

**DANIEL BERTHELOT**  
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

---

**LA SCIENCE**  
ET  
**LA VIE MODERNE**



**PAYOT, PARIS**

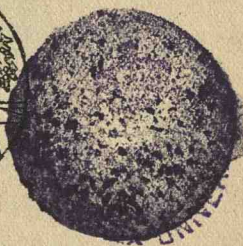
**LA SCIENCE ET LA VIE MODERNE**

Inw. A. 20.944

DANIEL BERTHELOT

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

LA SCIENCE  
ET  
LA VIE MODERNE



51904 ✓

PAYOT, PARIS

106, BOULEVARD ST-GERMAIN

1924

*Tous droits réservés.*

1953  
Biblioteka Centrală Universitară  
"Carol I" București  
Cota.....51503

1706 64/10

B.C.U. "Carol I" - Bucuresti  
  
C51904

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Copyright 1924, by Daniel Berthelot.

7-66/72

# LA SCIENCE ET LA VIE MODERNE

---

## LES ONDES INVISIBLES <sup>1</sup>

A l'un des moments les plus angoissants de la guerre, alors que la menace des sous-marins ennemis se faisait chaque jour plus pressante, je me trouvais visiter un de ces laboratoires improvisés où quelques chercheurs opiniâtres, soutenus par une foi invincible, travaillaient à doter la défense nationale d'armes nouvelles. Dans un jardin de banlieue, un cadre de bois rectangulaire voisinait avec une batterie de lampes électriques. L'ami qui m'avait amené régla l'appareil, orienta le cadre, puis me tendant un casque téléphonique : « Prêtez l'oreille, me dit-il, vous allez entendre les signaux qu'échangent les sous-marins allemands dans la Baltique ». Quelques minutes plus tard, tournant le cadre dans une autre direction : « Maintenant, dit-il, vous pouvez écouter les sous-marins de la Méditerranée. »

Depuis de longs mois, avec ses collaborateurs, il poursuivait sa tâche en silence. Pour la première fois, le

1. Discours prononcé à la séance publique annuelle des cinq académies, le 25 octobre 1922.

résultat désiré venait d'être obtenu ; et je n'oublierai jamais l'impression que j'éprouvai, au fond d'un petit jardin de Suresnes, à entendre les appels mystérieux de ces lointains engins de mort, qui nous arrivaient à travers les flots et les airs, de plusieurs milliers de kilomètres de distance, aussi distincts, aussi proches, eût-on dit, que le bourdonnement des abeilles qui voltigeaient sur les fleurs par cet après-midi d'été.

Trois ans plus tard, la paix revenue, j'assistais dans un grand hôtel de Paris à un banquet où l'on célébrait l'anniversaire de la fondation de notre belle École supérieure d'Électricité. A l'extrémité du hall se dressait un vaste pavillon. A l'heure des toasts, au lieu de parler, les convives se turent. Mais soudain, de l'embouchure de métal, une voix s'éleva, grave et pure, qui remplit toute la salle. C'était celle d'une artiste qui, à une cinquantaine de kilomètres de Paris, — sur ces bords fleuris de la Seine où La Fontaine se fit jadis l'écho mélancolique de la plainte des nymphes de Vaux, — chantait pour nous devant un poste de téléphonie sans fil.

Ces progrès étonnants, quand ils devinrent publics, enthousiasmèrent justement les foules. Ils n'étaient cependant que l'aboutissement logique d'une longue évolution. Du jour où le génie de Branly nous dota de l'œil électrique capable de percevoir ces ondes pour lesquelles l'œil humain n'a pas de rétine, les initiés se rendirent compte qu'une voie était ouverte dans laquelle on irait loin, très loin. Des problèmes surgirent alors,

si nombreux que pour les résoudre en temps ordinaire, il eût fallu plusieurs décades. La guerre abrégéa cette laborieuse gestation. Car à toutes les époques de l'Histoire, dans l'ordre scientifique comme dans l'ordre politique ou social, ç'a été le grandiose et terrible privilège des conflits armés de hâter dans le sang et par le fer l'enfantement des temps nouveaux.

Quoi qu'il en soit, parmi les récentes conquêtes de la science, il n'en est guère qui jouissent d'une popularité comparable à celle de la télégraphie ou de la téléphonie sans fil. C'est que, s'il en est peu qui parlent aussi vivement à l'imagination, il en est peu surtout qui soient aussi aisément accessibles à tous.

À côté des instruments délicats et précis, chefs-d'œuvre de nos meilleurs constructeurs, on a vu surgir toute une floraison d'appareils plus simples, mais parfaitement suffisants pour la pratique courante. Dans chaque ville, presque dans chaque village, des amateurs zélés savent utiliser les balcons, les gouttières, les fils télégraphiques ou téléphoniques. L'instituteur, le curé, le pharmacien rivalisent dans ces luttes pacifiques. Les amis de la télégraphie sans fil se nomment désormais légion, et chaque jour des centaines de milliers d'oreilles guettent les messages qu'à heure fixe jette à travers l'espace la grosse voix de la tour Eiffel.

Pour celui qui s'est donné la peine d'apprendre ce langage secret, il est peu de distractions aussi captivantes que celle qui consiste à recueillir les vibrations flottantes

qui circulent à notre insu dans l'air que nous respirons : voix de la nature qui annoncent l'orage lointain ou voix des hommes qui communiquent entre eux.

Comme beaucoup d'autres, je passai naguère bien des heures à les écouter.

Au sommet de la colline de Meudon, à la lisière des bois, se dresse une tour d'une trentaine de mètres de haut, sur laquelle, pendant un quart de siècle, mon père poursuivit des expériences sur l'électricité atmosphérique et la végétation. Aujourd'hui, ce pylône de briques, visible de bien des points de la plaine parisienne, est souvent utilisé comme point de ralliement par les aviateurs. En cette saison même il n'est pas rare de les voir passer par essaims de cinq à six à la file, se rendant des champs de Buc ou de Villacoublay à ceux d'Issy-les-Moulineaux ou du Bourget. Parfois, à la tombée du jour, quelque ballon dirigeable vient rôder presque à fleur du sol, et avec ses toiles jaunes qu'enflamme le soleil couchant, on croirait je ne sais quel gigantesque poisson d'or de l'océan aérien.

Il y a dix ans déjà, du sommet de cette tour aux arbres voisins, j'avais tendu un réseau de fils de fer et installé des appareils pour écouter les bruits précurseurs des orages et les signaux de la télégraphie sans fil, et je me plaisais à y monter les soirs d'été.

La magnificence du spectacle nocturne y est incomparable. Dans le fond de la vallée, s'étend l'immense agglomération parisienne, avec ses innombrables lumières. On



y distingue les lignes droites des avenues, les files parallèles des ponts, les points isolés des maisons. A côté des feux verts des lampes à mercure, le long des usines de Billancourt, brillent les fanaux et les disques rouges du chemin de fer ; plus loin, la lueur jaune des becs de gaz pâlit dans le flamboiement violet des arcs électriques ou dans l'irradiation des gigantesques enseignes orangées, en attendant le moment, proche sans doute, où les réclames lumineuses viendront faire dans le ciel concurrence aux étoiles.

Là-haut, le silence est absolu. Aucun des bruits de Paris ne monte jusqu'à la tour solitaire ; mais vers neuf heures et demie, chaque soir, on y entend les voix de la nuit.

La tête coiffée d'un casque téléphonique, il suffit de déplacer lentement sur une grande bobine verticale un curseur de cuivre, et d'écouter.

Du fond du silence, s'élève un sifflement d'abord presque imperceptible, qui devient de plus en plus net ; les appels rythmés, les brèves et les longues de l'alphabet Morse transmettent des mots anglais. C'est le poste de Poldhu, qui de la côte occidentale de Cornouailles, à la pointe extrême de l'Angleterre, envoie par signaux Marconi les cours de la Bourse et les nouvelles du jour aux grands transatlantiques en route pour New-York.

Je pousse le curseur. Le sifflet s'éteint, un bruit de grelots le remplace, qui peu à peu se fait plus distinct. Ses saccades intermittentes jettent des termes alle-

mands. Je suis accordé au poste de Norddeich qui, de l'embouchure de l'Elbe, communique avec les vaisseaux de la Baltique et de la mer du Nord.

Quelques centimètres de plus sur la colonne de bronze. Le grelot s'affaiblit comme celui d'un équipage qui s'éloigne sur une route ; un bruit de friture lui succède, et c'est Barcelone, et ce sont les sons chantants de la langue espagnole.

Plus bas encore : voici des roulements de tambour. Les forts de grande ceinture des environs de Paris, le Mont Valérien, Buc, Palaiseau, se répondent, mais bien qu'ils emploient ma langue natale, leur conversation m'échappe : c'est l'exercice des postes secrets.

Tout à coup un bruit sec retentit ; une étincelle jaillit du cristal de galène et illumine d'un bref éclair la chambre noire. Mon imposante voisine, la tour Eiffel, vient d'entrer en action et de dérégler le récepteur.

En quelques tours de vis je le remets au point, et remontant d'un seul trait le curseur arrivé au bas de la colonne, je fais à nouveau défiler à toute vitesse le bourdonnement de Barcelone, les cloches lointaines de Norddeich, la flûte aiguë de Poldhu.

Ainsi, du Nord au Sud, de l'Ouest à l'Est, les voix nocturnes se croisent et se répondent. Perpétuellement l'espace est sillonné par ces ondes invisibles qui, sur la face endormie de la terre, se suivent à quelques kilomètres les unes des autres, pareilles aux rides concentriques qu'engendre la pierre jetée dans l'eau morte d'un

étang. A la vitesse de 300.000 kilomètres par seconde, elles cheminent, presque partout inaperçues, ébranlant seulement çà et là les membranes des téléphones qui les guettent.

Cependant dans le ciel noir, les étoiles brillent, et comme si la nature n'avait qu'un seul moyen pour se faire entendre, elles envoient leur lumière par ondes semblables à celles de la télégraphie sans fil. Des spectrographes délicats la reçoivent au foyer des télescopes, et là où nos yeux ne perçoivent qu'une confuse harmonie, ils révèlent une infinité de notes lumineuses distinctes, langage secret des atomes, sanglot de la matière qui meurt en rayonnant dans le vide, plainte monotone, éternellement la même depuis les siècles des siècles.

Seule, la rumeur humaine, aussi diverse, aussi nuancée que nos joies et nos douleurs, nos caprices et nos passions, ne se répète pas deux fois. Chaque soir elle se transmet de continent à continent, roulant et déferlant en grandes vagues éthérées à la surface des terres et des mers, avant de se perdre dans le ciel indifférent.

En quelque endroit du globe que nous soyons, dans la paix de la campagne comme dans l'agitation des villes, sur la place publique comme entre les quatre murs d'une chambre, nous baignons dans un océan d'ondes invisibles. Messagères de l'infini, elles parlent à tous les hommes, mais bien peu savent les entendre.

Nul exemple ne fait mieux saisir le sens profond du vieil adage qui veut que « tout soit dans tout ». Cette

assertion, sans doute philosophes et hommes de science l'ont répétée à l'envi ; mais — il faut bien l'avouer — quand on nous dit qu'il suffit de lever la main sur la Terre pour changer l'intensité de la gravitation dans Sirius, ou, plus modestement, de jeter une pierre dans la Seine pour faire monter le niveau de l'Océan à San Francisco, ces vérités nous paraissent trop belles pour être bien réelles. Peut-être notre raison est-elle convaincue ; notre sensibilité reste rebelle.

Au contraire la télégraphie, la téléphonie sans fil montrent au plus sceptique avec quelle facilité, avec quelle précision on peut recueillir ces myriades d'effluves qui, à chaque instant, en chaque point de la terre, se croisent et se pénètrent.

Des innombrables conversations qui s'échangent en ce moment dans Paris, il n'en est pas une qui ne traverse cette salle ; il n'en est pas une qui ne puisse être saisie au moyen d'un amplificateur convenable.

Une question monte alors invinciblement à nos lèvres. Comment douter qu'il existe, dans l'univers, une infinité d'autres vibrations, encore ignorées de nous et que nos enfants découvriront à leur tour ? Est-il vrai, comme le croyaient la plupart des savants au XVIII<sup>e</sup> siècle, que les manifestations nerveuses ne soient qu'une forme biologique des phénomènes électriques ? Je ne sais : pas plus que celle de nos pères, notre science n'est en état de répondre à cette difficile question ; tout au plus est-il permis de dire que les découvertes modernes sur les

terminaisons des fibres nerveuses ne sont pas en contradiction avec cette hypothèse, loin de là ! Il n'y aurait rien de surprenant, s'il en était ainsi, à ce que la pensée humaine se manifestât au dehors sous forme d'ondulations électriques, analogues à celles de la télégraphie sans fil, ne mettant en jeu comme celles-ci que d'infimes quantités d'énergie, et capables, comme elles, d'être décelées par des détecteurs suffisamment subtils. De telles ondulations seraient soumises, elles aussi, aux lois du nombre et du rythme qui, suivant la vieille conception grecque, domineraient le monde moral comme elles dominant le monde physique et le monde esthétique. Peut-être nos successeurs y retrouveront-ils ces rapports simples que Pythagore reconnut le premier en entendant tomber sur l'enclume le marteau d'un forgeron ; peut-être leur sera-t-il donné de pénétrer enfin le sens de l'énigmatique raisonnement de Platon, désespoir des commentateurs, où le grand philosophe, après une longue discussion, conclut qu'il existe un rapport mathématique parfaitement déterminé entre le juste et l'injuste, et que ce rapport est égal au nombre 729.

## L'INSTITUT PASTEUR

DE 1888 A 1913

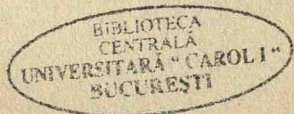
A l'occasion du vingt-cinquième anniversaire de l'Institut Pasteur, le Parlement a voté une loi autorisant dans l'ordre de la Légion d'honneur une promotion exceptionnelle qui a paru il y a quelques jours au *Journal officiel*.

Un tel hommage répond d'une manière heureuse à la double opinion du grand public et du monde savant.

La puissante institution qui vient de doubler le cap du quart de siècle est une de celles qui, durant cette période, ont fait le plus honneur à la France, et prouvé au monde entier, non moins que nos mémorables conquêtes industrielles de l'automobilisme et de l'aviation, qu'en aucun ordre le génie de notre race n'a rien perdu de ses qualités d'initiative et d'originalité.

La prodigieuse fécondité des découvertes par lesquelles Pasteur, en révélant le rôle des infiniment petits, avait donné la clef des maladies contagieuses et transformé la médecine, rendait manifeste aux yeux de tous la nécessité d'un établissement où fussent enseignées et perfectionnées les disciplines nouvelles.

Les études sur la rage en fournirent l'occasion. Leur



retentissement mondial permit en 1886 l'ouverture d'une souscription internationale qui, placée sous les auspices de l'Académie des sciences, produisit rapidement une somme de 2.500.000 francs. Le 18 novembre 1888, l'Institut Pasteur était inauguré rue Dutot, dans le quartier de Vaugirard.

A peine créé, il se trouva trop petit. Si nombreux y affluèrent les travailleurs de toutes les parties du monde qu'ils furent bientôt à l'étroit. A la suite de la communication historique du Dr Roux sur le traitement de la diphtérie, une nouvelle souscription ouverte en 1894 sur l'initiative du *Figaro* fournit environ 1 million. On l'employa à installer dans le domaine de Garches, prêté par l'État, de vastes écuries où l'on put immuniser un nombre de chevaux suffisant pour fabriquer le sérum contre la diphtérie. Les succès éclatants obtenus dans le traitement de cette maladie, terreur des mères, émurent toutes les femmes de France. Tour à tour M<sup>me</sup> Furtado-Heine, M<sup>me</sup> Boucicaut, la baronne de Hirsch firent des donations se chiffrant par millions, qui permirent d'acquérir en plein Paris, entre la rue Dutot et la rue de Vaugirard, un terrain de quatorze hectares, d'y édifier un hôpital de cent lits, et d'y élever, en face des anciens laboratoires de physiologie et de pathologie, les bâtiments d'un institut de chimie biologique.

L'Institut Pasteur justifia, et au delà, les espoirs fondés sur lui. A côté des cours et des laboratoires d'études, fréquentés par des centaines d'étudiants auxquels on

donne l'enseignement de la bactériologie théorique et pratique désormais indispensable à tout médecin, furent installés plus de vingt laboratoires de recherches biologiques dirigés par des savants de premier ordre. Avec leurs cages et leurs écuries, où voisinent les cochons d'Inde, les rats, les lapins, les chiens, les moutons, les chèvres, les chevaux et les singes, on dirait je ne sais quelle arche de Noé gigantesque.

Sous la haute direction de Pasteur, ses collaborateurs, Grancher, Chamberland, Duclaux, Laveran, Roux, Chantemesse, Charrin, Terrillon, Gamaleia, Metchnikof, Calmette, Fernbach, se signalaient par des triomphes quotidiens sur les maladies contagieuses. Le cadre de cet article ne suffirait pas à la simple énumération de leurs travaux dont l'ensemble constitue le véritable livre d'or de la science française depuis un quart de siècle.

C'est ainsi que Laveran découvrait le rôle des trypanosomes dans les maladies épidémiques ; son nom est attaché à l'hématozoaire du paludisme et à l'ensemble de ces moyens de lutte contre la malaria qui ont donné en Italie des résultats si merveilleux et rendu à l'activité de l'homme des contrées désertées depuis des siècles. Par les mêmes procédés, on est en train d'assainir des régions immenses de Madagascar. Les analogies de propagation retrouvées par Laveran dans la maladie du sommeil, dans la fièvre jaune, donnent l'espoir d'en venir également à bout. Avec sa petite calotte et son aspect de bénédictin laïque, fourré du matin au soir dans son



laboratoire, ce savant est un des grands bienfaiteurs de l'humanité.

A côté de lui, Chamberland, déjà fameux par sa collaboration avec Pasteur sur la vaccination charbonneuse, imaginait une série d'appareils hygiéniques, introduisant dans la pratique courante les méthodes nouvelles. Nocard, poursuivant simultanément ses études à l'Institut Pasteur et à l'école d'Alfort, mettait une fois de plus en lumière les immenses services que la médecine vétérinaire peut rendre à la médecine humaine ; il trouvait les moyens de lutter avec efficacité contre les accidents tétaniques et orientait une pléiade de savants vers la tuberculose bovine. Roux, qui dès 1880, avec Pasteur et Chamberland, avait découvert les méthodes d'atténuation des virus et d'immunisation des animaux, domptait en 1894 la diphtérie. Chantemesse imaginait, dès 1887, le sérum de la fièvre typhoïde, qui a donné d'excellents résultats sur les malades des hôpitaux. Plus tard, en 1908, Vincent poursuivait cette étude dans son laboratoire du Val-de-Grâce, et proposait une autre formule de vaccin qui a été appliquée avec succès dans l'armée à près de 50.000 hommes. De leur côté, Yersin et Calmette fabriquaient le sérum antipesteux ; Calmette préparait les antitoxines des venins des serpents et faisait faire d'immenses progrès aux questions d'hygiène publique liées à l'épuration des eaux. Enfin Delezenne s'attachait à l'étude des toxines, et Fernbach à celle des fermentations.

Ainsi tour à tour la rage, la diphtérie, la fièvre typhoïde, la fièvre intermittente, la peste, le choléra, le tétanos, la maladie du sommeil étaient combattus avec succès. En ce moment la tuberculose, l'avarie et le cancer sont attaqués à leur tour. Nulle part, depuis que l'homme existe, un effort aussi persévérant et aussi heureux n'a été fait pour le soustraire à la fatalité de la maladie.

Aujourd'hui c'est le tour de l'avarie. Contre les menaces du mal dont le nom même ne doit pas être prononcé, fléau sournois qui reparait parfois à l'improviste après s'être laissé oublier trente ans et plus, fléau horrible qui gangrène la face, carie les os, déchausse les dents et d'un homme robuste fait un pantin hideux, le sérodiagnostic offre un moyen nouveau de déceler le danger et de lutter à temps. Mais il exige la minutie d'une technique impeccable que l'on ne pourrait acheter nulle part, si cher qu'on la payât, et qu'on est sûr de trouver gratuitement rue Dutot. Et le grand vestibule revoit les processions qui s'y pressaient aux temps héroïques du traitement de la rage, foules bigarrées où se mêlent toutes les races et toutes les conditions sociales. Comme dans le démocratique omnibus, chacun prend son numéro. J'ai vu des Yankees à la cravate ornée de diamants gros comme des bouchons de carafe attendre patiemment leur tour à côté d'ouvrières en blouse.

A l'image de la maison de Paris se sont fondés successivement les instituts Pasteur de Lille, d'Alger, de Tunis, de Saïgon, de Brazzaville. De leur côté, l'Amé-

rique du sud et les pays de langue anglaise sont entrés dans la même voie. Je ne parle pas des missions temporaires envoyées par l'Institut dans toutes les parties du monde.

La reconnaissance publique n'a marchandé aux ouvriers de cette grande œuvre ni les hommages, ni les ressources. Des dons nouveaux ont accru peu à peu la fortune de l'Institut. L'un après l'autre l'empereur du Brésil, l'empereur de Russie, le baron Alphonse de Rothschild, le comte de Laubespin inscrivaient leur nom sur la liste d'honneur.

Chose remarquable : les plus nombreuses et les plus magnifiques de ces offres sont dues à des donatrices et à des donateurs ; comme s'ils avaient voulu montrer qu'en dépit de tant d'attaques passionnées

Le plus important de ces legs, celui fait en 1907 par le banquier et philanthrope Osiris, se montait à plus de vingt millions.

Avec l'Académie française, distributrice des prix Montyon, avec l'œuvre de l'Hospitalité de nuit, l'Institut Pasteur est aujourd'hui l'un des trois grands établissements les plus en faveur auprès des testateurs.

Les donations qui ont permis la fondation et le développement de l'œuvre pastorienne peuvent être mises en balance avec celles dont s'enorgueillit le Nouveau-Monde, avec les fastueuses générosités d'un Rockefeller

ou d'un Carnegie. Le caractère pourtant en est différent. Aux États-Unis, ces libéralités vont presque indifféremment à la science pure ou à ses applications humanitaires. Chez nous, on conçoit plus malaisément l'enthousiasme qui fait donner des millions pour une bibliothèque ou pour un observatoire. Plus que l'incomparable suite de ses découvertes, ce qui a mis le sceau à la gloire de Pasteur, c'est qu'il a guéri la rage et délivré d'un cauchemar tous ceux qui possèdent un petit chien. La popularité du D<sup>r</sup> Roux est inscrite dans le cœur des mères dont il a sauvé les enfants du croup. Devant de tels hommes, devant de tels bienfaits, qui oserait dire que la foule a tort? J'admire l'Amérique qui dresse sur un piédestal de diamant Uranie et son compas, mais je ne m'étonne pas qu'à cette froide statue la sensibilité française préfère l'image de la Charité penchée sur un malade.

Une des supériorités de l'Institut Pasteur, c'est qu'il a été fondé en dehors de toute ingérence officielle, sous le régime de la liberté. De là une souplesse et un esprit d'initiative que la tutelle administrative ne permet guère à nos établissements officiels.

Les besoins sans cesse changeants de l'enseignement et des recherches désintéressées se heurtent chez nous à l'esprit formaliste d'une bureaucratie honnête, mais vieillotte qui gère les deniers des contribuables avec un mélange singulier de gaspillage et d'avarice.

Il n'est pas douteux que les institutions autonomes issues de l'initiative privée, telles que l'Institut Pasteur

ou l'École supérieure d'Électricité, sont mieux administrées que les établissements publics, grandes Écoles ou Facultés : pour une même somme dépensée, le rendement est supérieur.

Qu'on ne se méprenne pas sur ma pensée : la valeur des hommes est hors de cause (d'ailleurs ce sont souvent les mêmes), mais l'armature administrative, et les cadres rigides des prévisions budgétaires, pèsent trop lourdement sur eux. A l'inverse de l'Allemagne, nous n'avons pas encore su organiser la production scientifique à l'instar de la production industrielle.

Le brillant chercheur de l'Institut Rockfeller, l'audacieux protagoniste de la greffe des organes, l'ancien médecin lyonnais Alexis Carrel me le disait naguère, de sa parole mesurée, avec le détachement d'un savant quasi-planétaire qui se sent aussi bien chez lui dans le nouveau monde que dans l'ancien : « Je n'aurais rien pu faire *chez vous* de ce que j'ai fait *là-bas*. Vous n'êtes pas mûrs pour de telles recherches. Ce ne sont pas seulement les moyens matériels qui font défaut en France, c'est surtout l'esprit public. Pour la nouveauté, la clarté, la profondeur des conceptions, les Français sont supérieurs à tous les autres peuples, et sur ce point ils ne se rendent pas justice à eux-mêmes. Mais ils ne sont pas des réalisateurs ; ils sont des individualistes anarchiques. Jamais chez eux on n'obtiendrait le concours discipliné de tous les travailleurs d'un établissement en vue d'une recherche commune. En France les règlements sont faits pour

protéger le garçon de laboratoire contre le professeur. »

En l'écoutant, je savais qu'il avait raison. Il est des recherches longues et délicates qui ne peuvent être menées à bien que si elles sont réglées comme le travail d'une usine. C'est là où les Allemands et parfois les Américains excellent. Voilà pourquoi tant d'idées et d'inventions écloses sur notre sol n'ont pu fructifier qu'à l'étranger.

De ces obstacles la volonté indomptable des grands initiateurs français du XIX<sup>e</sup> siècle a su triompher. Le génie d'un Claude Bernard, d'un Louis Pasteur, d'un Marcellin Berthelot, a vaincu l'imperfection des ressources matérielles ou les défauts de l'organisation sociale. Mais outre que la réussite devient chaque jour plus difficile avec la complexité croissante de la technique, combien d'autres se sont brisés sur l'écueil, auxquels un outillage plus puissant, un personnel mieux dressé auraient permis de donner leur mesure !

L'Institut Pasteur a su éviter en grande partie ces dangers.

Le directeur actuel, le Dr Roux, intelligence large et ouverte, est très préoccupé d'éviter le danger qui menace les institutions vieilles et enrichies, qui attendent qu'on vienne à elles, aiment à se faire faire la cour et deviennent infailliblement la proie des parasites. Toujours à l'affût de ce qui est nouveau et original, il excelle à faire leur place aux jeunes.

Voilà comment la direction de l'Institut Pasteur, qui

jadis allait chercher dans la position subalterne de préparateur au Muséum le brillant expérimentateur Gabriel Bertrand pour lui confier la direction des services de chimie biologique, a su tout récemment, abordant l'étude des maladies des plantes, attirer à elle Louis Blaringham, le plus profond et original représentant de la nouvelle école transformiste qui, à la suite des Naudin et des de Vriès, nous a montré que là où Darwin croyait qu'il fallait des siècles pour changer une espèce, on peut réussir en quelques années par les méthodes nouvelles de la mutation et de l'hybridation.

Ainsi jusqu'ici l'Institut Pasteur a su échapper aux défauts des établissements d'État. Y échappera-t-il toujours? Nous ne sommes qu'à la seconde génération après le fondateur, et l'histoire des congrégations nous apprend que c'est la troisième qui représente la période critique.

Dans la dernière promotion de l'institut Pasteur, deux noms sont en vedette : celui du directeur, le Dr Roux, qui a reçu la plaque de grand-officier ; celui du sous-directeur, le Dr Metchnikof, qui a reçu la cravate de commandeur.

La physionomie du Dr Roux est célèbre hors même des milieux scientifiques. On n'oublie plus, quand on les a vus une fois, ce regard ardent, cette figure creuse et comme brûlée d'un feu intérieur, ce corps frêle qu'on sent animé d'une invincible énergie. Partout où il se trouve, son autorité est extraordinaire. Il sait l'imposer aussi bien à la routine de nos bureaux — sur qui, plus

redoutable qu'en Afrique, sévit une maladie du sommeil qu'aucun vaccin ne guérira jamais — qu'à l'activité vivante, mais un peu jalouse des assemblées et des syndicats professionnels, toujours prêts à se rebeller contre ce qui aurait l'apparence d'un joug.

