

# A la rencontre des rayons cosmiques

par Gérard Hartmann

*En dépit du danger que représentent des rayons cosmiques, l'astronome français Audouin Dollfus s'élance à l'assaut de la stratosphère le 22 avril 1959, suspendu à cent ballons formant une grappe de 450 mètres, pour étudier la Lune à quatorze kilomètres de la Terre. (A. Dollfus, Cinquante ans d'astronomie, 1998).*

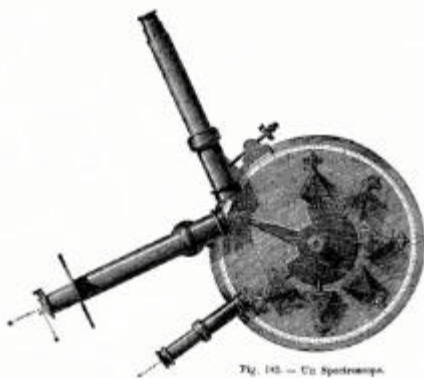
## A la rencontre des rayons cosmiques

Pendant un siècle, les « rayons » et autres événements venus du ciel sont demeurés énigmatiques, un bon sujet d'études scientifiques pour certains esprits scientifiques, une grave menace pour d'autres. En France c'est Jules Verne qui a mis le feu aux poudres en 1882 avec son roman « Le Rayon Vert », décrivant un phénomène atmosphérique extraordinaire et inexpliqué.



« Le Rayon Vert, c'est le Rayon Vert », Jules Verne 1882.

Les découvertes scientifiques successives de la fin du XIXe siècle n'ont fait que renforcer cette peur et fascination causée par ces « rayons mystérieux » qui produisent des « spectres » qu'on ne peut voir. En 1895, le physicien allemand Wilhelm Röntgen (premier prix Nobel de physique, 1901) découvre des rayons invisibles aussi pénétrants qu'inconnus (d'où leur nom) qu'il baptise « rayons X ». Il observe qu'ils éclairent un tube cathodique, impressionnent une plaque photographique, illuminent un électroscope, bref ionisent l'air qu'ils traversent. Le savant français Henri Becquerel révèle au monde l'année suivante un rayonnement « radioactif » capable lui aussi d'ioniser l'air.



L'analyse des astres par spectroscopie permet de déterminer leur nature chimique dès 1885.



M. Flammarion s'élevant des jardins du Conservatoire.

Aérostier, astronome et grand vulgarisateur, Camille Flammarion fonde en 1887 à Paris la Société astronomique de France.

La question que le monde scientifique se pose immédiatement est : d'où proviennent ces rayonnements qui illuminent l'électroscope ou le ciel boréal dans certaines conditions ? De la Terre ? Du Soleil ? D'une autre source, invisible et inexplicable ? Peut-on les utiliser ? Doit-on les craindre ? Les hommes n'ont pas ménagé leurs efforts pour le savoir. Dans cette quête par la science, les pionniers de l'air ont joué un rôle crucial. Les aérostiers ont osé aller à la rencontre des rayons cosmiques, avant que les aviateurs n'en soient victimes.



Camille Flammarion publie son *Astronomie populaire* en 1879, un livre qui fut la bible de Jules Verne. (Edition de 1911).

## Mystérieux rayons

Le XIX<sup>e</sup> siècle fut celui de l'électricité. Dans un mémoire publié en 1864 resté célèbre, le physicien écossais James Clerk Maxwell expose sa fameuse théorie électromagnétique de la lumière. A la suite de ses travaux, on découvre que la lumière est une onde électromagnétique d'une longueur particulière. L'une des lois de Maxwell concernant la *pression de radiation* est démontrée en 1876 par Adolfo Bartoli, tandis que le physicien allemand Heinrich découvre en 1888 la propagation des ondes électromagnétiques dans l'air (ondes hertziennes).

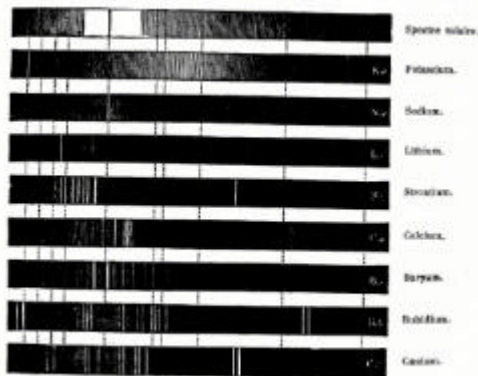
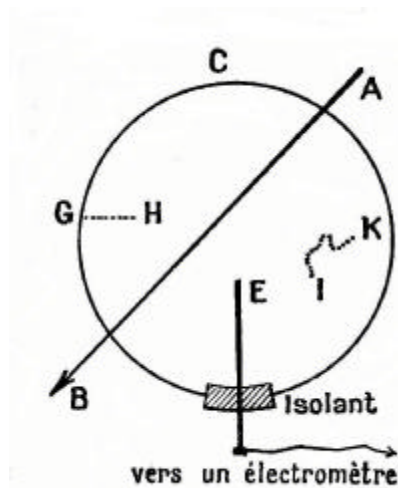


Fig. 36. — Figure comparative de différents spectres.

La spectrographie du Soleil montre d'étranges raies qu'on ne sait interpréter. (*Astronomie populaire*, 1899).

En 1899, le physicien anglais Ernest Rutherford révèle l'existence des rayons *alpha* (peu pénétrants) et *beta* (plus pénétrants) émis par l'uranium. Avec l'aide de Thomas Royds, Rutherford démontre en 1909 que les rayons *alpha* sont des particules subatomiques, des noyaux d'hélium.

