

LES INGÉNIEURS

DU SIÈCLE DES LUMIÈRES À NOS JOURS

Matthieu Horgnies
Marc Aucouturier
Évelyne Darque-Ceretti
Éric Felder



ellipses

LES INGÉNIEURS

DU SIÈCLE DES LUMIÈRES À NOS JOURS

Matthieu Horgnies

Marc Aucouturier

Évelyne Darque-Ceretti

Éric Felder



Présentation des auteurs

- Matthieu HORGNIES, HDR (Habilité à diriger des recherches à l'université de Nice-Sophia-Antipolis), est chercheur et en charge des activités liées à l'open-innovation au Centre d'Innovation du groupe Holcim à Saint Quentin-Fallavier.
- Éric FELDER, Maître de Recherches honoraire à l'Ecole des Mines de Paris a été co-responsable du groupe Surfaces et Tribologie du Centre de Mise en Forme des Matériaux (CEMEF) à Sophia-Antipolis.
- Évelyne DARQUE-CERETTI, Maître de Recherches honoraire à l'Ecole des Mines de Paris, a été responsable du groupe Surfaces et Tribologie du Centre de Mise en Forme des Matériaux à Sophia-Antipolis.
- Marc AUCOUTURIER, ingénieur civil des Mines a effectué sa carrière au CNRS, à l'Ecole des Mines de Paris, l'Université Paris Sud d'Orsay et le Centre de Recherche et Restauration des Musées de France.

Des mêmes auteurs, aux éditions Ellipses

- É. Felder, « Énergie et tension superficielles des solides », coll. Technosup, éd. Ellipses, Paris, 2015.
- É. Darque-Ceretti, M. Aucouturier, É. Felder, M. Horgnies, *Matériaux, de l'élaboration à l'utilisation des matériaux*, coll. Technosup, éd. Ellipses, Paris, 2020.
- M. Horgnies, É. Darque-Ceretti, É. Felder, M. Aucouturier, *Des scientifiques célèbres en mathématiques et en sciences physiques (d'Archimède à Alan Turing)*, éd. Ellipses, Paris, 2021.
- M. Horgnies, É. Darque-Ceretti, É. Felder, M. Aucouturier, *Les outils dans l'histoire des Sciences Physiques*, éd. Ellipses, Paris, 2023.

Conception graphique couverture : Éric VIGIER

Conception graphique intérieur et mise en pages : Anne-Laure TEDESCO

ISBN 9782340-102538

Dépôt légal : avril 2025

©Ellipses Édition Marketing S.A.

8/10 rue la Quintinie 75015 Paris



Le Code de la propriété intellectuelle et artistique n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

www.editions-ellipses.fr

AVANT-PROPOS

Qui a découvert la présence de sucre dans la betterave fourragère ou trouvé un remède aux champignons ravageant les vignes ? Qui a inventé le réfrigérateur ou la machine à laver la vaisselle dont nous ne pouvons plus nous passer ? Qui a écrit le premier programme informatique ? Qui a inventé le crayon moderne, un objet très simple mais si utile ? Quelle est l'origine de l'argent distribué lors de l'attribution des prix Nobel chaque année ? Comment se sont développés les transports, de la voie ferrée du XVIII^e siècle aux drones d'aujourd'hui ? En combien de temps a été érigée la tour Eiffel et pourquoi n'a-t-elle pas été démontée comme c'était initialement prévu 10 ans après la fin de l'Exposition universelle de 1889 ? En quoi sont faits les gilets pare-balles des militaires et des policiers, si légers et si résistants ? Qui a inventé le terme « biologie » pour désigner la science du vivant ? De quand date l'invention du béton précontraint qui a révolutionné la conception et la construction des ouvrages d'art ? Quelle innovation a permis le développement actuel phénoménal d'Internet ? Voilà quelques questions parmi beaucoup d'autres auxquelles ce livre se propose de répondre en évoquant la vie et l'œuvre d'une quarantaine d'hommes de sciences ou d'inventeurs, certains bien connus du grand public, au moins de nom, d'autres à la renommée plus confidentielle.

À côté de ces petites « colles », on peut se poser une question plus générale. Comment l'humanité innove, découvre, invente ? Dure question à laquelle répondre tant est large l'éventail scientifique et technique à notre disposition. Que cela soit par chance, curiosité ou opiniâtreté, durant un long processus créatif teinté d'expériences réussies ou ratées, ou par le hasard des rencontres et des interactions sociales, les derniers siècles auront vu apparaître un flot continu de découvertes, la plupart liées à l'ouverture scientifique au tournant du XVI^e siècle. Dans ce livre divisé en trois chapitres, nous avons choisi de mettre en avant la vie et le parcours scientifique et technique d'une quarantaine de savants, médecins, explorateurs, ingénieurs ayant apporté une contribution significative au monde tel que nous le connaissons de nos jours. Le choix s'est porté à la fois sur des personnes déjà bien connues du grand public mais aussi sur des personnalités plus méconnues, qui restèrent longtemps dans l'ombre de l'histoire des découvertes.

Les mécanismes physicochimiques, la connaissance de son environnement proche et le monde du vivant furent à l'origine de nombreuses avancées scientifiques tout au long du XVIII^e siècle. C'est pourquoi le premier chapitre de ce livre, consacré au siècle des Lumières, présente des scientifiques, explorateurs et ingénieurs en lien avec la biologie, la botanique, l'évolution des espèces, la chimie. Ce siècle verra aussi l'invention ou le développement d'objets de la vie quotidienne utilisés jusqu'à nos jours (qu'ils soient liés aux montres, aux crayons à papier ou aux boîtes de conserve).

Le deuxième chapitre est consacré au XIX^e siècle, siècle de la révolution industrielle qui vit tant d'avancées dans les secteurs de l'industrie mais aussi en médecine avec la découverte des microorganismes responsables des maladies. Marqué par le développement du chemin de fer et l'apparition des premières voitures automobiles, ce siècle sera aussi à l'origine de bien des bouleversements dans les modes de transport des hommes et des marchandises.

Enfin, le troisième et dernier chapitre couvre le XX^e siècle (jusqu'à nos jours) qui voit l'émergence de la chimie des polymères, l'invention du laser mais aussi de nombreuses découvertes scientifiques dans le domaine de la géologie, de l'océanographie et du climat. Ce dernier chapitre met aussi en avant les découvertes majeures effectuées d'abord dans le domaine de la physique quantique, puis plus tard dans le secteur de l'informatique, cette dernière révolution faisant passer une grande partie de l'humanité dans l'ère numérique.

Par-delà ces quarante personnalités et un choix qui peut paraître restreint, cet ouvrage évoque les contributions de plus d'une centaine d'autres scientifiques, tant les inventions et découvertes ne sont jamais l'apanage d'une personne ayant raisonné toute seule mais bel et bien le travail issu d'interactions avec ses pairs, de l'engouement de toute une équipe, voire même quelquefois, le fruit d'une compétition entre équipes concurrentes. Ce livre met aussi en évidence comment l'époque même de l'invention et de la découverte, par la création de nouveaux besoins ou la prise de conscience d'une société, influence la célébrité et la postérité d'une invention ou d'une découverte scientifique, les contributions de certains grands scientifiques et ingénieurs n'ayant au contraire été attribuées et reconnues que sur le tard, voire à titre posthume.

SOMMAIRE

• Frise chronologique des découvertes et de leurs inventeurs

Chapitre I

Le XVIII^e siècle, des savants à l'époque des Lumières

APPERT (Nicolas, 1749-1841)

BARRET (Jeanne, 1740-1787)

BERNOULLI (Daniel, 1700-1782)

BREGUET (Abraham-Louis, 1747-1823)

BUFFON (Georges-Louis Leclerc, comte de, 1707-1788)

CONTÉ (Nicolas-Jacques, 1755-1805)

JUSSIEU (Bernard de, 1699-1777)

LAMARCK (Jean-Baptiste de, 1744-1829)

MARGGRAF (Andreas Sigismund, 1709-1782)

MONTGOLFIER (Joseph-Michel, 1740-1810 et Jacques-Étienne, 1745-1799)

PARMENTIER (Antoine, 1737-1813)

Chapitre II

Le XIX^e siècle, révolution industrielle et dans les transports.

BOLLÉE (Amédée, 1844-1917)

BRILLE (Louis, 1809-1852)

COCHRANE (Joséphine Garis, 1839-1913)

EIFFEL (Gustave, 1832-1923)

FERRIÉ (Gustave, 1868-1932)

FOOTE NEWTON (Eunice, 1819-1888)

FRESNEL (Augustin, 1788-1827)

GIFFARD (Henri, ou Henry, 1825-1882)

LINDE (Carl von, 1842-1934)

LOVELACE (Ada, 1815-1852)

MILLARDET (Alexis, 1838-1902)

NOBEL (Alfred Bernhard, 1833-1896)

PERKIN (William Henry, 1838-1907)

SABATIER (Paul, 1854-1941)
SEMMELWEIS (Ignaz Philipp, 1818-1865)
STEPHENSON (George, 1781-1848)
TRABUT (Louis Charles, 1853-1929)
WRIGHT (Orville et Wilbur, 1871-1948 et 1867-1912)

Chapitre III

Du ^{xx}e siècle jusqu'à nos jours, de la révolution quantique à la révolution numérique.

BERNERS-LEE (Tim, 1955-)
FERT (Albert, 1938-)
FAHRNEY (Delmer Slater, 1898-1984)
FLEMING (Alexander, 1881-1955)
FREYSSINET (Eugène, 1879-1962)
JOLIOT-CURIE (Irène, 1897-1956, et Frédéric, 1900-1958)
KASTLER (Alfred, 1902-1984)
KWOLEK (Stephanie, 1923-2014)
MIDGLEY JR. (Thomas, 1889-1944)
MILLER (Stanley Lloyd, 1930-2007)
MOUROU (Gérard, 1944-)
PICCARD (Auguste, 1884-1962)
SODDY (Frederick Soddy, 1877-1956)
WEGENER (Alfred Lothar, 1880-1930)

- Bibliographie
- Index des personnes

FRISE CHRONOLOGIQUE DES DÉCOUVERTES ET DE LEURS INVENTEURS

Principale découverte ou invention	Prénom et nom	Période
Botaniste, créateur d'une classification des plantes	Bernard de Jussieu	1699-1777
Mise en équation de la mécanique des fluides et précurseur de la théorie cinétique des gaz	Daniel Bernoulli	1700-1782
Mathématicien et naturaliste, auteur de la monumentale « Histoire naturelle »	Georges-Louis Leclerc Buffon	1707-1788
Chimiste, découvreur de la présence de sucre dans la betterave fourragère	Andrea Sigismund Marggraf	1709-1782
Pharmacien militaire, agronome, promoteur de la consommation de la pomme de terre	Antoine Parmentier	1737-1813
Botaniste, aventurière et circumnavigatrice	Jeanne Barret	1740-1807
Industriels de la papeterie et inventeurs de la montgolfière	Joseph-Michel et Jacques-Étienne Montgolfier	1740-1810 1745-1799
Naturaliste, créateur du terme « biologie », réalisateur de la classification des invertébrés et promoteur de la théorie du « transformisme » des êtres vivants	Jean-Baptiste de Lamarck	1744-1829
Mécanicien et horloger, inventeur entre autres du système tourbillon dans les montres	Abraham-Louis Breguet	1747-1823
Inventeur des boîtes de conserves	Nicolas Appert	1749-1841
Savant français ayant participé à la campagne d'Égypte et créateur du crayon moderne	Nicolas-Jacques Conté	1755-1805
Ingénieur, créateur de la première ligne de chemin de fer de l'ère industrielle	George Stephenson	1781-1848
Théoricien de la diffraction et promoteur de la théorie ondulatoire de la lumière	Augustin Fresnel	1788-1827
Musicien, inventeur d'un système de lecture et d'écriture à l'usage des personnes aveugles ou malvoyantes	Louis Braille	1809-1852
Mathématicienne et pionnière de l'informatique	Ada Lovelace	1815-1852
Médecin obstétricien, promoteur de l'hygiène durant les accouchements	Ignace Philippe Semmelweis	1818-1865

Pionnière en climatologie	Eunice Foote Newton	1819-1888
Inventeur du dirigeable à vapeur et pionnier du transport aérien	Henri Giffard	1825-1882
Le triomphe de l'architecture métallique	Gustave Eiffel	1832-1923
Chimiste, inventeur de la dynamite et autres explosifs, philanthrope et à l'origine des prix Nobel	Alfred Bernhard Nobel	1833-1896
Responsable des hybridations des ceps de vignes pour lutter contre le phylloxéra et inventeur de la bouillie bordelaise	Alexandre Millardet	1838-1902
Chimiste, découvreur du premier colorant industriel	William Henry Perkin	1838-1907
Inventrice du premier lave-vaisselle	Joséphine Garis Cochrane	1839-1913
Ingénieur, inventeur du premier réfrigérateur et réalisateur de la première liquéfaction de l'air	Carl von Linde	1842-1934
1 ^{er} constructeur à commercialiser et produire en série des automobiles	Amédée Bollée	1844-1917
Botaniste et médecin, un des fondateurs de la recherche agricole en Algérie et découvreur de la clémentine	Louis Charles Trabut	1853-1929
Chimiste, promoteur de la catalyse en chimie organique, prix Nobel	Paul Sabatier	1854-1941
Pionnier de la Télégraphie Sans Fil (TSF)	Gustave Ferrié	1868-1932
Inventeurs d'aéroplanes et du vol piloté	Wilbur et Orville Wright	1871-1948 1867-1912
Physicien et chimiste, découvreur des isotopes, prix Nobel	Frederick Soddy	1877-1956
Ingénieur, inventeur du béton précontraint	Eugène Freyssinet	1879-1962
Astronome et météorologue, promoteur de la théorie de la « dérive des continents »	Alfred Lothar Wegener	1880-1930
Médecin et biologiste, découvreur de la pénicilline et prix Nobel	Alexander Fleming	1881-1955
Physicien, savant explorateur des extrêmes, de la stratosphère au fond des mers	Auguste Piccard	1884-1962
Ingénieur mécanicien et chimiste, inventeur de l'essence au plomb et des fréons (CFC)	Thomas Midgley Jr	1889-1944
Physiciens et chimistes, créateurs de radioéléments artificiels, prix Nobel	Irène et Frédéric Joliot-Curie	1897-1956 1900-1958
Militaire, inventeur « oublié » du premier drone militaire		

	Delmer Slater Fahrney	1898-1984
Physicien, inventeur du « pompage optique » à l'origine de l'invention du laser, prix Nobel	Alfred Kastler	1902-1984
Ingénieure chimiste, inventrice de la fibre Kevlar	Stephanie Kwolek	1923-2014
Chimiste, spécialiste en chimie pré-biotique, pionnier de la recherche en exobiologie	Stanley Lloyd Miller	1930-2007
Physicien, découvreur de la magnétorésistance géante, qui a révolutionné la technologie des disques durs, prix Nobel	Albert Fert	1938-
Physicien, co-inventeur de lasers hyperpuissants et d'une technique d'amplification dénommée « <i>Chirped Pulse Amplification</i> », prix Nobel	Gérard Mourou	1944-
Chercheur au CERN et inventeur de World Wide Web	Tim Berners-Lee	1955-

CHAPITRE I

Le XVIII^e siècle, des savants à l'époque des Lumières

APPERT

(Nicolas, 1749-1841)

L'inventeur des boîtes de conserves

Ses débuts de cuisinier, de commerçant et de chercheur

Nicolas Appert naît le 17 novembre 1749 à Châlons-sur-Marne (actuelle Châlons-en-Champagne, dans la Marne) d'un couple d'aubergistes. Il apprend sur le tas les métiers de la cuisine et de la confiserie et se familiarise avec les divers modes de conservation des aliments de l'époque : salage, fumage, refroidissement, sucrage, immersion dans la graisse, le vinaigre, l'alcool. Sa passion pour la cuisine le conduit à ouvrir une brasserie aux côtés de deux de ses frères dans son village natal. Cependant, il quitte l'entreprise familiale à 23 ans pour aller cuisiner pour le duc palatin, Christian IV de Deux-Ponts-Birkenfeld, puis de sa veuve, la comtesse de Forbach (Moselle). En 1784, il s'installe à Paris, au 47 rue des Lombards, afin de travailler à son compte : c'est à cette adresse qu'il ouvre une confiserie appelée *La Renommée*. En 1785, il se marie et de cette union naîtront cinq enfants, un garçon et quatre filles. Son commerce prospère, il emploie jusqu'à six employés et il a des correspondants dans deux autres villes de France. Il participe à l'action révolutionnaire ce qui lui vaut un séjour de trois mois à la prison des Madelonnettes à Paris. Jamais jugé, sans doute grâce à des amis députés et avocats châlonnais, Louis-Joseph Charlier et Pierre-Louis Prieur de la Marne qui ont soudoyé le greffier de Fouquier-Tinville, il est libéré après Thermidor (journée correspondant au 27 juillet 1794, date à laquelle les robespierristes furent renversés). Libéré, il mène des travaux pour améliorer le mode de conservation des aliments. En effet, les procédés de conservation de l'époque ont tendance à modifier le goût des aliments, sont coûteux (le sel était soumis à l'impôt de la gabelle) et protègent la santé des consommateurs de manière imparfaite (ils n'empêchent pas totalement la prolifération bactérienne et les intoxications alimentaires). En 1795, il met au point le traitement d'appertisation, c'est-à-dire le traitement par la chaleur d'aliments enfermés dans un récipient hermétiquement clos.

Cette découverte qui a donc permis la mise en conserve des aliments a lieu soixante ans avant celle de la pasteurisation par Louis Pasteur (1822-1895). Rappelons que la pasteurisation comprend une étape supplémentaire : l'élévation de la température (de nos jours, autour de 72°C) est suivie d'un brusque refroidissement (jusque 3-4°C) qui permet de ralentir la prolifération des germes qui auraient échappé à la première étape, tout en maintenant de meilleures qualités nutritionnelles (qu'un traitement thermique à plus haute température).

Le créateur de l'industrie de la conserve

Le procédé mis au point par Nicolas Appert consiste à remplir à ras-bords des bouteilles de verre, à les fermer avec un bouchon de liège étanche, puis à chauffer au bain-marie les bouteilles de manière à assurer la stabilité à la température de stockage des aliments durant une période d'au moins six mois. Ces bouteilles sont des bouteilles de champagne au goulot élargi que lui

fournit une verrerie voisine de son laboratoire d'Ivry-sur-Seine. La forte épaisseur des bouteilles leur permet de résister à la pression intérieure engendrée par l'élévation de température. Le traitement thermique détruit une partie des micro-organismes que contient l'aliment (l'étanchéité de la bouteille empêche la contamination du contenu par l'environnement extérieur) ; il conserve ainsi le goût des aliments et leurs vertus nutritionnelles comme la vitamine C. Les débouchés principaux de la production de Nicolas Appert sont les armées et les navires où les marins souffrent souvent du scorbut du fait d'une carence en vitamine C dans leur alimentation. En 1802, il crée la première usine du monde de fabrication de conserves à Massy (Essonne) et dans cette usine travaillent jusqu'à cinquante ouvrières. En 1809, les tests sur les navires étant concluants et les journaux publiant des articles élogieux, il informe de sa découverte le ministre de l'intérieur qui lui propose soit de lui décerner un prix, soit de prendre un brevet. Nicolas Appert opte pour le prix (12 000 francs) afin de faire bénéficier l'humanité de sa découverte. En 1810, il publie à 6 000 exemplaires « L'art de conserver pendant plusieurs années toutes les substances animales et végétales », un ouvrage où il détaille la température et le temps nécessaire requis pour conserver de nombreux produits et de plats. Ce livre sera diffusé dans toutes les préfectures et réédité trois fois en 1811, 1813 et 1831 (cette édition fait état de divers travaux postérieurs d'Appert (voir plus loin) et est baptisée « Le livre de tous les ménages »). À la suite de la parution de cet ouvrage, un anglais, Peter Durand (1766-1822) dépose un brevet sur la découverte de Nicolas Appert qui va être exploité par Bryan Donkin (1768-1855) outre-Manche. Les Britanniques utilisent la méthode Appert en l'appliquant à des boîtes métalliques en fer-blanc (tôle fine en fer recouverte sur ses deux faces par une fine couche d'étain) : par rapport aux bouteilles en verre, elles présentent l'avantage de ne pas casser, d'être plus légères et de mieux supporter la pression, mais elles sont plus difficiles à ouvrir. L'Angleterre bénéficie en effet de ressources en étain abondantes, ce qui rend ce métal peu coûteux. Lors d'un voyage en 1814 en Angleterre, Nicolas Appert constate cet état de fait et se voit simplement décerner le titre de « bienfaiteur de l'humanité ».

Une fin de vie bien triste

Le déclin du Premier Empire sur mer et sur terre diminue drastiquement les débouchés de l'usine de Nicolas Appert et la concurrence des boîtes de conserve métalliques des Britanniques amène petit à petit sa ruine. En 1814, les troupes d'occupation dévastent sa fabrique de Massy et en 1815 les Anglais en font un hôpital. En 1817, le ministre de l'intérieur lui accorde l'usage gratuit d'un local à Paris. Il y démarre une fabrication de boîtes de conserve métalliques, mais l'absence de ressources en étain en France pénalise ses fabrications et rend ses boîtes de conserve coûteuses. Il reprend ses recherches : il développe ainsi les bouillons en tablette, des procédés de traitement des boissons fermentées, le lait concentré et un premier lait « pasteurisé » qui se conserve deux semaines en plein été. En 1840, il doit céder sa fabrique à son neveu Claude-Auguste Prieur qui poursuit l'exploitation sous le nom « Prieur-Appert ». Sous le nom de Prieur-Appert et avec l'aide de Jean-Nicolas Gannal (1791-1852), Appert révisé et fait paraître en 1841 la cinquième édition de « L'art de conserver ». Complètement ruiné, Nicolas Appert, le « bienfaiteur de l'humanité », meurt à l'âge de 91 ans le 1^{er} juin 1841, et son corps est inhumé dans la fosse commune à Massy, faute d'argent pour lui offrir une sépulture décente.

BARRET

(Jeanne, 1740-1787)

Botaniste, aventurière et circumnavigatrice

Sa vie

Jeanne Barret naît le 27 juillet 1740 en Bourgogne, dans les environs d'Autun, près de la commune de la Comelle (Saône et Loire) de Jean Barret (1707-1755), manœuvre, et de Jeanne Pochard (ou Pauchard) (1715-1741). Son enfance dans une famille sûrement très pauvre (comme pouvait l'être une grande majorité de la classe paysanne de l'époque) reste mal documentée jusqu'à ce qu'elle devienne domestique à Toulon sur Arroux (situé à environ 20 kilomètres de La Comelle). Elle est employée par Philibert Commerson, (1727-1773) médecin et botaniste, veuf depuis 1762 et père d'un fils en bas âge, Anne-François Archambault Commerson (1762-1834) dont elle devient la gouvernante. Passionné par la botanique depuis sa jeunesse (il a déjà réalisé un herbier lors de ses études à Montpellier), Commerson se fait aider par Jeanne dans ses relevés de plantes. En 1764, Jeanne tombe enceinte (très certainement de Commerson dont la liaison n'a jamais été officialisée) et se déclare fille-mère chez un notaire à Digoin. L'enfant mourra cependant prématurément.

Après avoir vendu des biens et laissé le premier enfant de Commerson à son oncle maternel habitant Toulon-sur-Arroux, ils décident de s'installer à Paris. Commerson a un ami originaire de la même région des Dombes (près de Bourg en Bresse dans l'Ain) qui est devenu un astronome connu, Jérôme de Lalande (1732-1807). Celui-ci introduit Commerson auprès des naturalistes comme Buffon et Jussieu (voir Buffon et Jussieu). À la même époque, Louis XV demande à Louis-Antoine de Bougainville (1729-1811), colonel d'infanterie d'organiser une expédition autour du monde, de visiter les îles du Pacifique Sud, récemment découvertes par l'explorateur anglais Samuel Wallis (1723-1795). En 1765, grâce aux recommandations de ses amis et en particulier de de Lalande, Commerson est nommé « médecin naturaliste du Roy » pour accompagner Bougainville dans son tour du monde. À la veille de son voyage, il rédige un testament et note qu'il lègue à Jeanne Barret, sa gouvernante, une somme d'argent, des meubles, la jouissance de l'appartement « pour lui donner le temps de mettre en ordre la collection d'Histoire Naturelle qui doit être portée au Cabinet des Estampes du Roi ».

Le 1^{er} février 1767, le bateau *l'Étoile* quitte Rochefort avec à son bord Commerson. Il doit rejoindre le bateau *La Boudeuse* sur lequel est parti Bougainville le 5 décembre 1766. Le commandant, de *l'Étoile*, François Bernard Chenard de la Giraudais (1727-1776), est d'une grande courtoisie auprès de son passager. Il fait aménager la chambre du conseil pour qu'il ait la place d'entreposer ses collections, et lui permet même de la partager avec son fidèle valet de chambre, appelé Jean Baré, car il n'a pas le pied marin et a besoin d'une personne susceptible de lui porter secours de jour comme de nuit et l'aider à herboriser et ramasser des coquillages. Les deux bateaux se retrouvent à Rio de Janeiro en juin 1767, mais depuis plusieurs mois déjà, Commerson et son valet explorent la forêt tropicale. Ils y découvrent par exemple « une plante

admirable aux larges fleurs d'un violet somptueux », qu'ils nomment bougainvillier, en hommage au capitaine de l'expédition. En novembre les deux bateaux quittent Montevideo et se dirigent vers le détroit de Magellan. Lors du voyage en Amérique du Sud, plus de mille espèces végétales ont été collectées. En janvier 1768, les deux navires passent le détroit de Magellan et naviguent dans l'océan Pacifique. Le 6 avril 1768, ils mouillent dans une baie d'une île que Bougainville nomme la Nouvelle Cythère mais que l'explorateur anglais Samuel Wallis (1728-1795) a nommé un an plus tôt Tahiti. L'escale dure neuf jours, ce qui permet au couple de scientifiques de découvrir de nombreuses espèces végétales et des récoltes de coquillages, de poissons séchés, de nombreux dessins. Mais à Tahiti, en voyant Jean Baré, les indigènes s'écrient « *Ayenene, ayenene* » qui signifie « fille » en tahitien. Bougainville relate cet incident : « Depuis quelque temps, il courait un bruit dans les deux navires que le domestique de M. de Commerçon (sic) nommé baré était une femme. Sa structure, le son de sa voix, son menton sans barbe, son attention scrupuleuse à ne jamais changer de linge, ni faire ses nécessités devant qui que ce fût, plusieurs autres indices avaient fait naître et accréditer le soupçon. Cependant comment reconnaître une femme dans cet infatigable Baré, botaniste déjà fort exercé, que nous avons vu suivre son maître dans ses herborisations, au milieu des neiges et sur les monts glacés du détroit de Magellan, et porter même dans ces marches pénibles les provisions de bouche, les armes et les cahiers de plantes avec un courage et une force qui lui avaient mérité du naturaliste le surnom de « bête de somme » ? ... Quand je fus à bord de l'Étoile, Baré les yeux baignés de larmes m'avoua qu'elle était une fille, elle me dit qu'à Rochefort, elle avait trompé son maître en se présentant sous des habits d'homme... La cour, je crois lui pardonnera l'infraction aux ordonnances ». Ainsi, Jeanne endosse la supercherie et blanchit la réputation de Commerson car les femmes étaient à l'époque interdites à bord des navires par une ordonnance de Louis XIV. Notons que sa présence sur l'Étoile est relatée dans les écrits de Bougainville lui-même, dans ceux de Commerson ainsi que dans les récits de deux autres membres de l'expédition : le prince de Nassau-Siegen et François Vivès, chirurgien sur l'Étoile.

Le voyage se poursuit avec escale dans la baie de Port-Praslin (Kambotorosch, en Nouvelle-Guinée) pendant deux mois, Bouro dans les Moluques en septembre, Batavia pendant un mois, l'île de Java ; et enfin le 8 novembre 1768 les bateaux font escale à l'île de France (futur Île Maurice). Commerson et Jeanne débarquent et Bougainville poursuit son retour vers la France où il arrivera en mars 1769. Le couple continue ses observations et relevés de plantes, poissons, coquillages, sur place et même à Madagascar. Commerson décède le 13 mars 1773. Les collections récoltées sont envoyées au jardin du roi à Paris, et seront utilisées par des grands scientifiques, comme Buffon, Jussieu... Jeanne, quant à elle, ouvre un cabaret-billard à Port-Louis et rencontre l'officier de marine périgourdin Jean Dubernat ou Duberna (1737-1817), qu'elle épouse en mai 1774 dans la cathédrale Saint-Louis de Port-Louis. En 1775, ils rentrent en France et Jeanne finit ainsi son tour du monde. Elle s'installe avec son mari dans son village natal de Saint-Aulaye, dans le Périgord. Elle y vit jusqu'à sa mort, bénéficiant, à compter de 1785, d'une pension royale pour avoir partagé, « *avec le plus grand courage, les travaux et périls* » de Commerson. Elle meurt à Saint-Aulaye le 5 août 1807 (Dordogne).

Sa vie romancée et hommages

Il faudra attendre près de deux siècles pour que son nom soit à nouveau connu et honoré. Sa biographie, véritablement romanesque, mais scientifiquement riche, a donné lieu à diverses histoires très romancées, comme « L'aventurière de l'Étoile » de Christel Mouchard paru en

2020, « Jeanne Barret : première femme ayant accompli, au XVIII^e siècle, le tour du monde déguisée en homme » en 2010. Jeanne Barret fait partie des dix femmes qui ont marqué l'histoire et qui ont été à l'honneur lors de l'ouverture des jeux olympiques à Paris en juillet 2024. À cette occasion, elle a eu droit à une statue à son image, mesurant près de 4 mètres de hauteur, en résine polymère durcie avec de la fibre de verre, et imprimée en 3D et dorée... et qui sera normalement présentée définitivement dans le quartier de la Chapelle à Paris.

Dans les notes de Commerson, conservées au Muséum national d'histoire naturelle à Paris il est mentionné qu'il avait l'intention de donner le nom de *Baretia* à une plante, mais ceci n'a jamais été publié ! Heureusement une espèce de *Solanaceae* découverte en Amérique du Sud est nommée en 2012, *Solanum baretiae*, en son honneur par une équipe de botanistes américaine.

BERNOUILLI

(Daniel, 1700-1782)

Mise en équation de la mécanique des fluides et précurseur de la théorie cinétique des gaz

Une carrière éblouissante

Daniel Bernoulli est né le 8 février 1700 à Groningue (région au nord-est des actuels Pays-Bas) où s'était établi provisoirement son père, Jean Bernoulli (1667-1748). Il fait partie d'une famille de mathématiciens et physiciens suisses comprenant son père Jean Bernoulli, son oncle Jacques Bernoulli (1654-1705) et ses deux frères Jean (1710-1790) et Nicolas (1695-1726) Bernoulli. Dès 1716, il étudie la médecine dans diverses universités. Il soutient sa thèse de doctorat en médecine à l'université de Bâle en 1721, puis part approfondir ses connaissances à Venise chez un célèbre médecin. Invité par le président de l'Académie de Saint-Pétersbourg, il séjourne quelques années en Russie où il enseigne les mathématiques. Néanmoins, sa carrière se déroule principalement à l'université de Bâle où il enseigne l'astronomie, puis la médecine et enfin la philosophie (c'est aussi dans cette ville qu'il y décédera le 17 mars 1782). C'est un touche-à-tout de génie, pratiquant les mathématiques et la physique, il enseigne également l'anatomie et la botanique. Il se lie d'amitié avec Leonhard Euler, qui est un des meilleurs élèves de son père (1707-1783), et ils mènent ensemble de nombreux travaux mathématiques et physiques. Ils se partagent dix fois le prix annuel de l'Académie Royale des Sciences de Paris, ce qui lui assure un surcroît de revenu appréciable. Il collabore avec d'autres scientifiques comme Jean Le Rond d'Alembert (1717-1783) avec qui il étudie le problème des cordes vibrantes. Dans ses travaux, Bernoulli développe les approches par les équations différentielles (systèmes d'équations comportant des dérivées de fonctions) et les séries (fonctions représentées par une somme de termes). Il est admis comme membre étranger dans la plupart des Académies des Sciences de l'époque : de Paris, de Londres, de Prusse, de Saint-Pétersbourg, de Bologne, de Turin. À noter qu'il ne s'est jamais marié. Ayant rompu dans sa jeunesse avec une femme qu'on lui destinait, « il n'a plus pensé au mariage que pour se souvenir qu'il avait été sur le point de perdre un jour sa liberté et son repos et pour le fortifier dans la résolution de ne plus s'exposer au même péril » selon l'éloge rédigé par Nicolas de Condorcet (1743-1794) dans l'histoire de l'Académie royale des sciences en 1782.

Son traité sur l'hydrodynamique

En 1738, Daniel Bernoulli publie son œuvre majeure : un traité de base sur la mécanique des fluides intitulé « *Hydrodynamica, sive de Viribus et Motibus Fluidorum commentarii* ». Dans ce traité, Bernoulli fait un bilan d'énergie dans un écoulement de fluide et démontre un résultat fondamental. Dans un écoulement stationnaire (indépendant du temps) d'un fluide incompressible (dont la masse volumique ne varie pas) et parfait (sans viscosité), une certaine

quantité est constante le long des lignes tangentes au vecteur vitesse (lignes de courant). Cette quantité associée à l'énergie cinétique, à l'énergie de pesanteur et à l'énergie mécanique est la suivante :

$$v^2/2 + gz + p/r = \text{constante}$$

Où

- v est la vitesse du fluide au point considéré,
- g est l'accélération de la pesanteur,
- z est l'altitude du point considéré,
- p est la pression au point considéré,
- r est la masse volumique du fluide.

Cette relation montre que si la vitesse augmente, la pression diminue le long d'une ligne de courant dont l'altitude ne varie pas. Cette relation a de multiples conséquences notamment en aérodynamique. De cette relation découle le « principe de l'hydrostatique » décrivant les variations de pression dans un fluide au repos ($v = 0$) sous l'effet de la pesanteur. Cette relation fondamentale en mécanique des fluides est aujourd'hui appelée « théorème de Bernoulli » ou « principe de Bernoulli ». Un siècle plus tard, l'ingénieur Eugène Belgrand (1810-1878) réemploie à Paris les découvertes de Bernoulli pour calculer le dimensionnement des égouts. Le traité contient aussi une analyse des marées et d'un problème de cordes vibrantes. Enfin dans ce traité Daniel Bernoulli se révèle un précurseur de la théorie cinétique des gaz. Il suppose que le gaz est constitué de particules animées d'une vitesse d'autant plus grande que la pression est plus élevée. La pression est le résultat du choc de ces particules sur les parois du récipient qui contient le gaz. C'est l'ébauche de la théorie cinétique des gaz qui sera développée au siècle suivant par James Clerk Maxwell (1831-1879).

Un précurseur de l'analyse mathématique en médecine

En 1766, paraît son « Essai sur une nouvelle analyse de la mortalité causée par la petite vérole et des avantages de l'inoculation pour la prévenir ». La « petite vérole » ou variole était une maladie endémique et redoutable du XVIII^e siècle (un tiers des malades mourait et les survivants étaient en général défigurés) et « l'inoculation » fait référence au 1^{er} traitement de vaccination (ce dernier terme venant de « vaccine », une maladie bénigne commune aux hommes et aux bovins, n'apparaît qu'au XIX^e siècle). Dans cet essai, Daniel Bernoulli analyse le rapport bénéfice/risque du mode de vaccination de l'époque (pratiqué sur les enfants en leur inoculant du pus prélevé sur une personne atteinte de la variole) en utilisant la théorie des probabilités. Il est de ce fait considéré comme l'un des premiers scientifiques à développer des modèles mathématiques en médecine.

BREGUET

(Abraham-Louis, 1747-1823)

Mécanicien et horloger, inventeur entre autres du système tourbillon dans les montres

La vie d'Abraham-Louis

Abraham-Louis Breguet naît le 10 janvier 1747 à Neuchâtel (alors principauté du royaume de Prusse), Il est le fils de Jonas-Louis (1719-1758), négociant-cabaretier aux Verrières et de Susanne-Marguerite Bolle qui, devenue veuve en 1758, épousera l'année suivante Joseph Tattet (1730-1780) horloger aux Verrières. Ne révélant pas de disposition particulière, il est mis en apprentissage à 15 ans chez son beau-père qui l'envoie à Paris pour ses études horlogères. Il y rencontre deux personnes importantes dans ce domaine : l'horloger mécanicien du Roi et de la Marine Ferdinand Berthoud (1727-1807) et l'horloger - inventeur Jean-Antoine Lépine (1720-1814). Breguet travaille pour le premier, de 20 ans son aîné. En 1775, il se marie avec Cécile-Marie-Louise L'Huillier (1752-1780), fille d'un valet de chambre. Il ouvre en 1776 une boutique au 39, quai de l'horloge dans l'île de la cité à Paris. Son fils unique, Antoine-Louis naît le 16 août 1776. Veuf, Abraham-Louis ne se remariera pas et fait venir sa sœur Charlotte pour tenir son ménage. Dès le début de sa carrière, il est reconnu pour son style alliant un esthétisme simple à une qualité exceptionnelle dans les finitions. À la place des montres ventruées et richement décorées du dernier quart du XVIII^e siècle, Breguet propose des boîtiers plats, des chiffres plus lisibles, des aiguilles rectilignes. Il met au point différentes inventions comme le mouvement perpétuel et un système de protection en cas de chute en 1780. Dès 1783, il équipe ses montres à sonnerie d'une lame de ressort appelée ressort-timbre. En 1784, il est reçu maître dans la corporation des horlogers. Introduit à la cour, il compte dans sa clientèle de grands noms de France et est admiré par Louis XVI et Marie-Antoinette. En 1786, il utilise le guillochage, c'est-à-dire une gravure sur les cadrans. En 1789, il introduit la clé Breguet pour remonter les montres et en 1795, il améliore la forme du spiral qui est un ressort assurant les oscillations du balancier (c'est le spiral Breguet utilisé encore actuellement).

Pendant la Révolution française, il se réfugie avec sa famille en Suisse (à Genève et à Le Locle) où il travaille. Lorsqu'il revient à Paris en 1792, naturalisé français, il est obligé de tout reconstruire avec de nouvelles inventions, comme le tourbillon en 1801 (voir ci-après). Il est introduit dans les cours européennes, les milieux diplomatiques, scientifiques, militaires, littéraires. Il connaît un vif succès et ses créations font même l'objet de contrefaçons. C'est ainsi qu'il introduit la signature secrète, procédé visant à lutter contre ce phénomène. Cette signature réalisée en lettres extrêmement petites, sur le cadran est quasiment invisible, à moins de le mettre en lumière rasante. Aujourd'hui encore, cette signature apparaît sur les cadrans Breguet et demeure un gage d'authenticité. Il numérote aussi ses montres mais dans un ordre aléatoire pour aussi éviter la contrefaçon ! Il rencontre également un énorme succès en Russie et ouvre un

établissement « Maison de Russie » à Saint-Pétersbourg en 1808. Il obtient le titre officiel d'Horloger de Sa Majesté et de la Marine impériale de Russie. Mais il est obligé de fermer cet établissement en 1811, le tsar Alexandre I^{er} ayant interdit l'entrée de produits français suite à la politique de Napoléon ! Pour Caroline Murat, reine consort de Naples, il conçoit le premier bracelet-montre en 1810. En 1815, le roi de France Louis XVIII reconnaît les qualités exceptionnelles des chronomètres de marine de Breguet et le nomme Horloger de la Marine royale. En 1816, il est reçu à l'Académie des Sciences, en section mécanique et Louis XVIII le décore de la Légion d'Honneur. À sa mort en 1823 à Paris, son génie est reconnu comme ayant révolutionné l'horlogerie. Mais la rédaction de son ouvrage sur l'horlogerie, en deux sections, « L'horlogerie dite civile » et « L'horlogerie à usage des sciences », n'est pas terminée.

Sa principale invention en horlogerie : le tourbillon

Le 26 janvier 1801 (ou le 7 Messidor an IX d'après le calendrier républicain en vigueur), Breguet obtient de l'administration compétente et pour 10 ans un brevet pour ce système appelé tourbillon. Dans les montres mécaniques, le balancier est un volant d'inertie, généralement circulaire, qui pivote autour d'un axe de rotation. Un ressort « spiral » lui est accouplé et permet à l'ensemble d'osciller avec un mouvement régulier. L'invention du tourbillon est liée à l'état de l'art horloger, ainsi qu'aux habitudes de l'époque. En effet, au début du XIX^e siècle, les montres de poche souffrent de plusieurs défauts. Mécaniques d'abord : fabriqués de manière artisanale, les composants sont parfois difficiles à équilibrer, engendrant d'importantes forces de frottement ; les lubrifiants, de leur côté, ont tendance à figer, entraînant des écarts de marche. Pratiques ensuite : se logeant très souvent dans un gousset – cette petite poche placée sur le devant d'un gilet ou d'une veste –, les montres reposent la plupart du temps en position verticale. Le mouvement dans son ensemble, mais plus particulièrement le groupe distribution-régulation (balancier-spiral), souffre alors des effets de la gravité, subissant des perturbations dans leur marche.

Pour résoudre ce problème il faut que « le centre de gravité du système balancier-spiral soit au centre de rotation et s'y maintienne pendant les oscillations ». Breguet a l'idée d'installer l'ensemble de régulation et de distribution dans un ensemble mobile qui effectue une rotation complète de période bien définie. Ainsi, tous les défauts se reproduisant régulièrement, s'équilibrent les uns les autres. Ceci permet de compenser les effets de la gravité et également d'améliorer la lubrification en évitant que les huiles ne se figent. En outre, le changement perpétuel du point de contact des pivots du balancier dans leur pierre assure une meilleure lubrification. La rotation du Tourbillon de Breguet est d'un tour par minute. Mais pourquoi le terme « Tourbillon » ? Peut-être parce que Descartes utilisait ce mot pour désigner le système solaire qui comparait l'Univers à une vaste horloge dont Dieu serait l'Horloger. Donc la symbolique est très forte, « l'horloger est ainsi capable de créer une représentation miniature de l'univers » dit Emmanuel Breguet, actuel vice-président en charge du patrimoine de la maison créée par son ancêtre. Jusqu'en 1827, Breguet ne fabrique qu'une trentaine de montres avec tourbillon, La modification tombe dans l'oubli. Mais en 1985, l'idée de rendre hommage à Breguet est venue et on propose de créer un tourbillon sur une montre-bracelet, donnant lieu ensuite à une certaine mode : on assiste de nos jours à une déferlante de tourbillons, symbole du savoir-faire en haute horlogerie et bien que son rôle ne soit pas très utile pour les montres-bracelets (qui bougent en fonction des mouvements du poignet !).

Antoine-Louis Breguet (1776-1858), fils d'Abraham-Louis

Il naît le 13 août 1776. En 1792, il fait un stage d'apprentissage à Londres chez l'ami de son père, l'horloger-inventeur anglais John Arnold (1736-1799). Notons d'ailleurs que le fils de ce dernier a été apprenti chez Abraham-Louis Breguet, les deux horlogers étant très amis. En 1793, Antoine-Louis fuit la tourmente révolutionnaire et se réfugie en Suisse, où il dirige le bureau et atelier Breguet du Locle jusqu'en 1796. Plus tard, rentré à Paris, il s'associe à son père et lui succédera à sa mort en 1823. En 1804, naît son fils Louis-François-Clément et en 1810, sa fille Louis-Charlotte-Clémentine. En 1810, il épouse la mère de ses enfants Jeanne Françoise Venture de Paris (1774-1813). En 1830, la manufacture édite la première montre à remontoir sans clef. Mais Antoine-Louis ne dispose pas des mêmes talents commerciaux que son père. En effet, Abraham-Louis Breguet avait, à son époque, mis au point une stratégie marketing novatrice : la montre de souscription, dont une partie du prix était payée lors de la commande et dont les livraisons étaient effectuées en fonction de l'ordre des inscriptions. Cette idée nouvelle avait permis de faire fonctionner les ateliers de la marque. Mais quelques années plus tard, Antoine-Louis a toutes les peines du monde à remplir le carnet de commandes jusqu'à remettre en question l'existence de l'entreprise. La faillite est imminente, seule une cinquantaine de pièces sortent de l'usine chaque année. Afin de redresser son entreprise, Antoine-Louis Breguet décide de laisser en 1833 les commandes de l'entreprise à son fils Louis-Clément Breguet. Il meurt en 1858.

Louis-Clément Breguet (1804-1883), petit-fils d'Abraham-Louis

Né en 1804 sous le patronyme de Venture, il prend le nom de Breguet après le mariage de ses parents. Il fait ses études au lycée Condorcet où il s'intéresse à la physique. En 1833, Il prend la direction de l'entreprise et épouse en 1833 Eugénie Caroline Lassieur (1815-1889). Il a deux enfants, Louise (1847-1930) qui épousera le romancier, dramaturge, Ludovic Halevy (1834-1908) et un fils Antoine (1851-1882). En 1843, il est nommé au Bureau des longitudes (académie d'astronomes, géophysiciens et physiciens travaillant pour l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides). En 1844, il développe avec le responsable de l'administration française du télégraphe, Alphonse Foy (1796-1888) un télégraphe électrique à aiguille (qui sera remplacé en 1855 par le système Morse). Dans sa solution, les électroaimants n'entraînent pas directement l'aiguille, comme sur la plupart des systèmes télégraphiques à aiguilles, mais ils actionnent le cran d'un mécanisme d'horlogerie maintenu remonté qui permet à l'aiguille de se déplacer d'une position à la fois. En 1844, il reçoit la Médaille d'or à l'Exposition nationale des produits de l'industrie. La vente des montres s'effectue dorénavant dans un magasin situé place de la Bourse. Le nom de « Breguet » devient à cette époque synonyme de montre parfaite. En 1845, Louis-Clément Breguet est nommé chevalier de la Légion d'Honneur en récompense du succès de son télégraphe électrique. Parmi ses autres inventions figurent en 1856 le premier réseau public d'horloges électriques pour le centre de Lyon et en 1850, l'horloge entraînant une roue dentée qui ajuste la vitesse la rotation du miroir tournant commandé par François Arago qui permet au physicien Hippolyte Fizeau (1819-1896) de comparer la vitesse de la lumière dans l'air et dans l'eau. En 1862, il revient à la télégraphie et édite un des premiers manuels de télégraphie. En 1870, décidant de s'investir pleinement dans les applications de l'électricité, il vend son patrimoine horloger à l'anglais Edward Brown dont la

famille restera propriétaire durant un siècle. En 1874, Il est élu membre libre de l'Académie des Sciences. Il meurt en 1883 au 39 quai des Horloges, dans la maison où son grand-père s'était établi horloger (voir plus haut). Son nom est inscrit sur la Tour Eiffel.

Antoine Breguet (1851-1882), arrière-petit-fils d'Abraham-Louis

Antoine Breguet est le premier membre de cette lignée familiale à faire des études supérieures. Il entre à l'École Polytechnique en 1872. À sa sortie en 1874, il rejoint l'entreprise familiale et étudie toutes les questions relatives à l'électricité. En 1875, il confectionne un anémomètre ingénieux. Il construit des appareils d'expériences et de laboratoire : électroaimants, bobines d'induction, condensateurs. Il enseigne à la Sorbonne et à l'École pratique des hautes études, est le directeur de la Revue scientifique. Il se lance aussi dans la téléphonie en 1877 avec la collaboration de son cousin électricien renommé, Alfred Niaudet (1835-1883, fils d'une sœur de sa mère). En 1878, il épouse Eugénie Dubois (1858-1903). En 1881, il transforme l'horlogerie familiale en société anonyme sous la dénomination « Maison Breguet » avec pour objet « la construction, l'installation et le commerce » de matériel électrique (télégraphie, téléphonie, signaux, éclairage, transmission de force à distance...). Il meurt malheureusement très jeune, et laisse sa femme, avec trois enfants en bas âge, dont Louis-Charles et Jacques-Eugène Henri.

Louis-Charles Breguet (1880-1955) et Jacques-Eugène Henri Breguet (1881-1939), arrière-arrière-petits-fils d'Abraham

Les deux frères font des études supérieures. En 1900, Louis-Charles est major de l'école supérieure d'électricité pendant que Jacques-Eugène est reçu à l'École Polytechnique. Il prend la direction de la section électricité de l'entreprise familiale « la maison Breguet », située à Douai (Nord). En 1902, il épouse Nelly Girardet (1882-1941) dont il aura cinq enfants, puis en 1945, Claire Joséphe Larue dont il aura deux enfants. Il s'intéresse aux voilures volantes à décollage vertical. Le 24 août 1907, en compagnie de son frère Jacques et du savant Charles Richet (1850-1935), il essaie à Douai un premier prototype de « gyroplane » : actionné par un moteur Antoinette de 40 chevaux, l'appareil s'élève en douceur à 60 centimètres du sol, puis se maintient en vol stationnaire (retenu par quatre hommes) avant de se poser sans encombre. À partir de l'hiver 1908, Breguet réalise plusieurs versions de cet appareil qui effectuent de courts vols. Mais faute de moyens, il cesse ses recherches sur le gyroplane et se tourne vers la conception et la construction d'aéroplanes (dont le biplan Breguet N° 1 en 1909), en plein essor à l'époque (voir Wright). La Société Anonyme des Ateliers d'Aviation Louis Breguet est créée en 1911, son frère Jacques (polytechnicien) en est administrateur (avant de devenir administrateur d'Air France en 1933). En 1911, il bat sur biplan le record des 100 kilomètres, et construit le premier hydravion en 1912. Il poursuit son activité de constructeur et, du fait de la Première Guerre mondiale, signe l'un de ses plus grands succès avec le Breguet XIV, produit à plus de 8 500 exemplaires et utilisé à partir de 1917. Très actif dans tous les secteurs de la vie aérienne, il crée en 1919 la Compagnie des messageries aériennes tout en constituant la Société française du gyroplane au début des années 1930. Après 1945, il conçoit le Breguet 1 001 « Taon » (anagramme d'OTAN qui lui avait commandé le programme associé), et le célèbre Breguet 763 appelé « Deux Ponts », avant de décéder brutalement le 4 mai 1955 à Saint-Germain-en-Laye, près de Paris. Parallèlement aux activités de Louis-Charles Breguet et de sa firme aéronautique, la maison d'horlogerie Breguet conçoit quant à elle des mécanismes de chronographes montés sur les tableaux de bord des cockpits et commence à produire des montres pour aviateurs (les

deux branches des activités se rejoignent !). Suite à son décès, l'entreprise de Louis-Charles participera à plusieurs conceptions d'aéronefs, notamment un avion de patrouille maritime, le Breguet Atlantic, dont une des évolutions est toujours utilisée de nos jours, et l'Alpha-Jet (conçu avec le groupe allemand Dornier) qui est toujours utilisé de nos jours pour l'instruction des élèves de l'armée de l'air et par la Patrouille de France. L'entreprise sera finalement rachetée en 1971 par la société Avions Marcel Dassault (qui prendra le nom d'Avions Marcel Dassault – Breguet Aviation (AMD-BA)).

Remarque : *Le patronyme neuchâtelois de Breguet est devenu, en France, Bréguet car on y prononce le premier < e > comme un < ê >*

BUFFON

(Georges-Louis Leclerc, comte de, 1707-1788)

***Mathématicien et naturaliste, auteur de la monumentale
« Histoire naturelle »***

La période de formation

Georges-Louis Leclerc Buffon naît le 7 septembre 1707 à Montbard en Bourgogne. Il est l'aîné d'une fratrie de cinq enfants. Profitant d'un héritage revenant à sa femme et son fils aîné, son père, Benjamin Leclerc, achète la seigneurie de Buffon et une charge de conseiller au Parlement de Dijon. Il acquiert également un hôtel particulier à Dijon où toute la famille s'installe. Le jeune Buffon démarre des études classiques dans le collège de jésuites de Dijon, Puis, poussé par son père, il suit des cours à la faculté de droit de Dijon et y obtient sa licence en 1726. Mais en 1728, attiré par les sciences et contre l'avis de sa famille, il suit des cours de médecine à la faculté d'Angers, lit des ouvrages de mathématiques et se passionne pour la botanique. Un duel qui l'oppose à un jeune officier croate et qui se solde par la mort de ce dernier l'oblige à quitter Angers. Il fait alors la connaissance d'un jeune aristocrate anglais qui visite l'Europe avec son précepteur allemand. Ils se lient d'amitié et Buffon décide de se joindre à eux. Ils visitent ainsi plusieurs villes françaises, l'Italie et l'Angleterre. La connaissance d'autres pays dont fera preuve par la suite Buffon dans ses écrits résulte de ses lectures et de ses conversations avec des explorateurs et des navigateurs. Durant ses voyages, Buffon se livre à son activité favorite, élaborer des théories mathématiques. Cette passion pour les mathématiques, il ne l'abandonnera pas tout de suite puisqu'en 1733 il imagine l'expérience dite de « l'aiguille de Buffon ». Si l'on jette une aiguille sur un parquet constitué de lames parallèles et de même largeur, la probabilité que l'aiguille tombe sur une rainure du parquet (probabilité approchée en effectuant un grand nombre de lancers) est un nombre lié à π (rapport entre la circonférence et le diamètre d'un cercle). Par exemple, si la longueur de l'aiguille est égale à la largeur des lames du parquet, cette probabilité est égale à $2/\pi$.

Premiers succès parisiens

La mort de sa mère en 1731 interrompt ses voyages. Il n'approuve pas le remariage de son père avec une jeune fille, ce qui l'amène à s'installer à Paris. Les relations entre le père et le fils sont également mauvaises du fait de questions pécuniaires ; mais il obtient finalement la libre disposition de sa fortune et la possession de diverses terres. À Montbard, il fait démolir la maison familiale et construire l'hôtel de Buffon qui abritera un laboratoire et une ménagerie. À Paris, il loge chez Gilles-François Boulduc (1675-1741) premier apothicaire du roi, chimiste au Jardin royal des plantes et membre de l'Académie des Sciences de Paris. En 1733, soucieux de se faire un nom, Buffon présente un mémoire de mathématiques à l'Académie des Sciences. Ce mémoire qui reçoit un accueil élogieux de la part de ses deux rapporteurs est consacré à l'analyse d'un jeu et introduit pour la première fois le calcul différentiel et intégral en théorie des probabilités. En

1733, le comte de Maurepas (1701-1781), ministre de la marine, demande à l'Académie une étude sur les bois utilisables pour la construction des navires. Dépourvus de moyens, les commissaires nommés se refusent. Heureusement Buffon est là. Étant un exploitant forestier, il se livre à de multiples expériences à Montbard et rédige un rapport très complet. Il s'est ainsi fait un puissant protecteur et il est nommé membre adjoint dans la section Mécanique de l'Académie des Sciences en 1734. L'année suivante, à l'occasion de la traduction d'un ouvrage d'un biologiste britannique qu'il annote abondamment, malgré son penchant pour les mathématiques, il s'oppose aux théories purement intellectuelles des cartésiens et prône le recours à l'observation et à l'expérience, un point de vue largement partagé à l'époque. Anglophile, il entretient une correspondance avec divers savants britanniques, fait un voyage en Angleterre en 1738 et est élu à la *Royal Society* de Londres en 1739. Il sera par la suite élu membre de la plupart des Académies des Sciences d'Europe. Il traduit notamment « La théorie des fluxions » (traité de calcul différentiel) d'Isaac Newton (1642-1727) pour améliorer sa connaissance de la langue anglaise et sa maîtrise de la langue française. En 1738, fort de ses expériences menées sur les bois, il présente à l'Académie un mémoire intitulé « Moyen facile d'augmenter la solidité, la force et la durée du bois ». Il se voit accusé de plagiat par un éminent agronome qui préparait un ouvrage sur le même thème. Mais la même année il quitte la section mécanique pour entrer dans la section botanique de l'Académie des Sciences.

Administrateur du Jardin royal des plantes et du Cabinet d'Histoire Naturelle du roi

Cette première période parisienne se termine le 26 juillet 1739 où Buffon est nommé intendant du Jardin royal des plantes après la mort de Dufay (1698-1739), le précédent intendant. Il se partagera désormais entre Montbard où il écrit ses ouvrages et Paris où il administre le Jardin royal des plantes et fait de rares apparitions à la Cour de Versailles. Buffon se consacre désormais exclusivement à l'histoire naturelle : il transforme profondément le Jardin royal des plantes en y développant les recherches et l'enseignement et en faisant planter des arbres originaires du monde entier. Il agrandit le Jardin royal des plantes, y fait tracer une allée et construire un édifice métallique, un des premiers au monde, dont les éléments sont forgés dans ses forges de Montbard. Buffon n'enseigne pas, mais il sait s'entourer d'une équipe de savants renommés et d'excellents pédagogues (botanistes, biologistes, chimistes, anatomistes). Buffon dirige également le Cabinet d'Histoire Naturelle du roi, un bâtiment situé dans le Jardin royal des plantes et qui abrite les collections de curiosités (animaux naturalisés, minéraux...). Après rénovation, Buffon l'ouvre aux visiteurs dès 1745 et le remplit grâce à des dons et des acquisitions judicieuses de multiples représentants du règne animal. Le Cabinet d'Histoire Naturelle du roi lui vaut l'admiration de nombreux souverains d'Europe et Buffon reçoit de leur part de nombreux dons prestigieux. Bien que peu présent à la Cour royale, il bénéficie du soutien constant de Louis XV et Louis XVI, ce qui explique qu'il soit resté intendant du jardin royal des plantes jusqu'à sa mort. Il se tient avec précautions à l'écart des intrigues de la Cour. Les idées de Buffon sur l'histoire naturelle sont assez personnelles et s'opposent souvent à celles de ses collègues scientifiques qui tentent de classer animaux et végétaux sur des bases rationnelles. Ainsi plus vulgarisateur que scientifique et soucieux de plaire à ses lecteurs, il classe les animaux selon leur utilité pour l'homme. Le cheval vient ainsi en premier, suivi aussitôt du chien. À l'inverse, les insectes, jugés par lui inutiles, sont traités en quantité négligeable. En 1744, il est nommé trésorier perpétuel de l'Académie des Sciences, mais de plus en plus absorbé par la

rédaction de l'« Histoire naturelle » à Montbard, il délègue assez vite ses fonctions. En 1747, il organise une démonstration au château de la Muette devant le roi et d'autres « gens de qualité » du pouvoir incendiaire de la lumière. L'expérience dite des « miroirs ardents » consiste à disposer entre deux miroirs paraboliques un récipient contenant des charbons ardents et un autre récipient contenant de l'amadou sec. Lorsque la lumière émise par les charbons et dirigée par les miroirs atteint l'amadou, celui-ci s'enflamme.