L'autorité du D<sup>r</sup> Roux tient moins à son intelligence, si haute soit-elle, qu'à son caractère qui est admirable. Cet homme, qui manie les millions, qui du jour au lendemain, presque à son gré, peut faire attribuer cent mille francs ou davantage à une œuvre ou à une mission qu'il en juge digne, vit comme un ascète dans le Paris moderne. Logé dans un appartement d'étudiant, servi par une femme de ménage, longtemps on l'a vu circuler à bicyclette au milieu des tramways, et je ne sais si même aujourd'hui il connaît le luxe d'un taxi-auto. La majeure partie de son traitement passe en achats d'instruments pour les travailleurs de son laboratoire ; pour lui-même il se contente d'une somme qui paraîtrait dérisoire à plus d'un interne en médecine. Quant aux titres et aux honneurs, s'il ne les dédaigne pas, c'est qu'il ne se croit pas le droit de refuser la part qui de sa personne rejaillit sur le grand corps dont aux yeux de tous il est le symbole vivant.

Le sous-directeur de l'institut, le Russe Metchnikof, n'est guère moins connu. Avec sa tête puissante sous la couronne de ses cheveux hirsutes, avec son air perpétuellement absent, il donne quand il s'anime l'impression d'une force vierge. Sa technique minutieuse et lente, à la



manière germanique, est illuminée par des éclairs de génie. On lui doit une des grandes découvertes de la biologie moderne, la phagocytose. On fut d'abord tenté de taxer de fables les luttes épiques qu'il décrivait entre les globules blancs de l'organisme et les microbes du dehors. Beaucoup n'ont cru à la réalité de cette nouvelle Iliade qu'à dater du jour où ils l'ont vue au cinématographe. Récemment le public s'égaya fort à apprendre qu'il avait de grands singes ; cette étude amena Metchnikof à proposer contre la redoutable maladie un mode de préservation excellent, malheureusement plus facile à appliquer dans une clinique que dans la vie journalière. Plus aventureuses semblent ses vues sur la possibilité de retarder la vieillesse en entravant la flore intestinale. Pourtant, développées avec cette richesse d'imagination presque poétique et cette variété d'expérimentation qui sont les caractéristiques de Metchnikof, ses idées ont fait grand bruit et attirent à son laboratoire de longues théories de Jézabels sur le retour.

Après ces premiers rôles, la place me manquerait pour peindre les autres et compléter la galerie. Il sont trop. Le personnel des professeurs, des chefs de service, des préparateurs et des auxiliaires, compte plus de quatre cents personnes. Il a toute l'importance d'une congrégation.

C'est bien une congrégation en effet, la dernière en date et non la moindre, encore qu'à la porte de l'établissement nul n'ait jamais demandé aucun billet de con-

fession, encore que des croyants comme Pasteur ou Denys Cochin y aient coudoyé des agnostiques, des médecins athées ou des nihilistes russes. Mais c'est une congrégation laïque.

Ceux-là seuls seront choqués du rapprochement de ces deux mots qui hésitent à reconnaître en notre siècle, sous des formes nouvelles, la persistance des organisations religieuses du passé, et à retrouver, sous le voile changeant des symboles, les aspirations et les passions éternellement semblables de la nature humaine.

Certes les luttes du christianisme naissant contre le paganisme sont loin de nous, et les guerres de religion aussi. Pourtant, n'est-ce pas hier que nous avons vu, en une époque qui se croit indifférente et sceptique, ressusciter — vous vous souvenez avec quelle soudaineté et quelle violence — les haines inexpiables qui, aux temps des Julien et des Constantin, dressèrent les fils contre les pères, les sœurs contre les frères? Nous fûmes sur le point de revivre ces beaux temps troublés dont le souvenir hanta jusqu'à leur mort les contemporains de la Ligue et faisait dire à l'un d'eux : « La supériorité de la guerre civile sur la guerre étrangère, c'est qu'au moins on connaît les gens qu'on tue. »

Le concile de Nicée semble plus loin de nous encore ; les disputes entre ariens et nestoriens et les bûchers élevés à propos d'un mot ou d'une virgule des Livres Saints, sont des fantômes du passé, n'est-ce pas? Lisez les querelles quasi théologiques des partisans de l'espe-

ranto ou de l'ido, les comptes rendus de leurs congrès, la proclamation solennelle de l'infailibilité du pape de Varsovie, le Syllabus du D<sup>r</sup> Zamenhof ; admirez l'exaltation des hérésiarques, les anathèmes des orthodoxes et les combats furieux de ces sectes ennemies pour un tréma ou pour une consonance, et félicitez-vous que le temps des autodafés soit passé !

N'ayons pas peur des mots. Nous avons vu naître et grandir une congrégation nouvelle, la plus puissante qu'ait fondée le XIX<sup>e</sup> siècle.

Avec sa maison mère de la rue Dutot, ses missionnaires qui essaient aux quatre coins du monde, ses ressources énormes et sans cesse accrues, sa direction ascétique, l'Institut Pasteur forme un ordre égal en gloire et en prospérité aux grands ordres du passé.

Le plus pénétrant des historiens de la médecine contemporaine, Maurice de Fleury, n'a-t-il pas baptisé ces hommes du nom du maître, « les pastoriens », comme on disait jadis les franciscains ou les dominicains ?

Ils ont les fortes vertus des sectes naissantes : la foi, l'abnégation, le dévouement à l'œuvre commune ; parfois aussi ils en ont les travers légers et cet esprit potinier des gens qui, dans une même maison, vivent trop perpétuellement serrés les uns contre les autres.

Par-dessus tout enfin, ils ont le culte du fondateur. Le corps de Louis Pasteur ne repose pas dans nos froids cimetières : il sied que les reliques du saint soient au milieu des fidèles. Sous le grand escalier de l'Institut, une

crypte a été bâtie pour les recevoir ; et lorsqu'au jour du funèbre anniversaire la coupole byzantine, ornée des mosaïques multicolores de Luc-Olivier Merson, s'emplit d'un pieux murmure, j'imagine que les assistants ressentent une émotion de même qualité que celle qu'éprouvaient leurs prédécesseurs du xiv<sup>e</sup> siècle, au pied du mont Subasio, quand, après avoir franchi le jardin des roses sans épines, ils pénétraient dans la chapelle basse où, sous le regard des anges de Giotto, reposait cet autre grand médecin de la souffrance humaine, saint François d'Assise.

## LE CENTENAIRE DES DÉCOUVERTES D'AMPÈRE <sup>1</sup>

Monsieur le Président de la République,  
Mesdames, Messieurs.

Cent ans ont passé depuis l'année où, dans une série de mémoires restés fameux par leur hardiesse et leur perfection, le génie d'Ampère établissait la communauté de nature des phénomènes électriques et magnétiques.

Non seulement les progrès de la Science, qui depuis un siècle ont brisé tant d'idoles, ont respecté les vues du prodigieux précurseur, mais la vertu créatrice de ses idées révolutionnaires n'est pas encore épuisée aujourd'hui. Plus en faveur que jamais, ses conceptions servent de guide aux recherches les plus modernes sur la constitution de la matière.

Son œuvre nous apparaît semblable à ces hauts sommets dont, à chaque tournant du chemin, on découvre des aspects imprévus.

Sa figure est de celles qui grandissent dans le recul des âges. Et comme à ceux qui cherchent la vérité, le

1. Discours prononcé au nom du Comité d'Organisation à la séance solennelle tenue à la Sorbonne, le 24 novembre 1921.

reste est parfois donné par surcroît, ce philosophe désintéressé, ce rêveur souvent chimérique, a mérité justement le titre de bienfaiteur de l'humanité. Des industries immenses, qui emploient des centaines de milliers d'ouvriers, qui mettent en jeu des milliards de capitaux, sont sorties de ses découvertes. L'électro-aimant qui fut sa plus belle création expérimentale est aujourd'hui l'âme même et du télégraphe électrique dont il donna le principe, et du téléphone, et de ces innombrables machines qui, soit dans les ateliers ou les usines, soit sur les tramways et les chemins de fer, dispensent aux hommes l'énergie électrique.

Chez Ampère, l'homme était aussi bon que le savant était grand. Les tragiques épreuves qui marquèrent son adolescence de l'ineffaçable empreinte d'un sceau sanglant, n'ébranlèrent ni sa foi au progrès, ni sa pitié pour les humbles, ni cet inextinguible amour de l'humanité qui le consuma comme une flamme ardente jusqu'à son dernier jour.

Avec le temps qui passe, les fils de son sang ont disparu ; les fils de son esprit se lèvent chaque jour plus nombreux : il leur appartenait de reprendre comme un héritage sacré les devoirs de la famille éteinte. Au mois de mai dernier, sur l'initiative de notre collègue, M. Boucherot, les ingénieurs électriciens de France ont restauré au cimetière Montmartre la tombe que nulle main pieuse n'entretenait plus. Au mois de juillet, dans le bourg de Poleymieux, au milieu du décor familial où il naquit

et vécut, au pied des collines lyonnaises du Mont-d'Or, on a dressé son image.

Les grands corps scientifiques et industriels de notre pays, l'Académie des Sciences, l'Union des Syndicats de l'Électricité ont pensé qu'il ne fallait pas s'en tenir là, et qu'il serait d'un salubre exemple pour tous, et particulièrement pour l'ardente jeunesse de nos écoles qu'il aimait tant et dont je vois sur ces gradins de si nombreux représentants, de rendre dans notre vieille et toujours jeune Sorbonne un hommage solennel à un des plus purs, un des plus glorieux enfants de notre France éternelle.

Né près de Lyon en 1775, André-Marie Ampère étonna ceux qui l'entouraient par les manifestations de ce génie précoce dont les mathématiciens et les musiciens semblent avoir le privilège. A onze ans, il avait épuisé la bibliothèque paternelle ; à douze ans, il lisait Euler et Bernoulli dans le texte latin ; à quatorze ans, il dévorait la grande Encyclopédie de Diderot et d'Alembert, dont près d'un demi-siècle plus tard, grâce à sa prodigieuse mémoire, il récitait par cœur de longs passages ; à dix-huit ans, il possédait tout le calcul infinitésimal aussi bien qu'il devait jamais le savoir, il créait un dictionnaire et la grammaire d'une langue universelle — qui ne fut jamais parlée que par lui seul — il écrivait des poèmes, des épopées, des chansons, des tragédies, des madrigaux...

La foudre à ce moment tomba près de lui. Victime des

passions révolutionnaires, son père, ancien juge de paix à Lyon, fut guillotiné en 1793.

Le coup était trop rude pour un jeune homme de dix-huit ans. Son intelligence faillit sombrer au gouffre de la folie ; durant une année entière, il resta hébété ; comme un enfant, il ne se plaisait plus qu'à écouter la musique ou à cueillir des fleurs.

L'amour le sauva. Un jour qu'il herborisait dans un pré, il aperçut, au coucher du soleil, le long d'un ruisseau, une gracieuse jeune fille, Julie Caron. Alors commença une idylle dont Ampère a noté dans son journal intime les moindres détails avec une fraîcheur naïve dont la littérature ne donnerait peut-être pas un second exemple.

Après trois ans d'attente, en 1799, ce Chérubin craintif, aux gros souliers et aux cheveux en broussaille, vit sa constance enfin récompensée ; il épousa sa Julie. Il goûta alors une année de bonheur, la seule, a-t-il dit plus tard, qu'il ait jamais eue dans sa vie. Un fils leur naquit, qui devait être l'historien Jean-Jacques Ampère. Presque aussitôt des soucis matériels gâtèrent sa félicité. Pour subvenir aux besoins de sa petite famille, il dut s'en séparer et accepter un poste de professeur à Bourg, à douze lieues de Lyon. Son rêve était de revenir dans cette dernière ville comme professeur au lycée. Un livre qu'il publia sur le calcul des probabilités lui valut l'estime de Delambre et le poste souhaité. Mais il était déjà trop tard ; il trouva sa femme mourante de la poitrine. Trois mois après, le 13 juillet 1804, elle expirait.



Ampère s'enfonça dans le travail. Il y trouva la gloire. Pour lui véritablement elle ne fut que le deuil éclatant du bonheur.

Ses découvertes le rendirent célèbre dans le monde entier. Ses distractions ne sont pas restées moins légendaires. A l'École Polytechnique, quand, avec la malice de leur âge, les élèves guettaient l'arrivée d'un visiteur hirsute, à la cravate dénouée, laissant sortir de sa poche en guise de mouchoir un torchon souillé de craie, ils savaient qu'ils avaient devant eux le grand Ampère.

Ses travaux sur l'intégration des équations aux dérivées partielles, sur la théorie mathématique du jeu, sur la structure moléculaire des gaz eussent suffi à la réputation de plusieurs savants. Ils furent éclipsés cependant par ses Mémoires sur l'électromagnétisme et l'électrodynamique qu'il rédigea vers quarante-six ans.

Les honneurs vinrent à lui. Successivement il devint professeur à l'École Polytechnique, puis au Collège de France, inspecteur général de l'Université, membre de l'Académie des Sciences dans la section de Géométrie.

Il s'adonna avec passion à la philosophie en compagnie de Maine de Biran et de ses amis de la Société d'Auteuil ; il prit part aux célèbres controverses de Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire ; il consacra le meilleur de son activité à un grand ouvrage sur la classification des Sciences. Il apportait à tout ce qu'il faisait la même ardeur enthousiaste ; pour lui le doute n'était pas le mol oreiller sur lequel s'endormait le scepticisme d'un Mon-

taigne. « Le doute, écrivait-il dans une de ses lettres, est le plus grand des tourments que l'homme endure sur la terre. » Ses amis Camille Jordan et Degerando avaient conservé un impérissable souvenir d'un soir où, ayant commencé à leur exposer le système du monde, il parla devant eux, sans que leur attention faiblît, treize heures de suite.

Ses dernières années furent troublées par des maladies et des malheurs de famille. Il mourut le 10 juin 1836, âgé de soixante et un ans, en tournée d'inspection au collège de Marseille.

Entre tant de titres de gloire, l'explication du magnétisme et la création de l'électrodynamique sont les plus beaux. Ce sont ceux que nous célébrons aujourd'hui. Dans une expérience isolée d'Ørsted, Ampère sut trouver la clef d'un des mystères les plus cachés de la nature ; il comprit et démontra que le magnétisme n'est que l'électricité en mouvement tourbillonnaire ; le solénoïde, l'électro-aimant dérivent de cette conception. Il fit voir que le magnétisme terrestre s'explique non par la présence de gigantesques dépôts de fer, comme on le croyait, mais par celle de courants telluriques circulant le long de l'équateur. Passant avec audace de l'infiniment grand à l'infiniment petit, il admit que les propriétés des barreaux aimantés eux-mêmes tiennent à des courants circulaires dans l'intérieur des atomes.

Les idées d'Ampère s'écartaient profondément des théories alors courantes en mécanique où l'on cherchait

à tout ramener aux forces centrales newtoniennes entre points doués de masse. Au rebours des précédentes les forces élémentaires d'Ampère naissent du mouvement et ne vérifient pas, sous sa forme ancienne, le principe de l'action et de la réaction.

La Science doit beaucoup à l'étude de ces forces nouvelles, filles du mouvement. Elles paraissent appelées à nous donner l'explication de ces innombrables raies spectrales, langue mystérieuse des atomes, que les anciennes analogies tirées de l'élasticité ou de l'acoustique avaient été impuissantes à éclaircir et que nous commençons à peine à déchiffrer.

Ainsi, les idées d'Ampère sont aussi jeunes qu'au jour de leur naissance ; il fut vraiment l'un de ces inspirés qui voient dans l'avenir bien loin en avant des autres hommes.

La lecture de ses mémoires est attachante. Ce ne sont point les cris de joie mystique ou d'orgueil délirant d'un Képler : « Que mon livre soit lu aujourd'hui ou dans cent ans, que m'importe ? Dieu n'a-t-il pas attendu plus de six mille ans, qu'un homme vînt, capable de pénétrer son œuvre ? » Ce ne sont point non plus les fantastiques éclairs qui, du sein d'une nuit profonde, illuminent en traits de génie les obscurités, les erreurs mêmes d'un Faraday. C'est une clarté limpide comme celle d'un beau ciel étoilé.

Le Collège de France possède encore la table rudimentaire faite des propres mains d'Ampère avec laquelle,

dans son petit cabinet de la rue des Fossés-Saint-Victor, il exécuta toutes ses expériences : instrument qu'eût pu construire un serrurier du village. Elle est là, devant vous. Voilà d'où est sortie une grande part de cette industrie moderne dont nous sommes si fiers.

Vers la même époque, Fresnel, différent d'Ampère, mais non moins grand, réalisait, avec le concours d'un armurier de province, les appareils les plus délicats de l'optique nouvelle.

Mémorables exemples de ce que, dans un domaine inconnu, un homme de génie peut faire avec de petits moyens ! Ces temps sont passés, dira-t-on. Est-ce bien sûr ? Qu'on me permette d'en douter, à moi qui ai vécu dix années de ma lointaine jeunesse au cœur du vieux Muséum de Cuvier et de Chevreul, dans le réduit obscur, au plancher carrelé, près de la hotte noircie où Henri Becquerel découvrit les premiers phénomènes de la radio-activité ; à moi qui, bien souvent depuis, ai monté les marches du grenier vermoulu où notre grand Branly inventa l'œil électrique capable de percevoir ces ondulations de la télégraphie sans fil pour lesquelles l'œil humain est aveugle.

Entre tous, l'exemple d'un Ampère nous montre que le génie d'un homme n'est pas une qualité abstraite, en marge de la vie, et que, dans des domaines différents, les mêmes dons d'amour passionné du vrai et du beau, d'ardeur concentrée, d'imagination créatrice, font l'artiste, le savant, le poète.

Les physiciens modernes ont donné le nom d'Ampère à une des grandeurs fondamentales de l'électricité. Aujourd'hui, à toute heure, dans le monde entier, des milliers d'ingénieurs, de contremaîtres, de simples ouvriers en répètent les syllabes, sans avoir jamais entendu parler de l'homme. Ainsi, tandis que son corps périssable est tombé en poussière, son nom même s'est dépouillé de son sens éphémère, et est retourné au patrimoine commun de l'humanité. Pour un serviteur de la science qui, par son essence même, est œuvre collective et impersonnelle, c'est la consécration suprême.

## LA VIE D'UN SAVANT GABRIEL LIPPMANN

C'est par un bref message de télégraphie sans fil que l'on apprit le 12 juillet 1921 la mort de Gabriel Lippmann à bord du paquebot *la France*, qui le ramenait au Havre, au retour de la mission qu'il venait d'accomplir en Amérique aux côtés du maréchal Fayolle.

Une surprise attristée accueillit la nouvelle fatale, non seulement dans le monde savant, qui s'enorgueillissait de lui comme d'un de ses plus illustres représentants, mais encore dans le grand public. Les principaux organes de la presse publièrent son portrait, sa biographie, l'analyse de ses travaux. C'est qu'en effet, à côté de recherches ingénieuses ou profondes, mais accessibles aux seuls initiés, Lippmann avait eu la fortune d'attacher son nom à une de ces découvertes dont la gloire se transmet d'âge en âge : il avait su trouver la clef du problème si longtemps cherché de la photographie des couleurs.

Le sentiment de la grandeur de la perte que venait de faire la science française, se doublait de celui de sa soudaineté. Bien que Lippmann eût dépassé l'âge de soixante et quinze ans, il était resté étonnamment jeune d'allures.

Au Canada comme aux États-Unis, parmi les populations de vieille souche française comme parmi celles de race anglaise, parlant les deux langues avec la même facilité, il avait émerveillé ses compagnons et ses hôtes. Le voyage avait été facile et heureux. A la veille de se rembarquer, il fut victime d'un accident banal, une intoxication alimentaire, suite des chaleurs excessives de la saison. Le rein cessa de fonctionner. L'urée passa dans le sang. Le cœur fut atteint à son tour, et malgré les soins de sa femme qui, veillant sur lui nuit et jour, lutta avec un stoïque courage jusqu'à la dernière minute, il s'éteignit doucement en mer. Son corps ramené à Paris fut placé le 18 juillet à côté de ceux des siens au cimetière Montparnasse.

\*  
\*  
\*

Gabriel Lippmann était né le 16 août 1845 à Hollerich dans le Grand-Duché de Luxembourg. Comme celui de Pasteur, son père était tanneur. Il était originaire d'Ennery en Lorraine et avait épousé une Alsacienne. Il en eut trois enfants, un garçon et deux filles. De celles-ci l'une se maria, et eut un fils, physicien distingué, aujourd'hui professeur à l'Université de Nancy ; l'autre, Una Lippmann, ne quitta pas ses parents et vécut toujours dans une intimité étroite avec son frère ; ce fut seulement après l'avoir perdue que celui-ci se maria.

Comme beaucoup de grands hommes, Gabriel Lipp-

mann subit profondément l'empreinte de sa mère. Enceinte de son premier enfant, elle avait ardemment désiré qu'il fût un fils et devînt un savant. Le tenant par la main, tout petit, âgé de quatre ans, et passant sur le pont des Arts, elle lui montrait du doigt l'Institut en lui disant : « Mon enfant, un jour tu entreras là. » C'était une femme d'une rare intelligence, et douée de dons musicaux exceptionnels. Elle avait un talent de composition qu'admiraient ses proches, mais ne voulut jamais rien publier. Parfois seulement quand on lui demandait l'auteur du morceau qu'elle venait de jouer, elle répondait par un nom de fantaisie qu'elle avait imaginé. On n'insistait pas pour ménager sa modestie.

Son fils Gabriel hérita de ce sens musical. Longtemps ses préférences allèrent à Haydn et à Mozart ; dans ses dernières années, Beethoven le touchait jusqu'aux larmes. Il admirait Wagner, mais sans véritablement l'aimer : il ne le sentait pas assez près de son cœur. Aucun plaisir ne valut jamais pour lui un beau concert de musique classique. Président de l'Académie des Sciences, il prononça l'éloge d'Henri Poincaré et rappela la page curieuse où celui-ci a dit que les savants trouvent dans les mathématiques pures des harmonies et des jouissances analogues à celles des arts, bien que les sens n'y prennent aucune part. « Il est vrai, accordait Lippmann, et je ne crains pas de dire que ce plaisir esthétique a une signification bien directe. C'est l'ordre, donné par la nature, de continuer. Car c'est ainsi que la nature nous donne ses



ordres, non par une voix extérieure qui arrive aux oreilles, mais par un commandement intérieur qui se fait sentir et que nous prenons pour notre propre penchant. »

Quand le jeune Gabriel atteignit sa treizième année, sa mère se résigna à le mettre au collège. Il entra au lycée Napoléon (actuellement lycée Henri IV). Il s'y montra un élève distrait et inégal ; il remporta pourtant les prix de discours français et de langue allemande : il avait d'ailleurs au plus haut degré le don des langues qu'on rencontre si souvent chez les israélites.

Ce fut seulement à dix-sept ans, dans la classe de philosophie, que se déclara sa vocation. Il y rencontra un homme d'une rare originalité, qui fut un des plus intimes amis de mon père et dont je retrouve, aussi loin que je remonte dans mes souvenirs, la fine et mélancolique figure penchée sur moi presque dès mon berceau. Hélas ! la discordance entre ses rêves et la réalité devait mener plus tard Charles d'Almeida à une fin tragique. Fils naturel du duc d'Almeida, jeté dans le monde seul et sans appui, il avait réussi, après les indicibles amertumes de ses premières années, à se faire une place à force d'énergie. Lassé de la monotonie de la vie journalière, il partit un jour pour les États-Unis, alors en proie aux déchirements de la guerre civile, et y passa d'un camp à l'autre. Arrêté, emprisonné, menacé d'être pendu comme espion par les belligérants qui n'arrivaient pas à comprendre que la seule curiosité l'eût amené dans le Nouveau Monde, la paix le sauva. Très lié avec le romancier Jules Verne,

celui-ci lui dut cette sûreté de documentation, et cette puissance de vision quasi prophétique qu'on a souvent admirées, et qui de ce grand imaginaire eussent fait presque un génie, n'eût été sa totale absence de talent littéraire. Après la guerre, d'Almeida fonda la Société française de Physique, et le *Journal de Physique*. Il sut faire aimer cette science à Gabriel Lippmann, si bien que celui-ci, résistant aux sollicitations de son professeur de philosophie Nourrisson, qui eût voulu l'orienter vers les lettres, continua ses classes par les mathématiques élémentaires et les mathématiques spéciales, et se présenta avec succès à l'École normale supérieure.

Ses parents avaient tenu à lui laisser poursuivre ses études tranquillement, sans forcer sa nature. Aussi quand il entra à l'École normale, avait-il vingt-trois ans ; il était plus âgé de quelques années que ses camarades, mais déjà il n'était plus un élève. Il n'y brilla d'ailleurs pas plus qu'au lycée. Son esprit indépendant ne put jamais se plier à ces préparations hâtives de vastes programmes où la mémoire remplace trop souvent l'intelligence. Nos examens, avec leur caractère encyclopédique, avec la multiplicité de leurs épreuves écrites, orales ou pratiques, avec le temps strictement limité réservé à chacune d'elles, risquent de laisser sur le carreau quelques-uns des meilleurs. Pierre Curie, travailleur lent et profond, me disait un jour qu'il n'avait jamais pu terminer une composition dans le délai réglementaire, et qu'au collège il était souvent classé dans les derniers.

A l'École normale, Lippmann s'attacha particulièrement au sous-directeur, Bertin, savant probe et consciencieux, qui dirigeait dans les *Annales de Chimie et de Physique* la revue des travaux faits à l'étranger. Il chargea le jeune physicien, qui parlait si bien les langues vivantes, de lire et d'analyser les mémoires allemands et anglais. Ainsi en dehors des cours réglementaires, qui ne peuvent enseigner que la science déjà faite, Lippmann s'initiait aux côtés plus vivants et plus hardis de la science qui se fait. L'électricité n'occupait encore dans les programmes qu'une place insignifiante ; tout autre était celle qu'elle avait dans l'esprit des chercheurs. Les phénomènes de la décharge oscillante, d'où devait sortir plus tard la théorie des ondulations électriques et de la télégraphie sans fil, frappèrent particulièrement Lippmann. Avec la belle audace de la jeunesse, il alla trouver le fameux constructeur Ruhmkorff, pour lui conseiller de construire une bobine d'induction à circuit magnétique fermé et d'établir une résonance entre le circuit inducteur et le circuit induit. L'idée était intéressante et témoignait de vues très en avance sur leur époque ; mais la réalisation en était difficile, la mise au point délicate. Ce n'est que bien des années plus tard, et après de longues études, qu'elle a pu être faite dans les transformateurs industriels : le constructeur hésita à se lancer dans une voie nouvelle sur les suggestions d'un débutant. Ces travaux, ces recherches personnelles étaient déjà ceux d'un maître ; ils firent un peu perdre de vue à Lippmann la

préparation terre à terre des examens d'agrégation ; aussi ne réussit-il pas à ce concours.

\*  
\* \*

Cependant l'attention du ministre de l'Instruction publique, qui était Jules Simon, avait été attirée sur l'originalité du jeune chercheur. De 1872 à 1875, on confia à Lippmann trois missions successives en Allemagne, à la fois pour y poursuivre ses travaux sur l'électricité et pour faire des rapports sur les laboratoires allemands. Il se rendit d'abord à l'Université de Heidelberg. La situation ne laissait pas d'être délicate pour un jeune Français. Avant de quitter Paris, Gabriel Lippmann crut bon de s'initier à une science que l'on n'enseignait pas à l'École normale : il prit des leçons d'escrime à la rapière. Sa réserve, son tact parfait les rendirent heureusement inutiles. Les professeurs allemands de cette époque, formés avant 1870, n'étaient d'ailleurs pas encore imbus de cet esprit de pangermanisme agressif qui devint plus tard la règle dans trop d'Universités d'Outre-Rhin.