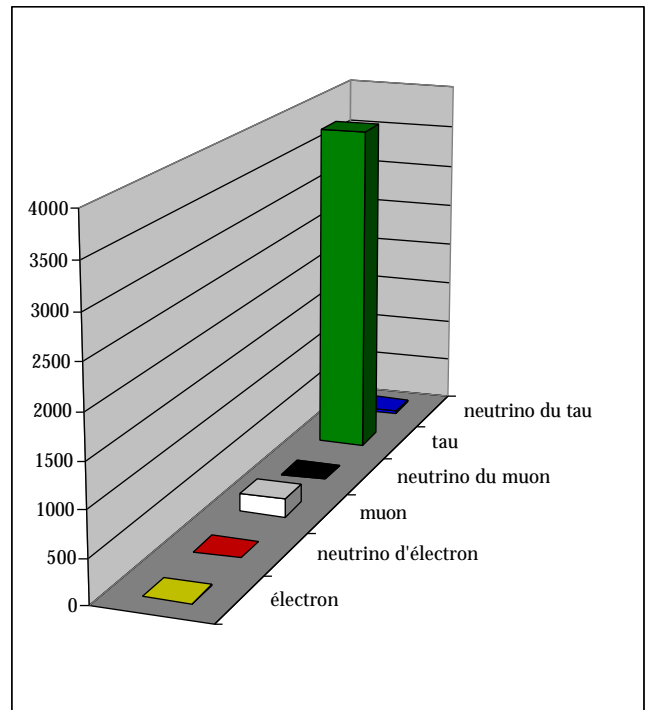


Dans la chambre d'ionisation de Wilson qui comprend une enveloppe métallique C et une électrode E, un gaz comprimé s'ionise au passage des rayons alpha, bêta et gamma (rayons cosmiques).



Affiche publicitaire, vers 1893 (MAE).

Le rayonnement *gamma* des corps radioactifs est découvert par le chimiste et physicien français Paul Ulrich Villard à l'Ecole Normale rue d'Ulm à Paris en 1900. Il observe que les rayons *gamma* ne sont pas déviés par un champ magnétique. En 1908, Villard établit la première théorie sur l'ionisation des gaz et de l'air dont il donne la première définition physique. Entre temps, en 1905, Albert Einstein a découvert la nature du *photon*.



Depuis 1962, des particules massives (muon, tau et leurs neutrinos) inconnues sur Terre ont été trouvées dans les rayons cosmiques.

En 1900, si on hésite encore sur la nature de l'air (on parle d'éther) et du vide concernant leur capacité à véhiculer les ondes électromagnétiques, si on ignore encore la structure de la matière et en particulier de l'atome, on sait que les éléments radioactifs contenus dans le sol dégagent des particules et des rayonnements dont on peut mesurer la présence et la force. Par ailleurs, les rayons X ayant mené à la radiographie, on met en évidence la nature pénétrante et dangereuse pour le corps humain d'une exposition prolongée à leur rayonnement.

Fidèle reflet des connaissances de l'époque, le dictionnaire Larousse de 1900 décrit l'électromètre, l'atome, l'analyse spectrale, les mots « cosmos » et « univers », mais ignore la spectroscopie, la radioastronomie, le radiomètre.

Dans tous les pays qui s'intéressent à la science, après les découvertes sensationnelles de Rutherford, Hertz et Becquerel, on passe au détecteur électrique tous les corps massifs dont les corps radioactifs et on décèle l'ionisation de l'air par ses radiations. Les savants conviennent que l'électroscope détecte une ionisation de l'air par suite de la présence d'éléments naturels radioactifs sur terre. On ne sait ni repérer la direction du rayonnement ni évaluer son énergie.



Le ballon FNRS d'Auguste Piccard, le 17 août 1931. (Collection Piccard).

## Les rayons cosmiques

En 1900, le physicien écossais Charles Thomson Rees Wilson démontre que l'air est légèrement conducteur. Avec Townsend, il met en évidence que les particules électrisées de l'air ionisé se condensent en vapeur, ce qui rend visible leur trajectoire. En 1910, il met au point un détecteur (chambre de Wilson) permettant de voir – et photographier – la trajectoire des particules ionisantes.

En 1908, le physicien allemand Hans Geiger détermine la charge des particules *alpha* et crée un peu plus tard en 1913 un compteur de particules électrisées par rayonnement. En 1909, le physicien américain Robert Andrews Millikan<sup>1</sup> calcule la charge de l'électron, source du rayonnement *beta*. En 1910, les savants disposent d'instruments donnant la direction et la quantité de particules d'un rayonnement.

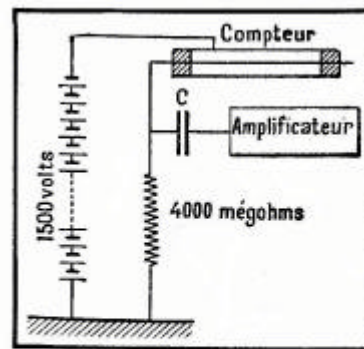


FIG. 4. — DÉTECTEUR DE RAYONNEMENT DE GEIGER ET MULLER

Le compteur Geiger-Müller, 1913.

Montée pour l'exposition universelle de 1887, la tour Eiffel devait être démontée après les célébrations du centenaire de la Révolution. Pour la préserver et faire taire la critique d'inutilité, Eiffel propose qu'elle serve de laboratoire. L'une des premières expériences qu'on y pratique concerne les mystérieux rayons. Améliorant l'électromètre, le père Theodore Wulf, un savant Hollandais, crée un électroscope performant en 1907. En 1910, cet électroscope placé au sommet de la tour Eiffel (1 000 pieds, soit 305 mètres) reçoit plus de charges qu'au sol, ce qui laisse les savants sans véritable explication. Par ailleurs, la spectrographie du Soleil

1. Millikan reçut en 1923 le Prix Nobel de physique. Lors d'une conférence donnée en juillet 1932 à Paris au Congrès international d'électricité, il expliqua avec le plus grand sérieux que les rayons cosmiques seraient créés dans les nébuleuses lointaines que vient de révéler l'astronome américain Edwin Hubble.

