L'expression la plus pru-

dente fut celle de « rayons d'altitude » (Höhenstrahlen) parce qu'elle exprime ce que l'on connaît avec certitude : les rayons sont spécialement intenses à de grandes altitudes.

Les essais cités plus haut, ainsi que quelques autres ont permis de déterminer la force de pénétration, c'est-à-dire la dureté des nouveaux rayons. On trouva que les rayons cosmiques sont beaucoup plus durs que les rayons les plus durs du radium. Des essais de laboratoire confirment ceci : si une plaque de plomb de 1,5 cm. d'épaisseur réduit de moitié le rayonnement gamma du radium (Ra C.), une plaque de plomb doit être dix fois plus forte pour diminuer dans la même proportion le rayonnement cosmique. Quelques parties de ce rayonnement ne seront même absorbées de moitié que par une épaisseur de plomb de 150 cm.

Nous voyons par cela que nos nouveaux rayons présentent déjà un grand intérêt à un point de vue purement expérimental. Mais pour le physicien théoricien, l'étude de leur formation est encore beaucoup plus passionnantes. La physique moderne peut, à l'aide des théories de Planck et d'Einstein sur la nature du rayonnement, de l'énergie et de la matière, échafauder des hypo-

S. P.

VOYAGES ET SPORTS

HENRY DE MONFREID (*Prix des Vikings*)

Les Secrets de la Mer Rouge (16 hors texte) . . .	18 frs
Aventures de Mer (16 hors texte)	15 frs
La Croisière du Hachich (16 hors texte). . . .	15 frs
Vers les terres hostiles de l'Ethiopie (32 hors texte).	15 frs

ALAIN GERBAULT

Seul à travers l'Atlantique (8 hors texte) . . .	15 frs
A la poursuite du Soleil (16 hors texte)	15 frs
Sur la route du retour (16 hors texte)	15 frs

WILLIAM SEABROOK

Aventure aérienne (16 hors texte)	15 frs
---	--------

F. SIEBURG

Sur un brise-glace soviétique (16 hors texte) .	15 frs
---	--------

RENÉ LACOSTE

Tennis 1933, <i>édition revue</i> (32 hors texte). . . .	15 frs
--	--------

CHARLES SABOURET

Patiner (16 hors texte et nombreuses figures) .	15 frs
---	--------

RAYMOND VERGER

Ping-Pong (16 hors texte).	12 frs
------------------------------------	--------

G. DE VILLEPION

Nageons (16 hors texte)	15 frs
-----------------------------------	--------

ÉDITIONS BERNARD GRASSET

Participant d'une démarche de transmission de fictions ou de savoirs rendus difficiles d'accès par le temps, cette édition numérique redonne vie à une œuvre existant jusqu'alors uniquement sur un support imprimé, conformément à la loi n° 2012-287 du 1^{er} mars 2012 relative à l'exploitation des Livres Indisponibles du XX^e siècle.

Cette édition numérique a été réalisée à partir d'un support physique parfois ancien conservé au sein des collections de la Bibliothèque nationale de France, notamment au titre du dépôt légal. Elle peut donc reproduire, au-delà du texte lui-même, des éléments propres à l'exemplaire qui a servi à la numérisation.

Cette édition numérique a été fabriquée par la société FeniXX au format PDF.

La couverture reproduit celle du livre original conservé au sein des collections de la Bibliothèque nationale de France, notamment au titre du dépôt légal.

*

La société FeniXX diffuse cette édition numérique en accord avec l'éditeur du livre original, qui dispose d'une licence exclusive confiée par la Sofia – Société Française des Intérêts des Auteurs de l'Écrit – dans le cadre de la loi n° 2012-287 du 1^{er} mars 2012.

Avec le soutien du