J'ai vu moi-même, à Paris, à l'occasion des Congrès électriques de 1881, et j'ai eu occasion d'apprécier plus d'une fois dans les années suivantes les grands savants allemands d'alors ; citerai-je Helmholtz, physiologiste, mathématicien et physicien de génie, dont la femme garda toujours la nostalgie de la société française, ayant

vécu toute sa jeunesse à Paris, dans le salon de sa parente M<sup>me</sup> Mohl, un des lieux de réunion préférés des érudits et des lettrés durant le Second Empire ; Gustave Wiedemann, l'éditeur des célèbres *Annalen der Physik*, vieillard courtois et élégant, dont les manières reflétaient encore la politesse du XVIII<sup>e</sup> siècle ; Clausius, enfin, qui maintenait à Bonn l'indépendance des Universités régionales contre la suprématie envahissante de Berlin. Lippmann trouva à Heidelberg cette complète liberté d'étudier et qui lui était si chère. Il y rencontra également, auprès de maîtres renommés, la bonhomie bienveillante de la vieille Allemagne. C'est ainsi qu'ayant demandé à Kirchhoff, au moment où celui-ci partait en vacances, la permission de rester au laboratoire pour y achever des expériences en cours, le vieux savant lui dit : « Les bibliothèques universitaires vont fermer ; vous ne pourriez plus vous procurer des livres nécessaires à vos recherches. Voici la clef de mon appartement et de ma bibliothèque. » Il passa, le semestre suivant, de 1874 à 1875, à l'Université de Berlin, auprès de Helmholtz, mais fut rappelé à Paris avant d'avoir achevé l'étude sur l'endosmose électrique qu'il y avait entreprise.

Comme un autre savant, Leverrier, qui devait trouver la gloire dans un domaine bien différent, Lippmann débuta par un travail de chimie. Son premier mémoire, fait au laboratoire de Kuhn, a trait aux phosphates d'alumine. Aussitôt après, il vint à la physique. Il ne devait plus la quitter. Son coup d'essai fut un coup de

maître. Le point de départ en fut une expérience déjà ancienne, mais restée inexpliquée sur les phénomènes présentés par une goutte de mercure plongée dans l'eau acidulée. Vient-on à toucher une telle goutte avec un fil de fer, elle subit une série de contractions spasmodiques qui rappellent les secousses du tétanos. Dès l'École normale, Lippmann avait su trouver la cause de ces apparences qui avaient échappé à ses prédécesseurs : elles s'expliquent par les modifications de la tension superficielle sous l'influence des forces électriques.

D'un coup d'œil, il avait reconnu l'existence d'un chapitre nouveau de la physique, auquel il donna le nom d'électro-capillarité. Il sut l'explorer avec une maîtrise surprenante. Il l'envisagea sous son double aspect théorique et expérimental, avec une telle sûreté, que les progrès de la science depuis cinquante ans n'y ont rien ajouté d'essentiel. Il résuma l'ensemble de ses recherches dans une thèse de doctorat qu'il soutint en Sorbonne, le 24 juillet 1875, et qui fit sensation. Lippmann s'y révélait de la race des maîtres.

Le jeune savant avait créé un instrument, qui, dans le domaine si profondément exploré depuis de l'électricité, est resté inégalable par sa prodigieuse sensibilité, et sert encore journellement aux physiologistes, aux chimistes, aux médecins : l'électromètre capillaire.

D'une application pratique moins étendue, mais d'une conception non moins profonde, est le moteur capillaire inventé par lui en même temps. Il présente ce caractère

singulier, en face de tant de machines mécaniques, thermiques, électriques, enfantées par l'imagination des hommes de former le représentant, unique jusqu'ici, d'une classe nouvelle de moteurs, dont la puissance ne dépend pas directement des volumes ou des masses des pièces qui les composent, mais de leurs surfaces. Par ce caractère il se rapproche de quelques-uns des mécanismes les plus parfaits que la nature vivante, cette suprême maîtresse, propose à notre imitation, soit dans les animaux, soit dans les végétaux. Seul à ce jour, Lippmann a su entrer dans cette voie. C'est ma conviction que si cette découverte, trop en avance sur son temps, n'a pas trouvé l'appréciation qu'elle méritait, elle est appelée à grandir encore le nom de son auteur. N'est-ce pas le privilège des intelligences d'élite d'entr'ouvrir devant nous les portes de l'avenir?

\*  
\* \*

Un si brillant début n'allait pas tarder à recevoir sa sanction. Lors de la création des maîtrises de Conférences en 1878, Lippmann se vit attaché à la chaire de Jamin, dans le laboratoire duquel il travaillait ; cinq ans plus tard, il remplaçait Briot comme professeur de calcul des probabilités et de physique mathématique. Dépourvue de laboratoire et de moyens de travail, cette chaire ne pouvait représenter pour lui qu'un poste d'attente, et dès 1886, il la changeait contre celle de physique générale où il succédait à Jamin.

Il prit en même temps la direction du laboratoire de recherches physiques, le premier en date des laboratoires de ce genre, créé à Paris dans l'ancienne Sorbonne, sur l'initiative du grand ministre Victor Duruy. La partie principale en était formée d'un vaste hangar vitré, que les visiteurs de cette époque ont souvent vu illuminé le soir par les nouveaux modèles de lampe à arc imaginés par Jamin. A ce hangar étaient jointes une ancienne boutique de marchand de vins, et trois chambres situées au premier étage de la maison. A côté du laboratoire de Jamin se trouvait celui de son collègue Paul Desains, dont les principaux collaborateurs étaient alors Gouy et Pierre Curie. J'y débutai moi-même en 1884. Il était installé dans deux anciens hôtels meublés de la rue Saint-Jacques, sans communication directe l'un avec l'autre, en sorte que pour passer du grenier du premier à celui du second, on devait commencer par gagner la cour en descendant les spirales d'un sordide escalier en colimaçon. Les pièces étaient petites et à peine éclairées par des puits d'air lépreux. Quels souvenirs avaient bien pu garder ces murs de leurs hôtes d'antan? C'est dans ces salles carrelées, au milieu de ces plâtras noircis, que j'ai vécu bien des heures inoubliables de ma jeunesse.

Les cours publics de Lippmann étaient attachants. Quand je l'entendis pour la première fois, j'en reçus une impression profonde. Ses qualités dominantes étaient la simplicité et la clarté. Aujourd'hui encore, il m'arrive de relire son cours de cette époque sur les phénomènes



capillaires qui n'a jamais été publié. Vingt-cinq ans plus tard, il me fut donné d'assister une fois encore à une de ses leçons inaugurales. Le sujet en était classique entre tous : il s'agissait de la gravitation universelle. J'y retrouvai ce je ne sais quoi, qui n'appartenait qu'à lui, et où brillait la flamme du génie de mon vieux maître. Au milieu d'un exposé tout uni jaillissait un mot imprévu, bref éclair qui illuminait les parties obscures du sujet. Frappé de la nouveauté de quelques-uns de ses aperçus qui, pour « quelqu'un de la partie », révélaient des réflexions intenses et prolongées, je lui demandai pourquoi il ne les développait pas davantage. « Vous ouvrez une porte, puis vous la fermez », lui dis-je. Et je vis que sa réserve tenait à un scrupule délicat. Chargé de préparer des étudiants à un examen, Lippmann, à l'inverse de bien des professeurs qui n'ont nulle hésitation à s'arrêter au beau milieu du programme, ne se reconnaissait le droit de rien négliger. Parfois il regrettait de n'avoir pas la même liberté qu'au Collège de France dont les professeurs choisissent le sujet de leur enseignement. Pourtant, l'an passé, à la veille de prendre sa retraite, il avait consenti à faire son dernier cours en suivant le développement de ses idées propres. Quel n'eût pas été le puissant intérêt de cette sorte de testament scientifique d'une si lumineuse intelligence ! « Eh bien, soit ! ce sera pour demain », dit-il en souriant. Mais quel homme a jamais pu se flatter de prononcer avec assurance le mot « Demain » ? Demain, roi du pays des morts...

Au laboratoire rudimentaire dans lequel il débuta, Lippmann en substitua plus tard un autre plus digne de lui. La Sorbonne fut reconstruite sur les plans d'un architecte jeune encore, mais d'un rare mérite, M. Nénot qui se concerta avec les professeurs, pour les doter d'installations modernes, conçues selon leurs idées propres. C'est ainsi que furent aménagés les locaux actuels du laboratoire de recherches physiques ; le grand hall du rez-de-chaussée, les ateliers, la salle des machines, les galeries et les pièces du premier étage, constituent un ensemble magnifique. Cependant, dans son nouveau laboratoire, Lippmann ne songeait pas sans quelque obscur regret au modeste apprentis où il avait travaillé vingt ans.

Dans l'aménagement de ces laboratoires on trouve le reflet de certaines préoccupations particulières à l'époque où ils furent construits. Les physiciens étaient encore sous l'impression des mémorables recherches par lesquelles le plus brillant des élèves de Helmholtz, Henri Hertz, — mort à quarante ans des fatigues d'une période de service militaire pour laquelle, gravement malade, il s'était vu refuser tout sursis, — venait de démontrer la vérité de la théorie électro-magnétique de Clerk Maxwell, et de réaliser ces ondulations électriques, image amplifiée des hypothétiques ondulations lumineuses, devinées par le génie de Malebranche et d'Huygens. Pourtant un doute subsistait. La théorie exigeait que la vitesse de propagation des deux phénomènes fût la même, trois cent mille kilomètres par seconde. Or Hertz avait trouvé

que la vitesse des ondes électriques n'était que les deux tiers de la vitesse de la lumière. Les recherches postérieures ont montré qu'il s'était trompé et que les vitesses sont bien égales. Cette erreur que Hertz lui-même qualifia de « fatale » ne fut jamais bien expliquée. Il l'attribua à l'exiguïté des locaux où il avait opéré ; et, de fait, l'expérience, répétée dans une longue galerie réussit toujours. Sous cette impression, on construisit les laboratoires de la nouvelle Sorbonne, en disposant les pièces successives en enfilade. Nous étions bien loin des chambres meublées de la rue Saint-Jacques ! On fit mieux : à ces longues lignes horizontales, on jugea bon d'adjoindre une grande ligne verticale, qui fut baptisée du nom d'axe des Z. Le visiteur qui remonte à partir de Notre-Dame les pentes historiques de la montagne Sainte-Geneviève, le long de la rue Saint-Jacques, aperçoit sur sa droite, après avoir dépassé le Collège de France et la rue du cimetière Saint-Benoît, une grande tour, non prévue dans le programme primitif. Elle se prolonge par un puits creusé jusqu'à la nappe d'eau souterraine : on y dispose d'une hauteur de chute de 50 mètres. O vanité des prévisions humaines ! Je ne sache pas que ces longues lignes droites aient été jamais utilisées depuis. C'est que, comme Lippmann aimait à le dire, un physicien qui entreprend une recherche nouvelle doit créer lui-même ses outils de travail. Pas plus dans la science que dans la politique ou dans les affaires, il ne faut prévoir de trop loin. Au lieu de faire bâtir à grands

frais de massifs hôpitaux par des architectes fameux imbus des leçons de l'antiquité, qui gardent comme un flottant mirage le regret nostalgique du temple de Pœstum, peut-être serait-il plus sage de placer nos malades dans des baraques en bois, munies de doubles cloisons, qu'on brûlerait tous les dix ans pour les reconstruire en tenant compte des progrès de l'hygiène.

\*  
\* \*

Une fois en possession de moyens de recherches suffisants, Lippmann multiplia ses découvertes.

Dans l'ordre théorique, il formula deux principes nouveaux : celui de la conservation de l'électricité et celui de l'inertie de l'électricité.

Le principe de la conservation de l'électricité était implicitement admis par les physiciens ; nul d'entre eux cependant n'en avait tiré jusque-là de conséquences mathématiques. En le fécondant par les principes de la thermodynamique, Lippmann en fit sortir toute une moisson de formules que l'expérience vérifia rigoureusement ; il les appliqua successivement à la contraction électrique des gaz, à la dilatation électrique des solides, à l'électrisation des cristaux hémihédres par compression ou par réchauffement. Le grand mathématicien Hermite fut très frappé de la sûreté de ces prévisions. Rappelant en 1885 que Lippmann avait pu prévoir et calculer l'allongement de certains cristaux, il disait avec admi-

ration : « Or ces résultats ont été vérifiés plus tard par MM. Pierre et Jacques Curie. C'est peut-être la première fois qu'en électricité le calcul ait devancé l'expérience. »

Plus inattendu est le principe de l'inertie de l'électricité que Lippmann sut déduire de la célèbre expérience par laquelle Rowland avait montré qu'un corps électrisé en mouvement agit sur une aiguille aimantée à la manière d'un courant électrique. Dans une note présentée à l'Académie le 21 juillet 1879, Lippmann démontra que ce phénomène est réversible, et il en tira cette conséquence que l'électricité statique possède une inertie propre qui s'ajoute à celle du corps électrisé. C'est cette idée capitale qui, développée et approfondie par plusieurs générations de chercheurs, est devenue une des bases essentielles des nouvelles théories de la matière. La priorité en revient sans conteste à Lippmann : on l'a trop souvent oublié.

Un autre problème scientifique de première importance auquel Lippmann revint avec prédilection, fut celui des unités électriques absolues.

On sait quel progrès avait réalisé vers la fin du xviii<sup>e</sup> siècle le système métrique, en mettant fin à l'inextricable confusion des poids et mesures du vieux continent. Peu à peu il a conquis l'Europe, puis le monde entier. Seuls les pays de langue anglaise, impuissants à sortir des ornières d'une routine bien des fois séculaire, ne s'y sont pas encore ralliés.

Plus heureux que les mécaniciens, les électriciens du

monde entier sont parvenus à se mettre d'accord sur un système unique de mesures conforme à la nature des choses. Des méthodes ingénieuses permettent de déterminer directement les grandeurs fondamentales en quelque point du globe qu'on se trouve. A l'invention et au perfectionnement de plusieurs de ces méthodes, Lippmann apporta sa contribution. Son travail sur la détermination de l'unité de résistance électrique, dont les expériences ont été exécutées sous sa direction par M. Vuilleumier, est un chef-d'œuvre d'élégance. Une autre méthode non moins originale imaginée par lui est celle qui permet, au moyen des phénomènes de l'induction, de déterminer la constante d'un électrodynamomètre absolu. Un de ses meilleurs élèves, M. Guillet, a su la réaliser avec une extrême habileté.

Deux autres instruments de Lippmann sont classiques dans les laboratoires : l'électromètre absolu sphérique, véritable bijou de précision, et le galvanomètre à mercure, appareil merveilleusement simple, qui, sans fil ni aiguille, mesure l'intensité d'un courant.

\*  
\* \*

Cette succession ininterrompue de découvertes attirait peu à peu sur Lippmann l'attention des physiciens du monde entier. Dès 1886, à peine âgé de quarante ans, il était nommé membre de l'Académie des Sciences ; en 1912, il en devenait le président. La Société Royale de

Londres, l'Académie des Lincei à Rome, les principaux corps scientifiques étrangers, l'appelaient successivement à eux.

Particulièrement fructueuse fut sa collaboration à l'œuvre astronomique du Bureau des Longitudes. L'entrée de Lippmann dans ce domaine, en apparence si étranger à ses préoccupations antérieures, mérite d'être contée. Le physicien Cornu, professeur élégant, expérimentateur impeccable, venait de mourir. Il laissait une place vacante au Bureau des Longitudes. Le maître de l'astronomie physique en France, Henri Deslandres, vint proposer sa succession à Lippmann. « Mais, je n'ai jamais fait d'astronomie, se récria celui-ci. — Qu'à cela ne tienne, vous en ferez. » Il se laissa convaincre. Heureuse condescendance ! Il devait dans cette branche nouvelle réaliser quelques-unes de ses plus remarquables inventions.

Le problème de la mesure exacte du temps l'avait toujours préoccupé. En dehors de considérations théoriques profondes, il apporta aux anciennes méthodes de mesure des perfectionnements remarquables. Les procédés mécaniques d'entretien du mouvement de pendule introduisaient d'inévitables perturbations. Il y substitua un procédé électrique beaucoup plus parfait, fondé sur la décharge d'un condensateur : la force n'agit que pendant un temps infiniment court et au moment même du passage de l'instrument par la verticale : elle laisse le mouvement inaltéré.

Mais sa contribution la plus importante à l'astronomie est le cœlostat. C'est une invention moins connue du public mais qui mérite d'être placée au même rang que l'électromètre capillaire ou la photographie des couleurs : telle est la trinité qui portera à la postérité le nom de Lippmann.

L'aspect du ciel étoilé change incessamment au cours des heures de la nuit, la voûte céleste paraissant tourner autour d'un axe idéal, l'axe du monde. D'où la nécessité, pour suivre les astres, de donner aux télescopes un mouvement approprié. Une autre solution consiste à observer les objets célestes dans un miroir mobile, animé d'un déplacement convenable. Un des dispositifs les plus employés est le sidérostat dans lequel l'image d'un seul astre est fixe, les autres points du ciel semblant tourner autour de lui. Bien plus parfaite est la solution imaginée par Lippmann dans le cœlostat ; c'est le ciel tout entier qui paraît immobile. Josué arrêta le soleil dans sa course. Il semble qu'ici un photographe surnaturel ait arrêté le ciel même, en prononçant les mots fatidiques : « Ne bougeons plus ! »

Lippmann augmenta encore la portée de cet admirable instrument en imaginant sa méthode des éclairs pour déterminer les heures des passages des étoiles au méridien. L'image photographique de l'étoile est accompagnée du trait fourni par une fente lumineuse et un collimateur : la plaque est donc rigoureusement repérée par rapport à une source terrestre sans aucune intervention



d'un opérateur toujours plus ou moins faillible. La pose peut être prolongée à volonté. Le cliché porte la trace non seulement des étoiles visibles à l'œil nu, mais d'une multitude d'autres : « Aucun observateur en chair et en os, remarque Lippmann, ne pourrait obtenir par la méthode visuelle ce que donne la méthode photographique. Il faudrait pouvoir installer à la lunette un observateur idéal, doué d'une rétine tellement sensible qu'il verrait des étoiles d'un ordre de grandeur élevé, et capable en outre de noter en quelques minutes plusieurs centaines de passages, sans erreur et sans confusion. »

Malheureusement les dimensions et les prix des grands appareils astronomiques sont tels que bien peu de nos observatoires français peuvent les acquérir. Ni le Parlement, ni les particuliers ne s'y intéressent vraiment. La sensibilité latine ne s'émeut guère que devant les grands fléaux : la rage, la diphtérie, le cancer. Plus rudes, les habitants du nouveau monde sont aussi d'un idéalisme plus abstrait : on n'y compte plus les observatoires richement dotés par l'État ou par les individus. Au cours de son dernier voyage, Lippmann eut l'heureuse surprise d'y retrouver ces magnifiques instruments, fils de son cerveau. Il est vrai qu'il constata que les astronomes américains en ignoraient l'auteur. Mais, détaché de toute vanité personnelle, il tenait qu'il n'est pas de plus belle récompense pour le savant que d'avoir enrichi le patrimoine de l'humanité.

\*  
\*  
\*

De tels travaux, s'ils assuraient sur d'inébranlables fondements la réputation de Lippmann dans le monde savant, n'eussent pas suffi à rendre son nom presque populaire. Pour le faire sortir du cercle des académies, il fallut sa sensationnelle découverte de la photographie des couleurs.

Un savant assez caustique du siècle dernier avait proposé de distinguer les « découvertes » et les « trouvailles ». Il est d'heureux physiciens qui furent trouvés par les phénomènes auxquels leur nom est resté attaché plutôt qu'ils ne les trouvèrent. Il serait injuste d'ailleurs de leur dénier tout mérite : le hasard ne parle qu'à ceux qui savent l'entendre. La photographie des couleurs est au contraire le modèle d'une vraie découverte. La théorie permit à Lippmann de prévoir le succès et de fixer toutes les conditions de la réussite. Mais il lui fallut des années d'efforts pour arriver à une réalisation expérimentale pleinement satisfaisante.

L'idée initiale vint à son esprit en 1886, tandis qu'il préparait son cours d'optique à la Sorbonne. Je lui ai entendu dire que rien n'est plus utile au savant que l'enseignement. La nécessité d'exposer la science à d'autres oblige le professeur à repenser par lui-même tout l'ensemble d'un sujet, à constater les lacunes qui y

subsistent, à réviser, et parfois à rectifier les idées et les théories.

Les débuts de la photographie avaient soulevé chez les contemporains de Niepce et de Daguerre un vif enthousiasme. On chercha ensuite à reproduire non plus la forme seule, mais les couleurs des objets. Un instant on crut toucher au but. Edmond Becquerel obtint, sur des plaques d'argent, recouvertes d'une couche mince de sous-chlorure, des images colorées. Malheureusement, à peine entrevu, ce monde merveilleux s'évanouissait. Becquerel essaya de le fixer. Vains efforts ! A moins d'être conservée dans une obscurité complète, l'image pâlissait et s'effaçait. Le procédé resta une simple curiosité de laboratoire.

A ces essais empiriques, Lippmann allait substituer la rigueur de la méthode scientifique. En notre siècle d'automobilisme, il n'est personne qui n'ait remarqué les nuances irisées des minces pellicules d'huile qui tombent sur la chaussée du carter des voitures. Ces couleurs changeantes n'appartiennent pas à l'huile ; elles sont une simple apparence due aux interférences de la lumière réfléchiée sur les deux faces de la couche liquide. Telles furent les couleurs que réalisa Lippmann. Les théories modernes assimilent les vibrations lumineuses aux ondes qu'on voit se former dans un étang où l'on jette une pierre. La distance qui sépare deux rides consécutives porte le nom de longueur d'onde. Chaque couleur a la sienne : celle du violet est de quatre dix-millième de

millimètre ; celle du vert, de cinq dix-millièmes ; celle de l'orangé, de six dix-millièmes. Si l'on éclaire par la lumière du jour une lame mince dont l'épaisseur soit égale à la longueur d'onde du rayon vert, le vert prédomine légèrement dans l'image réfléchi. Qu'au lieu d'une lamelle on en empile plusieurs centaines, le vert seul sera réfléchi, les autres couleurs auront disparu. Si l'épaisseur des lames était de quatre dix-millièmes de millimètre, le violet seul serait renvoyé à notre œil.

L'idée géniale de Lippmann fut de confier à la lumière elle-même le soin d'engendrer, dans l'épaisseur de l'émulsion photographique, ces multiples lamelles d'argent métallique. Il suffit d'adosser cette émulsion à un miroir. Les ondes incidentes et les ondes réfléchies produisent des ondes stationnaires dont l'écart correspond précisément à leur couleur. Si l'on développe la plaque, il se forme au sein même de la couche sensible des milliers de lames équidistantes d'argent métallique, écartées les unes des autres de quelques dix-millièmes de millimètre. Le phénomène est réversible. Éclairée par la lumière ordinaire, la plaque renvoie à l'œil les rayons mêmes qui l'ont impressionnée. La plaque photographique joue vis-à-vis des vibrations lumineuses le rôle de la membrane du phonographe vis-à-vis des vibrations sonores.

L'origine des couleurs est donc une illusion physique. Elles ont l'éclat métallique et changeant des bulles de savon ou des lamelles de la nacre. Leur teinte varie avec l'incidence sous laquelle on les regarde, mais on obtient

des images magnifiques en les projetant sur un écran.

Telle est l'idée mère. A un physicien, elle paraît fort simple. Lippmann pourtant n'arriva au but qu'après cinq années de tâtonnements. Sûr de lui, il recommençait ses expériences sans jamais se décourager. Grande leçon de patience !

En vue d'obtenir la surface réfléchissante, il appliqua d'abord l'émulsion sur une plaque d'argent poli, puis sur une plaque de platine, revenant ainsi, bien que dans un dessein différent, aux anciens procédés de Niepce et de Daguerre. Enfin il pensa à adosser l'émulsion à une couche mince de mercure. C'était la solution à la fois la meilleure et la plus simple : comme il arrive souvent, ce fut la dernière trouvée.

Mais ces difficultés ne furent rien à côté de celles auxquelles il se heurta quand il chercha à former, à l'intérieur de la couche sensible, à raison de plusieurs milliers par millimètre, les minces pellicules réfléchissantes d'argent réduit exigées par la théorie. La première condition pour y arriver était d'obtenir une émulsion transparente, homogène et sans grains. Des grains d'un millième de millimètre d'épaisseur seulement eussent rendu la recherche sans espoir. Aucune des émulsions qui existaient dans le commerce ne satisfaisait à ces conditions. Lippmann se remit à l'école ; il fit venir le Nestor des photographes, le président de la Société française de Photographie, Davanne, le compagnon de la vingtième année de mon père, d'Aimé Girard et de Louis

Ménard. Il apprit patiemment sous sa direction à fabriquer les émulsions des vieux praticiens de 1850 : émulsions au collodion, émulsions à l'albumine. Ces préparations étaient loin d'avoir la sensibilité du gélatino-bromure : les premiers spectres qu'il obtint nécessitaient des poses de quatre heures. Enfin, il parvint à fabriquer des couches à l'albumine réunissant les conditions voulues. Après cinq années d'efforts, sa patience fut récompensée. Le 2 février 1891, — jour fameux dans les fastes de la science ! — il put présenter à l'Académie d'admirables photographies du spectre solaire. L'année suivante, il montrait les clichés de divers objets colorés : un vitrail, un groupe de drapeaux, un plat d'oranges, un perroquet empaillé que ses visiteurs se rappellent avoir vu bien souvent poser dans son laboratoire.

Restait à perfectionner l'orthochromatisme des plaques et à diminuer le temps de pose. Ces résultats furent obtenus grâce aux efforts de techniciens d'une rare habileté, les frères Lumière de Lyon : remplaçant l'albumine par le gélatino-bromure, ils obtinrent en moins de quatre minutes des portraits au soleil. Ils améliorèrent également la projection des images sur l'écran en plaçant sur la plaque un petit prisme d'angle très faible, qui élimine la lumière parasite. Grâce à ces progrès, on obtient couramment aujourd'hui en moins d'une minute des paysages, des reproductions de tableaux, des portraits et jusqu'à des photographies d'animaux.

Le grand savant réunit peu à peu une admirable collec-

tion de vues prises dans la forêt de Fontainebleau, les Alpes, les Pyrénées, sur les bords de la mer, à Venise, dans le Nord de l'Italie. Quand ces clichés sont projetés sur l'écran, l'illusion est saisissante : on y retrouve la qualité de la lumière et jusqu'à la transparence de l'air à la mer ou à la montagne.

La découverte de la photographie des couleurs excita dans le monde entier une sensation profonde. En 1896, la Société Royale de Londres invitait Lippmann à venir lui exposer ses recherches. En 1908, l'Académie des Sciences de Suède lui décernait la célèbre récompense internationale : le prix Nobel de physique.

Une autre conception de Lippmann, qui montre d'une manière frappante son aptitude à sortir des sentiers battus, est celle de la photographie intégrale. Une épreuve photographique ordinaire ressemble à un dessin : elle ne donne de la réalité qu'une image unique et sans relief. Au contraire, quand nous regardons le monde extérieur, l'aspect des choses se modifie si nous déplaçons la tête à droite ou à gauche. Lippmann indiqua comment, au moyen d'une série de petites boules transparentes, on pourrait former une surface sensible donnant une image en relief dont l'aspect changerait avec la position des yeux de l'observateur, s'encadrant entre les bords de la plaque comme l'image du monde réel entre les bords d'une fenêtre. Toutefois, si ingénieuse que soit l'idée, elle s'est heurtée à une difficulté pratique qui n'a pu être surmontée. Aucun des corps transparents que nous con-

naissons aujourd'hui ne possède d'indice de réfraction assez élevé pour permettre une réalisation satisfaisante. Mais le principe de la méthode existe : peut-être les progrès futurs de la chimie mèneront-ils au but.

\*  
\* \*

Cependant l'autorité grandissante de Lippmann attirait autour de lui de nombreux élèves, dont beaucoup sont devenus des maîtres à leur tour. Tous l'entouraient d'une respectueuse affection que l'on put mesurer à leur douleur profonde, le jour de sa mort. La plupart ont fait dans son laboratoire et sous sa direction des thèses remarquées. Je nommerai d'abord Alphonse Berget, son collaborateur fidèle durant de longues années, expérimentateur habile qui illustra le laboratoire par une série de travaux personnels marqués d'un rare cachet d'élégance ; causeur étincelant, qui, après avoir aidé jour par jour le maître dans ses recherches sur la photographie des couleurs, popularisa la découverte par des opuscules et des conférences très applaudies ; Amédée Guillet, maître de conférences, attaché à la chaire de Physique, lui-même technicien remarquable, à la fois sûr et hardi, qui, dans le domaine des phénomènes électriques et de la mesure du temps, s'est signalé par des recherches de premier ordre ; de Watteville, sagace investigateur du monde des raies spectrales, et l'un des auxiliaires préférés du maître en ces dernières années ; L. Benoist qui, dès 1901, décou-



vrait la relation fondamentale qui relie les poids atomiques des corps aux spectres d'absorption des rayons X et dont le nom est ainsi attaché à une découverte, qui, étendue récemment aux spectres d'émission, représente une des conquêtes capitales de la physico-chimie ; puis, toute une pléiade de savants de haute valeur, français ou étrangers, — parmi lesquels il convient de citer particulièrement les Roumains Hurmuzescu, Miculescu et Vasilescu Karpen, — qui, grâce à la richesse des moyens de travail dont disposait le laboratoire, ont mesuré avec précision les plus importantes constantes de la physique.