La carrière littéraire de Buffon et ses relations avec les idées des Lumières

À partir de 1749, Buffon fait paraître les premiers volumes de l'« Histoire naturelle » et devient ainsi l'un des plus importants écrivains de son époque. Il est élu membre de l'Académie française en 1753 et il prononce son fameux « Discours sur le style » lors de sa réception où il énonce : « Le style est l'homme même ». Bien qu'il fréquente peu l'Académie française, Buffon reste proche des grands esprits de son temps et notamment des philosophes des Lumières. Il a en commun avec eux le scepticisme religieux, le matérialisme et le culte de la raison, mais il ne partage pas leurs idées politiques et sociales. Buffon qui sait se montrer généreux envers les indigents est toutefois très attaché à ses privilèges de noble et la monarchie est pour lui le seul régime politique possible. Il a initialement de très bonnes relations avec les Encyclopédistes : Denis Diderot (1713-1784) l'admire beaucoup pour son œuvre littéraire. Il leur a promis de rédiger les articles sur l'histoire naturelle, mais il ne le fera jamais. Il se brouille avec Jean Le Rond d'Alembert (1717-1783) à cause de son inimitié avec Nicolas de Condorcet (1743-1794). Par un hasard malencontreux, c'est celui-ci qui sera chargé de faire l'éloge funèbre de Buffon à l'Académie des Sciences, ce qu'il fera sur un ton ironique, une pratique assez courante à l'époque. Lorsqu'il devient intendant du Jardin royal des plantes, il fréquente un temps les salons parisiens où il peut rencontrer notamment Voltaire (1694-1774), Montesquieu (1689-1755), Marivaux (1688-1763). Mais, absorbé par son œuvre littéraire, il s'y fera de plus en plus rare en se consacrant principalement à ses activités à Montbard.

Buffon, seigneur de Montbard

À Montbard, Buffon s'emploie à agrandir son patrimoine foncier et à gérer au mieux ses revenus. Dans l'hôtel de Buffon, il est servi par un secrétaire particulier qui l'aide à rédiger ses textes, une gouvernante et une dizaine de domestiques dont un excellent cuisinier qui lui prépare de somptueux déjeuners. En 1752, il se marie avec une jeune femme de vingt ans qui lui donnera deux enfants : une fille qui mourra en bas âge et un garçon qui sera guillotiné sous la Révolution française en 1794 du fait de son titre de noblesse. Buffon accueille volontiers divers visiteurs comme Jean-Jacques Rousseau (1712-1778). Il entretient des volières, une ménagerie et une pépinière qui lui permettent de développer sa connaissance de la nature. Par ses observations sur l'importance de certaines espèces animales et sur le rôle des oiseaux dans la dispersion des graines des arbres, il révèle ainsi les interactions entre monde animal et monde végétal. En 1752, pour tester l'hypothèse de l'Américain Benjamin Franklin (1706-1790) sur la nature électrique de la foudre, il fait installer un paratonnerre sur une tour de l'ancien château des ducs de Bourgogne. En 1768, il aménage un laboratoire de chimie et fait construire la grande forge à Buffon. Il se met à étudier la minéralogie, la métallurgie (ce qui l'amènera à rédiger « Les époques de la nature »), la chimie, les traitements des bois. Avec René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757), Buffon est ainsi un des premiers créateurs de la science des matériaux. Sa

grande forge est un site parfaitement conçu et aménagé de manière à faciliter le travail du métal. Une rivière et des roues à aubes fournissent l'énergie mécanique nécessaire pour faire fonctionner les machines. La forge qui fabrique divers éléments en métal lui sert aussi de laboratoire pour améliorer la fabrication des canons de la marine française, étudier les processus de refroidissement des corps chauds en vue d'estimer l'âge de la Terre (voir plus loin). Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon, meurt le 16 avril 1788 d'une crise de « gravelle » (maladie causée par des calculs rénaux). Sa tombe est profanée sous la Révolution française : le plomb recouvrant le cercueil est réutilisé et on doit déplacer ses restes pour les préserver. Ses restes sont finalement replacés dans sa tombe de Montbard en 1973. De nos jours, la grande galerie de l'Évolution à Paris abrite toujours la statue de Buffon que Louis XVI avait commandée en 1776. Depuis 1865, on peut voir à Montbard une statue en bronze représentant Buffon. Honoré de Balzac (1799-1850), qui admirait beaucoup Buffon, disait que « La comédie humaine » est l'équivalent pour la société humaine de l'« Histoire naturelle » pour la zoologie.

L' « Histoire naturelle »

L'œuvre majeure de Buffon est l'« Histoire naturelle, générale et particulière, avec la description du Cabinet du Roy » dont trente-six volumes paraissent de 1749 à 1789. Le naturaliste Bernard-Germain de Lapeyère (1756-1825) fait paraître après la mort de Buffon huit volumes supplémentaires. Il s'agit en fait d'une œuvre collective dirigée judicieusement par Buffon, car il a de nombreux collaborateurs notamment pour les illustrations. Dans ce texte, Buffon fait preuve de beaucoup de clairvoyance. Ainsi il note la ressemblance entre l'homme et le singe et défend l'idée que tous les hommes ne forment qu'une seule espèce. Il accorde une attention toute particulière à l'anatomie interne des animaux, car, comme il l'écrit : « L'intérieur, dans les êtres vivants, est le fond du dessin de la Nature ». Remarquant notamment les différences entre espèces carnivores et herbivores, il souligne le lien entre fonctions et organes. C'est un précurseur du transformisme avec sa théorie de la « dégénération » : sous l'effet de l'évolution de l'environnement les espèces initialement formées se sont transformées. Ainsi, le cheval aurait donné naissance à l'âne. Mais pour Buffon cette transformation serait réversible : replacé dans ces conditions initiales, l'âne redeviendrait au fil des générations un cheval. De même, placé sous les latitudes européennes, l'homme à la peau noire redeviendrait un homme à la peau blanche, etc. L'ouvrage comporte en outre une « Théorie de la Terre », des discours et divers suppléments dont les « Époques de la nature ». Environ 2 000 planches illustrées représentent fidèlement les animaux. À sa sortie, l'ouvrage connaît aussitôt un très grand succès, comparable à celui de l'Encyclopédie de Diderot et D'Alembert qui paraît au même moment. Il est très vite traduit dans diverses langues (anglais, allemand, néerlandais, espagnol). Mais certains scientifiques reprochent à Buffon son manque de rigueur scientifique et son trop grand anthropomorphisme. Pour Buffon, en effet, l'homme qui est le seul être vivant possédant une âme dotée de raison est au sommet de la Création et l'homme blanc est supérieur aux autres variétés humaines. Toutefois, il souligne la parenté de l'homme avec les animaux du fait de sa physiologie. De manière générale, Buffon sépare soigneusement la recherche scientifique de la religion ce qui lui vaut quelques ennuis avec les autorités religieuses. Face à des menaces d'interdiction, il est ainsi amené à se rétracter ou à garder pour lui des idées jugées trop audacieuses.

La formation et l'âge de la Terre

Selon Buffon, l'évolution de la Terre comporte sept périodes :

- Formation de la Terre à partir du Soleil sous la forme d'un globe en fusion,
- Refroidissement de la Terre qui produit la formation des reliefs,
- Formation d'un océan recouvrant la quasi-totalité de la surface de la Terre,
- Apparition des premières espèces vivantes dans l'océan,
- Période volcanique qui fissure la croûte terrestre et, par engloutissement d'une partie des eaux, provoque la formation des terres émergées où se développe la vie du nord au sud,
- Dislocation des terres émergées et formation des continents actuels,
- Apparition de l'homme.

On pourra noter que ce schéma présente certaines similitudes avec les théories actuelles, notamment la théorie de la dérive des continents (voir Wegener) largement étayée par les observations depuis les années 1960-1970, le fait que la vie serait apparue initialement dans les océans et que les volcans peuvent donner naissance à des terres émergées. À l'époque de Buffon, on pensait que la Terre avait environ six mille ans, une estimation basée sur l'analyse des textes bibliques. Buffon qui souligne que « le temps est le grand ouvrier de la Nature » est le premier à remettre en cause cette croyance. Fin observateur de la nature, Buffon comprend que les couches de calcaire sont le résultat d'un processus de sédimentation au fond des mers et, compte tenu de leur forte épaisseur en certains endroits, pense initialement que l'âge de la Terre se situe aux alentours de cent mille ans, une estimation qu'il augmentera ensuite jusqu'à trois millions d'années. Puis il imagine une méthode expérimentale pour déterminer l'âge de la Terre. Renouant avec les mathématiques, Buffon « calcule » l'âge de la Terre. Pour cela, il imagine de porter de grosses boules de métal à incandescence, et de mesurer leur temps de refroidissement. Il étudie ainsi dans la grande forge de Buffon le refroidissement de boulets de différents diamètres et compositions. À l'époque de Buffon on connaissait parfaitement les dimensions de la Terre. Buffon a donc pu extrapoler ses résultats expérimentaux au cas d'une sphère de la taille de la Terre. Il estime l'âge à 74 817 ans. Pour cela, il se base sur un modèle de formation de la Terre qu'il justifie par des considérations de physiciens et sur son outil mathématique préféré : les lois de proportionnalité. Ce résultat peut paraître bien loin de l'âge que l'on donne aujourd'hui à la Terre (4,5 milliards d'années), mais à l'époque il est véritablement révolutionnaire. Il reprendra des calculs et des idées plus tard dans sa vie qui lui donneront des âges plus élevés, mais il s'en tiendra à cette première estimation, jugeant que ce résultat est le plus à même d'être accepté par ses contemporains.

CONTÉ

(Nicolas-Jacques, 1755-1805)

Savant français ayant participé à la campagne d'Égypte et créateur du crayon moderne

Une carrière prometteuse de peintre et d'inventeur

Nicolas-Jacques Conté naît le 4 août 1755 à Saint-Céneri-près-Sées en Normandie (de nos jours Aunou-sur-Orne dans l'Orne). Orphelin de père en bas-âge, le jeune Conté est élevé par sa mère et montre ses talents d'inventeur, son goût pour la mécanique, le dessin et la peinture. Tout en poursuivant ses études de physique et de mécanique, il dessine avec un simple charbon de bois et peint avec des peintures qu'il fabrique lui-même. La mère supérieure de l'hôpital de Sées lui demande d'exécuter dans son établissement des motifs religieux et on peut encore de nos jours admirer ses décorations picturales de la chapelle de l'hôpital. Sa renommée grandit très vite dans toute la province grâce à ses talents de portraitiste. Il réalise très vite et d'un trait sur des portraits ressemblants et vivants. Il se marie avec une jeune veuve issue d'une des meilleures familles de Normandie, mais pas plus fortunée que lui-même. C'est pourquoi il poursuit une double carrière de portraitiste et d'inventeur. Il faut noter que durant toute sa carrière d'inventeur, Conté privilégiant l'intérêt général au détriment de ses intérêts personnels, ne se souciera généralement pas de protéger par des brevets l'exploitation de ses inventions. Ami d'un seigneur des environs d'Alençon, il invente un instrument de mesure angulaire pour perfectionner les relevés topographiques et tracer facilement le plan d'une de ses propriétés. Il fait construire une machine hydraulique qui est présentée à l'Académie des sciences de Paris et qui est utilisée par la suite par le physicien Jacques Charles (1746-1823) pour ses démonstrations. Encouragé par l'intendant d'Alençon qui apprécie ses qualités, Conté part à Paris où il vit de ses talents de portraitiste et étudie la physique, la mécanique, la chimie et l'anatomie.

Responsable du développement des aérostats pour applications militaires

Lors de la période de la Révolution, pour faire face aux armées européennes coalisées contre la France, le Comité de Salut Public décide de développer l'usage des aérostats (montgolfières, voir Montgolfier) pour les opérations militaires et forme à cet effet une commission de savants animée par Conté. Cette commission étudie notamment les moyens de fabriquer de l'hydrogène, qui remplit les aérostats et assure leur envol, par décomposition de l'eau par du fer porté à incandescence. Ce procédé doit remplacer le procédé plus coûteux basé sur l'utilisation de l'acide sulfurique. Conté qui a bien accueilli la Révolution, est nommé en octobre 1794, directeur de la toute nouvelle école d'aérostation de Meudon où il implante en grand le nouveau procédé de fabrication d'hydrogène. L'école rassemble des hommes de toutes professions, mais parfois dépourvus de toute formation scientifique. Conté leur dispense des cours de physique, de

chimie et de mécanique et, à côté de ces leçons théoriques, leur fait réaliser des travaux pratiques. Il se dépense sans compter, inventant de nouveaux instruments, perfectionnant la technique de préparation des gaz, les enveloppes des aérostats et les vernis. Cette activité incessante faillit lui coûter la vie. Lors d'une expérience nocturne sur le gaz hydrogène, une explosion accidentelle brise tous les instruments en verre de son laboratoire et Conté est blessé par la projection des éclats de verre. Il perd son œil gauche, il est ainsi représenté sur la gravure d'Adolphe Roehn (1780-1867) avec un bandeau sur l'œil. Il est nommé chef de brigade d'infanterie par le gouvernement et commandant en chef de tous les corps d'aérostats. Conté est également nommé membre démonstrateur du tout nouveau Conservatoire national des arts et métiers créé pour rassembler en un seul lieu les instruments et machines des divers arts et métiers jusque-là disséminés en divers points de la capitale.

L'invention du crayon moderne

Depuis le XVI^e siècle on utilise des crayons dont la mine est constituée de plombagine, un graphite très pur extrait dans le comté de Cumberland en Angleterre. La ressemblance de ce graphite avec le minerai de plomb explique cette appellation impropre. Les Anglais ont ainsi le monopole de la fabrication et de la commercialisation des crayons. Or les crayons sont indispensables à de nombreux corps de métier. En 1794, le blocus économique entraîne ainsi une pénurie de crayons en France. Après une requête du gouvernement, l'Agence des Mines confie à Conté le soin de trouver un matériau issu des ressources nationales pour réaliser des mines de crayon. Il a l'idée après quelques jours de réflexion de mélanger du graphite ordinaire à de l'argile, de cuire à haute température le mélange et d'insérer la mine entre deux demi-cylindres en bois de cèdre. Il obtient ainsi un crayon de très grande qualité, peu coûteux car le graphite ordinaire est très répandu. En faisant varier la température de cuisson et la composition du mélange, Conté obtient des mines plus ou moins grasses. Enfin la fabrication peut être industrialisée. Le crayon moderne est né. Conscients de l'importance économique de son invention, les amis de Conté le pressent de déposer un brevet. Après dépôt de son brevet le 3 janvier 1795, Conté fonde rue de l'Université, la manufacture de crayons Conté, avec son jeune frère Jacques-Louis (1758-1804). Il travaille à la réalisation de crayons aux couleurs indélébiles lorsqu'il doit partir avec d'autres savants pour l'expédition d'Égypte commandée par Napoléon Bonaparte. Le crayon Conté connaît un succès croissant et obtient en 1800 la médaille d'or des Arts et Métiers.

Capitaine d'industrie durant l'expédition d'Égypte

Au printemps 1798, Conté part en Égypte comme chef de brigade du corps des aérostats qu'il avait commandé à Meudon. Mais très vite il se révèle indispensable pour constituer une industrie capable de satisfaire les besoins de l'armée française et au-delà de la population locale. Tout manque du fait du naufrage d'un navire transportant les outils et divers équipements. Il participe d'abord à l'élaboration de moyens de défense d'Alexandrie menacée par la flotte anglaise victorieuse de la flotte française à la bataille d'Aboukir. Puis il organise au Caire des ateliers où une armée d'ouvriers formés par ses soins fabrique de l'acier, du carton, des canons, de la poudre, des toiles vernissées notamment. Il fait construire des moulins à vent, des dispositifs jusque-là inconnus des Égyptiens. Il fait réaliser des machines d'imprimerie destinées à l'impression de papier-monnaie. En une année, Conté transpose en Égypte les technologies européennes. Napoléon rend hommage à ses talents en ces termes : « ... Conté, qui était à la tête

des aéronautes, homme universel, ayant le goût, les connaissances et le génie des arts, précieux dans un pays éloigné, bon à tout, capable de créer les arts de la France au milieu des déserts de l'Arabie ». Soucieux du bien-être de la population, il visite le pays en proposant aux artisans et aux ouvriers des manufactures des améliorations faciles à mettre en œuvre. Son action fait faire en peu de temps de grands progrès aux fabriques égyptiennes. Il multiplie les observations des usages locaux et les peintures les décrivant, peintures dont certaines seront par la suite reproduites dans l'ouvrage décrivant l'Égypte. Conté réalise des instruments de chirurgie pour les hôpitaux, des lunettes pour les astronomes, des instruments de mathématiques pour les ingénieurs, des crayons pour les dessinateurs, des moulins à blé pour nourrir l'armée, des draps pour la vêtir (le blocus de la flotte anglaise empêche toute importation), des montgolfières seulement pour « épater » les Égyptiens lors des fêtes annuelles (le déploiement des aérostats pour l'armée en Égypte sera par contre un échec car les tuyaux ont été abîmés par le voyage, le vermis utilisé ne résistant pas aux températures locales). Il est impossible de dresser le bilan complet de toutes les activités menées par Conté lors des trois ans et demi qu'a duré l'expédition d'Égypte. C'est avec regret qu'il doit abandonner toutes ses réalisations lors de son retour en France.

Les derniers travaux à Paris et sa postérité

De retour à Paris, Conté est chargé par le gouvernement de diriger les travaux de publication du grand ouvrage consacré à la description de l'Égypte à partir des observations rassemblées par l'équipe de savants partie en Égypte. L'ensemble des gravures représentant les monuments et les objets d'art aurait nécessité à lui tout seul des dépenses et des délais prohibitifs si on avait utilisé les moyens traditionnels. Conté invente une machine à graver qui permet de réaliser les gravures facilement et rapidement. Cette machine est aussitôt utilisée dans divers ateliers pour d'autres tâches. Revenu au Conservatoire national des arts et métiers, il est l'un des fondateurs en 1801 de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale créée initialement pour favoriser la Révolution industrielle en France et relever le défi industriel britannique. Au ministère de l'Intérieur il défend les intérêts de l'administration en évaluant les inventions nouvelles qu'il se fait présenter. Nicolas-Jacques Conté est l'un des premiers membres de la Légion d'honneur. Il a ensuite la douleur de perdre son frère, puis sa femme, la fidèle confidente de ses travaux et de ses succès, ce qui ralentit son activité. Enfin, sa santé commence à se dégrader. À partir du printemps 1805, il est sujet à des attaques pulmonaires ; il meurt le 6 décembre 1805 à Paris à l'âge de 50 ans et est enterré au cimetière de Montparnasse.

Nicolas-Jacques Conté, malgré sa courte vie et les turbulences politiques de son époque a été extrêmement brillant dans quatre domaines, comme peintre, savant, inventeur et gestionnaire. Ses amis et de nombreuses personnalités contemporaines ont rendu hommage à son implication pour la France. La ville de Sées en 1852, lui a élevé une statue en bronze, mais de cette statue ne subsiste que le buste qui est actuellement placé au milieu de la Place de l'Hôtel de ville. Après la mort de Conté, son gendre Arnould Renaud Humblot (1776-1845) (fils d'un ami de Conté) reprend la direction de sa manufacture de crayons, améliore le procédé de fabrication et dépose un nouveau brevet en 1817. L'entreprise des crayons Conté, qui a grandi par rachat d'autres entreprises, a survécu à son fondateur et prospéré (elle fait partie actuellement du groupe Bic). Une rue de Paris, une rue de Chartres et le collège de Sées portent le nom de Conté.

JUSSIEU

(Bernard de, 1699-1777)

Botaniste, créateur d'une classification des plantes

Entourage familial : une dynastie de médecins-botanistes

Bernard de Jussieu naît le 17 août 1699 à Lyon. Il fait partie d'une fratrie de seize enfants. La botanique et la médecine sont une passion familiale. Il faut savoir que la botanique fait à l'époque partie des cours enseignés en faculté de médecine. Son père Laurent de Jussieu (1651-1718) est docteur en médecine et maître apothicaire et sa mère compose des herbiers. Son frère, Antoine de Jussieu (1686-1758), herborise lors de ses fréquents déplacements qu'il effectue exprès à pied. Après des études de médecine à Montpellier, il devient Professeur de botanique au Jardin royal des plantes médicinales à Paris à partir de 1710 et Professeur à la faculté de médecine de Paris. Ses cours donnés en français (une exception à l'époque où l'on enseigne traditionnellement en latin) sont édités à titre posthume en 1772 sous le titre « Traité des vertus des plantes ». Il expérimente les vertus curatives de certaines plantes contre les fièvres, car il pratique la médecine tout en menant son travail de botaniste. Élu à l'Académie des sciences en 1711, il est chargé par l'Académie avec deux de ses collègues d'étudier les effets curatifs d'une plante contre le venin de serpent à sonnette. Dans une communication à l'Académie, il est le premier à classer à part les champignons et les lichens. Son autre frère, Joseph de Jussieu (1704-1779), après des études de médecine et de sciences naturelles, accompagne en 1735 Charles-Marie de La Condamine (1701-1774) comme botaniste dans l'expédition destinée à mesurer l'arc de méridien terrestre à l'Équateur. Contrairement à ses collègues, il demeure 36 ans en Amérique du Sud, multipliant les actions philanthropiques (soins apportés aux Indiens contre la variole et aux mineurs du Potosi) et les observations botaniques au Pérou et en Équateur, notamment autour du lac Titicaca. En son absence de France, Joseph de Jussieu est élu membre de l'Académie des sciences. Il meurt quelques années après son retour en France et malgré la perte d'une partie de ses manuscrits et de ses échantillons il lègue des éléments qui enrichissent fortement les herbiers du roi (actuel Muséum national d'histoire naturelle). Joseph de Jussieu a notamment souligné les vertus de la quinine extraite du quinquina dans le traitement du paludisme.

Formation et carrière de botaniste à Paris de Bernard de Jussieu

Comme son frère Antoine, Bernard de Jussieu démarre ses études au collège jésuite de Lyon, puis les poursuit à Paris. Il prend un congé sabbatique à la demande de son frère Antoine en 1716 pour aller herboriser avec lui en Espagne et au Portugal. En 1720, il passe sa thèse en médecine à Montpellier, mais, contrairement à ses frères Antoine et Joseph, renonce à l'exercice de la médecine pour se consacrer exclusivement à la botanique. Il revient à Paris et à la mort de Sébastien Vaillant (1669-1722) il devient Professeur de botanique au Jardin du roi (actuel Jardin des plantes de Paris). D'un naturel modeste, il restera à ce poste toute sa vie, refusant toute

promotion, veillant à compléter l'herbier souvent par des achats effectués avec ses deniers. Par le dynamisme de sa gestion, il augmente considérablement la dimension du « cabinet des drogues » qui devient en 1729 le « Cabinet d'Histoire naturelle » ou « Cabinet du roi ». Bernard de Jussieu fait paraître peu d'ouvrages. En 1725, il publie une version augmentée de l'« Histoire des plantes des environs de Paris » de Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708), un botaniste très célèbre mort prématurément dans un accident. En 1735, il fait paraître anonymement le « Catalogue des arbres et arbrisseaux qui se peuvent élever en pleine terre aux environs de Paris », un catalogue dont il ne reste actuellement que peu d'exemplaires et qui recense plusieurs centaines d'arbres. Malgré ce petit nombre d'écrits, il est élu membre de l'Académie des sciences en 1725 et en 1727 membre étranger de la *Royal Society* de Londres. Il sera par la suite élu membre des principales Académies des sciences européennes. Il effectue un voyage d'étude le long des côtes normandes et dans ses « Mémoires » parues en 1742 il fait part de ses impressions de voyage et de ses observations botaniques et zoologiques. Il est le premier à reconnaître que les baleines ne sont pas des poissons et propose de classer à part les vers et les crustacés. D'un autre de ses voyages en Angleterre, la légende raconte qu'il a rapporté deux pieds de cèdre du Liban dans son chapeau, dont un pied est encore au jardin des plantes.

La classification des plantes : un ouvrage collectif des de Jussieu

À la mort de son frère Antoine en 1758, il est très malheureux et refuse par modestie la place de botaniste du roi, que son frère avait laissé vacante. Il veut ensevelir sa douleur en cherchant d'autres liens. Il appelle auprès de lui les enfants des autres de ses frères et les adopte. La même année, Louis XV lui demande de créer une école de botanique dans les jardins de Trianon dirigés par les botanistes et jardiniers Claude (1705-1784) et Antoine Richard (1735-1807). Il a de fréquents entretiens avec le monarque, qui goûte également son savoir, sa simplicité et sa candeur ; « *mais il ne retira de cette espèce de commerce que le plaisir toujours piquant, même pour un philosophe, d'avoir vu de près un homme de qui dépend le sort de vingt millions d'hommes* », écrit Condorcet. De ces travaux naîtra un jardin botanique comprenant les plus grandes serres chaudes d'Europe (aujourd'hui appelées Orangerie de Jussieu) et où seront expérimentées de nombreuses plantes exotiques ou rares (fraises, ananas, café, tabac...).

Bernard de Jussieu crée une classification des plantes différente de celle du naturaliste suédois Carl von Linné (1707-1778). Carl von Linné avait conçu dès l'âge de 24 ans un système de classification des plantes d'après les organes sexuels visibles (pistils et étamines). Son système reposait sur le nombre et la disposition de ces organes. Le système de classification de Bernard de Jussieu est basé sur les caractères morphologiques des plantes. Il distingue d'abord les « monocotylédones » des « dicotylédones » selon le nombre de feuilles que présente la tige issue de la graine. Il regroupe ensuite en familles les plantes selon leurs similitudes morphologiques. Son système est repris et développé par son neveu Antoine-Laurent de Jussieu (1748-1836) appelé en 1766 par son oncle à Paris où il achève ses études de médecine et qui est lui-même élu membre de l'Académie des sciences en 1773 après la présentation de son mémoire intitulé « Examen de la famille des renoncules ». De son vivant Bernard de Jussieu ne publie rien sur ce sujet. Dans un mémoire lu devant l'Académie des sciences en 1774 et intitulé « Exposition d'un nouvel ordre de plantes adopté pour les démonstrations du Jardin royal » son neveu expose ce nouveau système de classification. En 1789, après la mort de son oncle, il publie « *Genera plantarum secundum ordines naturales disposita* » où il fait une présentation détaillée du système de classification de son oncle complétée par ses soins. Cette classification comprend 15

classes, 100 familles et environ 400 genres de plantes. Elle comprend les quelque 20 000 plantes connues à l'époque. Pour l'anatomiste Georges Cuvier (1769-1832), cette œuvre est l'équivalent pour les sciences de l'observation de l'œuvre de Lavoisier pour les sciences de l'expérience. Il s'en inspirera pour ses propres travaux en zoologie. La méthode d'Antoine-Laurent de Jussieu est par la suite affinée et complétée par le botaniste suisse Augustin Pyrame de Candolle (1778-1841). Néanmoins le Code International de la Nomenclature Botanique considère que « *Genera plantarum* » est l'ouvrage de référence des familles de plantes.

Bernard de Jussieu meurt le 6 novembre 1777 à Paris entouré de la considération de tous. Son buste est exposé au musée des beaux-arts de Lyon. Au voisinage du jardin des plantes, des rues, place, station de métro, université portent le nom de Jussieu en hommage aux membres de la famille Jussieu qui ont été d'éminents botanistes.

LAMARCK

(Jean-Baptiste de, 1744-1829)

Naturaliste, créateur du terme « biologie », réalisateur de la classification des invertébrés et promoteur de la théorie du « transformisme » des êtres vivants

Une carrière militaire avortée

Jean-Baptiste de Lamarck naît le 1^{er} août 1744 au château de Bazentin en Picardie (Somme). Il est le onzième enfant d'une famille noble mais pauvre. Sa famille comporte de nombreux militaires notamment son père et son frère Philippe François de Monet de Lamarck (1740-1828) qui s'illustrera dans la Guerre d'indépendance américaine. De 1755 à 1759, Lamarck étudie au collège des jésuites d'Amiens avant d'entamer une carrière militaire en 1761 sous le patronage de son frère Philippe François. La France est engagée dans la Guerre de Sept Ans (1756-1763). Il participe à la bataille de Villinghausen (15-16 juillet 1761). En 1761, il est intégré au régiment de Beaujolais avec le grade de sous-lieutenant. Il est en garnison dans différents endroits en France jusqu'en février 1768. Suivant les auteurs de sa biographie, la fin de sa carrière militaire en 1768 est diversement expliquée. D'après Cuvier lors d'un repos, un compagnon en jouant, le tire par le cou et provoque un dérangement important dans cette zone. Une opération compliquée est nécessaire et il est contraint à quitter l'armée. D'après Corsi, il est atteint d'une lésion des ganglions qui lui procure des abcès au cou et d'autre part sa démission pourrait aussi être due à des conflits avec les autres officiers de son régiment, et au fait qu'il n'arrive pas à obtenir le grade de commandant, trop cher à acheter pour le jeune soldat. Après avoir travaillé pour un comptable, il étudie la médecine et se passionne pour la botanique pour laquelle il a déjà éprouvé de l'intérêt pendant sa garnison en Provence.

Une brillante carrière de botaniste, puis de spécialiste des invertébrés

En 1778, Lamarck publie la « Flore française » (troisième édition augmentée en 1805 comportant 5 tomes), un ouvrage où il ordonne les végétaux selon leurs structures réelles et qui permet au lecteur d'identifier les plantes en suivant une méthode dichotomique étape par étape qui deviendra la méthode moderne de reconnaissance des plantes. Le lecteur est mis en présence de deux termes contraires entre lesquels il doit choisir avant de passer à un autre alinéa, où il retrouve une alternative plus restreinte... et ainsi de suite jusqu'au terme du processus où se trouve le nom de la plante. Cet ouvrage lui confère immédiatement une grande notoriété et il est élu membre de l'Académie des sciences de Paris en 1779. Buffon (voir Buffon) appuie son élection, lui confie l'éducation de son fils avec qui il voyage en Hollande, en Allemagne et en Autriche de 1781 à 1782. Il y rencontre des botanistes éminents : Johann Gottlieb Gleditsch (1714-1786) à Berlin, Nikolaus Joseph von Jacquin (1727-1817) à Vienne, Johan Andreas Murray (1740-1791) à Göttingen. Il publie « l'Encyclopédie Méthodique » qui a moins de succès

que son ouvrage précédent. La révolution vient modifier considérablement sa situation et change la direction de ses travaux. Le décret de la Convention (10 juin 1793) réorganise le Jardin des Plantes, le transforme en Muséum d'histoire naturelle sous la direction de l'homme politique Joseph Lakanal (1762-1845). Deux chaires de zoologie sont créées dont l'une est confiée à Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844) qui ne s'était occupé que de minéralogie et l'autre à Lamarck qui était exclusivement botaniste ; Saint-Hilaire est chargé de l'histoire des animaux vertébrés, Lamarck de celle des animaux Invertébrés, les animaux dépourvus de colonne vertébrale et d'os en général qui représentent à peu près 80 % des animaux. En juillet 1795, il ouvre son cours et fait pour les invertébrés ce qu'il avait fait pour les plantes. Il entreprend d'établir une classification des invertébrés, ce qui lui prendra plusieurs années de travail. Il fait ainsi paraître de 1815 à 1822 les 7 tomes de son « Histoire naturelle des animaux sans vertèbres ». Il étudie les coquilles des fossiles du Bassin parisien et fonde ainsi la paléontologie des invertébrés. C'est Lamarck qui désigne par le mot « biologie » du grec *bios* la vie et *logos* la science, la science qui étudie les êtres vivants (animaux et plantes). Il écrit : « Tout ce qui est généralement commun aux végétaux et aux animaux, comme toutes les facultés qui sont propres à chacun de ces êtres sans exception, doit constituer l'unique et vaste objet d'une science particulière qui n'est pas encore fondée, qui n'a même pas de nom, et à laquelle je donnerai le nom de biologie. »

Contribution à la météorologie

Comme la plupart des scientifiques de l'époque, Lamarck se passionne pour la météorologie et publie plusieurs « Annuaire météorologique » où il s'intéresse à l'influence de la Lune sur la météo, la forme des nuages et l'établissement d'un réseau de stations d'observations. Il établit une classification de la forme des nuages, mais c'est la nomenclature de la forme des nuages proposée en 1802 par le pharmacien britannique Luke Howard (1772-1864) qui sera finalement retenue. Dans son Annuaire météorologique de 1807, Lamarck préconise la constitution d'un réseau de stations d'observations météorologiques destinées à améliorer la prévision des conditions climatiques : « ... établissement dans chacun des grands États de l'Europe, d'une correspondance d'observations météorologiques comparables, recueillies simultanément dans différents lieux de ces grands pays, chacun ayant un bureau, centre de cette correspondance, où les observations de tous les points seront sans cesse rapprochées, mises en regard dans des tableaux appropriés, et pourront, par des comparaisons suivies, offrir des connaissances qu'on a le plus grand intérêt d'acquérir ». Celui-ci ressemble étrangement au Bureau Central Météorologique (BCM) qui sera mis en place en France en 1878.

Une fin de carrière difficile

Veuf à trois reprises, Lamarck a avec sa première épouse six enfants dont sa fille aînée Rosalie (1778-1837), et Aménaïde-Cornélie (1792) et avec sa seconde femme deux enfants. Devenu aveugle dix ans avant sa mort du fait sans doute de ses travaux accomplis avec une loupe, il est secondé par principalement sa fille Rosalie qui écrit sous sa dictée les tomes 6 et 7 de l'« Histoire naturelle des animaux sans vertèbres ». Suite à la parution de « Philosophie zoologique » il est tenu en suspicion. Lorsque la chute de l'empire arrive en 1814, il a, comme ses collègues, de fortes inquiétudes car des logements militaires sont installés dans le musée, mais il peut conserver son logement ainsi qu'une collection de coquilles à laquelle il tenait et que désiraient les Prussiens. Pendant la Restauration, il poursuit ses cours. On en a un descriptif dans

« Volupté » de Charles-Augustin Sainte-Beuve (1804-1869) qui suivait ses cours « Cet enseignement avait un attrait puissant pour les graves questions... et par le ton passionné ». Mais pendant cette période, les sciences naturelles sont suspectes, et Lamarck n'est pas apprécié du gouvernement. La cécité et les problèmes de santé dus à l'âge l'empêchent d'assister régulièrement aux assemblées des professeurs du muséum. Il meurt à Paris à 85 ans le 18 décembre 1829 dans son logis du Muséum national d'histoire naturelle. Pour des raisons inconnues son corps est inhumé dans la fosse commune du cimetière du Montparnasse. Ses revenus auraient dû permettre en effet une sépulture plus digne de son rang d'académicien et de professeur. Ironie de l'histoire, c'est à George Cuvier (1769-1832), un farouche adversaire des idées transformistes de Lamarck, qu'incombe la tâche d'effectuer son éloge funèbre qui ne sera lu à l'Académie qu'en 1832. Cuvier tourne en dérision les idées de Lamarck sur le transformisme, attribuant faussement à Lamarck l'idée que l'évolution des animaux est le résultat de leur « volonté » et leur « désir ». Cet « éloge » malveillant, qui est considéré comme un « éreintement académique », et des erreurs de traduction de l'œuvre de Lamarck en anglais feront que sa contribution à la compréhension de l'évolution des êtres vivants sera longtemps méconnue.

Le transformisme de Lamarck

Le but de Lamarck est avant tout de comprendre les êtres vivants en tant que phénomènes physiques. À cet effet, il crée une science nouvelle, la biologie. Très habilement, Lamarck, plus matérialiste que croyant, évacue de l'histoire naturelle la religion en supposant que Dieu a créé l'Univers et les lois qui le régissent, mais assiste en simple spectateur à son évolution naturelle sous l'effet des lois de la physique. Il écrit : « ... j'espère prouver que la nature possède les moyens et les facultés qui lui sont nécessaires pour produire elle-même ce que nous admirons en elle. » Il est ainsi le premier à proposer une théorie matérialiste et non pas métaphysique du règne vivant. Il expose ses idées sur l'évolution dans sa « Philosophie zoologique » parue en 1809, qui ne plaît pas à Napoléon I, et l'introduction de son « Histoire naturelle des animaux sans vertèbres ». Pour lui tout commence avec les « infusoires », des êtres microscopiques se nourrissant d'infusions, qui apparaissent spontanément du fait des lois de la physique et ont une organisation interne très simple. L'apparition par étapes successives et selon un processus très long d'êtres plus évolués comme les mammifères et l'homme est le résultat d'un processus naturel dû selon lui à deux mécanismes complémentaires :

La complexification croissante des organismes sous l'effet de la dynamique de leurs fluides internes (sang, lymphe...) qui multiplie les organes et les nouvelles fonctions. Cette complexification progressive des êtres vivants à travers les générations successives est le pendant de la complexification des individus lors de leur développement depuis le stade embryonnaire jusqu'au stade adulte.

La diversification en espèces par adaptation des organes au milieu. Cette adaptation est d'autant plus marquée que l'organe est moins essentiel à la vie de l'être vivant. Ainsi les organes internes évoluent moins que les organes externes.

Lamarck est donc le premier à proposer une explication naturelle et non religieuse de l'existence des divers êtres vivants. Mais c'est à Charles Darwin (1809-1882) que revient le mérite d'avoir expliqué dans son fameux livre « De l'origine des espèces » paru en 1849 l'adaptation des êtres vivants à leurs conditions d'existence par le mécanisme de la sélection

naturelle. Néanmoins, Lamarck reste le premier scientifique à avoir compris que les êtres évolués ne peuvent pas apparaître par génération spontanée et de ce fait à avoir établi la nécessité de l'évolution des êtres vivants. Le temps a permis de réhabiliter sa mémoire et de reconnaître la valeur de son œuvre scientifique. Et on ne peut pas citer le travail de Lamarck, sans mentionner l'article sur le cou de la girafe qui est le symbole de l'affrontement entre les deux théories. Pour Lamarck, cette transformation se produit sous l'effet de circonstances extérieures entraînant des « besoins » : le cou de la girafe va s'allonger afin qu'elle puisse se nourrir des feuilles hautes des arbres. Pour Darwin, les variations héréditaires « spontanées et accidentelles » au sein d'une espèce vont augmenter sa diversité et c'est à partir de cela qu'opère la sélection naturelle : dans l'exemple de la girafe, il existe des variations de taille du cou chez un ancêtre de la girafe et l'environnement (la hauteur des branches) va servir de crible de sélection, les individus à long cou se reproduiront plus efficacement parce qu'ils sont mieux nourris.

Une station du métro parisien, une rue de Paris, , un cratère lunaire et un astéroïde portent le nom de Lamarck. On peut admirer sa statue à l'entrée du Jardin des Plantes de Paris, inaugurée en 1909 pour le centenaire de la « Philosophie Zoologique » derrière laquelle un bas-relief représente Jean-Baptiste et sa fille, Aménaïde Cornélie de Lamarck, ainsi que l'inscription « La postérité vous admirera, elle vous vengera, mon père », et un monument avec son buste à l'emplacement de sa maison natale de Bazentin. Une plaque commémorative est placée dans le jardin Saint-Martin à Monaco, en souvenir de la tenue de sa garnison en 1763 dans cet endroit où il fut frappé par la « merveilleuse végétation... méditant sur les formes bizarres du figuier de barbarie ».

MARGGRAF

(Andreas Sigismund, 1709-1782)

Chimiste, découvreur de la présence de sucre dans la betterave fourragère

Une éducation très pluridisciplinaire

Andreas Sigismund Marggraf naît le 3 mars 1709 à Berlin, Capitale du royaume de Prusse. Il est le fils aîné d'Henning Christian Marggraf (1680-1754), pharmacien chimiste, et d'Anna Martha Kellner (1685-1752). Ses parents tiennent à Berlin une pharmacie qui appartient à sa mère. Il commence des études de pharmacie et de chimie et de pratique médicale au collège supérieur de médecine de Berlin. Il devient le préparateur de son maître en chimie, partisan comme la plupart des scientifiques de l'époque de la théorie du phlogistique selon laquelle la chaleur est un fluide passant d'un corps à un autre (une théorie erronée qui est à l'origine de maintes erreurs d'interprétation en chimie et en physique). Il part ensuite étudier la chimie, la physique, la médecine, la minéralogie et la métallurgie dans diverses écoles allemandes. Il prend part à diverses recherches sur les installations minières et métallurgiques. En 1735, il rentre à Berlin pour travailler dans le laboratoire de la pharmacie de ses parents.

Ses apports à la chimie

Marggraf développe une méthode d'analyse « douce » des composés organiques (les composés du carbone), la « voie humide » qui tend à éviter la destruction des composants de la substance analysée. Dans ses travaux, il utilise systématiquement le microscope pour observer les phénomènes qu'il étudie. Ses apports sont très vite reconnus par la communauté scientifique. En 1738, il est nommé membre de l'Académie royale des sciences de Berlin. En 1745, il découvre que la betterave fourragère (ancêtre de la betterave sucrière actuelle) contient un composé en tous points identique au sucre de canne. À cette époque, le sucre provient des plantations de canne à sucre situées notamment dans les colonies des Caraïbes. Marggraf est ainsi à l'origine de l'industrie du sucre de betterave. En 1746 reprenant les travaux de l'ingénieur suédois Anton von Swab (1702-1768), il produit le métal zinc à l'aide d'une petite fonderie en chauffant du minerai de zinc (« calamine ») avec du charbon. Précurseur de la chimie organique, il fait connaître l'acide formique, un composé découvert auparavant vers 1670 par le naturaliste anglais John Wray (1627-1705), surnommé « le père de l'histoire naturelle britannique ». Il découvre aussi l'acide phosphorique. Il extrait la potasse du tartre (dépôt sur les parois des cuves contenant du vin) et des sels d'oseille, montrant ainsi à quel point il est un chimiste polyvalent (il découvrira quelques années plus tard l'alumine à partir de l'alun). En 1752, la mort de sa mère dépossède le père et le fils de la pharmacie familiale et de leur laboratoire. Mais, en 1754, l'Académie royale des sciences de Berlin octroie à Andreas un laboratoire et les moyens de poursuivre ses travaux de recherche. En 1776 et 1777, il devient membre des Académies des sciences de Saint-Petersbourg et de Paris. Il publie la plupart de ses résultats dans les écrits de l'Académie de

Berlin. Il meurt le 7 août 1782 à Berlin à l'âge de 73 ans. On découvre dans son appartement des préparations chimiques et des instruments ; il avait donc chez lui un mini-laboratoire de chimie. Comme l'écrit Cuvier dans son éloge « Marggraf était d'un caractère doux, facile et gai, une société peu nombreuse d'amis et d'hommes éclairés qui pouvaient l'entendre et à qui il pouvait dire ce qu'il pensait était la seule distraction et son plaisir le plus doux après celui de l'étude ».

Sa postérité « sucrière »

Franz Karl Achard (1753-1821) naît le 28 avril 1753 à Berlin. Sa famille appartient aux milieux aisés de Prusse et est composée notamment de juristes, de théologiens et de banquiers. Son père théologien meurt alors qu'il a l'âge de deux ans et sa mère se remarie avec un fabricant de tapisseries. Il étudie la physique et la chimie à Berlin et en 1775 il envoie des mémoires décrivant certains de ses travaux à l'Académie royale des sciences de Berlin qui lui offre un poste dans le laboratoire de chimie dirigé par Andreas Sigismund Marggraf. Achard traîne un parfum de scandale par ses aventures amoureuses : mariage considéré comme une mésalliance par ses proches, suivi d'un divorce ; remariage avec sa belle-fille et naissance de deux enfants ; relation avec une employée de maison dont sont issus deux autres enfants illégitimes. À partir de 1792 Achard dirige un domaine agricole au nord de Berlin. Il est le premier en 1796 à exploiter la découverte de sucre dans la betterave faite par Andreas Sigismund Marggraf en 1745. En 1799, il produit des pains de sucre, comparables à ceux issus de la canne et en 1801, il crée la première fabrique de sucre de betterave du monde, en Silésie. L'obtention du sucre est simple mais coûteuse. Les betteraves blanches spécialement cultivées en Silésie sont pressées et cuites pour extraire un liquide sucré. Ce liquide, ajouté à celui d'un second pressage est bouilli pour éliminer l'eau et pour permettre la cristallisation. Le liquide est refroidi après formation d'une croûte, le sucre récupéré est raffiné à n'importe quel degré de pureté. Les sous-produits peuvent servir de fourrage pour le bétail et la mélasse peut être transformée en spiritueux. Le roi de Prusse Frédéric-Guillaume III (fils de Frédéric II) lui a octroyé le domaine de Kunern en Silésie pour développer à grande échelle le nouveau procédé d'obtention du sucre (les betteraves sont pressées, sans les cuire, ce qui réduit les dépenses en carburant...). Achard est nommé membre de l'Académie royale des sciences de Berlin et il y devient directeur de la classe de physique. Il est membre de diverses autres académies savantes. Mais à la suite de plusieurs incendies dans ses raffineries, il est déclaré en faillite en 1815. Achard meurt, presque indigent, le 20 avril 1821 dans son domaine de Silésie. Il aura survécu à sa seconde femme et à plusieurs de ses enfants. Sa mort est passée pratiquement inaperçue dans les milieux universitaires, dont il a pris sa retraite depuis longtemps.

Après le blocus continental décrété par Napoléon, les Britanniques coupent les liaisons entre la France et les colonies françaises des Caraïbes, interrompant l'approvisionnement en sucre de canne. Les plantations à grande échelle de betterave sucrière commencent donc sous le Premier Empire en Normandie et dans le Nord du fait des efforts de l'homme d'affaires et politique Benjamin Delessert (1773-1847) et aux travaux d'Antoine Parmentier (voir Parmentier) et de Jean-Antoine Chaptal (1756-1832). Jean-Baptiste Quéruel (1779-1845) naît le 23 novembre 1779 à Saint-Quentin-les Chardonnetts (Orne). En 1809 il est embauché par la fabrique sucrière de Benjamin Delessert située à Passy. Fin 1811 Quéruel et Delessert mettent au point le procédé permettant la production à l'échelle industrielle de sucre à partir de la betterave. Ils en informent leur ami le chimiste et ancien ministre de l'Intérieur Chaptal, qui prévient l'Empereur. Après avoir vu les résultats, Napoléon I remet sa propre liaison d'honneur à Delessert. Le sucre ainsi

produit se présente sous forme d'un pain conique emballé dans un papier bleu. En 1812, plus de 30 000 hectares de betterave sucrière sont plantés. Jean-Baptiste Quérue l épouse en 1815 Françoise Marie Lebaudy, nièce du négociant en grains Jean Lebaudy le jeune (1776-1847). Lebaudy le jeune investit sa fortune dans la manufacture de Delessert-Quérue l et va donner naissance au XIX^e siècle à une dynastie d'industriels du raffinage du sucre et de banquiers. L'abolition de l'esclavage en 1848 ralentit fortement la production française de sucre de canne dans les îles françaises des Caraïbes et donne un nouveau coup de fouet à la production de sucre de betterave. Selon les chiffres de la campagne 2023-2024, avec 31,5 millions de tonnes de betteraves sucrières produites, la France reste le premier pays producteur européen de sucre et le deuxième producteur mondial de sucre de betterave.

MONTGOLFIER

(Joseph-Michel, 1740-1810 et Jacques-Étienne, 1745-1799)

Industriels de la papeterie et inventeurs de la montgolfière

De la papeterie aux premiers vols en Ardèche

Joseph et Étienne Montgolfier sont nés à Vidalon-lès-Annonay dans le Vivarais (nord de l'Ardèche actuelle), le 26 août 1740 et le 6 janvier 1745 respectivement. Ce sont les douzième et quinzième enfants d'Anne-Catherine Duret et de Pierre Montgolfier (1700-1793) qui possède une papeterie familiale de renommée européenne. Joseph, curieux et inventif mais ne se faisant pas à la discipline de l'époque, n'est pas un très bon élève au collège d'Annonay. Il s'intéresse aux sciences physiques et naturelles. Après ses études, il monte un laboratoire de chimie, puis fait un bref séjour à Paris avant de revenir travailler en Ardèche. Son père lui confie, avec une de ses sœurs et un de ses frères, la nouvelle usine de Vidalon-le-Bas. Après s'être marié en 1770, il préférera assurer la représentation commerciale plutôt que la direction. Étienne, doué en mathématiques, étudie quant à lui l'architecture jusqu'en 1772 avant de prendre la direction de l'affaire familiale. Il rénovera alors la technique française de la papeterie et contribuera au développement de l'entreprise (qui comptera à peu près trois cents ouvriers) en introduisant les procédés hollandais et la fabrication du papier « vélin » en 1777 (encore inconnu en France). En 1780, une unité d'imprimerie dirigée par Joseph s'ouvre à Avignon (qui dépend à cette époque du Pape), ville qui accueille de nombreux imprimeurs voulant éviter la censure royale et le paiement des droits sur des copies d'ouvrages. Joseph Montgolfier profitera de son séjour à Avignon pour passer une licence en droit en 1782 (alors qu'il a 42 ans). Il met aussi au point le papier-filtre qui est parfois nommé « le Joseph ».

Plusieurs hypothèses existent sur la naissance de l'idée de l'utilisation de l'air chaud pour réaliser des ascensions. L'une d'elles veut qu'en novembre 1782, Joseph, toujours en Avignon, prenne conscience de la force ascensionnelle de l'air chaud après avoir observé les mouvements qu'imprime la chaleur à une chemise tendue à sécher devant une cheminée. Il construit une pièce parallélépipédique de taffetas, la place au-dessus d'un réchaud et constate qu'elle bondit vers le plafond. En décembre 1782, les deux frères refont la même expérience à Annonay : une enveloppe cubique d'un mètre cube gonflée par un feu de laine et de paille mouillée s'envole à une trentaine de mètres d'altitude. Le feu produit une épaisse fumée, car ils pensent, par analogie avec les nuages, que la fumée produit la force responsable de l'élévation. Ils multiplient les expériences en mélangeant plusieurs combustibles (telles que paille, foin, laine mouillée, fumier de mouton, etc.). Le 14 décembre 1782, ils gonflent avec de l'air chaud une sphère de trois mètres cubes qui parvient à s'envoler elle aussi. Puis ils décident d'augmenter le diamètre du ballon jusqu'à une douzaine de mètres de diamètre, en utilisant de la toile en coton (toile d'emballage) qu'ils doublent avec des feuilles de papier mince (celui-ci renforçant la toile,

l'imperméabilisant et l'isolant thermiquement). Le poids de ce ballon est de 225 kilogrammes pour 800 mètres cubes. Le ballon est prêt en avril 1783. Lors d'un essai le 25 avril, le ballon est lâché et monte à 400 mètres d'altitude environ. Le 4 juin 1783, lors d'une démonstration aux États particuliers du Vivarais et devant une foule immense, ce même ballon s'élève à plus de 800 mètres (certains diront même un kilomètre) et se pose après 10 minutes de vol à 2 kilomètres. Les députés font un rapport pour l'Académie des sciences de Paris. Le 27 août 1783, le physicien Jacques Charles (1746-1823) répète l'expérience au Champ de Mars à Paris mais préfère utiliser l'hydrogène (gaz découvert par Henry Cavendish (1731-1810) en 1766 et quatorze fois plus léger que l'air). Dès lors, une compétition s'engage entre les frères Montgolfier et Charles, entre « Montgolfiéristes et Carolingiens ».

Le premier vol d'un être humain en Montgolfière

L'expérience du Vivarais du mois de juin a très vite été relayée à Paris. Une commission est réunie par l'Académie des sciences pour réaliser une démonstration à Paris en participant aux frais. Joseph et Étienne décident de construire un nouveau ballon d'une plus grande taille, 1 000 mètres cubes environ et 450 kilogrammes. Le textile de base de l'enveloppe est encore de la toile de coton encollée sur ses deux faces avec du papier. Il est formé de 24 fuseaux, ce qui lui donne une allure assez allongée très reconnaissable, dite biconique, de 24 mètres de haut. Étienne monte à Paris sans son frère et s'installe durant plusieurs semaines à la papeterie de son ami et ancien client Jean-Baptiste Réveillon (1725-1811) qui est le propriétaire de la Manufacture royale de papiers peints à la Folie Titon au faubourg Saint-Antoine. En effet, il faudra deux mois pour assembler le ballon cousu à la main ! Étienne sera aussi assisté d'Ami Argand (1750-1803), spécialiste des phénomènes de combustion.

Le premier essai captif a lieu le 11 septembre 1783 dans le parc de l'usine Réveillon. Un deuxième essai a lieu le lendemain devant la Commission académique malgré l'enveloppe détrempée (il a plu la veille). Celle-ci se déchire mais la commission ne considère pas que ce soit un échec et fixe la démonstration à la semaine suivante. Du fait de la déchirure de ce premier ballon, un nouvel aéronef est construit en seulement 5 jours. D'un volume de 1 400 mètres cubes, il est moins haut (19 mètres) et surtout moins lourd (400 kilogrammes) et est nommé Le Martial. La première démonstration d'un plus lourd que l'air emportant des êtres vivants (un mouton, un canard et un coq) a lieu le 19 septembre 1783 à Versailles devant Louis XVI et sa cour. Le ballon monte à une altitude de 500 mètres et vole huit minutes avant de se poser après avoir parcouru trois kilomètres et demi.

Les animaux embarqués durant ce premier voyage étant revenus sains, le roi autorise le premier vol humain (non captif), Étienne se met à dessiner un nouveau ballon, d'une taille permettant d'emporter deux personnes. Il faut également un autre système qu'un panier fermé accroché par une corde et il pense à une plate-forme circulaire encerclant le foyer. Le nouvel aérostat se caractérise par une forme ovoïde (13 mètres de diamètre pour 21 mètres de haut), un volume de 2 200 mètres cubes et une masse de 500 kilogrammes. Le ballon est également décoré pour la circonstance de fleurs de lys, des douze signes du zodiaque en couleur d'or, des chiffres de Louis XVI, les deux L entrelacés, de mascarons, de guirlandes et d'aigles à ailes déployées. Les essais captifs de ce nouveau ballon sont effectués le 12 octobre, soit moins d'un mois après la réussite du vol à Versailles. Comme ces essais s'effectuent dans les jardins de M. de Réveillon, la machine est nommée « Le Réveillon ». Mais Étienne ne volera pas dans la

montgolfière à cause des interdictions de son père et c'est le scientifique Jean-François Pilâtre de Rozier (1754-1785) qui est choisi pour participer aux premiers essais. La méthode de chauffage change : la paille sèche est utilisée car elle produit moins de fumée mais est plus efficace. Le maniement du ballon consiste à alimenter le feu du foyer avec de la paille pour contrôler la montée ou la descente du ballon.

Le premier vol habité captif a lieu le 19 octobre 1783 dans le faubourg Saint-Antoine avec Jean-François Pilâtre de Rozier seul, et le deuxième vol (toujours captif) atteint 105 m d'altitude avec deux passagers : Jean-François Pilâtre de Rozier et André Giroud de Villette (1752-1787) quelques jours après. Tout est donc prêt en quelques jours mais il manque l'autorisation du Roi (qui préférerait d'abord proposer comme passagers du ballon deux condamnés à mort volontaires avant de changer d'avis). Le premier vol non captif avec humains a lieu le 21 novembre 1783, avec Jean-François Pilâtre de Rozier et le Marquis d'Arlandes (qui a connu Joseph Montgolfier au collège des Jésuite de Tournon). Le « lâcher tout » est donné du château de la Muette à Paris. Le ballon s'élève sans problème et file vers Paris, et il atteint même 1 000 mètres d'altitude au-dessus des Tuileries. Puis ils commencent à perdre de l'altitude en quittant Paris. Ils atterrissent sur la Butte-aux-Cailles, aujourd'hui place Paul-Verlaine, dans le 13^e arrondissement. La distance parcourue est de neuf kilomètres, le tout en 25 minutes.

Les essais à Lyon

Pendant qu'Étienne est à Paris, Joseph est à Lyon pour des raisons professionnelles. Les deux frères correspondent par courrier, ce qui incite probablement le deuxième frère à tenter des expériences de son côté. Il fabrique un petit aérostat en papier à la demande de Jacques de Flesselles, intendant de Lyon (équivalent à l'époque de préfet). Ce petit ballon, lancé pour la première fois le 31 octobre 1783, est équipé d'un brûleur grillagé alimenté avec du papier imbibé d'huile d'olive. Il construit ensuite un ballon plus imposant (340 mètres cubes) fait de papier rouge et chauffé à la paille. Lâché en début de nuit le 18 novembre, le spectacle donné est assez remarquable, d'autant plus qu'il est équipé de feux d'artifice qui se déclenchent en altitude. Souhaitant couvrir de longues distances, Joseph veut ensuite construire un énorme ballon pour voyager de Lyon à Paris par exemple. Le succès de ses expériences lui permet d'ouvrir une souscription et la construction d'un nouveau ballon de sept tonnes, d'un volume de 23 270 mètres cubes (soit environ 10 fois le volume du ballon testé à Paris !) et capable d'emmener sept passagers est lancée. Sa fabrication est assurée par un ami de Joseph, un dénommé Fontaine, avec sous ses ordres 150 tailleurs et couturiers !

Après les expériences réussies de Paris, Jean-François Pilâtre de Rozier arrive à Lyon en décembre, et quelques frictions entre lui (un aéronaute capable de gérer les problèmes de combustion et le vol) et Joseph (inventeur du ballon) apparaissent. Les premiers essais captifs ont lieu du 7 au 15 janvier 1784 mais le ballon a souffert de l'hiver rigoureux cette année-là. De plus, le gonflement de cette énorme enveloppe s'avère très délicat, surtout avec des aides aérostats peu expérimentés. À cela se rajoutent un temps peu favorable et une lutte entre les souscripteurs pour savoir qui volerait. Mais finalement, le 19 janvier, le temps est favorable et 100 000 Lyonnais sont présents (Pierre, le père des deux inventeurs, assiste à l'évènement). Sept personnes prennent place à bord du « Flesselles » : Joseph (dont c'est le seul et unique vol), Jean-François Pilâtre de Rozier, le comte de Laurencin (qui avait amené une grande partie des fonds), le comte de Dampierre, le marquis de Laporte d'Anglefort, le prince de Ligne et le jeune

Fontaine. Bien qu'un peu laborieux, le décollage se déroule normalement. Au bout de douze minutes de vol, le vent change et ramène le ballon au point de départ. C'est alors qu'une déchirure apparaît au sommet, le ballon perd rapidement de l'altitude et atterrit brutalement à une centaine de mètres de son point de départ. Les voyageurs sont indemnes mais le ballon, à moitié brûlé, ne pourra jamais revoler.