## A la rencontre des rayons cosmiques

révèle d'étranges raies d'absorption ne correspondant à aucun élément connu sur terre.

### **Victor Hess**

Travaillant entre 1910 et 1920 à l'Institut du radium à Vienne en Autriche, le physicien Victor Franz Hess (1883-1964) étudie les rayonnements et tente de répondre à ces deux interrogations. A la suite de diverses ascensions en ballon effectuées entre 1911 et 1913, souvent de nuit, détecteurs (électroscope Wulf, chambre de Wilson) à bord, il démontre que les radiations « naturelles » enregistrées par les instruments augmentent considérablement loin du sol, plus de 5 fois à 6000 mètres, altitude qu'il atteint en 1912 sans respirateur, au risque de sa vie.

Hess prouve que le rayonnement observé est d'origine extra-terrestre. En 1925, Millikan qualifie ce rayonnement de « cosmique ». La formule passe dans le public et fait sensation.

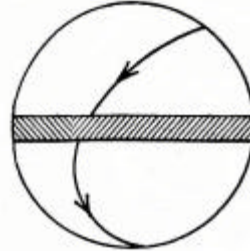


*Victor Hess lors d'une de ses ascensions, 1912.*

Réfugié aux Etats-Unis, Hess obtiendra en 1936 avec Carl David Anderson, le successeur de Millikan au Caltech, le prix Nobel de physique pour cette découverte.

Après la première guerre mondiale, d'actives recherches sur l'origine des rayons cosmiques sont menées aux Etats-Unis par Arthur Holly Compton (prix Nobel de physique 1927) et Carl David Anderson, en Grande-Bretagne par Patrick Meynard Blackett (prix Nobel de physique 1948) et le physicien Italien Giuseppe Occhialini, en Allemagne par Hans Albrecht Bethe (prix Nobel de physique 1967), Walter Heitler et Victor Regener,

en Italie par Bruno Rossi (professeur à l'université de Padoue), en Belgique par Auguste Piccard et Max Cosyns, au Japon par Hideki Yukawa (prix Nobel de physique 1949), par Alexander Friedmann et Dimitri Skobelzyn en URSS et en France par Pierre Victor Auger et Louis Leprince-Ringuet. Les questions qui se posent sont les suivantes : que sont les rayons cosmiques ? D'où proviennent-ils ? Quelle mystérieuse force les anime ?



*La chambre d'Anderson, en 1932, contient une lame de plomb la coupant en deux, ralentissant les rayons cosmiques, qui sont déviés et prennent une trajectoire courbe qu'on peut analyser.*

Tandis que Rutherford<sup>2</sup> et Bohr révèlent la nature profonde de l'atome, les recherches sur les rayons cosmiques se poursuivent par toutes sortes de moyens, des observatoires en montagne, des avions militaires, des ballons. Nommé en 1921 directeur du Caltech à Pasadena en Californie, Millikan place ses instruments à bord d'un ancien bombardier. En France, un pionnier des ballons paie de sa personne et se hisse à bord d'une nacelle d'observation sous un ballon gonflé à l'hydrogène : cet audacieux se nomme Charles Dollfus.



*Ballon du professeur Prokofiev, 1930.*

2. Rutherford a découvert le noyau de l'atome en 1911, le proton en 1914 et le neutron en 1920.

### **Charles Dollfus**

Aéronaute, historien de l'aéronautique (il publie avec Louis Hirschauer l'*Année aéronautique* entre les deux guerres) et conservateur historique du musée de l'Air qu'il contribue à fonder, Charles Dollfus (1893-1981) commence ses ascensions en ballon à 18 ans. Breveté pilote de ballon en 1913 (et de dirigeable en 1918), il effectue 614 ascensions en ballon libre entre 1911 et 1977, dont plusieurs à plus de 7 000 m d'altitude.



Charles Dollfus avant sa première ascension, seul, le 9 mars 1913.

Le Parisien totalise un nombre impressionnant d'heures de ballon et d'exploits, vols de plus de 1 000 km, records de distance, d'altitude, une ascension de 32 heures, six descentes en mer, deux descentes en parachute, dans diverses compétitions dont la Coupe Gordon-Bennett. Le 30 juin 1928, il tutoie le record mondial d'altitude. En 1936, il a traversé deux fois l'Atlantique nord à bord du *Hindenburg* après avoir effectué trois traversées de l'Atlantique sud à bord du *Graf Zeppelin*.

La recherche sur les rayons cosmiques avançant rapidement par suite des découvertes sur la structure de la matière (en laboratoire) et la mise au point d'instruments de détection des particules et rayonnements de plus en plus perfectionnés, plusieurs laboratoires de physique confient à Dollfus ces instruments.



Charles Dollfus le 5 juillet 1936 devant la nacelle de « l'Errant ».

Menées de 1927 à 1932, les explorations françaises en ballon à très haute altitude confortent les observations menées dans d'autres pays : les rayons cosmiques sont formés de particules subatomiques et de rayonnement *gamma* de très haute intensité, **des milliards d'électron-volts**, des centaines de milliers de fois supérieures à tout ce que les physiciens connaissent jusque là. Seulement, la chambre noire montrant l'ionisation du gaz (argon) sous pression qu'elle contient ne permet pas d'en isoler la cause : passage des particules alpha émises par la terre (radioactivité naturelle), rayons gamma libérés par l'atmosphère ou rayons venus de l'espace lointain.



Charles Dollfus en 1938. (Collection A. Dollfus).