Durant la guerre, Lippmann mit sa science et son infaillible jugement au service de la patrie menacée ; il s'attacha particulièrement aux problèmes relatifs aux sous-marins, et, là comme partout, sut faire œuvre utile.

\*  
\* \*

Lippmann subordonna toujours tout aux exigences de la recherche scientifique. Il y trouvait la satisfaction des besoins les plus profonds de sa nature. A un de ses collaborateurs qui lui posait l'éternelle question qui se dresse devant les hommes au soir de leur vie : « Si vous aviez à recommencer votre existence, quelle carrière choisiriez-vous? — La même », répondit-il sans hésiter.

Sauf pendant les courtes périodes de ses vacances qu'il passait le plus souvent en Suisse et dans les Alpes, il allait

matin et soir, à son laboratoire. Quand sonnait l'heure, il partait paisiblement, puis revenait le lendemain, et reprenait sa tâche au point où il l'avait laissée. Cette continuité et cette régularité rappellent, dans un autre ordre, celles de notre grande George Sand, qui posait sa plume à heure fixe, dut-elle s'interrompre au milieu d'une phrase. Gabriel Lippmann poursuivait son travail scientifique avec une ténacité tranquille et glacée ; il ne manifesta jamais ni lassitude devant les échecs, ni enthousiasme devant les victoires. Le jour où, après des années d'insuccès, il vit sur la plaque photographique qui séchait apparaître enfin les couleurs irisées du spectre, il dit simplement à son préparateur : « Cette fois, je crois que cela y est. »

Son aspect extérieur était celui du savant absorbé par l'idée fixe. Que de fois je l'ai croisé dans cet étroit espace où s'écoula presque toute sa vie de savant, en un incessant va-et-vient entre son laboratoire de la rue Victor-Cousin et sa maison toute proche, de la rue de l'Éperon, absorbé dans son songe intérieur, avec cet air distrait des grands inspirés qui passent au milieu des hommes sans les apercevoir ! Sa femme était hantée par la crainte qu'il se fît écraser. Cette préoccupation tourna à l'obsession après l'accident qui nous enleva Pierre Curie. Était-il de cinq minutes en retard, elle ne vivait plus.

La carrière scientifique de Gabriel Lippmann fut celle d'un solitaire. Il suivait son idée propre sans tenir compte de ces caprices de la mode dont l'empire n'est pas moindre

parfois dans les laboratoires des savants que dans les ateliers des couturiers. Lippmann se tint toujours en dehors de ces courants momentanés. Aucune nouveauté, si retentissante fût-elle, ne le détournait de son sillon. « La vie est trop courte pour tout ce que l'on a à faire », disait-il parfois.

Le secret de son constant succès dans tant de questions différentes, est qu'il savait se mettre au centre même des choses. A la base de ses découvertes on trouve toujours une idée très simple. Aussi devait-il fatalement aboutir : que l'expérience réussît ou qu'elle échouât il ne changeait pas sa manière de voir. S'il n'avait pas abouti, c'est qu'il s'y était mal pris. Et il recommençait indéfiniment. Seule l'exécution matérielle pouvait être difficile : c'est ainsi que le cœlostât comportait une condition fort délicate à réaliser ; c'est ainsi encore que la photographie des couleurs supposait l'existence d'une couche transparente sans grains dont la préparation demanda des années.

L'élégante simplicité de ses conceptions explique qu'il ait pu, pour les ébaucher, se contenter d'abord des moyens les plus rudimentaires. Avec une épingle à cheveux, quelques allumettes, un bâton de cire, il établissait les modèles des appareils les plus délicats. J'ai vu le détecteur magnétique original de Marconi fabriqué par l'inventeur italien avec une boîte à cigares. Lippmann construisit son premier cœlostât avec un réveille-matin acheté au bazar de l'Hôtel de Ville, et sur lequel il adapta un miroir.

\*  
\* \*

Lippman avait sur l'enseignement des idées très personnelles. Ses années d'études lui avaient laissé de mauvais souvenirs et il jugeait avec sévérité notre système universitaire français. Dans un discours qu'il prononça en 1905 à Lyon comme président de l'Association française pour l'avancement des Sciences il a exposé ses vues à cet égard. L'âpreté de l'accent et la rigueur des critiques surprennent au premier abord, tant elles s'écartent de la forme mesurée et ménagée de ses autres écrits. On y sent comme l'explosion de sentiments longtemps contenus. Il y montre notre instruction publique enlisée dans la pédagogie venue de Chine : « C'est la culture naine, c'est-à-dire la science et la doctrine des adultes infligées à des écoliers, et en revanche les adultes examinés, surveillés et corrigés à la façon des jeunes élèves. La culture naine est la caricature de l'enseignement supérieur. Ce système fonctionnait il y a trois cents ans, et aujourd'hui on ne trouve son analogue en aucun point du globe sauf en France, en Espagne et en Chine. »

Comment ne pas lui donner raison quand on pense au succès scandaleux de ces institutions spéciales au quartier latin où les familles éplorées placent les jeunes cancre qui ont échoué à un premier examen, « fours à bachot », qui se chargent à forfait, en trois ou six mois, de gaver leurs pensionnaires comme des oies à l'engrais d'un en-

semble de formules toutes faites leur permettant d'obtenir, — il n'est que trop vrai, hélas ! — le précieux diplôme sur peau d'âne ?

Il montre ensuite que « le fléau grotesque du mandarinisme » a produit en Chine et en Espagne un total arrêt de développement « parce que l'idéal de la cuistrerie y a été réalisé purement et simplement. Chez nous le même effet ne s'est produit que partiellement. Fort heureusement nous avons un enseignement supérieur. La Convention a créé des écoles savantes ; puis les Universités sont nées, et la République a favorisé leur développement. C'est là qu'est le remède. Le rôle de l'Université est surtout d'enseigner l'art de la recherche, ce qui veut dire la science, car la science c'est l'art de la recherche et pas autre chose. Et nous savons que la recherche est indispensable à l'industrie. En même temps l'Université est faite pour mettre les hommes qui veulent acquérir une culture générale digne de ce nom en contact avec la science de première main, la seule qui soit attrayante et féconde. »

Il appliqua ces idées autour de lui : l'enseignement du laboratoire doit s'affranchir des formules apprises. Seule la recherche personnelle a une valeur. Il pensait que le rôle du professeur n'est pas de prendre un élève par la main, de le guider pas à pas, de lui faire faire une thèse chapitre par chapitre. Le chercheur doit faire lui-même ses appareils, car jamais il n'en trouve de parfaitement adaptés au problème qu'il se pose. On ne s'instruit vrai-

ment que par des difficultés qu'on surmonte soi-même. Sinon on fait les gestes de la recherche ; on en ignore l'esprit et l'essence profonde. Il répugnait aussi à surveiller chaque jour le travail de ses élèves. « Souvent, disait-il, on cherche des choses qui paraissent absurdes, qu'on aurait presque honte à dire. Eh bien ! par cela même qu'elles sont spontanées ce sont parfois les plus fécondes. Un professeur doit laisser faire. » Tandis qu'il parlait, je me rappelais le récit que me fit Edmond Becquerel la première fois que je le vis dans son vénérable laboratoire du Muséum. Il avait été rendre visite à Londres à son ami Faraday. Celui-ci vint le chercher un dimanche matin à son hôtel pour lui montrer le gros électro-aimant qu'il venait de construire. Faraday emportait dans un journal un paquet qui intriguait un peu son collègue. Il le déballa avec une joie d'enfant, et Becquerel le vit avec stupéfaction placer entre les armatures de l'appareil, un bifteck bien saignant. « Je vous ai emmené avec moi aujourd'hui, lui dit Faraday, parce qu'il n'y a personne au laboratoire ; c'est une expérience que je n'aurais jamais osé faire devant mes préparateurs, car on se serait trop moqué de moi. »

Bien que Lippmann eût débuté par être professeur de physique mathématique, il estimait, comme son ancien maître Jamin, que l'abus des formules obscurcit les phénomènes plutôt qu'il ne les éclaire. La préface de son livre sur les *Unités électriques absolues* contient sur ce sujet quelques lignes singulièrement pénétrantes. Il répu-

gnait à l'automatisme des méthodes purement algébriques où seuls le point de départ et le point d'arrivée sont visibles. Pour être maître d'un sujet, le physicien doit pouvoir suivre tous les chaînons du raisonnement, chaque formule étant pour lui la traduction d'un fait concret. De là la préférence qu'il accordait à la géométrie, science plus intuitive et qui parle davantage à l'imagination. Il pensait aussi que pour être utile, le langage scientifique doit être simple ; sinon c'est un outil dont il devient trop malaisé de tirer parti. On sait qu'une des plus récentes théories de la science physique, celle de la relativité, fait appel à des méthodes de calcul si abstraites que, seuls, quelques rares spécialistes les ont pratiquées. Einstein lui-même est assisté d'un préparateur en mathématiques rompu aux difficiles procédés du calcul différentiel absolu et chargé de résoudre les problèmes dont on lui fournit les données. Le résultat obtenu, c'est au physicien qu'il appartient d'en trouver l'interprétation. Lippmann était sceptique sur l'utilité de ces méthodes trop compliquées et d'une manipulation presque impossible.

Bien que son style scientifique soit d'une grande pureté il n'aimait pas à écrire. En dehors de sa thèse, il n'a pas rédigé un seul mémoire de longue étendue. Ses cours seraient perdus si ses élèves n'avaient pas pris soin de les recueillir. La plupart de ses travaux consistent en brèves notes à l'Académie des Sciences : l'exposé original de sa mémorable découverte de la photographie des couleurs occupe à peine deux pages des Comptes-Rendus. Cepen-

dant cette recherche lui avait coûté des années d'efforts. Il ne reste dans sa rédaction aucune trace des difficultés qu'il avait dû surmonter. On a regretté maintes fois qu'il n'ait jamais trouvé le loisir d'écrire un mémoire détaillé, où les expérimentateurs eussent puisé de précieuses leçons. Comme les grands architectes, il avait la coquetterie de faire disparaître les échafaudages. Mais la limpide clarté de sa rédaction est trompeuse ; elle donne l'illusion que tout ce qu'il a trouvé était facile et simple.

\*  
\* \*

En Lippmann, l'homme n'était pas moins remarquable que le savant. Ce qui frappait d'abord en lui, c'était son extrême distinction. Il était ménager de son temps et n'aimait pas les importuns, mais il accueillait ses visiteurs avec une parfaite courtoisie. Il s'attachait à mesurer la portée de ses paroles, et ne se laissait jamais entraîner à des approbations qui eussent dépassé sa pensée. Son laboratoire était pour lui une grande famille. Si, par principe, il laissait à ses élèves une large initiative; cependant jamais un conseil ne lui fut demandé en vain ; ses réponses, fruits d'une longue maîtrise, renfermaient presque toujours des idées nouvelles, des aperçus imprévus. Dans la conversation journalière il avait beaucoup d'humour ; il savait donner un relief aux moindres détails. Certains de ses jugements revêtaient parfois un tour un peu paradoxal, car dans son désir de concision il lui arrivait de résumer son opinion en une phrase brève que l'on



ne comprenait bien qu'à la réflexion. Il apportait dans sa vie la sobriété et la réserve qui sont caractéristiques de son œuvre scientifique. Il se livrait très peu, et bien rares furent, même parmi ses camarades et ses collaborateurs, ceux qui purent se vanter de l'avoir vraiment connu. Nul ne fut plus éloigné que lui de cette candeur, de cette crédulité un peu naïve qu'on a si souvent signalées dans Ampère. Dans toute la force du terme, c'était un intellectuel, et qui présentait, chose rare ! un admirable équilibre de l'esprit inventif et de l'esprit critique.

Dans les conseils universitaires, à l'Académie, ses interventions, rares et mesurées, avaient un poids singulier, qui tenait moins encore à son autorité scientifique qu'à l'indépendance de son caractère. Fort méfiant, il était peu accessible à la flatterie. Il ne faisait partie d'aucune coterie. « Depuis que la Sorbonne a annexé l'École Normale », disait un jour quelqu'un devant lui. « Vous voulez dire : depuis que l'École Normale a annexé la Sorbonne » interrompit-il. Comme Darboux, il pensait que si la Révolution a renversé la féodalité, on l'a avantageusement rétablie dans les Universités. Parvenu aux plus hauts sommets de la science, il planait au-dessus des hommes et des écoles. Pour lui, les considérations scientifiques comptaient seules. Il fut un des rares universitaires qui soutinrent les infructueuses candidatures de Pierre Curie à la Sorbonne et qui, sous sa modestie farouche et ses allures d'ours mal léché, surent distinguer son noble caractère et sa valeur exceptionnelle.

\*  
\*  
\*

Cette élégance et cette distinction étaient innées en Gabriel Lippmann. Dès sa jeunesse, elles lui valurent de précieux suffrages. J'ai dit plus haut comment il fut apprécié de Jules Simon, de Kirchhoff, de Helmholtz, de Hermite.

Je l'ai vu pour la première fois dans ce milieu éblouissant de haute culture dont ceux qui ont eu le privilège d'y pénétrer ont conservé l'impérissable souvenir. La philosophie, les lettres, les arts, les sciences s'y mêlaient par leurs représentants les plus fameux : Ernest Renan, Hippolyte Taine, Paul Dubois, Gaston Paris, mon père... Aux réunions qui se tenaient tour à tour chez l'un ou l'autre de ces maîtres, un des plus assidus était Victor Cherbuliez. Romancier, critique, historien, merveilleusement informé des hommes et des choses de France et de l'étranger, Cherbuliez ne brillait pas moins dans la conversation que la plume à la main. Sa fille, qui l'entourait d'un culte touchant, avait hérité de la finesse et de la distinction de ses manières. Les lettres et les arts n'avaient pas de secrets pour elle. Son cœur était à la hauteur de son esprit. Gabriel Lippmann rencontra en elle une nature d'élite capable de comprendre et de pénétrer la sienne. Il lui demanda de partager sa vie. Dès lors, elle ne vécut plus que pour lui, effaçant sa personnalité devant la sienne, habile à créer autour de lui cette atmosphère de tranquil-

lité et de sérénité si nécessaire au chercheur. Dans l'intimité de chaque jour, elle s'associa non seulement à ses réflexions morales et philosophiques, mais encore à son travail scientifique. Ses intimes savent avec quelle habileté consommée, elle s'était peu à peu rendue maîtresse de la délicate technique de la photographie en couleurs ; c'est à elle que sont dus la plupart des splendides paysages que Lippmann projetait dans ses conférences et à la vue desquels s'élevait toujours dans le public un long murmure d'admiration.

Ce fut sans doute dans ses conversations journalières avec l'auteur du *Cheval de Phidias* que Gabriel Lippmann familiarisé dès son enfance avec les arcanes de la musique s'initia à l'appréciation des nuances les plus délicates de la peinture et des arts plastiques. On appréciera la qualité de son jugement par une lettre curieuse qu'il adressait à son beau-père au moment de l'exposition universelle de 1900. « Je vous signale une pièce rare que madame d'Abbadie m'a montrée hier et qui m'a vivement intéressé. C'est un tableau grec, représentant Cléopâtre et son aspic, fait à l'encaustique par un artiste contemporain ; d'aucuns disent que c'est le tableau qu'Auguste traînait derrière lui en triomphe, faute d'avoir eu la reine vivante. Ce n'est pas que je m'intéresse outre mesure au nez de Cléopâtre. Mais ce qui m'a frappé, c'est la sobriété et la dignité tout antiques de la composition. Au premier abord, c'est un portrait vu de face, coupé à la ceinture. En réalité, c'est la mort de Cléopâtre. On montre l'aspic.

Le reste du drame est dans l'attitude : la bouche contractée et entr'ouverte comme pour le râle, les yeux déjà renversés. Mais l'artiste a dédaigné de faire les joues pâles ou ravagées. La santé est parfaite, — sauf la mort qui est là. Un peintre d'aujourd'hui eût-il ainsi concentré? Voyez-vous le même sujet mis au concours à l'École des Beaux-Arts? Que de lits magnifiques, de draperies, de chapeaux, de ciels bleus, et d'esclaves éplorées ! Que d'ibis, que d'éventails, que de chevelures noires éparses, que de marbres verts, que de voiles en désordre ! Souffrez que je m'en donne un peu aux dépens de la peinture moderne ; elle m'agace souvent comme le théâtre. »

Cette page caractéristique montre qu'en art comme en science, Lippmann était avant tout un classique, et que dans les domaines les plus différents il portait les mêmes goûts de logique et de simplicité.

Affranchi de tout dogmatisme, Lippmann dont les parents étaient de confession israélite ne se réclamait d'aucune école, ni d'aucune religion. Selon ses dernières volontés, ses obsèques furent purement civiles. Mais ses recherches l'avaient conduit depuis longtemps à une foi spiritualiste, voisine à certains égards de la théorie philosophique de l'harmonie préétablie. Ses amis l'ont vu souvent s'arrêter et méditer longuement devant les spectacles de la nature, grandioses ou infimes ; un scarabée dans la corolle d'une fleur ne le captivait pas moins qu'un paysage dans la montagne. Maintes fois, on l'entendit, après avoir observé le manège d'un oiseau ou les

manifestations instinctives d'un insecte, résumer sa pensée en ces mots : « Tout a été prévu. » A un de ses amis qui l'interrogeait sur la conception générale de l'univers à laquelle un homme tel que lui était parvenu après tant de coups de sonde profonde dans les abîmes de l'inconnu, il répondait par ce mot digne de Pascal : « Comment l'absence de pensée pourrait-elle créer la pensée? »

Son caractère était égal et serein. Une fois sorti du laboratoire, il laissait de côté les préoccupations de sa journée laborieuse. Un autre savant illustre, Helmholtz, me racontait que pour se détendre l'esprit, il allait presque chaque soir dans les petits théâtres et que rien ne le reposait mieux des abstraites préoccupations des mathématiques que les calembours ou les quiproquos des vaudevilles. Plus fin, Lippmann n'éprouvait pas le besoin de tels délassements, mais, pour se reposer, il lisait volontiers des revues anglaises, notamment le *Punch*, et de l'autre côté de la table sa femme l'entendait rire silencieusement, mais parfois jusqu'aux larmes, de l'humour anglais. Il ne goûtait qu'à demi le théâtre contemporain : le jeu artificiel des acteurs l'agaçait. Comme beaucoup de lettrés, il préférait la lecture des chefs-d'œuvre de la scène à leur représentation. Il savait par cœur des actes entiers de Shakespeare, de Molière, de Racine et de Corneille. Il citait de longs passages des romans de Walter Scott comme s'il les eût lus la veille. Par ce trait, il s'apparente à des prédécesseurs illustres,

fameux par leur prodigieuse mémoire, tels que Ampère et Marcellin Berthelot.

Un autre trait frappant du caractère de Lippmann, c'était la prudence. C'est une humble vertu. L'humanité admire surtout les audacieux, et sans doute c'est à eux que sont dus, dans l'ordre de l'esprit comme dans l'ordre des faits, les plus grandes conquêtes de l'histoire. Mais ils passent comme des météores, et la fin d'un Alexandre, la chute d'un Napoléon ne furent pas moins soudaines que leurs succès. Pour durer, dans nos modernes sociétés démocratiques, héritières de l'antique Athènes, et règnes de l'envie, il n'est pas bon de dépasser les autres de la tête : tout au moins faut-il se le faire pardonner. Par nature et par principe, Lippmann était prudent. On ne trouve dans ses écrits ni les effusions mystiques d'un Képler, ni les anticipations prophétiques d'un Faraday, dépassant l'expérience d'un grand coup d'aile et pressentant confusément, au delà de l'océan mouvant des faits, de nouvelles Amériques. On n'y trouve pas, en revanche, les erreurs ou les utopies de ces grands téméraires. Pareils à des marbres pentéliques, ses mémoires défient le temps par leur cachet de perfection.

Cette même prudence, Lippmann la portait dans sa vie pratique. Pas plus qu'un Descartes, il ne se fût soucié de braver inutilement le pouvoir ou l'église. Il se fût rangé volontiers aux côtés d'un Chevreul, qui, témoin tour à tour des dernières convulsions révolutionnaires et

des excès de la Terreur blanche, servit avec la même indifférence la Royauté, la République et l'Empire, détournant seulement avec effroi la conversation quand elle venait à toucher aux choses religieuses : « N'en parlons pas ! ce sont de ces questions qui mettent aux hommes le couteau à la main. »

A toutes les époques de leur histoire, les Français se sont plu à s'entre-déchirer. Aux fureurs religieuses ont succédé les fureurs politiques. Sans doute aujourd'hui on ne se brûle plus et on ne se guillotine plus ; c'est un progrès. Mais trop souvent, depuis un siècle, nous avons vu, sous le regard ironique et malveillant de l'étranger, les meilleurs serviteurs du pays poignardés dans le dos au cours de ces discordes atroces, où la haine envieuse se pare du masque hypocrite de la justice.

Le bouillonnement de ces étranges passions n'est pas moindre parfois dans les petites chaudières closes, microcosmes ignorés du public. Qui dira les jalousies féroces des érudits, des médecins, des théologiens ? Il est des spécialistes qui seraient prêts à s'égorger pour un point sur un i, pour une virgule, pour un insecte, pour un lichen. Dans les dernières années de sa vie, Lippmann était troublé du tour mystique et forcené donné par ses partisans à la récente doctrine de la relativité. Prônée par les uns comme le début d'une ère nouvelle de l'esprit humain, traitée dédaigneusement par les autres de « joyeuse plaisanterie », cette théorie a le don de passionner à la folie quelques-uns de ses adeptes. Lippmann

s'effrayait de leur âpreté : « C'est un fanatisme nouveau ; ils feraient emprisonner ceux qui ne sont pas de leur avis. »

Le trait le plus inattendu de ces théories, — scandale pour les uns, miracle pour les autres, — est la suppression de l'ancienne notion de temps. Pour deux personnes un moment réunies, séparées, puis réunies de nouveau, le temps écoulé entre le départ et le retour n'est pas le même ; il est d'autant plus court qu'on se meut plus rapidement ; il serait nul si l'on voyageait avec la vitesse de la lumière. Depuis longtemps, les théologiens ont dit que le temps n'existe pas pour la Divinité. Mais l'infirmité de notre esprit a peine à se hausser à ces abstractions, et à rompre avec des habitudes, fruit d'une expérience millénaire. Quoi qu'il en soit, si l'on se rallie à ces vues, elles présentent sous un jour nouveau des problèmes aussi vieux que l'humanité et sur lesquels on pouvait croire que tout avait été dit : la vie et la mort, la jeunesse éternelle, l'immortalité.

Lippmann ne croyait guère à la légitimité de cette métaphysique aventureuse que l'on a prétendu tirer de certaines formules mathématiques. Son dernier travail, publié après sa mort, est un mémoire, où, avec sa brièveté accoutumée, il donne à entendre que ces conséquences paradoxales, proviennent de confusions verbales, et qu'on réunit sous un même symbole algébrique, censé représenter le temps, des grandeurs physiques, différentes suivant les cas, et qui tantôt offrent le caractère de



variables indépendantes, tantôt au contraire ne l'offrent pas. C'est ce qu'il exprimait familièrement quand il disait de l'initiateur de ces théories : « Il joue admirablement aux cartes, mais il change sans cesse de jeu. »

\*  
\* \*  
\*

L'idée de quitter à l'heure de la retraite le laboratoire où s'était écoulé le meilleur de sa vie, avait longtemps attristé Lippmann. Mais, avec cette sagesse qu'il portait en toutes choses, il avait fini par en prendre son parti et presque par s'en féliciter. « Je serai heureux, disait-il, de me reposer de l'enseignement. Je me donnerai alors tout entier à des travaux d'astronomie auxquels je pense depuis longtemps. » Resté jeune de corps et d'esprit, il envisageait l'avenir avec confiance. Son père et sa mère avaient l'un et l'autre dépassé l'âge de quatre-vingt-dix ans, et, tout en connaissant l'incertitude de la destinée, il ne s'interdisait pas les longs espoirs et les vastes pensées. Il était convaincu que les grands problèmes scientifiques peuvent attendre. Il se traçait des programmes lointains et disait : « Dans dix ans, je commencerai à m'occuper de cette question. »

Il y a quelques années, le hasard d'une course à bicyclette m'avait amené dans un des sites les plus déserts de la région de Fontainebleau, à mi-pente du monticule sablonneux où s'étagent les tombes du cimetière d'Arbonne. La bêche à la main, un vieux fossoyeur poursui-

vait son travail. « Je prépare la tombe de Martin, qui est mort hier, » me dit-il. Puis, me montrant une croix voisine : « C'est là, qu'il y a trente ans, j'ai enterré son père. » Et, désignant du doigt une place en contre-bas, il conclut tranquillement : « Et voilà où j'enterrerai son fils. » Je le regardai, un peu effaré.

Peut-être, après tout, cet humble avait-il raison. Peut-être le dernier mot de la sagesse, pour l'ouvrier terrestre, est-il de continuer sa tâche jusqu'au bout, l'outil à la main. Lippmann se savait mortel ; un jour, l'ayant revu à la suite d'une grave maladie, émacié, un peu pâle, mais toujours calme, je fus frappé de l'accent avec lequel il me dit qu'il avait regardé la mort en face et qu'elle n'avait rien de si terrible. Il se savait mortel, mais il jugeait qu'il est d'un homme d'agir comme s'il avait l'éternité devant lui.

## LES ACCIDENTS D'AVIATION <sup>1</sup>

Ceci est un livre de bonne foi. Ce n'est pas assez dire : c'est un livre courageux. Seul ou à peu près, dans le silence presque universel, M. Alexandre Dumas ne craint pas d'aborder de front le chapitre le plus angoissant de l'aviation d'aujourd'hui, celui des accidents. Tout le monde en parle à voix basse ; personne n'ose rien dire en public.

Etranges contrastes que ceux de notre époque ! D'un côté, les choses que l'on cachait jadis avec le plus de soin sont étalées au grand jour ; une publicité tapageuse s'est donné pour tâche de ne reculer devant aucune indiscretion ; nos juges d'instruction ouvrent à deux battants les portes de leurs cabinets aux reporters en mal d'articles : bientôt ils mettront dans les couloirs du Palais des poteaux indicateurs.

D'autre part, un mutisme absolu, un silence de mort règnent dès qu'entrent en jeu des intérêts matériels. La discrétion est d'or. Quel besoin le public a-t-il d'être informé ?

1. Préface au livre publié en 1913 sous le même titre par M. Alexandre Dumas.

Depuis que l'aviation a passé du domaine sportif dans le domaine industriel, l'évolution s'est faite. La foule n'est plus renseignée que dans la mesure où les maisons paient leur publicité.

Comme il faut tout de même annoncer les nouvelles sous une forme ou sous une autre, une tradition se crée petit à petit ; des clichés prennent forme, et servent indifféremment pour les cas les plus variés. C'est ainsi qu'il est avéré aujourd'hui pour les lecteurs des journaux à un sou que tous les accidents d'automobile sont dus à des crevaisons de pneumatiques et tous les accidents d'aviation à des remous d'air.

Voici bientôt vingt ans que je pratique l'automobile. J'ai crevé bien des fois ; je ne m'en suis jamais aperçu qu'en sentant la direction devenir plus dure. Une crevaison n'est dangereuse que si elle survient dans un virage pris de travers ou à trop vive allure ; elle aggrave une erreur de direction, elle ne la cause pas. Les milliers d'automobilistes qui conduisent eux-mêmes savent parfaitement tout cela ; mais le nombre de gens qui ne conduisent pas est encore plus grand, et les journaux continuent à mettre religieusement tous les accidents d'auto sur le compte des pneus crevés.

Une légende non moins solide est en train de s'établir dans l'aviation. L'explication des remous d'air est commode ; elle dégage la responsabilité des constructeurs comme celle des pilotes ; elle servira longtemps encore. Jadis Bossuet écrivait l'histoire *ad usum delphini* ;

n'attendons pas de nos modernes journalistes autre chose que des récits *ad usum populi*.