Amélioration des ballons et premières « rozières »

Étienne Montgolfier récupère et fait réparer le ballon du premier vol humain début 1784 grâce à des fonds du gouvernement. Stocké chez Jean-Baptiste Réveillon (qui devient spécialiste des aérostats), le ballon est modifié selon les indications envoyées par Étienne qui est retourné à Annonay. Le ballon fait 26 mètres de haut pour 5 000 mètres cubes de volume. La partie haute du ballon est maintenant faite de peaux fines de mouton pour augmenter la résistance. Le ballon est testé de manière captive au mois de mai par le marquis de Montalembert, membre de l'Académie des sciences, puis il est réquisitionné pour une fête aéronautique à Versailles : de plus en plus de personnes (du monde scientifique comme de la royauté) sont en effet intéressées par cette nouvelle invention, et Étienne ne reverra jamais son ballon... Le 23 juin 1784, le ballon baptisé en l'honneur de la reine La Marie-Antoinette s'élève de nouveau à Versailles devant les rois de France et de Suède, emmenant Pilâtre de Rozier et le chimiste Joseph Louis Proust (1754-1826). Ils traversent les couches nuageuses et atteignent environ 3 000 m d'altitude. Hors de la vue du sol, dans le froid et les turbulences, ils décident de redescendre pour se poser entre Coye et Orry-la-Ville, juste avant la forêt de Chantilly, après 45 minutes de vol et avoir parcouru 52 kilomètres. Trois records du monde (distance, vitesse, altitude) sont donc battus durant ce voyage.

Pilâtre de Rozier désire ensuite traverser la Manche en ballon dans le sens France-Angleterre (donc contre les vents dominants). En août 1784, il rencontre le physicien Pierre-Ange Romain (1751-1785) pour l'aider dans cette aventure. Une course contre la montre est en effet lancée car une tentative est aussi prévue dans l'autre sens, menée par Jean-Pierre Blanchard (1753-1809) et financée par le physicien américain, John Jeffries (1744-1819). Pilâtre de Rozier obtient assez facilement du gouvernement français une somme d'argent pour construire son ballon mais la traversée avec une montgolfière est impossible du fait de l'autonomie réduite de ces dernières (la masse de paille à brûler aurait été énorme). Ils décident donc de construire un ballon mixte, à air chaud et à gaz, assez en avance pour son temps, qu'ils appellent « aéromontgolfière » (ce type de ballon s'appelle désormais « rozière » de nos jours, en hommage à Pilâtre de Rozier, voir Piccard). Ce ballon à gaz est pourvu, en dessous, d'une montgolfière de forme à peu près cylindrique, l'ensemble faisant 22 mètres de haut. Terminé et acheminé à Boulogne durant l'automne 1784, le voyage ne peut cependant pas s'effectuer durant l'hiver du fait de vents non favorables.

C'est donc le ballon concurrent (gonflé à l'hydrogène) piloté par Blanchard et Jeffries qui traverse la Manche dans le sens Angleterre-France pour la première fois le 7 janvier 1785 (en un peu moins de deux heures trente). Pilâtre de Rozier, beau joueur, les accueille à Calais et les accompagne même à Paris, renonçant à son projet. Mais cet abandon est mal reçu par le contrôleur général des finances qui veut redorer le prestige du Roi. Bien que Pilâtre de Rozier reparte à Boulogne-sur-Mer dès le mois de janvier, les tentatives menées avec Pierre Romain resteront infructueuses durant la première partie de l'année. Ils parviennent enfin à s'envoler pour l'Angleterre le 15 juin 1785 mais un vent d'ouest les ramène au-dessus des terres alors

qu'ils s'étaient éloignés d'à peu près cinq kilomètres. À ce moment-là, le ballon se dégonfle de manière brutale et ils s'écrasent au sol, à 300 m du rivage, les tuant sur le coup. Un monument a été élevé sur la commune de Wimereux pour rendre hommage à ces pionniers du ciel.

Suite et fin de vie des frères Montgolfier en dehors de l'aéronautique

Pierre Montgolfier, père de Joseph et Étienne, est anobli en 1783, Louis XVI souhaitant remercier la famille Montgolfier pour les innovations qu'elle avait apportées à la France. Joseph et Étienne sont nommés le 10 décembre 1783 membres correspondants de l'Académie des sciences à titre exceptionnel. Les deux frères reçoivent quant à eux le titre de chevalier, leur devise étant « *sic itur ad astra* » (« Nous irons ainsi jusqu'aux astres »).

Mais par la suite, les deux frères abandonnent petit à petit l'aéronautique, faute de trouver les moyens financiers pour améliorer leur invention. Étienne tout d'abord revient s'occuper des affaires de la papeterie dès 1784, puis en devient le propriétaire en 1787. Il est admis à l'Académie des sciences en 1796 et meurt de problème cardiaque, le 1^{er} août 1799 à Serrières, en Ardèche. En 1801, c'est Barthélémy Barou de la Lombardière de Canson (1774-1858), gendre d'Étienne, qui lui succède, donnant ainsi à la lignée papetière le nom de marque sous lequel elle passera à la postérité. Joseph quant à lui s'illustre par plusieurs inventions, dont la principale est le « béliet hydraulique » (1792), une machine qui permet d'élever l'eau à plusieurs mètres grâce à des soupapes. Après la Révolution, il se retire des affaires et s'établit à Paris. Il y reçoit la Légion d'honneur de Napoléon Bonaparte, qui le nomme administrateur du Conservatoire national des arts et métiers. Il est ensuite reçu à l'Académie des sciences en 1807. Il meurt le 26 juin 1810 à Balaruc-les-Bains (Hérault) où il était venu soigner un commencement d'hémiplégie.

Les ballons de type Montgolfières sont toujours utilisés de nos jours, principalement pour des excursions aériennes de quelques heures. En ce qui concerne les ballons à enveloppe fermée, l'hélium, ininflammable, a remplacé l'hydrogène et il a fallu attendre 1999 pour que le premier voyage autour du monde en ballon soit effectué (voir Piccard). Mais l'invention des frères Montgolfier a bien marqué de nombreux esprits depuis les premiers vols de 1783 tant ils étaient audacieux pour l'époque, au point d'avoir inspiré l'allumage de la vasque olympique aux allures de montgolfière lors de la cérémonie d'ouverture des Jeux de Paris en Aout 2024.

PARMENTIER

(Antoine, 1737-1813)

*Pharmacien militaire, agronome, promoteur de la
consommation de la pomme de terre*

Formation de pharmacien

Antoine Augustin Parmentier naît le 12 août 1737 à Montdidier, en Picardie. C'est le cadet d'une fratrie de cinq enfants. Ses parents sont de modestes commerçants de Montdidier. Du fait de difficultés financières, l'éducation des enfants est assurée par leur mère, Marie Euphrosine Million (1706-1776) et le curé de la paroisse qui leur enseigne le latin, une langue indispensable à l'époque pour le métier de pharmacien ou de médecin. En 1750, il entre comme commis dans une pharmacie de Montdidier tenue par un lointain cousin qui commence son apprentissage de pharmacien. Recommandé par son cousin, en 1755, il entre comme apprenti dans la pharmacie Simonnet à Paris. Conformément à l'usage il loge chez son maître d'apprentissage Jean-Antoine Simonnet, d'origine picarde comme lui.

Une brillante carrière de pharmacien militaire

Antoine Parmentier n'a pas les moyens financiers d'ouvrir ou de reprendre une officine de pharmacie. Il décide donc de s'enrôler dans l'armée qui a besoin de pharmaciens. En 1757, il est embauché par l'apothicaire-major de l'Hôtel des Invalides et affecté en tant que pharmacien de troisième classe aux hôpitaux de l'armée de Hanovre engagée dans la guerre de Sept Ans (1756-1763). Il se fait remarquer pour ses qualités par son chef de service Pierre Bayen (1725-1798) qui le recommande à Claude Humbert Piarron de Charmousset (1717-1773), intendant général des hôpitaux. Parmentier montre tout son savoir-faire lors d'une épidémie de dysenterie qui décime l'armée. Il est fait cinq fois prisonnier, mais est chaque fois libéré lors des échanges de prisonnier car l'armée a cruellement besoin de son personnel médical. Sa promotion est rapide : pharmacien de deuxième classe début 1758, de première classe en 1760. Il commence des études de chimie à Francfort-sur-le Main en Allemagne, mais préfère rentrer en France où il étudie la physique avec l'abbé Nollet (1700-1770), la chimie avec Guillaume-François Rouelle (1703-1770) et la botanique avec Bernard de Jussieu (voir Jussieu). En 1766, il remporte le concours d'apothicaire-adjoint à l'Hôtel des Invalides. En 1772, il est nommé apothicaire-major de la pharmacie des Invalides. Mais en 1774 un conflit avec les Filles de la Charité qui veulent garder la maîtrise de l'infirmerie et de l'apothicairerie des Invalides l'amène à présenter sa démission. Louis XVI le nomme pensionnaire du roi aux Invalides. Il peut y occuper gratuitement un appartement et se consacrer à ses recherches. Sa sœur Marie-Suzanne (1736-1809) qui est devenue veuve s'installe avec lui dans cet appartement et devient sa fidèle collaboratrice. De 1779 à 1781, au cours de la guerre maritime entre la France et l'Angleterre, Parmentier assume les fonctions d'apothicaire-major des hôpitaux militaires de la division du Havre et de la Bretagne.

Son action en faveur de la culture et de la consommation humaine de la pomme de terre

Au XVI^e siècle, lors de l'arrivée des conquistadors espagnols, la pomme de terre est avec le maïs la principale nourriture dans l'empire inca. Les Espagnols la ramènent en Europe où elle passe d'abord pour une curiosité botanique aux vertus médicinales pour certains. Mais petit à petit sa facilité de culture et de conservation et les possibilités qu'elle offre de ce fait de faire face aux famines récurrentes poussent de plus en plus de pays à la cultiver et la consommer. En ce milieu de XVIII^e siècle, elle est ainsi cultivée notamment en Allemagne, en Italie, en Alsace-Lorraine, en Savoie et même dans le midi de la France. Toutefois sa culture ne s'est pas répandue dans le nord de la France, notamment en Île de France, et le Parlement de Paris a même interdit sa culture en 1748, car elle est suspectée de transmettre la lèpre.

En Prusse, pendant qu'il était prisonnier de guerre, Parmentier a pu apprécier l'intérêt alimentaire pour l'homme de la pomme de terre. À Hanovre, il a pu observer la culture en ligne des plants de pomme de terre ce qui augmente le rendement agricole. Fort de son expérience allemande, Parmentier entreprend la culture de la pomme de terre sur une parcelle de terrain dépendant de l'Hôtel des Invalides. En 1769 et 1770, de terribles famines déciment la France. C'est pourquoi en 1771, l'Académie de Besançon décide de récompenser par un prix la meilleure contribution proposant des moyens de faire face aux disettes. Parmentier montre que l'on peut extraire facilement de diverses plantes de l'amidon (un sucre complexe à la base de l'alimentation humaine) et obtient le prix. En 1772, la Faculté de médecine de Paris après une longue réflexion déclare que la consommation de la pomme de terre ne présente pas de danger pour l'homme. En réalité Parmentier n'est pas le premier savant français à avoir souligné l'intérêt de la pomme de terre pour lutter contre les disettes. L'agronome Henri Louis Duhamel du Monceau (1700-1782) l'a souligné dès 1761. Toutefois, en tant que tubercule souterrain et considéré de ce fait comme un aliment de seconde zone, elle est le plus souvent réservée à l'alimentation des bestiaux. La pomme de terre était en outre consommée par les paysans malgré sa mauvaise réputation. Parmentier a le mérite de rédiger plusieurs mémoires pour promouvoir auprès des élites du royaume les vertus nutritionnelles de la pomme de terre et lutter contre divers préjugés selon lesquels elle donne diverses maladies et appauvrit les sols. En 1779, il publie la « Manière de faire le pain de pomme de terre, sans mélange de farine », où il développe les travaux de deux de ses prédécesseurs, mais son procédé est trop long (six jours de préparation) pour être vraiment utile. Il faut savoir que le pain à base de farine de blé est à la base de l'alimentation des gens du peuple, ce qui explique la volonté de Parmentier et de divers autres philanthropes de trouver un substitut à base de pomme de terre. Il multiplie néanmoins les campagnes de promotion du pain de pomme de terre en organisant des dîners avec des hôtes prestigieux et publie en 1780 « Le parfait boulanger ou traité complet sur la fabrication & le commerce du pain » et ouvre une école de boulangerie. Du fait de son conflit avec les Sœurs de la Charité, propriétaires de la parcelle de terrain où il cultive des pommes de terre aux Invalides, il avait perdu son terrain près des Invalides, mais il réussit à se faire attribuer par le gouvernement deux arpents dans la plaine des Sablons, un champ militaire réputé incultivable où il redémarre ses cultures de pomme de terre. La légende veut que Parmentier ait fait garder de jour, mais pas de nuit, par des hommes armés son terrain pour persuader les gens du peuple qu'il s'agit d'un mets précieux destiné à l'aristocratie et les inciter à voler les pommes de terre la nuit et à les consommer. En fait, comme tout terrain militaire, la plaine des Sablons est gardée de

jour. Parmentier étend sa culture à la plaine de Grenelle et publie en 1787 « Mémoire sur la culture des Pommes de terre à la plaine des Sablons et de Grenelle ». Le coup de génie de Parmentier est d'avoir réussi sa promotion auprès du roi. Le 24 août 1786, Parmentier offre à Versailles un bouquet de fleurs de pommes de terre à Louis XVI qui en met une à sa boutonnière et une autre dans la coiffure de Marie-Antoinette et déclare à Parmentier : « La France vous remerciera un jour d'avoir trouvé le pain des pauvres ». Cet hommage royal convertit toute la Cour et la France entière. Il fait ainsi de la pomme de terre le « légume de la cabane et du château ».

Autres travaux scientifiques et techniques

Parmentier est un touche-à-tout qui s'intéresse à de multiples sujets touchant à l'alimentation et à l'hygiène. Il étudie la châtaigne, le maïs, le blé de Turquie, l'opium, l'ergot de seigle. Pour améliorer le pain distribué dans les hôpitaux et les prisons, il imagine une nouvelle méthode de panification et ouvre une école de boulangerie. Pour lutter contre la pénurie de sucre de canne, il propose d'utiliser le sucre extrait du raisin ou d'autres plantes sucrées. L'analyse des aliments est alors effectuée par chauffage à la cornue, ce qui tend à détruire les composants de l'aliment. Parmentier préconise une méthode d'analyse moins destructrice introduite par Claude de La Garaye (1675-1755). Il travaille sur la conservation des farines, du vin, des produits laitiers, de la viande (il préconise l'emploi du froid pour conserver la viande). Il s'occupe de la qualité des eaux, de l'air notamment dans les salles des hôpitaux, de l'entretien et de la vidange régulière des fosses d'aisance. D'abord mal vu dans les débuts de la Révolution, son activité de promotion de la pomme de terre dont on généralise la culture le fait rentrer en grâce en 1793. On le charge de superviser les salaisons destinées à la marine et la fabrication des biscuits de mer. Il travaille sur l'amélioration de la technique de conservation des aliments par appertisation découverte par Nicolas Appert en 1795 (voir Appert). En 1795, il est élu membre de l'Académie des sciences dans la section « économie rurale ». La même année il reçoit de la Convention Nationale une médaille d'or pour avoir « propagé et éclairé la culture de la pomme de terre ». Grâce à ses travaux la première fabrique de sucre de betterave voit le jour en 1801. Parmentier sera par la suite élu membre étranger de diverses académies savantes européennes. Sous le Consulat et l'Empire, il occupe des charges de haute responsabilité dans les domaines de la santé, de la pharmacie et de l'agriculture. Il est décoré de la croix de la Légion d'honneur par Napoléon en 1804. Il rédige plusieurs versions d'un Code pharmaceutique dont la troisième édition paraît en 1807. Il fait adopter la vaccination antivariolique dans l'armée et s'occupe d'améliorer les conditions d'hygiène sur les bateaux de la Marine. Il participe à la rédaction des textes sur la réforme agraire qui donneront naissance au Code rural. En 1809, il a le chagrin de perdre sa sœur Marie-Suzanne qui lui a toujours épargné les tracasseries de la vie quotidienne de célibataire et l'a aidé dans ses travaux. Homme influent et régulièrement sollicité par des pharmaciens, il finit toujours après des réticences initiales par les aider.

Hommages posthumes

Antoine Augustin Parmentier meurt de la tuberculose le 17 décembre 1813 à Paris. Sa tombe du Père Lachaise est régulièrement entretenue par des sociétés de pharmaciens. Pendant un certain temps, on y voyait un potager abritant des plants de pommes de terre en hommage à son action en faveur de ce tubercule. Divers hommages posthumes lui ont été rendus en France. Sous la III^e République les maîtres d'école le décrivent comme le découvreur de la pomme de terre.

Une station du métro parisien, des avenues, des places, des rues, des écoles portent son nom. On peut trouver sa statue dans diverses villes de France, notamment dans la cour de la Faculté de pharmacie de Paris. À l'occasion du bicentenaire de la mort de Parmentier, l'année 2013 a été déclarée « année Parmentier » par la doyenne de la Faculté de pharmacie de Paris et a donné lieu à diverses commémorations : émission de timbres, de cartes postales, édition de livres, expositions.

CHAPITRE II

Le XIX^e siècle, révolution industrielle et dans les transports.

BOLLÉE

(Amédée, 1844-1917)

1^{er} constructeur à commercialiser et produire en série des automobiles

L'entourage familial

Amédée Bollée naît le 11 janvier 1844 à Sainte-Croix, une localité qui fait partie maintenant du Mans et située dans la Sarthe. Son père Ernest-Sylvain Bollée (1814-1891) est un fondeur de cloches et un inventeur. D'abord artisan itinérant, il se fixe finalement en 1842 au Mans. Son entreprise de fonte de cloches se diversifie sous sa direction et produit des robinets, des canalisations, des pompes, des béliers hydrauliques. Les béliers hydrauliques sont des dispositifs de pompage de l'eau reposant sur le principe du « coup de bélier » (surpression induite par une variation rapide de vitesse d'un liquide due par exemple à une ouverture/fermeture d'un robinet) et brevetés par Ernest-Sylvain Bollée en 1857. Il brevète également en 1868 une turbine à vent qui donne naissance à « l'éolienne Bollée ». En 1880, le maire du Mans remet à Ernest-Sylvain Bollée les insignes de Chevalier de la Légion d'honneur. Au total, il fonde trois entreprises qu'il lègue à ses trois fils : Amédée, Ernest-Jules et Auguste-Sylvain. L'entreprise dont hérite Auguste-Sylvain Bollée (1847-1906) fabrique les « éoliennes Bollée » inventées par son père qui est le premier, semble-t-il, à utiliser le mot « éolienne » comme un nom commun et non comme un adjectif. Ces éoliennes sont de quatre types de dimensions différentes selon la puissance désirée et le site d'implantation. Elles sont produites de 1872 à 1933 en 350 exemplaires implantés principalement en France. Elles servent au pompage de l'eau, une activité devenue indispensable du fait du développement agricole et industriel. Le modèle initial est amélioré à diverses reprises et notamment par Auguste-Sylvain Bollée qui y ajoute un entonnoir à vent pour capter une plus grande quantité d'air et augmenter ainsi la puissance de l'appareil, dispositif qu'il brevète en 1885. En 1900, l'éolienne Bollée est présentée à l'Exposition universelle de Paris et connaît un succès commercial. La fonderie Bollée existe toujours de nos jours. Située à Saint-Jean-de-Braye près d'Orléans, elle exporte ses produits dans le monde entier.

La première automobile de l'histoire de l'automobile

En 1873, Amédée Bollée réalise son premier véhicule baptisé « l'Obéissante ». C'est un véhicule mû par deux moteurs à vapeur bicylindres et qui se caractérise par son faible niveau sonore en fonctionnement et sa grande maniabilité, d'où son nom d' « Obéissante ». Elle a quatre roues et les deux roues arrière assurent la propulsion du véhicule. La chaudière se trouve à l'arrière. La direction est assurée par les roues avant. Elle est dotée d'une direction à double pivot et d'une suspension indépendante sur les quatre roues. Elle pèse environ cinq tonnes, offre douze places et atteint sur une route horizontale les 40 km/h. Son changement de vitesse lui permet de gravir à faible vitesse des côtes à 12 %. D'emblée Bollée a donc trouvé les bonnes solutions mécaniques qui seront reprises par la suite. Il faut noter que le mot « automobile », qui

signifie « qui se meut par lui-même », apparaît pour la première fois en 1875 dans les travaux de l'Académie française qui lui attribue le genre masculin. On considère donc que l'Obéissante est le premier véhicule automobile de l'histoire de l'automobile.

Le 9 octobre 1875, après diverses démarches administratives pour obtenir les autorisations nécessaires, au volant de l'Obéissante, Amédée Bollée parcourt en 18 heures les 250 kilomètres séparant Le Mans de Paris. Son véhicule étant dépourvu de chevaux, une circonstance non prévue par la réglementation de l'époque, il se voit infliger 75 contraventions à l'entrée dans Paris, amendes qui seront par la suite annulées par le préfet de police qui effectue une promenade dans Paris à bord de l'Obéissante. Malgré le succès d'une communication à l'Académie des sciences décrivant les diverses étapes de sa fabrication, Amédée Bollée ne reçoit aucune commande de sa première automobile.

La première commercialisation et la construction en série d'une automobile

Jugeant que l'échec commercial de l'Obéissante est dû à son poids excessif, Amédée Bollée conçoit et fabrique en 1878 une automobile « plus légère » pesant néanmoins 2,75 tonnes et baptisée « la Mancelle ». Cette automobile est faite de bois et d'acier. Son moteur à vapeur est placé à l'avant. Elle possède une boîte de vitesses et un différentiel. Sa vitesse de pointe est de 42 km/h. Pour montrer ses bonnes performances, Bollée lui fait parcourir le trajet séparant Paris de Vienne, capitale de l'Autriche-Hongrie, et effectuer diverses promenades dans Paris. Exposée avec l'Obéissante à l'Exposition universelle de Paris de 1878, elle remporte une médaille d'or. Les deux automobiles d'Amédée Bollée sont les seules automobiles à avoir participé à cette exposition. Au total Amédée Bollée en commercialise une cinquantaine d'exemplaires, ce qui fait de la Mancelle la première automobile à avoir été fabriquée en série.

Autres réalisations

En 1881, Amédée Bollée réalise « la Rapide », une automobile capable de dépasser le seuil psychologique du mètre par minute (60 km/h) et dont la pointe de vitesse est de 62 km/h. En 1879, on lui commande un train routier destiné à transporter des marchandises. Il conçoit et réalise « la Marie-Anne », un ensemble propulsé par un moteur à vapeur d'une puissance de cent chevaux. Les roues du tender et des deux premiers wagons sont motrices. Sur terrain horizontal la Marie-Anne peut transporter cent tonnes de marchandises, mais ce chiffre tombe à trente tonnes sur une côte à 6 %. Ce véhicule est considéré comme l'ancêtre de nos camions semi-remorque actuels. Amédée Bollée est élu président d'honneur de l'Automobile Club de l'Ouest lors de sa création en 1906. Il est nommé Chevalier de la Légion d'honneur et meurt à Paris le 20 janvier 1917.

Successions : les automobiles de courses et les grosses cylindrées

Amédée Bollée a trois fils dont deux s'illustrent dans la construction automobile. Amédée Bollée fils (30 janvier 1867-14 décembre 1927) est l'aîné. Son père l'encourage à développer des moteurs à combustion interne (pour mémoire, le moteur à vapeur est un moteur à combustion externe). Il multiplie les expériences et invente notamment un moteur à turbine, mais les matériaux de l'époque sont incapables de lui conférer une durée de vie satisfaisante, et un nouveau type de carburateur. Au total, il acquiert une très grande compétence dans la réalisation

des moteurs à combustion interne. Le sport automobile se développe à partir de 1895 et les courses se multiplient. Afin d'aligner dans ces courses des automobiles aux performances de plus en plus élevées, Amédée Bollée fils réalise divers modèles :

- en 1896, sa première automobile à essence le « Type A » pour la course Paris-Marseille-Paris ;
- en 1898, pour la course Paris-Amsterdam-Paris le « Torpilleur Type B », une automobile aérodynamique dont la carrosserie est en aluminium ;
- en 1899, pour le premier Tour de France Automobile, une automobile de courses révolutionnaire dont le moteur d'une puissance de 20 chevaux lui permet d'atteindre les 90 km/h sur bonne route.

Il entretient ainsi une véritable écurie de courses avec d'illustres coureurs automobiles de 1900 à 1923, il construit des modèles automobiles haut de gamme en petite série (moins de 50 exemplaires par an) et poursuivant ses recherches, met au point un système automatique de rattrapage du jeu des soupapes, système toujours utilisé de nos jours. À partir de 1923 il se spécialise dans la réalisation des segments de pistons. Sa société, le « Segment AB » existe toujours à Arnage (ville près du Mans) et c'est la plus ancienne société d'équipements automobiles du monde, car elle est issue de la société créée en 1873 par Amédée Bollée père.

Léon Bollée (1870-1913) est le cadet. Il manifeste très tôt son esprit inventif. À 14 ans il construit un pédalo. En 1889 pour réaliser sans erreur les nombreux calculs que requiert la fabrication de cloches effectuée par son père, il conçoit et fabrique une calculatrice mécanique à 3 000 pièces, calculatrice qui lui vaut un premier prix à l'Exposition universelle de Paris de 1889. Il perfectionne divers instruments de calculs et entreprend la construction d'une machine à différences opérant sur les 27^{es} différences inspirées des travaux de Charles Babbage (voir Lovelace). En 1896, Léon Bollée commercialise son premier véhicule. Il a trois roues, des roues équipées de pneumatiques, une innovation pour l'époque et un moteur monocylindre de trois chevaux conçu par son frère Amédée. Léon baptise le véhicule d'un mot de son invention « Voiture », appellation qu'il dépose. Au volant chacun d'une « voiture », Léon et son frère benjamin Camille remportent les deux premières places de la course Londres-Brighton. Léon Bollée crée alors son entreprise de construction automobile au Mans. En 1898, Léon remporte le Critérium des Motocycles. En 1903, il réalise sa première grosse voiture. Un premier modèle de 28 chevaux est suivi d'un second de 45 chevaux. En 1910, un troisième modèle encore plus puissant voit le jour. Ses automobiles sont de très bonne qualité et connaissent de ce fait un grand succès commercial : en 1911, la société « Léon Bollée » produit 600 véhicules. Après le décès en 1913 de Léon Bollée, sa veuve poursuit la production de véhicules et d'armements. Rachetée par Morris, mais mal gérée, la firme ferme définitivement en 1928. Divers hommages ont été rendus à Léon Bollée : nom de stade, une avenue de Paris, une avenue du Mans porte le nom de la famille.

BRAILLE

(Louis, 1809-1852)

Musicien, inventeur d'un système de lecture et d'écriture à l'usage des personnes aveugles ou malvoyantes

Braille devient aveugle

Braille est un « inventeur » dont le nom est maintenant passé comme nom commun dans le langage courant et est entré en 1927 dans le dictionnaire français. Louis Braille est né le 4 janvier 1809 à Coupvray en Seine et Marne. Son père est bourrelier et à trois ans, en jouant avec les outils paternels, il se blesse à l'œil. L'infection se propageant aux deux yeux, il devient aveugle.

Pour ses parents il est hors de question de laisser le jeune Louis sans instruction. Son père se renseigne auprès de l'Institution Royale des Jeunes Aveugles à Paris. Cette institution avait été fondée en 1791 par le linguiste Valentin Haüy (1745-1822) (frère du minéralogiste connu René Just Haüy, voir Buffon et Jussieu). Les aveugles y apprenaient un travail manuel et la lecture en touchant des caractères spéciaux, des lettres romaines très grandes et gaufrées. Valentin Haüy, considéré comme terroriste sous le Consulat avait dû s'exiler en Russie, ne revient en France qu'en 1817 et ne reçoit l'autorisation de rentrer dans l'institution qu'il avait fondée qu'en 1821. Le 15 février 1819, Louis Braille rentre à « l'Institution Royale ». Une plaque commémorative existe actuellement au 2 rue des Écoles à Paris, à l'emplacement de l'Institution.

L'écriture pour aveugles et malvoyants avant le braille

En Europe, l'idée d'un système d'écriture en relief à destination des non-voyants remonte à 1670. Cette année-là, le prêtre italien Francesco Lana de Terzi (1631-1687) met au point un système de codage, appelé « système Lana » permettant aux aveugles d'écrire couramment en traçant seulement des lignes et en faisant des points sur du papier épais. Un siècle plus tard, l'homme de lettres français Valentin Haüy réalise des impressions en relief de lettres de l'alphabet latin, et crée une institution destinée à l'instruction des enfants aveugles. C'est vers 1815 qu'un officier d'artillerie, Charles Barbier de la Serre (1767-1841), développe la « sonographie » ou écriture dite « expéditive nocturne ». « Expéditive » a ici le sens d'écriture expédiée, c'est-à-dire qui peut être écrite rapidement et « nocturne » car cette écriture peut être lue dans l'obscurité. Son système permet de retranscrire 36 sons sous forme de points, disposés sur un rectangle de 2 unités sur 6 unités de côté. En 1821, il vient présenter son écriture à l'Institution royale des jeunes aveugles, où est scolarisé un enfant de 12 ans ayant pour nom Louis Braille...

L'invention de l'alphabet braille

Louis Braille va perfectionner cette « écriture nocturne ». Il note que la transcription phonétique s'éloigne trop de l'écriture conventionnelle, et ne permet pas de rendre compte des nuances (notamment les homonymies) qu'autorise l'orthographe. L'utilisation de 12

emplacements pour transcrire 36 sons lui apparaît superflu. En utilisant six emplacements, parfaitement adaptés au toucher, il peut coder jusqu'à 63 symboles différents (l'absence de points représente un espace). Il va ainsi transcrire toutes les lettres de l'alphabet, la ponctuation, les chiffres, et même les notes de musique. Le génie de Braille est ainsi d'avoir réduit au minimum la surface d'un caractère de manière que le doigt perçoive sans tâtonnements un signe en une seule fois. La partie sensible du doigt est située au niveau de la pulpe des deux index dont la surface n'excède pas quelques millimètres. Pour qu'un trait soit perçu de façon correcte, il faut opérer un déplacement du doigt, tandis qu'un signe constitué de 1 à 6 points est identifié dès que le doigt est posé à l'endroit où il se trouve.

En 1829 Louis Braille fait éditer un ouvrage intitulé *Procédé pour écrire les paroles, la musique et le plain-chant au moyen de points, à l'usage des aveugles et disposés pour eux* qui se base sur l'invention de Barbier en l'améliorant très nettement et qui marque la naissance officielle de l'alphabet braille. Il la révisé en 1837, et c'est cette deuxième publication qui contient le système connu maintenant sous le nom de braille. Cette publication est communiquée à toutes les institutions pour aveugles existant à cette époque en Europe et aux États-Unis. Dans cette seconde édition est présentée la prière du Pater en 6 langues (latin, français, italien, espagnol, allemand, anglais), avec le texte braille correspondant. Pour les notes de musique, Braille part d'un principe nouveau : le clavier du piano et la gamme. Sur le clavier, les 7 notes de la gamme se répètent dans le même ordre, d'octave en octave. Il suffit donc, pour représenter ces 7 sons, d'emprunter 7 signes consécutifs à une même série et de trouver 7 autres signes ou « clés d'octaves » qui interviennent lorsque, dans une suite de notes, il y a changement d'octave.

Vie de Braille dans l'institution et fin de vie

Dans l'institution, Braille se montre intelligent, consciencieux. Il est appliqué dans toutes les matières manuelles et intellectuelles enseignées. À quatorze ans, il est nommé « contremaître de l'atelier de chaussons de lisière et de tresse », puis « répétiteur » et en août 1828 il devient professeur. Pour les distinguer des élèves, les professeurs portaient exactement le même uniforme que celui des élèves mais le revers de leur vêtement était orné de palmettes de soie ou de palmettes dorées. Le portrait de Braille vu de nos jours le montre sous cet uniforme. Braille est aussi organiste. Il tient le buffet de l'église Saint-Nicolas-des-Champs, rue Saint-Martin, de 1834 à 1839, puis, à partir de 1843, celui de la chapelle de la maison mère des Missionnaires Lazaristes rue de Sèvres, non loin de l'Institution. Il est très attaché à l'Institution. On ne sait rien de sa vie sentimentale, peut-être est-elle réduite à l'amitié ?

Les premiers symptômes de la tuberculose apparaissent en 1835, il faut signaler que le quartier à l'époque est très insalubre. À partir de 1840, il n'est plus en charge de classes entières trop fatigantes pour lui. En 1844, le directeur le dispense de tout enseignement, mais demande au ministre l'autorisation de le garder dans l'établissement, afin de pouvoir le « faire soigner ». Il reprend certains cours, mais en décembre 1851 il est obligé de s'aliter. Il est toujours très croyant et le matin du **dimanche** 6 janvier 1852, jour de l'Épiphanie, il demande qu'on lui rappelle le sens symbolique des présents des rois mages, l'or, l'encens et la myrrhe. Il meurt à 19 h 30 entouré de ses amis. Il est inhumé le 10 janvier 1852, dans le cimetière de Coupvray à côté des membres de sa famille. Le 15 février 1885, le conseil municipal décide de lui accorder une concession à perpétuité. Puis, l'État s'intéresse au sort de sa dépouille et souhaite que son corps soit transféré au Panthéon. Son corps est exhumé en 1952 (au centenaire de sa disparition).

Seules ses mains, symbolisant le toucher nécessaire à la compréhension du braille sont conservées dans l'urne posée sur sa tombe à Coupvray. Sa maison natale à Coupvray (Seine-et-Marne) a été transformée en musée de France en 1961 et est depuis 2011 labellisée « Maison des Illustres ».

Développement du braille

Le développement du Braille est lent, tant était forte l'idée que les aveugles ne devaient pas avoir d'alphabet différent de celui des voyants. Il se développe d'abord en Europe. En 1878 à Paris, le « Congrès pour l'Amélioration du sort des aveugles et des sourds-muets » auxquels sont représentés l'Allemagne, l'Angleterre, l'Autriche-Hongrie, la Belgique, le Danemark, la France, la Hollande, l'Italie, la Suède, la Suisse, se prononce à une forte majorité pour l'adoption du système braille original. Suite à l'adoption du braille par les États-Unis en 1917, son usage se généralise dans le monde. Quelques dates sont à mentionner dans son développement :

- En 1929, une commission de spécialistes venant d'Allemagne, de l'Angleterre, des États-Unis, de France, réunie à Paris au siège de l'*American Braille Press* met au point une notation musicale Braille internationale.
- En 1949, un comité d'experts, réuni à Paris, à la maison de l'U.N.E.S.C.O. pose les principes de l'uniformisation des différents alphabets Braille. Mais il faut noter que l'application du braille aux langues de l'Extrême-Orient pose des problèmes spécifiques ; Ainsi au Japon où l'écriture est syllabique une adaptation a dû être faite (3 points au lieu de 4)
- Le 19 mai 2006 a été publié le premier journal en braille chinois (un supplément spécial pour les aveugles) par le *Shenzhen Business Daily*, quotidien du commerce à Shenzhen.
- En mai 2013, a été éditée la 3^e édition de « L'emploi du braille dans le monde ». Il y est présenté une compilation des codes braille (au nombre de 137) pour différentes langues mondiales (actuellement au nombre de 133) qui concerne 142 pays. Elle est souvent décrite comme la bible braille et continuellement améliorée.

D'autre part, le développement du braille peut être lié à la mise au point de l'écriture sur support. Lors de son invention, il n'existait qu'un seul moyen pour écrire le braille : la tablette. Cette technique est lente, car il faut perforer autant de trous qu'un symbole braille comporte de points. L'écriture se pratique en repoussant, au travers des fenêtres de la réglette, le papier épais dans les sillons au moyen du « style », appelé de nos jours « poinçon ». Pour lire comme les voyants, en progressant de gauche à droite, il faut pratiquer l'écriture de la droite vers la gauche. La mise au point de machines à écrire a révolutionné l'écriture puisqu'elles vont permettre d'écrire dans le sens de la lecture de droite à gauche. En 1892, Franck Haven Hall (1841-1911) (surintendant de l'Institution de l'Illinois pour l'éducation des aveugles) et en 1895 Oskar Picht (1871-1945) (directeur d'une école pour aveugles à Bromberg en Allemagne et ensuite directeur de l'institut pour aveugles à Berlin-Stieglitz) ont conçu les premières machines à écrire braille. Elles comportent 6 touches (une pour chaque point) et un espaceur, ainsi en une seule frappe tous les points d'une même lettre sont embossés et la vitesse d'écriture est ainsi augmentée. Avec une tablette, il est difficile de dépasser 50 à 60 caractères à la minute, mais on peut atteindre le double avec l'aide des machines. De nombreuses machines sont mises au point dans différents pays, jusqu'à ce que s'impose en 1951 la « Perkins » du nom de Thomas Perkins, mécène de la *Perkins School for the Blind* première école pour les aveugles fondée aux États-Unis

d'Amérique, à Watertown dans le Massachussetts. La machine Perkins permet de plus le retour arrière, le retour chariot et un mécanisme pour faire avancer le papier comme sur une machine à écrire classique. Elle est actuellement la plus couramment utilisée.

Notons que plus de 6 millions de personnes aveugles utilisent l'écriture braille actuellement dans le monde (mais il y a plus de 40 millions d'aveugles dans le monde) et que le nombre de personnes maîtrisant le braille demeure faible. Selon les chiffres fournis par la fédération des aveugles de France, 1,7 à 2 millions de personnes sont déficientes visuelles en France métropolitaine, et seules 15 % d'entre elles, soit entre 255 000 et 300 000 personnes, lisent le braille.

COCHRANE

(*Joséphine Garis, 1839-1913*)

Inventrice du premier lave-vaisselle

Ses motivations

Joséphine Garis Cochrane naît le 8 mars 1839 dans le comté d'Ashtabula, dans l'État de l'Ohio aux États-Unis. Son grand-père maternel est John Fitch (1743-1798), horloger et forgeron, premier constructeur d'un bateau à vapeur aux États-Unis, et son père est John Garis, un ingénieur civil. Elle épouse le 13 octobre 1858 William Cochrane, un homme devenu un négociant prospère et un politicien du parti démocrate après une expérience malheureuse de chercheur d'or en Californie. Devenue Joséphine Cochrane, elle aura deux enfants. Elle fréquente la haute société du comté de Shelby, dans l'État de l'Illinois. C'est une femme riche et qui donne beaucoup de réceptions où elle utilise un précieux service de table en porcelaine du XVII^e siècle. Elle emploie donc une domesticité nombreuse qui lave la vaisselle et elle constate avec consternation que les plats et les assiettes de son service, maltraités par ses domestiques, sont de plus en plus ébréchés. Elle souhaite donc disposer d'une machine capable de laver son service sans l'ébrécher. Une autre de ses motivations est de délivrer les maîtresses de maison de la corvée de nettoyage de la vaisselle après les repas.

L'invention du lave-vaisselle

À l'époque, on ne dispose en effet que de modèles rudimentaires de lave-vaisselle actionnés par des manivelles et ces modèles ne sont pas efficaces. Elle décide donc de fabriquer elle-même une machine plus perfectionnée et efficace. Ce n'est qu'après de longs efforts qu'elle y parvient. À partir des dimensions des éléments de son service qu'elle a mesurées, elle conçoit des compartiments personnalisés et ajourés où elle range sa vaisselle et les dispose dans une roue horizontale placée dans une chaudière en cuivre. La roue est mise en rotation par un moteur. De l'eau savonneuse ruisselle sur la vaisselle et assure son lavage. Entretemps son mari meurt en 1883, laissant à sa femme un héritage modeste et beaucoup de dettes. C'est donc dans une situation financière très difficile que Joséphine Cochrane poursuit la conception de son lave-vaisselle. Joséphine réalise finalement un prototype de sa machine dans un atelier au fond de son jardin avec l'aide du mécanicien George Butters qui deviendra son manager dans la société qu'elle fondera par la suite. La machine surnommée *Cochrane Dishwasher* (lave-vaisselle Cochrane) fonctionne parfaitement. Informées de ce succès, les amies de Joséphine lui passent commande d'un exemplaire de sa machine. La nouvelle se répand et à leur tour des hôtels et des restaurants passent commande du lave-vaisselle de Joséphine. Elle dépose un brevet le 28 décembre 1886 afin de tirer un profit financier de son invention et crée la *Garis-Cochran Manufacturing Company* pour produire industriellement sa machine. En 1893, elle expose et fait fonctionner plusieurs exemplaires de son lave-vaisselle à l'Exposition universelle de Chicago (certains dans les restaurants de l'exposition, d'autres dans des pavillons) et y obtient le prix pour

« *Best mechanical construction, adaptation and durability to its line of work* » (meilleure réalisation mécanique, adaptation et durabilité dans son domaine). Sa société produit bientôt des lave-vaisselle pour toute l'Amérique du Nord.

Épilogue

Peu de temps avant sa mort, réalisant les difficultés qu'elle avait rencontrées durant son existence, Joséphine déclare que si elle avait su ce qu'elle sait aujourd'hui, elle n'aurait pas inventé le lave-vaisselle. Mais elle ajoute : Je suis fière de ce que j'ai fait. Joséphine Garis Cochrane meurt le 3 août 1913 d'un accident vasculaire cérébral (AVC) à Chicago à l'âge de 74 ans. Sa compagnie rebaptisée en 1897 « *Cochran's Crescent Washing Machine Company* » sera par la suite intégrée dans le groupe international Whirlpool. Du fait de la taille de sa machine, de son prix élevé (de l'ordre de 100 dollars) et de la difficulté à produire de grandes quantités d'eau chaude, le lave-vaisselle conçu par Joséphine Cochrane a longtemps été utilisé principalement dans les hôtels et les restaurants et ce n'est que dans les années 1980 que les lave-vaisselle pénètrent véritablement chez les particuliers. Ces modèles modernes de lave-vaisselle reprennent beaucoup de caractéristiques de la machine réalisée par Joséphine Cochrane. En 2013, en reconnaissance de son mérite, la Roumanie a émis un timbre représentant Joséphine Cochrane et son invention.

EIFFEL

(Gustave, 1832-1923)

Le triomphe de l'architecture métallique

Formation

À dire vrai Gustave Eiffel n'est pas un inventeur. Au mieux, c'est un ingénieur de génie dont les qualités combinées d'homme d'affaires et d'entrepreneur industriel ont fait un des artisans d'une discipline révolutionnaire dans le domaine de l'architecture métallique. Il a exercé ses talents dans le transport ferroviaire à un tournant historique de développement des métaux comme auxiliaires de développement exponentiel des trajets rapides et bon marché nécessaires pour servir la révolution industrielle. Né le 15 décembre 1832 à Dijon, Alexandre Gustave Eiffel est le fils de François Alexandre Bönixhausen, dit Eiffel (1795-1879), premier secrétaire du sous-intendant militaire de la ville, et de Catherine Mélanie, née Moneuse (1799-1878), famille originaire de Cologne, installée à Paris au début du XVIII^e siècle, qui a changé son nom en *Eiffel*, en suivant l'appellation d'un massif boisé près de Cologne. L'arrivée de deux filles quelques années après la naissance de Gustave plonge la famille un peu dans l'embarras, mais Mélanie possède un sens aigu des affaires et, comme un gisement de houille est découvert près de Dijon, elle se lance dans le commerce du charbon, son mari la rejoint. La famille devient plus aisée. Après une scolarité un peu chaotique au lycée royal de Dijon, Gustave obtient ses baccalauréats en science puis en lettres et s'inscrit à Sainte-Barbe à Paris pour préparer une grande école scientifique. Après un échec à l'oral de l'École Polytechnique, il intègre l'École Centrale des Arts et Manufactures de Paris dont il sort en 1855 avec un diplôme d'Ingénieur chimiste. Il décide de s'intéresser aux métaux, dont le fer, matériau nouveau de construction classé en chimie car faisant partie, pour les ingénieurs, de cette science. L'influence de sa mère, très au courant des développements dans l'industrie est à l'origine de ce choix. Le sort de sa future carrière en est jeté.

Premiers pas dans la construction métallique

Embauché en 1856 par l'entreprise de machines Charles Nepveu, qui fut absorbée par la Compagnie générale de matériels de chemins de fer, il y prend la direction du bureau d'étude. Il commence sa carrière par la construction d'un pont ferroviaire de 500 mètres de long sur la Garonne à Bordeaux, maintenant remplacé par un pont moderne. C'est sa première grande commande inaugurée en 1860. Il s'agit de joindre les réseaux de la Compagnie d'Orléans et de la Compagnie du Midi qui s'arrêtaient à Bordeaux, de part et d'autre de l'estuaire. Avec un tablier de 500 mètres, le pont repose sur six piles par des fonds atteignant parfois 25 mètres. Pour réaliser ce pont, Eiffel introduit toute une série d'innovations techniques et durant toute sa carrière il aura le souci d'innover et de s'entourer de collaborateurs talentueux. En 1862, la production industrielle du fer commence à peine. Les hauts fourneaux produisent de la fonte qui est un alliage fer-carbone trop fragile. Pour procéder à la production de fer quasiment pur par

élimination du carbone et des autres éléments indésirables, il est nécessaire de purifier cet alliage, afin d'obtenir un matériau suffisamment pur, facile à mettre en forme par laminage et aux propriétés mécaniques remarquables. Le fer est obtenu par le procédé dit de puddlage (traduction du terme anglais signifiant « brassage ») qui oxyde le carbone et les autres impuretés. C'est donc aux aciéries de Pompey, usine proche de Nancy, qu'Eiffel s'adresse pour la fourniture en grande quantité des matériaux de construction de ses productions, y compris, comme nous le verrons plus loin, pour la tour Eiffel.

Cette même année, il épouse à Dijon Marie Gaudet (1845-1877), appelée Marguerite. L'aînée Claire (1863-1934) de ses cinq enfants (trois filles et deux garçons), l'accompagnera pendant toute sa carrière et se marie avec Jean-Adolphe Salles (1858-1923), polytechnicien et diplômé de l'École des Mines de Paris qui travaillera pour Eiffel. En 1866 il s'établit à son compte, comme ingénieur conseil et s'installe à Levallois-Perret. Il parvient à décrocher l'étude de l'ossature de la galerie des Machines pour l'exposition universelle de 1867. À Bordeaux, Eiffel avait la connaissance de Wilhelm Nordling (1821-1908) ingénieur en chef de la Compagnie d'Orléans, qui lui confie la construction de plusieurs viaducs pour les lignes dans le Massif central. Quand éclate la guerre de 1870, il a une commande de construction de 42 ponts pour la Compagnie du Midi. Les directeurs l'aideront à avoir des chantiers en Espagne, Suisse, Pérou, Bolivie... Nordling, chassé par la guerre, s'établit à Vienne. C'est un allié précieux pour Eiffel, qui construit la gare de Pest en Hongrie. Pour les colonies, les ateliers de Levallois produisent des ponts démontables qui sont assemblés sur place. Il conçoit aussi des ossatures pour les usines, des églises (par exemple Notre Dame des Champs et Saint Joseph à Paris)... Il développe une société en s'associant avec Théophile Seyrig (1843-1923), sorti trois ans plus tôt major de l'École centrale. Seyrig apporte sa compétence et de l'argent sur le capital. La société est nommée « Gustave Eiffel et Cie » mais c'est la construction d'un pont à Porto, sur le Douro, qui va asseoir sa renommée. Eiffel et Seyrig vont utiliser le fer pour réaliser ce travail audacieux, autorisé par la parfaite qualité de la préparation des éléments à l'usine de Levallois-Perret et la rigueur des calculs, effectués à l'aide de tables de logarithmes à sept décimales. Le pont est achevé en Octobre 1877. Cette réussite marque l'entrée d'Eiffel dans le club des grands constructeurs, et sa renommée internationale va désormais aller croissante. Seyrig quittera la société et sera remplacé par les ingénieurs Maurice Koechlin (1856-1946) et Emile Nougier (1840-1897) qui travailleront aussi sur la conception de la Tour. 1877 est aussi une année tragique pour Eiffel. Il perd sa femme âgée de trente-deux ans. Il ne se remarie pas et c'est sa sœur Marie qui va élever les cinq enfants dont l'aîné a quinze ans. En 1878, il perd sa mère, son immense soutien et sa conseillère. Eiffel participe, grâce à l'expérience de ses équipes de la création des ouvrages de transport ferroviaire à la création d'architectures où le fer sert de matériel de support systématique, éventuellement dissimulé par des façades de béton ou de pierre. La verrière du Grand Palais en est un exemple fameux, de même que celle du Crédit Lyonnais Boulevard des Italiens. La mode des architectures métalliques se répand malgré la découverte du béton armé concurrente.

Réalisation des ponts portatifs et autres ouvrages

À partir de 1882, l'équipe de la compagnie Eiffel a mis au point des ponts brevetés portatifs, routiers ou ferroviaires qui ont eu un succès international et équipés des lignes de chemin de fer ou des routes en Italie, Russie, Algérie, Sénégal, Indochine. Ils sont montables et démontables et vendus en kit ! Au Brésil, le marché de Belem, ville à l'embouchure de l'Amazone, est une

construction Eiffel, de même que le phare de Sao Tomé près de Rio de Janeiro. Bien connue aussi est la structure de la statue de la Liberté aux États-Unis, qui supporte la sculpture de Auguste Bartholdi (1834-1904) composée de plaques de cuivre assemblées sur le support de fer et inaugurée à New York en 1886. La coupole de l'observatoire de Nice ; comme celle de la Bourse du commerce à Paris sont aussi des productions Eiffel. Hormis les ponts portatifs brevetés, il faut dire qu'Eiffel s'est toujours vanté de ne pas tirer d'argent sur les brevets des innombrables inventions mises au point pour améliorer et accélérer les conditions et les délais de livraison de chacune des nouvelles productions de ses ateliers, pour maintenir la réputation internationale de sa société (le nombre des réalisations citées comme portant son nom ou mentionnées comme réalisées grâce à lui n'est pas toujours clairement défini).

La Tour « de plus de mille pieds » et le scandale du canal de Panama

Excellent ingénieur mais pas vraiment homme d'affaires au courant des manœuvres politiciennes, Gustave Eiffel se laisse entraîner dans la création de la compagnie chargée de piloter la réalisation du canal de Panama. Eiffel est en fait chargé de réaliser les grandes écluses métalliques nécessaires, tâche dont il s'acquitte parfaitement. Mais la compagnie finit par une faillite dont les implications financières (de nombreux petits porteurs sont ruinés) et politiques (des parlementaires et des journalistes ont été achetés pour taire la déroute financière de la compagnie et permettre de nouveaux appels de fonds) sont telles qu'il se retrouve condamné à deux ans de prison et 20 000 francs d'amende pour abus de confiance, condamnation annulée par la Cour de Cassation pour cause de prescription. Comme nous sommes en 1889, le chantier de la Tour Eiffel se termine.

Il faut dire que l'idée de construire une tour de 300 mètres (« plus de mille pieds ») de haut pour fêter lors d'une exposition universelle l'anniversaire de la Révolution avait germé dans les têtes de l'équipe de Eiffel depuis trois ans. Il s'agirait alors du plus haut édifice du monde les précédentes tentatives à l'étranger avaient toutes échoué. L'idée est soumise aux responsables de la manifestation et un concours est organisé qu'Eiffel remporte. Le 8 janvier 1887 est signée une convention avec Eiffel. L'ingénieur s'engage à achever la Tour et à la mettre en exploitation pour l'ouverture de l'Exposition. Vingt jours après cette signature, les travaux commencent malgré l'opposition d'un groupe d'artistes dirigé par Charles Garnier (1825-1898), architecte de l'Opéra de Paris, qui proteste contre une injure faite aux monuments séculaires qui font la beauté de la capitale de la Nation. Gustave Eiffel leur oppose une cinglante réponse : « *Je crois, moi, que ma tour sera belle. Parce que nous sommes des ingénieurs, croit-on donc que la beauté ne nous préoccupe pas dans nos constructions et qu'en même temps que nous faisons solide et durable, nous ne nous efforçons pas de faire élégant ?, etc.* ». Suit un long texte faisant allusion aux signataires de son œuvre : « des hommes que j'admire et que j'estime... », parmi lesquels des peintres ou des écrivains fameux, ainsi que la réputation internationale des ponts, viaducs, gares et des « grands instruments de l'industrie moderne », fruits du travail de son équipe. « *la tour Eiffel mériterait d'être traitée avec plus de considération* ». D'ailleurs la société Eiffel avait devancé les critiques : La dernière production, achevée en plusieurs années dans des conditions quasi herculéennes, est le viaduc ferroviaire de Garabit, le plus haut du monde, qui traverse la rivière Truyère dans le Cantal, un chef-d'œuvre aujourd'hui en péril, l'ancêtre du Viaduc routier de Millau, qui, lui, traverse la vallée du Tarn. La pose du clavage, clef de voûte de l'arche du pont, a lieu à grand bruit le 26 avril 1884 et les travaux de la Tour peuvent avancer et se terminer en temps.

Pour terminer, il est nécessaire de mentionner que « Pour exprimer d'une manière frappante que le monument que j'élève sera placé sous l'invocation de la science, j'ai décidé d'inscrire en lettres d'or sur la grande frise du premier étage et à la place d'honneur, les noms des plus grands savants qui ont honoré la France depuis 1789 jusqu'à nos jours » (72 noms en fait). En outre, Gustave Eiffel a décidé, après l'épisode « Panama », de changer ses domaines scientifiques d'intérêt et de s'intéresser à l'aéronautique, domaine révolutionnaire au tournant du siècle. Il a construit au pied de la Tour Eiffel une soufflerie pour les recherches aérodynamiques. Transporté à Auteuil, ce laboratoire de conception révolutionnaire est à l'origine des travaux encore menés par les nombreuses souffleries pilotées par l'ONERA, Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales. Ce fut l'activité principale de l'ingénieur devenu chercheur jusqu'à son décès à Paris rue Rabelais à l'âge de 91 ans le 27 décembre 1923. Il est enterré à Levallois-Perret. Quand il s'éteint, la Tour Eiffel est toujours la plus haute tour du monde, et le restera jusqu'en 1930 et l'édification du Chrysler Building de 318,31 mètres !

FERRIÉ

(Gustave, 1868-1932)

Pionnier de la Télégraphie Sans Fil (TSF)

Formation initiale

Gustave Auguste Ferrié naît le 19 novembre 1868 à Saint-Michel-de-Maurienne (en Savoie) où il passe ses premières années. Son père, Pierre Ferrié, est un ingénieur autodidacte venu en Savoie pour participer aux travaux de réalisation du chemin de fer du « tunnel du Mont Cenis » et sa mère est une femme originaire de Saint-Jean-de Maurienne. En 1882, toute la famille (comptant quatre enfants) s'installe à Draguignan (Var) où le père prend un emploi dans la compagnie de chemin de fer *Sud-France* qui exploite le *Train des Pignes*. Gustave poursuit ses études au lycée jusqu'à l'obtention du baccalauréat en 1884. C'est un bon élève, mais un peu « décontracté ». Il gagne néanmoins le prix Claude Gay créé par un académicien des sciences franco-chilien originaire de Draguignan pour récompenser un lycéen de sa ville natale. Il obtient également une bourse pour préparer le concours d'admission à l'École Polytechnique et y rentre en 1887. Notons que la famille Eiffel accepte d'être le « correspondant » de Gustave à Paris. À l'époque, l'École Polytechnique forme principalement des ingénieurs militaires (elle dépend d'ailleurs toujours du ministère des Armées) et Gustave choisit l'arme du Génie, qui s'occupe de télégraphie optique et de télégraphie électrique, à sa sortie de l'École en 1889. Il épousera Pierrette Pernelle, la fille d'un photographe de Belfort, en 1908. Le couple n'aura pas d'enfant.

Ses premiers travaux

De 1889 à 1891, il suit à Fontainebleau les cours de l'École du génie dont il sort avec le grade de lieutenant. Affecté au régiment du génie de Grenoble, il complète sa formation en suivant des cours d'électrotechnique. En 1893, il effectue un stage de télégraphie militaire au Mont-Valérien (Suresnes) puis passe deux ans en garnison à Besançon. En 1895, il retourne au Mont-Valérien d'abord comme instructeur, puis en 1897 comme commandant de l'« École de télégraphie militaire du Mont-Valérien » créée un an plus tôt. À cette même époque, l'Italien Guglielmo Marconi (1874-1937), qui effectue en Angleterre des essais de Télégraphie Sans Fil (TSF) sur des distances de plusieurs kilomètres, propose à la France de l'équiper en matériel de TSF. La télégraphie sans fil ou radiotélégraphie comporte un émetteur et un récepteur échangeant par l'intermédiaire d'ondes électromagnétiques des messages codés en alphabet Morse (chaque lettre correspond à un ensemble de tirets et de points). Marconi utilise pour la réception le détecteur mis au point par le physicien français Edouard Branly (1844-1940). Chargé de suivre les essais de liaison entre les côtes française et anglaise sur une distance de 46 kilomètres, Ferrié rend un rapport très élogieux sur la nouvelle technologie. Le 22 août 1900, dans le cadre du Congrès International d'Electricité qui se tient à Paris durant l'Exposition universelle, il présente une conférence intitulée « L'état actuel et les progrès de la télégraphie sans fil ». Il y énonce que « Le seul système pratique de télégraphie sans fil est celui qui eut pour point de départ la théorie des

ondes hertziennes et qui s'est développé grâce à l'expérience d'Edouard Branly, aux travaux de Guglielmo Marconi et aux expériences récentes de Camille Papin Tissot ; mais on ne saurait donner actuellement une théorie parfaite du phénomène ».

Le développement de la télégraphie sans fil française

Le ministre de la guerre, Charles de Freycinet (1828-1923), décline les offres de service de Marconi et charge Ferrié de développer la télégraphie sans fil militaire française en 1900. En collaboration avec le commandant Boulanger, Ferrié rédige le premier ouvrage en langue française sur le sujet intitulé « La télégraphie sans fil et les ondes électriques ». Malgré la modestie des moyens humains (6 hommes n'ayant aucune compétence en électricité) et matériels (3 cabanes situées en région parisienne) mis initialement à sa disposition et le scepticisme de bon nombre de militaires, Ferrié se lance à corps perdu dans cette aventure scientifique et technique. Le 8 mai 1902, la catastrophe de la montagne Pelée détruit le câble télégraphique sous-marin reliant La Martinique à La Guadeloupe. En moins de trois mois Ferrié et son équipe établit une liaison radiotélégraphique longue de 180 kilomètres entre les deux îles. En 1903, il invente un nouveau modèle de détecteur électrolytique (ce type de détecteur sera progressivement remplacé par les détecteurs à cristal ou récepteurs à galène) qui permet la lecture des signaux à l'oreille par leur son. Vers 1904, Ferrié réalise aussi avec succès les premiers essais d'émission de signaux horaires radiotélégraphiques. Suite à une suggestion de Gustave Eiffel (1832-1923), le capitaine Ferrié propose d'installer une antenne au sommet de la tour Eiffel (voir Eiffel) pour faciliter, grâce à un poste puissant, les émissions et réceptions parce que la longueur des portées est proportionnelle à la hauteur des antennes d'émission. L'installation de cette antenne est l'une des raisons majeures du non-démantèlement de la tour alors que son démontage était initialement prévu lors de sa réalisation pour l'Exposition universelle de Paris de 1889. En effet, le 21 janvier 1904 la Tour devient officiellement la station TSF de l'armée française. La présence peu esthétique de baraquements de l'armée sur le champ de Mars entraîne le surnom Ferreiéville à la zone. La station sera enterrée en 1908. Trois officiers de marine : Camille Papin Tissot (1868-1917), son élève Maurice Jeance (1875-1972) et Victor Colin, l'assistent dans ses travaux. En 1908, ils peuvent établir des liaisons radiotélégraphiques sur une distance d'environ 6 000 kilomètres, couvrant ainsi largement tout le territoire français et permettant même de maintenir des contacts avec la Russie, alliée de la France. Les applications de la TSF se multiplient et les dirigeables et les avions militaires en sont équipés. En collaboration avec le Bureau des Longitudes (dont il devient membre correspondant en 1911) et l'Observatoire de Paris, il participe aux travaux d'uniformisation de l'heure sur tout le territoire français. À partir de 1910, l'émetteur de la tour Eiffel émet des signaux à intervalles de temps réguliers permettant de rectifier l'« indication des horloges dans les différentes provinces ». Ces signaux horaires permettent aux navires de déterminer avec précision leur position. Cette prouesse technique permet à Paris d'accueillir le siège du Bureau International de l'Heure.