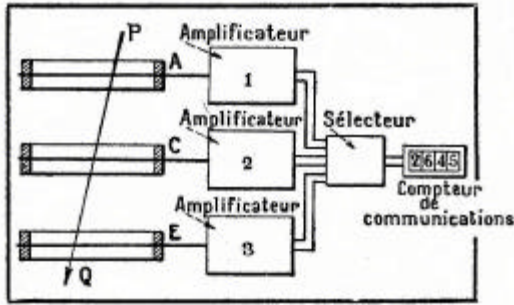


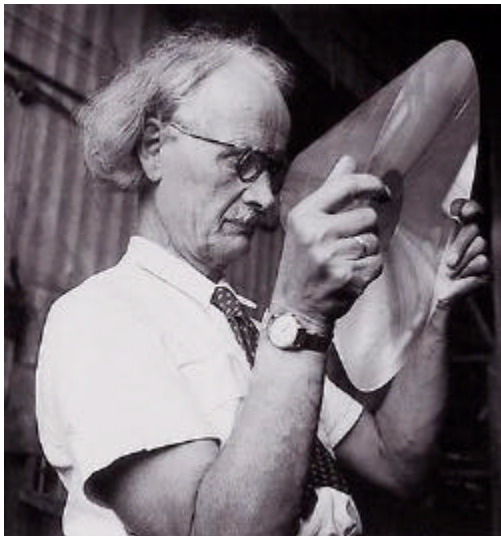
FIG. 5. — MÉTHODES DES COÏNCIDENCES

Deux physiciens de Cambridge, Blackett et Occhialini, utilisent le couplage de trois chambres, avec amplification du signal et comptage des particules par un compteur Geiger. En 1932, ce dispositif (méthode des coïncidences) a permis de déclencher automatiquement la photographie des bulles d'ionisation dans la chambre médiane, de déterminer le sens des trajectoires des particules (ici de P vers Q), de compter les particules et de déterminer leur puissance (vitesse).

Chaque amélioration dans l'instrumentation oblige est aérostiers à prendre de nouveaux risques. Désormais, les mesures ne se font plus dans l'atmosphère, mais dans la stratosphère, et de plus en plus haut, 5 000 mètres (1926), 10 000 (1929), 15 000 (1931).



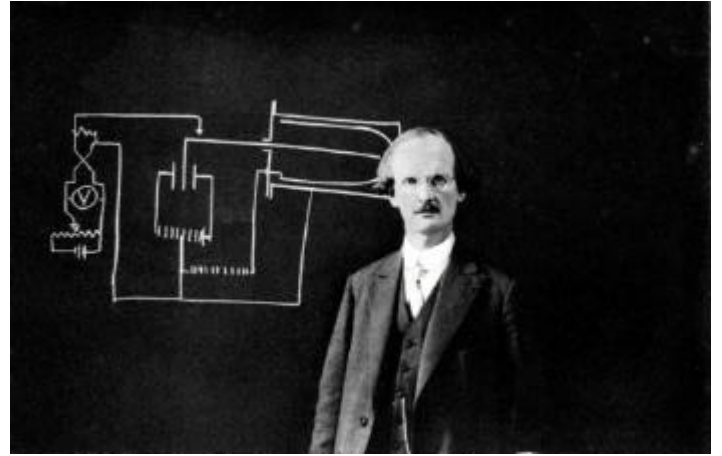
Charles Dollfus, Ivan Kayser et Audoin Dollfus, 1960.



Piccard a servi de modèle à Hergé pour la création du personnage de Tryphon Tournesol.

## Auguste Piccard

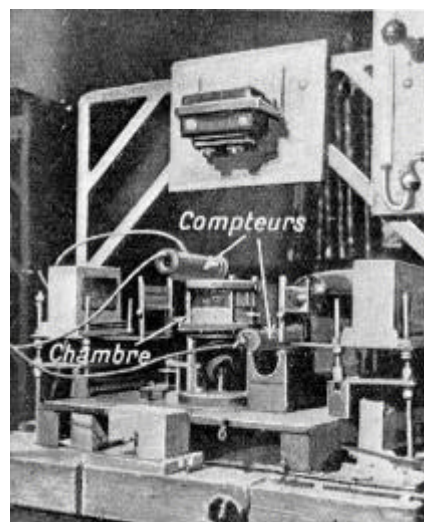
Né en Suisse en 1884, Auguste Piccard effectue sa première ascension en 1912. Après sa thèse en physique, il poursuit ses travaux à Bruxelles où il est nommé en 1922 professeur d'université disposant d'un laboratoire de recherche.



Auguste Piccard, professeur à l'université de Bruxelles.

Attiré par les problèmes que posent les rayons cosmiques, il décide de les étudier à très haute altitude depuis un ballon, car dit-il « On connaissait bien les essais de Millikan, mais les résultats qu'il avait obtenus avec le ballon-sonde étaient si mauvais et leur interprétation si douteuse que je décidai d'essayer un autre procédé. Attendu que Millikan est réputé expérimentateur de premier ordre et qu'il dispose financièrement de moyens étendus, je n'avais aucune raison d'admettre qu'en suivant le même voie j'obtiendrais de meilleurs résultats que le grand savant américain ».

En 1926, à bord de l'*Helvetia*, il monte à 4 500 mètres vérifier l'expérience des Américains Michelson et Morley, selon laquelle la vitesse de la lumière est invariable.



La chambre humide de Wilson, utilisée de 1932 à 1935 pour l'étude des rayons cosmiques.