Quant à ceux qui veulent y voir un peu plus clair, je les engage à lire attentivement le présent livre.

M. Alexandre Dumas est le technicien le plus avisé, le mieux renseigné que je sache. Il connaît à fond la construction de l'aéroplane. Il a parcouru des milliers de kilomètres sur les appareils des marques les plus diverses ; il a vu tous les aérodromes et presque tous les pilotes. Sa documentation est à la hauteur de sa science. Sur ce point, je suis certain de n'être démenti par aucun de ceux qui ont pu l'apprécier dans les séances de la Société Française de Navigation aérienne où chaque communication est suivie d'une discussion contradictoire, où chaque orateur après avoir développé son sujet, répond à toutes les questions que lui posent les spécialistes les mieux avertis.

La question des accidents d'aviation est la plus grosse de celles qui se posent devant nous à l'heure actuelle ; c'est la pierre d'achoppement contre laquelle menace de se briser la nouvelle industrie.

Ceux qui ont suivi de près les débuts de l'épopée aérienne, ont encore présentes à l'esprit les espérances illimitées qui s'ouvrirent alors. Bien avant ce moment, les grands précurseurs, les Penaud, les Renard, avaient annoncé que le jour où l'oiseau artificiel prendrait son vol il étonnerait le monde par la rapidité de ses progrès, et qu'aux premiers essors, où s'essaierait timidement son

enfance hésitante succéderaient avec une rapidité foudroyante les grands envols des aigles ou des condors. Et de fait, ce n'est pas par siècles, ce n'est pas par décades, c'est presque par années que se sont déroulés les stades prévus par Ferber : « De crête en crête, de ville à ville, de continent à continent. » On n'avait rien vu de pareil pour aucun autre mode de locomotion.

L'enthousiasme fut universel et gagna toutes les classes de la société. Comme aux débuts de l'automobilisme, on vit fraterniser l'ouvrier et l'homme du monde dans la promiscuité du cambouis et des soupapes rodées. Les séculaires défiances que les plus belles devises n'ont pu faire disparaître, parurent se noyer dans l'huile imprégnée de limaille de fer.

Beaucoup crurent alors que le développement de l'aviation allait offrir une répétition de celui de l'automobilisme. Des jeunes gens adroits et riches achèteraient des avions, comme ils avaient acheté jadis des voitures de course ; ils les piloteraient dans les concours ou les circuits, prêts à donner leur vie à l'Idole des temps nouveaux, avec cette belle insouciance, avec cette vaillance tranquille et gaie qui est le fond du caractère français.

Peu à peu, les appareils seraient mis au point ; aux purs-sang succéderaient les chevaux de fiacre. On aurait son aéro comme on a son auto ; on irait déjeuner le dimanche à la campagne. Et de fait, les choses semblèrent bien se passer d'abord ainsi.

Après les tâtonnements périlleux des premiers constructeurs, à la vaillance et à la foi desquels on ne saurait trop rendre hommage — tel Santos-Dumont, tel Gabriel Voisin, tel Blériot, tel Louis Breguet — arriva le moment où les appareils commencèrent à apparaître praticables aux gens de sport. Je me rappellerai toujours l'effet que me produisit la vue du léger monoplan sur lequel Blériot accomplit ses premiers voyages en rase campagne aux environs d'Artenay. La conception de Penaud avait pris corps ; enfin on était en présence d'un oiseau et non plus d'un hangar volant. Plus d'un de ceux qui virent voler Blériot à l'aérodrome de Douai fit comme moi, et passa au grand constructeur la commande d'un appareil.

Quelques semaines plus tard, il traversait la Manche. Ce fut la gloire. Le mouvement se déclancha.

Il devançait presque les conditions matérielles de la réalisation. Aucun aérodrome n'était prêt. Il fallut attendre des mois avant que celui de Pau pût fonctionner. Ce fut un curieux et pittoresque spectacle qu'on n'a plus revu depuis. Une foule bigarrée d'élèves remplissait le champ d'aviation ; tous les pays, toutes les conditions sociales étaient représentées ; les noms des grands clubs de Paris voisinaient avec ceux de princes orientaux, de millionnaires américains et de simples pilotes désireux d'apprendre au plus vite à manier la cloche pour aller remplir les engagements dorés que l'Europe ou le Nouveau Monde leur avaient souscrits.

Le départ était beau : la course ne devait pas être longue. Que sont devenus les pilotes de la première heure? Où sont les neiges d'antan?

Trois causes ont empêché l'aviation de conquérir le grand public.

En premier lieu, la question d'argent. L'aviation est horriblement coûteuse. Un atterrissage manqué entraîne plusieurs centaines de francs de frais. Je sais plus d'un amateur qui escomptait naïvement, comme en auto, le kilomètre à cinquante centimes, et qui s'aperçut qu'il lui revenait à cinq cents francs.

En second lieu, la question de temps. Il n'est pas possible de monter un aéro n'importe quel jour, à n'importe quelle heure, de remiser partout l'appareil comme un auto. Un aviateur est entraîné peu à peu à ne plus rien faire d'autre. Bon gré, mal gré, il passe professionnel.

Mais l'écueil contre lequel a chaviré l'aviation naissante, ç'a été le danger.

Dans les premiers temps, on put se faire illusion. Les accidents à l'apprentissage dans les écoles furent rares et peu graves. Si des pilotes encore inexpérimentés et maladroits se tiraient d'affaire avec du bois cassé, n'en devait-il pas aller de même, *à fortiori*, pour des aviateurs exercés? Le raisonnement eût été juste si l'on se fût borné à voler dans les aérodromes et dans des conditions atmosphériques favorables, c'est-à-dire en l'absence de vent. Un Américain prudent nous avait donné l'exemple. Certes ce ne fut pas lui qui compromit par excès d'audace



le sport naissant auquel il avait apporté une si belle contribution. Tapi sous son hangar du camp d'Auvours, il attendait de longues heures avec une inlassable patience la chute du soleil pour sortir son appareil ; le moindre souffle de vent persistait-il, il le rentrait tranquillement et remettait sa sortie au lendemain, à moins que ce ne fût au surlendemain, tandis que les foules sidérées se retiraient sans murmurer et revenaient, avec une constance qu'elles ne connaissent plus, faire le pied de grue le reste de la semaine.

Comme les chauves-souris, il volait au ras du sol ; le jour où il s'éleva à cinquante mètres, il n'y eut pas assez d'épithètes dans les journaux pour célébrer son audace ; encore vola-t-il au-dessus de deux petits ballons rouges. Jamais on ne le vit se risquer au-dessus d'un arbre. Ce que nous savons aujourd'hui des dangers de l'aviation, nous permet d'admirer mieux encore que nous ne le fimes alors cette sagesse pratique. Ironie des choses ! Le pauvre Wilbur Wright devait mourir plus tard d'une fièvre typhoïde.

D'autres furent plus audacieux. Henri Farman et Blériot se lancèrent au-dessus de la campagne ; ils nous apprirent à connaître les dangers de l'air et ceux de la terre, les coups de vent, les remous brusques, les traîtrises des courants d'air au-dessus des cours d'eau ou au confluent des vallées, les périls des atterrissages entre les arbres et le long des fossés.

Malheureusement, les accidents commencèrent pres-

que aussitôt et ceux qui en pâtirent ne furent pas des débutants, mais bien les plus anciens et les plus habiles des pilotes de l'air. En quelques mois Ferber se tuait à Boulogne ; Lefebvre, le plus merveilleux des virtuoses, le précurseur véritable des Pégoud et des Chevillard, trouvait la mort à Juvisy ; Delagrance s'écrasait à la Croix d'Hins ; Leblond se noyait à Saint-Sébastien. Et depuis, la série a continué. Ni l'expérience, ni l'adresse ne paraissent servir de rien. L'un après l'autre, les écoles ont vu disparaître leurs pilotes les plus renommés. Chaque jour, on apprend avec stupéfaction qu'une victime de plus vient de succomber après des milliers de vols sans incidents.

La conséquence de cette série noire ne s'est pas fait attendre. Le public, sans le concours duquel aucune découverte ne peut prospérer, s'est inquiété, puis effrayé. Des sportsmen prêts à dépenser leur temps, leur argent, on en trouverait encore. Mais la perspective d'être relevé un jour ou l'autre, au sortir d'un virage, les jambes cassées ou le crâne fracassé, fait hésiter les plus audacieux.

Contre l'aviation, se sont dressées les femmes épouvantées. Les hommes qui avaient commencé le noble et dangereux apprentissage ont vu surgir devant eux le troupeau éploré de leurs mères, de leurs sœurs, de leurs maîtresses. Où avons-nous lu ce conte bleu franco-américain, d'un jeune héros de l'air conquérant par son audace le cœur d'une fiancée timide et millionnaire, dont

le premier soin fut de lui faire jurer solennellement qu'une fois marié il ne remonterait plus jamais en aéroplane?

Bref, la situation est nette. Il n'y a plus d'amateurs. Les pilotes se répartissent en deux catégories : ou bien des professionnels d'un courage et d'une dextérité étourdissantes, la plupart au service des grands constructeurs ; ou bien des officiers, phalange héroïque, toujours prêts à donner leur vie pour un but sacré. Seules aujourd'hui les commandes de l'armée et de la marine permettent aux maisons de construction de subsister. L'industrie de l'aviation est devenue presque aussi militaire que la fabrication des canons. Déjà quelques-uns parlent d'en faire une industrie d'état. Souhaitons qu'on n'entre pas dans cette voie funeste !

Ainsi la question de la sécurité prime actuellement toutes les autres. Des prix considérables et de nature à exciter le zèle des inventeurs ont été offerts à ceux qui réussiraient à la résoudre ; une commission formée de l'élite des spécialistes a été chargée d'examiner les solutions proposées.

Il semble toutefois que sur ce grave problème un état d'esprit erroné existe dans le public. Beaucoup escomptent une découverte sensationnelle, qui du jour au lendemain, nous donnerait la solution rêvée.

La question n'est pas si simple. Il en sera de l'aéroplane comme de l'automobile. Nous avons connu l'époque — c'était immédiatement après les prouesses des virtuoses

du volant et les grandes courses qui avaient lancé l'industrie nouvelle sur la voie triomphale — où la foule des amateurs plus zélés qu'adroits entrèrent dans la lice. Ce fut un triste moment. Chaque jour, les journaux apportaient aux lecteurs aux aguets le récit d'un grand accident. Les personnalités les plus parisiennes étaient fauchées l'une après l'autre. Comme c'étaient les financiers les plus riches qui achetaient les plus grosses voitures, c'est-à-dire les plus dangereuses, tout l'almanach du Golgotha menaçait d'y rester. Une vague de terreur passa sur la haute société. On prédisait tout haut la disparition à bref délai d'un sport décidément trop dangereux. Qu'est-il arrivé pourtant? Les voitures se sont perfectionnées ; les conducteurs se sont assagis ; les banquiers ont renoncé à conduire eux-mêmes, et depuis longtemps les côtes du Morvan ou des Ardennes ont cessé d'être le théâtre des capotages d'antan.

Le problème de l'aéroplane est de même nature, mais plus difficile. La sécurité ne s'obtiendra pas par un coup de baguette magique, mais par une suite méthodique de perfectionnements des appareils, de progrès des pilotes et surtout par l'installation de ports d'aviation et de phares aériens, analogues aux ports et aux phares maritimes.

Les lecteurs du présent livre verront combien les accidents inexplicables et attribuables aux fameux « remous » sont peu nombreux. A peine M. Dumas en compte-t-il cinq pour cent. Quant aux autres, après

une étude très sérieuse et documentée, il en met environ la moitié à la charge des pilotes, la moitié à la charge des constructeurs. Cette justice distributive me paraît très près de la vérité.

Ce n'est que peu à peu qu'on a appris à connaître et à mesurer les efforts supportés par chacun des organes d'un avion. C'est trop souvent par des accidents et des morts que se sont révélés les points faibles. Du moins, soyons-en assurés, ces sanglantes leçons n'ont pas été perdues. Nos appareils actuels sont plus solides et plus rapides que ceux qui les ont précédés.

Les accidents dus à des défauts de construction deviennent de plus en plus rares ; le temps est proche où nous les verrons disparaître presque entièrement pour les types classiques mis au point par une expérience prolongée.

Il n'en saurait être de même évidemment pour les nouveaux types que, sous peine de s'enliser dans la routine, nos ingénieurs doivent établir. Ici l'expérience acquise ne profite plus qu'indirectement : il est permis d'espérer seulement que la science et le flair des constructeurs les guideront de mieux en mieux.

Dans la seconde grande catégorie d'accidents se rangent ceux qui sont imputables aux erreurs et imprudences des pilotes eux-mêmes.

Tout d'abord se placent ceux qui sont dus à la négligence. Ils n'ont été que trop nombreux jusqu'ici. Il n'est pas douteux qu'un certain nombre de pilotes et

notamment d'officiers ont cru à tort qu'il suffisait de savoir diriger un appareil et qu'une connaissance approfondie de tous ses organes était oiseuse. Abandonnant à des mécaniciens insuffisamment soigneux ou compétents le soin de vérifier l'état de différentes pièces, ils ont laissé passer des négligences qui leur ont été fatales.

Un aviateur digne de ce nom doit être en état de vérifier lui-même son appareil, ne serait-ce que pour tenir en haleine ses mécaniciens.

On verra par certains exemples avec quelle insouciance ont été faites parfois les réparations indispensables. Reconnaissons-le : un aviateur, comme l'infortuné Haas, qui répare un montant cassé avec un mouchoir de poche va de lui-même au-devant de la mort. Il m'est arrivé sur un tricycle à pétrole de remplacer un ressort de soupape par un morceau de bretelle ; je ne conseillerais à personne pareille fantaisie sur un aéroplane où trop souvent la panne, c'est la mort.

Sur ce qui concerne les erreurs de manœuvre, on lira avec grand profit les observations de M. Alexandre Dumas.

Même des pilotes expérimentés, quand ils passent d'un appareil à un autre, n'en sont pas indemnes. En aviation, il n'est pas permis de se tromper. A l'atterrissage, le moindre faux mouvement est fatal. Qu'un aviateur qui descend en vol piqué tarde une fraction de seconde à faire sa ressource et il se brisera contre le sol. Si l'appareil nouveau obéit plus lentement que celui dont il a l'habi-

tude, le danger est grand. C'est ce qui explique que maintes fois des chefs pilotes aient péri en essayant des appareils nouveaux. Mais, après tout, il n'y a là rien de spécial à l'aviation. Pour l'alpiniste qui chemine durant des heures au bord de précipices, pour l'automobiliste engagé dans une descente en montagne, une distraction ou une erreur d'un quart de seconde sont irréparables. Un engin de sport restera toujours plus dangereux qu'un rond de cuir.

S'il m'était permis de terminer par une légère réserve sur un des derniers chapitres du livre de M. Dumas, je dirais que je le trouve un peu sévère pour les virtuoses de l'air.

Sans doute je comprends l'agacement qu'inspirent à un technicien aussi averti les idées fausses que l'on inculque au public par de telles exhibitions ; je partage jusqu'à un certain point son appréhension de voir l'aviation engagée par là dans une impasse. Cependant, je ne saurais méconnaître que les exercices des Pégoud et des Chevillard ont eu le double avantage d'amener nos constructeurs à augmenter les coefficients de sécurité de leurs appareils, et de délivrer les pilotes de l'idée très répandue qu'un avion engagé était un avion perdu.

D'autre part, en mettant en lumière, le rôle que peuvent jouer l'interversion des commandes dans les cas de glissades sur l'aile et dans les positions anormales, ces prestigieux manœuvriers ont eu le mérite d'appeler l'attention de tous sur certaines finesses de conduite

connues jusque-là de trop rares spécialistes, mais qui peuvent devenir indispensables quand l'appareil a été déséquilibré par des remous.

Il n'en reste pas moins que des exercices aussi dangereux ne doivent pas être exécutés pour le simple amour de l'art sur des appareils de série, et que l'autorité militaire a sagement agi en les interdisant à nos officiers.

J'incline à croire qu'il est exagéré d'attribuer aux accidents par excès de virtuosité un pourcentage presque égal à celui des accidents par inaptitude professionnelle. L'aviation est un art difficile, et il est plus périlleux d'être maladroit que d'être trop adroit.

M. Dumas d'ailleurs n'arrive à ce taux élevé, qu'en attribuant une part de responsabilité aux pilotes pour les ruptures de commandes survenues dans ces exercices de haute école aérienne. Mais cette part même est bien difficile à définir. Ainsi M. Dumas tend à expliquer l'accident de Lefèvre par l'extrême instabilité de l'appareil qu'il pilotait. Et certes je me garderais bien de contredire les réflexions très judicieuses qu'il émet sur le primitif modèle Wright qui me paraît être à nos aéroplanes actuels ce que le monocycle est au bicycle. Mais précisément c'est sur les monocycles que les équilibristes accomplissent leurs plus curieux exploits et il est rare qu'ils se tuent. L'adresse de Lefèvre était stupéfiante, et je puis dire, ayant vu l'appareil après l'accident, qu'il fut victime non d'une erreur de manœuvre, mais de la rupture d'un palonnier de commande au ras de l'encas-



trement. Le premier soin du constructeur fut d'ailleurs de consolider cette pièce sur les appareils suivants.

En résumé, si paradoxale que puisse paraître cette conclusion, la lecture du beau livre de M. Alexandre Dumas n'est rien moins que décourageante.

Sans doute, à parcourir cette longue suite d'accidents, à contempler les photographies qui nous montrent d'innombrables amas de longerons tordus, de fuselages brisés, de toiles déchiquetées, de haubans carbonisés, seuls restes des beaux oiseaux blancs qui l'instant d'avant volaient fièrement dans le ciel, on se sent d'abord terrifié.

A la réflexion, on reprend courage. L'impression qui reste de ce minutieux examen, c'est que l'accident n'a rien de nécessaire, qu'il est toujours évitable. Puissent ces tragiques expériences profiter à nos successeurs ! Que du sol arrosé de tant de sang et de larmes surgissent les moissons nouvelles !

## LES PRÉCURSEURS DE L'AVIATION EN FRANCE DE NADAR A CLÉMENT ADER <sup>1</sup>

Mesdames, Messieurs,

Il n'est sans doute aucun de vous, qui ne se souviennent de l'enthousiasme qui souleva les foules, il y a une dizaine d'années, à la vue des premiers aéroplanes. Il semblait que l'humanité eût réalisé son rêve millénaire, qu'elle eût enfin conquis l'empire des airs. Pour la première fois, le sort fatal qui avait toujours frappé les successeurs d'Icare se trouvait conjuré.

Le grand public, qui ne s'attache qu'aux résultats tangibles, est porté à croire que l'aviation est de date toute récente. C'est une erreur : les plus belles fleurs ne s'épanouissent que sur un sol patiemment labouré et longuement arrosé ; la science ne connaît pas de découvertes comparables à ces champignons monstrueux qui poussent après l'orage en une nuit d'été !

Mais il faut bien l'avouer, quand l'aviation naquit, enfant d'aventure d'un empirisme audacieux et d'une théorie encore bien peu sûre d'elle-même, on alla de

1. Discours prononcé en 1919 par M. Daniel Berthelot, président de la Société Française de Navigation aérienne.

l'avant au petit bonheur. Pourvu qu'un appareil volât, on se tenait pour satisfait. Puis survinrent les accidents. Ils se multiplièrent. Le public hésita, puis se déroba. On comprit qu'on avait été trop vite, qu'il fallait revenir en arrière et étudier plus scientifiquement les questions de stabilité, les questions de sécurité.

Beaucoup croyaient avant la guerre — car depuis hélas ! nous avons vu de si effroyables hécatombes — que le métier d'aviateur était, au moins en temps de paix, le plus dangereux des métiers.

En est-il vraiment ainsi?... Je n'en sais rien. Ceux qui, dans le petit cimetière breton de Ploubazlanec, décrit en termes si émouvants par Pierre Loti, ont déchiffré sur le funèbre mur les interminables séries des morts en Islande, savent que les familles ne sont pas rares où tous les hommes, tous, marins de soixante ans ou mousques de quinze ans, ont disparu l'un après l'autre, année par année, engloutis par la grande mer dévoreuse d'hommes. Mais d'avance la population est résignée ; ces héros tombent sur un théâtre obscur : nul journal n'en parle. Le drame de la fin reste ignoré, et seul, le temps est garant de la mort.

En aviation, au contraire, la catastrophe est immédiate et retentissante ; l'effroi est général.

Il fallut ces dures leçons pour revenir à une étude plus patiente et méthodique de l'aviation. C'est alors qu'on se reporta aux travaux qui avaient été faits depuis une soixantaine d'années par les précurseurs.

C'est vers 1860, en effet, que nous trouvons le premier grand ensemble d'investigations touchant le problème du plus lourd que l'air.

A ce moment, le découragement était profond ; il l'était d'autant plus qu'il avait succédé à un enthousiasme presque sans mesure. On sait quels espoirs avait excités en 1783 la découverte des aérostats par Montgolfier : la pesanteur était vaincue ; l'homme rêvait de quitter la planète, son héréditaire prison ; il semblait que rien ne lui fut impossible, et beaucoup pensaient comme cette vieille maréchale de Villeroi qui, âgée, usée, impotente, refusa de croire au miracle nouveau jusqu'au jour où, ayant fait pousser devant la fenêtre son fauteuil d'invalides, elle aperçut le premier aérostat qui s'envolait dans la cour des Tuileries : « Ah ! s'écria-t-elle alors, je le vois bien, ils trouveront le moyen de ne pas mourir, mais c'est quand je serai morte !... »

A ces espoirs inconsidérés succéda une profonde déception.

Pendant quatre-vingts ans, on piétina sur place ; peu à peu la direction des ballons et la réalisation de l'aéroplane furent regardées comme des utopies ; les hommes de science eux-mêmes se découragèrent, on assimila ces problèmes aux problèmes chimériques du mouvement perpétuel ou de la quadrature du cercle.

Quelques-uns s'en occupaient encore : on les traitait de fous. Ils persistèrent, heureusement ! car c'est par de tels hommes qu'ont toujours été accomplis les pro-

grès de la civilisation ; c'est à eux que s'appliquent les vers du poète :

Il est beau que parfois un geste de démençe  
 Vienne en renouveler l'immortelle semence,  
 Vous insultez ces fous, vous leur crachez au front...  
 Qu'importe? ils ont semé, les fleurs refleuriront !

C'est l'effort de ces fous, dont quelques-uns furent des martyrs, que je me propose de retracer devant vous.

Au grand mouvement qui vers 1860 souleva toute une génération en faveur du plus lourd que l'air, sont restés attachés quelques noms : ceux de Nadar, de Gabriel de la Landelle, de Ponton d'Amécourt.

Nadar, littérateur, artiste, homme de science, était surtout un homme d'action ; il a servi de modèle à Jules Verne quand il a tracé le vivant portrait de son Michel Ardan qui s'enferme dans un boulet pour aller de la terre à la lune.

Nadar fondait en 1863 le journal l'*Aéronaute*. Je relisais hier le premier numéro de ce journal, numéro vénérable extrait des poudreuses archives de la Société de Navigation aérienne. Il débutait par l'historique manifeste de Nadar en faveur du plus lourd que l'air :

« Ce qui a tué la direction des ballons depuis tantôt quatre-vingts ans qu'il y a des ballons, ce sont les ballons ; vouloir lutter contre l'air en étant plus léger que l'air c'est folie ; on ne s'appuie que sur ce qui résiste. L'air, nous fournit cette résistance, l'air qui renverse les mu-

railles, déracine les arbres centenaires, fait remonter par les navires les plus impétueux courants... C'est l'hélice — la Sainte-Hélice ! comme me disait un jour un mathématicien illustre — qui nous emportera dans l'air, c'est l'hélice qui entre dans l'air comme la vrille entre dans le bois... »

En tête du journal se trouve cette mention « Tiré à cent mille exemplaires ». Nadar voyait grand ; malheureusement, ses contemporains voyaient petit. Tiré à cent mille exemplaires, le journal récolta quarante-trois abonnés ; c'était trop peu pour vivre.

En même temps que le journal, Nadar fondait la Société. Dans le premier numéro, elle s'appelle « Société d'aérostation et d'automotion aérienne » ; dans le second numéro, son titre a changé, elle s'intitule « Société générale de navigation aérienne » ; dans le troisième numéro, nouveau titre : « Société d'encouragement à la navigation aérienne ». Aujourd'hui que cette Société est devenue une grande Société, reconnue d'utilité publique, approuvée par le Conseil d'État, je me demande ce que l'administration penserait des trop fréquents changements de titre du fantaisiste Nadar.

Il est vrai que quand l'administration se mêle de baptiser, elle n'est pas toujours heureuse. Pendant longtemps elle a ignoré les aviateurs et les aéronautes, c'étaient de trop petits personnages ! Mais ils ont grandi. On s'est alors occupé de rattacher l'aviation civile à un Ministère, celui des Travaux publics, mais savez-vous dans

quel service elle a été placée?... Vous ne devineriez jamais : on l'a mise dans le service des mines et souterrains !...

A côté du nom de Nadar, j'ai cité celui de Ponton d'Amécourt qui réalisa un hélicoptère, véritable merveille de légèreté, mû par un petit moteur à vapeur. Cet appareil, qui existe encore aujourd'hui, fit des essais intéressants ; s'il ne réussit pas à s'enlever il s'alléga environ du quart de son poids. Il n'en fallut pas plus à l'enthousiaste Nadar pour jurer qu'il avait percé la voûte du ciel!...

Gabriel de la Landelle insistait sur la nécessité du moteur léger et résumait sa pensée en cette formule lapidaire : « L'aéroplane volera le jour où on réussira à faire tenir une force d'un cheval dans le boîtier d'une montre. »

Les années passèrent : survinrent la funeste guerre de 1870 et le siège de Paris. Les aérostats servirent du moins à établir les relations entre la ville assiégée et la province, soixante-huit ballons franchirent les lignes ennemies ; l'un d'entre eux emportait Gambetta qui allait animer de son âme ardente la défense nationale en province.

Témoins de cette catastrophe sans précédent, les hommes de cette génération s'attachèrent à réparer par le travail les fautes qui avaient coûté si cher à la France, et c'est dans cet esprit de labeur patriotique que se développa alors la Société de Navigation aérienne. La liste de ses Présidents est un véritable livre d'or de la science française ; j'y retrouve les noms du physiologiste Paul Bert, de l'astronome Janssen, du savant Marey, du colonel Laussédats, du colonel Renard, sans parler d'un

nom qui m'est entre tous cher et sacré, celui de mon père qui fut toujours un adepte convaincu du plus lourd que l'air.

Parmi les chercheurs qui établirent la théorie de l'aéroplane, il en est trois qu'il faut tirer hors de pair, ce sont Penaud, Mouillard et Clément Ader.

Alphonse Penaud est le grand précurseur de l'aviation. Ses travaux pouvaient difficilement être appréciés à leur juste valeur par ses contemporains au milieu de la fumée des discussions contradictoires. Dans le même champ poussent côte à côte le blé et l'herbe folle, et ce n'est souvent qu'au moment de la moisson qu'on peut distinguer le bon grain de l'ivraie.

Alphonse Penaud était fils d'un amiral et se destinait à la marine. Une maladie de la hanche le rendit boiteux et infirme ; à partir de ce moment, il se consacra tout entier à l'aviation.

Il observa pendant longtemps les oiseaux dont il a décrit le vol avec un très grand charme, avec une rare poésie. De ses observations, il sut tirer les conclusions les plus judicieuses : c'est ainsi qu'en observant la manière dont le corbeau descendait en vol piqué sans donner un battement d'ailes, il réussit à obtenir une évaluation du fameux coefficient de résistance de l'air, dont la précision est très voisine de celle qu'on atteint aujourd'hui dans nos laboratoires aéro-dynamiques les mieux équipés.

Il établit de petits appareils munis d'un moteur de caoutchouc et élucida ainsi les conditions de stabilité



de l'aéroplane ; il vit l'importance des petits angles d'attaque : « là, dit-il, est la clef de l'aviation » ; il donna la théorie de la descente de l'aéroplane en vol plané et fournit le moyen de réaliser la stabilité longitudinale par l'emploi d'une queue : conception qui bien que combattue par les Wright et l'école américaine, a définitivement triomphé.