La guerre de 14-18

Pendant la Première Guerre mondiale, Ferrié, par ses talents d'organisateur et de meneur d'équipe, participe activement à l'obtention de la victoire de 1918 en équipant les unités d'artillerie et d'infanterie d'un matériel de télégraphie sans fil amélioré par ses soins. Ses postes construits à plus de 10 000 exemplaires permettent un meilleur échange entre émetteur et récepteur doté d'une triode. Grâce à son action, la France et ses alliées sont ainsi dotées de

meilleurs équipements de télégraphie sans fil et de téléphonie que l'ennemi. En 1917, les Américains entrent en guerre. Les liaisons téléphoniques sous-marines entre l'Europe et les États-Unis ayant été détruites par les sous-marins allemands, il est donc décidé de réaliser une liaison radiotélégraphique entre les deux pays. La conception de la station d'émission dite « Lafayette » située près de Bordeaux est confiée aux services du colonel Ferrié (la station sera inaugurée en 1920). En mars 1918, le colonel Ferrié est nommé à la tête de l'Inspection des télégraphies militaires.

Une fin de carrière environnée d'honneurs

En 1919, Gustave Ferrié est nommé général à l'âge de 51 ans. En 1921, l'Académie des sciences lui décerne une de ses plus hautes récompenses : « Le prix Osiris » et en 1922, il est élu à l'Académie des sciences à l'unanimité des suffrages (section géographie et navigation). Il est nommé inspecteur général de la télégraphie militaire et à ce titre continue à perfectionner le matériel de radiotélégraphie civil et militaire. Académicien et membre du Bureau des Longitudes, il se consacre également aux missions permettant des progrès en astronomie, géodésie et géophysique. Dans diverses sociétés savantes et congrès internationaux, il représente avec compétence la voix de la France. En 1919, l'université d'Oxford lui avait décerné le titre de docteur « honoris causa ». « Compagnon de l'Institut international des ingénieurs de radio » (« *Institute of Radio Engineers* ») depuis 1917, il reçoit la médaille d'Honneur en 1931 pour son travail pionnier dans le développement de la radiocommunication en France et dans le monde. Président de la Société Astronomique de France (SAF) de 1925 à 1927, il reçoit en 1927 le prestigieux prix « Jules-Janssen » de la société. Il est aussi élu président de la Commission Internationale des Longitudes, membre de la Commission Internationale de l'Heure, président de l'Union Internationale de Radiotélégraphie scientifique. Mais en 1930, à 62 ans, Ferrié atteint l'âge limite à partir duquel un officier général ne peut plus se maintenir en activité... il faudra donc que le Président de la République rende exécutoire la loi spéciale votée par l'unanimité des deux chambres pour maintenir en activité le général Ferrié !

Sa mort et les hommages rendus à sa mémoire

Après avoir été élevé à la dignité de Grand-croix de la Légion d'honneur le 15 février 1932, Gustave Auguste Ferrié meurt le lendemain à Paris à l'âge de 64 ans victime d'une péritonite liée à une crise d'appendicite. Trop absorbé par son travail, il arrive trop tard à l'hôpital militaire du Val-de-Grâce. Sa mort interrompt ses projets de collaboration d'établissement de l'heure universelle à l'échelle mondiale et de l'« année polaire internationale ». Il avait de son vivant reçu de très nombreuses décorations françaises et étrangères. Depuis sa mort, les hommages se sont multipliés. De nombreuses villes de France ont donné le nom de « Général Ferrié » à des boulevards, des avenues, des rues, des places, des squares, des collèges, des lycées professionnels. La ville de Paris a inauguré une « Avenue du Général Ferrié » sur le Champ de Mars et élevé au pied de la tour Eiffel un monument à sa mémoire. En 1949, la Poste a émis un timbre à son effigie. Depuis 1963, la Société de l'électricité, de l'électronique et des technologies de l'information et de la communication remet chaque année le « grand prix de l'électronique Général Ferrié » à un chercheur travaillant dans le domaine des télécommunications. Le peintre Raoul Dufy (1877-1953) a peint Gustave Ferrié sur sa grande fresque « La fée électricité » (réalisée entre 1936 et 1937) qui représente 108 savants et intellectuels ayant œuvré pour la promotion de l'usage de l'électricité en France.

FOOTE NEWTON

(Eunice, 1819-1888)

Pionnière en climatologie

Vie

Eunice Newton est née le 17 juillet 1819 à Goshen dans l'État du Connecticut. Son père qui s'appelle Isaac Newton Junior est propriétaire agriculteur à East Bloomfield dans l'État de New York. Peu d'informations ont été trouvées sur sa jeunesse, on sait seulement qu'elle grandit à Bloomfield, qu'elle suit les cours du pensionnat privé « *Troy Female Seminary* » à Troy dans l'État de New York fondé par la féministe Emma Willard (1787-1870) qui donne une éducation de type généraliste aux jeunes femmes en introduisant par exemple l'enseignement des sciences et de l'histoire, matières jugées typiquement masculines !

Le 12 août 1841, elle épouse Elisha Foote (1809-1883), juge mais aussi inventeur et scientifique. Ils vivent à Seneca Falls (comté de Seneca dans l'État de New York) où ils sont voisins et amis d'Elizabeth Cady Stanton (1815-1902) (voir la partie militantisme ci-après). Ils ont deux filles Mary (1842-1931) qui deviendra artiste et féministe, et qui épousera le sénateur démocrate du Missouri John Brooks Henderson, l'un des rédacteurs du XIII^e amendement de la constitution des États Unis qui abolit l'esclavage, et Augusta (1844-1904), écrivain. La famille déménage à Saratoga Springs (État de New York) vers 1860 puis vit à Washington pendant la guerre civile (1861-1865) et pour le travail de Elisha Foote qui devient commissaire aux brevets. Eunice Newton Foote retourne ensuite habiter à New York vers 1878 et meurt le 30 septembre 1888 à Berkshire County dans le Massachusetts.

Militantisme

Eunice ainsi que son mari figurent parmi la centaine de signatures (68 femmes, 32 hommes) de la déclaration « des sentiments », décret fondateur du mouvement féministe américain qui fait suite à la convention de Seneca Falls (qui s'est tenue du 19 au 20 juillet 1848). Cette déclaration qui se conclut par « Aujourd'hui, compte tenu de cette totale privation des droits civiques de la moitié de la population de ce pays, de leur dégradation sociale et religieuse – au regard des lois injustes mentionnées ci-dessus et parce que les femmes se sentent lésées, opprimées et privées frauduleusement de leurs droits les plus sacrés, nous insistons pour qu'elles aient accès sur-le-champ à tous les droits et privilèges qui leur appartiennent en tant que citoyennes des États-Unis » est en partie rédigée par Elizabeth Cady Stanton.

Travail scientifique

Le 23 août 1856, Eunice Foote est présente à une audience de l'association pour l'avancement de la science (*Association for the Advancement of Science* AAAS) qui se réunit à Albany, État de New York. Son travail est présenté par Joseph Henry, secrétaire de la *Smithsonian Institution*, car les femmes ne peuvent intervenir. Son travail est publié dans un volume du « *American*

Journal of Science and Arts » en 1861 qui présente différentes théories sur la question suivante : pourquoi les hauteurs des montagnes sont plus froides que les vallées ? Certains pensent que c'est dû à l'angle des rayons du soleil qui dépend de la densité de l'air. Eunice Foote propose une expérience. Elle place deux thermomètres dans deux tubes identiques de même dimension. Utilisant une pompe, elle retire de l'air d'un cylindre et ajoute de l'air à l'autre. Après que la température soit égalisée, elle les place au soleil et enregistre la température toutes les deux ou trois minutes. Puis elle fait la même expérience à l'ombre, elle observe que la température augmente avec la densité de l'air et qu'elle diminue s'il y a moins d'air. Elle répète cette expérience avec de l'air humide ou sec en ajoutant de l'eau à un cylindre ou en l'asséchant avec du chlorure de calcium. Elle constate que l'air humide devient plus chaud que l'air sec. Donc elle déduit que l'air est plus froid en hauteur car il est plus rare et plus sec. Enfin, elle mesure l'effet de différents gaz, comme l'air ambiant classique, et le gaz carbonique. Elle note qu'après avoir retiré les thermomètres du soleil, celui contenant du gaz carbonique maintient sa haute température plus longtemps qu'avec les autres gaz. Elle écrit « Une atmosphère de [dioxyde de carbone] donnerait à notre terre une température élevée ; et si, comme certains le supposent, à une période de son histoire, l'air s'y était mélangé dans une proportion plus grande qu'aujourd'hui, une augmentation de la température... doit nécessairement en avoir résulté ».

Il est bien évident que les moyens expérimentaux de Foote sont primaires. Elle n'a pas mesuré la pression des gaz à l'intérieur du tube. Elle n'a pas pu contrôler si les rayons de soleil augmentaient la température du tube, et par là celle du gaz. Elle n'a pas tenu compte des différentes radiations de la lumière mais c'est bien Foote qui la première fait la relation entre les propriétés des gaz contenus dans l'atmosphère et le climat.

Il est cependant amusant de relever que son mari Elisha Foote a publié la même année dans la même revue un article « *On the heat in the Sun's rays* », dans lequel il met en évidence l'influence de la densité des rayons du soleil (saison, focalisation) sur l'élévation de température de l'air dans deux ampoules qui contiennent de l'air. Donc, il y a fort à penser que les expériences ont été menées conjointement par le couple Foote (comme les couples Skłodowska-Curie – et Joliot-Curie, voir Joliot-Curie). Le deuxième papier d'Eunice « *On a New Source of Electrical Excitation* » publié en 1857, présente le fait que la compression ou l'extension de gaz produit une « excitation électrique ».

Notons qu'en 1861 (environ quatre ans après la publication du papier d'Eunice Foote) un scientifique irlandais John Tyndall (1820-1893) publie un article sur la radiation et l'absorption de différents gaz. Il a été souvent considéré comme le premier scientifique ayant mentionné l'influence des gaz sur le réchauffement de l'atmosphère. Son montage expérimental est beaucoup plus sophistiqué que celui de Foote et lui a nécessité une grande dextérité expérimentale. On va d'ailleurs nommer son montage le « spectromètre de Tyndall ». La température est mesurée très précisément par une pile thermoélectrique inventée par Leopoldo Nobili (1784-1835) en 1830. Une chaîne continue de petits barreaux d'antimoine et de bismuth, soudés alternativement l'un à l'autre et repliés de manière à offrir d'un côté toutes les soudures impaires 1, 3, 5, 7... et de l'autre toutes les soudures paires 2, 4, 6... Les deux extrémités de cette chaîne sont reliées entre elles par un fil métallique continu. Toutes les fois que l'on expose à une cause de réchauffement, soit les soudures paires, soit les soudures impaires, un courant électrique se développe circulant à travers le circuit électrique tout entier dans un sens ou dans l'autre. Comme source de chaleur, il utilise une source dite « ultra-rouge » (qu'on nomme

actuellement Infrarouge). C'est Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) qui met en évidence en 1802 un tel rayonnement au-delà de la région visible. Tyndall montre aussi l'importance de la vapeur d'eau qui « arrête le flux de chaleur rayonnée par la terre et la protège contre le refroidissement qu'elle subirait infailliblement ». De nombreux chercheurs pensent néanmoins que Tyndall n'avait pas lu l'article de Foote...

Reconnaissance

En 2011, (presque 150 ans après la publication d'Eunice Foote) un géologue Raymond P. Sorenson publie dans la revue *AAAPG (Advancing the world of Petroleum geosciences)* un article citant Eunice Foote comme la pionnière dans la recherche sur l'influence des gaz de l'atmosphère sur le climat et cite grâce à l'éditeur David Wells qui s'est occupé de « *Journal of Scientific Discovery* » de 1957, les résumés du congrès d'Albany. Eunice Foote a bien « découvert » le phénomène qui est appelé actuellement « l'effet de serre ». De nos jours, nous savons que de nombreux gaz contenus dans notre atmosphère, et pour certains d'origine anthropique, tel que le CO₂, mais aussi la vapeur d'eau, le méthane, les CFC (voir Midgley)... absorbent les rayons infrarouges et les renvoie vers la Terre. Mais notons que son travail n'efface pas celui de Tyndall, beaucoup plus complet, et montre que la recherche évolue continuellement en fonction des améliorations dans la connaissance des phénomènes physiques. Le 17 juillet 2023, Google a réalisé une modification temporaire de sa page d'accueil en son hommage. Un film court, « Eunice », sur sa découverte et sa vie a été produit en 2018 et soumis au festival du film de SCINEMA International (*International Science Film Festival*).

FRESNEL

(Augustin, 1788-1827)

Théoricien de la diffraction et promoteur de la théorie ondulatoire de la lumière

Entourage familial et jeunesse

Augustin Jean Fresnel naît le 10 mai 1788 dans la commune de Broglie (dans l'Eure en Normandie). C'est le second enfant d'une fratrie de quatre garçons. Son père Jacques Fresnel (1755-1805) est architecte et inculquera à son fils le goût de l'arithmétique et de la géométrie et la faculté de raisonner et dessiner dans l'espace qui jouera un rôle décisif dans ses travaux de théoricien de la lumière. Sa mère Augustine Mérimée (1755-1833) est une fervente catholique et royaliste et Augustin partagera ses convictions toute sa vie. Très cultivée, elle participe activement à l'éducation que son mari dispense à leurs quatre fils dont trois furent élèves de l'École polytechnique. Son oncle Léonor Mérimée (1856-1836), le futur père de l'écrivain Prosper Mérimée (1803-1870), est également son parrain. Il deviendra directeur de l'École des Beaux-Arts et professeur de dessin à l'École Polytechnique et soutiendra Augustin dans ses travaux scientifiques après la mort de son père. À la Révolution, la famille Fresnel se réfugie d'abord à Cherbourg, puis à Mathieu, le village natal de Jacques Fresnel situé près de Caen. Augustin manifeste tout d'abord peu de goût pour les études et s'ingénie plutôt à développer ses capacités de démontrer par un pur raisonnement des propositions scientifiques ou métaphysiques. « À huit ans il savait à peine lire » a écrit l'astronome, physicien et homme d'État François Arago (1786-1853). Mais ses connaissances en mathématiques en font un brillant élève au collège. En 1801, il intègre l'École centrale de Caen. En 1804, à 16 ans et demi, il est admis à l'École Polytechnique où l'a précédé son frère Louis. Il y reçoit un très bon enseignement de mathématiques (avec les professeurs Monge, Poisson, Legendre, Prony) mais aussi un enseignement en physique médiocre, qui n'aurait pas comporté de cours sur les ondes. Toutefois il a dû prendre connaissance de la théorie corpusculaire de la lumière d'Isaac Newton (1642-1727), la seule admise par les scientifiques à l'époque. À noter que le scientifique néerlandais Christian Huygens (1629-1695) a émis l'hypothèse que la lumière est la propagation d'une onde, mais on ignore si Fresnel a eu connaissance de ses réflexions à cette époque. Fresnel complètera sa formation en physique en 1814 en lisant le « Traité élémentaire de physique » du minéralogiste français René Just Haüy (1743-1822) (voir Braille).

Débuts de carrière professionnelle et premières réflexions scientifiques

De 1806 à 1809 Fresnel suit les enseignements de l'École des Ponts et Chaussées. Durant cette période, il procède à divers travaux de topographie et apprend à mesurer avec une grande précision des distances et des angles, un savoir-faire qu'il exploitera dans ses futurs travaux expérimentaux. Il sort de l'École avec le grade d'Ingénieur ordinaire aspirant du Corps des Ponts

et Chaussées. Durant toute sa vie il travaillera dans cette institution. Il se consacre à sa profession et à ses recherches scientifiques en menant une vie simple et en consacrant une bonne part de ses revenus à l'achat d'instruments scientifiques. Affecté tout d'abord à un chantier de Vendée, Fresnel invente en 1811 un nouveau procédé de production industrielle de soude. Mais son procédé, présenté à des chimistes par son oncle Léonor, n'est finalement pas retenu, car il ne permet pas le recyclage de l'ammoniaque. Affecté à un autre chantier à Nyons dans la Drôme, il évoque pour la première fois son intérêt pour le phénomène de polarisation de la lumière dans une lettre adressée à l'un de ses frères en 1814 (la polarisation de la lumière peut être mise en évidence par certains minéraux transparents. Si l'on interpose sur le trajet d'un faisceau lumineux deux échantillons d'orientations perpendiculaires, le faisceau est « éteint » à la sortie du second échantillon). Entamant ses propres réflexions sur la nature de la lumière, Fresnel défend l'idée que la nature ondulatoire de la lumière pourrait expliquer la constance de sa vitesse de propagation et serait compatible avec l'aberration stellaire (l'aberration lumineuse traduit le fait que la direction apparente d'une source lumineuse dépend de la vitesse de l'observateur ; l'aberration stellaire lors de l'observation d'une étoile est due à la vitesse de rotation de la Terre). Fresnel expose ses idées dans un texte intitulé « Rêveries » qu'il envoie à son oncle Léonor Mérimée. Celui-ci en discute fin 1814 avec deux de ses collègues professeurs à l'École Polytechnique : François Arago et le physicien et mathématicien André-Marie Ampère (1775-1836). Suite à ces discussions, ces deux scientifiques vont épauler les travaux de Fresnel.

La modélisation de la diffraction de la lumière

Fervent royaliste, Fresnel voit dans le retour de Napoléon de l'Île d'Elbe en mars 1815 comme une catastrophe. Il abandonne son poste et essaie vainement de se faire engager dans les rangs de la résistance royaliste. Il est destitué de son poste d'ingénieur. Molesté par les partisans de Napoléon, il est arrêté, puis relâché. On lui accorde toutefois la permission de rejoindre sa mère à Mathieu après un détour par Paris. Là, Arago (à peine plus âgé que Fresnel, mais qui jouissait déjà d'une grande notoriété, et influence scientifique) attire son attention sur la diffraction de la lumière (comportement de la lumière lorsqu'elle rencontre un obstacle ou une ouverture ; elle se manifeste par la formation de franges d'interférence, voir plus loin) et lui dresse une liste des principaux travaux sur le sujet. Mais ces travaux ne sont accessibles qu'à Paris et certains rédigés en anglais (comme ceux de Newton ou du médecin Thomas Young [1773-1829]) lui sont incompréhensibles (il ne connaît pas l'anglais, n'ayant jamais eu de goût pour l'apprentissage des langues). Arrivé à Mathieu, Fresnel démarre ses propres expériences sur la diffraction de la lumière et les interférences lumineuses (formation de franges alternativement brillantes et sombres formées sur un écran placé derrière deux fentes fines parallèles éclairées par un faisceau lumineux, un phénomène observé et expliqué par Young 15 ans auparavant). Fin expérimentateur, il improvise avec des moyens dérisoires (l'obstacle est un fil de fer, la source lumineuse un rayon issu du soleil), il réalise une étude précise des franges formées par un obstacle éclairé par un point lumineux. Après le départ de Napoléon pour Saint Hélène, Fresnel est réintégré dans le Corps des Ponts et Chaussées. Il sollicite et obtient une prolongation de son congé de deux mois pour terminer ses travaux à Mathieu. Il rédige un manuscrit intitulé « Mémoire sur la diffraction de la lumière » qu'il envoie le 15 octobre 1815 à son oncle qui le transmet au secrétaire perpétuel de l'Institut, Delambre. En novembre, dans un échange de lettres

avec Arago qui a lu son mémoire, Fresnel s'interroge sur les relations entre son travail et celui de Young, annonce qu'il doit prochainement partir à Rennes, sa nouvelle affectation, et décrit des expériences complémentaires effectuées à la demande d'Arago.

Une période plus favorable à ses recherches scientifiques commence. Grâce à une démarche d'Arago auprès du directeur de l'École des Ponts, Gaspard de Prony (1755-1839), Fresnel peut revenir à Paris en février 1816 pour effectuer de nouvelles expériences (en lumière monochromatique rouge) avec Arago. En octobre, Fresnel doit revenir à Rennes pour diriger les ateliers de charités pour nécessiteux organisés par le gouvernement pour faire face à la multiplication des familles affamées par de mauvaises récoltes et reprendre son poste d'ingénieur. Fin mars 1816 il finalise son mémoire intitulé « Mémoire sur la diffraction de la lumière, où l'on examine particulièrement le phénomène des franges colorées que présentent les ombres des corps éclairés par un point lumineux » qui est d'abord présenté à l'Académie par Arago, puis publié dans les *Annales de Chimie et de Physique*. Fresnel analyse la formation des franges comme l'interaction des deux trains d'onde créés par les bords du corps qui s'annihilent provisoirement (franges sombres) lorsque la différence de marche entre les deux ondes est un multiple entier de $\lambda/2$ ou se renforcent mutuellement (franges brillantes) lorsque la différence de marche est un multiple entier de λ (λ est la longueur d'onde), adoptant ainsi à peu de chose près le concept de ondelettes secondaires de Huygens. À l'aide du concept d'interférence, il explique les lois classiques de la réflexion et de la réfraction de l'optique géométrique. En novembre 1815, Fresnel avait transmis à l'Académie un texte intitulé « Supplément au premier mémoire sur la diffraction de la lumière ». Ce texte est présenté à l'Académie par Arago en juillet 1816. Dans ce texte, Fresnel traite de divers sujets :

- la diffusion de la lumière par les réseaux (séries de stries parallèles espacées d'une longueur très inférieure à la longueur d'onde de la lumière),
- la formation des anneaux de Newton (formation d'interférences entre un plan et une lentille de faible courbure ; il reconnaît que son explication basée sur la théorie ondulatoire de la lumière a déjà été proposée par Young auparavant),
- les interférences formées par les images d'une fente lumineuse par deux miroirs plans juxtaposés et formant un angle proche de 180° ,
- la figure de diffraction d'une fente étroite.

Le 17 mars 1817, l'Académie des sciences annonce que la diffraction de la lumière sera le thème du Grand Prix de physique qui sera décerné en 1819. Poussé par Ampère et Arago, Fresnel décide de concourir. Dans un travail préliminaire, il développe une représentation des ondes lumineuses par des fonctions sinusoïdales. Pour la diffraction par un bord droit, il exprime l'intensité lumineuse sur un écran en fonction de la distance au bord de l'ombre par deux intégrales appelées aujourd'hui « intégrales de Fresnel » dont il donne les valeurs numériques. Il précise en outre la position des minima et des maxima d'intensité. À l'automne 1817, grâce à Prony, Fresnel obtient un nouveau congé et rentre à Paris. Le printemps suivant il reprend ses activités d'ingénieur, mais à Paris cette fois. Dans son « Mémoire sur la diffraction de la lumière » déposé fin juillet 1818, Fresnel reprend en le modifiant légèrement son travail préliminaire. Il expose sa théorie des interférences où l'addition de deux fonctions sinusoïdales est traitée comme l'addition de deux vecteurs (il parle en fait de forces, car la notion de vecteur n'existe pas encore). Pour vérifier sa théorie, il effectue des expériences avec une lumière

monochromatique rouge dont il déduit la longueur d'onde en observant la figure de diffraction d'une fente éclairée par une source lumineuse dont la lumière est focalisée par une lentille cylindrique. Il applique ensuite sa théorie aux figures de diffraction d'un demi-plan, d'une fente et d'une bande étroite et compare les positions observées et calculées des minima d'intensité (les plus faciles à observer) pour diverses valeurs de la distance entre la source lumineuse et l'obstacle et la distance entre l'obstacle et l'écran d'observation. Les écarts sont inférieurs à 1,3 %.

Polarisation de la lumière

La polarisation de la lumière est un phénomène découvert depuis longtemps, mais resté mystérieux jusqu'au début du XIX^e siècle. En 1669, le médecin danois Rasmus Bartholin (1625-1698) découvre la biréfringence : un cristal de spath d'Islande (calcite) posé sur une page dédouble le texte écrit sur la page. La réfraction d'un rayon lumineux dans un cristal biréfringent donne un rayon ordinaire et un rayon extraordinaire. Cette capacité de la lumière à être attirée dans un sens ou un autre est appelée par Newton « polarisation ». En 1808, le physicien et ingénieur Étienne Louis Malus (1775-1812) découvre que la lumière du soleil réfléchie sur les vitres du palais du Luxembourg et traversant un cristal de calcite est plus ou moins éteinte selon l'orientation du cristal. Il en conclut que la lumière réfléchie sur la surface d'un corps transparent est polarisée dans une direction perpendiculaire à sa direction de propagation. La réflexion joue le rôle d'un polariseur et le cristal celui d'un analyseur. La loi de Malus (1809) donne l'intensité lumineuse transmise par un polarisateur. En 1811, Arago montre que le passage de la lumière polarisée par réflexion à travers une fine lame de quartz provoque la rotation de l'angle de polarisation autour de la direction de propagation de la lumière. En 1812, le physicien Jean-Baptiste Biot (1774-1862) découvre que selon l'orientation de la taille de la lame de quartz le plan de polarisation tourne vers la droite ou vers la gauche. En 1815, il montre que des solutions de corps organiques ont la même propriété. La même année, le physicien écossais David Brewster (1781-1868) détermine l'angle pour lequel la lumière réfléchie est totalement polarisée, ou « angle de Brewster ». Dès 1814 Fresnel manifeste son intérêt pour la polarisation de la lumière, un sujet qui passionne les physiciens de l'époque et notamment Biot. Dans un mémoire paru en 1816, Fresnel rapporte que les faisceaux ordinaire et extraordinaire issus d'un cristal biréfringent ne peuvent interférer. Dans une autre expérience suggérée par Arago, il montre que si les faisceaux issus d'une double fente sont polarisés séparément, les faisceaux interfèrent si les polariseurs sont parallèles et n'interfèrent pas si les polariseurs sont à 90°. En 1816, suivant une suggestion attribuée à Ampère, il soutient que la non-interférence des lumières polarisées perpendiculairement suggère que les ondes lumineuses pourraient avoir une composante transversale (vibrations perpendiculaires à la direction de propagation). Young émet la même hypothèse qu'il publie en 1818. Mais tous pensent que la lumière naturelle de par ses propriétés est constituée, comme le son, d'ondes longitudinales (vibrations dirigées selon la direction de propagation). Toutefois dans une note datée de 1818 Fresnel émet l'hypothèse que la lumière non-polarisée consiste en des vibrations distribuées uniformément autour de l'axe de propagation et que la lumière pleinement polarisée est constituée d'ondes purement transversales. Fresnel franchit le dernier pas décisif dans une série d'articles intitulée « Le calcul de la teinte... » et parue en 1821, où il énonce que la lumière non-polarisée est constituée d'ondes purement transversales d'oscillations distribuées aléatoirement selon toutes les directions du plan normal à l'axe de propagation et que la lumière polarisée est constituée d'oscillations selon une seule ou

plusieurs directions de ce plan. Contrairement à sa théorie de la diffraction qui pouvait être interprétée dans le cadre de la théorie corpusculaire de Newton, la théorie de la polarisation et de la nature de la lumière non-polarisée de Fresnel est irréconciliable avec les idées de Newton. Depuis Huygens, on pensait que les ondes lumineuses se propagent dans un milieu élastique baptisé « éther ». Pour expliquer que ce milieu propage des ondes purement transversales, Fresnel développe un modèle d'éther constitué de couches de molécules se comportant comme un solide élastique aux petites déformations et comme un fluide aux déformations plus élevées. En développant son modèle Fresnel analyse la réflexion et la réfraction à la surface d'un dioptré et obtient l'expression de la « réflectivité », le rapport entre l'intensité réfléchie et l'intensité incidente.

Le travail à la Commission des Phares et les lentilles de Fresnel

En juin 1819, sur proposition d'Arago, membre de la commission, Fresnel est nommé à la commission des Phares. L'entretien des phares est en effet l'une des fonctions du Corps des Ponts. Les phares sont éclairés par une lampe à huile dont la lumière est focalisée par un miroir parabolique. La lampe est elle-même constituée d'une mèche alimentée par capillarité par un mélange de corps gras (huiles de baleine, d'olive et de colza). En ce début de siècle l'un des principaux objectifs de la commission est d'améliorer la luminosité du phare de Cordouan dont la tour avait été rehaussée de 30 mètres dans les années 1780 et munie du premier feu tournant à réflecteurs paraboliques. Certains phares anglais étaient dotés de lentilles en verre, mais leur forte épaisseur absorbait une bonne partie de la luminosité de la lampe. Reprenant sans le savoir une idée de Buffon (voir Buffon), Fresnel propose à la commission de doter le phare de « lentilles à échelon » plan/convexe constituées de petits prismes beaucoup plus faciles à réaliser et à assembler par collage que le modèle original monobloc de Buffon. Bien qu'on lui ait fait remarquer que son idée n'est pas aussi originale qu'il le pensait, Fresnel élabore un projet et la commission lui vote un budget pour démarrer la réalisation d'une première lentille. Ayant confié la réalisation de l'optique à un opticien et un mécanicien-horloger spécialistes de la réalisation d'appareils de laboratoire, Fresnel avec l'aide d'Arago s'ingénie à augmenter la luminosité de la lampe. Le mélange d'huiles est remplacé par de l'huile de colza et la mèche est remplacée par trois mèches concentriques alimentées par une pompe. Ils obtiennent ainsi une luminosité 25 fois plus élevée que celle des meilleures lampes à huile. En mars 1820, les 97 prismes constituant une lentille carrée ont été réalisés et assemblés et au vu du prototype, la commission vote aussitôt le budget pour la réalisation de sept autres lentilles. En avril 1821, les huit lentilles sont assemblées en un prisme octogonal et testées en séance publique avec succès. Fresnel améliore son système de lentilles et le monte sur un dispositif tournant. L'ensemble est testé avec succès en région parisienne en présence du roi Louis XVIII et est installé à Cordouan sous la supervision de Fresnel au printemps 1823. Sa santé commence à se détériorer. Jusqu'à sa mort en 1827 il conçoit néanmoins divers dispositifs optiques destinés aux phares. Ses réalisations seront adoptées dans le monde entier. Devenu secrétaire de la commission des Phares, Fresnel élabore des « Carte des phares » nécessaires pour couvrir l'ensemble des côtes françaises et propose un classement des phares par leur portée et leurs caractéristiques lumineuses (feu fixe, un éclat par minute, deux éclats par minute...). De nos jours on utilise toujours la lentille de Fresnel dans les phares maritimes, mais aussi pour les phares des véhicules et les projecteurs de cinéma.

Fin de vie et devenir des idées de Fresnel

Au moment où toute la communauté scientifique reconnaît ses qualités exceptionnelles, la santé de Fresnel se dégrade rapidement du fait de la tuberculose contractée durant l'hiver 1822-1823. Au printemps il a néanmoins la force de diriger l'installation de la lanterne dotée de ses lentilles au phare de Cordouan. En mai 1823, à sa troisième candidature, il est élu à l'unanimité membre de l'Académie des sciences. En 1824, il est fait chevalier dans l'ordre de la Légion d'honneur. Comme sa santé se dégrade et voulant se consacrer à son travail sur les phares, il abandonne son poste d'Examineur à l'École Polytechnique et arrête ses recherches. Mais le 9 juin 1825 Fresnel est élu membre étranger de la *Royal Society* de Londres. Le même mois Fresnel dans une note lue à l'Académie décrit le premier radiomètre, un appareil permettant de mesurer l'intensité du flux de rayonnements électromagnétiques dans diverses longueurs d'onde. En 1826 il a la force de fournir diverses explications sur la théorie ondulatoire à l'astronome britannique John Herschel (1792-1871) qui par la suite recommandera à la *Royal Society* de décerner à Fresnel la médaille Rumford de 1826, une médaille décernée en principe tous les deux ans pour récompenser d'éminents travaux sur la thermique ou l'optique. Début 1827, son état est tel qu'on ne peut que le transporter à Ville d'Avray où sa mère Augustine vient le rejoindre. Il est également veillé par un de ses amis et collègues du Corps des Ponts. Le 6 juillet 1827, Arago vient lui remettre la médaille Rumford qui lui a été accordée « pour ses développements de la théorie ondulatoire appliquée aux phénomènes de la lumière polarisée et pour ses découvertes importantes et variées en optique physique ». Augustin Fresnel meurt le 14 juillet 1827. Notons que de 1815 à 1827, les articles succèdent aux articles, les découvertes aux découvertes, avec une rapidité dont l'histoire des sciences offre peu d'exemples. Son œuvre à la commission des Phares sera poursuivie par son frère Léonor, lui aussi polytechnicien et ingénieur du Corps des Ponts et Chaussées. La théorie ondulatoire de la lumière, d'abord confortée par James Clerk Maxwell (1831-1879) qui montra qu'il s'agit d'ondes électromagnétiques, fut mise en défaut par Albert Einstein (1879-1955) en 1905 qui réintroduit le modèle corpusculaire de la lumière pour expliquer l'effet photoélectrique. Cette dualité onde-corpuscule a été par la suite étendue à toute particule par Louis de Broglie (1892-1985). On sait maintenant que selon le phénomène impliqué, l'un ou l'autre des deux aspects se manifeste.

Son nom est inscrit sur la Tour Eiffel. Et comme l'écrit Fabry « Fresnel fut un grand physicien... mais surtout un grand technicien, et cela, c'est à son habitude du métier d'ingénieur qu'il le devait »

GIFFARD

(Henri, ou Henry, 1825-1882)

Inventeur du dirigeable à vapeur et pionnier du transport aérien

Jeunesse, premier brevet et vol sur dirigeable à vapeur

Henri (ou Henry) Giffard naît à Paris le 8 février 1825 dans une famille peu fortunée. Il étudie au collège Bourbon (devenu depuis le lycée Condorcet) et entre en 1841 dans les bureaux des ateliers de chemins de fer de l'ouest comme dessinateur (il est en effet passionné par les trains depuis son enfance). Il y reste deux ans et apprend seul pendant ce temps la mécanique dans les cahiers de l'École Centrale des arts et manufactures, cahiers que lui fournissent deux amis qui suivent les cours de l'École (Messieurs David et Sciama). De 1843 à 1855, il s'intéresse aux aérostats et fait ses premières ascensions en ballon à l'âge de 18 ans. Dès 1849, il fabrique aussi avec M. Flaud des moteurs à vapeur très performants. Le 20 août 1851, il dépose en collaboration avec l'École Centrale une demande de brevet intitulé « Application de la vapeur à la navigation aérienne ». Il écrit que bien que « les formes et principes théoriques et pratiques sont depuis longtemps connus et tombés dans le domaine public, et ce n'est qu'à la réunion complète et mathématique de ces principes qui n'ont pas encore été appliqués dans leur ensemble que je dois de pouvoir obtenir le nouveau résultat industriel qui constitue la base de ce brevet ». Giffard va ainsi construire un aérostat dont la grande nouveauté est l'utilisation d'un moteur à vapeur de 150 kilogrammes d'une puissance de trois chevaux qui, au moyen d'un cylindre vertical, actionne une hélice à trois pales. Il pense que la forme sphérique est peu avantageuse pour contrôler la direction du ballon et qu'il faut adopter la forme des embarcations qui vont sur l'eau. Le ballon est donc de forme allongée, deux pointes en terminaison. Mesurant 44 mètres de long, large en son milieu de 12 mètres, il contient 2 500 mètres cubes de gaz de ville. À 6 mètres au-dessous de la traverse, il y a la machine à vapeur avec les accessoires. Le combustible utilisé est du coke de bonne qualité. Le vendredi 24 septembre 1852 à 17 h 15, Henri Giffard décolle de l'enceinte de l'Hippodrome, place de l'Étoile (actuellement place de la Concorde), il parcourt 28 kilomètres de Paris à Élancourt près de Trappes, dans l'Eure, à la vitesse de 6 km/h. Cette expérience est une des plus mémorables de l'histoire scientifique de cette époque. Henri Giffard vient en effet de réaliser le premier vol contrôlé d'un aérostat. Il déposera aussi deux autres brevets concernant la navigation aérienne (en 1855 et 1857). Il reçoit alors plusieurs commandes pour plusieurs aérostats, mais le gaz d'éclairage semble manquer et tout s'arrête. Il se désintéresse pendant un certain temps des aérostats car les choses s'assombrissent aussi personnellement. Giffard apprend le décès de Miss Harrison, une jeune anglaise retournée dans son pays mais avec qui il avait noué une idylle. Par ailleurs, ses amis David et Sciama décèdent aussi à la même époque.

Invention de l'injecteur-automoteur

Il tente alors de trouver un autre but à sa vie. En effet, les inconvénients que présentait l'emploi de pompes pour alimenter en eau neuve les chaudières des machines à vapeur l'avaient intéressé. Les méthodes traditionnelles faisaient appel pour augmenter la pression d'injection de l'eau soit à un réservoir placé en hauteur, soit à une pompe entraînée par le moteur. Henri Giffard breveta le 8 mai 1858 un injecteur-automoteur actionné par la vapeur, sans pièce mobile ni perte d'énergie (l'énergie de la vapeur est intégralement récupérée pour l'admission de l'eau dans la chaudière). Une controverse s'élève à propos de la fiabilité de son invention, et c'est Charles Combes (1801-1872), membre de l'Académie des Sciences et directeur de l'École des Mines (dont le nom est aussi inscrit sur la Tour Eiffel) qui explique « qu'une partie de la chaleur perdue par le jet de vapeur utilisé par Giffard représentait l'énergie dépensée dans l'effort exercé pour l'introduction d'une nouvelle quantité d'eau dans le générateur ». Dès 1859, les premiers essais sur les locomotives se révèlent très concluants. Notons que cette invention très ingénieuse sera adoptée par les chemins de fer, par les marines française et étrangère, et par l'industrie privée. Cette découverte le rend très riche et il obtient de nombreux prix scientifiques. L'Académie des sciences lui décerne, sans qu'il l'ait sollicité, son prix de mécanique en 1859.

Les ballons captifs à vapeur

Revigoré par ses avancées, Henri s'occupe à nouveau d'aérostats et imagine utiliser l'hydrogène pour leur gonflement, ce gaz étant maintenant fabriqué à bon marché par la mise en contact de la vapeur d'eau et d'acide sulfurique avec du minerai de fer pulvérisé. Il se consacre notamment aux ballons captifs à vapeur et en construit trois exemplaires de dimensions colossales :

- le premier, de 5 000 mètres cubes, est installé sur le Champ de Mars à l'occasion de l'Exposition universelle de 1867 ;
- le deuxième, de 12 000 mètres cubes, est installé à Londres en 1868, mais il voit son câble rompu dès les premiers jours ;
- enfin, le troisième, de 25 000 mètres cubes, est installé dans la cour des Tuileries, à l'occasion de l'Exposition universelle de 1878. Celui-ci est un triomphe pour Giffard : le ballon peut emporter 40 passagers à environ 500 mètres au-dessus de Paris par voyage (à raison de 10 envols par jour environ). Environ 35 000 voyageurs profitèrent de cette ascension pendant les trois mois d'installation en 1868. Le scientifique et aérostatier français Gaston Tissandier (1843-1899) écrira ainsi : « Ils se rappelleront que cette œuvre entièrement due à l'initiative privée, a été le plus grand succès de l'Exposition universelle de 1878. L'ingénieur éminent qui l'a faite à ses frais et à ses risques et périls, l'a conçue et entreprise avec un désintéressement rare à notre époque, dans le seul but de servir la Science et de faire honneur à la ville de Paris. Quand on a prodigué les récompenses honorifiques..., le croirait-on ? lui seul a été oublié. ».

Fin de vie

Giffard continue ensuite ses recherches. On lui doit ainsi la mise en point d'un nouveau mode de suspension des voitures ferroviaires de voyageurs supprimant le mouvement de va-et-vient horizontal. . Il meurt à Paris le 14 avril 1882, son suicide présumé (avec du chloroforme) étant attribué au fait qu'il ne supportait pas de devenir de plus en plus aveugle. Hormis quelques legs

particuliers, il laisse sa grande fortune à l'État français, qui doit servir à des recherches scientifiques ou à des œuvres caritatives. Henri Giffard est aussi l'un des 72 noms de savants gravés sur la tour Eiffel.

LINDE

(Carl von, 1842-1934)

Ingénieur, inventeur du premier réfrigérateur et réalisateur de la première liquéfaction de l'air

Formation et carrière professorale

Carl Paul Gottfried von Linde naît le 11 juin 1842 à Berndorf (aujourd'hui Thurnau) dans le royaume de Bavière. Fils d'un pasteur luthérien, il décide de ne pas suivre la même carrière que son père et en 1861 il entreprend des études d'ingénieur à l'École Polytechnique Fédérale de Zürich en Suisse où il a comme Professeur Rudolf Clausius (1822-1888), le physicien prussien célèbre pour ses apports à la thermodynamique. Sorti diplômé en 1864, Linde occupe temporairement divers emplois dans l'industrie. D'abord apprenti dans une filature de coton, une place obtenue grâce à l'un de ses anciens professeurs, il est ensuite employé dans un atelier de fabrication de locomotives de Berlin, puis il devient directeur technique d'une toute nouvelle usine de locomotives de Munich. En 1866, il se marie et de cette union naîtront six enfants dont certains seront ses collaborateurs et assureront sa succession. En 1868, après la création de la « *Technische Hochschule* » de Munich, il devient conférencier dans cette université, puis professeur de génie mécanique en 1872. Il organise un laboratoire d'ingénierie où se forment ses étudiants. Il compte parmi ses élèves Rudolf Diesel (1858-1913) qui épaulera Carl von Linde dans la conception et la réalisation de dispositifs frigorifiques et sera plus tard l'inventeur du moteur à combustion interne qui porte son nom, le moteur Diesel destiné à l'origine à fonctionner avec de l'huile végétale. Pour ses nombreux travaux et la qualité de ses inventions et réalisations, Carl von Linde sera nommé docteur « *honoris causa* » de l'Université technique de Vienne et sera élu membre de l'Académie bavaroise des sciences et de l'Académie des sciences de Göttingen. Il sera récipiendaire de la médaille Wilhelm-Exner, une distinction honorifique décernée depuis 1921 par l'Association du commerce autrichienne, et récipiendaire de la Croix Pour le Mérite (ordre civil), une distinction allemande créée par le roi de Prusse Frédéric II en 1740.

Ses réalisations dans le domaine de la réfrigération

De 1870 à 1871, Linde publie divers articles décrivant ses travaux de recherches dans le domaine de la réfrigération. En 1871, il réalise une première machine de réfrigération utilisant comme fluide réfrigérant le diméthyléther, un composé de la famille des éthers et de formule CH_3OCH_3 . En 1876, Linde met au point un système de réfrigération plus fiable et invente le réfrigérateur moderne qui utilise comme fluide réfrigérant l'ammoniac. Il se lance dans la fabrication industrielle de ses machines de réfrigération qui rencontrent un vif succès après des débuts un peu difficiles. En 1879, il fonde à Wiesbaden, la capitale de la Hesse, une province allemande, sa société intitulée « *Gesellschaft für Eismaschinen Linde Aktiengesellschaft* » (société pour les machines à glace Linde) appelée depuis Linde AG et abandonne son poste de

professeur à l'Université de Munich. En 1890, Linde a vendu 747 machines de réfrigération à des brasseries, des abattoirs et des installations de stockage au froid dans toute l'Europe. L'ammoniac est encore utilisé de nos jours comme fluide réfrigérant dans de nombreuses installations industrielles. Mais les réfrigérateurs domestiques (« frigidaire ») utilisent depuis 1998 des fluides réfrigérants qui remplacent le fréon (nom commercial d'un gaz de la famille des chlorofluorocarbonés ou CFC) largement utilisé jusque-là et préservent ainsi la couche d'ozone qui absorbe les rayons ultraviolets et ainsi permet la vie sur la Terre (voir Midgley).

La première liquéfaction de l'air et la production de gaz purs

En 1892, une brasserie irlandaise lui commande une machine de liquéfaction du dioxyde carbone ou gaz carbonique CO_2 . Cette commande l'incite à s'intéresser au domaine des très basses températures et à se lancer dans la recherche d'un procédé de liquéfaction de l'air. En 1852, les physiciens britanniques James Prescott Joule (1818-1889) et William Thomson (plus connu sous le nom de Lord Kelvin, 1824-1907) avaient montré expérimentalement que la détente adiabatique (sans échange de chaleur avec l'extérieur) d'un gaz abaisse sa température et Linde décide d'utiliser ce phénomène pour produire de l'air liquide. En 1895, Linde met au point un cycle thermique comportant une compression de l'air, le passage dans un échangeur thermique pour éliminer l'échauffement produit par la compression, une détente adiabatique (effet Joule-Thomson) à travers une tuyère comportant un filtre poreux, et enfin réinjection dans le compresseur. Le refroidissement dans l'échangeur est d'abord assuré par de l'eau froide, puis par l'air froid produit par la détente. Au bout de quelques heures de fonctionnement du cycle, Linde obtient quelques litres d'air liquide. En septembre 1895, il dépose un brevet décrivant son procédé, « le procédé Linde », mais il a été devancé par un avocat anglais si bien que son brevet ne sera approuvé aux États-Unis qu'en 1903. En 1901, Linde met au point la technique de distillation fractionnée qui permet la séparation à l'échelle industrielle de l'oxygène de l'azote à partir d'air liquide et qui repose sur le fait que ces deux gaz ont des températures d'ébullition différentes. La même technique permet de produire de l'argon, le gaz rare ou « noble » le plus abondant dans l'air (0,93 %). Le principal débouché à l'époque de la production industrielle d'oxygène pur est l'alimentation des chalumeaux oxyacétyléniques inventés en France en 1904 et depuis très utilisés dans la découpe et le soudage des métaux nécessaires à la réalisation des grandes structures métalliques en fer et en acier : navires, armatures de gratte-ciel, pavillons métalliques, ponts, viaducs... Depuis cette époque les applications des gaz issus de l'air liquide se sont multipliées dans l'industrie, la santé, l'environnement et la recherche. Les techniques de production de très basse température sont très utiles en cryogénie, en physique, en chimie. Il faut noter que, à l'échelle du laboratoire, en 1898 les chimistes britanniques William Ramsay (1852-1916) et Morris William Travers (1872-1961) découvrent à partir d'argon liquide extrait de l'air par liquéfaction et distillation fractionnée les autres gaz rares présents dans l'air : le krypton, puis le néon et enfin le xénon. Pour ses travaux Ramsay reçoit le prix Nobel de chimie en 1904.

Le fondateur d'un groupe industriel international

Carl von Linde est non seulement un ingénieur et un inventeur hors pair, il est aussi un chef d'entreprise avisé et prospère. Il sait nouer des partenariats en Allemagne et hors d'Allemagne. Il accorde des licences d'exploitation de ses brevets. En 1906, il prend une participation dans la « *Brin's Oxygen Company* » (futur groupe BOC) contre le droit d'exploiter ses brevets au Royaume-Uni et dans d'autres pays. En 1907, il fonde aux États-Unis la « *Linde Air Products*

Company » (Compagnie des produits de l'air Linde) qui deviendra par la suite après l'intervention du gouvernement américain durant la Première Guerre mondiale la Praxair Inc., une des plus grandes entreprises de production de gaz industriels au monde. À partir de 1910, Linde transmet progressivement la direction de son entreprise à deux de ses fils et à son gendre. Il continue de suivre les activités de la firme et de prodiguer des conseils jusqu'à sa mort. Carl von Linde meurt le 16 novembre 1934 à Munich à l'âge de 92 ans. En 2018, le groupe allemand Linde qui a racheté en 2006 la firme britannique BOC, fusionne avec le groupe américain Praxair, donnant naissance au premier groupe à l'échelle mondiale de production de gaz industriels (destinés à l'industrie, la santé, l'environnement et la recherche) dénommé Linde. Ce groupe industriel se situe alors juste devant le groupe français Air Liquide, issu des travaux sur la liquéfaction de l'air réalisés en 1902 par le physicien français Georges Claude (1870-1960) et qui permettent d'améliorer le rendement du procédé Linde par une forte augmentation du niveau de la compression. Le groupe Linde assure également des prestations en ingénierie, le domaine d'excellence de Carl von Linde.

LOVELACE

(Ada, 1815-1852)

Mathématicienne et pionnière de l'informatique

Jeunesse

Ada Lovelace est la fille unique du poète anglais célèbre Georges Gordon Byron (1788-1824) et de la baronne Anne Isabella Milbanke. Ses parents ont des tempéraments très différents : Byron a une vie romantique, souvent considérée comme hors norme pour son époque, alors que sa femme est plutôt classique, respectueuse des tendances de l'époque. Ils se marient pourtant début 1815 et Augusta (dit Ada) naît le 10 décembre de la même année, mais le couple se séparera seulement cinq semaines après sa naissance. Ada ne reverra plus jamais son père, bien qu'il la mentionne dans certains de ses poèmes. Citons par exemple le début du chant 3 du *Childe Harold's Pilgrimage* écrit en 1816 :

Is thy face like the mother, my fair child !

Ada ! sole daughter of my house and heart ?

Et où il le termine par plusieurs strophes où il exprime ses sentiments à l'égard d'Ada encore bébé :

My daughter ! with thy name this song begun ;

My daughter ! with thy name thus much shall end ;

I see thee not, I hear thee not.

Son enfance se passe donc avec sa mère qui est très possessive et avec des gouverneurs et tuteurs. Elle étudie l'histoire, la littérature, la géométrie... Quand elle a 11 ans, elle voyage avec sa mère en faisant un tour d'Europe pendant un an. À 12 ans, elle étudie avec attention les oiseaux, essaie d'imaginer comment imiter le vol des oiseaux avec des machines à vapeur, construit des ailes de toutes sortes, et rédige un mémoire sur ses découvertes qu'elle intitule « *Flyology* ». Mais elle tombe malade et reste très faible pendant plusieurs années. En 1833, elle est invitée à Londres par Charles Babbage (dont le fils aîné a l'âge d'Ada) qui lui présente sa machine appelée « *difference engine* ». Babbage est un professeur de mathématiques et un ingénieur, il fait partie de l'*Analytical Society*, société savante qui pousse à réformer les mathématiques anglaises en utilisant le calcul infinitésimal proposé par Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716). Sa machine est conçue pour calculer des polynômes par une méthode de calcul dite par méthode de différence (voir plus bas). Cette rencontre a probablement concrétisé l'intérêt d'Ada pour les mathématiques. Au printemps 1835, elle rencontre William King (1805-1893), un noble homme politique et scientifique âgé de 30 ans. Ils se marient en 1835. Pendant plusieurs années, la vie d'Ada est dominée par la tenue de la maison et l'éducation de trois enfants (un fils nommé Byron en 1835, une fille Anna en 1836 et un fils Ralph en 1837). En

1838, Ada, en tant que membre de la haute société, rencontre la reine Victoria nouvellement couronnée. William devient comte la même année (pour le récompenser pour son travail gouvernemental) et Ada devient ainsi comtesse de Lovelace.

Rédaction du premier programme informatique

En 1839, elle décide de se mettre à étudier très sérieusement les mathématiques. Elle demande à Babbage le nom d'un professeur à Londres. Ce sera Augustus De Morgan (1806-1871), premier professeur à l'*university college* de Londres, auteur de plusieurs livres, ami de Babbage et ami de Georges Boole (1815-1864) (qui a permis l'invention de l'algèbre booléenne). Son mari la soutient dans cette décision. Depuis 1834, Babbage a imaginé une autre machine, une « *analytical engine* », qui permettrait de contrôler le calcul par des cartes perforées inventées en 1801 par Jacquard (1752-1834) pour piloter les métiers à tisser. Il manque de support financier en Angleterre, mais est invité à faire des conférences. En particulier, il présente une conférence à Turin, conférence pendant laquelle un professeur et mathématicien italien (et futur diplomate et homme d'État italien), Luigi Federico Menabrea (1809-1896), prend des notes et rédige un compte rendu en français « Notions sur la machine analytique de M. Charles Babbage » qui est publié à la bibliothèque universelle de Genève. Il rappelle le principe de la machine « *aux différences* » (voir plus haut) dont le but est de calculer les valeurs successives d'un polynôme de degré N à l'aide de ses différences finies d'ordre 1, 2, ..., N , sachant que les différences finies d'ordre N sont égales entre elles. La machine met en œuvre un double schéma itératif simple qui permet de calculer les valeurs du polynôme de proche en proche. Puis il présente un autre système de mécanisme dont l'usage devait avoir la généralité de l'écriture algébrique même, et que pour cette raison, il nomme « machine analytique ». Dans son article, Menabrea se focalise sur la présentation des principes de la machine analytique ; il ne fournit aucune information sur sa mise en œuvre. Publié en langue française dans une revue non spécialisée, cet article aurait pu passer inaperçu, mais le journal anglais « *Scientific Memoirs* », spécialisé dans la republication des articles scientifiques étrangers, veut en publier une traduction. Comme Ada parle français et connaît la machine mieux que personne, on lui demande de se charger de la traduction. Elle passe plusieurs mois à travailler sur cette traduction et la fait lire à Babbage. Le mathématicien lui demande alors pourquoi elle ne fait pas elle-même un mémoire présentant la machine analytique. Enthousiaste, Ada Lovelace entreprend sa propre rédaction. Il s'agit en somme de réaliser le « mode d'emploi » de la machine, ce qui n'est pas si simple, car il faut expliquer comment la configurer pour qu'elle réalise les calculs désirés. Après des mois de travail, elle rédige sept notes, notées de A à G. Le résultat est un ouvrage qui est trois fois plus long que la traduction originale ! Ada propose par exemple dans la note G un algorithme pour calculer une séquence de nombre de Bernoulli (voir Bernouilli), qui est une suite de nombres rationnels très utilisés en théorie des nombres et qui sont les coefficients des polynômes de Bernoulli. Cette note est ainsi considérée comme le premier programme informatique de l'histoire à avoir été écrit. Dans cette note est décrite la boucle conditionnelle pour indiquer que les calculs doivent répéter tant qu'une condition est vérifiée. Toutes ses notes sont signées « A.A.L. », pour Augusta Ada Lovelace et publiées dans *Taylor's Scientific Memoirs* (volume 3 de l'année 1843).

Par la suite, Ada tombe de nouveau malade : ni l'opium, ni le cannabis, ni les séjours au bord de mer ne la soulagent (on pense qu'elle a probablement eu un cancer de l'utérus). Cependant, elle souhaite construire la machine analytique et décide de subventionner elle-même le projet. Elle joue même aux courses hippiques pour financer son travail et étudie un système

mathématique qui doit lui permettre de remporter les paris du “derby d’Epsom” ! Mais ruinée, elle meurt à l’âge de 36 ans, le 27 novembre 1852. Elle est enterrée conformément à son souhait, près du poète Lord Byron, ce père qu’elle n’a jamais connu, dans le cimetière de l’église Sainte-Marie-Madeleine d’Hucknall, à Newstead Abbey, dans le comté de Nottingham.

Postérité

Les notes d’Ada furent ensuite oubliées pendant de très nombreuses années. Un des fils de Babbage a développé et construit une partie de la machine analytique et en a fait don au Musée des Sciences de Londres en 1910. Cependant, en 1950, le mathématicien Alan Turing (1912-1954) lit l’article de Lovelace et le mentionne dans son article « *Computing machinery and intelligence* ». Il signale qu’il n’est pas d’accord avec Lovelace qui prétend que les machines ne réalisent que ce qui est demandé, « *The Analytical Engine has no pretensions to originate anything. It can do whatever we know how to order it* ». Or Turing pense que les machines peuvent nous surprendre et que « *This does not imply that it may not be possible to construct electronic equipment which will ‘think for itself’* ». Il faut attendre 1953 pour que le scientifique anglais Bertram Vivian Bowden écrive un livre sur l’histoire des calculateurs, mentionne le travail d’Ada Lovelace en l’appelant « prophétique » et fournit en annexe l’article complet de la comtesse de Lovelace. En 1979, le département américain de la Défense nomme « Ada » un nouveau langage informatique. Son visage apparaît aussi dans tous les certificats d’authenticité de *Windows 95* produit par Microsoft. Enfin, la journée Ada Lovelace est célébrée chaque année le deuxième mardi du mois d’octobre pour encourager les femmes à faire carrière dans les matières scientifiques.

MILLARDET

(Alexis, 1838-1902)

Botaniste, responsable des hybridations des ceps de vignes pour lutter contre le phylloxéra et inventeur de la bouillie bordelaise

Formation et carrière professorale

Pierre Marie Alexis Millardet, fils d'un notaire, naît le 13 décembre 1838 à Montmirey-la-Ville dans le Jura. Il étudie d'abord à Dôle, chez les Jésuites, puis à Besançon où il est brillant. En 1854, il part pour Paris où exerce son oncle, le médecin Millardet, et y poursuit des études médicales et scientifiques. Étudiant à la faculté des sciences, il entreprend des recherches en science pure et se passionne pour la botanique. En 1861, il obtient sa licence et devient membre de la Société des botanistes de France. Il étudie les algues dans le laboratoire du botaniste et médecin militaire Camille Montagne (1784-1866), puis séjourne quatre ans en Allemagne dans les universités de Heidelberg et de Fribourg-en-Brisgau pour y étudier les lichens et les monocotylédones (les plantes qui à la germination ne présentent qu'une seule feuille appelée cotylédon). Il commence alors à publier des mémoires de botanique. Revenu en France, il soutient sa thèse de doctorat ès sciences et sa thèse de docteur en médecine. Il est nommé professeur de botanique à l'Université de Strasbourg et devient membre de la Société des sciences naturelles de Strasbourg. Mais en 1870, suite à la défaite française dans la guerre franco-prussienne et la perte de l'Alsace-Lorraine, il rejoint l'Université de Nancy et avec ses autres collègues repliés de Strasbourg à Nancy fonde la Société des sciences de Nancy. De 1876 à 1899, il enseigne à la faculté des sciences de Bordeaux.