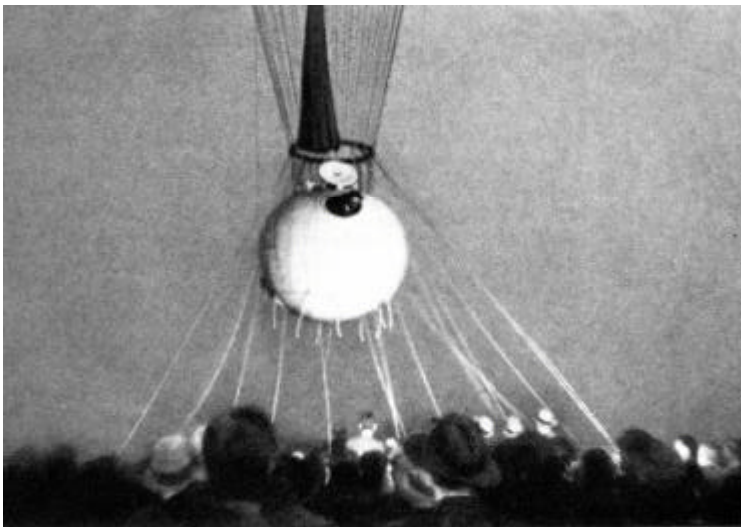
## A la rencontre des rayons cosmiques

En 1929, Piccard obtint l'appui du Fonds national de la recherche scientifique belge et peut construire son ballon, baptisé FNRS. A bord de cet engin de 732 kg, dont la cabine pressurisée n'offre qu'un diamètre de 2,10 m, il monte à 15 781 mètres le 27 mai 1931, accompagné du jeune physicien suisse Paul Kipfer.

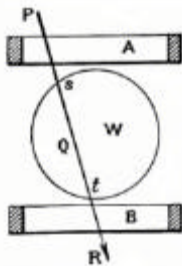


*Kipfer et Piccard casqués pour leur première ascension.*

Une deuxième ascension effectuée en août 1932 conduit Piccard et le Belge Cosyns de Dübendorf en Suisse au Lac de Garde en Italie. L'altitude atteinte fut cette fois de 16 201 mètres, un record mondial. Seuls les Russes et les Américains feront mieux après, avant de lancer des satellites <sup>3</sup>.



*Ballon de Piccard et Cosyns au départ, le 18 août 1932.*

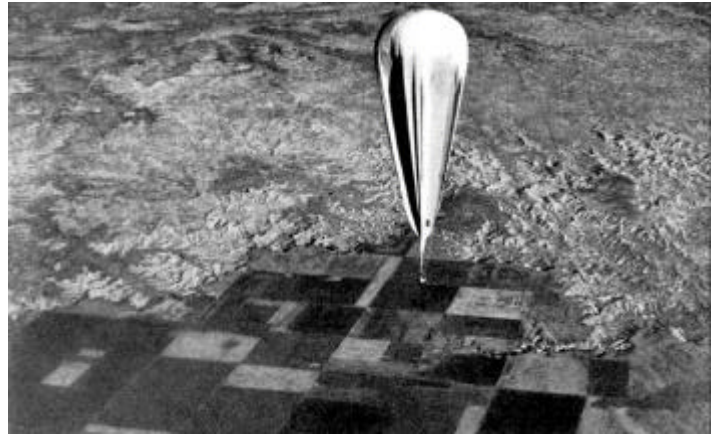


*Wilson en 1932 améliore sa chambre humide, en utilisant la méthode des coïncidences.*

3. Après Piccard, les Russes sont montés à 18 600 mètres en ballon en 1934 et les Américains Stevens et Anderson à 22 060 mètres en 1935, à bord de leur ballon Explorer II.

Le 18 août 1934, une troisième ascension, avec Max Cosyns et Nérée van der Elste, mène leur ballon en Yougoslavie après avoir parcouru 1 800 km et atteint 15 500 mètres.

La FAI a homologué à 16 201 mètres le record d'altitude de Piccard, une mesure effectuée par un barographe.



*Ballon Explorer II de Stevens et Anderson, 1935.*

Dollfus et Piccard ont donné à la recherche sur les rayons cosmiques en Europe une impulsion considérable. A chaque vol, une pluie de renseignements fournit des indications précieuses aux physiciens.



*Piccard et Cosyns examinent l'étanchéité de leur cabine. En cas de fuite, c'est la mort assurée.*

En 1932, en observant les rayons cosmiques, Anderson a découvert dans sa chambre noire le *positron*, ou électron positif, la première particule d'antimatière. Ce résultat étrange, très controversé, est confirmé en 1933 par Blackett et Occhialini au laboratoire de Cambridge.

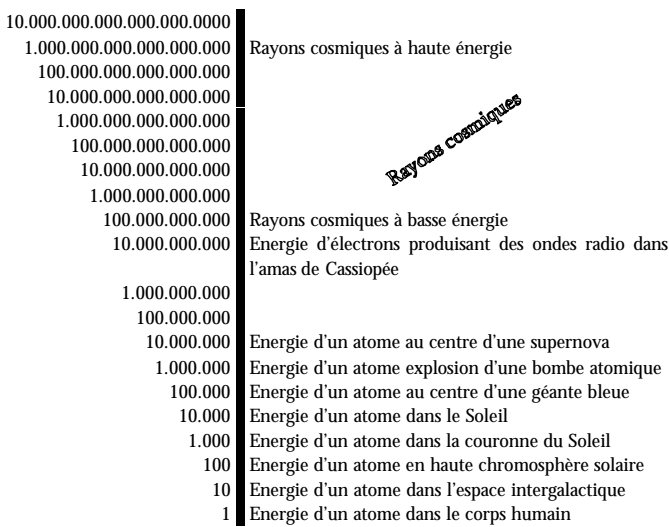
Après la seconde guerre mondiale, la recherche fondamentale sur les particules élémentaires subatomique ne se fera plus en ballon mais dans des accélérateurs de particules, le premier *cyclotron* proposé par le physicien américain Ernest Lawrence (prix Nobel de physique 1939), étant réalisée en 1932 à Berkeley.



**Situation en 1935**

Depuis un demi-siècle et l'observation aux pôles du fameux « rayon vert », l'étude des rayons cosmiques a progressé considérablement grâce aux instruments, aux mesures effectuées au sol et aux ascensions en ballons stratosphériques.