Penaud résuma ses travaux dans un brevet qu'il prit le 18 février 1876 pour un aéroplane mû par un moteur de trente chevaux et capable de voler à la vitesse de vingt-cinq mètres par seconde ; il attaquait l'air sous un angle de deux degrés ; l'équilibre était assuré par deux gouvernails horizontaux et un gouvernail vertical, manœuvrés par un seul guidon placé dans les mains du pilote. Un châssis à roulettes devait servir pour l'atterrissage. Les caractéristiques de cet appareil sont voisines de celles des premiers avions qui aient réussi à voler ; en particulier, elles rappellent d'une manière frappante le célèbre appareil Blériot qui a traversé la Manche.

Malheureusement Penaud chercha en vain les concours qui lui auraient permis de passer à la réalisation de ses projets. Son esprit s'aigrit peu à peu dans ces difficultés. Déjà ses amis s'inquiétaient et ne pouvaient plus fermer les yeux sur certains symptômes étranges : tantôt Penaud était plus grand que jamais, tantôt il délirait et se croyait persécuté, et le vent de la folie faisait osciller par rafales cette belle intelligence.

Il tenta un dernier effort auprès du célèbre inventeur

Henri Giffard. Que se dirent-ils dans ce suprême entretien?... Nul ne le saura jamais... Ce qui est certain, c'est que, rentré chez lui, Penaud écrivit à Giffard une lettre lui annonçant que s'il n'avait pas reçu une réponse huit jours après, il se tuerait. Et, en effet, la semaine suivante, Penaud se brûlait la cervelle. Mais, avant de mourir, il mit tous ses papiers dans une petite caisse noire en forme de cercueil qu'il envoya à Henri Giffard.

Par un lamentable contre-coup, celui-ci fut tellement impressionné qu'il se suicida à son tour. Ainsi disparurent simultanément les deux plus grandes gloires de l'aéronautique française : le jeune inventeur, seul, pauvre, méconnu, était parti le premier, mais, pareil à ces morts fantômes de l'ancienne Égypte qui, pendant leur sommeil, venaient prendre les vivants par la main, il avait entraîné avec lui dans la tombe le vieil inventeur, couvert d'honneurs, de richesses et de gloire.

Alphonse Penaud avait trente ans. Ce que valait son œuvre, les contemporains pouvaient à peine le pressentir. L'avenir, il est vrai, lui a rendu justice. Tardive consolation ! La gloire, a-t-on dit, est le soleil des morts. Peut-être... il n'en est pas moins triste de penser que, de tout temps, l'homme a réservé la couronne d'épines pour les fronts saignants des vivants et la couronne de lauriers pour les fronts glacés des morts.

A peine moins tragique que la destinée de Penaud est celle de Mouillard, autre observateur de génie, mort, lui aussi, dans la plus affreuse misère.

Mouillard était lyonnais ; et, presque enfant, il installait dans un grand grenier appartenant à ses parents un aigle qu'il s'était procuré on ne sait comment, puis une véritable volière.

Plus tard, il s'établit en Algérie, puis en Égypte où il observa le vol des oiseaux de mer et des oiseaux du désert. Il a laissé des dessins et des observations d'une fidélité admirable, notamment le dessin du grand vautour oricou en plein vol qui a été adopté comme emblème par la Ligue française aérienne.

En même temps, Mouillard réalisait un aéroplane sans moteur : sur un planeur de douze mètres carrés, il réussit à se soutenir en l'air pendant une quarantaine de mètres.

En 1881, il publia son célèbre ouvrage *L'Empire de l'Air*. Le physiologiste Marey qui, peu après, enregistrait par la photographie instantanée, le vol des oiseaux, fut tellement frappé de l'exactitude des observations de Mouillard, qu'il lui demanda de venir le voir. A l'exposition de 1889, Marey présenta Mouillard à un ingénieur français Chanute qui était installé depuis longtemps en Amérique : Chanute a été plus tard le professeur des aviateurs américains, les frères Wright.

Mouillard prit avec Chanute, le 18 mai 1881, le brevet d'un appareil qui assurait la stabilité transversale de l'aéroplane au moyen du gauchissement dont il avait découvert le mécanisme par l'observation des oiseaux. On sait que ce dispositif a été regardé plus tard comme

caractéristique de l'invention de Wright, mais on voit qu'il lui était bien antérieur.

Ainsi, les deux grands modes de stabilisation étaient découverts : la stabilité longitudinale, assurée par une queue munie d'un gouvernail, avait été trouvée par Penaud, et la stabilité transversale, assurée par le gauchissement, était trouvée par Mouillard.

En 1893, Mouillard rédigeait un nouveau livre sur le vol sans battement, mais il ne réussit pas à trouver d'éditeur. Alors, pauvre, découragé, Mouillard mit de côté son manuscrit et n'en parla plus à personne. A l'ignorance autour d'une œuvre s'ajoutait le silence autour du nom. Il traîna ses dernières années dans la maladie et la misère ; ses voisins le connaissaient seulement — auprès du Caire où il habitait — parce qu'il était bon, doux et toujours prêt à secourir d'aussi malheureux que lui. On le prenait pour un maniaque inoffensif qui passait son temps à observer les oiseaux. Il mourut le 20 septembre 1897 ; aucun parent ne se trouvait auprès de lui ; sa détresse était manifeste, sa succession insignifiante, personne ne la réclama.

Cependant, le Consul de France au Caire fit placer ses papiers dans une grande caisse, et les mit dans les caves du Consulat où ils restèrent pendant treize ans. Il a fallu les patients efforts de M. Henri Couannier pour les retrouver et les publier en 1912 avec une magnifique étude historique où il en a fait ressortir la haute originalité.

Entre temps, l'aviation devenait pratique. La Ligue

nationale aérienne avait fondé une section au Caire, elle se préoccupa de recueillir les restes de Mouillard et de leur donner un tombeau digne de lui. On ne put les retrouver ; ils avaient été jetés dans la fosse commune.

Telle fut la destinée de cet illustre précurseur. Vous voyez qu'on n'a pas tort de dire que la vie des inventeurs est un long martyre.

Après Penaud et Mouillard, les traits essentiels de l'aéroplane étaient fixés. Comme le disait Penaud dans la séance de la Société de navigation aérienne du 8 décembre 1875 après avoir fait voler un de ses appareils : « Le problème du plus lourd que l'air est résolu ; les questions fondamentales d'équilibre, de soutien, de propulsion sont éclairées, la vraie théorie du vol est connue. Il faut maintenant remplacer les ressorts par des moteurs thermiques dont l'action soit continue et la puissance suffisante. »

Autrement dit, c'était le problème du moteur léger qu'il posait : il était impossible d'être plus clairvoyant.

C'est à ce problème du moteur léger que va s'atteler le dernier précurseur dont je me propose de vous entretenir : Clément Ader.

De ces grands hommes, Clément Ader est le seul qui soit encore vivant. Né en 1840, il a aujourd'hui près de quatre-vingts ans ; c'est un devoir impérieux pour tous les Français de rendre hommage à ce grand créateur qui a imaginé l'Avion, prototype de ces aéroplanes de combat qui ont tant contribué à nous donner la victoire.

Ader se prépara à l'École Polytechnique, mais des

revers de fortune le contraignirent à entrer dans l'industrie. Prodigieusement intéressé par le vol des oiseaux, il rêvait de les imiter, mais il lui fallait gagner de l'argent pour construire ses appareils. Il le demanda à la science électrique : le téléphone Ader, le théatrophone Ader, lui fournirent la fortune ; il la consacra à la réalisation de son rêve.

Il voyagea dans le monde entier pour observer sur place les oiseaux migrateurs. A Strasbourg, il fut arrêté comme espion un jour qu'il observait une cigogne ; mais l'officier qui l'interrogeait, n'ayant trouvé sur son calepin, au lieu de plans de forteresses, que des dessins de cigognes, le prit pour un fou et le relâcha.

De longues semaines, il demeura sur les confins du désert de l'Afrique ; puis il passa dans l'Inde et fixa son attention sur une chauve-souris, la roussette, dont il a imité les ailes avec une perfection inouïe.

Mais ce fut surtout au problème du moteur qu'il s'attaqua. Le moteur usuel à vapeur était trop lourd : il pesait près de cinquante kilos par cheval. Après de longs essais, Ader construisit un moteur à vapeur qui était une véritable merveille de mécanique et ne pesait que trois kilos par cheval. Sa puissance était de quarante chevaux ; c'était un résultat extraordinaire pour l'époque et qui n'a pu être réalisé commercialement que dix ans plus tard avec le moteur à essence lorsque fut construit le moteur Antoinette qui a permis les premiers vols de Santos-Dumont.

Le premier appareil d'Ader, « l'Éole, » muni de ce moteur, fut essayé secrètement dans le parc de Gustave Péreire à Armainvilliers ; il fit un bond d'une douzaine de mètres. C'était en 1890.

Ader construisit alors un appareil plus parfait « l'Avion » M. de Freycinet, ministre de la Guerre, avec sa noble et grande intelligence, comprit l'importance du problème et s'y intéressa ; il donna une subvention de cinq cent mille francs à laquelle Ader ajouta de grosses sommes prélevées sur sa fortune personnelle.

En 1897, enfin, « l'Avion » était achevé. Une Commission fut nommée pour contrôler les essais. Elle se réunit sur le plateau de Satory le 14 octobre 1897. Le temps était défavorable, le vent soufflait par rafales. Ces essais à jour fixe où on réunit de gros personnages ont des inconvénients : on craint de les déranger pour rien. Quand l'Américain Wilbur Wright s'installa à Auvours, il se garda bien d'opérer ainsi. Il n'en faisait qu'à sa tête ; il ne sortait qu'au coucher du soleil, à l'heure où le vent tombe ; il mouillait son doigt, et s'il sentait le moindre souffle de vent, il n'hésitait pas à faire rentrer l'appareil dans son hangar, et les spectateurs s'en allaient déçus... Ils revenaient le lendemain.

Ader n'osa pas en faire autant. Pensez donc ! il y avait là deux généraux. Profitant d'une accalmie, il mit l'appareil en mouvement sur ses roulettes ; celui-ci quitta la terre, les roues du chariot cessèrent de marquer leur trace sur le sol boueux, mais, à ce moment, survint la rafale

qui jeta l'appareil hors de la piste. Ader arrêta le moteur, l'appareil pris par un vent de côté, atterrit sur un terrain rugueux et s'endommagea. L'administration de la guerre, jugeant les essais trop coûteux, refusa de faire plus et les expériences furent arrêtées.

L'inventeur, découragé, brûla alors tous ses plans et projets dans un autodafé qui dura plusieurs nuits ; et depuis vingt ans il s'est retiré dans une solitude farouche.

Cependant, de 1880 à 1897, Ader avait formulé pour le ministère de la Guerre une série de principes sur l'aviation de combat, dont la dernière guerre a démontré la surprenante justesse. Il insistait sur la nécessité de créer au moins trois types : l'avion-éclaireur, destiné aux reconnaissances, dans lequel on sacrifiait tout à la vitesse ; l'avion-torpilleur, destiné aux bombardements et pouvant porter des poids lourds, dans lequel la vitesse, au contraire, était secondaire ; enfin, l'avion de ligne ou de liaison, intermédiaire entre les deux précédents.

Quand on pense aux flottements qu'il y a eu dans la direction de l'aviation, pendant la guerre, quand on songe qu'on a été, à un certain moment, jusqu'à préconiser la création d'un type unique, on ne peut qu'être frappé de la clairvoyance d'Ader.

C'est pour rendre hommage à Ader que le ministère de la Guerre décida que tous les appareils destinés à l'armée s'appelleraient désormais des « avions ».

Vous voyez que si la destinée d'Ader n'a pas été aussi



tragique que celle de Penaud et de Mouillard, il n'en a pas moins vidé jusqu'à la lie la coupe d'amertume.

Je voudrais évoquer maintenant un souvenir personnel.

Il y a trois ans, au plus fort de la guerre, j'avais retracé l'œuvre d'Ader dans une conférence faite au Conservatoire des Arts et Métiers, dans les galeries duquel nous pouvons voir aujourd'hui l'avion de ce grand précurseur, qui en est un des plus beaux ornements. De ces auditeurs jeunes et vibrants que j'avais devant moi, lequel écrivit au vieil ingénieur réfugié dans les Pyrénées, au milieu des aigles et des vautours, pour lui dire l'écho que mes paroles avaient éveillé dans son cœur? Je ne sais ; mais, huit jours après, je reçus d'Ader une lettre pleine d'une sérénité apaisée où il voulait bien me dire qu'il avait été touché de la manière dont j'avais parlé de lui.

Il y a deux jours à peine, au moment où je préparais cette conférence, je recevais un livre qu'Ader vient de publier, livre empreint d'un ardent patriotisme, dans lequel il essaie de dégager les enseignements de la guerre pour l'avenir de notre aviation militaire. A ce volume était joint une dédicace où il m'assurait de toute sa sympathie. Je n'ai pas eu le temps de lui répondre, mais je lui écrirai demain les applaudissements qui ont salué son nom dans notre vieille Sorbonne.

Mesdames,

Messieurs,

J'arrête ici cet exposé.

La clef du plus lourd que l'air, comme Ader l'avait compris, était dans le moteur léger ; mais la solution définitive ne devait pas être trouvée dans le moteur à vapeur seul en usage à cette époque. Cette solution ne fut pas l'œuvre d'un homme, elle fut l'œuvre des efforts de toute une génération dans le monde entier. Ce sont les progrès de l'automobilisme qui nous ont donné le moteur léger. Historiquement, la navigation aérienne est la fille de l'automobilisme ; on ne saurait le dire trop haut.

Nous touchons maintenant à la solution cherchée ; les progrès se succèdent à pas de géant. Il n'entre pas dans mon plan de vous les redire : qu'il me soit permis de saluer simplement au passage les noms de Tatin, du colonel Charles Renard, de Charles Richet que vous applaudissiez il y a dix ans, dans cette enceinte, au cours d'une séance solennelle, et qui avait précisément pris comme sujet l'Aviation.

A ces noms, j'ajouterai ceux d'Archdeacon, de Louis Breguet, des frères Voisin, des frères Farman, de Delagrangé, de Blériot, d'Esnault-Pelterie et du capitaine Ferber.

Ils avaient vu juste : à l'aviation militante et trop souvent vaincue, succéda l'aviation triomphante.

Il est consolant, du moins, de se dire, après avoir retracé la tragique histoire des premiers hommes de l'air, que tant de sacrifices n'ont pas été vains. Toujours, partout — nous ne le savons que trop, hélas ! — la voie triomphale est jalonnée des corps des héros et des martyrs. Mais quoi ! devant les restes inanimés, devant le visage muet et glacé d'un être aimé, ce qui monte aux lèvres du croyant ce n'est pas un cri d'effroi, c'est un hymne d'espérance. Sectateurs des temps nouveaux, enfants pleins d'une foi invincible dans les destinées de notre France immortelle, sachons, nous aussi, hausser nos esprits et nos cœurs. Le but de ces hommes était noble entre tous, c'était la conquête du ciel ; il est atteint aujourd'hui. Ne regrettons rien : le prix valait l'holocauste.

## LES GRANDS FLÉAUX SOCIAUX ET LE MONDE MODERNE <sup>1</sup>

La discussion, soulevée par notre ancien président M. Hayem touchant la déclaration obligatoire de la tuberculose, s'est déroulée avec une telle ampleur, elle a donné lieu à des débats si prolongés et si approfondis qu'il peut sembler qu'à l'heure actuelle le sujet soit épuisé.

Aussi ne serais-je pas intervenu, s'il ne m'avait paru utile d'indiquer, au moins en quelques mots, certaines considérations de philosophie sociale, liées au prodigieux bouleversement qui s'accomplit sous nos yeux, et dont nous aurons à nous inspirer désormais dans l'examen de ces grandes lois d'hygiène dont ne saurait se désintéresser aucun homme soucieux de l'avenir du pays et de la race.

Mais tout d'abord, je voudrais écarter une objection en quelque sorte préjudicielle : celle qui consiste à dire que la question de la déclaration est tranchée depuis votre vote de 1913.

1. Discours prononcé le 29 avril 1919, à l'Académie de Médecine au cours de la discussion concernant la déclaration obligatoire de la tuberculose.

Entre ce vote et celui que vous allez avoir à émettre, il s'est passé de tels événements que la répercussion s'en fait sentir dans tous les domaines.

Aussi demanderai-je à notre collègue M. Vaillard la permission de lui dire que, malgré le charme et la poésie avec laquelle il a su évoquer des souvenirs bien des fois centenaires à l'appui de votre décision de 1913, il ne m'a pas tout à fait convaincu. Sans même remonter avec lui à dix-neuf siècles en arrière, sans le suivre sur les pentes du Golgotha ou dans les ravins du jardin des Oliviers, on peut penser qu'en ces six dernières années l'aspect de bien des choses a changé.

Et cela est si vrai qu'aucun de nous n'a été étonné d'entendre notre rapporteur, M. Bezançon, nous déclarer qu'en 1913 il n'était peut-être pas un partisan bien chaud de la déclaration obligatoire, mais qu'il avait été converti par tout ce qu'il avait vu depuis, qu'il avait trouvé son chemin de Damas sur les routes de la guerre et qu'aujourd'hui il partait pour la croisade avec l'ardeur d'un néophyte.

Sur le fond même de la question, sur la nécessité de combattre la tuberculose, il y a unanimité dans cette enceinte : avec l'alcoolisme, la syphilis, la dépopulation, c'est un des grands fléaux qui menacent l'avenir.

Où les divergences commencent, c'est quand il s'agit d'indiquer les meilleurs remèdes à employer. M. Robin, M. Béclère, M. Hayem nous disent : « Si vous voulez supprimer la tuberculose, il faut aller au fond des choses.

La tuberculose se prend sur le zinc ; elle se développe dans les logis humides et malsains, sans air, sans lumière, sans soleil. Les débits, les taudis : voilà les ennemis que vous devez combattre. »

A cela que répondent leurs contradicteurs? « Nous ne demanderions pas mieux que d'entamer la lutte contre l'alcoolisme. Mais vous savez bien que ce n'est pas en notre pouvoir. Nous sommes désarmés contre le mastroquet, parce qu'il est le maître de l'heure, surtout quand on approche de la période des élections. »

S'il existe des lois hygiéniques et sociales pour la protection des femmes, des enfants, des faibles de ce monde, il semble en vérité qu'il existe une autre loi, loi d'autant plus redoutable, d'autant mieux observée qu'elle n'est formulée nulle part : la loi pour la protection de l'alcoolisme. Vous ne la trouverez pas inscrite dans nos codes, vous ne la verrez pas affichée sur nos murs. On n'en parle jamais, mais on la respecte toujours. Quand les intéressés se sentent menacés, il suffit, dirait-on, qu'ils fassent un petit signe, et tout aussitôt la main tutélaire des pouvoirs publics étend sur eux sa grande ombre protectrice.

Au début de la guerre, certaines mesures efficaces contre l'alcoolisme avaient été prises dans le camp retranché de Paris par le général Galliéni. Quand le Gouvernement revint de Bordeaux, un des premiers soins du ministre de l'Intérieur fut de les rapporter.

- Nous avons connu des jours sans sucre, des jours sans

pâtisserie, des jours sans viande. Par une contradiction difficile à expliquer, ou plutôt trop facile à comprendre, nous n'avons pas connu les jours sans alcool.

En Angleterre, aux États-Unis, on favorise les établissements où l'on vend du thé, aux dépens de ceux où l'on vend de l'alcool. En France, il nous était réservé d'entendre les journaux soi-disant populaires dénoncer à l'envi aux foudres du pouvoir ces innocentes boissons, ces anodines infusions d'eau chaude — thé, tilleul, ou camomille — comme les symboles intolérables d'un luxe scandaleux. Par quelle étrange défaillance le pouvoir d'alors accueillait-il avec la plus exemplaire docilité ces équivoques suggestions? Quoi qu'il en soit, on ferma plusieurs jours par semaine, les maisons où on ne servait que des boissons hygiéniques. Cependant, narguant les restrictions de l'alimentation et de l'éclairage, les assommoirs continuaient à rutiler de mille feux. Voilà comment on applique les lois contre l'ivresse.

De là, on conclut tout naturellement : « Renonçons à lutter contre des gens si bien défendus. Nous ne sommes plus assez jeunes pour croire que devant un conseil des ministres un syndicat d'académiciens triomphera d'un syndicat de marchands de vins. N'engageons pas la lutte du pot de terre contre le pot de fer. Suivons plutôt l'avis du fabuliste : à défaut d'une perle, contentons-nous d'un grain de mil. Proclamons tout au moins la nécessité de la déclaration obligatoire. »

Je ne m'étonne pas, pour ma part, de voir la déclara-

tion obligatoire proposée dans le projet de loi soumis au Parlement : c'est une de ces mesures commodes qui consistent à avoir l'air de faire quelque chose en ne faisant rien du tout. On rédigera un papier, une déclaration : un point, c'est tout.

Qu'il me soit permis de rappeler ici un souvenir personnel. Au cours de cette guerre, mes collègues d'une grande industrie, la production et la distribution de l'énergie électrique en France, m'ont fait l'honneur de m'appeler à leur tête. Les circonstances étaient critiques. Nos mines du Nord avaient été en grande partie envahies par l'ennemi ; les importations anglaises baissaient de plus en plus par suite des difficultés du fret et de la guerre sous-marine.

Il n'était pas difficile de prévoir, huit mois à l'avance, qu'on était menacé de manquer de charbon, l'hiver suivant. J'allai exposer le danger à un haut fonctionnaire et lui demander ce qu'il comptait faire. « Que feriez-vous à ma place ? » me demanda-t-il. « La réponse n'est pas difficile, lui répliquai-je, si vous voulez résoudre la crise, il faut aller au fond des choses. Vous manquez de charbon : il faut augmenter l'extraction des mines qui vous restent en y affectant quelques milliers de mineurs. Vous manquez de wagons pour transporter votre charbon. Il faut acheter et construire des wagons. Tout cela peut être fait en six mois. En dehors de cela, le reste ne sera que bavardage. » Il leva les bras au ciel : « Ce que vous me proposez est trop difficile. Tout ce que je puis faire,



c'est de recommander au public les restrictions. Je vais rédiger une circulaire. » Il le fit comme il l'avait dit ; mais comme on n'a pas encore trouvé le moyen de se chauffer avec des circulaires, l'hiver suivant, vous savez tout ce qui advint : on manqua de charbon et on eut très froid.

Maintenant, comment, la situation s'aggravant, ce qui avait été jugé d'abord impossible, devint-il possible et même facile, et comment les mesures prescrites par le simple bon sens furent-elles finalement adoptées — après quatorze mois de retard — c'est ce qu'il m'entraînerait trop loin de raconter.

Eh bien ! le problème en face duquel nous nous trouvons aujourd'hui me paraît fort analogue. M. Robin et M. Hayem vous disent : « Allons au fond des choses ; diminuons les débits de boissons ; supprimons les taudis. La commission répond : « C'est trop difficile. Faisons une circulaire. »

Je sais bien que M. Bezançon ajoute : « Une fois que le Gouvernement aurait fait une circulaire, il se considérerait comme engagé d'honneur ; il vous fournira les crédits nécessaires pour engager véritablement la lutte contre le fléau de la tuberculose. »

Hélas ! mon cher collègue, permettez-moi de rester sceptique à cet égard. Croyez-vous vraiment pouvoir vous contenter d'un engagement implicite ? Comment ! aujourd'hui qu'on jette l'argent par toutes les fenêtres, on ne vous donne qu'un morceau de papier ; et vous

croyez que demain on vous donnera des billets de banque? Non ! vous resterez avec votre circulaire.

Si encore cette circulaire était gratuite ! Mais c'est une circulaire qui va coûter quelques millions, et même au prix où en est le papier aujourd'hui je trouve que c'est un peu cher.

Le Gouvernement ne trouve pas aujourd'hui — il trouvera encore moins demain — les 30 ou 40 millions nécessaires pour engager une lutte sérieuse contre les grands fléaux sociaux ; mais il trouvera, n'en doutez pas, les 3 ou 4 millions qu'il faut pour organiser un ministère, des bureaux, un corps nouveau de fonctionnaires.

M. Bécclère vous l'a dit avec raison. Il s'agit de créer une nouvelle bureaucratie. Aujourd'hui ce sera la bureaucratie de la tuberculose ; demain ce sera la bureaucratie de la syphilis ou du cancer.

La déclaration obligatoire, telle qu'on vous propose de l'organiser, m'apparaît comme aussi illusoire que dispendieuse.

J'y vois un autre danger. Au moment où, dans tous les ordres, on sent le besoin de combler les fossés parfois trop profonds qui ont séparé dans le passé les praticiens et les théoriciens, n'allez-vous pas, en ce qui vous concerne, les creuser et les élargir davantage?

Prenez garde ! on va dire que l'Académie est un corps de savants et de professeurs qui se désintéressent de la réalité ; un corps d'officiels toujours prêt à tendre une

oreille attentive aux suggestions du pouvoir et une oreille singulièrement dure à la voix des praticiens. Est-ce là ce que vous voulez ?

Suffit-il vraiment d'opposer le silence à l'opposition unanime des syndicats médicaux ? Ne croyez-vous pas qu'en l'espèce ils sont les plus fidèles interprètes du public ?

Je sais bien que nos collègues MM. Albert Robin et Letulle nous ont fait entendre des sons de cloche quelque peu contradictoires. L'un et l'autre nous ont apporté les résultats d'une vaste expérience. M. Letulle a vu 20.000 tuberculeux, et il lui a paru qu'aucun d'eux ne trouvait vexatoire la déclaration ; M. Robin en a vu 21.000, et il nous a dit que la première chose que demandaient la plupart d'entre eux était de ne pas être déclarés. Si encore il s'agissait de deux dispensaires placés dans des régions différentes de la France, si l'un était à Marseille, par exemple, et l'autre à Quimper-Corentin, nous pourrions penser que la mentalité d'un Provençal n'est pas celle d'un Breton ; mais non ! il s'agit de deux services de Paris, situés à deux kilomètres l'un de l'autre « Vérité en deçà des Pyrénées, disait Pascal, erreur au delà », mais les Pyrénées sont hautes. Comment, pourrions-nous dire : « Vérité en deçà du boulevard Haussmann, erreur au delà » ?

Je n'ai pas la compétence nécessaire pour départager nos savants collègues, qui, l'un et l'autre, connaissent la question infiniment mieux que moi, mais leur divergence me laisse perplexe.

Je me rappelle qu'il y a quelques semaines, à l'occasion d'une mesure fiscale d'un caractère vexatoire, un groupement de sociétés industrielles alla voir l'Administration : « Comment pouvez-vous vous plaindre? leur répondit le directeur. La preuve que la mesure est parfaite, c'est que jusqu'ici je n'ai reçu aucune réclamation. » Or, nous savions pertinemment que les sociétés intéressées s'étaient déjà plaintes, mais elles avaient épanché leurs doléances d'une façon discrète, dans le gilet du haut fonctionnaire, si j'ose dire. La seule chose qui comptât pour lui, c'était une réclamation sur papier timbré. Qu'à cela ne tînt ! Dans la semaine une protestation en règle réunit les signatures de toutes les sociétés sans exception. Ainsi voilà une administration qui, avec une entière bonne foi, pouvait dire à huit jours de distance qu'aucun des intéressés n'avait protesté, puis que tous les intéressés avaient protesté. Telles sont les beautés de la statistique.

Pourquoi donc les syndicats médicaux protestent-ils?

Il y a d'abord la question du secret professionnel qui a été trop bien traitée à cette tribune pour que j'y revienne.

Et puis il y a la question des responsabilités. Tous les hommes peuvent se tromper, même les médecins. Qu'arrivera-t-il si un médecin déclare tuberculeux un malade qui soit reconnu plus tard ne pas l'être? Cet homme ne sera-t-il pas fondé à lui dire qu'il a ruiné son existence, à l'attaquer en justice, à lui réclamer des dommages-intérêts?

Et inversement, si un médecin refuse de reconnaître un tuberculeux, si celui-ci contamine son entourage, cet entourage ne trouvera-t-il pas dans la loi le droit de se retourner contre le médecin?

Où s'arrêter dans cette voie? Allons-nous revenir au plus vieux code de l'humanité, le code d'Hammourabi qui, à propos de ces maladies d'yeux si fréquentes dans l'Orient, prescrivait que l'oculiste qui n'aurait pas guéri son malade aurait les yeux crevés?