La crise du phylloxéra

Dans les années 1870 le problème agricole le plus préoccupant est la destruction des vignobles français et européen par le phylloxéra. Le phylloxéra est un puceron piqueur originaire des États-Unis d'Amérique qui parasite la vigne. La particularité du vignoble américain est d'avoir développé une immunisation contre ce puceron. On a découvert par la suite que les premiers ceps américains porteurs de la maladie ont été plantés dans le Gard en 1863. Rapidement le puceron colonise les ceps locaux non immunisés et la maladie touche très vite l'ensemble du vignoble français. Le savant français qui a le plus contribué à la connaissance du phylloxéra à l'époque est le botaniste Jules-Emile Planchon (1823-1888). Docteur ès sciences et docteur en médecine, professeur dans diverses facultés de Montpellier (Hérault), il découvre avec deux experts de la vigne, Gaston Bazille (1819-1894) et Félix Bahut (1835-1904), en 1868 le phylloxéra sur des racines de vigne. Leur découverte est relatée dans un compte rendu historique à l'Académie des sciences. Puis il décrit dans divers articles écrits en collaboration avec le naturaliste et négociant Jules Lichtenstein (1816-1886) (qui est aussi son beau-frère) la biologie et le mode de

propagation du phylloxéra. Pour lutter contre de phylloxéra, Planchon propose de greffer des vignes françaises sur des pieds de vigne américains, une proposition qui s'avérera être la bonne solution. En 1873, après un voyage en Amérique, il confirme que le phylloxéra est bien originaire des États-Unis. En 1874, il publie dans la Revue des deux Mondes un article de 23 pages récapitulant l'ensemble des connaissances de l'époque sur le phylloxéra.

L'action d'Alexis Millardet en faveur du vignoble français

En 1874, l'Académie des sciences de Paris confie à Alexis Millardet la tâche de trouver les moyens de lutter contre le phylloxéra qui ravage les vignobles français. Millardet se met alors à étudier l'hybridation. L'hybridation est la fécondation croisée de l'ovule d'une plante par du pollen (élément mobile mâle) d'une autre plante de la même espèce. À son arrivée à Bordeaux en 1876, il réoriente donc ses activités de recherche vers la botanique appliquée, la phytopathologie de la vigne. À partir de 1881, un grand propriétaire de l'Hérault Charles de Grasset (1830-1899) met à sa disposition un domaine à Pézenas où il peut effectuer ses expérimentations. Millardet est l'un des premiers botanistes à réaliser des hybridations entre plants de vigne américains et plants de vigne européens, obtenant ainsi des vignobles résistants au phylloxéra. L'autre action de Millardet est de mettre au point en 1885, avec son ami Ulysse Gayon (1845-1929) (élève de Pasteur et professeur de chimie à L'université de Bordeaux) le mélange de sulfate de cuivre neutralisé et de chaux éteinte dans de l'eau que l'on connaît de nos jours sous le nom de « bouillie bordelaise ». Ce mélange bleu est très utile en agriculture, car c'est un fongicide (lutte contre les champignons) et un bactéricide (lutte contre les bactéries). Il permet en particulier de lutter contre les maladies cryptogamiques comme le mildiou, l'oïdium, les moisissures. Il est fait Chevalier du Mérite Agricole en 1884 et Chevalier de la Légion d'Honneur en 1888. Il meurt le 15 décembre 1902 à Bordeaux à l'âge de 64 ans. Mais ses plants de vigne résistants au phylloxéra continuent à être utilisés.

Après sa mort, de nombreux hommages lui sont rendus : différents colloques à Bordeaux, un buste en bronze dans un jardin public à Bordeaux, une plaque commémorative a été déposée en 1996, à Montmirey-la-ville, son village natal par la société des amis de Pasteur.

NOBEL

(Alfred Bernhard, 1833-1896)

***Chimiste, inventeur de la dynamite et autres explosifs,
philanthrope, créateur des différents prix Nobel***

Sa jeunesse et ses études

Alfred Nobel naît le 21 octobre 1833 à Stockholm en Suède. Il est le quatrième fils d'Immanuel et Caroline Nobel. Le couple aura huit enfants dont deux mourront en très bas âge. Son père est un homme d'affaires, pas très riche et Alfred étudie dans une école pour les enfants pauvres appelés *Jacob's Parish Apologist School*. Sa mère ouvre une boutique où elle vend du lait et des légumes. Le père en 1838 part pour la Russie où il met au point des inventions, en particulier une mine explosive sous-marine qui consiste en un fût de bois submergé rempli de poudre à canon. Ces inventions intéressent le tsar Nicolas I^{er} et Immanuel fait venir sa famille en Russie en 1842. La famille devient riche, car l'Empire Russe a besoin de ressources pour mener la guerre de Crimée (1853-1856). L'éducation du jeune Alfred est donnée par des précepteurs, et il s'initie particulièrement à la chimie notamment grâce à l'un de ses précepteurs, Nivolai Zinine (1812-1880) qui est connu pour la réduction du nitrobenzène $C_6H_5NO_2$ pour l'obtention de l'aniline $C_6H_5NH_2$ (qu'il nomme benzidam). À 16 ans il parle couramment l'anglais, le français, l'allemand, le russe aussi bien que le suédois. En 1850, il passe un an à Paris pour étudier la chimie avec Théophile-Jules Pelouze (1807-1867) qui a découvert la nitrocellulose sous forme de papier nitré, les nitriles étant constitués d'une fonction cyano $-C\equiv N$ et qui avait été le professeur d'Ascanio Sobrero (1812-1888) lorsqu'ils avaient en 1847 découvert tous les deux à Turin la « *piroglicerina* » c'est-à-dire la nitroglycérine. Nobel va ensuite aux États-Unis travailler avec l'inventeur suédois John Ericsson (1803-1899). Puis il retourne à Saint-Petersbourg où il s'implique dans l'usine de son père. Mais les affaires périclitent. En 1859, ses parents et le plus jeune fils, Emil, retournent en Suède. Alfred et ses deux frères aînés poursuivent le développement de l'entreprise. En 1862, il découvre que certains mélanges de nitroglycérine avec de la poudre à canon produisent une détonation. Ses frères aînés Robert et Ludvig l'aident à effectuer des tests à grande échelle, faisant de grandes explosions sur un canal gelé à l'extérieur de Saint-Petersbourg. Les deux frères très entreprenants, deviendront les plus grands producteurs de pièces d'artillerie et de fusils de Russie et achèteront des champs pétrolifères dans le Caucase russe, créeront la société Branobel (Nobel frères en russe). Ils sont considérés comme les fondateurs de l'industrie pétrolière russe.

Son retour en Suède, ses diverses inventions

Rentré en Suède, Nobel construit en 1862 une petite usine pour fabriquer de la nitroglycérine, et en même temps, il entreprend des recherches dans l'espoir de trouver un moyen sûr de contrôler la détonation de l'explosif. Très vite, il commence à expérimenter dans un laboratoire

sur un petit site industriel que son père a acquis à Heleneborg, à l'extérieur de la ville. En 1863, il invente un détonateur amélioré et pratique qui permet de réaliser des tests à distance. Celui-ci consiste en un petit récipient inséré dans une charge de nitroglycérine contenue dans un récipient métallique. L'explosion par choc ou par chaleur modérée de la petite charge de poudre noire dans le récipient sert à faire exploser la charge beaucoup plus puissante de nitroglycérine liquide. Le dispositif est breveté en 1865. Ce détonateur marque le début de la réputation de Nobel en tant qu'inventeur ainsi que de la fortune qu'il va acquérir en tant que fabricant d'explosifs. La nitroglycérine elle-même, cependant, reste dangereuse à transporter et à manipuler (voir le film de 1953 intitulé « Le salaire de la peur » de Henri-Georges Clouzot avec les acteurs Charles Vanel et Yves Montand). Si dangereuse, en fait, que l'usine de Heleneborg explose le 3 septembre 1864, tuant son jeune frère Emil et plusieurs autres personnes. Meurtri, mais convaincu qu'il faut chercher à stabiliser la nitroglycérine, Nobel construit plusieurs usines pour fabriquer cette matière.

La deuxième invention importante de Nobel est celle de la dynamite. En 1867, Nobel renverse un peu de nitroglycérine sur du « Kieselguhr », (il était dans son usine de Krümmel, en Allemagne) une roche sédimentaire poreuse qui - surprise - n'explose pas. Il découvre qu'avec seulement 25 % de cette roche, la nitroglycérine devient très sûre d'emploi et peut être conditionnée sous forme de tube en carton. Il vient de mettre au point la dynamite, brevetée le 25 novembre 1867. Il nomme le nouveau produit dynamite (du grec *dynamis*, « pouvoir ») et obtient des brevets en Suède (1867), en Grande-Bretagne (1867) et aux États-Unis (1868). Dans son brevet suédois, il est écrit : « *My dynamite will sooner lead to peace than a thousand world conventions. As soon as men find that in one instant whole armies can be utterly destroyed, they surely will abide by golden peace* ». La dynamite établit la renommée de Nobel dans le monde entier et est rapidement utilisée pour creuser des tunnels par exemple le premier tunnel du Saint Gothard en 1873, concevoir des canaux (Panama, Corinthe, Suez) et construire des lignes de chemins de fer et des routes. Nobel a l'âme d'un chercheur et les aptitudes d'un gestionnaire. Il ne se contente pas de faire breveter son invention. Il la concrétise, la fait fructifier et tisse un réseau de structures industrielles et financières à travers toute l'Europe, tandis qu'il continue de poursuivre ses travaux sur les explosifs. Par exemple en 1871, il fonde en Suède la société KemaNobel, une des entreprises à l'origine d'Akzo Nobel. En 1873, il s'installe en France, à Paris, 59 avenue de Malakoff, où il construit un laboratoire en attendant que les lois françaises l'autorisent à fabriquer ses produits explosifs. Il crée ensuite un laboratoire à Sevrans (Seine-et-Oise). Et poursuit les constructions de dynamiteries dans le monde.

En 1875, il met au point à Sevrans la gélignite (ou dynamite extra Nobel), plus stable que la dynamite. C'est un mélange d'une solution de nitroglycérine avec une substance duveteuse connue sous le nom de nitrocellulose qui possède une résistance élevée à l'eau et une plus grande puissance explosive que les dynamites ordinaires. En 1884, il est élu membre de l'Académie suédoise royale. En 1887, il conçoit la balistite composée de 10 % de camphre, 45 % de nitroglycérine et 45 % de collodion (qui est de la nitrocellulose dissoute dans un mélange d'éther et d'alcool). Avec le temps, le camphre s'évapore et l'explosif devient instable. La balistite est l'une des premières poudres qui explosent sans produire de fumée (intéressant car elle n'est pas vue par l'ennemi...). Le gouvernement français n'étant pas intéressé par cette découverte, Nobel va la vendre en Italie. Mais l'Italie, faisant avec l'Autriche-Hongrie et l'Allemagne partie de la Triple Alliance, est l'ennemie de la France. Il est ainsi accusé de haute trahison et son laboratoire

en France est fermé. Il construit une usine à Avigliana près de Turin, et s'installe vivre en Italie. Il sera ensuite très mal vu en France. En 1893, il s'intéresse à l'industrie suédoise de l'armement et, l'année suivante, il achète une usine sidérurgique à Bofors, près de Varmland, qui deviendra le noyau de la célèbre usine d'armement Bofors. Outre les explosifs, Nobel a fait de nombreuses autres inventions, telles que la soie artificielle. En 1888, son frère Ludwig meurt à Cannes. La légende veut que des journaux français titrent « Le marchand de la mort est mort ». Ceci l'a probablement perturbé, est-ce pour cela qu'il rédige son fameux testament ?

Fin de vie, testament et nobélium

Il rédige son testament à Paris le 27 novembre 1895. Le 10 décembre 1896, il meurt d'une hémorragie cérébrale dans sa villa de San Remo. Il est enterré à Stockholm. À sa mort, il possède 90 usines dans le monde, a déposé plus de 300 brevets. Les intérêts mondiaux d'Alfred Nobel dans les explosifs, ainsi que ses propres participations dans les sociétés de ses frères en Russie, lui ont apporté une immense fortune.

L'ouverture de son testament en 1897 cause une grande surprise, de la dynamite pure ! Il lègue environ 6 % de sa fortune à ses neveux, domestiques, amis, employés... Il stipule que le reste, c'est-à-dire encore une grande fortune soit placé en valeurs mobilières sûres et que les revenus soient distribués à des personnalités qui ont rendu des services à l'humanité dans les domaines de la physique, de la chimie, de la médecine, de la littérature et de la paix. Après sa mort, plus de trois ans s'écoulent avant que l'affaire soit enfin réglée. L'exécuteur testamentaire désigné par Nobel, son jeune collaborateur, l'ingénieur chimiste Ragnar Sohlman (1870-1948) contribue de manière déterminante au succès final, par la création en 1900 de la Fondation Nobel. Sohlman devient par la suite directeur général de la Fondation. Et actuellement en 2024, son petit-fils Michael Sohlman est directeur exécutif de la Fondation Nobel.

Chaque année, les prix sont décernés durant tout le mois d'octobre, en commençant par celui de médecine. La cérémonie de remise des prix a lieu le 10 décembre, jour anniversaire du décès d'Alfred Nobel. Notons que le premier prix Nobel de Physique a été attribué en 1901 à Wilhelm Röntgen (1845-1923) pour la découverte en 1895 des rayons X. Seul le prix Nobel d'économie n'était pas prévu à l'origine dans le testament d'Alfred Nobel. Créé et financé par la banque de suède à l'occasion de son 300^e anniversaire, son prix (géré néanmoins par la fondation Nobel) n'est attribué que depuis 1968. Chaque prix est doté d'une récompense d'un montant de 11 millions de couronnes suédoises (soit environ 950 000 euros en 2023).

En 1957, l'Institut Nobel de Stockholm synthétise un atome, en bombardant une cible de curium 244 par des ions de carbone 13 dans un cyclotron. Cet atome a le numéro atomique 102 et le symbole No. Hautement radioactif, il a été appelé nobélium en hommage à Alfred Nobel.

Qui était-il vraiment ?

Alfred Nobel est, d'après ses contemporains un homme paradoxal. Il est brillant, introverti, actif, assez chétif, très souvent malade, mais extrêmement travailleur. Il ne s'est jamais marié, n'a pas eu d'enfant, il a toujours été bon envers ses employés. Il a toute sa vie été intéressé par la chimie, la physique, la médecine et la littérature, (il n'aimait pas les mathématiques) d'où l'attribution des prix Nobel. De plus il a été toujours fasciné par le langage, lui qui maîtrisait cinq langues à l'oral et à l'écrit - le suédois, le russe, le français, l'allemand et l'anglais. Il écrit des poèmes, depuis l'adolescence, rédige chaque jour de nombreuses lettres. Il écrit même peu de

temps avant sa mort une tragédie blasphématoire « Némésis » sur le monde corrompu du XV^e siècle où une jeune fille tente d'assassiner son père qui l'a violée avec l'aide d'un prêtre corrompu. L'anticléricalisme y est très marqué. Il fréquente des salons littéraires à Paris, y rencontre Victor Hugo, qui le traite de « millionnaire vagabond ». En 1876, il fait la connaissance d'une jeune femme de dix ans sa cadette, la comtesse autrichienne Bertha Kinsky (1843-1914) qui deviendra Bertha von Suttner. Elle lui sert de secrétaire à Paris pendant deux semaines. En 1889, elle publie le roman pacifiste « *Die Waffen nieder !* » (en anglais, *Lay Down our arms* et en français *Bas les armes*). Le roman a beaucoup de succès et Bertha von Suttner devient l'une des représentantes principales du mouvement pacifiste. Il entretient avec elle une correspondance jusqu'à sa mort. Il a toujours pensé que les armes peuvent être source de paix. Il est bien évident qu'Alfred Nobel a pensé à elle pour le Prix Nobel de la paix, elle ne l'obtiendra qu'en 1905.

PERKIN

(William Henry, 1838-1907)

Chimiste, découvreur du premier colorant industriel (et influence de cette découverte sur la recherche des antalgiques, jusqu'au paracétamol)

Sa principale découverte

William Henry Perkin naît à Londres en 1838. Il est le plus jeune des sept enfants de George Perkin, un charpentier talentueux et de Sarah une écossaise. Son père voulait qu'il soit architecte, mais il s'intéresse très jeune à la chimie. En 1853, il entre au *Royal College of Chemistry* (qui fait maintenant partie de *Imperial College London*). L'année suivante il installe chez lui, à *Cable Street* dans l'est de Londres, un laboratoire où il commence des recherches personnelles. Il collabore parfois avec son ami Arthur Herbert Church (1834-1915), un peintre intéressé par la chimie de la peinture. Ils publient ensemble un article. En 1856, il devient assistant d'August Wilhelm von Hofmann (1818-1892) dont les recherches sur le goudron de houille, puis sur le gaz de ville l'ont conduit à découvrir l'aniline. Le professeur lui demande de synthétiser la quinine, qui est une substance naturelle très demandée pour « combattre le paludisme qui touchait les troupes qui défendaient aux Indes l'honneur britannique ». Perkin commence par faire réagir un composé, l'allyltoluidine, avec du bichromate de potassium. L'expérience rate. Il utilise ensuite un composé d'aniline contenant des impuretés de toluidines. Il obtient une pâte noire, et lorsqu'il nettoie à l'alcool son récipient, il obtient une solution violette. Il décrit ainsi sa découverte : « J'obtins vite un splendide précipité rouge brun. Bien sûr, ce composé n'avait rien à voir avec la quinine artificielle que je recherchais, mais il éveilla ma curiosité de chimiste, car ayant renversé une petite éprouvette, je vis qu'il produisait sur le parquet et sur ma blouse des tâches certes de belle couleur, mais surtout indélébiles. Sans le savoir je venais d'inventer ce colorant de bonne tenue dont l'industrie textile avait tant besoin ». Cette découverte est un exemple type de sérendipité en chimie (voir Fleming et Mourou). C'est sur le conseil de sa femme qu'il donnera le nom de mauvéine à cette couleur en référence à la fleur « mauve (*Malva sylvestris*) ». Perkin dépose un brevet le 26 août 1856, démissionne de la *Royal Society of Chemistry* contre l'avis d'Hofmann et mobilise sa famille pour fonder avec son père et son frère Thomas une entreprise à Greenford dans la banlieue de Londres pour développer son invention. Elle marque ainsi la naissance de l'industrie chimique organique. Il lui faut encore perfectionner sa fabrication, stabiliser la fixation du colorant sur les tissus et rendre le prix attractif.

Très rapidement la couleur mauve devient à la mode dans toute l'Europe et une véritable fureur va en effet s'en emparer. En 1862, la reine Victoria apparaît à l'Exposition internationale de Londres dans une robe en soie teinte en mauve par le colorant de Perkin. À Paris, l'impératrice Eugénie s'en entiche et porte aussi des robes mauves. Ce sera la couleur du timbre anglais de deux pence en 1882. Perkin, riche, se retire des affaires en 1874 à 36 ans. Il continue ensuite des

recherches en chimie organique, découvre la « réaction de Perkin » qui lui permet de réaliser la synthèse de coumarines (la coumarine est une substance naturelle organique aromatique), à la base de l'industrie des parfums synthétiques. Il publie près d'une soixantaine d'articles, principalement dans le *Journal of the Chemical Society*, devenu « *JCS Perkin* ». Il est fait membre de nombreuses sociétés chimiques, il est anobli en 1906. Il meurt en 1907 d'une pneumonie à Arrow dans la banlieue de Londres. De ses deux mariages, il aura trois fils et quatre filles. Les trois fils seront des chimistes célèbres aussi : William Henry Perkin Jr (1860-1929), Arthur Georges Perkin (1861-1937) et Frederick Mollwo Perkin (1869-1928).

Et continuons l'aventure de la mauvéine...

En 1886, à Kaiser-Wilhelms Universität Strassburg (Strasbourg était devenue une ville allemande depuis la guerre franco-prussienne), deux médecins Arnold Cahn (1858-1927) et Paul Hepp, sous la direction du professeur Adolf Kussmaul (1822-1902), s'intéressent aux effets du naphthalène comme antiparasitaire intestinal. Une pharmacie de Strasbourg leur livre pour leurs recherches, non du naphthalène, mais de l'acétanilide, une molécule fabriquée à partir d'aniline, comme les colorants de Perkin. Ils constatent que le médicament n'a aucun effet antiparasitaire... mais fait chuter la température de leurs patients ! C'est donc grâce à une erreur que les propriétés de l'acétanilide contre la fièvre sont découvertes. Après une première communication en 1886 sur les propriétés de leur produit, Cahn et Hepp décrivent en 1887 dans le journal « progrès médical » les résultats obtenus avec cette « *poudre blanche, cristalline, dénuée d'odeur et ne produisant sur la langue qu'une légère saveur brûlante* ». Le docteur Hepp a un frère qui travaille pour une petite compagnie (*Kalle Co*) qui fabrique l'acétanilide. Il lui propose d'utiliser sa découverte et de lancer sur le marché l'acétanilide comme antipyrétique qui devient un médicament commercialisé sous le nom d'« Antifébrine ». C'est la première fois qu'un médicament est commercialisé sous un nom de marque, et non selon la dénomination de son constituant chimique principal (qui a fait l'objet d'un brevet de Perkin).

Les recherches sur les antidouleurs continuent. En 1884, l'industriel allemand Hoechst lance « l'Antipyrine », issue de phénazone et utilisée contre la fièvre et la douleur. En 1829, le pharmacien français Pierre Joseph Leroux (1795-1870) isole le principe actif de l'écorce du saule blanc sous forme de cristaux qu'il nomme la « Salicyline » du latin *salix* qui veut dire saule. En 1839, le chimiste suisse Carl Jacob Löwig (1803-1890) isole un composé très proche de la salicyline avec une autre plante, la Reine-des-Prés, qu'il appelle « acide salicylique ». Le chimiste français Charles Frédéric Gerhardt (1816-1856) obtient en 1853 la première synthèse de l'aspirine à partir de l'acide salicylique mais son produit est impur. Le 10 août 1897, Félix Hoffmann (1868-1946), un jeune chimiste allemand, travaillant dans le laboratoire allemand Bayer, reproduit la synthèse de Charles Frédéric Gerhardt et réalise un produit pur et utilisable pour un usage thérapeutique. Le laboratoire Bayer dépose le nom de marque « Aspirin » en Allemagne en 1899. Le préfixe A vient d'Acétyl, le radical *spir* vient de *spirsäure*, acide spirique, identique à l'acide salicylique et le suffixe *-ine* est un suffixe classique en chimie industrielle. Remarquons que l'aspirine est une invention de plusieurs personnes même si un seul nom figure sur le brevet (celui de Félix Hoffmann). L'aspirine devient la reine des pharmacies, efficace et moins toxique que ses concurrentes. On ne découvrira que plus tard ses défauts, notamment les ulcères gastro-intestinaux et les hémorragies qu'elle provoque. L'Antifébrine et l'Antipyrine seront aussi progressivement abandonnées, de par leur importante toxicité.

Mais en 1878, un chimiste américain, Harmon Northrop Morse (1848-1920), synthétise une autre molécule à partir de l'acétanilide. Il lui donne un nom assez barbare, l'« acétylamidophénole », mais n'en fait rien de particulier. Son produit n'est en réalité rien d'autre que... le paracétamol ! Malgré quelques travaux montrant son efficacité contre la douleur et la fièvre, ce composé chimique reste inutilisé, car supposé toxique. Quant aux nouveaux industriels de la pharmacie, ils vendent suffisamment d'aspirine pour ne pas chercher à vendre un autre médicament contre la fièvre.

L'histoire aurait pu se terminer ainsi... Mais en 1948, les chercheurs américains Bernard Brodie (1907-1989) et Julius Axelrod (1912-2004) constatent que le paracétamol est en fait l'un des produits issus de la dégradation par l'organisme de médicaments comme l'Antifébrine. Et que c'est justement ce métabolite qui possède des propriétés contre la fièvre, tandis que les autres produits de dégradation sont responsables des effets toxiques de l'Antifébrine. En 1955, les premières tablettes de paracétamol sont commercialisées, d'abord aux États-Unis, puis en Grande-Bretagne et en France. En 1964, les laboratoires français Bottu créent la marque Doliprane® (qui vient d'être revendue par Sanofi à un fonds d'investissement américain). Ce médicament est de loin le plus vendu en France, avec 540 millions de boîtes vendues chaque année (dont plus de 400 millions de boîtes sous la seule marque Doliprane).

SABATIER

(Paul, 1854-1941)

*Chimiste, promoteur de la catalyse en chimie organique,
Prix Nobel*

Formation

Paul Sabatier naît le 5 novembre 1854 à Carcassonne dans l'Aude. Il est le septième enfant d'une fratrie comportant déjà quatre filles et deux garçons (dont l'un meurt en bas-âge d'un accident domestique). Leur père tient avec sa femme un commerce de chapeaux. Paul est en grande partie élevé par sa sœur aînée Céline qui, plus âgée que lui de 17 ans, apprendra le latin et les mathématiques pour les enseigner à son jeune frère. Enfant précoce et très doué pour les études, Paul débute ses études à l'école primaire de Carcassonne, puis les poursuit au lycée de Toulouse. Suite à des troubles impulsés par les lycéens presque tous républicains (on est sous le Second Empire), ses parents le font entrer dans un collège de jésuites où il se sent très à l'aise : il conservera toute sa vie la foi en la religion catholique, ce qui lui vaudra plus tard des démêlés avec les autorités de la République. Il manifeste déjà un goût prononcé pour les sciences et assiste en 1868 à des conférences publiques à la faculté des sciences, mais ses parents insistent pour qu'il ait une bonne formation littéraire. Après avoir obtenu en 1872 les baccalauréats ès lettres et ès sciences, il prépare les concours d'entrée aux grandes écoles scientifiques au lycée Sainte-Geneviève à Versailles et est reçu à l'École Polytechnique et à l'École Normale Supérieure (ENS). Il choisit l'ENS comme son frère Théodore avant lui et passe avec succès l'agrégation de sciences physiques en 1877 (il est le premier de sa promotion). Il enseigne quelques mois à Nîmes avant de revenir à Paris. Devenu étudiant et assistant au Collège de France du physicochimiste Marcelin Berthelot (1827-1907), le plus renommé des scientifiques de l'époque malgré ses travers (voir plus loin), il soutient sa thèse de doctorat ès sciences en 1880. Son sujet de thèse porte sur le bilan thermique des réactions chimiques mettant en jeu des composés soufrés métalliques. Il synthétise de nouveaux sulfures et mesure les dégagements de chaleur accompagnant leur formation. Ce travail est publié en 1880 dans son mémoire de thèse intitulé « Recherches thermiques sur les sulfures ».

Carrière professorale

Homme très réservé fuyant les honneurs, il se marie avec Germaine Hérail en 1884, et le couple aura quatre filles. L'une d'elles épousera Umberto Pomilio (1890-1964) un chimiste italien réputé qui a travaillé sur la cellulose. Il élève seul ses quatre filles après la mort de sa femme à l'âge de 31 ans, en 1888. Par ailleurs il est amateur d'art, improvise au piano et pratique le jardinage. Ayant conservé de son enfance l'amour de sa région natale, Sabatier décide tout naturellement de s'éloigner de la capitale. Son ancien maître Berthelot, farouche opposant aux idées modernes de la chimie (théorie atomique et classification périodique de Mendeleïev) dont Sabatier est un partisan enthousiaste, ne fait rien pour le retenir à Paris. Il faut souligner ici son

désintéressement et son courage, car les professeurs en région parisienne sont nettement mieux rémunérés que leurs collègues de province et que les principaux laboratoires de recherches sont situés en région parisienne. Il enseigne d'abord la physique à l'Université de Bordeaux, puis à l'Université de Toulouse avant d'occuper en 1883 la chaire de chimie générale de l'Université de Toulouse à l'âge de 30 ans, l'âge minimal pour occuper un tel poste, poste qu'il conservera jusqu'à sa retraite en 1930 malgré de multiples invitations à rejoindre ses collègues parisiens. Il considère notamment que les tâches administratives trop lourdes en région parisienne l'empêcheraient de mener à bien ses fonctions d'enseignant-chercheur. Dès son arrivée à Toulouse Sabatier crée le premier laboratoire d'enseignement et de recherches de la faculté des sciences. En effet, durant toute sa carrière Sabatier assure admirablement les deux missions d'un professeur d'université : l'enseignement et la recherche. Il devient doyen de la faculté des sciences de l'Université de Toulouse de 1905 à 1929. En 1906, il fonde l'Institut de Chimie de Toulouse qui deviendra par la suite l'École Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse, puis en 2001 l'École Nationale Supérieure des Ingénieurs en Arts Chimiques Et Technologiques (ENSIACET). Afin de développer les formations locales en hydroélectricité (car la région Toulousaine n'a aucune ressource en charbon, la principale source d'énergie de l'époque), il crée en 1907 l'Institut d'électrotechnique et de mécanique appliquée qui délivre un diplôme d'ingénieur. Innovation révolutionnaire pour l'époque, les élèves de ces instituts font une partie de leur formation à l'étranger et en échange ils accueillent des élèves étrangers. Devenu Professeur émérite, Paul Sabatier enseigne à Toulouse jusqu'à janvier 1940, date où sa santé se détériore. Il meurt le 14 août 1941 et est enterré à Carcassonne.

Contribution à la chimie minérale et organique

Sabatier poursuit tout d'abord ses travaux de thèse et l'étude de divers composés minéraux : les sulfures d'hydrogène, de silicium et de bore ; des bromures et des chlorures de cuivre et de fer ; l'étude de divers acides. Il est ainsi amené à développer des méthodes de chimie physique pour le suivi de réactions chimiques : l'échelle colorimétrique et la spectroscopie d'absorption. En 1897, il a décrit dans 90 publications dont 40 notes à l'Académie des sciences l'ensemble de ces travaux et l'Académie lui décerne le prix La Caze, un prix décerné tous les ans et destiné à récompenser une contribution majeure en physique, chimie ou physiologie. La même année il présente devant la Société Chimique de France ces travaux dans une conférence qui recueille un vif succès.

Les travaux suivants de Paul Sabatier portent sur la catalyse de réactions d'hydrogénation. Le but de la catalyse est d'accélérer ou d'orienter la cinétique des réactions chimiques. Pour cela on ajoute un catalyseur dont la masse est très faible devant celle des corps réagissant. Sa surface spécifique est par contre très élevée et permet ainsi de créer un très grand nombre de sites réactionnels. Une réaction d'hydrogénation a pour but de fixer des molécules de dihydrogène (H_2) sur un corps. Avec le chimiste et prêtre Jean-Baptiste Senderens (1856-1937) dont Sabatier a dirigé la fin de sa thèse de doctorat, il met au point un des premiers catalyseurs, le nickel de Sabatier ou nickel de Sabatier-Senderens. Ce nickel est un nickel récemment réduit (donc finement divisé) et maintenu à une température comprise entre 150 et 200 °C. Après diverses péripéties, ils découvrent que ce nickel récemment réduit et chauffé permet de transformer un mélange d'éthylène (C_2H_4) et d'hydrogène en éthane (C_2H_6), donc de saturer en atomes d'hydrogène la molécule d'éthylène. Ils mettent ainsi au point les réactions d'hydrogénation d'un

grand nombre de composés organiques. Ils développent notamment la réaction de réduction du dioxyde de carbone (CO_2) par le dihydrogène à des températures et des pressions élevées en présence d'un catalyseur de nickel. Cette réaction produit du méthane (CH_4) et de l'eau (H_2O). Elle s'écrit : $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. Dans la Station Spatiale Internationale, on utilise cette réaction pour synthétiser de l'eau. En 1905, Senderens et Sabatier sont distingués par l'Académie des sciences qui leur décerne le prix Jecker, l'un des prix les plus importants pour récompenser les travaux des chimistes.

Peu à peu les relations entre Senderens et Sabatier se dégradent du fait notamment de la loi de séparation des Églises et de l'état de 1905. Sabatier poursuit donc avec un autre collaborateur ses travaux et étudie notamment l'action catalytique des oxydes métalliques sur les réactions de déshydrogénation et déshydratation. Il découvre que suivant les conditions un catalyseur peut favoriser une réaction et la réaction inverse, mais ne fait qu'accélérer la cinétique de réaction lors d'une réaction équilibrée. Il découvre également que certains éléments comme le chlore, le brome, l'iode, l'arsenic en quantité infime (ce sont le plus souvent des impuretés des substances réactives) sont de véritables « poisons » des catalyseurs et empêchent leur action catalytique.

À l'époque on pensait que l'action catalytique d'un métal poreux comme le platine est un simple phénomène physique consistant en la condensation des substances sur le métal qui produit un dégagement de chaleur suffisant pour déclencher la réaction chimique. Sabatier révolutionne les idées sur la catalyse en avançant que la catalyse consiste en la réaction du catalyseur avec les ingrédients qui produit un composé instable donnant naissance aux produits de la réaction et régénérant le catalyseur, permettant ainsi au catalyseur de poursuivre indéfiniment son action. Il décrit ses travaux dans de nombreuses publications et dans un livre intitulé « La catalyse en chimie organique » dont la première édition est publiée en 1913. Une seconde édition est publiée en 1920 et une traduction en anglais est rédigée en 1923. Il poursuit ses travaux de recherches jusqu'en 1927, date où il arrête de publier du fait de la lourdeur de ses tâches administratives. Au total durant toute sa carrière il a publié 324 notes et articles.

Reconnaisances officielles

L'importance des travaux de Paul Sabatier est très vite reconnue par le monde scientifique. Depuis sa découverte de l'action catalytique des métaux réduits, les applications se sont multipliées dans un grand nombre d'industries parmi lesquelles l'industrie de fabrication des engrais azotés, la pétrochimie, l'agro-industrie, les industries pharmaceutiques, l'industrie des polymères, des colorants, des détergents... Élu membre correspondant de l'Académie des sciences en 1901 dans la section chimie, il est élu membre « non résidant » en 1913. Une première, car Paul Sabatier ne veut pas quitter Toulouse, ce qui oblige l'Académie à modifier ses statuts qui jusque-là obligeaient ses membres à résider en région parisienne. Paul Sabatier est colauréat, avec le chimiste français Victor Grignard (1871-1935) distingué pour la mise au point des réactifs de Grignard utilisés en synthèse organique, du prix Nobel de chimie en 1912 « pour sa méthode d'hydrogénation des composés organiques en présence de métaux finement divisés, ce qui a permis de faire progresser considérablement la chimie organique dans les dernières années ». Ce prix Nobel ne reconnaît pas les mérites de Senderens, ce qui a engendré une polémique sur les contributions respectives des deux scientifiques, polémique toujours d'actualité. En 1931, Paul Sabatier devient grand officier de la Légion d'honneur. Par ailleurs il est membre étranger de diverses Académies étrangères et « docteur honoris causa » de diverses

Universités étrangères. Régionaliste, il défie l'image classique du savant français attaché à Paris !
Un cratère lunaire, un lycée de Carcassonne, sa ville natale, et l'Université de Toulouse III portent son nom.

SEMMELWEIS

(Ignaz Philipp, 1818-1865)

Médecin, obstétricien, découvreur de l'importance de l'hygiène des mains lors des accouchements

Formation

Ignaz Philipp Semmelweis naît le 1^{er} juillet 1818 à Buda, une ville qui, réunie à Pest située sur l'autre rive du Danube, forme aujourd'hui Budapest, la capitale de la Hongrie. Il est le cinquième enfant d'un épiciers prospère d'origine allemande du vieux quartier commerçant serbe de Buda. Il suit des cours d'abord au lycée catholique de Buda, puis à l'Université de Pest où il obtient une licence de droit en 1837. Conformément au vœu de son père qui souhaite qu'il devienne fonctionnaire dans l'administration autrichienne, il part pour Vienne pour y poursuivre ses études de droit. Mais peu après son arrivée à Vienne, il assiste à l'hôpital à l'autopsie d'une femme morte peu après un accouchement de fièvre puerpérale et il décide de s'inscrire à la faculté de médecine. Ses parents apparemment semblent avoir accepté facilement ce changement de formation. Raillé par ses camarades du fait de son accent hongrois, il retourne à Pest en 1839 pour y poursuivre ses études de médecine, mais l'archaïsme des installations de la faculté de médecine de Pest le pousse à revenir à Vienne en 1841. Il s'inscrit à la Seconde École de Médecine de Vienne, un établissement dispensant une formation basée sur l'étude en laboratoire et la pratique au chevet des malades. Cette excellente formation fera de cet établissement un des meilleurs centres de la médecine durant la seconde moitié du XIX^e siècle. En 1844, il soutient sa thèse de médecine consacrée à l'examen des vertus thérapeutiques des plantes médicinales après rédaction d'un mémoire intitulé « La vie des plantes ». De 1844 à 1846, il complète sa formation en suivant des cours d'obstétrique pratique (spécialité médico-chirurgicale destinée au suivi des grossesses et des accouchements), de statistiques et sur les méthodes de diagnostic. Il devient ensuite docteur assistant au premier service d'obstétrique de l'Hôpital général de Vienne.

Ses recherches sur la fièvre puerpérale

La fièvre puerpérale (des mots latins « *puer* » qui signifie « enfant » et « *parere* » qui signifie « enfanter » qui donnent « *puerpera* » « accouchée ») est une maladie qui touche les femmes après l'accouchement ou une fausse couche dans le cas où l'expulsion du placenta n'est pas complète. Elle se manifeste par une forte fièvre qui se termine le plus souvent par la mort en l'absence de traitement approprié. Les survivantes deviennent souvent stériles. À l'époque où Semmelweis commence à travailler dans le premier service d'obstétrique, les médecins ignorent l'origine microbienne de cette maladie et pensent qu'on ne peut pas la prévenir. Ils l'attribuent en effet aux conditions d'hospitalisation : promiscuité, manque d'aération des salles, confinement. Certains l'attribuent même au début de la lactation chez l'accouchée ! Afin de comprendre l'origine de la maladie, les médecins multiplient les autopsies des femmes mortes de fièvre puerpérale. En juillet 1846, Semmelweis est nommé chef de clinique dans le premier service

d'obstétrique. Le taux de mortalité dû à la fièvre puerpérale atteint 13 % et monte même à 18 % en avril 1847 à tel point que beaucoup de femmes refusent d'accoucher à l'hôpital. Fait étrange, ce taux n'est que de 3 % dans le second service d'obstétrique qui utilise pourtant les mêmes techniques. La seule différence est que le service de Semmelweis est chargé de la formation des étudiants en médecine alors que le second s'occupe de la formation des sages-femmes. Semmelweis émet d'abord diverses hypothèses sur l'origine de la maladie et les réfute toutes par ses observations et ses expériences. Mais en 1847, un de ses amis, professeur d'anatomie, meurt suite à une infection contractée lors de la dissection d'un cadavre après s'être blessé au doigt avec un scalpel. L'autopsie révèle qu'il a succombé à la fièvre puerpérale. Semmelweis en conclut aussitôt que ce sont les soignants, lui-même et les étudiants, de la première clinique qui apportent les germes pathogènes et il prescrit en mai 1847 le lavage des mains à l'hypochlorite de calcium lors du passage de la salle de dissection à la salle d'accouchement. Le taux de mortalité due à la fièvre puerpérale passe de 12 % à 2,4 %. Il demande alors que le lavage à l'hypochlorite de calcium soit pratiqué pour tout contact des médecins avec de la matière organique en décomposition, ce qui permet de faire chuter le taux de mortalité à 1,3 %.

Le mauvais accueil de ses résultats par la médecine traditionnelle viennoise

Malgré ces résultats spectaculaires, Semmelweis se refuse d'abord à communiquer par écrit pour en informer ses collègues et c'est l'un de ses anciens professeurs Ferdinand von Hebra (1816-1880) qui écrit deux articles sur les causes de la fièvre puerpérale et recommandant expressément l'usage de l'hypochlorite de calcium à titre prophylactique. Des médecins étrangers et les principaux médecins de l'École viennoise sont impressionnés par les performances de Semmelweis, mais la plupart des médecins accueillent avec beaucoup de réserve, voire d'hostilité ses conclusions. Sa théorie de transmission d'une maladie par des germes pathogènes va en effet à l'encontre de la théorie de l'époque selon laquelle les maladies sont causées par un déséquilibre dans le corps des « quatre humeurs fondamentales ». En outre sa méthode de prévention a quelques inconvénients ; le lavage doit durer au moins 5 minutes et le chlore de la solution a des effets irritants. Par ailleurs la plupart des médecins se refusent à admettre qu'ils sont la cause de tant de morts ! Semmelweis a donné depuis son nom à « l'effet Semmelweis » : cet effet décrit le rejet par les scientifiques de nouvelles connaissances qui contredisent les théories établies.

Fin de la carrière de Semmelweis à Vienne

En 1848, Semmelweis prescrit d'étendre le nettoyage par l'hypochlorite à tous les instruments en contact avec les patientes et montre à l'aide de statistiques qu'il a ainsi pratiquement éliminé les cas de fièvre puerpérale. L'un de ses amis, Joseph Skoda (1805-1881), demande alors la création d'une commission officielle pour examiner et rendre publics ces résultats, mais cette demande est rejetée par le ministère de l'instruction publique pour des raisons de querelles politiques entre libéraux (Semmelweis a un passé de militant libéral) et conservateurs. En 1849, le contrat de Semmelweis n'est pas renouvelé par son supérieur mécontent de ses résultats qui remettent en cause ses propres méthodes. Semmelweis postule pour un poste de professeur non rémunéré d'obstétrique. Sa demande est d'abord ajournée, mais après que Semmelweis ait prononcé deux conférences en mai et juin 1850 « Sur l'origine de la fièvre puerpérale », sa demande est finalement acceptée en octobre 1850 à condition qu'il n'utilise pour ses cours qu'un

mannequin, une condition qu'il juge humiliante. Mais privé de ressources financières et rebuté par le scepticisme de la plupart de ses collègues viennois, Semmelweis quitte précipitamment Vienne sans même prévenir ses amis et se réfugie à Pest en Hongrie.

Fin de sa carrière tourmentée en Hongrie

En Hongrie, ses déboires semblent terminés. Semmelweis est nommé directeur de la maternité de l'hôpital Saint-Roch à Pest, poste qu'il occupe de 1851 à 1857. Sa méthode de lavage des mains et des instruments fait tomber la mortalité due à la fièvre puerpérale à 0,85 %. Devant ces très bons résultats, un décret gouvernemental ordonne que les méthodes prophylactiques de Semmelweis soient appliquées partout en Hongrie si bien que ses méthodes sont acceptées par ses collègues hongrois. Semmelweis se marie en 1857 avec la jeune Maria Weidenhoffer (1837-1910) bravant l'avis de la famille Weidenhoffer qui le nomme « *Der verrückte Naczi* » « Ignaz le dingue ». Après avoir surmonté la mort de leurs deux premiers enfants, le couple vit heureux entouré de trois filles. Il se constitue une importante clientèle privée. En 1855, on lui confie la chaire d'obstétrique théorique et pratique de l'Université de Pest et, en 1857, il décline l'offre d'une chaire faite par l'Université de Zürich. En 1861, il publie enfin sa découverte dans un livre de 500 pages. Son livre contient toutefois une critique acerbe des milieux médicaux à côté des faits médicaux proprement dits et suscite des critiques dans certaines revues étrangères. Semmelweis invective alors ses adversaires à l'occasion de congrès et en publiant une série de lettres ouvertes. Cette polémique ne sert guère sa cause, car à un congrès de médecins et biologistes allemands, la majorité des orateurs rejettent sa thèse. Toutes ces avanies auraient troublé sa santé mentale : en juillet 1865, fortement dépressif et atteint d'un délire de persécution, il est interné dans un hôpital psychiatrique près de Vienne. Les circonstances exactes de sa mort ont longtemps été tenues secrètes. On a même soutenu qu'il serait mort suite à une infection contractée lors d'une autopsie. Mais on sait aujourd'hui avec certitude qu'il est mort le 13 août 1865 des suites des blessures infligées par ses gardiens lors d'un passage à tabac déclenché par une crise de violence de Semmelweis. Semmelweis est considéré aujourd'hui comme le promoteur de l'antisepsie et de la prévention contre les infections. À noter que la vie tourmentée d'Ignaz Philipp Semmelweis est le sujet de la thèse de médecine soutenue en 1924 par Louis Destouches, plus connu sous son nom de plume, Louis-Ferdinand Céline.

Après sa mort, on élabore petit à petit la théorie des maladies microbiennes, à partir de ses observations mais aussi de celles d'autres médecins, tels que William Farr (1807-1883) et de Florence Nightingale (1820-1910), qui ont pu assister aux ravages des infections microbiennes durant la guerre de Crimée (1853-1856). À la même époque (1857), Louis Pasteur (1822-1895) découvre que les maladies du vin sont dues à des microbes qui contaminent le processus de fermentation. Mais c'est surtout Joseph Lister (1827-1912), prenant la chaire de chirurgie de Glasgow qui encouragera l'usage d'antiseptique (phénol) pour désinfecter les plaies. Il obtint d'excellents résultats dès le milieu des années 1860 et publia 5 articles dans le journal scientifique *Lancet* qui firent date sur une nouvelle méthode qu'il appela « Antisepsie » (issu du grec *sepsis*, putréfaction). Bien qu'ayant accepté la chaire de chirurgie du *King's College* de Londres en 1877, Lister continua à faire face lui aussi à l'incompréhension et aux réticences de nombreux médecins durant de nombreuses années et ce n'est que dans les années 1880 que les doctrines d'asepsie et d'antisepsie seront acceptées, notamment par une nouvelle génération de médecins.

STEPHENSON

(George, 1781-1848)

*Ingénieur, créateur de la première ligne de chemin de fer
de l'ère industrielle*

Formation et premiers travaux

George Stephenson naît le 9 juin 1781 à Wylam, un village anglais situé à 16 kilomètres de Newcastle upon Tyne dans le comté du Northumberland. Il est fils d'ouvrier et n'apprend à lire qu'à l'âge de 18 ans. Il va étudier la mécanique et devenir ingénieur après avoir été conducteur de machines, notamment de pompes et d'ascenseurs dans les mines de charbon. Une des premières réalisations de Stephenson montre tout son talent pour trouver des solutions simples et ingénieuses aux problèmes qu'il rencontre. Alors qu'il travaille dans une usine écossaise dont l'approvisionnement en eau est assuré par une nappe souterraine située dans un terrain sablonneux, on constate que le rendement des pompes est fortement réduit par le sable aspiré par les pompes : engorgement et usure rapide par abrasion. Stephenson fait placer la partie inférieure des pompes dans des boîtes en bois dont l'extrémité supérieure est ouverte, permettant ainsi aux pompes de n'aspirer que de l'eau pure et supprimant ainsi tous les problèmes. Il améliore la disposition des cordes de la machine assurant la remontée du charbon extrait d'une mine, limitant ainsi leur frottement et augmentant fortement leur longévité. Il acquiert une grande renommée en modifiant une pompe de mine incapable d'assécher les galeries. Il augmente fortement son débit et assure ainsi le bon fonctionnement de la mine. On se met à le consulter pour améliorer toutes les pompes défectueuses de la région. En 1812, il cesse d'être ouvrier pour devenir mécanicien principal (ingénieur) de la houillère de Killingworth.

Constructeur de locomotives pour le transport du charbon et inventeur de la lampe de sûreté pour mineur

Devenu ingénieur, George Stephenson réalise avec succès une machine pour remonter le charbon du fond de la mine et une pompe à vapeur. Il conçoit et réalise l'un des premiers chemins ferrés inclinés de manière que les wagons pleins descendant fassent remonter les wagons vides. Il se met à concevoir et à réaliser une série de locomotives à vapeur de plus en plus performantes. Il travaille d'abord seul, puis est aidé dans ses travaux par son fils Robert (1803-1859) qui lui-même s'illustrera dans la réalisation des lignes de chemin de fer britanniques (voir ci-après). En parallèle, il perfectionne son instruction acquise notamment par l'entremise de son fils Robert qui fréquente l'école et une bibliothèque et par la conduite des machines à vapeur. Les wagons remplis de charbon sont alors acheminés sur des rails par des chevaux, mais beaucoup de mécaniciens recherchent un moyen de traction plus efficace. Notons ici que le terme « voie ferrée » est beaucoup plus ancien que l'ère de la révolution industrielle : né en Angleterre, ce terme désigne au XVI^e siècle l'agencement de deux rails en bois parallèles sur lesquels un cheval tracte une cargaison, augmentant de fait la vitesse de transport de fret.

Différents types de locomotives à vapeur sont testés, mais leur vitesse est très faible, leur puissance de traction limitée et leur emploi trop dispendieux. Stephenson étudie attentivement ces réalisations et est persuadé qu'on peut fortement améliorer leurs performances. Il mérite donc le titre d'inventeur de la locomotive fonctionnant correctement. En 1814, George Stephenson réalise son premier prototype de locomotive à vapeur baptisé « Blucher ». Il est muni d'une chaudière horizontale et de quatre roues polies (Stephenson s'est assuré par divers essais que la charge assure une adhérence suffisante pour empêcher les roues de glisser sur les rails) mises en mouvement par les pistons de deux cylindres verticaux. Cette construction est financée par les propriétaires de la houillère où il travaille, fortement impressionnés par les améliorations apportées par Stephenson à l'exploitation de la houillère tant au niveau du fond de la mine qu'au niveau du sol. Cette machine réalise un progrès par rapport à ses devancières, mais reste poussive et son coût de fonctionnement est comparable à celui de l'utilisation des chevaux. Stephenson a l'idée d'envoyer la vapeur sortant des pistons, qui jusque-là est directement envoyée dans l'atmosphère, ce qui cause pas mal d'ennuis, dans la cheminée, ce qui attise la combustion et augmente la quantité de vapeur produite. La puissance de la machine en est doublée. Il vient ainsi de réaliser un progrès considérable.

Mais Stephenson continue en parallèle de s'occuper de l'exploitation de sa houillère. Préoccupé par les nombreux accidents mortels causés par le grisou, ce gaz inflammable qui s'échappe des fissures des galeries, il met au point en novembre 1815 une lampe de sûreté capable d'éclairer le mineur dans son travail, mais évitant l'inflammation du grisou et son explosion (elle s'éteint en présence d'une forte quantité de grisou et un tamis métallique à mailles très serrées empêche la propagation d'une flamme de l'intérieur vers l'extérieur de la lampe). Son invention est tout de suite adoptée dans toutes les houillères des environs et une souscription ouverte pour récompenser l'inventeur lui rapporte environ 1 000 livres et une montre en argent, don des mineurs reconnaissants. Stephenson améliore l'état des rails jusque-là très négligé, ce qui permet de supprimer les cahots et augmente les capacités de traction des chevaux et de sa locomotive. En 1817, il réalise sa première vraie locomotive à vapeur capable de tracter un convoi de charbon de 70 tonnes. De manière très ingénieuse la suspension est assurée par la vapeur produite par la machine. En 1825, il réalise une locomotive capable de rouler à 30 kilomètres à l'heure. Cette machine équipe la ligne de marchandises Stockton-Darlington. Lors de l'inauguration, le train emporte également des voyageurs et un orchestre de musiciens et dans une descente le train atteint les 40 kilomètres à l'heure. Toutes ces innovations rendent le transport de charbon à l'aide de locomotives plus économique que le recours aux chevaux.

La « Fusée » et la première ligne de voyageurs

Depuis 1818, les amis de George Stephenson le pressent de développer le transport de voyageurs par voie ferrée. Conscient du fait que les trains de l'époque ne peuvent rouler que sur un terrain plat et qu'une ligne de chemin de fer nécessite la construction de multiples infrastructures comme des remblais, des ponts et des tunnels, Stephenson hésite longtemps puis se décide à franchir le pas. En 1829, Stephenson réalise sa locomotive la plus célèbre baptisée la « Fusée » (*The Rocket*). C'est une locomotive à vapeur de conception révolutionnaire pour l'époque munie d'une chaudière tubulaire horizontale et dont la force motrice est assurée par deux cylindres situés de chaque côté de la locomotive et inclinés à 35°. Comme sur ses précédents modèles la vapeur sortant des pistons est envoyée dans la cheminée, activant la

combustion et augmentant la puissance de la machine. Capable de tracter un wagon de 30 voyageurs à 40 kilomètres à l'heure, la « Fusée » remporte le concours de Rainhill et est choisie pour équiper la ligne reliant Liverpool à Manchester. Cette première ligne de voyageurs exploitée par la *Liverpool and Manchester Railway* est inaugurée le 15 septembre 1830. George Stephenson en a supervisé tous les éléments : Les voies, les ponts et les tunnels. Il a notamment réalisé le pont de Rainhill, le premier pont enjambant de biais une ligne de chemin de fer. De ce fait sa structure est très particulière et le pont qui est toujours en service est actuellement classé. Dans cette tâche il a été assisté par l'ingénieur Joseph Locke (1805-1860), premier conducteur de la « Fusée » et futur ingénieur en chef de la *Grand Junction Railway*, la ligne de chemin de fer reliant Birmingham à Manchester et Liverpool.

Derniers travaux

En janvier 1837, Stephenson et Locke réalisent la ligne *Grand Junction Railway*. Puis ils mettent en place la ligne reliant Londres à Southampton. George Stephenson meurt d'une pleurésie (inflammation des membranes entourant le poumon et la cage thoracique) le 12 août 1848 à Chesterfield, dans le comté du Derbyshire, à l'âge de 61 ans. On peut admirer une statue de George Stephenson au « *British National Railway Museum* » et un exemplaire de la « Fusée ».

Carrière de son fils Robert

Robert Stephenson naît le 16 octobre 1803 et est l'unique enfant de George Stephenson. En effet, sa mère Fanny Henderson donne naissance en 1806 à une fille, mais la mère et le bébé meurent tous deux peu après. Contrairement à son père qui s'est formé tardivement et largement autodidacte, Robert fait des études poussées dès son plus jeune âge à Newcastle, suit un apprentissage à Killingworth et passe un moment à l'université d'Edimbourg. Il se met ensuite à travailler avec son père à la réalisation de lignes de chemin de fer et notamment la ligne Stockton-Darlington. Beaucoup de réalisations attribuées à George Stephenson seul sont en fait le fruit de leur collaboration. En 1823, en association avec son père et Edward Pease (1767-1858), il fonde la « *Robert Stephenson and Company* », une société qui construira des locomotives pour le monde entier jusqu'au milieu du XX^e siècle. Suite au succès de la « Fusée », la compagnie engrange de nombreuses commandes de locomotives de la part de diverses compagnies de chemin de fer. En 1833 Robert est nommé chef ingénieur de la *London and Birmingham Railway*, la première ligne à pénétrer dans Londres. Sa réalisation pose divers problèmes délicats d'ingénierie et elle ne sera inaugurée qu'en 1838. À cette occasion il réalise le tunnel de Primrose Hill et construit une machine à vapeur fixe destinée à permettre aux trains de gravir la côte d'Euston Station. Il crée la ligne Bruxelles-Malines ouverte à la circulation en 1835. Au cours de sa carrière d'ingénieur il crée un grand nombre de ponts célèbres. Il devient député conservateur à la Chambre des Communes de 1847 à sa mort le 12 octobre 1859. Avant sa mort il est élu membre de la *Royal Society* de Londres et est enterré à l'Abbaye de Westminster. À North Shields, le *Stephenson Railway Museum* rend hommage à George et Robert Stephenson.

TRABUT

(Louis Charles, 1853-1929)

Botaniste et médecin en Algérie, un des fondateurs de la recherche agricole en Algérie, découvreur de la clémentine

Sa vie

Louis Charles Trabut naît le 12 juillet 1853 à Chambéry (province du royaume Piémont-Sardaigne à cette époque, donc il est sarde par naissance). Sa famille déménage à Lyon où il effectue sa scolarité. Il obtient son baccalauréat ès sciences en 1872, et envisage de faire des études de médecine (il a énormément de points communs avec le botaniste Lamarck, voir Lamarck). Dans sa jeunesse, il collectionne les plantes et herborise un peu partout en France. Il choisit l'École de Médecine d'Alger, puis termine ses études à la faculté de médecine de Montpellier en 1878 et obtient une licence en sciences naturelles en 1879. Mais il est conquis par l'Algérie et s'installe définitivement comme médecin à Alger en 1879. En avril 1890, il devient professeur d'Histoire Naturelle à L'École de médecine et de Pharmacie d'Alger, poste qu'il occupera pendant 43 ans et médecin de l'Hôpital de Mustapha, poste qu'il occupera pendant 25 ans. En 1880, il reconnaît le même jour trois enfants, dont deux nés en 1876 et 1888... En 1884, il se marie avec une jeune veuve Lucie Eugénie Dutoit. Un enfant naît de cette union en 1893. Louis Charles Trabut décèdera le 25 avril 1929.

Sa carrière

La carrière de Trabut se décompose en deux périodes :

- de 1873 à 1892, il travaille sur la flore d'Algérie. De nombreux écrits sont publiés sur ce domaine. Pendant cette période il crée un jardin botanique à côté des pavillons de l'Hôpital, puis le jardin botanique actuel de l'université.
- à partir de 1893, une nouvelle orientation est donnée à sa recherche, puisque le gouvernement général de l'Algérie décide la création d'un service de botanique pour améliorer les plantes cultivées et Trabut en est nommé directeur. Il a ainsi la possibilité de faire des expériences. Il sélectionne des espèces, rénove par exemple la culture du cotonnier. Il fonde la station expérimentale de culture du dattier au nord de Touggourt. Il dresse un portrait complet de l'olivier (quant à sa culture, à sa cuisine, et à ses utilisations médicinales). Cet arbre reprend ainsi en Algérie, l'importance qu'il avait à l'époque romaine. En 1905, c'est sur son initiative que l'ancienne *École pratique d'agriculture* installée depuis 1880 à Rouiba est transférée dans la commune de Maison-Carrée (banlieue est d'Alger mais plus proche de la ville, actuellement nommée El-Harrach) et est appelée l'École d'Agriculture Algérienne. Le nouvel établissement occupe au départ 63 hectares et dispose de grands jardins, d'espaces pour les cultures expérimentales, d'un vignoble de 25 hectares, d'une station botanique et possède

aussi un jardin maraîcher. En plus des bâtiments d'enseignement qui y sont construits selon un très beau style néo-mauresque, des étables diverses, un atelier de préparation des aliments, un silo à grains et fourrages ainsi qu'une cave et un rucher s'y trouvent. Ayant gagné une solide réputation, l'école devient en 1947 un Institut National d'Agriculture d'Alger. Après l'indépendance de l'Algérie, l'établissement continue d'exister d'abord comme Institut National Agronomique (INA) à partir de 1968, ensuite comme École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) d'El-Harrach depuis 2008.

La découverte de la clémentine

Trabut est surtout reconnu pour ses études sur les arbres fruitiers, en particulier la clémentine, qui a une grande importance dans l'industrie fruitière méditerranéenne ; il écrit qu'à l'Orphelinat agricole de Misserghin (près d'Oran), il a été attiré par une nouvelle mandarine qui doit provenir de l'hybridation d'un mandarinier avec un bigaradier à feuilles de saule dit *granito*. Il sera démontré en 1946 que le parent n'est pas un bigaradier, mais un oranger à fruits doux. Trabut nomme en 1902 ce nouvel agrume Clémentine, car il le dédie au Frère Clément (de son vrai nom Vital Rodier), directeur des cultures, qui avait observé ce fruit. En 1925, la Coopérative des agrumes de Boufarik en a exporté vers les halles de Paris une grande quantité, où cet agrume a reçu bon accueil et est vendue plus cher que la mandarine et l'orange. Dès 1926, des orangers sont greffés pour obtenir cette clémentine. Notons que la reproduction de cet arbre est complexe puisque son pollen est en effet incapable de féconder les fleurs de sa propre espèce. Pour le reproduire, une branche de clémentinier est greffée sur un porte-greffe, ou bien on en fait une bouture : les jardiniers connaissent cela, tous les clémentiniers sont des clones, c'est-à-dire des jumeaux génétiques du premier clémentinier. L'avantage de la clémentine est d'être plus précoce que la mandarine, plus résistante au froid et moins acide.