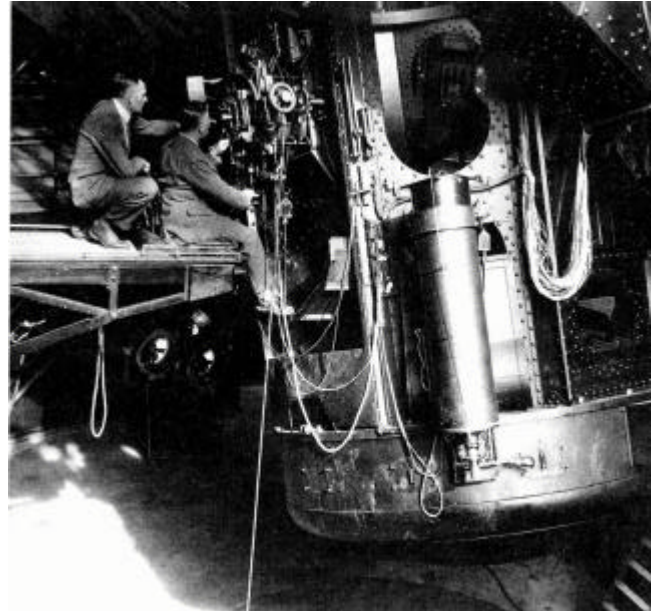
Les rayons cosmiques ont fourni aux physiciens des spécimens de radiations de très faible longueur d'onde (rayons *gamma*), mais aussi des rayons *alpha* et *beta*, des atomes ionisés lourds et instables (carbone 14), des particules qu'on ne trouve pas sur terre, des antiparticules (positron) avec des niveaux d'énergie extraordinaires. Ces phénomènes, inconnus, expliquent les erreurs commises dans l'identification des rayons cosmiques.



On a d'abord cru qu'ils consistaient en radiations à très courte longueur d'onde, des rayons *gamma*. La surprise fut de s'apercevoir que le bombardement n'est pas identique suivant la latitude, du pôle à l'équateur. Les résultats établis par Arthur Compton en 1932 et par Pierre Auger et Louis Leprince-Ringuet en septembre et octobre 1933 montrent qu'un navire faisant un voyage du Havre à Buenos Aires et retour a reçu un bombardement de 170 000 particules. Ils constatent, aux faibles latitudes, une diminution de 15 %. Inversement, Dauvillier, expérimentant entre la France et le Groenland, n'a observé aucune variation appréciable. Ceci prouve que les rayons cosmiques sont sensibles à la magnétisation de la terre. Insensibles par définition au champ magnétique, la piste des radiations est abandonnée. On a pensé ensuite que les rayons cosmiques étaient des particules de matière.

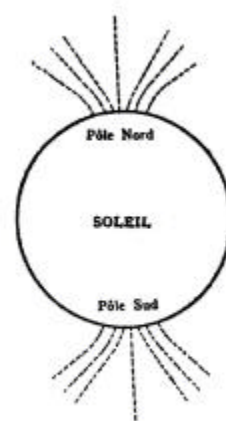
Etabli au niveau de la mer, le résultat de ces mesures révèle que chaque centimètre carré de surface horizontale est traversé, en une minute, par un de ces rayons, qui engendre une trentaine de paire d'ions sur chaque centimètre de son parcours.

La cadence de ces bombardements est donc assez faible, ce qui ne les empêche pas d'apporter, au total, une quantité d'énergie extraordinairement élevée, à peu près égale à celle qui arrive, sous forme de lumière, de l'ensemble des étoiles, le soleil excepté.



Le grand astronome américain Edwin Hubble, à gauche, aide l'astronome anglais James Jeans à observer les galaxies lointaines dans la lunette de l'observatoire du mont Wilson (1931).

D'importance capitale, les mesures par ballons confirment que le bombardement est plus intense en haute atmosphère et dans la stratosphère qu'au sol. Mesuré par Regener avec des ballons-sondes jusqu'à 25 kilomètres et par Piccard et Cosyns en aérostat jusqu'à 16 kilomètres, cette variation s'exprime est dans le rapport de 1 à 35. Elles prouvent que les radiations viennent du ciel et que leur origine se situe au-delà de la troposphère, probablement d'origine galactique, mais ceci n'a pas encore été formellement démontré, les physiciens se concentrant sur leur analyse, à portée des détecteurs, plutôt que spéculer sur leur origine.



En 1935, on se demande si le Soleil possède un champ magnétique.

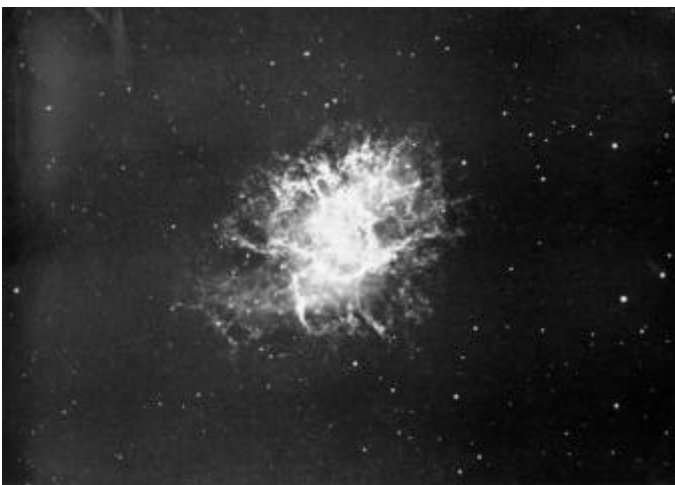
## A la rencontre des rayons cosmiques

Capables de traverser 200 mètres d'eau, un mètre de plomb ne les stoppant qu'aux trois quarts, les rayons cosmiques qui parviennent au sol sont « ramollis » par les collisions des particules de haute énergie avec les noyaux des atomes de notre atmosphère. Tel est l'apport des observations en ballon.