Mais passons là-dessus. Laissons de côté ces objections. Examinons la situation actuelle et demandons-nous ce qui va arriver.

Sur ce point, je ne me fais pas grande illusion. La loi déposée devant le Parlement a les plus grandes chances d'être votée : on ne vous a pas consultés avant de la déposer, il est à craindre qu'on ne tienne pas compte davantage de votre vote, s'il est défavorable — ce qui peut tout de même arriver. Ce que l'on a en vue, c'est l'organisation d'un nouveau corps de fonctionnaires.

La loi sera votée. Mais elle ne sera pas appliquée... Elle ne le sera pas, parce qu'elle se heurtera à la résistance générale. On décrète l'obligation, soit. Quelles seront les sanctions? L'amende ou la prison? Vous figurez-vous par hasard qu'elles pourront jouer? Regardez comment on applique la loi sur l'ivresse publique. Regardez comment on applique la loi relative à l'impôt sur le revenu : le jour où ceux qui l'avaient le plus prônée ont vu qu'à la suite de la hausse colossale des salaires,

elle allait toucher leur clientèle, ils ont proclamé un droit nouveau : celui de ne pas payer l'impôt. Et c'est il y a quinze jours à peine que les contrôleurs des contributions directes nous apprenaient que le Gouvernement avait cédé et qu'il en résultait pour le budget une perte annuelle de plusieurs milliards.

Quand voyez-vous une loi appliquée aujourd'hui si elle se heurte à une résistance syndicale organisée? Pour que la loi sur la déclaration obligatoire reste lettre morte, il ne sera même pas besoin que les syndicats de médecins se mettent en grève. Il suffira de la menace. Cependant vous vous trouverez avec un ministère de plus, et c'est peut-être au fond tout ce que certains désirent.

Je ne voudrais pas vous laisser croire que mon opinion soit qu'il n'y a rien à faire. Loin de là ! Je pense qu'il est parfaitement possible d'agir efficacement, mais c'est à condition de s'orienter sur des routes nouvelles, au lieu de s'attarder dans les couloirs d'une bureaucratie stérile.

Je vous disais au début de ces observations qu'il convenait d'adapter les lois d'hygiène sociale au nouvel ordre de choses qui naissait devant vous. Cette adaptation consiste, à mon sens, dans une collaboration plus intime avec deux catégories d'organisations qui se sont développées librement et grandissent de jour en jour : les organisations ouvrières d'une part, les organisations féminines d'autre part.

La voie que je vous indique n'est pas entièrement neuve : c'est celle dans laquelle se sont déjà engagées,

avec un jugement très sûr, certaines grandes ligues, comme la Ligue nationale contre l'alcoolisme que dirige avec tant d'autorité et de clairvoyance notre éminent secrétaire perpétuel M. Debove.

Pour définir cette orientation, pour préciser cette attitude, je vous demanderai de me permettre une courte digression sur les transformations sociales d'hier et de demain.

L'immense bouleversement qui se poursuit depuis six ans n'a de comparable dans le passé que l'effondrement du monde antique.

La civilisation gréco-romaine, parvenue au plus haut degré de culture et de philosophie, périt pour avoir trop négligé les questions sociales. Sa chute fut préparée par ces mouvements obscurs, ces agitations sourdes qui avaient pour théâtre les bas-fonds des grandes villes, comme Rome et Alexandrie, et qui excitaient dans les classes riches des appréhensions analogues à celles que soulève aujourd'hui l'Internationale.

La science antique disparut avec l'Empire romain pour ne ressusciter qu'à la Renaissance. Ce qui surgit sur les ruines de la civilisation ancienne, ce fut une organisation internationale d'une ampleur telle que le monde n'en avait pas encore connue de pareille : elle s'appela l'Église catholique. A l'idéal de la raison, qui avait été celui de l'Antiquité, elle substitua l'idéal de la charité, qui fut celui du Moyen Age.

Ce fut sa grandeur et sa noblesse ; ainsi se dévelop-

pèrent ces dispensaires, ces hôpitaux, ces congrégations, ces œuvres charitables, si puissantes qu'aujourd'hui encore elles rivalisent avec celles de l'État, et qui durant tant de siècles fleurirent seules à l'ombre de la Croix.

Eh bien ! et c'est par là que j'arrive à la conclusion de mon sujet, c'est ma conviction profonde que sur les ruines du monde moderne, nous allons voir grandir un mouvement analogue à bien des égards, où les questions intellectuelles céderont le pas aux questions sociales.

Les hommes de notre génération auront été les témoins — je le crains du moins — de l'apogée de la recherche scientifique. A l'heure où je parle, son déclin a peut-être déjà commencé.

Les instigateurs de ces nouvelles formes sociales, qui visent à bâtir la cité future, ont ce trait commun avec leurs prédécesseurs des premiers siècles de l'ère chrétienne, que, comme eux, ils se désintéressent des pures recherches de l'esprit. Ces hautes disciplines, dont les applications ne sont pas assez immédiates, leur paraissent trop abstraites et trop éloignées de la vie.

Pour ma part, j'ai l'incertain privilège d'être en contact et en discussion presque quotidienne avec les représentants de ces organisations ouvrières. Je les écoute avec curiosité. Ne nous faisons pas d'illusions : leur mentalité n'est pas la nôtre. La plupart des occupations qui font pour nous le prix et la beauté de l'existence leur sont indifférentes. Aujourd'hui, comme il y a cent vingt-cinq ans, à la plainte désespérée qui s'élevait à la mort



d'un Lavoisier : « Une seconde a suffi à faire tomber cette tête ; un siècle suffira-t-il à en produire une pareille ? », vous entendriez répondre durement : « La République n'a pas besoin de chimistes. » Pas davantage d'astronomes ou de mathématiciens. Avant de regarder les étoiles, on vous conviera à vous pencher vers la terre.

A ces prophètes d'une religion nouvelle qui, bien qu'affranchie de tout dogmatisme théologique, s'annonce comme plus intolérante encore et plus fanatique que les religions du passé, les problèmes intellectuels paraissent aussi négligeables qu'aux démolisseurs du monde antique.

Mais nous n'avons pas le droit de méconnaître que, comme ceux-ci, ils mettent au premier plan les problèmes sociaux, et que vous rencontrez, tout au moins chez les plus éclairés de leurs chefs, un large esprit de pitié et de solidarité humaines.

Dans des questions comme celles de la tuberculose ou de l'alcoolisme, vous trouverez de leur côté des concours plus réels, moins illusoire que chez les politiciens professionnels.

Si vous voulez engager la lutte contre l'alcool, contre les taudis, contre les tares de la misère, n'hésitez pas à aller à eux, à provoquer la constitution d'organisations mixtes où médecins et représentants des syndicats ouvriers siègeront côte à côte : de cette manière vous aurez chance d'aboutir dans la société de demain.

Enfin, dans le même ordre d'idées, je crois qu'il sera de plus en plus nécessaire de s'appuyer sur les organisations féminines.

Nous voyons déjà que dans les pays où la lutte contre l'alcoolisme a produit les meilleurs résultats, ç'a été grâce au concours des femmes. Je sais bien que l'alcoolisme a fait quelques recrues nouvelles parmi les ouvrières des usines de guerre. Je suis persuadé que c'est là une exception momentanée, et que, dans leur immense majorité, les femmes ont trop souffert des méfaits de l'alcool pour que vous ne trouviez pas en elles des aides efficaces. Il est permis d'espérer que grâce à leur appui le fléau de l'alcoolisme pourra disparaître en France comme il a disparu dans les pays scandinaves.

Le vote des femmes est aujourd'hui chose acquise dans les pays du Nord. Jusqu'ici les pays du Midi sont réfractaires. La France est dans une situation intermédiaire. Je crois qu'elle ne résistera pas longtemps au mouvement : au point de vue où nous sommes placés ici, nous ne pourrons que nous en applaudir.

Telles sont les considérations générales que j'ai cru pouvoir vous exposer au risque d'abuser de votre bienveillante attention. C'est dans cet esprit que je me rallie aux conclusions que vous a présentées le président de la Commission, M. Hayem, plutôt qu'à celles du rapporteur, M. Bezançon.

## LES THÉORIES PHYSIQUES ET LES EXPLICATIONS MÉCANIQUES DE L'UNIVERS <sup>1</sup>

Le présent ouvrage est de ceux qui peuvent être médités avec fruit par toutes les personnes curieuses de philosophie naturelle. Il ne faudrait pas que l'aspect de certaines pages, hérissées de formules algébriques ou constellées de dessins géométriques, rebutât quelques lecteurs et leur laissât croire que l'auteur n'a écrit que pour les spécialistes. Si M. Lartigue aborde maintes questions en géomètre — et comment pourrait-il en être autrement quand on s'attaque à un problème tel que la constitution de l'atome? — il en est d'autres qu'il traite en artiste, je dirai même en poète, et son style, particulièrement quand il touche aux phénomènes de la vie, sait allier de la manière la plus heureuse la grâce avec la force.

L'allure d'un tel livre, qui aborde les sujets les plus généraux et les plus énigmatiques encore de la science, qui part de la matière pour arriver à l'âme en passant par la vie, tranche profondément avec celle de la plupart de nos modernes traités scientifiques.

1. Préface au livre de M. Lartigue *Lettres à l'Académie des Sciences sur l'Unification des forces de la nature.*



De plus en plus, il semble que depuis un siècle chaque chercheur tende à se confiner dans un étroit domaine, au delà duquel il ose à peine lever les yeux. Cette spécialisation a ses raisons d'être ; il ne faudrait cependant pas la pousser trop loin, et il est bon que des esprits indépendants viennent nous rappeler de temps en temps que toutes les sciences sont solidaires, et que les séparations que nous établissons entre elles, si commodes qu'elles soient pour l'étude, ne doivent jamais devenir des cloisons étanches.

Sous combien d'angles différents, mais également étroits, des spécialistes, rompus aux strictes disciplines de l'investigation moderne, ne sont-ils pas amenés à envisager un même objet ! Que par une matinée de mai, un maître d'une de nos grandes Écoles emmène dans la verdure renaissante d'une forêt quelques-uns de ses élèves, et qu'il demande à chacun d'eux une fois rentré au laboratoire de faire l'étude d'un même objet, d'une feuille par exemple. Le botaniste s'attachera à la forme et à l'aspect extérieur ; il dénombrera les sillons et les nervures ; il précisera les traits morphologiques qui distinguent la feuille du hêtre de celle du charme ou du frêne. L'histologiste, armé de ses réactifs colorants, de son microtome, de son microscope, ne verra que tissus et cellules, canaux et anastomoses. Le chimiste, avec sa boîte à réactifs, avec sa grille à combustion, mesurera les proportions des éléments fondamentaux ; carbone, oxygène, hydrogène, azote. Dans ces laborieuses dissections, l'objet lui-même s'évapore et disparaît. Qui pourrait retrouver la feuille

primitive dans ces longues colonnes de chiffres, dans ces tableaux d'analyse, dans ces planches d'anatomie? Et de quel droit le savant prétendrait-il que son point de vue abolit celui de l'artiste qui dans la forêt printanière perçoit surtout le frisson de la brise, le jeu des couleurs, l'harmonie des formes et les mille reflets de l'ombre et de la lumière sur le feuillage? Gardons-nous donc de croire que nous puissions enfermer en des catégories bien limitées l'immortelle Nature : elle fera toujours craquer nos cadres trop étroits.

Pas plus que l'art, la science ne doit oublier qu'à côté de la patiente analyse, il faut réserver les droits de la synthèse.

Cette liberté d'allure, cette agilité d'esprit qui permettent à un auteur de passer sans effort d'un sujet à l'autre, d'emprunter tour à tour le langage ordinaire et le langage philosophique, nous en trouvons des modèles immortels dans les dialogues cosmologiques, de Platon, comme le *Timée*, dans les chants de Lucrèce, dans les ouvrages de Képler, dans les traités de Descartes.

A l'exemple de ces maîtres, M. Lartigue n'a pas craint de donner à maints de ses développements un accent personnel. Par là aussi, il rompt avec nos habitudes actuelles. La coutume a prévalu de rédiger les mémoires scientifiques d'une manière abstraite et glacée : comme si, sur les hauts sommets de la pensée, aucune plante ne devait germer, aucune fleur ne devait s'épanouir. Et

cependant, lequel, parmi les lecteurs de Képler, est resté insensible à la manière pleine tantôt de majesté, tantôt de malicieuse bonhomie, par laquelle il rattache les objets de ses recherches aux événements de sa vie? Souvenez-vous seulement du passage de sa *Nouvelle cubature des tonneaux*, dans lequel il nous raconte comment il découvrit quelques-uns de ces beaux théorèmes sur les *maxima* et les *minima* qui font aujourd'hui l'ornement des traités de calcul infinitésimal. La récolte de vin avait été abondante. Le malheureux astronome n'était pas riche ; sa femme Susanna, en bonne ménagère, le pressa de faire sa provision. Mais inquiet de la manière par trop expéditive dont le tonnelier jugeait tous les muids en se barrant à y plonger une simple baguette, Képler fut amené pour le contrôler, à examiner de près les formes qu'une longue expérience avait conduit les spécialistes à donner aux barriques, et à définir certaines des conditions qui servent aujourd'hui de base à l'analyse mathématique la plus raffinée. Rappelez-vous encore comment, dans le dernier des *Cinq livres de l'harmonie du monde*, après s'être efforcé de préciser l'idée pythagoricienne qui assimilait les planètes aux sept cordes de la lyre, Képler trouve des accents de joie délirante pour annoncer la découverte de la troisième des lois célèbres qui portent son nom, loi qui jointe aux deux précédentes, publiées dix ans plus tôt, permettait le calcul exact des mouvements célestes :

« Il y a huit mois j'ai vu le premier rayon de lumière ;

il y a trois mois, j'ai vu le jour ; depuis quelques jours enfin, je vois le pur soleil de la plus admirable contemplation. Je me livre à mon enthousiasme. Je veux braver les mortels par l'aveu ingénu que j'ai dérobé les vases d'or des Egyptiens pour en former un tabernacle à mon Dieu. Le dé en est jeté : j'écris mon livre. Qu'il soit lu par l'âge présent ou par la postérité, peu importe. Il peut attendre son lecteur cent ans. Dieu n'a-t-il pas attendu six mille ans quelqu'un qui comprit son œuvre? »

Dès que l'homme, libéré de la préoccupation obsédante des nécessités matérielles, a senti son esprit s'élever au-dessus de celui de l'animal, il a conçu la beauté de la recherche désintéressée. Jouet émerveillé ou victime inconsciente des forces de la Nature, il a consacré le meilleur de ses réflexions à les comprendre et à les prévoir. Cet effort est sa noblesse et sa grandeur : Pascal l'a dit en un langage immortel.

Comment, au milieu des jours tragiques que nous vivons, ne serions-nous pas tentés de faire un retour sur ces premiers balbutiements de l'humanité? C'est sur un sol convulsé et à peine refroidi, au sein des éléments déchaînés, dans une atmosphère traversée tour à tour par le fracas du tonnerre et par le rugissement des grands fauves, que la pensée humaine est éclosée : plante fragile et qui pourtant ne devait plus cesser de croître ! Témoins du plus effroyable des holocaustes de l'histoire, spectateurs d'un cataclysme où toutes les distinctions du bien et du mal, du vrai et du faux, où toutes les notions de justice

et de charité acquises par le lent effort des siècles semblent avoir sombré dans l'abîme ouvert par le monstrueux et cynique orgueil de peuples de proie, nous ne pouvons pas ne pas être émus de la noblesse du savant qui s'efforce encore de faire briller à nos yeux en cette nuit sinistre le flambeau de la raison humaine.

La tentative d'explication développée dans ce livre s'apparente par sa méthode, par son principe directeur aux grands systèmes de la philosophie naturaliste.

La première synthèse de ce genre dont l'histoire de la pensée ait conservé la mémoire, est celle de l'école grecque.

Les représentants de cette doctrine, Thalès, Anaximène, Héraclite, Empédocle, crurent pouvoir expliquer l'ensemble des apparences du monde sensible au moyen de quatre éléments fondamentaux : l'eau, l'air, la terre et le feu. Tantôt, avec Thalès et Anaximène, ils cherchèrent la génération réciproque des éléments à partir de l'un d'eux regardé comme primitif et fondamental, postulant à leur manière l'hypothèse de l'unité de la matière, qui, aujourd'hui encore, compte de nombreux partisans ; tantôt, comme Héraclite, ils portèrent leur attention sur la mobilité des choses et des lois du mouvement.

Ces théories furent développées avec un incontestable succès ; aux quatre éléments on rattacha plus tard les qualités sensibles : chaud et froid, sec et humide. On y chercha la clef non seulement de la physique de la matière



brute, mais encore de la médecine et de la psychologie. Les propriétés des corps inanimés, les maladies de l'homme, les facultés de l'âme rentraient ainsi dans les mêmes cadres généraux : rarement synthèse offrit un pareil degré d'éclat et d'universalité.

On entend souvent répéter que la vieille théorie des quatre éléments, après avoir régné pendant tant de siècles, a fait son temps ; que la chimie moderne nous en a démontré l'inanité le jour où elle a fait voir que les prétendus éléments des anciens ne sont pas des corps simples ; que l'eau est un composé d'hydrogène et d'oxygène ; l'air, un mélange d'azote et d'oxygène ; la terre, un agrégat de substances variées ; le feu, une apparence plus complexe encore. Bref, aux quatre éléments de la philosophie ionienne, la chimie de Lavoisier aurait substitué un peu plus de quatre-vingts corps simples.

Il y a là une confusion d'idées et de mots qu'il n'est pas inutile de dissiper, car on la retrouve dans maintes discussions récentes sur la nature des atomes.

Il faudrait commencer par s'entendre sur ce qu'on appelle un élément. Une unité peut très bien être regardée comme ultime et indivisible par une science, et comme complexe par une science voisine, sans qu'il y ait contradiction.

Les calculs de l'astronomie de position sont basés sur l'hypothèse que les astres — Soleil, Terre, Lune, Planètes — sont assimilables à de simples points matériels pourvus de masse. Cette convention est légitime, comme

le montre l'exactitude des résultats auxquels elle conduit. Est-ce à dire que l'astronome ignore que la Terre n'est pas un point géométrique, mais un globe immense qui tourne sur son axe en présentant successivement au Soleil ses continents et ses océans; ses montagnes et ses forêts, ses glaciers et ses déserts? Peu lui importe! La Terre, pour l'astronome, n'est qu'un point dans les cieux.

De même le chimiste assimile à bon droit le fer à un élément, caractérisé par un nombre défini, son poids atomique. Jamais, dans ses analyses ou dans ses synthèses il n'a besoin d'aller plus loin. Mais il n'ignore pas que cette prétendue substance simple, portée à l'incandescence, émet plusieurs milliers de raies spectrales différentes : une extrême complexité se cache donc sous cette simplicité apparente. Que cette complexité se retrouve non seulement dans les propriétés optiques des atomes, mais aussi dans leurs propriétés électriques, personne n'en sera surpris; et si intéressantes que soient les recherches modernes sur la radioactivité, on ne voit pas en quoi elles bouleversent les théories classiques de la chimie plus que n'avaient fait les recherches spectrales.

On peut en dire autant des anciennes théories des physiologues grecs. Il y a beaucoup à retenir dans leurs idées. Sans doute, l'air ou l'eau ne sont pas des éléments, au sens que le chimiste attache aujourd'hui à ce mot. Mais le géologue, le météorologiste se préoccupent-ils que l'eau soit un complexe d'hydrogène et d'oxygène? Les agents naturels qui modèlent la surface terrestre, qui règlent la

distribution des climats, ne sont pas les éléments du chimiste ; ce sont les éléments des philosophes ioniens.

Au système d'explication précédent, basé sur les éléments visibles, d'autres écoles grecques substituèrent des conceptions plus subtiles et plus raffinées ; elles cherchèrent à reconstruire le monde à partir d'éléments invisibles, trop petits pour tomber sous nos sens ; telle est l'hypothèse célèbre des atomes, à laquelle les noms de Leucippe, d'Epicure, de Démocrite, de Lucrèce sont restés attachés.

A l'exemple d'Héraclite d'ailleurs, les philosophes de l'école atomistique comprirent qu'on ne pouvait pas se contenter de déterminer les formes de la matière, qu'il fallait encore découvrir les lois du mouvement. Par là leurs théories sortent du type unitaire, pour rentrer dans le type dualistique.

C'est au type d'explication dualistique également qu'il convient de rattacher le système scientifique le plus en faveur au XVII<sup>e</sup> siècle : celui de Descartes. Avec les seules notions primordiales de l'étendue et du mouvement, il s'efforça de bâtir le monde. « L'univers, disait-il, est une machine où tout se fait par figure et mouvement. » Les lois de l'univers sont les lois mêmes du mouvement. Le mécanisme universel est le dernier mot de la Science, aussi bien en biologie qu'en astronomie. Par cette conception strictement mécanique, Descartes a mérité d'être regardé comme l'ancêtre et le précurseur des principales écoles scientifiques contemporaines.

S'appuyant sur la loi képlérienne de l'inertie, sur la tendance de la matière à se mouvoir d'elle-même en ligne droite, sur les théorèmes relatifs à la quantité de mouvement et au choc des corps, Descartes traça un tableau d'ensemble grandiose et saisissant des phénomènes célestes et des phénomènes terrestres. La substance des choses étant l'étendue géométrique, il en résultait que l'univers est plein, que le vide est une chimère, que la communication des mouvements se fait par tourbillons, depuis l'immense tourbillon cosmique qui emporte, en les faisant tourner sur leurs axes, les astres du système solaire, jusqu'aux tourbillons microscopiques des corpuscules ronds et de la matière subtile.

Après avoir joui d'une grande vogue, le système tourbillonnaire de Descartes fut battu en brèche, puis renversé, par le système newtonien de l'attraction universelle qui remit en honneur l'hypothèse du vide et l'action à distance.

L'attraction se propageant sans obstacle à travers l'immensité vide des espaces sidéraux, les disciples de Newton en conclurent à la faillite de la théorie du plein.

Le changement dans les idées fut aussi prompt que radical. Maupertuis, quittant Paris en 1736 pour la Laponie, y laissait le cartésianisme en vogue ; en y revenant, il trouvait le newtonisme vainqueur. Il s'en plaignit spirituellement : à son départ, le monde était plein ; à son retour, il était vide. Comment s'y reconnaître?

Toutefois le succès de la doctrine de l'action à distance ne devait pas être définitif. Newton faisait rentrer sans difficulté dans la mécanique ordinaire la propagation des actions lumineuses par sa théorie de l'émission. Les choses se présentèrent autrement quand, au début du XIX<sup>e</sup> siècle, la théorie de l'émission fut détrônée par celle des ondulations. Les physiciens admirèrent l'existence d'un milieu spécial, l'éther, qui remplirait aussi bien le vide interplanétaire que les espaces interatomiques. Faraday et ses successeurs en firent le véhicule des actions électriques et magnétiques. Cependant on dut attribuer à cet éther hypothétique à la fois les propriétés d'un gaz assez raréfié pour n'opposer aucune résistance sensible au mouvement des astres, et celles d'un solide élastique capable de transmettre des vibrations transversales. Malgré la difficulté de concevoir une substance pourvue de qualités aussi opposées, la majorité des physiciens contemporains acceptent encore la conception dualistique, d'après laquelle tous les agents du monde physique — chaleur, lumière, électricité, magnétisme, etc. — trouveraient leur explication ultime dans les actions et réactions réciproques de ces deux substances, l'une pondérable et discontinue, la matière ; l'autre impondérable et continue, l'éther.

Parallèlement aux progrès de la physique générale se développaient ceux de la mécanique proprement dite, et là également les doctrines unitaires cédaient peu à peu le pas aux doctrines dualistiques.

Tant qu'on s'était borné à considérer les mouvements des corps à la surface de la Terre, il avait été impossible d'en dégager des lois simples. Ce fut l'étude des planètes qui amena Képler à découvrir le principe de l'inertie, fondement de toute la mécanique moderne, et Newton à énoncer les trois lois essentielles du mouvement, qu'il appliqua aussitôt aux corps terrestres comme aux corps célestes.

Mais, entre la mécanique céleste et la mécanique terrestre, une différence profonde ne tarda pas à se manifester. Tandis que les résultats du calcul se vérifiaient admirablement dans les cieux, il n'en était plus de même sur la terre. Les Grecs avaient déjà remarqué l'harmonie supérieure des trajectoires célestes, et en avaient conclu que seules elles pouvaient nous révéler les lois du mouvement naturel. Frappés de ce même contraste, les mathématiciens modernes en rendirent compte par un artifice. Ils supposèrent que pour expliquer les mouvements terrestres il fallait introduire, à côté de l'inertie, une seconde influence, celle du frottement.

Ainsi se développèrent deux branches de la mécanique : la mécanique rationnelle ou idéale, régie par le seul principe de l'inertie, et la mécanique appliquée, qui corrige les résultats de la précédente au moyen d'un terme complémentaire attribué au frottement.

La mécanique céleste n'est qu'un cas extrême, un cas limite de la mécanique réelle : celui où les perturbations dues au frottement peuvent être négligées. Est-ce à dire

qu'elles n'existent pas? Il est plus vraisemblable que, dans la plupart des cas, seule la courte durée de nos observations nous empêche de les percevoir. D'Alembert a montré que le phénomène de la précession des équinoxes se calcule en assimilant la Terre à une gigantesque toupie, dont l'axe met vingt-six mille ans à dessiner sur la voûte céleste un cercle analogue à celui que la toupie lancée par la main d'un enfant décrit en quelques secondes. Si, pour que l'influence du frottement devienne manifeste, il faut que le gyrostat ait déjà décrit plusieurs cercles de ce genre, on conçoit que le mécanicien puisse l'observer sur une toupie ordinaire ; tandis que la précession de la toupie terrestre durant vingt-six mille ans, l'expérience humaine est trop courte.

Quand l'astronome introduit dans ses calculs les masses énormes des astres, il semble qu'il doive adopter une unité de temps appropriée, et compter, non plus par secondes ou par minutes, mais par années ou par siècles.

Inversement, si nous passons au domaine de l'infiniment petit et aux mouvements des molécules, ce monde microscopique exige une unité de temps en rapport avec l'exiguité de ses dimensions : on attribue la lumière à des vibrations dont il se produirait plusieurs centaines de millions en un millionième de seconde.

Si la brièveté de notre vie ne nous met pas à même de prolonger nos observations au delà d'une faible fraction d'une précession équinoxiale, l'imperfection de nos sens

ne nous permet pas davantage d'observer individuellement les mouvements des molécules. Sauf le cas où ceux-ci se reproduisent toujours pareils à eux-mêmes, comme dans les oscillations non amorties, nous ne distinguons plus les lois individuelles. Dès que ces mouvements ne sont plus entièrement ordonnés, nous ne percevons qu'une résultante. On arrive ainsi à une seconde forme limite de la mécanique : celle où, les chocs réciproques des molécules ne leur permettant plus que des trajectoires d'une longueur imperceptible à nos sens grossiers, l'inertie peut être négligée, et les phénomènes de frottement demeurent seuls accessibles. On rencontre ce cas en mécanique moléculaire, dans la théorie de la chaleur : le principe de Képler est la loi d'une mécanique sans frottement ; le principe de Carnot est la loi d'une mécanique sans inertie.

Ainsi l'histoire de la Science nous apprend que l'explication mécanique de l'univers a fait tour à tour appel à deux notions irréductibles : l'inertie et le frottement. La première peut être associée à l'idée de réversibilité, la seconde à l'idée d'irréversibilité.

Cette même dualité s'est retrouvée dans les phénomènes électriques.

Pour les interpréter on s'est appuyé, sur les analogies mécaniques. A l'instar de la mécanique matérielle, la mécanique électrique a eu recours successivement aux notions de l'inertie et du frottement.



L'étude des phénomènes électriques a permis de retrouver dans deux ordres d'applications particulièrement importants les deux cas extrêmes : frottement sans inertie, inertie sans frottement.

Le premier cas est celui du courant électrique continu ; il est résumé par la formule de Ohm. Le mouvement des particules électrisées atteint un régime permanent, comparable à la période de mouvement uniforme qui succède à la période d'accélération pour un corps solide tombant dans un milieu résistant.

Le second cas est celui des oscillations électro-magnétiques de la lumière, dont plusieurs centaines de milliers de trains d'ondes peuvent se succéder sans amortissement perceptible.