L'homme public

Trabut s'occupe aussi des affaires municipales, il est adjoint au maire de Mustapha, il est un des fondateurs du lycée de jeunes filles créé par la ligue de l'enseignement. Il est intronisé Chevalier, puis Officier de la Légion d'honneur. En 1918, il est élu membre correspondant de l'Institut dans la section « économie rurale ». Comme l'écrit Maire « Nous ne pouvons faire mieux, pour conclure, que de reproduire ici l'inscription gravée sur la plaquette de bronze que lui ont offerte, pour son jubilé, ses collègues, amis et élèves ; inscription qui synthétise sa vie »

Collegit herbas, praebuit utiles

WRIGHT

(Orville et Wilbur, 1871-1948 et 1867-1912)

Inventeurs d'aéroplanes et du vol piloté

Enfance et début dans l'imprimerie puis dans le cyclisme

Orville et Wilbur Wright sont les fils d'un pasteur de l'Église Baptiste, Milton Wright, militant contre l'alcoolisme, la dissolution des mœurs et l'esclavage. Devenu pasteur itinérant au lendemain de la guerre de Sécession, il s'est marié en 1859 avec Susan Koerner. Le couple va de ville en ville, ne restant jamais plus de cinq ans au même endroit. Wilbur, troisième enfant du couple naît à Millville, dans l'Indiana en 1867. Leur quatrième fils, Orville naît en 1871 à Dayton, une ville de l'Ohio. Wilbur et Orville connaissent une enfance heureuse dans un environnement intellectuellement stimulant. Très proches de leurs enfants avec lesquels ils ont de longues discussions, Milton et Susan Wright les encouragent à exercer leur acuité intellectuelle. Le pasteur leur ouvre également toutes grandes les portes des deux bibliothèques qu'il possède, celle consacrée aux ouvrages de théologie et celle consacrée aux sciences et à l'histoire.

Durant l'enfance, les deux frères se passionnent pour des choses différentes. Wilbur se passionne pour le sport et les choses de l'esprit, tandis qu'Orville est attiré par le bricolage et la mécanique. Mais en 1886, Wilbur est gravement blessé à la face par un coup de batte alors qu'il jouait sur un lac gelé. C'est Orville, qui éprouve une véritable passion pour l'imprimerie depuis la fin de son adolescence qui va lui permettre de rebondir (une passion lui venant sans doute de son père qui a dirigé un petit journal destiné à la communauté baptiste pendant des années). En 1889, à l'issue de sa scolarité et après un stage chez un imprimeur de Dayton, Orville Wright décide de se mettre à son compte en installant une presse dans la maison familiale et crée un journal hebdomadaire dont le rédacteur en chef n'est autre que Wilbur (journal qui ne durera que six mois). Mais, déjà, la bicyclette les passionne. En attendant l'arrivée des premières automobiles, le vélo est en effet un engin de transport révolutionnaire et on ne compte plus les clubs de cyclisme à Dayton au début des années 1890. Les deux frères décident d'ouvrir un atelier nommé *Wright Cycle Company* en 1892, où les gens peuvent venir faire réparer leur vélo ou en louer d'autres.

Premiers pas dans l'aviation et vols historiques

De nombreux pionniers ont laissé leurs noms dans l'histoire de l'aviation (Clément Ader, Samuel Langley, Gustave Whitehead, Alberto Santos Dumont, Glen Curtiss...). L'ingénieur français Clément Ader (1841-1925) commence par exemple à développer le premier avion baptisé « Éole » pendant la guerre franco-prussienne de 1870-1871. Cet engin s'inspire de la morphologie des chauves-souris et est constitué d'une armature en bois recouverte de soie élastique, d'un moteur à vapeur d'une puissance de 20 chevaux et d'une hélice en bambou. Le 9 octobre 1890, dans le parc du château de Gretz-Armainvilliers près de Paris, l'Éole réussit à s'élever à 20 centimètres du sol sur environ 50 mètres, lors d'un saut plutôt incontrôlé.

Pour les frères Wright, tout commence un jour de 1896, lorsque Wilbur apprend dans le journal la mort accidentelle de l'inventeur allemand Otto Lilienthal (1848-1896). Surnommé « l'Homme volant », ce dernier s'était rendu célèbre en mettant au point une sorte de planeur individuel constitué d'ailes immenses accrochées sous les bras. Pendant près de quatre ans, le jeune homme cherche à comprendre comment était conçu l'appareillage d'Otto Lilienthal et s'il y a moyen de l'améliorer. Wilbur Wright suit aussi les expériences de Samuel Pierpont Langley (1834-1906) qui, travaillant sur les vols d'engins depuis plusieurs années, a testé sans succès un planeur à moteur en 1896. En relation avec l'ingénieur Octave Chanute (1832-1910), ils réalisent en 1899 un planeur à échelle réduite de type cellulaire (biplan à haubans) et muni d'un contrôle du gauchissement de la voilure. Ce planeur est essayé en vol comme un cerf-volant, « piloté » depuis le sol. En 1900, les deux frères s'estiment suffisamment prêts pour fabriquer eux-mêmes un avion motorisé. Ils décident de créer dans un premier temps un planeur, de tester son comportement en l'air, puis, en cas de succès, d'y installer un moteur. Wilbur et Orville bricolent dans leur atelier pendant des mois un appareil de fortune, en l'occurrence une bicyclette un peu améliorée et dotée de deux ailes ! En septembre de cette année, ils s'installent à Kitty Hawk (Caroline du Nord) pour effectuer des essais. Avec sa longue plage de sable, ses dunes culminant à quelques mètres du sol et ses vents réguliers, l'endroit constitue le lieu idéal pour étudier le comportement de l'engin. Les premiers tests s'effectuent durant tout le mois d'octobre. Tandis que l'un des frères reste à terre pour surveiller la corde qui retient le planeur au sol, le deuxième est dans l'appareil, suspendu à quelques mètres dans les airs, à faire des réglages sur l'aile.

La série d'essais l'été suivant s'avère cependant plus décevante. Instable et incapable de conserver sa trajectoire, l'appareil ne peut garder l'air plus de quelques minutes. Pour les deux frères qui ont déjà engagé près de 1 000 dollars dans l'affaire, l'heure est au découragement. « Quand nous quittâmes Kitty Hawk à la fin de l'année 1901, nous étions persuadés d'avoir échoué », écrira plus tard Wilbur. Le deuxième hiver passé à Dayton leur laisse le temps d'améliorer leur appareil. Ayant repéré un terrain battu par les vents situé derrière leur magasin, ils y construisent un tunnel aérodynamique, le premier au monde qui leur permet d'améliorer la stabilité de l'avion. C'est en effet au cours de l'hiver 1901-1902 qu'ils ont l'idée d'ajouter, derrière leur planeur, une queue verticale et un gouvernail de direction. Environ 700 vols d'une distance de 150 à 200 mètres seront effectués par les frères Wright en 1902. Ils n'auront alors cesse de faire évoluer leur biplan (qui prend le nom devenu célèbre de *Flyer I*). Pesant 35 kilogrammes, construit à partir de bois d'érable et de frêne pour le cadre et de toile de mousseline pour les ailes, propulsé par un moteur de seulement 12 chevaux, l'avion est dépourvu de roues (il glissait sur des rails pour décoller) et le pilote est allongé sur le ventre. Il réussit son premier vol le 17 décembre 1903 à Kitty Hawk. Quatre autres vols, au ras du sol, seront effectués avec ce prototype : le plus long, de 59 secondes, a permis de voler sur 284 mètres. Les frères Wright se sont ainsi distingués de leurs prédécesseurs et de leurs contemporains par leur approche analytique et expérimentale du problème. Leur contribution majeure est d'avoir correctement analysé la mécanique de vol du virage et d'avoir réalisé les premiers vols contrôlés grâce au couplage de la gouverne de direction et du gauchissement des ailes. Par ailleurs, ils comprennent aussi qu'une hélice est en fait une voilure tournante qui doit avoir un profil aérodynamique : leurs hélices étaient presque aussi efficaces (environ 70 %) que les hélices en bois que nous produisons aujourd'hui.

En 1904, le *Flyer II* effectue des virages, et le premier vol en circuit fermé de l'histoire de l'aviation. En 1905, les premiers vols qualifiés de « contrôlés », de longue durée, avec des virages inclinés et non dérapés, sont effectués : le *Flyer III* parvient à réaliser un vol d'une durée record de 39 minutes. Les frères Wright réalisent ensuite des démonstrations spectaculaires aux États-Unis (bien qu'un des vols cause malheureusement le décès du premier passager du « transport aérien », Thomas Selfridge (1882-1908), lors du crash du *Flyer III* piloté par Orville le 17 septembre 1908) mais aussi en France et en Italie. Au Mans, ils volent ainsi pendant 2 heures, 20 minutes, sur une distance de 166 kilomètres le 31 décembre 1908 devant un parterre de personnalités, ce qui est exceptionnel à l'époque. Ce sera une révélation pour les Français qui doutaient fortement de la réalité des vols des frères Wright. C'est en rentrant d'Italie qu'ils fondent en mai 1909 la *Wright Company* (qui existe encore de nos jours avec la *Curtiss-Wright Corporation*).

Obsolescence de leur conception d'avion et postérité

Une légende veut que les frères Wright connaissent instantanément la gloire. En fait, l'événement est peu médiatisé, leur conseiller juridique leur recommandant de ne pas le rendre public avant d'avoir fait breveter leur avion. Ainsi, seuls quatre journaux le relatent le lendemain et la plupart des gens pensent que cette nouvelle est exagérée car la presse avait déjà relayé de faux vols prétendument réussis de machines volantes. Leur demande de brevet n'est déposée que le 23 mars 1903 et n'aboutit que le 22 mai 1906, au terme d'un long processus, l'absence de vol public pendant cette période, ce qui alimente le scepticisme. Les frères Wright voulaient avoir suffisamment de temps pour perfectionner leur appareil sans pour autant faciliter la tâche aux autres pionniers.

En 1909, un an après le vol historique de fin 1908, la situation n'est plus la même : les Français (et Curtiss aux États-Unis) ont beaucoup progressé et la formule de l'avion classique, moteur à l'avant et empennage arrière (Blériot, Antoinette), commence à s'imposer. Par la suite, les avions Wright n'obtiendront que des résultats moyens, distancés par les avions Curtiss, Voisin, Farman, Breguet, (voir Breguet) et Antoinette. La configuration canard de la machine conçue par les frères Wright montre ses limites et l'aviation progressera désormais sans eux, même s'ils produiront tout de même 120 avions de 1910 à 1915, et si le *Wright Model K*, avec un empennage à l'arrière et des hélices à l'avant, n'a plus rien à voir avec le *Flyer* de 1908.

Wilbur Wright meurt de la typhoïde en 1912 et Orville vend la *Wright Company* à des investisseurs de New York en 1915. Orville Wright fut lauréat de la Médaille Franklin en 1933. Riche, adulé, Orville se consacrera, jusqu'à sa disparition en 1948, suite à une attaque cardiaque, à des travaux de recherches, assistant non sans étonnement au fabuleux essor de l'avion. Les deux frères ne se sont jamais mariés mais ils furent toujours soutenus par leur plus jeune sœur, Katherine Wright (1874-1929) qui, étant plus extravertie qu'eux, les aidera, même à mettre en valeur leurs expériences.

Les deux frères figurent, en compagnie de Léonard de Vinci, Samuel Pierpont Langley et Octave Chanute, sur la frise de la rotonde du Capitole à Washington qui représente l'histoire de l'Amérique, dans la partie « La naissance de l'aviation ».

CHAPITRE III

**Du XX^e siècle jusqu'à nos jours,
de la révolution quantique à la révolution
numérique.**

BERNERS-LEE

(Tim, 1955-)

Chercheur au CERN, inventeur du World Wide Web

Sa vie

Tim Berners-Lee naît le 8 juin 1955 à Londres. Il est l'aîné du couple formé par Mary Lee Woods (1924-2017), et Conway Maurice Berners-Lee (1921-2019) qui se sont rencontrés dans l'entreprise Ferranti et qui ont travaillé comme programmeurs informatiques sur le premier ordinateur électronique généraliste commercialisé au monde, le Ferranti Mark I. Il a une sœur et deux frères, dont Mike (1964-) professeur à l'Université de Lancaster, où il mène des recherches sur le système alimentaire mondial et sur l'empreinte carbone.

Après des études primaires à Wandsworth (banlieue de Londres), il étudie au Queen's *college* à Oxford, où il finit en 1976 une maîtrise de physique. Il rencontre sa première femme Jane à Oxford qu'il épouse après qu'ils aient obtenu tous les deux un emploi dans le Dorset à Poole chez *Plessey Telecommunications Limited*. Il y travaille sur des systèmes de télécommunications et en particulier sur les codes-barres. En 1978, il est embauché par la société *D.G. Nash Ltd* (aussi à Poole) où il conçoit des programmes pour les systèmes multitâches. De juin à décembre 1980 il devient ingénieur consultant au CERN, Centre Européen pour la Recherche Nucléaire à Genève. Pendant cette période il développe sur son ordinateur personnel un programme nommé « *Enquire* » (qui peut se traduire par renseigner) et dont le nom provient d'un livre publié en 1956 « *Enquire Within Upon Everything* » (renseignez-vous sur tout). Ce programme permet de stocker des informations et de suivre les liens entre les chercheurs et les projets du CERN.

De 1981 à 1984, Tim Berners-Lee est l'un des directeur-fondateurs d'*Image Computer Systems Ltd* à Bournemouth, dans le Dorset (Royaume-Uni). Il dirige le département technique de l'entreprise. Le projet sur lequel il travaille est un « appel de procédure à distance en temps réel » qui lui permet d'acquérir de l'expérience en matière de réseau informatique. En 1984, il devient membre du CERN et travaille sur les systèmes distribués en temps réel, destinés à l'acquisition de données scientifiques et au contrôle des systèmes. À cette époque le CERN est le plus grand nœud internet d'Europe presque 70 % de la capacité de l'internet en Europe pour le trafic international y est installée. Pour l'améliorer Bernes-Lee propose le *World Wide Web* en 1989. Son idée est de permettre à tous les ordinateurs de communiquer (voir ci-après). En 1990, il épouse une programmeuse américaine Nancy Carlson qui travaille en Suisse à *World Health Organization* (Organisation Mondiale de la Santé, OMS), ils ont deux enfants, une fille Alice, (neuroscientifique), un garçon Ben (travaille en science cognitive) vivant aux États-Unis. Bernes Lee divorce, et épouse en 2014 Rosemary Blaire Leith (1961-), une canadienne administratrice d'organisations à but lucratif et sans but lucratif avec qui il a cofondé la *World Wide Web Foundation* en 2009, fondation qui promet un web ouvert, qui contrôle l'avancée et l'impact des données libres de droits (ouvertes).

Fin 1994, Tim Berners-Lee quitte le CERN pour le MIT, aux États-Unis, où il va fonder le *World Wide web Consortium* ou W3C, pour y développer un espace universel, gratuit, transparent et décentralisé. Les 3C correspondent aux mots Collaboration, Compassion et Créativité (presque identiques en anglais !). Anobli en 2004 par la reine Élisabeth II pour services rendus au développement mondial de l'internet, il est donc appelé « Sir Tim Berners-Lee ». Il a participé à la cérémonie d'ouverture des jeux Olympiques de Londres, en 2012, lors d'une séquence marquante voulue par le réalisateur Danny Boyle. Dans le stade olympique de Londres, plongé dans le noir, sur lequel brillaient les lettres « *This is for everyone* », une voix en français s'est élevée « Mesdames et messieurs, Tim Berners-Lee, l'inventeur du World Wide Web ».

Il est actuellement professeur émérite dans différentes universités et continue à travailler sur un nouveau web où les utilisateurs pourraient contrôler leurs données. Cette évolution serait le web 3.0., un web décentralisé. Une seule capsule « Pod » (POD pour *Personal Online Datastores*) contient les données personnelles qui appartiendraient à une unique personne. Un autre utilisateur devrait lui demander l'accès par autorisation. Il a ainsi fondé une start-up avec John Bruce (ancien dirigeant d'une entreprise de cybersécurité rachetée par IBM) pour concevoir une utilisation plus éthique des données. Cette idée est ambitieuse mais Berners-Lee est optimiste car les individus, dit-il, sont très sensibles à leurs données personnelles.

Son invention

Depuis les années 70 il existe des réseaux informatiques qui sont le fruit de collaborations entre les militaires américains, les universitaires et des chercheurs. Berners Lee, lui, est l'inventeur d'un élément spécifique qui rend l'internet universel à partir d'un ordinateur personnel. Il a créé un espace de travail, de commerce, d'échange social via internet.

Le 13 mars 1989 il soumet à sa direction un texte intitulé « Gestion de l'information : une proposition ». Son travail est fondé sur la mise au point de la norme HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*) et du langage HTML (*HyperText Mark-up Language*) qui permet de combiner en fait Internet et les liens hypertextes. Ces liens sont des éléments d'une page HTML (soulignés s'il s'agit d'un texte) qui permettent de lier des pages web entre elles, de naviguer vers un autre endroit du document vers un fichier HTML situé dans un emplacement différent de la machine utilisé par le navigateur, et aussi vers une autre machine. Son fonctionnement dépend également d'un système d'adresses, désigné par l'appellation URL (*Universal Resource Locator*), qui attribue un emplacement unique, pour chaque page. C'est une chaîne de caractères comprenant :

- le nom,
- un deux-points : ,
- deux barres obliques //,
- un nom d'hôte,
- une barre oblique /,
- un chemin spécifique.

(Exemple <https://www.editions-ellipses.fr>)

Pour le nom, il opte pour *World Wide Web* (toile d'araignée mondiale) après une courte réflexion. Si, au début, il pense à « *The Information Mesh* » (« les mailles de l'information »), il trouve finalement le nom trop compliqué. En outre, l'acronyme donnait « TIM », évoquant son prénom. Il dit que « c'est un peu trop narcissique ». Pour la même raison, il écarte le terme « *Mine of Information* » (« mine d'informations »), qui donnait « MOI ».

Le 6 août 1991 sur l'ordinateur NEXTCube (de l'entreprise NEXT fondée en 1985 par Steve Jobs [un des fondateurs d'Apple]) il crée le premier site web, <http://info.cern.ch/hypertext>. Son ordinateur devient donc accessible à d'autres personnes et pour éviter qu'il ne soit éteint accidentellement, l'ordinateur porte une étiquette, écrite à la main et à l'encre rouge sur laquelle il est écrit : « Cette machine est un serveur. Merci de ne pas l'éteindre ! ». Ce site donne des instructions détaillées sur sa propre construction et permet l'accès à l'ordinateur de Berners-Lee. En septembre 1992, Tim Berners-Lee présente pour la première fois son invention lors d'une conférence scientifique conjointement organisée par le CERN et le CNRS à Annecy. À la suite de cette conférence, deux ingénieurs en développement spécialisés en informatique, reviennent à leur laboratoire, au Centre de calcul de l'IN2P3 à Lyon avec la technologie en poche et installent le serveur info.in2p3.fr (sur le modèle de celui du CERN) sur une station NeXTcube, le même ordinateur que celui utilisé par Berners-Lee. Le premier serveur Web français est né.

Ils créent ensuite, la première page Web du premier site internet de France qui est le cinquième mondial. Elle contient quelques informations sommaires sur le Centre de Calcul de l'IN2P3, une photo du bâtiment et les liens vers les premiers autres sites Web dans le monde. Le 30 avril 1993, Tim Berners-lee et le CERN décident de verser l'ensemble de cette technologie dans le domaine public. Les programmes du Web, soit le navigateur, le serveur et une bibliothèque de code, sont dorénavant sous licence libre. Dès lors, n'importe qui peut l'installer et créer son propre serveur afin d'héberger son site Web. À partir de cette date la diffusion est extrêmement rapide et comme il est souvent écrit la Toile d'araignée se tisse ! En mai 1994, se tient la première conférence internationale sur le World Wide Web au CERN. Elle est suivie par environ 380 utilisateurs ou développeurs. On parle du « Woodstock du web ». À la fin de 1994, il y a 10 000 serveurs, et 10 millions d'utilisateurs. Quand Berners-Lee part en 1994 au MIT, le CERN décide de ne pas continuer de développement dans ce domaine et la commission Européenne propose à l'Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (INRIA) de prendre le rôle du CERN et de devenir le premier hôte européen du consortium W3C.

Ensuite, des milliards de pages web sont créées dans tous les domaines. Le web2 apparaît dans lequel les utilisateurs participent, peuvent non seulement échanger mais ajouter des commentaires, ainsi naissent Amazon en 1994, Google en 1998, Wikipédia en 2001, Facebook en 2004, Twitter en 2006... et Berners-Lee envisage le web3.

Renommée et consécration

Son invention a permis à Berners-Lee de devenir un des scientifiques britanniques les plus célèbres. Après être entré au musée national d'histoire américaine (NMAH) en 1997, il est nommé officier de l'ordre de l'Empire britannique l'année suivante. À seulement 44 ans, il fait partie des 100 personnalités les plus importantes du XX^e siècle nommées par le magazine Time en 1999. Trois ans plus tard, c'est la BBC qui le place parmi les 100 plus grands Britanniques de tous les temps. En 2004, il reçoit le titre de chevalier commandeur de l'ordre de l'Empire

britannique par la reine du Royaume-Uni Élisabeth II. Et c'est enfin le prix Alan Turing qu'il reçoit le 4 avril 2017 pour avoir inventé le World Wide Web, le premier navigateur web et les protocoles et algorithmes permettant le passage à l'échelle du Web.

FERT

(Albert, 1938-)

***Physicien, découvreur de la magnétorésistance géante,
qui a (entre autres) révolutionné la technologie des
disques durs, prix Nobel***

Jeunesse, formation et carrière universitaire

Albert Fert naît le 7 mars 1938 à Carcassonne dans l'Aude. Ses parents sont des enseignants (son père, agrégé de physique). Durant deux ans, la famille vit à Toulouse. Mais en 1939, Charles Fert, son père, est mobilisé et fait prisonnier en 1940. Durant toute la guerre, Albert et son frère André (qui sera lui aussi physicien) vivent chez leurs grands-parents à Montclar (Aude), recevant chaque week-end la visite de leur mère restée à Toulouse. À la Libération, la famille se reconstitue et vit à nouveau à Toulouse. Charles reprend ses enseignements tout en finissant les travaux de sa thèse. Après sa soutenance, il est nommé Professeur de physique à l'université de Toulouse où il mène d'éminents travaux de microscopie électronique. Il inculque à son fils Albert le goût pour une grande rigueur intellectuelle dans l'approche des disciplines scientifiques. Au lycée Pierre-de Fermat de Toulouse, Albert est un bon élève, très équilibré, aux multiples domaines d'intérêt (littérature, arts, rugby). Il obtient son baccalauréat en 1955. Il prépare ensuite le concours d'entrée à l'École Normale Supérieure (ENS) où il est admis en 1957. À l'ENS, Albert suit les cours de grands physiciens comme Alfred Kastler (1902-1984) et Jacques Friedel (1921-2014). En parallèle, Albert se passionne pour la photographie, le cinéma (il tourne un film) et le jazz. Ses enfants l'ont suivi dans ce domaine artistique puisque sa fille, Ariane Fert, est scénariste et a notamment écrit le scénario du film « *Pars vite et reviens tard* » ; son fils, Bruno, photographe, a obtenu de nombreux prix.

Nommé assistant à l'université de Grenoble, Albert Fert obtient en 1963 un doctorat de 3^e cycle de l'université de Paris grâce à des travaux accomplis sous le double patronage de laboratoires des facultés des sciences de Grenoble et d'Orsay. Après son service militaire, Fert est nommé en 1965 maître-assistant à la faculté des sciences d'Orsay (université Paris XI) et prépare dans le Laboratoire de physique des solides d'Orsay (un grand laboratoire associé au Centre National de la Recherche scientifique [CNRS]) une thèse de doctorat ès sciences physiques sur les propriétés de transport électrique dans le nickel et le fer (qu'il soutient en 1970). Il dirige ensuite une équipe de recherches au sein du Laboratoire de physique des solides et en 1976 est nommé Professeur de physique à l'université Paris XI. Il mène des travaux de recherches en collaboration avec le Laboratoire central du groupe d'électronique français Thomson-CSF (devenu le groupe Thalès). En 1995, il participe à la création de l'Unité mixte de Physique CNRS/Thomson-CSF (devenue en l'an 2000 l'Unité mixte de Physique CNRS/Thalès) dont il devient par la suite directeur scientifique. Atteint par la limite d'âge de la fonction publique, Albert Fert est nommé Professeur émérite de l'université Paris XI.

Découverte de la magnétorésistance géante (GMR) et création de la spintronique

L'électronique classique utilise les charges électriques des électrons. La « magnétorésistance géante » s'inscrit dans un autre domaine tributaire de la mécanique quantique, celui de la spintronique ou électronique de spin qui utilise l'effet du spin (moment magnétique) des électrons (une propriété quantique des électrons) sur la conduction électrique. Cet effet avait déjà été mis en évidence par Albert Fert dans sa thèse de doctorat. En 1975, le physicien français Michel Jullière met en évidence un effet baptisé « magnétorésistance à effet tunnel » (TMR) à très basse température dans un tricouche constitué de deux électrodes conductrices séparées par une couche isolante très fine (1 à 2 nanomètres d'épaisseur). L'inversion du champ magnétique appliqué à la jonction produit une variation limitée de sa résistance électrique. Il s'agit d'un effet quantique, car selon la physique classique le courant électrique ne peut traverser la couche isolante. En collaboration avec Thomson-CSF, Albert Fert et son équipe entament l'élaboration par épitaxie par jet moléculaire de multicouches comprenant des matériaux ferromagnétiques et des matériaux non magnétiques. L'épitaxie est une technique de croissance orientée de deux cristaux possédant des éléments de symétrie communs dans leurs systèmes cristallins. L'épitaxie par jet moléculaire permet de faire croître des couches nanostructurées de grande surface (de l'ordre du cm^2) à une vitesse de l'ordre d'une monocouche atomique par seconde. Albert Fert et son équipe mettent en évidence un phénomène nommé par eux « magnétorésistance géante » (GMR). L'application d'un champ magnétique externe, par action sur l'orientation magnétique des couches ferromagnétiques, répartit équitablement le spin des couches non magnétiques entre les deux orientations possibles et produit une baisse significative de la résistance électrique du multicouche. Ils publient leurs travaux en 1988, dans l'article « *Giant Magnetoresistance of (001) Fe/(001) Cr Magnetic Superlattices* » (Magnétorésistance géante des superréseaux magnétiques (001) Fe/(001) Cr). Cet article abondamment cité depuis sa parution est considéré comme le point de départ de la spintronique. Quelques mois plus tard, le physicien allemand Peter Andreas Grünberg (1930-2018) découvre à son tour et de manière indépendante la magnétorésistance géante. La GMR a révolutionné la technologie de lecture des disques durs et permit leur miniaturisation. Avec son équipe de chercheurs, Albert Fert participe de manière très significative au développement de la spintronique qui a suivi la découverte de la GMR. Le développement de la spintronique a permis d'autres progrès en informatique comme par exemple le développement de nouveaux types de mémoires. Et comme l'a écrit Fert : « *Spintronics is still a young baby in the science family, but the baby is growing remarkably well* » (La spintronique est encore un jeune bébé dans la famille scientifique, mais il grandit remarquablement bien).

Reconnaitances officielles de l'importance de ces travaux

Depuis 1988, l'importance des contributions d'Albert Fert à l'étude de la physique des solides est universellement reconnue. Il est devenu docteur « honoris causa » de nombreuses universités étrangères. Il a reçu conjointement avec Peter Grünberg de nombreux prix prestigieux étrangers. En 2003, il reçoit ainsi la médaille d'or du CNRS ; puis il est élu à l'Académie des sciences le 30 novembre. Enfin, Albert Fert et Peter Grünberg sont colauréats du prix Nobel de physique en 2007 pour leur découverte de la magnétorésistance géante et leurs contributions au développement de la spintronique.

FAHRNEY

(Delmer Slater, 1898-1984)

Militaire, inventeur « oublié » du premier drone militaire

Malgré des réussites prometteuses face à l'armée japonaise dans le Pacifique, son invention sera oubliée pendant plus d'un demi-siècle, avant de devenir nécessaire (voire indispensable) dans les opérations militaires actuelles et dans de nombreuses applications civiles.

Sa vie

Delmer Slater Fahrney naît en 1898 à Grove, qui est à l'époque un village de 300 habitants en territoire Cherokee, à 800 kilomètres au nord des côtes du golfe du Mexique, d'Albert Frank Fahrney et Lillian Pugh. En 1907, sa ville natale est intégrée dans l'État d'Oklahoma, tout juste créé. Delmer a la chance d'étudier au collège puis au lycée dans la ville voisine de Vinita, moyennant un trajet de 45 kilomètres aller et retour. Grâce à une recommandation de l'État d'Oklahoma, il intègre en 1916 la prestigieuse école navale d'Annapolis, dans le Maryland. Diplômé en 1919, il est successivement affecté à bord de plusieurs navires de guerre, dont le cuirassé *USS Utah* (qui sera coulé durant l'attaque japonaise à Pearl Harbor le 7 décembre 1941). Il se spécialise dans l'ingénierie navale et s'intéresse à une toute nouvelle branche dans l'*US Navy* : l'aviation navale. En 1923, la marine américaine lui permet d'entreprendre une formation d'aviateur à la base d'aéronavale très connue de Pensacola, en Floride. Il en sort un an plus tard et est affecté à l'*USS West Virginia*, un super-cuirassé flambant neuf doté de catapultes pour quelques petits avions : Delmer S. Fahrney y prend le commandement de l'unité aérienne. En 1925, il épouse Agnes Witting Kelly (1905-1969), ils auront ensemble quatre enfants. En 1928, il retourne à Annapolis pour suivre un cours d'ingénierie aéronautique, formation qu'il complète au Massachusetts Institute of Technology (MIT) où il décroche son diplôme d'ingénieur aéronautique en 1930. Affecté dans la foulée à l'*USS Wright*, un navire équipé de ballons et d'hydravions, précurseur des porte-avions, il rejoint ensuite l'*USS Lexington* (premier véritable porte-avions) à San Pedro en Californie. En 1934, il est affecté à *Curtiss-Wright Aeronautical Corp.* en tant qu'inspecteur naval d'aéronefs. En 1935, il occupe le poste d'officier au service d'ingénierie aéronautique et en 1936, il est affecté à la *Naval Aircraft Factory*, à Philadelphie, en Pennsylvanie, où pendant six mois il dirige la division d'inspection et pendant trois ans et demi il est officier en charge des cibles des avions radiocommandés. C'est cette année-là qu'il commence à réfléchir à un concept totalement nouveau : un avion radiocommandé armé d'une charge explosive pour frapper des cibles ennemies.

En 1940, la *Navy* lui offre le commandement de son unité des projets spéciaux, à Washington. L'officier y développe le premier drone militaire de l'histoire : le TDR-1 (voir ci-après). En juin 1943, il est nommé à la base navale de Philadelphie en Pennsylvanie. Durant la période de juin 1944 à septembre 1945, il est officier de la *Seventh Fleet*, et participe à la libération des Philippines. Il retourne aux États-Unis à la fin des hostilités et en juillet 1949, il prend le

commandement du centre *Naval air Missile test center* au point Mugu, Port Hueneme, en Californie. En novembre 1950, le contre-amiral Delmer Slater Fahrney prend sa retraite et s'installe à La Mesa, en Californie, avec sa famille. Il commence une nouvelle carrière dans le secteur privé. Début 1951, il rejoint comme consultant la *Vimcar Corporation* car cette entreprise fabrique du matériel militaire. Il dépose plusieurs brevets sur la conception de matériel utilisé pour réaliser des aéronefs radiocommandés. Puis il devient historien naval sur les missiles guidés au département de l'*Aeronautical Navy*. Il a toujours été intéressé par l'ufologie (UFO signifiant *Unidentified Flying Object* en anglais, c'est-à-dire « objet volant non identifié, OVNI » en français) et prend pendant quelques mois la direction de NICAP, *National Investigations Committee on Aerial Phenomena* qui est une association « privée » américaine de recherche sur les ovnis. Sa femme meurt en 1969. L'année suivante, il épouse Helen Patricia Sheeban (1900-1989), la veuve d'un de ses amis, le lieutenant commander Samuel Arthur pilote de la Navy mort au combat. Bien que quelques drones de reconnaissances aient été employés par l'armée américaine dès la guerre du Vietnam et par l'armée israélienne durant les années 1970, il décède le 12 septembre 1984 sans savoir à quel point son invention transformera l'art de la guerre à l'échelle planétaire après l'an 2000.

Une invention longtemps ignorée

Depuis le début de l'aviation, les hommes ont cherché à mettre au point un engin volant sans pilote. Les pigeons voyageurs étaient bien utilisés durant la Première Guerre mondiale pour transporter des messages ou des appareils photographiques, pourquoi pas des machines guidées ? Dès 1916, un ingénieur anglais, Archibald Low (1888-1956), développe pour l'armée l'*Aerial Target*, un projet d'avion cible sans pilote commandé à distance au moyen des ondes TSF (télégraphie sans fil). Un an plus tard aux États-Unis, les ingénieurs Elmer Ambrose Sperry (1860-1930), Lawrence Sperry (1892-1923, son fils) et Peter Cooper Hewitt (1861-1921) travaillent sur un projet d'avion avec un stabilisateur gyroscopique, le *Hewitt-Sperry Automatic Airplane*. Le 2 juillet 1917, le capitaine français Max Boucher (1879-1929) arrive à faire voler à 50 mètres du sol et sur une distance de 500 mètres un avion Voisin sans humain à bord. En 1918, il réussit une meilleure performance avec un vol de 51 minutes sur 100 km. Avec l'aide de l'ingénieur et écrivain Maurice Percheron (1891-1963), ils mettent au point un premier avion radiocommandé par TSF en 1923. Mais cela n'intéresse plus les militaires, la guerre est finie. Un peu de plus de vingt ans plus tard, les Britanniques mettent au point des avions radiocommandés destinés à servir de cibles pour l'entraînement. Un des modèles s'appelle DH.82B *Queen Bee*. On pense que la métaphore de l'abeille est à l'origine de l'utilisation du mot « drone » qui signifie faux-bourdon dans la langue de Shakespeare.

La recherche dans ce domaine reprend avec les idées de Fahrney en 1936. En effet dès 1934, le Dr Vladimir Zworykin (1888-1982), un immigrant russe, travaillant à Radio Corporation of America (RCA) avait émis l'hypothèse qu'un missile volant pourrait être équipé d'un écran de télévision qui agirait comme un œil électronique dans le ciel. C'est cet homme, un des premiers scientifiques de la télévision, que Fahrney a contacté pour faire de son « drone » assisté par télévision une réalité. Fahrney soumet l'idée à l'*US Navy* d'un appareil se passant de pilote puisque piloté à distance et capable d'effectuer des missions de combat. Son projet reçoit d'abord un accueil plutôt froid de la part de l'*US Navy* qui est peu convaincue (principalement en raison des limites qu'impose la technologie à l'époque en termes de liaisons radio à distance...). Le projet, bien qu'ambitieux, est placé dans la catégorie des projets à faible priorité. Faisant

appel aux services de l'*Interstate Aircraft Company* basée en Californie, Fahrney entreprend de créer une version conformément aux contraintes de l'économie de guerre qui se profile, pas trop chère et simple, baptisée TDR-1, le « R » représentant le code de fabrication « *Interstate* ». En avril 1942, *Interstate Aircraft* reçoit une réponse positive de l'*US Navy* après les premiers essais d'un premier drone, et le projet de drone de combat TDR-1 est accepté suite au succès des essais.

Interstate a pensé qu'il était sage de contacter la *Wurlitzer Musical Instrument Company*, dont l'expertise dans la fabrication d'engins en bois complexes, tels que les pianos, s'avérerait utile pour bon nombre des composants les plus délicats du TDR-1. Par conséquent, le développement du TDR-1 a lieu en grande partie dans une usine de pianos située à DeKalb, dans l'Illinois. L'entreprise de pianos est si désireuse de s'impliquer qu'elle a même transformé une usine de meubles adjacente à ses installations en chaîne de montage, tandis qu'une piste d'atterrissage est construite à proximité. Le projet étant développé dans le plus grand secret, les employés de *Wurlitzer* font croire qu'ils travaillent uniquement sur des avions d'entraînement. Notons que le fuselage du TDR-1 est soutenu par un cadre métallique central robuste fabriqué par la société américaine de vélos Schwinn. Tout est lié à l'entreprise de guerre !

Le TDR-1 est donc un drone d'assaut télécommandé conçu pour fonctionner à partir de porte-avions et capable de lancer soit une bombe, soit une torpille. Au départ, le principe n'est pas de larguer la bombe d'environ une tonne mais d'écraser le drone sur la cible, ce qui entraîne l'explosion de la bombe. La manœuvre de largage de la bombe est progressivement développée mais nécessite une habileté exceptionnelle pour la visée via l'écran rudimentaire du télé-pilote. Le TDR-1 peut être contrôlé depuis le sol ou les airs par un avion du type *Avenger* dans lequel un pilote gère l'avion et un télé-pilote s'occupe du drone. Un *Avenger* peut diriger plusieurs drones en utilisant une caméra de télévision en noir et blanc RCA dans le nez du drone.

Le tournant décisif survient lorsque les drones de Fahrney sont testés dans des conditions réelles, face aux forces japonaises dans la guerre du Pacifique. Le 27 septembre 1944, le *Special Air Task Group 1 (SATFOR)* (Force opérationnelle aérienne spéciale) est mis en œuvre pour bombarder des navires japonais avec ses *Avenger* et ses TDR-1. Le *Special Air Task Group 1* effectue une deuxième et dernière mission de combat le 27 octobre avec 50 TDR-1. 31 atteignent leurs cibles et aucun *Avenger* de guidage n'est perdu au cours de la mission. Ces premiers essais démontrent que la technologie est prometteuse, mais la mise en œuvre est complexe. Un seul exemplaire de ce premier drone militaire est préservé, il se trouve au musée national de l'aviation navale de Pensacola, en Floride.

Hommages et postérité de l'invention

Fahrney, considéré comme « le père des aéronefs télécommandé », a reçu de son vivant de nombreuses médailles honorifiques, comme celle du Mérite avec Étoile d'or, médaille de la Victoire, médaille du service de Défense Américaine, médaille de la Campagne Asie-Pacifique, médaille de la victoire de la Seconde Guerre mondiale, le ruban de libération des Philippines... En son honneur, le bâtiment du quartier général du Centre d'essais de missiles aéronavals à Point Mugu (Californie) a pris le nom de Delmer S. Fahrney en 1996.

Tirant parti du GPS et de l'intelligence artificielle, les drones sont devenus aujourd'hui un outil indispensable dans de nombreuses opérations militaires, servant à la fois pour la reconnaissance, la surveillance, et les frappes ciblées. La prochaine génération d'avion de combat comprendra encore un engin piloté par un humain mais entouré d'une escadrille de drones armés... un

concept finalement très proche de l'avion *Avenger* commandant les drones TDR-1 lors de la Seconde Guerre mondiale. Les drones sont également utilisés dans des missions civiles, comme la surveillance des frontières, la lutte contre les incendies, la recherche archéologique, l'inspection d'ouvrages d'art et de carrières, la production audiovisuelle (films, documentaires) ou pour le transport de colis à courtes distances. Il est fascinant de constater que cette technologie, désormais omniprésente, trouve ses origines dans les travaux de Fahrney, réalisés il y a presque un siècle !

FLEMING

(Alexander, 1881-1955)

Médecin et biologiste, découvreur de la pénicilline et prix Nobel

Formation initiale

Alexander Fleming naît le 6 août 1881 dans une ferme du Lochfield située près du village de Darvel en Ecosse. Veuf avec quatre enfants à charge, son père Hugh Fleming (1816-1888) s'était remarié et Alexander est le troisième et avant-dernier enfant de ce remariage avec Grace Stirling Morton (1848-1928). Son père meurt alors qu'il n'a que 7 ans, mais malgré la situation financière difficile de sa famille, Alexander apprécie l'environnement campagnard où il vit. Il lui attribuera par la suite son sens de l'observation si utile pour assurer la qualité de ses futurs travaux scientifiques. Il suit des cours à l'école communale, puis grâce à une bourse passe deux ans à l'école secondaire appelée *Kimanock Academy*. À l'âge de 13 ans, il rejoint l'un de ses frères médecin à Londres et pendant quatre ans il travaille tout en suivant des cours à l'école polytechnique de Regent Street de Londres. Après un bref séjour dans l'armée, il hérite un peu d'argent d'un de ses oncles et son frère aîné, ophtalmologue, lui suggère d'embrasser la même carrière. Ayant suivi divers cours du soir sur différentes matières dont le latin, Alexander réussit l'examen d'entrée à l'école médicale du *St Mary's Hospital* de Londres et y rentre en octobre 1901.

Carrière professorale

En 1906, tout en poursuivant ses études de médecine, Fleming rentre dans le service d'inoculation du laboratoire dirigé par Almroth Wright (1856-1947), un spécialiste de la lutte contre la fièvre typhoïde, qui aida à développer un des meilleurs centres de recherche d'immunologie de son temps. En 1910, le scientifique allemand Paul Ehrlich (1854-1915, prix Nobel de physiologie ou médecine en 1908) développe un traitement arsenical contre la syphilis, le Salvarsan, et Fleming devient un spécialiste reconnu de son inoculation par voie intraveineuse ce qui lui confère une certaine notoriété et lui procure un complément de revenu appréciable. Auparavant il obtient son B.Sc. (Baccalauréat ès Sciences) en 1908 avec la médaille d'or de l'Université de Londres, puis son diplôme de chirurgien en 1909. De 1909 à 1914, il enseigne comme chargé de cours à l'école médicale du *St Mary's Hospital*. Durant la Première Guerre mondiale il est intégré comme lieutenant dans le Corps des médecins militaires et soigne les blessés sur le front de l'Ouest en France. Il termine la guerre avec le grade de capitaine et une citation militaire britannique. En décembre 1915 il épouse Sarah Marion McElroy (1874-1949) dont il a un fils Robert qui sera docteur généraliste (1924-2015). Après la guerre, il retourne au *St Mary's Hospital* et est nommé Directeur assistant du département d'inoculation en 1919. En 1927, il obtient la chaire de bactériologie de la faculté de médecine de Londres et, en 1928, il devient professeur de biologie au *St Mary's Hospital*. Profondément marqué par les idéaux

humanistes, Fleming adhère aux principes de la franc-maçonnerie et devient Vénérable Maître de diverses loges maçonniques et membre d'honneur de la Grande Loge de New York aux États-Unis.

Premiers travaux sur les antibiotiques

Profondément marqué par la mort de nombreux blessés de guerre du fait d'une septicémie (infection généralisée causée par certains types de bactéries), Fleming entame des recherches sur les agents antibactériens. Jusque-là, on utilisait pour prévenir les infections des antiseptiques qui affaiblissaient les défenses immunitaires des patients et faisaient plus de mal que de bien. Dans un article écrit durant la guerre pour *The Lancet*, Fleming dénonçait déjà l'emploi des antiseptiques. Il y concluait que les antiseptiques sont efficaces pour soigner des blessures superficielles, mais se révèlent néfastes dans le traitement des blessures profondes. La plupart des médecins militaires n'en continuaient pas moins à utiliser des antiseptiques. En 1921, Fleming cherche à obtenir un vaccin contre la grippe. À l'époque la communauté médicale est divisée en deux camps : le camp des partisans de l'origine bactérienne de la grippe et celui des partisans de son origine virale. Atteint d'une affection dont les symptômes sont proches de ceux de la grippe, Fleming prélève son mucus nasal et procède à des cultures et des observations. Il isole ainsi une bactérie qu'il nomme « *coccus AF* ». Sa grippe se révèle être en fait un simple rhume de cerveau dont il se remet très vite. Il se met toutefois à chercher l'agent responsable de sa guérison. Il met ainsi au point une expérience mettant en évidence l'effet bactériolytique du mucus nasal. Après diverses expériences il montre en 1922 que cet effet est dû à une enzyme qu'il nomme « lysozyme » et que cette enzyme est naturellement présente dans le mucus nasal, les larmes et divers tissus et sécrétions organiques. Fleming met ainsi en évidence le premier antibiotique naturel. Cette découverte a surtout un impact sur l'étude des processus enzymatiques.

Découverte de la pénicilline

Réputé pour ses recherches et publications sur les blessures de guerre, Fleming est pressenti en 1927 pour rédiger un chapitre sur les staphylocoques (une espèce de bactéries) dans un livre publié par le Conseil de la recherche médicale. Fleming décide de se documenter et de procéder à diverses expériences pour étoffer son propos. Il recrute même un jeune assistant Daniel Martin Pryce (1902-1976) avec qui il restera très ami pour l'aider à répéter des expériences sur la corrélation entre la virulence des staphylocoques et la couleur de leurs colonies décrites dans un article. Fleming a la réputation d'être un expérimentateur remarquable, mais quelque peu négligent et son laboratoire est souvent dans un grand désordre. Le 3 septembre 1928, de retour de vacances, Fleming constate que certaines de ses cultures de staphylocoques sont contaminées par un champignon. Chose remarquable et inattendue (comme nous le verrons dans un autre domaine lors de la mise au point de la technique CPA (*Chirped Pulse Amplification*), voir Mourou), les bactéries ne se sont pas développées autour d'une moisissure. Il identifie ce champignon comme le *penicillium* et nomme « pénicilline » la substance bactéricide sécrétée par le champignon.

Il faut noter que trente-deux ans auparavant, le jeune médecin militaire français Ernest Duchesne (1872-1912) avait déjà noté l'antagonisme entre le *penicillium glaucum* et les bactéries. Dans sa thèse de médecine du 1^{er} décembre 1897 il expose avoir inoculé « à des cobayes des cultures de microbes pathogènes, simultanément avec des cultures de moisissures »

et constaté que les moisissures avaient empêché le développement des germes pathogènes et assuré la survie des cobayes. Il conclut clairement ainsi : « On peut donc espérer qu'en poursuivant l'étude des faits de concurrence biologique entre moisissures et microbes, étude seulement ébauchée par nous, on arrivera, peut-être, à la découverte d'autres faits directement utiles et applicables à l'hygiène prophylactique et à la thérapeutique. ». Mais ces études ne furent pas poursuivies et son décès précoce mit fin à ses travaux, pour le plus grand malheur des soldats de la Première Guerre mondiale.

Fleming comprend lui aussi l'importance de sa découverte et multiplie les expériences pour déterminer quelles bactéries sont combattues par la pénicilline. Il montre ainsi que la moisissure permet de lutter contre les staphylocoques et tous les agents pathogènes Fram positifs (responsables de la diphtérie, la pneumonie, la méningite, la scarlatine), mais se révèle impuissante contre les bactéries responsables de la fièvre typhoïde et de la fièvre paratyphoïde. Il publie ses travaux en 1929 dans un article du *British Journal of Experimental Pathology*, mais cette publication suscite à l'époque peu d'intérêt à l'instar de la thèse de Duchesne. Fleming poursuit ses travaux mais se heurte à diverses difficultés : la culture du *penicillium* s'avère problématique, il n'a pas les compétences de biochimie nécessaires pour isoler et purifier la pénicilline ; les essais thérapeutiques sont peu concluants. Il essaie en vain d'intéresser les grands laboratoires pharmaceutiques qui, à l'époque, font face à de lourds investissements pour produire industriellement les sulfamides (des médicaments développés par les Allemands). Ses démarches auprès des biochimistes ne sont pas plus couronnées de succès.

Production industrielle de la pénicilline

Howard Walter Florey (1898-1968) dirige une équipe de biochimistes nombreux et expérimentés à l'Université d'Oxford. Après avoir lu l'article de Fleming sur les effets antibactériens de la pénicilline, il décide en 1938 de lancer des travaux sur la purification de la pénicilline. Le biochimiste Ernst Boris Chain (1906-1979) met au point un procédé permettant d'obtenir de la pénicilline concentrée et précise sa structure. C'est le biochimiste Edward Abraham (1913-1999) qui va purifier la pénicilline en mettant en œuvre une nouvelle technique, la chromatographie par adsorption. C'est donc les travaux conjoints d'une série de scientifiques qui permet enfin l'émergence de la pénicilline en tant que médicament. Ces travaux sont publiés en 1940 et attirent l'attention de Fleming qui se présente à Oxford pour obtenir plus de précisions, au grand dam de Florey qui pensait qu'il était mort ! Toute l'équipe se concentre progressivement sur la production de pénicilline afin d'obtenir suffisamment de médicaments pour procéder à des essais cliniques sur l'homme. Le premier essai, effectué en février 1941 sur un policier atteint de septicémie, est un échec du fait de l'insuffisance de la quantité de pénicilline disponible et se solde par la mort du policier après une amélioration transitoire de son état. Les essais suivants sont plus concluants. L'équipe cherche alors un procédé de production massive de la pénicilline pour pouvoir procéder à sa distribution en 1945 : la pénicilline sauvera ainsi la vie de millions de militaires lors de la Seconde Guerre mondiale.

Récompenses et derniers travaux

En 1945, Alexander Fleming est colauréat du prix Nobel de physiologie ou médecine avec Howard Walter Florey et Ernst Boris Chain « pour la découverte de la pénicilline et de ses effets curatifs dans plusieurs maladies infectieuses ». En 1944, il est nommé « Sir » par le roi George VI du Royaume-Uni. Il est membre de la *Royal Society* de Londres et de diverses autres sociétés

savantes. En 1951, il est nommé recteur de l'Université d'Edimbourg. Durant les nombreuses conférences qu'il effectue par la suite, Fleming souligne qu'il faut utiliser correctement la pénicilline ou tout autre antibiotique, une utilisation à mauvais escient ou en trop petite quantité provoquant une résistance des bactéries à l'effet thérapeutique de l'antibiotique. Après la mort de sa femme, Fleming se remarie le 9 avril 1953 avec Amali Koutsouri-Voureka (1912-1986), une collègue grecque du *St Mary's Hospital*. En 1947, après la mort de Wright il prend la direction de l'Institut renommé Wright Fleming Institute et y continue ses travaux de recherche jusqu'à sa mort le 11 mars 1955 à Londres à l'âge de 73 ans du fait d'une crise cardiaque.

À ce jour et selon certaines estimations, la découverte de la pénicilline aurait permis de sauver 200 millions de personnes depuis la découverte d'Alexander Fleming. Alors qu'elles étaient la première cause de mortalité en 1940, les maladies bactériennes ne sont plus aujourd'hui qu'à l'origine de 2 % des décès en France. La seule menace actuelle vient du fait de leur usage trop fréquent ou de leur mauvaise utilisation (par exemple un arrêt du traitement trop tôt) qui tend à rendre certaines souches de bactéries pathogènes résistantes à l'effet des antibiotiques (alors que très peu de nouvelles molécules ont été mises sur le marché ces trente dernières années).

FREYSSINET

(Eugène, 1879-1962)

Ingénieur, inventeur du béton précontraint

Formation et début de carrière

Marie Eugène Léon Freyssinet naît le 13 juillet 1879 dans une famille paysanne à Objat, une commune située en Corrèze. La famille s'installe à Paris en 1885. Son père est receveur des rentes dans le quartier de la Chaussée d'Antin. Il étudie d'abord dans une école communale, puis rentre au lycée Chaptal. Après avoir passé le baccalauréat, encouragé par ses professeurs, il prépare les concours d'admission aux grandes écoles scientifiques et est admis à l'École Polytechnique en 1899, puis rentre en 1902 à l'École Nationale des Ponts et Chaussées dont il sort en 1905 avec le diplôme d'ingénieur civil des Ponts et Chaussées. Il y a comme Professeur Charles Rabut (1852-1925) qui a en charge l'étude du béton dans les programmes, bien qu'il n'existe aucun manuel fiable ! Le béton à base de ciment Portland, connu depuis quelques dizaines d'années, n'est alors utilisé que pour des ouvrages assez modestes (ceux de plus grande ampleur étant surtout fabriqués avec des poutres d'acier laminé rivetées, voir Eiffel). En poste à Moulins dans l'Allier, il commence à construire des ponts d'intérêt local. Mais il introduit rapidement des innovations dans la réalisation des ponts, innovations rendues possibles par ses essais et expériences. Les ponts en béton sont réalisés sur cintre, une construction provisoire en charpente qu'il convient de décharger après la prise du béton. En 1908, il réalise pour la première fois le décintrement du pont de Prairéal-sur-Besbre à l'aide de vérins placés à la clé de voûte. Pour cette innovation, l'Académie des sciences lui décerne le prix Carméré, destiné à récompenser un ingénieur ayant personnellement conçu, étudié et réalisé un travail dont l'usage aura entraîné un progrès dans l'art de construire. Il invente l'articulation qui porte son nom.

Découverte et étude des déformations différées du béton : retrait et fluage

Grâce à l'entrepreneur dans les travaux publics et les chemins de fer François Mercier (1858-1920), Freyssinet se voit confier la réalisation de trois ponts dont le rapport flèche sur portée est particulièrement faible. Conformément au règlement du béton armé de 1906, Freyssinet n'avait pas tenu compte dans la conception des ponts de l'existence d'une déformation différée du béton. Or quelques mois après leur mise en service, les tabliers des ponts avaient fléchi de 13 centimètres. Freyssinet trouve toutefois une parade à cette déformation différée due au retrait du béton induit par sa dessiccation et au chargement de compression (fluage) inconnue à l'époque : il utilise des vérins pour remonter les clés de voûte. Une enquête rapide au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées révèle que les techniciens démontent leurs appareils de mesure en fin de journée et les remettent à zéro chaque matin, ce qui les empêchait de mettre en évidence la déformation différée du béton. Par la suite, il étudie à l'aide d'essais sur modèles réduits les caractéristiques de la déformation différée de diverses compositions de béton et notamment

l'influence du rapport eau sur ciment. En 1913, il invente les voûtes à nervures par-dessus. La Première Guerre mondiale interrompt ses activités. Il est d'abord incorporé comme Capitaine du Génie à la Commission militaire du réseau du Nord, puis démobilisé sans solde début 1916. Il devient alors directeur technique et associé de l'entreprise « Mercier, Limousin et Compagnie », entreprise qui deviendra par la suite après la mort de François Mercier « Limousin et Cie, Procédés Freyssinet ». En 1917, Freyssinet découvre l'effet bénéfique des vibrations sur la mise en œuvre du béton.

Invention du béton précontraint

Très tôt Freyssinet souligne l'intérêt de mettre en compression le béton. En effet, si le béton possède une bonne résistance en compression, il est fragile en traction et casse sous une contrainte de traction modérée. En 1908, il réalise à Moulins une arche d'essai de 50 mètres dont les culées sont reliées par un tirant précontraint sous 2 500 tonnes. En 1919, il achève le gros œuvre du pont de la Libération de Villeneuve-sur-Lot et fait paraître dans « Le génie civil » une série d'articles qui souligne l'intérêt de la mise en compression des arcs par des vérins placés à la clé des arcs. En 1928, pour faire du béton précontraint une réalité industrielle, il décide de déposer un brevet. Il est aidé dans cette tâche par son ami Jean Charles Séailles (1883-1967), un inventeur prolifique habitué à rédiger et déposer des brevets. En octobre 1928, ils déposent en commun le brevet qui définit la précontrainte. Le terme de « précontrainte » ne sera en fait utilisé par Freyssinet qu'à partir de 1933.

La première application du procédé concerne la fabrication de poteaux pour des lignes électriques pour l'équipementier électrique Forclum de Montargis. Freyssinet y travaille jusqu'en 1933, multipliant les innovations pour assurer une production de 50 poteaux par jour. À cette occasion, il introduit l'étuvage du béton pour accélérer sa prise et réduire le temps d'utilisation des moules. C'est un succès technique, mais un échec commercial à cause de la crise économique de 1929 qui fait disparaître le marché. Le 26 août 1939 est déposé un nouveau brevet intitulé « Système d'ancrage de câbles sous tension destinés à la réalisation de constructions en béton précontraint ». Ce brevet décrit un système de câbles parallèles mis en tension par des vérins et bloqués par des cônes d'ancrage. Ce brevet représente l'étape décisive dans la mise en œuvre pratique du béton précontraint.

Il existe deux types de précontrainte qui peut être réalisée par pré- ou post- tension. Dans le premier cas, une armature métallique est tendue avant son enrobage dans le béton, afin que l'adhérence de celle-ci dans le béton solidifié induise un effort normal dans la pièce définitive : c'est cet effort qui s'oppose aux effets de la flexion dans le système de charge après relâchement des contraintes. Cette technologie a notamment permis de développer la préfabrication de prédalles et poutrelles de structure. Dans le cas de la précontrainte par post-tension, une armature bloquée est tendue aux extrémités de la pièce en béton après sa solidification, afin de créer un effort s'opposant aux effets de la flexion dans le système de charge. C'est notamment cette solution qui est retenue pour réaliser des poutres de très grande portée et des voussoirs préfabriqués, très utiles pour réaliser des viaducs, des ponts routiers et ferroviaires par exemple (comme le pont à haubans de Normandie par exemple).

En 1943, l'entrepreneur en bâtiments et travaux publics (BTP) Edme Campenon (1872-1962), persuadé de l'intérêt de la précontrainte, crée la « Société Technique pour l'Utilisation de la Précontrainte » (STUP) qui permet à Eugène Freyssinet de mettre en œuvre ses brevets. Cette

société prend en 1976 le nom de Société Freyssinet et continue aujourd'hui à œuvrer dans le génie civil. Les règles du calcul du béton précontraint sont établies par le principal collaborateur d'Eugène Freyssinet, l'ingénieur Yves Guyon (1899-1975). Il y consacre plusieurs livres préfacés par Freyssinet.

Sa fin de vie

En 1952, Freyssinet participe à la création de la « Fédération Internationale de la Précontrainte » (FIP), une association créée pour promouvoir l'usage du béton précontraint. Eugène Freyssinet en devient le premier président de 1953 à 1958. Il en devient ensuite le président d'honneur. En 1954, il est élevé à la dignité de Commandeur de la Légion d'honneur et nommé inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées. Eugène Freyssinet meurt le 8 juin 1962 à l'âge de 83 ans à Saint-Martin-Vésubie (Alpes Maritimes). Il laisse derrière lui une multitude d'ouvrages de génie civil : de très nombreux ponts, des viaducs, des hangars, des halles, une usine, l'église Saint-Jacques-le-Majeur de Montrouge, la basilique Saint-Pie-X à Lourdes, des barrages, des réservoirs, des conduites d'eau, les pistes d'aviation de l'aéroport d'Orly, le sauvetage d'une installation d'Europe 1 et de la gare transatlantique du Havre. Construite en 1933 pour accueillir notamment le paquebot Normandie, celle-ci s'enfonce en effet de 25 mm par an dans la vase, Freyssinet la sauve par l'adjonction de 700 pieux de 25 à 30 mètres de long assemblés par précontrainte. Ses inventions et tout particulièrement celle du béton précontraint ont décuplé les possibilités dans le domaine de la réalisation des ouvrages d'art. C'est pourquoi des lycées, des collèges et des rues portent son nom.