*Auguste Piccard et Gabriele d'Annunzio.*

Les mesures effectuées en laboratoire par Bruno Rossi indiquent que le rayonnement est constitué d'un mélange de particules, certaines, en très grand nombre, étant de faible énergie, stoppées par quelques briques de plomb, d'autres, en très petit nombre, traversant un mètre de plomb. Il en conclut que les rayons de forte énergie (plusieurs milliards d'électronvolts) sont probablement le fait d'une particule d'une forte masse animée d'une vitesse formidable, proche sans doute de celle de la lumière. Rossi a également constaté que dans le voisinage de l'équateur, le bombardement est plus intense du côté de l'occident que de l'orient.



*La nébuleuse du Crabe NGC 1952, identifiée en 1932 comme étant une importante source de rayonnements. (Mont Palomar).*

Si certains pensent que les rayons cosmiques proviennent du Soleil, ou de notre Voie lactée, Millikan croit que des particules très pénétrantes ne peuvent provenir que des amas globulaires (galaxies) lointains de notre univers, ce qui reste encore à établir. Les particules de faible énergie détectées au sol seraient un rayonnement secondaire engendré par notre atmosphère, selon la théorie de Bethe et Heitler sur les gerbes (1934) et les premiers travaux menés par Auger et Leprince-Ringuet.



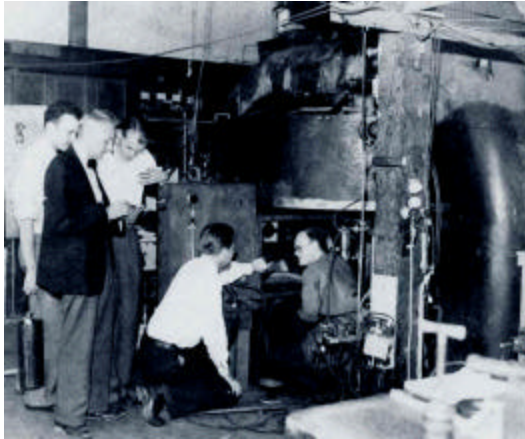
*Seule concession à la sécurité, Piccard fixe un parachute à son ballon FNRS, 1932.*

Quelles particules sont à l'origine des rayons cosmiques, s'agit-il, de protons, d'électrons, de neutrons ? D'après les traces laissées dans la chambre humide, il s'agirait d'électrons positifs et négatifs, c'est-à-dire de positrons et négatrons, accélérés dans l'espace à une prodigieuse vitesse. Les gerbes visualisées dans la chambre humide donnent naissance à une vingtaine de trajectoires secondaires (des électrons ?). La conclusion de Rossi est que les rayons cosmiques pénétrants sont formés de positrons, de négatrons et de photons, mais l'effet du champ magnétique terrestre ne s'accorde pas avec cette piste.

Les ascensions humaines en ballon ont permis de comprendre un autre phénomène au fur et à mesure que l'altitude dans l'atmosphère augmente, l'air se raréfie et la température diminue, mais au-delà de la troposphère, dans la stratosphère la température augmente légèrement, sous l'effet des bombardements des rayons cosmiques.

### Recherches entre 1945 et 1950

A la fin de la seconde guerre mondiale, on pense généralement que les rayons cosmiques initiaux, ceux qui frappent notre troposphère, sont presque entièrement composés de protons. Pierre Auger a démontré en 1938 en laboratoire que les gerbes de particules subatomiques dans les rayons cosmiques proviennent de la collision des particules avec les molécules de l'air.



Ernest Lawrence devant le cyclotron de Berkeley.

Lors d'une conférence tenue à Cambridge en 1946, plusieurs physiciens se moquent de la théorie soutenant que les rayons cosmiques contiennent des noyaux d'atomes autres que l'hydrogène (proton). L'incrédulité est telle que personne après la conférence ne juge utile de faire partir un ballon muni de plaques photographiques. Quand cette expérience est réalisée deux ans plus tard par les Américains Bradt et Peters à Rochester, des noyaux d'éléments autres que l'hydrogène sont détectés. Le physicien Martin Pomerantz du Collège Swarthmore a dû faire partir un ballon sonde à 127 000 pieds (38 000 mètres) pour effectuer cette mesure.



L'astrophysicien suisse Fritz Swicky, découvreur des galaxies non spirales, 1933. Il est l'auteur d'une théorie selon laquelle les galaxies contiennent une énorme quantité de matière invisible.

Les rayons cosmiques n'ont pas encore révélé tous leurs secrets. En 1947, les physiciens britanniques de l'université de Manchester George Rochester et Clifford Charles Butler découvrent une nouvelle particule neutre et instable dans les rayons cosmiques, baptisée  $K^0$  (494 MeV)<sup>4</sup>, et le physicien britannique Cecil Frank Powell en 1949 (prix Nobel de physique 1950) met en évidence dans les rayons cosmiques l'antiparticule  $K^+$ .

En 1948, tandis que Hubble publie ses travaux sur les galaxies lointaines et sa théorie du « décalage vers le rouge », Bethe et Gamow exposent leur théorie sur la synthèse des éléments et noyaux lourds de l'univers par le Big Bang.

En 1949, Enrico Fermi propose une théorie selon laquelle les protons des rayons cosmiques sont accélérés par les radiations intergalactiques et les ondes de choc qui résultent de l'explosion d'une supernova.



La nébuleuse NGC 346 du Petit nuage de Magellan proche de notre Voie lactée, source abondante d'hélium primitif.

Il y a maintenant de nombreux arguments en faveur de la thèse selon laquelle les rayons cosmiques sont, à l'origine, des noyaux lourds. Cette théorie « européenne » est critiquée par les physiciens américains de Rochester, avançant que si les noyaux lourds étaient la cause d'éclatements, le lithium, le béryllium et le bore devraient être représentés en assez forte proportion dans les particules des rayons cosmiques qui pénètrent dans notre atmosphère. C.F. Powell et ses collègues à Bristol confirment en 1950 par des mesures effectuées par des ballons la présence de ces noyaux.

4. En 1955, on pense que les mésons  $\pi$  (ou pions) sont la « colle » qui soude les protons aux neutrons dans les noyaux. Ils sont prisonniers du noyau, mais si une particule vient les délivrer, ils se décomposent en mésons  $\mu$  et neutrinos, ou en rayons  $\gamma$ . Les mésons  $\mu$  se décomposent alors en électrons et en neutrons. Le méson  $ka$  (famille des kaons) qui comprend  $K^0$  neutre et l'antiparticule  $K^+$ , se dissocie à l'état libre en muons, pions, eux-mêmes donnant en phase ultime de simples électrons, positrons et neutrons.

### 1965, ultime explication

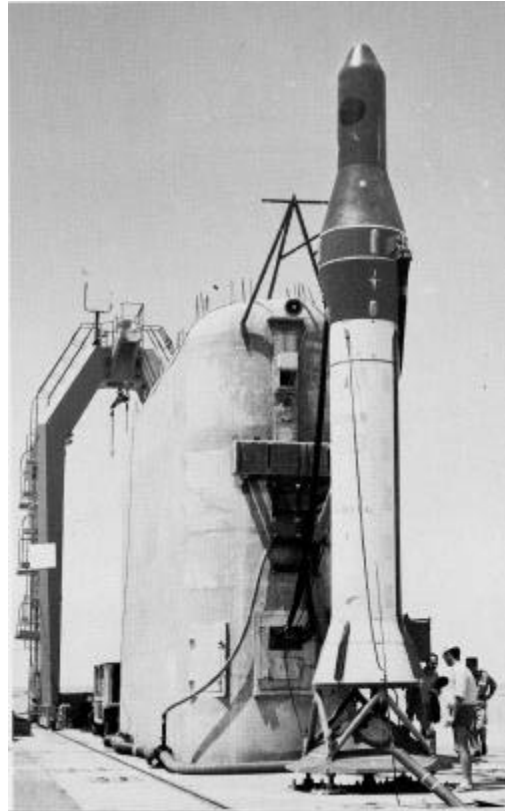
Depuis presque un siècle, les recherches sur la nature et plus récemment l'origine des rayons cosmiques sont de plus en plus nombreuses. Pourquoi donner tant d'importance aux rayons cosmiques ?



L'astrophysicien Fred Hoyle en 1964.

C'est parce qu'en 1950, on a découvert dans les rayons cosmiques un rayonnement synchrotron et décelé en 1962 la présence d'électrons. Selon l'astrophysicien Fred Hoyle : « Si les rayons cosmiques sont présents partout dans l'univers, des particules et des phénomènes à forte énergie doivent jouer un rôle capital dans le comportement des galaxies et de l'univers. De la distribution et de l'origine de ces rayons dépendraient directement l'origine des galaxies. Une galaxie pourrait réagir sur d'autres par les rayons cosmiques qu'elle émet. Ils pourraient expliquer le problème de la masse manquante de l'univers et les origines du Big Bang. Un nombre considérable de questions plongeant jusqu'aux sources même de la science moderne découlent de ces problèmes des rayons X, des rayons gamma et des rayons cosmiques ».

Dans les pays développés, l'étude des rayons cosmiques implique en effet désormais les physiciens de l'énergie nucléaire, qui possèdent la connaissance des rayonnements et particules, les astrophysiciens, familiers des régions du ciel, les ingénieurs en charge de la conquête spatiale, à la recherche de solutions viables, les ingénieurs des télécommunications car les premiers satellites astronomiques doivent transmettre leurs informations avant d'être détruits, et il concerne aussi les militaires. Dans les années 1950, certains pilotes militaires volant à très haute altitude (plus de 10 000 mètres) croyant être l'objet d'une attaque ont vidé leur chargeur et tiré leurs missiles sur un ennemi invisible : leur cerveau avait été traversé par des rayons cosmiques. Les vols en altitude (bombardiers stratégiques) et spatiaux habités (inaugurés en 1961) nécessitent l'étude des combinaisons protégeant l'équipage de l'agression des rayons cosmiques.



Véhicule expérimental «Topaze », 1962. Le 1<sup>er</sup> satellite français sera lancé le 26 novembre 1965 par Diamant A, le 1<sup>er</sup> satellite astronomique, Tournesol, le 15 avril 1971 par Diamant B.

Le Symposium de Radioastronomie tenu à Paris en 1958 marque les débuts de la coopération entre radioastronomes et astrophysiciens du monde entier en matière de cosmogénie, des liens presque toujours tissés autour des rayons cosmiques. Les ballons-sondes et les satellites scientifiques envoyés dans l'espace emportent des détecteurs de plus en plus spécialisés. On recherche la trace du *neutrino*, une particule quasi-mythique, imaginée abondante mais dépourvue de charge et de masse. Il est finalement découvert dans les rayons cosmiques par les Américains Fred Reines (prix Nobel de physique 1995) et Clyde Cowan en 1956.

En 1964, l'astrophysicien anglais Fred Hoyle révèle l'existence des « Pulsars » et des « Quasars », une prodigieuse source de radiations, tandis que Ginzburg et Syrovatskii établissent définitivement le modèle de base de l'origine des rayons cosmiques.

Créé en mars 1962, Le CNES débute ses travaux par l'installation à Aire-sur-l'Adour du premier Centre français de lancement de ballons stratosphériques. Entre 1963 et 1993 sont lancés chaque année une quarantaine de ballons. Météorologie et étude des rayons cosmiques sont bien entendu au programme. Aujourd'hui, on pense avoir percé le secret des rayons cosmiques ; on utilise des sondes spatiales et plus des ballons-sondes ; la recherche sur la matière et son origine se fait dans des accélérateurs de particules comme celui du CERN à Genève.