Sa méthode d'approche des problèmes

« Mon passage à l'école n'a pas fait de moi un polytechnicien au sens ordinaire du terme, c'est-à-dire un homme qui croit dur comme fer aux vertus et à la puissance du raisonnement déductif, particulièrement sous des formes mathématiques. [...] Il n'existe pour moi que deux sources d'information : la perception directe des faits et l'intuition en laquelle je vois l'expression et le résumé de toutes les expériences accumulées par la vie dans le subconscient des êtres, depuis la première cellule. Il faut, bien entendu, que l'intuition soit contrôlée par l'expérience. Mais quand elle se trouve en contradiction avec le résultat d'un calcul, je fais refaire le calcul, et mes collaborateurs assurent que, en fin de compte, c'est toujours le calcul qui a tort. Qu'on me comprenne bien : je ne nie pas la grandeur et la beauté des mathématiques ; elles ont fourni aux Einstein et aux de Broglie le langage avec lequel ils ont écrit la plus grandiose épopée que les hommes aient jamais conçue. Je ne conteste pas davantage leur utilité dans notre métier ; je ne me suis pas privé de les utiliser à l'occasion. Mais nous ne devons jamais oublier qu'elles ne nous fournissent que des moyens de changer la forme des données que nous possédons déjà, et quels que puissent être l'intérêt et l'utilité de telles transformations, nous ne retrouvons jamais à la fbarretin d'un calcul que ce que nous y avons mis à l'origine. » (« Naissance du béton précontraint et vue d'avenir », dans la revue Travaux, juin 1954.)

JOLIOT-CURIE

*(Irène, 1897-1956,
et Frédéric, 1900-1958)*

***Physiciens et chimistes, créateurs de radioéléments
artificiels, prix Nobel***

Formations

Irène Curie, fille de Marie (1867-1934, née Maria Skłodowska) et Pierre (1859-1906) Curie, est née le 12 septembre 1897 à Paris. Son futur époux Jean Frédéric Joliot naît le 19 mars 1900 également à Paris. Il est le fils le plus jeune d'une famille de six enfants de commerçants. Son père, Henri, est un ancien combattant, puis « communard » de la guerre franco-prussienne de 1870-1871, et sa mère protestante est d'origine alsacienne. Denise Eve Curie, la sœur d'Irène née le 6 décembre 1904, dit volontiers qu'elle est une exception non scientifique de la famille Curie. Elle est l'auteur d'une magnifique biographie de sa mère Marie largement diffusée, tout simplement intitulée « Madame Curie » et publiée chez Gallimard en 1938 après la mort de ses parents, car son père Pierre Curie est tué dans un accident de la circulation à Paris le 19 avril 1906 et sa mère décède en 1934 d'une leucémie violente due aux radiations des matériaux radioactifs qu'elle a manipulés durant ses travaux scientifiques. Irène peut profiter de l'enseignement semi-clandestin prodigué par une coopérative de scientifiques universitaires et Pierre Curie, organisé par Marie, alliant une éducation pragmatique (expériences, spectacles, gymnastique, etc.) et les sciences. Elle obtient le baccalauréat en juillet 1914.

Au cours de la « grande guerre » de 1914-1918, elle aide sa mère à gérer une armée de « petites Curies » (comme les surnomme Eve dans sa biographie de Marie Curie), des véhicules mobiles transformés en centres de radiographie circulant directement sur le front pour seconder les chirurgiens qui soignent les blessés grâce à la découverte récente des rayons X qui permettent de localiser avec précision l'emplacement des projectiles dans le corps des blessés. En 1915, Irène passe un diplôme d'infirmière et se consacre à la formation en radiographie du personnel médical. En 1917, elle reprend ses études de mathématiques et de physique. En 1920, après avoir obtenu ses licences de mathématiques et de physique, elle commence à travailler auprès de sa mère à l'Institut du radium et elle débute une thèse sur le rayonnement alpha du polonium.

Frédéric Joliot est passé par le lycée Lakanal de Sceaux de 1908 à 1917 et intègre l'École municipale de physique et chimie industrielles (actuellement ESPCI Paris PSL) en 1919 (39^e promotion) dont il sort premier comme ingénieur après avoir eu Paul Langevin (1872-1946) comme professeur. Après un stage aux aciéries Arbed au Luxembourg, il se passionne pour la recherche sous l'influence de Langevin et entre en 1925, titulaire d'une bourse Rothschild, à l'Institut du radium comme préparateur particulier de Marie Curie puis passe la seconde partie du baccalauréat et sa licence ès sciences et en 1930 un doctorat ès sciences portant sur l'étude électrochimique des propriétés des radioéléments. Sa carrière se développe en parallèle à la

faculté des sciences de Paris et la Caisse nationale de la recherche scientifique comme assistant à l'Institut du radium et successivement chargé de recherche en 1932 puis directeur de recherche en 1936, dix ans après son mariage de 1926 avec Irène Curie. Ils auront deux enfants, Hélène en 1927 (qui épousera le physicien français Michel Langevin) et Pierre en 1932 (biologiste, membre de l'Académie des sciences).

Premiers travaux scientifiques

Irène et Frédéric Joliot-Curie commencent à travailler ensemble, ce qu'ils feront toute leur vie, et ce qui explique l'association définitive de leurs deux noms dans les titres de leurs nombreuses publications. Ils ne font pas que de la science physique des éléments radioactifs et des rayonnements qu'ils analysent car ils sont aussi des sportifs accomplis : judo, tennis, natation, voile, randonnées, ski dans les Alpes pendant les vacances, etc.

Leurs premiers travaux portent sur le rayonnement alpha du polonium, sujet de thèse d'Irène soutenue en 1925. Ces travaux les conduisent à étudier un rayonnement pénétrant plus tard à l'origine de la découverte du neutron par James Chadwick (1891-1974) en février 1932. L'émission de neutrons, étape fondamentale des réactions nucléaires de fission pouvant conduire à des réactions en chaîne sera à l'origine de l'énergie civile et militaire disponible : en lien avec Pavel Savitch, Irène obtient des résultats proches de la fission du noyau d'uranium ; mais ils pensent avoir obtenu des éléments transuraniens (de masse atomique supérieure à celle de l'uranium). Ces travaux repris par Lise Meitner (1878-1968) et Otto Hahn (1870-1968) conduisent à la découverte de la fission nucléaire de l'uranium en janvier 1939.

Radio éléments artificiels et consécration officielle

En 1934, après les émeutes des ligues d'extrême droite, Irène Joliot-Curie, déjà fragilisée par la maladie s'engage en politique et adhère à un comité de vigilance contre le fascisme ; elle est nommée par Léon Blum membre du gouvernement du Front populaire comme sous-secrétaire d'état à la recherche scientifique, acceptant de montrer ainsi qu'une femme sans droit de vote peut siéger dans un gouvernement. Elle cède sa place à Jean Perrin (1870-1942), prix Nobel de physique. Irène et Frédéric Joliot-Curie travaillent ensemble au laboratoire Curie de l'Institut du radium depuis 1925, date d'arrivée de Frédéric Joliot. À partir de 1929 ils découvrent un rayonnement inconnu, étape majeure de la découverte du neutron par James Chadwick en 1932, peu avant la mort de Marie Curie en juillet 1934. À la suite d'une sévère polémique scientifique, en particulier au cours de la conférence Solvay de 1933, ils démontrent l'apparition des électrons positifs (plus tard baptisés positrons) au cours des réactions de transmutations consécutives aux réactions nucléaires provoquées par le bombardement des éléments par les rayons alpha et les neutrons et conduisant à la création de radioéléments « artificiels » à la découverte de la « radioactivité induite ». Cette création de nouveaux éléments est une révolution qui leur vaut le prix Nobel de chimie en 1935. Ils n'apprécient pas l'appellation « éléments artificiels » car ce sont les réactions qui sont artificielles.

Hans von Halban (1908-1964) et Lew Kowarski (1907-1979) démontrent que la fission par les neutrons de l'atome d'uranium peut conduire à des réactions en chaîne. Avec Frédéric Joliot un brevet est déposé pouvant conduire à la réaction explosive. Ce résultat fait l'objet d'un pli cacheté ouvert seulement dans les années 1940. Du fait de ses propriétés de ralentisseur de neutrons, l'eau lourde DO (D pour deutérium, isotope de masse 2 de l'hydrogène) est un enjeu important du point de vue militaire, Frédéric Joliot assure à la France la disponibilité d'un stock

important en l'envoyant en Angleterre. Les découvertes de « radio éléments artificiels » s'avèrent être primordiales pour leurs applications médicales et justifient pleinement l'attribution du prix Nobel. Mais l'époque est toujours sexiste : seul Frédéric Joliot-Curie est élu en 1943 membre de l'Académie des sciences et de l'Académie de médecine. En outre, il devient Professeur au Collège de France, des honneurs auxquels Irène n'est pas associée (avant elle, sa mère Marie Curie n'avait pas été élue à l'Académie des sciences en remplacement de son mari Pierre Curie).

Carrières après-guerre et actions politiques

On a vu qu'Irène Joliot-Curie avait pris une part non négligeable à la lutte antifasciste et au gouvernement de Front populaire. Son mari Frédéric était communiste depuis 1941 puis haut-commissaire en 1945 au Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA). Il a supervisé la réussite du premier réacteur nucléaire civil ZOE à Fontenay-aux-roses. Il s'est fortement impliqué dans « l'appel de Stockholm » qui demande d'interdire à l'échelle mondiale l'usage militaire des réactions nucléaires. On sait que, malgré son succès mondial, cet appel n'empêchera pas Hiroshima ni Nagasaki. Il perd sa position de haut-commissaire à cause de la guerre froide et de la concurrence soviétique. Par contre, il a été nommé directeur général chargé de la réorganisation du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), dont le statut basé sur le pouvoir donné aux scientifiques est toujours en place malgré des évolutions nécessaires, ce qui en fait un organisme international très efficace et toujours aussi puissant.

Irène Joliot-Curie a toujours secondé son mari dans ses succès internationaux et ses luttes politiques pendant toute sa courte vie et ce malgré sa santé fragile. Elle a, comme sa mère, succombé à une leucémie aiguë, due à ses activités, le 17 mars 1956 à Paris, quelque temps après la décision de lancer la construction d'un nouvel accélérateur de particules à Orsay, projet qu'elle avait activement soutenu. Frédéric Joliot-Curie continuera de coordonner le projet et assistera à la mise en route du nouveau synchrocyclotron (juin 1958) avant de mourir d'une hémorragie à Paris le 14 août 1958. Devant l'émotion suscitée dans le pays, le général de Gaulle décrètera des obsèques nationales.

KASTLER

(Alfred, 1902-1984)

Physicien, inventeur du « pompage optique » à l'origine de l'invention du laser, prix Nobel

Formation

Alfred Kastler naît le 3 mai 1902 à Guebwiller en Alsace (Haut-Rhin) dans une famille de confession protestante. À l'époque l'Alsace fait partie de l'Empire allemand et il effectue sa scolarité en langue allemande. Il conservera de sa jeunesse l'amour de la langue allemande. Durant la Première Guerre mondiale il est envoyé chez sa tante maternelle et poursuit ses études à Colmar. L'Alsace redevient française en 1918 et il passe le baccalauréat en 1920. Après une année de classes préparatoires, il est reçu aux concours d'entrée à Polytechnique et à l'École Normale Supérieure (ENS). Il choisit l'ENS. Il y suit notamment des conférences sur la physique atomique. En parallèle des cours dispensés à l'ENS, il suit des cours de physique à la faculté des sciences de Paris et passe en 1923 les licences de physique et de mathématiques. Après une année de repos pour surmenage, il prépare le diplôme d'études supérieures en chimie. En 1925, il épouse Elise Cosset, historienne de l'ENS de Sèvres, et son fils Daniel (qui sera aussi un illustre physicien [1926-2015]) naît l'année suivante. En 1926, il est reçu premier à l'agrégation de physique.

Carrière professorale dans des lycées et doctorat

De 1926 à 1931, Alfred Kastler enseigne en lycée à Mulhouse, Colmar et Bordeaux. En 1931 il devient assistant à la faculté des sciences de Bordeaux. Tout en encadrant les travaux pratiques des étudiants suivant les certificats d'études Physiques, Chimiques et Naturelles (PCN qui deviendront par la suite les études Physiques, Chimiques et Biologiques, PCB), il prépare sa thèse de doctorat ès sciences qu'il soutient en 1936 à la faculté des sciences de Paris. Dans sa thèse, il étudie la fluorescence visible de la vapeur de mercure. La fluorescence est l'émission lumineuse causée par l'absorption de photons par les électrons. Il montre que l'échange de moments cinétiques entre atomes et photons induit la polarisation de la composante Zeeman. L'effet Zeeman est la décomposition d'un niveau d'énergie en sous-niveaux sous l'effet d'un champ magnétique externe. À chaque transition d'un électron d'un niveau d'énergie à un autre niveau d'énergie, il y a émission d'un photon de fréquence caractéristique de la transition.

Carrière universitaire

Après deux années passées à Clermont-Ferrand comme maître de conférences chargé de l'enseignement de physique pour les certificats PCB, il est nommé Professeur de physique générale à Bordeaux en 1938. À partir de 1941, il poursuit sa carrière universitaire à Paris. Il occupe divers postes à la faculté des sciences et à l'École Normale Supérieure avant de devenir Professeur de physique quantique et relativité à la faculté des sciences de Paris. À l'École

Normale Supérieure, il enseigne en quatrième année de préparation pour l'agrégation de physique. En 1952, il fonde un groupe de recherches qui deviendra le Laboratoire de spectroscopie hertzienne dont il est l'un des deux directeurs-fondateurs. En 1958, le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) lui confie la direction du Laboratoire de l'horloge atomique créé sous son impulsion. Une horloge atomique repose sur le fait que la fréquence du photon émis lorsqu'un électron passe d'un niveau d'énergie à un autre niveau d'énergie est immuable et c'est la méthode la plus précise pour mesurer le temps. Kastler enseigne également la thermodynamique à la faculté des sciences. À partir de 1962, il préside l'Institut d'optique théorique et appliqué.

Reconnaisances officielles

En 1946 et 1954, il reçoit un prix pour l'ensemble de ses travaux respectivement décerné par la Société Française de Physique et la *Physical Society of London*. En 1964, Alfred Kastler est élu à l'Académie des sciences. La même année le CNRS lui décerne sa médaille d'or. En 1966, il reçoit le prix Nobel de physique « pour la découverte et le développement de méthodes optiques servant à étudier la résonance hertzienne dans les atomes ». Altruiste, Alfred Kastler avait réclamé que ce prix soit partagé avec son collaborateur Jean Brossel (1918-2003) dont le nom sera prononcé plusieurs fois durant la cérémonie de remise des prix à Stockholm.

Kastler a notamment élaboré en 1950 la technique du « pompage optique » largement utilisée depuis par les physiciens pour développer les connaissances en physique atomique. Un état atomique est caractérisé par son niveau d'énergie. La technique du pompage optique repose sur le fait que ce niveau d'énergie peut être modifié par une irradiation émise par une lumière polarisée. Les divers niveaux d'énergie peuvent être représentés par une échelle dont les niveaux les plus bas correspondent aux plus faibles énergies et les niveaux les plus hauts aux énergies les plus élevées. Selon sa polarisation la lumière diminue ou augmente l'énergie des atomes. Le pompage optique correspond à un état de polarisation qui augmente l'énergie, élevant l'état atomique vers les niveaux énergétiques plus élevés, à l'instar d'une pompe élevant l'eau d'une canalisation vers un réservoir situé plus haut. Le terme de « pompage optique » a été introduit par Alfred Kastler lors de sa découverte de cet effet en 1950. Le pompage optique joue un rôle fondamental dans le fonctionnement des lasers inventés par la suite, ces instruments capables d'émettre des faisceaux étroits et très intenses de lumière cohérente et très utiles en physique fondamentale et appliquée. Les lasers rendent aussi de grands services en industrie où on les utilise pour découper et souder les matériaux.

En 1968, il devient directeur des recherches du CNRS. Alfred Kastler prend sa retraite en 1972 et meurt à Bandol (Var) le 7 janvier 1984 à l'âge de 82 ans. Depuis 1984, la Société Française de Physique et la *Deutsche Physikalische Gesellschaft* décernent conjointement le prix Gentner-Kastler pour récompenser un physicien pour l'ensemble de ses travaux scientifiques. Une place de Paris près de l'École Normale Supérieure, divers lycées dont celui de Guebwiller, une médiathèque de Bandol portent le nom d'Alfred Kastler.

Un humaniste engagé dans de nombreux combats

Alfred Kastler utilise son prestige scientifique pour mener divers combats humanistes. Profondément pacifiste, il milite dans divers mouvements pour le désarmement nucléaire et contre l'implantation d'armes nucléaires en Europe, proteste courageusement contre l'emploi de la torture lors de la guerre d'Algérie, ce qui amène le plasticage de son logement par l'OAS

(comprenant des partisans de l' « Algérie française » par tous les moyens) en 1961, prône la paix au Vietnam et soutient les déserteurs américains de la guerre du Vietnam réfugiés en France. Il participe en 1979, avec un groupe d'une quinzaine de personnalités (dont Jacques Attali [1943-], Françoise Giroud [1916-2003], Marek Halter [1936-], Bernard-Henri Lévy [1948-]...) à la fondation de l'Association Internationale Contre la Faim (AICF), qui lance des opérations ponctuelles, dans de nombreux pays, en collaboration avec des organismes humanitaires mondiaux, comme Médecins Sans Frontières. Fidèle à la langue de son enfance, il préconise le bilinguisme franco-allemand et publie un recueil de 32 poèmes en allemand intitulé « Europe ma patrie ».

Voici par exemple :

*“Europa, Heimat der Zukunft,
Einer Mutter Gebären tut weh,
Wir harren auf deine Niederkunft.
Frühlingsblume spreng den Schnee !”*

« Europe en devenir, patrie à venir-
pas d'enfantement sans douleur,
certes, mais en toi nous gardons l'espoir...
Que la fleur du printemps perce enfin la neige ! »

Il écrit aussi un poème en allemand sur l'effet Compton (c'est-à-dire la diffusion élastique de photons par des électrons touchés par un faisceau de rayons électromagnétiques) :

« Effet Compton
Au diable ! s'écria l'électron :
Qui donc m'est ainsi rentré dedans ?
Pardon ! gémit le photon,
J'ai eu un coup de pied de Compton
qui m'a donné une impulsion.
Ah ! moi aussi j'ai eu un gnon
qui m'a fichu d'un coup sur les flancs. »

Il préside plusieurs années la Ligue française des droits de l'animal. Cette association est devenue depuis la Fondation droit animal, éthique et sciences et attribue le Prix biologique Alfred Kastler destiné à encourager les méthodes alternatives à l'expérimentation animale. Il s'élève avec deux autres auteurs contre l'élevage intensif dans un ouvrage critique intitulé « Le grand massacre ». Une phrase résume ses engagements et sa philosophie de vie : Il se déclare « Citoyen du Monde ».

KWOLEK

(Stephanie, 1923-2014)

Ingénieure chimiste, inventrice de la fibre Kevlar

Éducation

Stephanie Louise Kwolek naît le 31 juillet 1923 à New Kensington, une petite localité de Pennsylvanie située à une trentaine de kilomètres de Pittsburgh. Ses parents sont un couple de Polonais originaires de la voïvodie des Basses Carpathes et émigrés aux États-Unis d'Amérique. Son père John Kwolek aime passionnément la Nature et transmet sa passion des sciences naturelles à sa fille, mais il meurt prématurément en 1933 alors que sa fille n'a que dix ans. Sa mère Nellie Zajdel Kwolek lui transmet son goût pour la mode. Elle suit des cours au Margaret Morrison Carnegie College et en sort diplômée en chimie en 1946. Elle a l'intention de devenir médecin et décide de travailler dans l'industrie chimique durant le temps nécessaire pour rassembler la somme d'argent lui permettant de financer ses études de médecine.

Carrière professionnelle

En 1935, un ingénieur de la firme de chimie américaine DuPont de Nemours avait inventé le nylon, un polymère de la famille des polyamides, largement utilisé depuis comme fibre textile, par exemple pour remplacer les bas en soie. La firme mène donc d'importants travaux de recherches et en 1946 cherche à recruter des chimistes. Stephanie Kwolek passe un entretien d'embauche fructueux et est envoyée à Buffalo dans l'état de New York rejoindre le « *Pioneering Research Laboratory* ». Devant l'intérêt de son travail chez DuPont de Nemours elle abandonne finalement son projet de devenir médecin. En 1950, son travail chez DuPont l'amène à se fixer à Wilmington dans le Delaware, le site de création de la firme. Elle publie ses travaux et en 1959 l'*American Chemical Society* (ACS) lui décerne un prix pour l'une de ses publications.

Invention du Kevlar

En 1964, DuPont de Nemours anticipe une pénurie de carburant et décide de créer une nouvelle fibre légère et très rigide afin d'en renforcer les pneumatiques des véhicules à la place des fils d'acier ; ces pneumatiques plus légers et plus rigides amèneraient une baisse de la consommation de carburant. Suite au manque d'intérêt des autres chercheurs pour ce travail de recherche, le projet est finalement confié à Stéphanie Kwolek. Elle se met au travail en utilisant le polymère sur lequel elle travaille à l'époque, du poly-p-phénylène-téréphtalate. En solution ce polymère forme un cristal liquide, matériau intermédiaire entre un solide et un liquide, ce qui oblige de le filer au-dessus de 200 °C à l'état fondu. Les fibres ainsi obtenues sont peu solides et peu rigides. Kwolek introduit un nouveau procédé de polymérisation par condensation qui permet un intervalle de filage (procédé d'obtention des fibres) entre 0 et 40 °C. La solution obtenue a des propriétés réputées peu intéressantes : « translucide, opalescente lorsqu'on l'agite, de faible

viscosité ». Kwolek obtient toutefois du fileur qu'il en tire des fibres. À sa grande surprise, cette fibre ne casse pas à la charge de rupture du Nylon et à masse égale est cinq fois plus résistante que l'acier.

Développement du Kevlar

Les supérieurs de Kwolek sont tout de suite conscients de l'importance de de son invention et lancent tout un programme de recherches pour la développer. Ainsi naît toute une famille de nouvelles fibres aux propriétés variées et très performantes. Cette famille est commercialisée en 1971 sous le nom commercial de Kevlar. Kwolek ne participe qu'assez peu à ce développement et ne profite guère de son invention, car le brevet Kevlar est déposé au nom de l'entreprise DuPont de Nemours. La fibre Kevlar est plus précisément une fibre poly-paraphénylène téréphtalamide (PPD-T). Elle appartient à la famille des fibres d'aramide. Le Kevlar possède une très grande résistance en traction (résistance à la rupture supérieure à 3 GPa, ou 3×10^9 Pa), en cisaillement et en fatigue. Il a un bon facteur d'amortissement et résiste bien aux chocs. Il est très rigide : son module d'Young est supérieur à 70 GPa. Sa densité (1,45) est beaucoup plus faible que celle de l'acier (7,8). Il n'est dépassé en résistance en traction et en rigidité que par les fibres de carbone. Son coefficient de dilatation thermique est nul et il ne se dégrade qu'au-dessus de 400 °C. Par contre il est très sensible aux rayons UV et ses propriétés se dégradent avec la reprise d'humidité, ce qui oblige à l'utiliser revêtu d'un matériau étanche et résistant aux UV. Il existe plusieurs grades de fibres Kevlar, chacun ayant son domaine d'application. Le grade de base est utilisé pour renforcer les pneumatiques par exemple. Le Kevlar 29 est utilisé dans diverses applications industrielles (câbles, remplacement de l'amiante, renforcement de coques de bateaux) et pour la fabrication de gilets pare-balles, plus légers, plus flexibles et plus résistants que les gilets pare-balles en acier antérieurs. Le Kevlar 49 donne la fibre de plus haut module en traction et sert notamment à la fabrication de matériaux composites destinés à l'aérospatial et aux cadres de bicyclettes.

Fin de carrière professionnelle et hommages

En 1980, Stephanie Kwolek reçoit un prix de l'ACS pour « Invention créative ». En 1986, après 40 ans de travail durant lesquels elle a déposé une vingtaine de brevets, elle prend sa retraite, mais continue de travailler pour DuPont de Nemours comme consultante et fait partie du Conseil national de la recherche des États-Unis et de l'Académie nationale des sciences. En 1995, elle est la quatrième femme à avoir son nom inscrit au « *National Inventors Hall of Fame* » (Musée national des inventeurs qui honore plus de 562 inventeurs). En 1996, la firme DuPont de Nemours lui décerne la médaille Lavoisier ; elle est la seule femme à avoir reçu cette distinction. En 1996, le président des États-Unis lui décerne la « *National Medal of Technology and Innovation* » ; c'est la plus haute récompense aux États-Unis destinée aux inventeurs ayant réalisé des progrès remarquables en technologie. En 1997, l'ACS lui décerne la médaille Perkin, une distinction considérée comme la plus distinction de l'industrie chimique américaine, en 2003, le nom de Stephanie Kwolek est ajouté au « *National Women's Hall of Fame* » (Musée national des femmes célèbres) en tant qu'éminente scientifique. Stephanie Kwolek meurt le 18 juin 2014 à Wilmington à l'âge de 90 ans. En France, une rue de Bordeaux métropole porte son nom.

MIDGLEY JR.

(Thomas, 1889-1944)

Ingénieur mécanicien et chimiste, inventeur de l'essence au plomb et des fréons (CFC)

Comment un ingénieur chimiste découvreur prolifique de nouvelles innovations, reconnu par ses pairs de son vivant, fut à l'origine de deux des pires pollutions environnementales du XX^e siècle ? Tel pourrait être le résumé (un peu trop restrictif peut-être) d'une vie consacrée à la recherche de nouveaux composés chimiques capables de faciliter la vie des hommes mais ayant des effets très néfastes à long terme sur l'environnement et la santé humaine.

Enfance et formation

Thomas Midgley Jr naît à Beaver Falls (Pennsylvanie, États-Unis) le 18 mai 1889 dans une famille où l'esprit créatif règne : son père porte le même prénom, c'est pourquoi on ajoute Jr pour le fils ! Thomas Midgley était déjà inventeur dans le secteur de l'automobile et a fondé l'entreprise *Midgley Tire and Rubber Company*. Sa mère (Hattie (Emerson) Midgley) était la fille de James E. Emerson, inventeur d'une scie à dents insérables dont le brevet a été déposé en 1885. La famille déménage dans son enfance à Trenton (New Jersey) puis à Columbus (Ohio). À l'école, il s'intéresse à l'athlétisme mais aussi au baseball. Quand la balle mouillée (*spitball* en anglais) a commencé à être utilisée par les lanceurs (interdite depuis 1921), Midgley a eu l'idée d'utiliser un extrait de l'écorce interne de l'orme rouge pour permettre à la balle de lui donner la courbure maximale. Une pratique qui a été longtemps suivie par les lanceurs ! Par la suite, il part étudier à la *Betts Academy* de Stamford dans le Connecticut dont il suit les cours avec un grand intérêt, puis entre ensuite à la fameuse Université *Cornell* (État de New York) pour effectuer des études de mécanique, dont il sort diplômé en 1911. Il y montre un grand intérêt pour l'expérimentation. Il est selon certains témoignages très attaché au tableau périodique des éléments, dont il a souvent une copie sur lui. En 1911, il épouse Carie M. Reynolds. Deux enfants naîtront de ce couple, Jane et Thomas (IV) qui a écrit un livre sur la vie de son père publié en 2001 (« *From the Periodic Table to Production : The Life of Thomas Midgley, Jr., the Inventor of Ethyl Gasoline and Freon Refrigerants* »). Midgley Jr valorise ensuite ces connaissances en mécanique en prenant un premier poste dans une société productrice de caisses enregistreuses située à Dayton (Ohio) où il devient styliste en élaborant des prototypes de nouveaux modèles. Un an plus tard, vient le premier pas vers le secteur de l'automobile : il devient ingénieur et surintendant de l'entreprise créée par son père pour fabriquer les pneumatiques. À cette époque, il invente aussi un hydromètre destiné à permettre aux automobilistes de vérifier le niveau d'alcool antigel du radiateur en hiver.

Les premières principales découvertes et les effets à long terme sur l'environnement et la santé

À 27 ans et après la faillite de cette entreprise, il entre dans une société d'ingénierie (la *Dayton Engineering Laboratories Company*, qui deviendra DELCO puis *Delco Electronics*) qui lui demande de comprendre ce qui se passe dans un moteur lors du cliquetis (phénomène de vibrations, potentiellement destructrices, dans le moteur résultant de la combustion d'essence de mauvaise qualité). Midgley constate alors que le choc ne se fait pas au moment de la pré-ignition, mais après l'ignition. Lui vient ensuite l'idée de colorer l'essence en rouge (avec de la teinture d'iode de pharmacie) pour lui faire absorber les infrarouges et limiter la détonation. Mais de manière surprenante, ce colorant supprime aussi le phénomène de cliquetis. La Première Guerre mondiale ralentit ensuite ses recherches (l'entreprise devant travailler à la mise au point d'une torpille volante) bien qu'il travaille quand même sur les carburants pour aviations (eux-aussi soumis au phénomène de cliquetis). Ces travaux confirmeront à Midgley que la cause du cliquetis est d'ordre chimique (et non pas mécanique). Il conçoit la première essence de synthèse pour l'aviation, en hydrogénant du benzène pour fabriquer du cyclohexane. Mais un accident arrive : un bouchon explose et des particules de métal rentrent dans les yeux de Midgley. Le docteur essaie différents traitements et lave fréquemment son œil avec du mercure purifié, l'expérience est concluante et Midgley retrouve une vue normale ! Son ami d'enfance, nouvel éditeur de *Chemical Abstracts*, écrit un article sur ce traitement et ce sera la première fois que le nom de Midgley apparaît dans une publication de l'*American Chemical Society* !

À la fin de la guerre, Midgley intègre en tant qu'ingénieur chimiste l'un des laboratoires de recherche de General Motors, entreprise qui vient d'inventer un moteur potentiellement plus puissant que celui de ses concurrents, mais qui ne supporte pas l'essence normale dont l'explosion dans la chambre de compression provoque un cliquetis et une dégradation prématurée des soupapes. Sous la direction de Charles Kettering (1876-1958), il teste plusieurs antidétonants (à base d'iode, d'azote, de phosphore, d'arsenic, ...). Tous ces composés chimiques présentent plusieurs inconvénients par rapport au plomb même si ce dernier élément se dépose dans le moteur et finit aussi par l'endommager. Midgley a l'idée de fabriquer une molécule organométallique (le plomb tétraéthyle) qui résout tous ces problèmes. Après avoir déposé un brevet, il co-écrit en 1922 un article sur le « contrôle chimique » de la détonation instantanée de la vapeur d'essence dans un moteur à explosion. Avec Kettering, il devient ensuite dirigeant de l'entreprise *Ethyl Gasoline Corporation* fondée par *General Motors* et *Exxon* pour fabriquer de grandes quantités de cet additif.

Quelque temps après, apparaissent néanmoins de premiers soupçons sur l'innocuité de cet additif, cinq personnes meurent en 1924 d'un empoisonnement par le plomb (saturnisme) lors d'un test de production industrielle. Un article est publié par Midgley pour expliquer les faits mais aussi pour éviter que la presse jette le discrédit sur l'utilisation du plomb tétraéthyle, cet additif de l'essence qu'il présente comme bénéfique pour le public qui pourra ainsi bénéficier de meilleurs moteurs, plus puissants et efficaces, émettant moins de monoxyde de carbone et permettant d'économiser le pétrole. Il écrit ainsi que « pour ce qu'en peut dire la science à ce moment », le plomb tétraéthyle est la seule molécule à pouvoir rendre ces services et que « ces services ont une telle importance pour la continuité économique de l'utilisation de tous les équipements automobiles, que sauf s'il existait un grave et inéluctable danger à fabriquer le plomb tétraéthyle, son abandon ne peut être justifié ». Il reconnaît donc que cet additif est un poison s'il est inhalé, ingéré ou entre en contact cutané mais il explique aussi que les symptômes de l'empoisonnement au plomb tétraéthyle sont détectables à temps par un médecin bien formé

et que les dangers sont maîtrisables via le respect de règles de sécurité lors de la production et de la manipulation de l'essence au plomb. En 1924, il doit se reposer après sa propre intoxication, notamment après avoir participé à une conférence de presse visant à démontrer le caractère inoffensif de cette substance (il respira une grande et longue bouffée d'essence plombée pendant près d'une minute et déclara dans la foulée qu'il pourrait faire cela chaque matin sans soucis pour sa santé...). Comme il a été vu précédemment, l'autre problème à résoudre est que le plomb se dépose dans le moteur et l'endommage. Il faut donc d'autres additifs pour empêcher ce dépôt et pour l'évacuer sous forme de vapeur avec les gaz de combustion via le pot d'échappement. Le brome paraît un bon candidat et s'avère utile pour cela, mais il est à cette époque très rare. Il s'emploie donc à développer une méthode pour l'extraire de l'eau de mer (où il est présent à la très faible dose de 65 parties par million) ou de résidus salins.

Il n'évalue cependant pas les risques posés par ce plomb lorsqu'il est émis par des millions de voitures (mais pouvait-il imaginer que la production mondiale annuelle de voitures passerait d'environ 5 millions de véhicules en 1929 juste avant le krach boursier à plus de 50 millions à la fin des années 1990 juste avant l'interdiction de l'essence au plomb dans de très nombreux pays ?). Ce que Midgley présente comme un progrès pour l'humanité à l'époque deviendra l'un des pires désastres environnementaux. La combustion de milliards de litres d'essence relarguera en effet une grande quantité de plomb bio-assimilable et toxique dans l'environnement (90 % de tout le plomb introduit par l'humanité dans l'atmosphère de 1920 à 2000 proviendrait du tétraéthyle de plomb) et provoquera de graves problèmes de santé à travers le monde, chez le personnel responsable de sa fabrication mais surtout chez les personnes vivant près d'axes routiers fréquentés.

Interdite aux États-Unis dès 1975, il aura fallu attendre l'an 2000 pour que cette interdiction de l'essence au plomb soit effective en Europe (du fait de la généralisation des pots catalytiques dont le plomb est un des poisons). Elle restera d'ailleurs utilisée dans certains pays un peu plus longtemps : l'Algérie étant l'un des derniers pays à la bannir en 2021, pratiquement un siècle après la découverte de Midgley.

L'usage des fréons comme gaz réfrigérant

Suite à ces travaux sur l'essence plombée, Midgley commence à travailler sur les fluides frigorigènes après avoir entendu parler des fuites de réfrigérateurs causant de nombreux décès par accident (les réfrigérateurs fonctionnaient alors avec du gaz naturel puis avec du tétrafluorométhane qui pouvait exploser en cas de fuite et d'étincelle, mais aussi quelquefois avec de l'ammoniac, très toxique pour l'homme en cas de fuite).

Les chlorofluorocarbones (CFC) ont été synthétisés pour la première fois par Frédéric Swarts (1866-1940) au cours des années 1890 mais c'est Midgley qui dépose en 1928 un brevet sur leur usage en tant que fluide frigogène, améliore le procédé de production et en réduit le coût. En 1930, le dichlorodifluorométhane (CF_2Cl_2) est ainsi produit. Cette nouvelle substance est à l'époque qualifiée de « miraculeuse » car aucun effet néfaste n'est découvert lors des très nombreux essais effectués (ces gaz sont considérés comme inertes à cette époque : ils n'interagissent pas avec d'autres gaz (du moins au niveau de la mer), ne sont pas inflammables ni explosifs). Comme pour le plomb tétraéthyle, Midgley ira même jusqu'à inhaler ce composé chimique puis l'exhalera sur une bougie (qui s'éteint aussitôt faute d'oxygène disponible) afin

de démontrer l'absence de danger d'explosion ou en cas d'inhalation. Les CFC seront de plus en plus utilisés dans différents secteurs industriels (réfrigération, climatisation, nettoyeurs industriels, propulseurs, mousses isolantes) tout au long du XX^e siècle.

Personne néanmoins n'imagine à l'époque qu'à plus de 20 kilomètres d'altitude, les CFC vont commencer à s'accumuler et réagir (sous l'effet d'ultraviolets de courte longueur d'onde) avec la couche d'ozone. Ces réactions de destruction de l'ozone (O₃) sont facilitées par les températures très froides régnant au-dessus des pôles : le fameux trou dans la couche d'ozone est détecté pour la première fois au milieu des années 1980 par une équipe de chercheurs britanniques travaillant en Antarctique (soit plus de cinquante ans après la découverte de Midgley). D'autres chercheurs mettent aussi en évidence que les fréons ont un potentiel de réchauffement global extrêmement important (jusqu'à plusieurs de milliers de fois supérieur au CO₂).

Heureusement, la communauté internationale ne mettra pas longtemps pour réagir et le protocole de Montréal visant à assurer la protection de la couche d'ozone par l'élimination graduelle à l'échelle mondiale des substances tels que les CFC est signé en 1987. Ce protocole a été renforcé à intervalles réguliers pour ajouter des produits supplémentaires et avancer leurs dates d'élimination. Cette prise de conscience rapide a permis d'éviter un trop fort appauvrissement en ozone de cette couche protectrice envers les ultraviolets de faible longueur d'onde et a évité du même coup un désastre sanitaire (développement des cancers de la peau chez l'homme) et environnementale (pour la faune et la flore qui auraient été exposées à de forts rayonnements mutagènes). On estime à l'heure actuelle que le niveau initial de la couche d'ozone pourrait se reconstituer d'ici une quarantaine d'années (si tous les pays continuent de bien respecter les accords environnementaux actuels).

Fin de vie et prise de conscience

Midgley travaille à la fois pour *Ethyl Corp* (dont il est vice-président et directeur général) et pour le laboratoire de *General Motors* (au sein duquel il développe des recherches sur la vulcanisation et le caoutchouc) jusqu'à sa mort en 1944. Durant sa carrière, il côtoie de nombreux chimistes, et est un membre influent de différentes sociétés savantes : il recevra la médaille Perkin en 1937 de la part de la *Society of Chemical Industry*, puis la médaille Priestley en 1941 de la part de l'*American Chemical Society*. Mais, atteint de poliomyélite (un virus provoquant une paralysie des membres inférieurs ou parfois totale) et victime de symptômes peut-être dus au plomb auquel il fut exposé durant de très nombreuses années, Midgley prend sa retraite en 1940 après avoir contribué à plus de 170 brevets. Il s'est intéressé en esprit très curieux durant sa vie à de nombreux domaines, il pratique le golf et se renseigne sur la conservation des greens, sur la musique. Il écrit de la poésie et des poèmes sont publiés et se terminent par ces mots :

Que cette épitaphe soit gravée sur mon tombeau dans un style simple, « Celui-ci a vécu beaucoup de choses en très peu de temps ».

Il conçoit un système de harnais pour faciliter les mouvements d'entrée et de sortie de son lit. Le 2 novembre 1944, il est retrouvé étranglé dans ses câbles à son domicile, certains le diront par ironie victime de sa propre ingéniosité, d'autres évoquant un possible suicide, Midgley se sentant coupable des cas d'empoisonnement au plomb auquel il avait contribué de par ses travaux.

MILLER

(Stanley Lloyd, 1930-2007)

Chimiste, spécialiste en chimie pré-biotique, pionnier de la recherche en exobiologie

Une expérience scientifique peut-elle devenir encore plus célèbre que son concepteur, c'est peut-être le cas pour l'expérience de Stanley Miller (dit aussi « expérience de Miller-Urey »), **tant elle a fait parler d'elle à l'époque (il y a plus de 60 ans) et fait toujours l'objet de débats et d'analyses, dans le domaine de la synthèse pré-biotique.**

La vie de Stanley Miller

Né à Oakland (Californie) en 1930, Stanley Miller est le deuxième enfant de Nathan et Edith Miller, descendants d'immigrants juifs de Biélorussie et de Lettonie. Il est né dans un environnement familial propice à l'éducation : sa mère était institutrice et son père était avocat et occupait le poste de procureur adjoint du district d'Oakland à la fin des années 1920.

Dès le lycée, Stanley est surnommé « génie de la chimie ». Il suit son frère à l'Université de Californie (Berkeley) pour étudier la chimie et termine son diplôme de baccalauréat en juin 1951. Mais les affaires familiales vont alors plutôt mal car le décès de son père en 1946 a appauvri la famille. Il ne peut rester à UC Berkeley mais celle-ci l'aide à trouver un poste d'assistant d'enseignement à l'Université de Chicago en février 1951, ce qui lui permet par la même occasion de s'inscrire au programme de doctorat en septembre de la même année. Il rencontre plusieurs professeurs de manière à trouver un bon sujet de thèse. Privilégiant d'abord la recherche théorique, il travaille avec le physicien théoricien Edward Teller (1908-2003) sur la synthèse des éléments. Mais il est aussi impressionné par le séminaire du prix Nobel de chimie 1934 Harold Urey (1893-1981) sur l'origine du Système solaire et l'idée que la synthèse organique est possible dans un environnement réducteur, comme pourrait l'avoir été l'atmosphère primitive de la Terre.

Après une année de travail infructueux avec Teller, et la perspective que celui-ci quitte Chicago pour travailler sur la bombe à hydrogène, Miller est contacté par Urey en septembre 1952 pour un nouveau projet de recherche. Alors qu'Urey préférerait un sujet peut-être plus consensuel, sur la composition des météorites et la présence de thallium, Miller le convainc de travailler sur un sujet très peu étudié à l'époque : la synthèse pré-biotique et notamment l'impact des décharges électriques dans le mélange de gaz (voir ci-après). Miller construit un appareil qui simule les conditions sur la Terre avant que la vie n'y apparaisse. Miller obtient rapidement des résultats et synthétise un grand nombre de molécules organiques nécessaires à la vie. Miller publie ses résultats dans Science en 1953, avec son seul nom sur la publication. En effet, Urey, estimant que Miller avait fait tout le travail, aurait dit « *I already have a Nobel Prize* » (« **j'ai déjà obtenu un Prix Nobel** »). Urey appuya néanmoins fortement la demande de publication de l'article de Miller auprès du comité de publication de la revue Science (il y avait déjà à l'époque une

certaine concurrence entre laboratoires sur le sujet de la chimie pré-biotique) et il ne cessa jamais de mentionner les résultats de Miller dans ses cours, attirant ainsi l'attention des médias. Après avoir obtenu son doctorat, Miller s'envole vers le *California Institute of Technology* (CALTECH) en 1954-1955 pour effectuer un post-doctorat et travailler sur le mécanisme impliqué dans la synthèse des acides aminés et hydroxycarboxyliques. Il rejoint ensuite le département de biochimie du *College of Physicians and Surgeons* de l'université Columbia (état de New York) où il travaille jusqu'à l'orée des années 1960.

Il déménage à cette époque vers la côte ouest pour intégrer l'université de Californie à San Diego nouvellement créée. Il y devient le premier professeur adjoint du département de chimie en 1960, puis professeur associé en 1962, puis enfin professeur titulaire en 1968. Il co-écrit et publie en 1974 le livre « *The Origin of Life on Earth* » (« **L'origine de la vie sur Terre** »). Jusqu'à la fin de sa carrière, ses sujets de recherche resteront principalement centrés sur l'exobiologie et notamment la synthèse pré-biotique des nucléotides ainsi que les formes alternatives du ribose phosphate dans le matériel génétique qui a précédé le monde de l'ARN. Les Acides RiboNucléiques sont en effet des molécules porteuses d'informations génétiques, composés de quatre bases nucléiques (adénine, uracile, cytosine, guanine), qui s'enchaînent pour former des brins). En effet, une hypothèse défendue par le biochimiste et prix Nobel américain Walter Gilbert (1932-) depuis les années 1980, et de nos jours relativement acceptée par la communauté scientifique, veut que cet ARN ait servi de support à la transmission de l'information génétique avant l'arrivée du monde de l'ADN (Acide DésoxyriboNucléique, qui compose le code génétique de tous les organismes vivants actuels). À la différence de l'ARN, l'ADN, constitué de deux brins de nucléotides (la fameuse « double hélice »), est beaucoup plus stable et est composé de quatre bases nucléiques identiques à l'ARN à la différence près que la thymine remplace l'uracile.

En dehors de ses sujets de prédilection, Miller a également apporté d'importantes contributions dans d'autres domaines. Par exemple, il s'est intéressé aux clathrates de gaz (hydrates). Les hydrates de gaz ou clathrates (nom qui vient du grec « *kleio* », j'enferme) sont des composés solides cristallins constitués d'une charpente formée de molécules d'eau dans laquelle est logée une molécule de gaz. Il a ainsi publié plusieurs articles sur leur présence sur Mars et dans les glaces de l'Antarctique, tout comme sur leur utilisation en anesthésie (le chloroforme, CHCl_3 , a une action anesthésiante en formant des clathrates avec l'eau présente dans le tissu cérébral).

À la toute fin des années 1990, Miller est victime d'une série d'accidents vasculaires cérébraux, ce qui a de plus en plus limité son activité physique. Il décède le 20 mai 2007 à l'hôpital, dans une ville proche de San Diego, laissant derrière lui sa dévouée compagne Maria Morris. Reconnu comme un des pionniers de l'exobiologie, il a été élu à l'Académie nationale des sciences des États-Unis en 1973 et a reçu la médaille Oparin de la Société internationale pour l'étude de l'origine de la vie en 1983, avant de devenir le président de cette communauté de chercheurs de 1986 à 1989. Celle-ci décerne le prix « Stanley L. Miller » aux scientifiques de moins de 37 ans depuis 2008.

Ses travaux scientifiques et l'importance de son expérience célèbre

Charles Darwin (1809-1882) envisage déjà, dans un écrit de 1871, une « soupe originelle » dans laquelle aurait émergé la vie. Cette idée est reprise par le biochimiste russe Alexandre Oparine (1894-1980) et le Britannique John Haldane (1892-1964) dans les années 1920 sans

pouvoir faire de démonstration expérimentale. C'est donc Stanley Miller qui développe principalement les expérimentations autour de ce sujet en 1953, après qu'Harold Urey ait émis l'hypothèse qu'une atmosphère réductrice recouvrant la Terre primitive ait pu engendrer la vie. Stanley Miller prend le parti de synthétiser cette atmosphère primitive dans laquelle il mélange entre autres du méthane (CH_4), de l'ammoniac gazeux (NH_3) et de l'hydrogène (H_2) qu'il fait barboter dans un ballon rempli d'eau (H_2O). Il chauffe ensuite le ballon jusqu'à ébullition, captant les vapeurs qui passent ensuite dans un autre ballon via une colonne de condensation. Dans ce second ballon, les vapeurs sont soumises à des arcs électriques censés reproduire les éclairs des orages animant cette Terre primitive. Les analyses chimiques des condensats montrent que des composés organiques sont synthétisés après une semaine de test. 2 % d'entre eux sont des acides aminés primitifs (dont 5 font même partie de notre code génétique). La publication des travaux de Stanley Miller en mai 1953 aura très vite un fort retentissement en démontrant que des briques du vivant pouvaient ainsi apparaître à partir de gaz présents dans la nébuleuse primitive et aux premiers âges de la Terre.

Controverses et rebondissements

Son expérience a été refaite des centaines de fois par diverses équipes scientifiques. En modifiant quelque peu les conditions opératoires, certaines de ces équipes ont réussi à synthétiser beaucoup plus d'acides aminés, et même des bases azotées de l'ADN, telles l'adénine et la guanine. Néanmoins, aucune n'est arrivée à créer des protéines complètes, ni des macromolécules pouvant supporter un quelconque matériel génétique. Par ailleurs, des critiques de l'expérience sont apparues au fil des années avec notamment la place prépondérante qu'aurait eu le gaz carbonique, à l'époque de la Terre primitive, par rapport à l'hydrogène (qui aurait finalement été beaucoup moins présent que ne l'envisageaient Urey et Miller). Dans ces nouvelles conditions opératoires, beaucoup moins réductrice, la synthèse d'acides aminés devient en effet beaucoup moins efficace. Depuis les années 1950, les hypothèses sur l'origine de la vie ont ainsi évolué : alors que la communauté scientifique pense que la vie serait apparue très tôt sur Terre (700 à 800 millions d'années après la naissance de notre planète), plusieurs origines de la vie sont aujourd'hui envisagées et pourraient être plus plausibles que celle envisagée durant l'expérience de Miller :

- En premier lieu, la chimie organique étant très active dans l'espace interstellaire, les comètes et les météorites contenant des acides aminés auraient contribué à ensemercer la Terre lors de leur impact avec le sol et surtout dans les océans.

- Par ailleurs, les sources chaudes hydrothermales (caractérisées par un bon nombre de gaz réducteurs et une source de chaleur) découvertes au fond des océans dans les années 1970-1980 pourraient aussi avoir servi de lieu de synthèse des premières molécules pré-biotiques.

Mais il n'en demeure pas moins que Stanley et Urey ont été des précurseurs dans leur domaine et que leurs travaux scientifiques ont donné envie à toute une nouvelle génération de chercheurs de travailler sur le sujet dans les années 1970-1980, faisant encore aujourd'hui de l'exobiologie et de la chimie pré-biotique, des thématiques de recherche fascinantes.

MOUROU

(Gérard, 1944-)

Physicien, co-inventeur de lasers hyperpuissants et d'une technique d'amplification dénommée « Chirped Pulse Amplification » (CPA), prix Nobel

Sa vie

Gérard Mourou naît le 22 juin 1944 à Alberville (Savoie). Il étudie de la 4^e à la terminale au lycée Ferdinand-Buisson de Voiron (Isère), dit La Nat. Poussé vers les sciences et la technologie par son père et son grand-père, il évoque ainsi que « C'est avant tout grâce à mon père que je me suis orienté vers le métier de chercheur. Il était ingénieur dans la distribution d'électricité et pendant ma jeunesse, il m'avait emmené avec lui sur plusieurs chantiers sur lesquels il travaillait. Nous étions très proches et il me parlait souvent de son métier d'ingénieur et de ses travaux, à tel point que les sciences sont devenues un domaine très familier pour moi ». À propos de son grand-père chez qui il passait ses vacances à Esperaza (Aude), il dit aussi : « Mon grand-père était bricoleur, et on peut dire que c'est avec lui que j'ai pris goût à la physique car on parlait beaucoup ». Il fait ses études supérieures à l'Université de Grenoble où il obtient une maîtrise de physique en 1967. La même année, il épouse Marcelle Rochebois (1944-) dont il aura trois enfants. Il « monte » à Paris à l'université Pierre-et-Marie Curie (U.P.M.C., aujourd'hui Paris VI-Sorbonne) pour un DEA et obtient ensuite une thèse de troisième cycle en physique en 1970, option optique approfondie, et dont le sujet est « Étude de la variation de fréquence des lasers à rubis déclenchés ». Il fait divers séjours en Amérique du Nord, tout en revenant en France à intervalle régulier : il effectue ainsi un post-doctorat au laboratoire de recherche en optique et laser de la faculté des sciences de l'Université Laval au Canada (où il travaille sur les lasers à impulsions brèves appliqués à l'étude des colorants en solution) avant d'obtenir son doctorat d'État ès sciences à l'Université de Paris VI-Sorbonne en 1973. Puis il repart un an à l'université de San Diego (Californie) avant de revenir en France au Laboratoire d'Optique Appliquée (LOA) de l'École Nationale Supérieure de Techniques Avancées (ENSTA) et de l'École Polytechnique. Enfin, il repart travailler aux États-Unis mais cette fois-ci pour de nombreuses années, d'abord aux *Bell Labs*, puis à l'université de Rochester (New York) en 1977 (où il aura entre autres comme étudiant Donna Strickland (1959-), avec qui il partagera le prix Nobel, voir ci-après). Ce sont ses travaux à Rochester qui ont conduit à la mise au point de la technique CPA (*Chirped Pulse Amplification*) qui a provoqué un grand engouement dans le milieu scientifique et dans les médias. C'est aussi à cette période que l'université du Michigan le recrute afin de diriger un très grand centre de recherche de la *National Science Foundation*. Il y reste de 1988 à 2005 et y découvre, de manière accidentelle, des applications de la CPA en ophtalmologie : ayant été atteint malencontreusement par un rayon du laser dans l'œil, un étudiant est conduit à l'hôpital, où le médecin qui l'examine s'écrie : « Mais quel laser a causé

cela ? Le dommage est absolument parfait ! ». Effectivement, le rayon du laser était tellement bien focalisé que le « dommage » sur la rétine était... parfait ! ... et c'est ainsi que cette technique de chirurgie ophtalmologique a démarré. Le succès est considérable : la première start-up lancée sur le sujet a été vendue 800 millions de dollars ! C'est l'exemple même de sérendipité (un anglicisme dénommant l'aptitude à faire par hasard une découverte inattendue et à en saisir l'utilité, voir Perkin et Fleming).

Après trente années passées aux États-Unis, Gérard Mourou revient en France pour prendre, de 2005 à 2009, la direction du LOA, devenu unité mixte de l'École polytechnique, du CNRS et de l'ENSTA ParisTech. En 2007, il crée l'Institut de la Lumière Extrême (ILE) qui a pour objectif la construction, sur le plateau de Saclay, du premier laser de haute puissance baptisé Apollon. En parallèle, il lance le projet européen *Extreme Light Infrastructure* (ELI) qui permet la construction de trois grandes installations laser d'une puissance de l'ordre du pétawatt (10^{15} W) dans plusieurs pays d'Europe de l'Est sous l'égide du Fonds européen de développement économique et régional (FEDER) : ELI-Beamline près de Prague, ELI-APS à Szeged (Hongrie) et ELI-NP à Magurele près de Bucarest (Roumanie). En 2013, Gérard Mourou lance aussi avec l'entreprise Thalès, le projet ICAN (*International Coherent amplification network*) qui vise à repousser les limites des lasers ultracourts actuels en réalisant la combinaison cohérente d'un grand nombre de fibres optiques. En 2014, il est codirecteur de IZEST (*International Zetta-Exawatt Science and Technology*) auquel sont associés plus de 27 laboratoires à travers le monde pour anticiper l'avenir des lasers de hautes intensités. Les puissances visées seront de l'ordre de l'Exawatt (10^{18} W) et du Zettawatt (10^{21} W) pendant un temps très bref, de l'ordre de la femtoseconde (10^{-15} seconde). Ces lasers reposent sur des principes nouveaux unifiant le domaine des hautes énergies et des hautes intensités. Leurs réalisations font appel aux ressources intellectuelles internationales des laboratoires les plus actifs au monde dans le domaine des hautes intensités mais aussi de la physique des particules, comme le CERN, le KEK au Japon et *Fermi lab* aux États-Unis... En 2018, il partage le prix Nobel de physique avec la Canadienne, Donna Strickland, son ancienne doctorante, pour l'invention d'une technique CPA d'amplification des lasers. Cette chercheuse devient par la même occasion la troisième femme à obtenir le prix Nobel de physique, après Marie Curie en 1903 (voir Joliot-Curie) et Maria Goeppert-Mayer (1906-1972) en 1963. À noter, que le troisième récipiendaire de ce prix Nobel est l'Américain Arthur Ashkin (1922-2020), le nobéliste le plus âgé à ce jour, pour avoir réussi à manipuler des cellules vivantes, virus et autres bactéries grâce à des « pinces optiques » (une technologie qui utilise la force résultant de la réfraction d'un faisceau laser en milieu transparent, pour déplacer des objets diélectriques microscopiques).

Les récents travaux sur les lasers de Gérard Mourou concernent sur le traitement des déchets nucléaires. Il dit à ce sujet lors d'une conférence en 2019 : « Pour la transmutation des déchets...il nous faudra modifier le laser, avec une énergie beaucoup plus puissante que celle utilisée en ophtalmologie. Des lasers ultra-intenses et grand flux, pouvant irradier des quantités plus importantes de matière, pourraient être utilisés pour bombarder les noyaux atomiques d'isotopes radioactifs en modifiant leurs propriétés... Ainsi certains atomes pourraient perdre leur radioactivité en trente minutes au lieu d'une durée de l'ordre du million d'années. Dans un premier temps, nous pourrions descendre cette durée à une centaine d'années. Mais je ne veux pas donner de faux espoirs, car il faudra plusieurs années pour valider le concept ». Il est actuellement, en 2024, membre du Haut Collège de l'École polytechnique. Dans cette école, il

développe un laser qui pourrait être placé sur la station spatiale internationale pour tirer sur les débris spatiaux et les envoyer brûler dans l'atmosphère. Il a ainsi encore de nombreux projets en tête, notamment dans le domaine de la santé et en particulier en oncologie, où les lasers très puissants pourraient peut-être devenir une alternative à la radiothérapie conventionnelle par rayons X... c'est exactement le type d'avancées scientifiques qu'Alfred Nobel souhaitait voir récompensé et mise en valeur dans son testament (voir Nobel).

La technique d'amplification d'impulsions laser à dérive de fréquence (CPA)

Avant le développement de cette technique, les chercheurs étaient gênés car lorsqu'un certain seuil de puissance était atteint, il était impossible de plus amplifier. Le champ électrique laser était tellement élevé que l'on endommageait le matériel optique lui-même. En 1985, Mourou et sa doctorante, Donna Strickland, décrivent, dans un article, une méthode qui permet de contourner cette limitation physique, en répartissant de manière judicieuse l'énergie lumineuse dans le temps. L'impulsion laser, très courte au départ, est temporellement étirée à l'aide de technologies classiques de dispersion en fréquence, comme des réseaux de diffraction disposés de telle sorte que les composantes de basses fréquences (rouge) parcourent un chemin plus court que les composantes de hautes fréquences (bleu). En sortie de cet étireur, l'impulsion possède une dérive de fréquence positive et sa durée est allongée de quelques femtosecondes (10^{-15} seconde) à quelques nanosecondes (10^{-9} seconde). Son intensité est faible et peut être introduite dans un milieu amplificateur, sans causer de dommage à celui-ci, avant d'être re-comprimée avec les mêmes technologies de dispersion en fréquence par un procédé inverse. Cette re-compression temporelle conduit à une amplification extrêmement marquée du signal. Appelée amplification à dérive de fréquence (plus connue sous l'acronyme anglais *Chirped pulse amplification*, *chirp* désignant le gazouillis d'oiseau), cette technologie a permis le développement de lasers délivrant des impulsions ultracourtes de très hautes puissances (aujourd'hui de l'ordre de 10^{21} W/cm²), capables d'induire des pressions, températures et champs électriques extrêmement élevés en laboratoire.

Pour décrire de tels dispositifs, prenons l'exemple d'un tir laser de 10 PW (10×10^{15} W) : le faisceau initial doit passer par cinq chambres d'amplifications successives, qui utilisent des cristaux et des lasers secondaires. En sortie de chaque chambre le diamètre du faisceau laser principal augmente pour répartir l'intensité croissante sur une surface à chaque fois plus grande, ce qui permet d'éviter d'endommager les composants optiques. À la sortie du dispositif, l'impulsion termine sa course dans le vide, dans de larges tubes étanches, pour éviter toute interaction avec l'air qui risquerait de perturber l'impulsion. Dans une grande boîte blindée, un dernier miroir focalise le laser sur la cible. L'objectif d'un tel bombardement est de mesurer, par exemple des réactions chimiques et biologiques, avec une instrumentation très sophistiquée ce qui se passe à des niveaux d'énergie qui sont normalement impossibles à atteindre. Théoriquement, le laser peut réaliser un tir à 10 PW toutes les minutes, mais la préparation et le choix des cibles prennent plus de temps.

PICCARD

(Auguste, 1884-1962)

Physicien, savant explorateur des extrêmes, de la stratosphère au fond des mers

Formation et entourage familial

Auguste Piccard naît le 28 janvier 1884 à Bâle en Suisse. Il est le frère jumeau de l'aéronaute Jean Piccard (1884-1963), pionnier comme son frère des vols stratosphériques et de la recherche sur les rayons cosmiques, le père de l'océanographe Jacques Piccard (1922-2008), concepteur de nombreux sous-marins, et le grand-père de l'aéronaute Bertrand Piccard (né en 1958) qui utilise l'énergie solaire pour faire voler les avions et qui a réalisé le tour du monde en ballon. L'aventure aérienne ou marine est donc une passion familiale chez trois générations de Piccard, mais Auguste Piccard va s'intéresser à de nombreux domaines scientifiques durant sa carrière. En 1903, Auguste Piccard est étudiant à la faculté de Philosophie (Sciences naturelles) de l'Université de Bâle et en 1904 il publie son premier travail scientifique intitulé « Nouveaux essais sur la sensibilité géotropique des extrémités des racines ». Cet essai étudie l'effet de la gravité terrestre sur l'orientation et la croissance des racines des plantes. En 1910, il obtient son diplôme d'ingénieur et prépare une thèse de doctorat qu'il soutient juste avant la Première Guerre mondiale. Il est par la suite nommé Professeur de physique à l'Université libre de Bruxelles (Faculté des sciences appliquées-École polytechnique). De ce fait pour ses travaux il bénéficie de l'aide financière du Fonds National de la Recherche Scientifique de Belgique (FNRS). Le sigle FNRS figure sur ses ballons et ses bathyscaphes.

Les premiers vols stratosphériques en ballon

Auguste Piccard qui a fait son service militaire en Suisse dans une compagnie d'aérostiers se passionne tout d'abord pour les expéditions en ballon où il effectue avec l'aide de coéquipiers des observations et expériences scientifiques. En 1922 et 1923, Auguste Piccard réalise ses premiers vols en ballon gonflé à l'hydrogène et est à cette occasion le premier à utiliser un aéronef pressurisé. En 1923, il participe dans des conditions atmosphériques mauvaises à la course internationale Gordon Bennett où il rallie les Pays-Bas à 85 kilomètres de son point de départ en Belgique et se classe 10^e. En juin 1926, il refait à 4 500 mètres d'altitude l'expérience de Michelson et Morley ; cette expérience démontre l'invariance de la vitesse de propagation de la lumière. En octobre 1927, il est invité à participer au cinquième Congrès international Solvay, la conférence réunissant les plus grands physiciens et chimistes de l'époque.

En 1929, afin d'explorer la stratosphère, il conçoit un ballon destiné à atteindre de très hautes altitudes et obtient du FNRS le financement nécessaire pour le réaliser. Le ballon dont l'enveloppe est en coton est fabriqué par une entreprise autrichienne d'Augsbourg. Gonflé à l'hydrogène, son diamètre doit atteindre 30 mètres à l'altitude maximale. La nacelle sphérique en aluminium et étanche est destinée à accueillir deux hommes et est équipée pour pouvoir diriger le

ballon et effectuer des mesures de pression, de température et de rayonnement cosmique à diverses altitudes. Le dégagement de dioxyde de carbone (CO₂) induit par la respiration des deux aéronautes est absorbé par une solution à base de chaux et le renouvellement de l'oxygène est assuré par versement sur le sol de la nacelle d'oxygène liquide. Après un report du départ dû à de mauvaises conditions météorologiques, Auguste Piccard et l'ingénieur suisse Paul Kipfer (1905-1980) prennent leur envol le 27 mai 1931 à 4 heures du matin d'Augsbourg. Cette fois le temps est au beau fixe. Une demi-heure après leur départ, ils atteignent l'altitude de 15 000 mètres. Après un lâcher de lest ils frôlent les 16 000 mètres (record du monde à l'époque, homologué à 15 781 mètres) : ils deviennent ainsi les premiers hommes à avoir atteint la stratosphère. Malgré de nombreuses avaries (manque d'étanchéité de la nacelle, risques de déshydratation dus à une élévation de la température de la nacelle, blocage du cordon actionnant la soupape de libération du gaz afin de redescendre), ils font leurs observations scientifiques et finissent par atterrir vers 21 heures sains et saufs durant la nuit sur un glacier du Tyrol. Leur retour est triomphal et Auguste Piccard reçoit la Légion d'honneur. Après remplacement de la nacelle endommagée par une nacelle légèrement modifiée, Auguste Piccard et son assistant belge Max Cosyns (1906-1998) décollent le 18 août 1932 près de Zürich en Suisse vers 5 heures du matin. À 10 h 40, ils atteignent l'altitude maximale de 16 201 mètres selon le baromètre, améliorant ainsi leur record d'altitude. Ils se posent finalement en Italie vers 17 heures après un vol sans problème particulier. Le 18 août 1934 le ballon accomplit un troisième et dernier voyage avec à son bord Max Cosyns et Nérée Vander Elst (1911-1968). Partant de Belgique, ils atterrissent en Slovénie, réalisant un parcours record de 1 800 kilomètres tout en atteignant l'altitude de 15 500 mètres. On doit par la suite abandonner le ballon dont l'enveloppe est devenue poreuse.

Invention des premiers bathyscaphes

Durant la Seconde Guerre mondiale Auguste Piccard regagne la Suisse. Après la guerre, il reprend son poste de Professeur à l'Université libre de Bruxelles. Il se passionne désormais pour l'exploration des grands fonds marins et dès 1945 il conçoit son premier vaisseau des profondeurs, qu'il baptise « bathyscaphe. », du mot grec « *bathus* » qui signifie « profond ». Il est constitué d'une sphère en acier épais pouvant recevoir deux ou trois hommes et accrochée sous un flotteur rempli d'essence légère destinée à compenser le poids de la sphère et de ses passagers en vertu du principe de l'hydrostatique d'Archimède. Du lest (fait de grenailles de plomb) permet d'alourdir le submersible et d'effectuer la descente et la remontée s'effectue après avoir lâché le lest. Le premier bathyscaphe est conçu pour être embarqué à vide sur un bateau, mis à l'eau sur le lieu de plongée et rempli d'essence. En octobre 1948, Auguste Piccard et le spécialiste des déserts Théodore Monod (1902-2000) effectuent une plongée à -25 mètres à bord du FNRS 2 au large du Cap Vert. Mais en novembre lors d'une descente sans passagers à -1 400 mètres le submersible est endommagé et on ne peut ni le monter à bord ni le remorquer. Les bathyscaphes suivants sont conçus pour être remorqués remplis d'essence sur le lieu de plongée. Après ces modifications, le bathyscaphe rebaptisé FNRS 3 effectue des plongées depuis Toulon avec l'aide financière et humaine de la marine française. Le 15 février 1954, deux officiers-ingénieurs de la marine française établissent au large de Dakar un record de profondeur, atteignant la côte -4 050 mètres. Le fils d'Auguste Piccard, Jacques Piccard, obtiendra de la marine italienne le financement nécessaire à la réalisation d'un second bathyscaphe baptisé le « Trieste » (car conçu dans la ville du même nom en Italie) et dont les plongées deviendront légendaires (comme nous le détaillerons un peu plus loin).

Fin de vie et hommages posthumes

En 1954, Auguste Piccard se retire à Chexbres près du lac Léman en Suisse. Il y meurt le 24 mars 1962 à l'âge de 78 ans. De son vivant il a été élevé à la dignité de Commandeur de la Légion d'honneur et a reçu la médaille Rudolf-Diesel décernée par l'Institut Allemand des Inventions. Célèbre pour sa réputation de savant distrait (mais capable de faire des réparties humoristiques devant les médias), Auguste Piccard a inspiré à Hergé le personnage du Professeur Tryphon Tournesol dans les Aventures de Tintin. Jacques-Yves Cousteau dans son livre le Monde du Silence raconte ainsi qu'installé dans la sphère du bathyscaphe FNRS II lors d'un essai, Piccard voit une horloge murale mécanique arrêtée qu'il entreprend de remonter afin de la mettre à l'heure (ignorant que l'horloge en question servait de système de sécurité afin de larguer automatiquement le lest de sécurité au bout d'un temps déterminé). Modifié, le dispositif se déclenche alors que le bathyscaphe est encore pendu à la grue du bateau, et largue plusieurs tonnes de grenaille de fonte dans l'eau, manquant de peu un plongeur et retardant le premier essai de quelques jours. Mais Auguste Piccard était aussi réputé pour avoir du répondant face aux médias : s'étant posé sur un glacier après un vol, les journalistes lui firent remarquer qu'il pouvait être dangereux de s'aventurer dans la stratosphère sans matériel de montagne : il répondit qu'il n'avait pas non plus de smoking, au cas où il aurait atterri sur le palais des festivals de Venise.

Comme Tournesol, inventeur de la fusée qui emporte les héros d'Hergé sur la Lune, il a acquis une renommée cosmique : depuis le 13 septembre 1991 un astéroïde découvert par deux astronomes allemands porte le nom d'Auguste Piccard. À l'occasion de la fête nationale suisse de 1964, son fils Jaques Piccard construit un sous-marin touristique qui est baptisé « mésoscaphe Auguste Piccard » en hommage à son père. Des rues de nombreuses localités de Belgique, Suisse, France, Allemagne et Canada portent son nom. Un lycée de la ville de Lausanne inauguré en 1990 s'appelle « Gymnase Auguste Piccard ». Le compositeur Will Gregory a baptisé son opéra de musique électronique « Piccard dans l'Espace ». Il a été primé lors de sa représentation au Queen Elizabeth Hall de Londres le 31 mars 2011.

Trois générations d'innovateurs en lien avec l'aéronautique et l'océanographie

Comme précisé au début de ce texte, le frère jumeau d'Auguste Piccard, Jean Piccard (1884-1963), était donc aussi un pionnier des vols stratosphériques. En 1934, lors d'un vol en ballon effectué en compagnie de sa femme (l'Américaine Jeannette Ridlon (1895-1981) qui sera conseillère de la NASA de 1964 à 1970), Jean Piccard atteint l'altitude de 17 500 m, battant ainsi le record précédent établi par son frère en 1932. C'est le premier vol effectué aux États-Unis dans le but d'étudier le rayonnement cosmique, et Jeannette, qui pilote le ballon, devient par la même occasion la première femme à atteindre la stratosphère. De 1937 à 1952, il enseigne l'aéronautique à l'université du Minnesota où il mène des recherches scientifiques dans les domaines de l'aérostatique et de la physique de la stratosphère. C'est en son hommage qu'a été nommé le personnage de Star Trek Jean-Luc Picard.

En 1922, naît le fils d'Auguste, Jacques Piccard, qui deviendra un océanographe célèbre. En 1953, en tant que conseiller scientifique de la marine américaine, il utilise le Trieste dans le cadre de plusieurs plongées en Italie. Le 30 septembre de la même année, Auguste et Jacques Piccard établissent un nouveau record de plongée à -3 150 mètres au large de l'Italie. Finalement, le

Trieste est racheté par la marine américaine et est basé à San Diego. La sphère est remplacée par une sphère plus résistante forgée par Krupp afin de pouvoir explorer la fosse de Challenger au large des îles Mariannes dans l'océan Pacifique, le lieu le plus profond de la Terre. La sphère de deux mètres de diamètre est munie d'un hublot et de deux projecteurs, et est alimentée par des batteries électriques. Le 23 janvier 1960, Jacques atteint, en compagnie du lieutenant américain de la Navy, Don Walsh (1931-2023), le point appelé « *Challenger Deep* » dans la fosse des Mariannes qui l'endroit le plus profond sur Terre (-10 916 m). Commencé vers 8 heures du matin, les deux océanographes auront mis environ 5 heures pour atteindre le fond de la fosse où ils seront les premiers à voir la faune si spécifique (malgré l'énorme pression exercée par l'eau et le froid intense qui y règne). Cette découverte (entre autres) aura raison de l'idée d'utiliser cette fosse comme décharge de déchets nucléaires. Après plus de 8 heures de plongée, les deux explorateurs remontent à la surface. Jacques fondera par la suite une Fondation pour l'étude et la protection des mers et des lacs.

Jacques aura un enfant, Bertrand Piccard (1958-), psychanalyste, pionnier de l'aéronautique mais aussi fondateur avec sa femme Michèle d'une fondation mettant en avant les innovations technologiques en lien avec le développement durable. En compagnie du pilote britannique Brian Jones, il a réussi le premier tour du monde en ballon en 1999. Cette première mondiale fut réalisée après plusieurs essais. En janvier 1997, Bertrand Piccard tente son premier tour du monde en ballon sans escale, à bord d'une rozière (voir Montgolfier) comprenant une enveloppe d'air chaud entourant une autre poche de 15 000 mètres cubes d'hélium, tentative qui se solde par un échec après 6 heures de vol seulement, à la suite de fuites de kérosène dans la cabine. Pour sa deuxième tentative, un ballon plus grand (16 500 mètres cubes d'hélium pour 53 m de hauteur), s'envole des Préalpes vaudoises le 28 janvier 1998 : le vol commence bien malgré quelques aléas techniques mais le refus chinois d'autoriser la traversée du territoire sera fatal à cet essai de tour du monde au bout d'un peu plus de 9 jours. Enfin, la troisième tentative fut la bonne : Bertrand Piccard et son équipe embarquent dans un ballon encore plus grand (18 500 mètres cubes d'hélium, 55 m de haut) et bouclent le tour du monde en un peu moins de 20 jours le 21 mars 1999 après avoir parcouru 45 755 kilomètres. Un peu plus tard en 2003, Bertrand Piccard s'associe avec l'École polytechnique fédérale de Lausanne pour développer un projet d'avion fonctionnant à l'énergie solaire. Le « *Solar Impulse* » réussit son premier vol international en 2011, de Payerne (en Suisse) à Bruxelles (en Belgique). La deuxième version de l'avion réalise un tour du monde avec escales entre mars 2015 et juillet 2016 : la traversée du Pacifique représentant le record de vol en solitaire sans ravitaillement ni escale avec 5 jours et 5 nuits pour parcourir 8 900 kilomètres. Un vol autour du monde d'une seule traite à l'aide d'un nouvel avion propulsé par d'hydrogène est actuellement en cours de gestation avec l'objectif de pouvoir être réalisé en 2028.

SODDY

(Frederick Soddy, 1877-1956)

Physicien et chimiste, découvreur des isotopes, prix Nobel

Formation et premières études de la radioactivité

Frederick Soddy naît le 2 septembre 1877 à Eastbourne dans le comté du Sussex en Angleterre. Son père, Benjamin Soddy, est un marchand de maïs à Londres. Il avait sept frères et sœurs. Il suit les cours du collège d'Eastbourne, puis de l'Université de Galles à Aberystwyth. Excellent élève, il obtient une bourse d'étude et poursuit son cursus universitaire au Collège Merton à Oxford. Diplômé en chimie dans les meilleurs rangs, Soddy effectue divers travaux de recherches à Oxford de 1898 à 1900.

On est alors dans les premiers temps des recherches sur la radioactivité, mise en évidence par le physicien français Henry Becquerel (1852-1908) qui découvre en 1896 par hasard que les sels d'uranium émettent un nouveau type de rayonnement qui produit une ionisation des gaz (formation de particules chargées électriquement). Ce nouveau phénomène est étudié par Pierre (1859-1905) et Marie (1867-1934) Curie auxquels on doit les termes de radioactivité et de corps radioactif, qui montrent que la radioactivité est un phénomène propre à certains éléments, comme l'uranium et le thorium, indépendamment de leur état de liaison chimique et découvrent en 1898 dans la pechblende, un minerai d'uranium, deux nouveaux éléments radioactifs : le radium et le polonium. Frederick Soddy va participer activement à ces études avec ses compétences de chimiste averti.

En 1900, Soddy rejoint l'Université Mc Gill de Montréal au Québec où il est nommé préparateur en chimie. Son chef est le physicien néozélandais Ernest Rutherford (1871-1937), qui a entrepris d'étudier la radioactivité et mis en évidence en 1899 que le rayonnement radioactif est double, baptisant ces rayonnements rayons alpha et rayons bêta. En fait, on découvrira plus tard en France l'existence d'un troisième type de rayonnement, les rayons gamma. Rutherford avait également constaté que les composés du radium émettent des particules baptisées « émanation » qui rendaient radioactives les parois où elles se déposaient pendant quelques minutes, ce qui compliquait fortement les études.

Tout d'abord, Soddy montre que l'émanation du radium est en fait un gaz noble qui sera par la suite baptisé radon (analogue à l'hélium et à l'argon qui sont dépourvus de réactivité chimique et forment des gaz monoatomiques et pour lesquels il fallut rajouter une colonne supplémentaire dans la table périodique des éléments après leur découverte à la fin du XIX^e siècle par le chimiste écossais William Ramsay [1852-1916]). Ils montrent que la radioactivité s'accompagne de la disparition progressive (désintégration) d'un élément et de l'apparition d'un autre élément. Un élément radioactif (le père) donne ainsi naissance à une série successive d'éléments radioactifs, cette famille se terminant par la formation d'un élément stable et non radioactif. La radioactivité

réalisait ainsi le rêve millénaire de transmutation des éléments des alchimistes. Ils montrent que la masse M d'un élément radioactif décroît exponentiellement au cours du temps t : $M = M_0 \exp(-\lambda t)$ où M_0 est la masse initiale et λ une constante caractéristique de l'élément. On définit la demi-vie du matériau radioactif comme le temps T pour lequel la masse a diminué de moitié : $T = 0,693/\lambda$. Les observations de Rutherford et Soddy montrent que cette demi-vie est très variable, égale pour certains éléments à quelques secondes, et pouvant atteindre des valeurs très élevées (des milliers d'années) pour certains éléments comme l'uranium. Ils sont également conscients du fait que ces transformations d'éléments s'accompagnent du dégagement d'une énergie prodigieuse, très supérieure aux dégagements d'énergie des réactions chimiques classiques, mais Rutherford pense qu'il sera toujours impossible d'exploiter cette source d'énergie.

Poursuites de ses travaux de recherches

En 1903, Soddy rejoint William Ramsay à l'« *University College* » de Londres et ils démontrent (en utilisant la spectroscopie) que la désintégration du radium produit de l'hélium. De 1904 à 1914, il est chargé de cours en chimie physique et radioactivité à l'Université de Glasgow et poursuit ses recherches. Il montre ainsi les faits suivants :

La désintégration de l'uranium produit du radium.

L'émission du rayonnement alpha fait décroître de deux unités le numéro atomique Z de l'élément radioactif. L'élément recule ainsi de deux cases dans la table périodique des éléments. Ce résultat est appelé « loi de Soddy ». Il s'explique par le fait que le rayonnement alpha est induit par un flux d'ions hélium dont l'atome comporte deux protons (le nombre de protons définit le numéro atomique) comme le démontrera par la suite Rutherford en 1906.

Un élément radioactif peut avoir plusieurs masses atomiques tout en ayant les mêmes propriétés chimiques : il met ainsi en évidence pour la première fois la notion d'isotope. Introduit dans le journal *Nature* le 12 février 1913, le mot « isotope » comprend iso = même et topos = lieu, car ils occupent la même place dans le tableau périodique des éléments. Par la suite, Soddy montre que des éléments non radioactifs peuvent avoir plusieurs isotopes. C'est le cas par exemple du carbone qui a trois isotopes naturels : ^{12}C , ^{13}C et ^{14}C . Ce résultat est établi par Soddy en 1913. De nos jours on sait que les isotopes d'un élément ont tous le même nombre Z de protons et d'électrons, mais un nombre différent de neutrons (qui ne seront découverts qu'en 1932 par James Chadwick (1891-1974), ce qui montre le caractère révolutionnaire de la découverte de Soddy), d'où la différence de masses atomiques (qui dépendent en première approximation du nombre de protons et de neutrons) et l'impossibilité de les différencier par leurs propriétés chimiques qui dépendent uniquement du nombre d'électrons.

En 1908, il épouse Winifred Moller Beilby (1885-1936) née à Edimbourg en Ecosse (ils n'eurent jamais d'enfant). Par la suite, l'importance de ses travaux amène une première reconnaissance officielle : Frederick Soddy devient membre de la *Royal Society* de Londres en 1910.

La fin de son cursus universitaire

En 1914, Soddy est nommé Professeur de Chimie à l'Université d'Aberdeen et il découvre l'élément protactinium en 1917 qui est un métal gris-argent de la famille des actinides (Pa, numéro atomique 91). Mais la guerre modifie peu à peu ces projets de recherches : il arrête définitivement de travailler sur la radioactivité par la suite, et s'intéresse de plus en plus à la

politique et à la réforme monétaire. En 1919, il est nommé Professeur de Chimie à l'Université d'Oxford et il entreprend de réorganiser les cours et les laboratoires de chimie. En 1921, Frederick Soddy est lauréat du prix Nobel de chimie « pour ses contributions à notre connaissance de la chimie des substances radioactives, et ses recherches à propos de l'origine et la nature des isotopes ». Le prix Nobel de chimie 1921 a été attribué en décembre 1922. Il faut noter que dans ses travaux Frederick Soddy a bénéficié de l'aide d'une assistante particulièrement compétente, Ada Hitchins (1891-1972). Diplômée de l'Université de Glasgow en 1913, elle l'assiste durant un an et le suit à Aberdeen. La guerre interrompt leur collaboration et ce n'est qu'en 1921 que Soddy peut la faire venir à Oxford où elle devient son assistante privée. Très minutieuse, elle effectue des mesures très précises des masses atomiques de divers éléments et permet à Soddy de préciser les processus de désintégration des éléments radioactifs et de dégager la notion d'isotopes.

De 1921 à 1934, Soddy écrit quatre livres consacrés à l'analyse des problèmes économiques et monétaires à l'échelle mondiale. Dans ses écrits, il préconise l'abandon de l'étalon-or, l'instauration de taux de change flottants, l'utilisation des déficits budgétaires pour lutter contre les crises économiques, la création d'instituts nationaux dédiés à l'analyse statistique des divers aspects de l'économie et permettant ainsi de faciliter la prise de décisions macro-économiques. Il souligne que la croissance économique est incompatible avec l'utilisation de ressources en énergie fossile non renouvelables. Mais ses propositions largement adoptées de nos jours sont très en avance sur les conceptions de ses contemporains et ne sont pas prises au sérieux. À noter qu'il s'est également intéressé à divers problèmes de mathématiques et mécanique. On peut citer le « théorème de Soddy » qui établit l'existence d'un cercle tangent à trois cercles tangents deux à deux.

Frederick Soddy prend sa retraite en 1936, année de la mort de son épouse (du fait d'une thrombose). Il meurt le 22 septembre 1956 à Brighton en Angleterre. De ses travaux scientifiques il laisse une série de livres : « *Radioactivity* » (1904) ; « *The Interpretation of Radium* » (1909) ; « *The Chemistry of the Radioactive Elements* » (1912-1914) ; « *Matter and Energy* » (1912) ; « *Science and Life* » (1920) ; « *The Interpretation of the Atom* (1932) ; « *The Story of Atomic Energy* » (1949) ; « *Atomic Transmutation* » (1953).

WEGENER

(Alfred Lothar, 1880-1930)

***Astronome et météorologue, promoteur de la théorie de la
« dérive des continents »***

Une vie d'« aventurier scientifique » et complicité avec son frère Kurt

Né à Berlin le 1^{er} novembre 1880, Alfred est le plus jeune des cinq enfants de Richard Wegener (1843-1917), théologien et professeur de langues anciennes, et d'Anna, née Schwarz (1847-1919). Comme nous le verrons ci-après, Alfred sera très proche de son frère Kurt (1878-1964) qui partagera la même soif d'aventures scientifiques. Alfred effectue ses études au lycée de Cölln à Berlin, puis dans différentes universités : Heidelberg, Innsbruck et enfin Berlin, où il défend une thèse en astronomie sur les tables alphonsines (des tables astronomiques basées sur le système géocentrique de Ptolémée, composées par ordre d'Alphonse X, roi de Castille à la fin du XIII^e siècle, permettant de calculer la position du Soleil, de la Lune et des planètes). Alfred Wegener est ensuite nommé astronome à l'Urania (un centre fondé à Berlin en 1888 pour promouvoir l'excellence scientifique) mais il démissionne rapidement pour devenir adjoint à l'observatoire aéronautique de cette même ville, au côté de son frère aîné Kurt.

Cette fois réunis dans le même établissement, Alfred et Kurt Wegener entreprennent du 5 au 7 avril 1906 un vol d'endurance en ballon libre et établissent un record du monde d'une durée de 52 heures à cette occasion. Commencent ensuite ses premières expéditions dans le monde polaire : Alfred Wegener participe en tant que météorologue à l'expédition Danmark (nommée d'après leur bateau) sur la côte nord-ouest du Groenland de 1906 à 1908 (qui verra le décès du chef de l'expédition Ludvig Mylius-Erichsen [1872-1907]). Il réalise des recherches météorologiques au moyen de cerfs-volants et de ballons. Il passe ensuite son doctorat en astronomie et météorologie à l'Université de Marbourg (Allemagne), où il y donne des cours qu'il réunira plus tard dans un ouvrage intitulé « Cours sur la thermodynamique de l'atmosphère ». Cet ouvrage, publié en 1911, sera remplacé par un ouvrage coécrit avec Kurt et publié à titre posthume en 1935. Alfred retourne en 1912 au Groenland pour y hiverner à l'extrémité Est et traverser ensuite l'île de part en part dans sa partie la plus large. À cause des conditions météorologiques très mauvaises, le départ ne s'effectue qu'en 1913 et la traversée de la calotte polaire dure deux mois. À son retour, il se marie avec Else Köppen (1892-1992, la fille de Wladimir Peter Köppen, son ancien professeur en paléoclimatologie). Ils auront trois enfants, Hilde, Kathe et Charlotte. Servant en tant que météorologue pendant la Première Guerre mondiale, il est blessé au bras et au cou, il profite de sa convalescence pour rédiger « *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* » (« La Genèse des continents et des océans »). Après la guerre, son frère et lui sont nommés respectivement professeur extraordinaire de météorologie à la nouvelle université de Hambourg qui vient d'être créée et chef de section à l'Observatoire maritime allemand. En 1924, il accepte un poste de professeur de météorologie et géophysique à

l'université de Graz (Autriche). Il rédige par la suite un article avec son beau-père « *Die Klimate der Geologischen Vorzeit* » (« Les climats du passé géologique ») qui concerne notamment l'étude des ères glaciaires en paléoclimatologie.

L'année 1930 voit le début d'une dernière expédition au Groenland qui aura un destin tragique : bien qu'elle ait permis de mesurer l'épaisseur de l'inlandsis (glacier continental de plus de 1800 mètres d'épaisseur !) et la mise en place de trois stations météorologiques destinées à mieux sécuriser les routes aériennes au-dessus de l'Atlantique, elle se terminera en effet par le décès d'Alfred Wegener. Au cours de cette expédition, l'explorateur allemand Johannes Georgi (1888-1972) dirige en effet la station d'Eismitte. En octobre, celle-ci ne possède presque plus de stock de nourritures et de carburants et Wegener décide d'effectuer un quatrième et dernier transport avant l'hivernage, pour que Georgi et le glaciologue allemand Ernst Sorge (1899-1946) puissent rester en poste. Le 21 septembre, Wegener, le météorologue Fritz Loewe (1895-1974) et 13 autres Groenlandais partent ravitailler la base. Le mauvais temps et la neige ne laissent que trois d'entre eux (Alfred Wegener, Loewe et le Groenlandais maître-chien Rasmus Villumsen) arriver à Eismitte le 30 octobre. Wegener et Villumsen entament le chemin du retour deux jours après (le jour de son 50^e anniversaire), sans Loewe dont les orteils ont gelés. Ils n'arriveront malheureusement jamais à bon port, le corps de Wegener n'étant retrouvé, gelé dans son sac de couchage, que le 12 mai 1931 suivant (celui de Villumsen n'a jamais été retrouvé). Son frère, Kurt, vient au Groenland cette même année pour poursuivre et terminer l'expédition d'Alfred. Après l'expédition, Johannes Georgi est accusé par d'autres participants de l'expédition (et notamment Kurt Wegener) d'avoir causé la mort d'Alfred Wegener en ayant exigé plus de nourriture et de pétrole. Un procès tenu en 1937 a permis un règlement entre les deux parties, mais en leur interdisant d'en discuter davantage en public. Kurt, de son côté, passera les dernières années de sa vie avec sa belle-sœur Else à Munich.

Translations horizontales des continents et théorie de la « dérive des continents »

À Anvers au XVI^e siècle, le cartographe Abraham Ortelius (1527-1596) avait déjà remarqué que les formes de l'Afrique et de l'Amérique du Sud pouvaient s'emboîter, au point que les Amériques auraient pu être rattachées à l'Europe et l'Afrique par le passé. De nombreux autres savants, comme Theodor Christoph Lilienthal (1717-1781) et Alexander von Humboldt (1769-1859) soutiendront cette thèse tout au long des siècles suivants. Le géologue Charles Lyell (1797-1875) écrit ainsi vers la fin de sa vie : « *Continents, therefore, although permanent for whole geological epochs, shift their positions entirely in the course of ages* » (« Les continents, donc, bien que permanents durant des périodes géologiques entières, changent complètement de position au cours des âges »). Mais cette idée fait encore souvent l'objet de nombreux débats dans la communauté scientifique : certains savants comme le géologue James Dwight Dana (1813-1895) et le géographe Alfred Russel Wallace (1823-1913) soutiennent que les continents sont fixes, alors que d'autres, comme Roberto Montovani (1854-1933), William Henry Pickering (1858-1938) et Frank Bursley Taylor (1860-1938) pensent le contraire. L'existence passée du supercontinent appelé Gondwana et de l'océan Téthys est ainsi proposée par le géologue Edouard Suess (1831-1914) alors que Montovani souligne la similitude des formations géologiques des continents méridionaux. Cependant, celui-ci explique que la fracturation du supercontinent est due à l'activité volcanique et l'éloignement ultérieur des continents est lié à une supposée

dilatation thermique de la terre. Taylor, de son côté, pense que les continents se sont déplacés par un processus de « glissement continental » dû aux forces de marée pendant la capture supposée de la Lune. Il est le premier à réaliser que l'un des effets des déplacements continentaux est la formation de montagnes, et comprend que la formation de l'Himalaya est liée à la collision entre le sous-continent indien et l'Asie (pendant un temps la dérive des continents sera connue sous le nom d'« hypothèse de Taylor-Wegener »).

Le 6 janvier 1912, après quelques années de réflexion sur le sujet, Alfred Wegener communique lors d'une conférence à la Société géologique de Francfort sur « les translations horizontales des continents », dans laquelle il propose une nouvelle théorie associant géophysique, géographie et géologie. Il dit notamment « ... Du moment que les translations continentales se sont produites au cours des longues périodes géologiques, il est probable qu'elles durent encore. Il s'agit seulement de savoir si ces mouvements sont assez rapides pour qu'on puisse les déceler à l'aide de mesures astronomiques répétées dans un intervalle de temps relativement court... ». Publié en 1915 (puis réédité trois fois durant les quinze années qui suivirent), l'ouvrage « *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* » (« La Genèse des continents et des océans ») reprend les idées qu'il avait exposées lors de cette communication, augmentées d'observations provenant de sa deuxième expédition au Groenland. Dans ce livre, il rejette le modèle existant à l'époque en expliquant la présence des montagnes et des océans par des plissements dus au refroidissement de la Terre. Sa théorie s'appuie principalement sur la complémentarité entre les côtes et certaines structures géologiques de part et d'autre de l'Océan Atlantique (similitudes quant à l'âge et la nature des terrains mais aussi l'orientation des déformations) et sur la présence de faunes communes durant les ères primaire et secondaire en Amérique, en Afrique du Sud, à Madagascar, en Inde, en Australie et dans l'Antarctique. De multiples indices l'amènent à penser qu'une dérive des continents a bien lieu, mouvement qui aurait formé il y a 200 à 300 millions d'années environ un supercontinent unique, la Pangée, bordé d'un super-océan, la Panthalassa. Par ailleurs, il met en avant des indices montrant que les climats durant ces périodes pouvaient être très différents des climats actuels (par exemple, avec un climat polaire lié à certains fossiles trouvés en Afrique du Sud et en Australie, alors que des fossiles de fougères arborescentes, typiques d'un climat tropical, étaient trouvés en Europe et Amérique du Nord). Wegener tente également (mais en vain) de démontrer que l'Amérique s'éloigne de l'Europe en utilisant des calculs de géodésie et la durée de la transmission des ondes radio. Seules des recherches ultérieures, plus précises, confirmeront ce mouvement.

De la dérive des continents à la tectonique des plaques

La principale faiblesse de la théorie de Wegener est liée à l'hypothèse évoquée à l'époque pour expliquer la dérive des continents. Il évoque en effet les marées lunaires comme principal moteur des changements de positions des continents : cette erreur renforcera les positions les plus conservatrices de la communauté scientifique pendant plusieurs décennies. Heureusement, la théorie de Wegener garde des partisans. Le Sud-Africain Alexander Du Toit (1878-1948) met en évidence la similitude des anciennes formations géologiques d'Amérique du Sud et d'Afrique de l'Ouest et du Sud. Puis, 'du Français Boris Choubert (1906-1983) de confirmer les travaux de Du Toit après avoir travaillé sur les roches du Gabon, du C En econstituent les positions de l'Amérique, de l'Afrique et de l'Europe il y a plus de 250 millions d'années, en se basant sur l'isobathe des mille mètres, bien plus représentative de la bordure des plaques continentales. En reconstituant les chaînes de montagnes de chaque côté de l'Atlantique, il montre que les trois

cratons précambriens (des éléments anciens de la croûte continentale qui ont survécu à la fusion et à la séparation des continents, constitués des boucliers canadien et scandinave au nord, Gondwana au sud) formaient il y a plus de 500 millions d'années un seul et même continent qui s'est ensuite fragmenté. Mais les études de Choubert, publiées en français dans une revue francophone de faible rayonnement international, sont restées méconnues pendant longtemps (à noter que c'est lui aussi qui proposa l'idée que la péninsule Ibérique avait subi une rotation par rapport au reste de l'Europe).

Au cours des décennies 1930-1960, avec l'idée d'attribuer la « dérive des continents » à des mouvements de convection dans le manteau terrestre, l'accumulation de données sismiques et magnétiques, et surtout la découverte de l'expansion des fonds océaniques en 1963, la théorie de Wegener devient de plus en plus convaincante. En 1965, le géophysicien Edward Bullard (1907-1980) publie un article qui deviendra célèbre dans lequel une reconstitution numérique voisine de celle de Choubert est réalisée à l'aide d'un ordinateur. La nouvelle génération de géologues, éduquée dans les années 60 et 70 ne remettra plus jamais en question la théorie mise en avant par Wegener et vérifiée par de nombreuses observations et modélisations.

BIBLIOGRAPHIE

• Chapitre I. Le ^{xviii}^e siècle, des savants à l'époque des Lumières

- N. Appert, « *Le livre de tous les ménages ou l'art de conserver pendant plusieurs années toutes les substances animales et végétales* », ouvrage soumis au Bureau consultatif des arts et manufactures, chez Patris et Cie imprimeurs-Libraires, 1810.
- J-P. Barbier, « *Nicolas Appert, inventeur et humaniste* », Éditions Royer, 1994.
- L.-A. de Bougainville, « *Voyage autour du monde par la frégate du Roi la Boudeuse et la flûte l'Etoile, en 1766, 1767, 1768 et 1769* », Saillant et Nyon, libraires, de l'imprimerie de le Breton, premier Imprimeur du ROI, Paris, 1771.
- C. Boyer, « *Le cou de la girafe : Lamarck, et puis Darwin* », enseignement philosophique (61^e année), pp. 48-54, Éditions Association des Professeurs de philosophie de l'enseignement Public, 2011/2.
- L. Breguet, J. Breguet, C. Richet, « *D'un nouvel appareil d'aviation dénommé gyroplane* », note transmise par M. Lippmann, Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1907, 2^e semestre, tome CXLV, n° 12, pp. 523-524, séance du 16 septembre 1907.
- E. Breguet, N. Minder, R. de Pierri, « *Abraham-Louis Breguet : L'horlogerie à la conquête du monde* », Éditions Somogy, 2011.
- E. Breguet, « *Breguet, un siècle d'aviation* », Éditions Privat, 2012.
- P. Bret, « *Conté, Nicolas-Jacques (1755-1805). Démonstrateur et Administrateur du Conservatoire (1794-1805)* », Les professeurs du Conservatoire National des Arts et Métiers, Dictionnaire biographique 1794-1955. Tome 1, Publications de l'institut national de recherche pédagogique, volume 19, pp. 343-355, 1994.
- C. Christinat, « *Une femme globe-trotter avec Bougainville : Jeanne Barret (1740-1807)* », Revue française d'histoire d'outre-mer, tome 83, n° 310, pp. 83-95, 1^{er} trimestre 1996.
- D. Clode, « *In search of the woman who sailed the world* », Éditions Picador, Australie, 2020.
- N. de Condorcet, « Éloge de M. Bernoulli » dans Histoire de l'Académie royale des sciences - année 1782, Imprimerie royale, pp. 82-104, 1785.
- N. de Condorcet, « Éloge de M. Marggraf », Histoire de l'Académie royale des sciences - année 1782, Imprimerie royale, pp. 122-130, 1785.
- P. Corsi, « *Lamarck, genèse et enjeux du transformisme.1770-1830* », CNRS Histoire des Sciences, 2001.
- J. Costantin, « *Les derniers jours de Lamarck – Sa mort – Sa Philosophie morale* », in Les Professeurs du Muséum (ed.), Centenaire de Lamarck. Archives du Muséum national d'Histoire naturelle, 6^e série 6 (1), pp. 5-10, 1930.

- G. Cuvier, « **Éloge de M. De Lamarck** », lu à l'Académie des Sciences, le 26 novembre 1862, Tome XIII. Histoire, 1831.
 - H. Fizeau, L. Breguet, « *Note sur l'expérience relative à la vitesse de la lumière dans l'air et dans l'eau* », CRAS, Tome XXX, p. 562, 1850.
 - J. Fourier, « Éloge historique de M. Breguet » (lu le 5 juin 1826), Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France, Gauthier-Villars, tome 7, p. XCII-CIX, Paris, 1827.
 - J-P. Gabriel, P. de La Harpe. « *Daniel Bernoulli, pionnier des modèles mathématiques en médecine* », Images des Mathématiques, 2010.
 - G. Geneix, « *Antoine-Laurent de Jussieu (1748-1836) : fabrique d'une science botanique* », Publications scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle, 2022.
 - J-P. Grandjean De Fouchy, « *Eloge de Bernard de Jussieu par Granjean de Fouchy* », Histoire de l'académie Royale, pp. 94-117, 1777.
 - P. Jausaud, E.-R. Brygoo, « *Du jardin au Muséum en 516 Biographies* », Publications Scientifiques du Muséum, 2004.
 - A. Lacroix, « *Les cinq de Jussieu* », Revue internationale de l'enseignement, volume 91, Paris, Société de l'enseignement supérieur, pp. 65-83, 1937
 - L. Loison, « *La statue de Lamarck* », Cahiers François Viète, volume II-2, pp. 15-30, 2011.
 - J. Monnier, A. Lavondes, J-C. Jolinon, P. Élouard, « *Philibert Commerson, le découvreur du Bougainvillier* », Edité par l'Association Saint-Guignefort, Chatillon-sur-Chalaronne, 1993.
 - A. Perrier-Robert, M-P. Bernardin, « *Le Grand livre du sucre* », Éditions Solar, Paris, 1999
 - R. Pujol, « *Nicolas Appert, l'inventeur de la conserve* », Éditions Denoël, 1985.
 - A. Role, « *Vie aventureuse d'un savant, Philibert Commerson, martyr de la botanique* », Académie de la Réunion, 1973.
 - W. Stieda, « *Franz Karl Achard und die Frühzeit der deutschen Zuckerindustrie* », S. Hirzel, Leipzig, 1928.
 - E.J. Tepe, G. Ridley, L. Bohs, « *A new species of Solanum named for Jeanne Barret, an overlooked contributor to the history of botany* », PhytoKeys, volume 8, pp. 37-47, 2012.
 - M. Thébaud-Sorger, « *L'aérostation au temps des Lumières* », Rennes, PUR, 2009.
- **Chapitre II. Le ^{xix}e siècle, révolution industrielle et dans les transports**
- M. Amoudry, « *Le Général Ferrié (1868-1932), un soldat au service de la radioélectricité* », Bulletin de la Sabix, volume 48, pp. 29-39, 2011.
 - F. Arago, « *Fresnel* », Biographie lue en séance publique de l'Académie des sciences le 26 juillet 1830, Paris, Mémoires de l'Académie des sciences, p. 417, 26 juillet 1830.
 - J-F. Battail, « *Alfred Nobel, inconnu célèbre. Regards sur sa vie, son œuvre et sa postérité* », Presses de l'université Paris-Sorbonne, 2018.
 - P. Berche, « *Une histoire des microbes* », Éditions John Libbey Eurotext, Paris, 2007.
 - E. Biedermann, C. Layre, « *Correspondance entre Alfred Nobel et Bertha von Suttner* », Turquoise Éditions, 2015.
 - R. Bourgeois, « *Funérailles de Gustave Ferrié* », Académie des Sciences, 18 février 1932.

- B.V. Bowden, « *Faster than Thought, A symposium on digital computing Machines* », Éditions Sir Isaac Pitman, 1953, réédité en 1963.
- L-F. Céline, « *Semmelweis* », Éditions l'Imaginaire-Gallimard, réédité en 1999.
- S. Champonnois, « *Les Wright et l'armée française : les débuts de l'aviation militaire (1900-1909)* », Revue historique des armées, volume 255, 2009.
- A.H. Church, W.H. Perkin, « *IV. On some new colouring matters* ». Proceedings of the Royal Society of London, volume 8, pp. 48-49, 1857.
- F. Couderc, V. Ong-MEANG, « *Paul Sabatier et l'abbé Jean-Baptiste Senderens, témoins lointains d'une « Laïcité positive »* », Comptes Rendus Chimie, volume 14, n° 5, pp. 516-523, mai 2011.
- A. Crépieux, « *Petit dictionnaire illustré des femmes scientifiques* », Éditions Ellipses, 2023.
- É. Darque-Ceretti, M. Aucouturier, É. Felder, M. Horgnies, « *Matériaux, de l'élaboration à l'utilisation des matériaux* », pages 71 et suivantes pour la définition du fer puddlé, Éditions Ellipses, 2020.
- M. Davidson, A. Dahan, « *Louis Braille, l'enfant de la nuit* », Gallimard Jeunesse, Paris, 2002.
- Å. Erlandsson, « *Alfred Nobel – the poet* », www.nobelprize.org/alfred-nobel
- C. Fabry, « *La vie et l'œuvre scientifique de Augustin Fresnel* », Conférence de lors de la cérémonie du centenaire de la mort de Augustin Fresnel à la Sorbonne le 27 octobre 1927, Archives de l'Institut de France.
- G. Férié, « *État actuel de la télégraphie sans fil* », Journal de Physique Théorique et Appliquée, volume 3, n° 1, pp. 782-796, 1904.
- Fiche d'inventaire du patrimoine culturel immatériel en France, « *L'apprentissage et l'usage du braille* », Fiche 2023_67717_INV_PCI_FRANCE_00526
- L. Figuié, « *Les merveilles de la science ou description populaire des inventions modernes* », ([2 - Les aérostats], pp. 423-626), Éditions Furne, Jouvet et C^{ie}, 1868.
- E. Foote, « *On the heat in the sun's rays* », The American journal of science and arts, volume 22, pp. 377-381, 1856.
- E. Foote, « *Circumstances affecting the heat of the sun's rays* », The American journal of science and arts, volume 22, pp. 382-383, 1856.
- E. Foote, « *On a New Source of Electrical Excitation* », The American journal of science and arts, volume 24, p. 386, 1857.
- C.H. Gibbs-Smith, « *The wright Brothers : Aviation Pioneers and their Work, 1899-1911* », NMS, Science Museum, 2002.
- H. Giffard, « *Application de la vapeur à la navigation aérienne* », Paris, imprimerie de Pollet, 1851.
- P. Henri, « *La vie et l'œuvre de Louis Braille* », Presses Universitaires de France, 1952.
- M. Horgnies, É. Darque-Ceretti, É. Felder, M. Aucouturier, « *Des scientifiques célèbres en mathématiques et en sciences physiques (d'Archimède à Alan Turing)* », Hors Collection, Ellipses, Paris, 2021.
- H. Jousse, « *Les mains de Louis Braille* », Éditions Jean-Claude Lattès, 2019.
- F. Landon, « *La tour Eiffel* », Éditions Ramsay, 1991.

- Y. Landry, « *Petite histoire des médicaments : De l'Antiquité à nos jours* ». Éditions Dunod, Paris, 2011.
 - A. Lattes, « *Paul Sabatier, Prix Nobel 1912, un universitaire régionaliste et un chercheur de talent* », L'actualité chimique, « Histoire de la chimie », n° 367-368, 8-18, octobre-novembre 2012.
 - F. Leclercq, « *Arago, Biot et Fresnel expliquent la polarisation rotatoire* », Revue d'histoire des sciences, Éditions Armand Colin, Tome 66, pp. 395-416, 2013.
 - B. Lemoine, « « *L'Entreprise Eiffel* » dans *Histoire, économie et société* », 14^e année, n° 2. Entreprises et entrepreneurs du bâtiment et des travaux publics (XVIII^e -XX^e siècles), pp. 273-285, 1995.
 - B. Liesen, « *Le signe du toucher : histoire des écritures pour personnes aveugles* », Université Libre de Bruxelles, l'émoi de l'histoire, volume 34, p 147-175, 2012.
 - R. Maire, « *Louis Trabut, revue nécrologique* », Revue de Botanique appliquée et d'agriculture tropicale, 9^e année, Bulletin N° 98, pp. 613-620, 1929.
 - A. Millardet, « *Histoire des Principales variétés et espèces de vignes d'origine américaine qui résistent au phylloxéra* », Éditions Masson, 1885.
 - A. Nobel, « *Nemesis* », traducteur Regis Boyer, Les Belles Lettres, 2008.
 - F. Rechenmann, « *Le premier article scientifique de l'histoire de l'informatique* », publié dans interstices, revue de l'INRIA le 25/09/2012.
 - S. Smiles, « *La vie de Stephenson comprenant l'histoire des chemins de fer et de la locomotive* », H. Plon, 1868.
 - N. Ringertz, « *Alfred Nobel's life* », www.nobelprize.org/alfred-nobel
 - R. Sohlman, « *L'héritage d'Alfred Nobel ou l'histoire des Prix Nobel* », Michel de Maule éditeur, 2018.
 - R.P. Sorenson, « *Eunice Foote's pioneering research on CO₂ and climate warming* », AAAPG, Search and Discovery Article #70092, 2011.
 - G. Tissandier, « *Le wagon Giffard* », La Nature, Revue des Sciences, volume 73, p. 321, 1874.
 - G. Tissandier, « *La Navigation aérienne. L'aviation et la direction des aérostats dans les temps anciens et modernes* », pp. 221-257, Éditions Hachette, 1886.
 - L.C. Trabut, « *La clémentine, les hybrides du citrus Nobilis* », Gouvernement Général de l'Algérie - Bulletin de l'Agriculture - Informations agricoles, Bulletin, n° 67, pp. 1-7, 1926.
 - A. Turing, « *Computing machinery and intelligence* », Mind, volume 59, pp. 433-460, 1950.
 - J. Tyndall, « *On the absorption and radiation of heat by gases and vapours, and on the physical connexion of radiation, absorption and conduction* », Philosophical Transactions of the Royal Society of London, volume 151, part I, pp. 1-36, 1861.
 - S. Wolfram, « *Idea Makers, personal perspectives on the lives and ideas of some notable people ; Ada Lovelace* », pp. 45-98, Wolfram Media Inc., 2016.
- **Chapitre III. Du ^{xx}^e siècle jusqu'à nos jours, de la révolution quantique à la révolution numérique**

- J.L. Bada, A. Lazcano, « *Prebiotic Soup-Revisiting the Miller Experiment* », Science, volume 300, n° 5620, pp. 745-746, 2003
- M.N. Baibich, J.-M. Broto, A. Fert, F. Nguyen Van Dau, F. Petroff, P. Étienne, G. Creuzet, A. Friederich, J. Chazelas, « *Giant Magnetoresistance of (001) Fe/(001) Cr Magnetic Superlattices* », Physical Review Letters, volume 61, pp. 2472-2475, 1988.
- T. Bernes-Lee, M. Fischetti, « *Weaving the Web : Origins and Future of the World Wide Web* », Harper, San Francisco, 1999.
- Voir la lettre ouverte de Tim Bernes-Lee du 12 mars 2024 à l'occasion du 35^e anniversaire du web (webfoundation.org/).
- E. Bullard, J.E. Everett, A.G. Smith, « *The Fit of the Continents around the Atlantic* », Philosophical Transactions of the Royal Society A : Mathematical, Physical and Engineering Sciences, Royal Society, volume 258, n° 1088, 1965.
- B. Cagnac, « *Alfred Kastler, prix Nobel de Physique 1966 ; Portrait d'un physicien engagé* », Éditions Rue d'Ulm, 2013.
- B. Choubert, « *Recherches sur la genèse des chaînes paléolithiques et antécambriennes* », Revue de géographie physique et de géologie dynamique, volume 8, n° 1, 1935.
- E. Curie, « *Madame Curie* », Éditions Gallimard, 1938.
- D.S. Fahrney, « *The Genesis of the Cruise Missile* », Astronautics and Aeronautics, pp. 34-39, 1983.
- A. Fert, « *Historical overview : from Electron transport in magnetic materials to Spintronics* », Ch.1, pp. 3-20, Handbook of Spin Transport and Magnetism, CRC Press, 2012.
- C.F. Kettering, « *Biographical Memoir of Thomas Midgley Jr 1889-1944* », National Academy of Sciences, presented to the Academy at the annual meeting, volume 24, p. 361, 1947.
- L-P. Jacquemond, « *Irène Joliot-Curie* », Bibliographie, Éditions Odile Jacob, 2014.
- A. Maurois, « *La Vie de Sir Alexander Fleming* », Hachette, Paris, 1959.
- T. Midgley, T.A. Boyd, « *The Chemical Control of Gaseous Detonation with Particular Reference to the Internal-Combustion Engine* », Journal of Industrial & Engineering Chemistry, volume 14, n° 10, ACS Publications, 1922.
- S.L. Miller, « *A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions* », Science, volume 117, n° 3046, pp. 528-529, 1953.
- S.L. Miller, H.C. Urey, « *Organic Compound Synthesis on the Primitive Earth* », Science, volume 130, n° 3370, pp. 245-251, 1959.
- G. Mourou, T. Tajima, « *Summary of the IZEST science and aspiration* », European Physical Journal Special Topics, volume 223, pp. 979-984, 2014.
- L.E. Orgel, S. Miller, « *Origins of Life on the Earth* », Prentice Hall, 1974.
- Y. Paccalet, « *Auguste Piccard, professeur de rêve* », Éditions Glénat, 1997.
- B. Piccard, « *Le tour du monde en 20 jours* », Éditions Robert Laffont, 1999.
- M. Piccard, « *L'avion qui vole avec le soleil : l'extraordinaire tour du monde de Solar Impulse* », Éditions Larousse, 2018.
- M. Pinault, « *Frédéric Joliot-Curie* », Éditions Odile Jacob, 2000.

- M. Rayner-Canham, G. Rayner-Canham, « *Chemistry was Their Life Pioneer British Women Chemists, 1880-1949* », Imperial College Press, 2008.
- M. Segala, « *Alfred Wegener et la dérive des continents* », Bibnum, Sciences de la terre, Géologie, 2012.
- D. Seyferth, « *The Rise and Fall of Tetraethyllead Organometallics* », Organometallics, ACS Publications, volume 22, n° 25, pp. 5154 – 5178, 2003.
- J-P. Sorg, « *Le Destin d'Alfred Kastler (1902-1984), lu à travers sa poésie* », in Land un Sproch - Les Cahiers du Bilinguisme, n° 144, pp. 14-19, 2002.
- D. Strickland, G. Mourou, « *Compression of amplified chirped optical pulses* », Optics Communications, volume 56, n° 3, pp. 219-221, 1985.
- A.L. Wegener, « *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* », Friedrich vieweg & sohn, 1915.
- P. Wodka-Gallien, « *Les drones, un siècle de développement et d'utilisation militaire* », Revue Historique des Armées, volume 225, pp. 141-150, 2001.
- Biographie sur le site des prix Nobel : *Frederick Soddy _ Biographical*.
<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1921/soddy/biographical/>
- « *Construire avec les bétons* », Collection Technique de Conception (sous la direction de CIMbéton), Éditions du Moniteur, 2000.
- « *Eugène Freyssinet (1879-1962. Sa vie, ses œuvres* » (textes et documents réunis et présentés par la chambre syndicale nationale des constructeurs en ciment armé et béton précontraint), Paris, 1963.
- « *Freyssinet, le béton précontraint* », dans « L'ingénieur-constructeur », revue technique mensuelle, n° 134, mars-avril 1969.

INDEX DES PERSONNES

A

Abraham 13, 29, 31, 32, 33, 173, 218, 221
Achard 57
Ader 150
Ampère 101, 103, 105
Appert 19, 20, 21, 70
Arago 32, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107
Arnold 31
Ashkin 203
Axelrod 129

B

Babbage 78, 115, 116, 117
Barret 22, 24, 222
Bartholin 104
Becquerel 212
Beilby 214
Berners-Lee 157, 158, 160
Bernoulli 26, 27, 28, 117
Berthelot 131, 132
Berthoud 29
Biot 104
Bollée 75, 76, 77, 78
Boucher 167
Bougainville 22, 23, 24, 222
Boulduc 36
Bowden 118
Braille 79, 80, 81, 82
Branly 92
Breguet 29, 30, 31, 32, 33, 34, 152
Brewster 104
Brodie 129
Broglie 100, 107

Brossel 185
Buffon 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 52, 106
Bullard 220

C

Cahn 128
Candolle 50
Cavendish 61
Chadwick 181, 182, 214
Chain 173, 174
Chanute 150, 153
Chaptal 58
Choubert 219, 220
Church 127
Cochrane 84, 85
Commerson 22, 23, 24, 25, 223
Condorcet 27, 32, 38, 49, 108
Conté 42, 43, 44, 45
Curie 98, 180, 181, 182, 203, 212
Cuvier 49, 51, 54, 57

D

d'Alembert 26
Dana 218
Darwin 55, 199
de Lalande 22
Diderot 38
Diesel 111, 208
Donkin 20
Duchesne 172, 173
Durand 20

E

Ehrlich 170
Eiffel 33, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 107, 109, 110

F

Fahrney 165, 166, 167, 168
Ferrié 91, 92, 93, 94

Fert 162, 163, 164
Fizeau 32
Fleming 170, 171, 172, 173, 174, 228
Florey 173, 174
Foy 32
Franklin 39, 152
Fresnel 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106
Freyssinet 175, 176, 177, 178
Friedel 162

G

Gerhardt 129
Giffard 108, 109, 110
Gilbert 198
Gleditsch 52
Grignard 134
Grünberg 164

H

Hahn 181
Halban 182
Haldane 199
Haüy 79, 101
Hepp 128
Herschel 107
Hoffmann 129
Hofmann 127
Humboldt 218
Huygens 100, 103, 105

J

Jacquin 52
Jeffries 64, 65
Joliot 180, 181, 182
Joliot-Curie 181, 182, 183
Joule 112
Jullière 163
Jussieu 47, 48, 49, 50, 68

K

Kastler 162, 184, 185, 186, 187
Kettering 193
Kipfer 207
Kowarski 182
Kussmaul 128
Kwolek 188, 189, 190

L

La Condamine 47
Lamarck 51, 52, 53, 54, 55, 146
Leibniz 116
Lépine 29
Leroux 129
Lilienthal 150
Linde 111, 112, 113
Linné 49
Lister 139
Lovelace 115, 116, 117
Low 166
Löwig 129
Lyell 218

M

Malus 104
Marconi 91, 92
Marggraf 56, 57
Maxwell 27, 107
Meitner 181
Midgley 191, 192, 193, 194, 195, 196
Millardet 119, 120
Miller 197, 199, 200
Monod 208
Montgolfier 60, 61, 63, 64, 65, 66
Montovani 218
Morse 32, 92, 129
Mourou 201, 202, 203, 204

N

Newton 36, 100, 102, 103, 104

Newton Foote 96

Niaudet 33

Nobel 122, 123, 124, 125, 126

O

Oparine 199

P

Parmentier 58, 67, 68, 70, 71

Pasteur 120, 121, 139

Pelouze 122

Percheron 167

Perkin 127, 128, 190, 195

Perrin 182

Piccard 206, 207, 208, 209

Pickering 218

Pilâtre de Rozier 62, 63, 64, 65

Pitton de Tournefort 48

Planchon 120

Proust 64

Q

Quérue! 58

R

Ramsay 113, 213

Réaumur 39

Richet 33

Ritter 98

Romain 64, 65

Rouelle 67

Rutherford 212, 213, 214

S

Sabatier 131, 132, 133, 134

Saint-Hilaire 52

Semmelweis 136, 137, 138, 139

Senderens 133, 134

Seyrig 88
Soddy 212, 213, 214, 215
Sorenson 98
Sorge 217
Sperry 167
Stephenson 141, 142, 143, 144
Strickland 202, 203, 204
Suess 218
Swab 56
Swarts 194

T

Taylor 117, 218
Thomson 112
Tissandier 110
Toit 219
Trabut 146, 147, 148
Turing 117
Tyndall 98, 99

U

Urey 197, 199, 200

W

Wallace 218
Wallis 22, 23
Wegener 216, 217, 218, 219, 220
Wray 57
Wright 149, 150, 151, 152

Y

Young 102, 103, 105, 189

Z

Zworykin 167