Enfin le cas général, où l'inertie et le frottement entrent simultanément en jeu, est celui des courants d'induction, avec l'accélération positive de la période initiale, l'accélération nulle du régime stationnaire, l'accélération négative de la période finale.

Nous savons aujourd'hui que les actions électriques sont si multiples et si variées qu'il n'est peut-être pas un phénomène physique dans lequel elles ne jouent un rôle. Et cependant, durant des siècles l'homme a vécu en marge de ce monde complexe sans même en soupçonner l'existence. C'est qu'en effet, si l'homme a un sens de la vue qui lui révèle les couleurs, un sens de l'ouïe qui lui révèle les sons, il n'a pas de sens électrique. Il s'est trouvé pour construire la théorie de l'électricité, dans la situa-

tion d'un sourd qui chercherait à édifier la théorie des sons, d'un aveugle qui voudrait établir la théorie des couleurs. Et le plus merveilleux, c'est qu'il ait réussi : la moderne doctrine de l'électricité est peut-être le plus beau monument de l'esprit humain dans le domaine des sciences de la Nature.

## LA PHYSIQUE ET LA MÉTAPHYSIQUE DES THÉORIES D'EINSTEIN

La théorie de la relativité fait fureur en ce moment, non seulement dans les amphithéâtres, et les salles de cours, mais dans les salons.

Nous voici donc revenus aux temps des Descartes, des Voltaire et des Fontenelle, alors que les controverses sur les tourbillons et la matière subtile, le plein ou le vide, les esprits animaux et la pluralité des mondes passionnaient la Cour et la Ville. Un de nos plus spirituels écrivains nous contait l'enthousiasme frissonnant d'une jolie femme à l'idée d'approcher le fameux mathématicien, dont elle écrivait d'ailleurs innocemment le nom : « Instinct ».

Quelques-uns s'étonnent de cet engouement pour une théorie si abstraite que seuls de rares analystes sont capables d'en suivre les développements et qu'on estime généralement impossible d'en énoncer même les propositions les plus simples en langage vulgaire et sans le secours des mathématiques.

Je ne suis pas de leur avis. Le secret instinct des foules ne les trompe pas. Sans doute l'attrait du mystère n'est pas pour peu dans la vogue actuelle de la relativité. On

l'admire d'autant plus qu'on la comprend moins. Mais il y a autre chose. Les conséquences métaphysiques de la doctrine — qu'on les accepte ou qu'on les repousse — sont en tous cas neuves et de grande portée, et apportent des solutions aussi surprenantes qu'inédites à quelques-unes des énigmes éternelles qui flottent à l'horizon de ce vaste océan de l'inconnu dont parlait Littré, qui bat notre rive de toutes parts, mais pour lequel nous n'avons ni barque, ni voile.

Albert Einstein est né le 14 mars 1879. De quelle nationalité est-il? les uns le disent Suisse, les autres Allemand. A cette question lui-même a répondu : « Je suis Allemand de naissance ; j'ai vécu en Suisse de quinze à trente-cinq ans ; je suis de race israélite ; je suis pacifiste et partisan d'une entente internationale. » Débrouillez-vous, si vous pouvez.

Successivement attaché au bureau des brevets à Berne, professeur à Zurich, puis à Prague, il est aujourd'hui directeur de l'Institut de recherches physiques Kaiser-Wilhelm à Berlin. Au début de la guerre, menacé de voir sa femme, qui est de race slave, enfermée dans un camp de concentration, il se retira en Suisse, refusa de signer l'odieux manifeste des 93, et adhéra plus tard aux déclarations des rares intellectuels allemands qui eurent le courage de s'élever contre les excès des pangermanistes.

Au vrai, c'est un israélite, et qui, comme beaucoup de ses coreligionnaires, n'attache qu'une importance limitée à l'idée de patrie. Ces précisions ne sont pas inutiles. Elles

situent dans l'espace et le temps ce grand négateur de l'espace et du temps.

C'est un représentant typique de cette race [REDACTED], si orgueilleusement regardée par ses fils comme la race élue de Dieu, si passionnément vilipendée par ses adversaires ; race attirante et décevante à la fois ; race troublante et troublée, dans le cerveau de laquelle se mêlent en une fumeuse ivresse les élans frénétiques des anciens prophètes, les rêves messianiques, les visions de l'Apocalypse ; race prodigieuse qui a donné à l'humanité Moïse, Jésus-Christ et Spinoza, et qui sur les ruines du monde antique, après l'effondrement des anciennes civilisations, sut imposer à l'Occident la discipline d'une religion qui n'était pas la sienne, totalement étrangère aux croyances des Grecs et des Romains comme à celles des Gaulois ou des Germains ; race insatiable qui se flatte aujourd'hui, après avoir proclamé avec son Karl Marx l'Évangile social des Temps nouveaux, de l'imposer par le fer avec ses Trotsky et ses Zinovieff.

De cette race est Einstein. Indifférent à l'idée de patrie, le mouvement [REDACTED] le passionne. En ses théories se reflètent les audaces de la pensée [REDACTED], peut-être ses illusions et ses chimères.

Le trait le plus saillant de la doctrine de la relativité est la négation de l'idée du temps, telle qu'on l'a conçue, depuis qu'il y a des hommes et qui pensent, pour parler comme la Bruyère.

Pierre et Paul sont dans une chambre. Paul va se pro-

mener. Quand il revient, Pierre lui dit : « Vous êtes resté absent une heure. — Qu'en savez-vous? » lui répond Paul. « Tout ce que vous pouvez dire c'est que vous êtes resté une heure dans cette chambre, parce que vous n'avez pas bougé. Mais le temps se ralentit, pour un être en mouvement. Mon absence a duré moins d'une heure si j'ai marché à pied ; elle a été plus courte si j'ai été en voiture ; plus courte encore si j'ai pris un aéroplane. Si je m'étais déplacé avec la vitesse de la lumière, je reviendrais au moment même où je pars ; si je pouvais me déplacer plus vite que la lumière, je serais revenu avant d'être parti. »

Voici comment un des adeptes les plus convaincus de la théorie, M. Langevin, en expose les conséquences : « Cette remarque fournit à celui d'entre nous qui voudrait y consacrer deux années de sa vie le moyen de savoir ce que sera la terre dans deux cents ans, d'explorer l'avenir de la terre en faisant dans la vie de celle-ci un saut en avant qui pour elle durera deux siècles et pour lui durera deux ans. Il suffirait pour cela que notre voyageur consentit à s'enfermer dans un projectile que la terre lancerait avec une vitesse suffisamment voisine de celle de la lumière, quoique inférieure, ce qui est physiquement possible, en s'arrangeant pour qu'une rencontre avec une étoile se produisît au bout d'une année de la vie du voyageur, et le renvoyât vers la terre avec la même vitesse. Revenu à la terre, ayant vieilli de deux ans, il sortira de son arche et trouvera notre globe vieilli de

deux cents ans, si sa vitesse est restée dans l'intervalle inférieure d'un vingt millième seulement à la vitesse de la lumière », et l'auteur conclut avec assurance : « Les faits expérimentaux les plus sûrement établis de la physique nous permettent d'affirmer qu'il en serait bien ainsi. »

D'où provient ce renversement de notre ancienne idée du temps ? De l'expérience du physicien américain Michelson, vous répondront les initiés. Observateur admirable, égal des plus grands, émule de nos Fizeau et de nos Foucault, Albert Michelson passa à Paris plusieurs mois l'an passé. J'eus la surprise de le retrouver tel que je l'avais déjà vu ici il y a vingt-cinq ans, tel que je l'aperçus à Chicago il y a quinze ans, prodigieusement vif et alerte, mince et droit comme un I, avec son regard perçant et son visage rayonnant d'intelligence. Il me donna le secret de sa jeunesse persistante : « Tous les jours je joue deux heures au tennis. » C'est moins scientifique, mais plus sûr que le boulet de Jules Verne.

Comme lui-même n'a jamais rien écrit sur les théories prodigieusement abstraites qu'on a bâties sur sa fameuse expérience, je lui demandai ce qu'il en pensait. Il sourit : « Je ne puis vous faire qu'une réponse, celle du Kaiser quand il vit les horreurs de la guerre déchaînée par son initiative : je n'ai pas voulu cela. »

La relativité date-t-elle d'Einstein ? Je serais tenté d'en faire remonter les origines aux Grecs. Les premiers, ils ont vu les difficultés latentes, les contradictions internes que renferme la notion même du mouvement.

On connaît le raisonnement d'Achille et de la tortue. Donnez à la tortue dix pas d'avance sur Achille aux pieds légers ; jamais le héros ne rejoindra le lent animal. Il va dix fois aussi vite. Soit ! Il franchit les dix pas ; pendant ce temps la tortue a fait un pas. Achille le franchit ; mais la tortue a fait un dixième de pas. Achille le franchit ; cependant la tortue a fait un centième de pas. Et ainsi de suite. Si le temps que met Achille à franchir les dix pas est pris pour unité, il ne rejoindra la tortue qu'au bout d'un temps égal à

$$1 + \frac{1}{10} + \frac{1}{100} + \frac{1}{1000} + \dots$$

La série est infinie. On peut continuer sans jamais arriver au bout.

A cela que répondent les mathématiciens ? Que la série précédente, si on la prolonge indéfiniment, tend vers une valeur limite dont elle se rapproche de plus en plus sans

jamais l'atteindre, et qui est  $\frac{1}{1 - \frac{1}{10}}$  c'est-à-dire  $\frac{10}{9}$ .

Achille aurait rejoint la tortue immobile au bout de neuf neuvièmes de secondes ; il rejoindra la tortue en mouvement au bout de dix neuvièmes de seconde.

Telle est la solution mathématique. Elle suppose l'existence d'une série prolongée à l'infini. Elle suppose la divisibilité infinie du temps et de l'espace. Ce sont les hypothèses mêmes qui sont à la base du calcul infinitésimal. Sont-elles légitimes ? Au début du nouveau calcul,



beaucoup de mathématiciens en doutaient. Aujourd'hui on ne rencontrerait plus guère de sceptiques parmi eux. Mais ni les philosophes, ni les physiciens ne sont aussi convaincus. Loin de là ! certaines recherches récentes nous amènent à penser qu'il existe des parties insécables, des atomes d'espace et peut-être de temps.

Sous quelle forme le problème des sophistes grecs s'est-il posé de nouveau à la science moderne ?

La mécanique classique, celle qui date de Galilée et de Newton, enseigne que l'expérience ne peut révéler que le mouvement relatif de deux corps l'un par rapport à l'autre et non le mouvement absolu de chacun d'eux. En cela consiste le principe de relativité.

C'est un fait d'expérience vulgaire. Quand deux trains sont sur des voies parallèles, il est fort difficile de dire, tant qu'on ne regarde pas les objets extérieurs, si c'est le train dans lequel on se trouve qui avance, ou si, au contraire, c'est le train voisin qui recule.

Illustrons ce principe par une application. Deux adversaires s'attaquent à coups de canon : l'un est un navire, l'autre un fort sur la côte. Le navire s'éloigne de terre. Pendant le temps que le boulet du fort met à franchir l'espace qui le sépare du navire, celui-ci s'est écarté. Le navire est-il avantagé par là ? Nullement, car le boulet qu'il a lancé participe à son recul. La symétrie est parfaite. Si les deux canons tirent à intervalles égaux, et si à chaque minute un boulet tombe sur le fort, à chaque minute un boulet atteint le bateau. Si le bateau

s'éloignait avec la vitesse du boulet, aucun des projectiles ne l'atteindrait, mais aucun des projectiles du navire n'arriverait à terre.

Il n'en serait plus de même si au lieu de considérer seulement le fort et le navire on faisait intervenir le milieu qui les sépare, c'est-à-dire l'air.

Le son se propage dans l'air avec une vitesse moyenne de 340 mètres par seconde, en y produisant des ondes circulaires analogues à celles engendrées dans un étang par une pierre qu'on y jette, ou par un bateau qui s'y déplace. Les ondes progressent avec une vitesse qui ne dépend que des propriétés du milieu — élasticité et densité — et non de la vitesse de la source sonore.

Certains sons très aigus peuvent faire détoner les explosifs « par sympathie ». C'est le terme consacré. Il est des sympathies bien dangereuses ! Munissons les deux adversaires de diapasons. Si le bateau s'éloigne de la côte avec une vitesse de 340 mètres par seconde, les ondes sonores émises par le fort ne le rejoindront pas. Il est devenu invulnérable à son adversaire. Au contraire les ondes émises par le bateau feront sauter les poudres du fort. Il n'y a plus symétrie. Le belligérant mobile est avantage. Le principe de relativité est en défaut.

On arriverait au même résultat en dotant les adversaires d'aéroplanes de bombardement. Si devant un aéroplane qui progresse à 100 kilomètres à l'heure, le bateau fuit avec cette vitesse, jamais l'aéroplane ne

l'atteindra. En revanche l'aéroplane parti du bateau pourra bombarder le fort. Ici encore, entre les deux adversaires, intervient comme agent de liaison un troisième corps : le milieu qui les sépare.

Comment évaluer mathématiquement l'avantage du système mobile sur le système fixe? Ce problème a été étudié par le grand physicien Fizeau. Nous allons retrouver Achille et sa tortue.

Supposons que le diapason émette des battements de millième de seconde en millième de seconde : cet intervalle de temps s'appelle la période.

A une certaine distance est un auditeur. S'il reste immobile, il reçoit les ondes successives de millième en millième de seconde. La période de réception est égale à la période d'émission.

Si au contraire l'auditeur s'éloigne du diapason, la période de réception s'allonge ; le son devient plus grave. Si l'auditeur s'écarte avec une vitesse de 34 mètres par seconde, égale au dixième de celle du son, la période de réception égale à 1 pour les corps au repos devient

$$1 + \frac{1}{10} + \frac{1}{100} + \frac{1}{1000} + \dots$$

c'est-à-dire  $\frac{10}{9}$ . C'est la série d'Achille.

Admettons maintenant que ce soit la source sonore qui s'éloigne ; le calcul montre que la période s'allonge,

mais un peu moins. Elle devient égale à  $1 + \frac{1}{10}$  c'est-à-

dire à  $\frac{10}{11}$ .

L'allongement des deux périodes étant inégal, une oreille suffisamment sensible distinguera si la source sonore s'éloigne de l'auditeur, ou si au contraire l'auditeur s'éloigne de la source. En d'autres termes, on peut repérer non plus seulement le mouvement relatif des deux objets, mais leur mouvement absolu dans l'espace. Le principe de relativité ne s'applique pas.

Les physiciens ont donné au rapport entre les deux vitesses le nom d'aberration. Ce rapport joue un rôle capital dans l'évaluation de la dissymétrie du phénomène. Dans le cas spécial où les deux vitesses sont égales, on tombe sur le cas limite indiqué plus haut ; une des périodes devient infinie ; l'adversaire mobile est invulnérable pour l'adversaire fixe.

En général les vitesses sont très inégales. J'ai supposé que l'une était le dixième de l'autre. L'écart des périodes est alors voisin de un centième, c'est-à-dire du carré de l'aberration ; ce dernier résultat est général.

L'aberration peut être plus faible. Ainsi la terre se déplace sur son orbite à raison de 30 kilomètres par seconde ; la vitesse de la lumière est de 300.000 kilomètres par seconde. Le rapport des deux vitesses est de un dix millième. Le carré est de un cent millionième. C'est pour expliquer cette différence de un cent millio-

nième qu'a été imaginée la théorie moderne de la relativité.

Elle suppose essentiellement que la propagation de la lumière, comme celle du son, se fait par un mécanisme ondulatoire. La chose n'est pas évidente. Jusqu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle les physiciens croyaient, avec Epicure et Lucrèce, que les corps lumineux lancent en tous sens de petits projectiles qui nous donnent la sensation des couleurs quand ils viennent frapper notre rétine. C'est la théorie de l'émission à laquelle Newton prêta l'appui de son autorité et à laquelle Laplace resta toujours attaché. Dans cette théorie les difficultés qui ont embarrassé les physiciens modernes ne se posent même pas. La source lumineuse est comparable à un canon qui lance des projectiles. La loi de relativité s'applique.

Mais l'hypothèse de l'émission s'étant montrée impuissante à expliquer les résultats de Fresnel et de Foucault, on l'abandonna pour celle des ondulations. On calqua la théorie de la lumière sur celle du son. Le son pourtant ne se propage qu'à travers les corps matériels qui tombent sous nos sens. La lumière au contraire traverse le vide. On imagina de lui donner pour support un fluide hypothétique, l'éther, qui remplirait aussi bien les espaces intersidéraux que les pores de la matière. Pour expliquer qu'il n'oppose aucune résistance au mouvement des planètes, on le suppose plus subtil que les gaz les plus raréfiés. Pour rendre compte de l'énorme vitesse de la lumière, on le compare à un solide plus rigide que

l'acier. Ces hypothèses sont dures. Une fois admises pourtant, elles ont permis d'unifier en un majestueux ensemble de formules admirablement vérifiées par l'expérience non seulement les phénomènes optiques, mais encore les phénomènes électromagnétiques, la télégraphie sans fil, les rayons X. Ainsi s'est développé un corps de doctrine, relatif à la propagation de l'énergie radiante, le plus varié et le plus complet de toute la physique actuelle.

La théorie ne compta que des succès jusqu'au moment où elle vint trébucher sur l'expérience de Michelson. Il fit interférer deux rayons lumineux, dirigés l'un selon le mouvement de la terre, l'autre perpendiculairement. Le calcul faisait prévoir l'existence du terme constaté pour les phénomènes sonores, et égal au carré de l'aberration. Le résultat observé fut négatif. La différence escomptée du cent millionième n'existe pas. Le principe de relativité s'applique.

La conclusion s'impose. Les phénomènes lumineux ne sont pas rigoureusement comparables aux phénomènes sonores. On peut déceler le mouvement d'une source sonore à travers l'air. On ne peut pas déceler celui d'une source lumineuse à travers l'éther. L'air est une réalité. L'éther est une fiction. A vrai dire on s'en doutait un peu. Voici ce que disait à ce sujet Marcellin Berthelot il y a quarante ans déjà dans ses « Origines de l'Alchimie ». « Un seul être subsisterait comme support ultime des choses, le fluide éthéré. Le fluide éthéré joue

le rôle du mercure des philosophes ; mais il est difficile de s'apercevoir que son existence réelle n'est pas mieux établie. C'est un symbole, une fiction destinée à satisfaire l'imagination. Les fluides électrique, magnétique, calorifique, lumineux que l'on admettait comme supports de l'électricité, du magnétisme, de la chaleur et de la lumière ont disparu en moins d'un siècle, et se sont réduits à un seul, l'éther, auquel on attribue des propriétés imaginaires et parfois contradictoires. Mais déjà l'éther des physiciens semble disparaître à son tour par suite des conceptions nouvelles qui tentent de tout expliquer par les seuls phénomènes du mouvement. » Ces lignes prophétiques semblent annoncer Einstein.

Pour expliquer le résultat de Michelson, fallait-il renoncer à l'éther et revenir à la vieille théorie de l'émission ? La chose pouvait paraître d'autant plus plausible qu'une expérience de Sagnac, complémentaire de celle de Michelson, a montré que le parallélisme est encore plus complet qu'on ne l'imaginait d'abord, au point de vue des effets du mouvement, entre les phénomènes optiques et les phénomènes mécaniques. On ne peut pas déceler, sans avoir recours à des repères extérieurs, le mouvement de translation rectiligne et uniforme d'un système. Mais, par contre, les observations optiques, aussi bien que les observations mécaniques permettent de déceler un mouvement absolu de rotation. La relativité n'explique ce résultat qu'en admettant que la lumière est pesante. Mais les résultats auxquels elle

arrive ainsi et qu'on a jugés paradoxaux, parce qu'ils s'écartent de la théorie ondulatoire, deviennent immédiats dans la doctrine de l'émission ; pesanteur de l'énergie radiante, déviation du rayon lumineux au voisinage du soleil, pression exercée par la radiation sur les corps qu'elle rencontre (simple ou double suivant que la substance est absorbante ou réfléchissante), diminution de poids du corps qui rayonne, etc. La plupart d'ailleurs ont déjà été développés en un somptueux langage par le Dr Gustave Le Bon, dans ses ouvrages sur la vie et la mort de la matière, et sa transmutation progressive en énergie.

Même les phénomènes d'interférences qui ont entraîné la victoire de la théorie ondulatoire s'expliqueraient en admettant avec Newton que le projectile lumineux est animé d'un mouvement périodique, comme le boulet d'un canon rayé. Pourtant des difficultés subsistent, notamment en ce qui concerne la vitesse comparée de la lumière dans les différents milieux. Et puis, pour revenir à la théorie de l'émission, il eût fallu retoucher successivement toutes les formules établies par un siècle d'efforts. La tâche était immense, le succès douteux.

C'est alors qu'intervint en sauveur, comme un *deus ex machina*, le mathématicien hollandais Lorentz. Il proposa de conserver l'éther, et de modifier l'évaluation de la périodicité, c'est-à-dire la mesure du temps dans les systèmes en mouvement. D'après les théories exposées plus haut, la variation de période n'est pas la même si



la source lumineuse s'approche de l'observateur, ou *vice-versa*. La différence, dans le cas de l'aberration terrestre, est celle qui existe entre les fractions  $\frac{10.000}{9.999}$  et  $\frac{10.001}{10.000}$ . Elle est de un cent millionième. Pour que le principe de relativité soit respecté, il faut que les deux fractions deviennent égales. Laquelle choisir? Lorentz proposa de renvoyer les deux observateurs dos à dos en leur donnant tort à tous deux : l'expression vraie et unique est la moyenne géométrique entre les deux fractions. Pour qu'il en soit ainsi, il suffit de modifier l'évaluation du temps dans les corps en mouvement d'après une loi imaginée précisément pour combler la différence et dans laquelle intervient la vitesse de la lumière.

Lorentz ne voyait là qu'un artifice de calcul destiné non pas à sauver les phénomènes, selon l'expression de Platon, mais plutôt à sauver les formules classiques. Einstein survint alors. Il est curieux de relire les mémoires des deux physiciens. Einstein dit constamment : « La théorie de la relativité de M. Lorentz. » Et Lorentz lui rend la politesse : « La théorie de la relativité de M. Einstein. »

Lorentz répugnait à rompre avec le bon sens. Einstein fut plus hardi. Pour lui le ralentissement des mouvements périodiques dans les systèmes mobiles n'est pas une fiction mathématique, mais une réalité physique. Toutes les vibrations se ralentissent suivant un rythme

déterminé par la vitesse de la lumière : aussi bien les oscillations d'un pendule que les mouvements de la respiration ou les battements du cœur. Pour l'homme qui voyagerait aussi vite que la lumière, la vie serait arrêtée, le temps suspendu ; il deviendrait immortel.

Le développement de cette idée n'amène pas seulement la réforme de la notion de temps, mais encore de la notion d'espace. Ce côté métaphysique de l'œuvre d'Einstein a scandalisé les uns, émerveillé les autres, et l'a élevé au rang de Messie d'une nouvelle religion, qui compte des milliers de fidèles, souvent plus intolérants que leur maître, et même des hérétiques — tels le mathématicien Weyl — déjà entrés en conflit avec lui, et portés à le regarder comme « vieux jeu ».

La notion primordiale n'est plus celle de temps ou d'espace, mais celle de vitesse. Ce point de vue se rapproche de celui de Newton qui jugeait que nous avons une notion intuitive de la vitesse, sur laquelle il fondait son calcul des fluxions. Cette grandeur ne figure pas au départ, disparaît à l'arrivée ; mais Newton la croyait indispensable pour se représenter le mécanisme des opérations. A la suite de Leibniz les mathématiciens modernes ont rejeté cette conception comme inutilement compliquée.

Les relativistes reviennent à cette manière de voir. Pour eux, il n'y a qu'un absolu qui est la vitesse de la lumière. Or, aux observateurs, une vitesse apparaît comme le rapport d'un espace à un temps ; on dit que la

vitesse d'un cycliste est de dix mètres par seconde, ou celle d'une locomotive de soixante kilomètres à l'heure. On est amené dès lors à admettre que si le temps se raccourcit dans un système en mouvement, la longueur se raccourcit aussi, et s'annule dans les mêmes conditions. Quand la vitesse d'un corps atteint celle de la lumière, il perd sa troisième dimension et devient plat comme une feuille de papier. On ajoute, il est vrai, que l'observateur s'aplatit en même temps, et comme l'homme se prend pour la mesure des choses, selon l'antique axiome de Protagoras, il ne saurait s'apercevoir de cette étrange métamorphose.

La notion primitive étant celle de vitesse, les notions d'espace et de temps cessent d'être indépendantes. Aussi le mathématicien Minkowski a-t-il pu dire dans une conférence que ses admirateurs révèrent à l'égal des révélations de Moïse sur le Sinaï : « A partir de maintenant, les notions d'espace en soi et de temps en soi, doivent s'effacer dans l'ombre. Seule subsiste l'union de l'un avec l'autre. » Et il propose de considérer l'univers comme un ensemble à quatre dimensions. Le temps figure dans les formules comme une quatrième dimension de l'espace, qui se présente, il est vrai, comme imaginaire.

Il en résulte des conséquences qui choquent nos habitudes d'esprit : nous sommes habitués à regarder le temps comme une variable à une dimension, où les événements se succèdent dans un ordre unique, comme des points sur une droite.

Pour le voyageur qui passe en voiture le long d'une route, la succession des arbres est invariable ; le peuplier qui se trouvait à droite du frêne peut en paraître plus ou moins rapproché : jamais il ne passera à sa gauche.

Il en va autrement si au lieu de nous borner aux objets placés le long d'une ligne droite, nous comparons ceux qui se trouvent sur la surface de la plaine. Nous introduisons une seconde dimension. A la notion d'ordre le long d'une ligne se substitue celle de perspective dans un plan. Un poteau télégraphique situé au bord de la route pourra paraître d'abord à droite, puis à gauche d'une maison lointaine.

Du moment où le temps est lié à l'espace, la notion de perspective s'y applique. De la terre au soleil, la lumière met huit minutes. Pendant ces huit minutes, vous ne pouvez déterminer l'ordre dans lequel se succèdent un événement terrestre et un événement solaire. Nous ne connaissons pas d'agent de liaison plus rapide que la lumière. Suivant leur position dans l'espace, trois observateurs différents pourront juger que les deux événements sont simultanés, ou que le premier est antérieur au second, ou que le second est antérieur au premier, et cela avec une égale légitimité. Les définitions de Leibniz : « Le temps est un ordre de succession. L'espace est un ordre de coexistence » sont périmées.

Le cours du temps n'est plus le fil symbolique échappé au fuseau des Parques : c'est une trame compliquée où l'espace joue son rôle.

Seule la coïncidence de deux événements qui se passent en même temps et au même lieu est bien définie. Une mère ne peut pas naître après son fils. La relativité l'accorde au bon sens. Mais dès que celui-ci a rompu son cordon ombilical, il récupère son indépendance dans le temps et dans l'espace. Si le fils est paresseux et sédentaire, si la mère est agile et voyage avec une vitesse voisine de celle de la lumière, la mère pourra n'avoir que vingt ans quand son fils en aura plus de soixante.

Ces étranges conséquences de formules mathématiques paraissent un défi au sens commun. N'est-il pas possible cependant, sous le voile des symboles, d'apercevoir la réalité à laquelle ils correspondent?

Un trait frappe dans les théories relativistes. Elles font perpétuellement appel à la vitesse de la lumière. On disait que les hommes n'ont pas d'autres moyens de communication que les signaux optiques. Pour le céleste voyageur qui se meut à trois cent mille kilomètres par seconde, le vœu de Lamartine est exaucé :

O temps, suspends ton vol !

Mais cela, nous le savions depuis longtemps. Si nous nous bornons à un univers purement visuel, la chose est presque intuitive. Un observateur s'éloigne de la terre avec la vitesse de la lumière au moment où se passe un grand événement, la bataille de Fleurus, si vous voulez. Pour lui, le temps n'avance pas. L'histoire s'arrête à Fleurus. S'il se meut un peu moins vite, le cours du temps

au lieu d'être arrêté, sera simplement ralenti. Cent ans après Fleurus, il pourra se croire sous le règne de Charles X ou sous celui de Napoléon III.

Inversement, supposons qu'il aille plus vite que la lumière ; il remontera le temps. Après Fleurus, il verra Bouvines. Il rejoindra dans l'espace les images et les visions émanées du sol natal à l'époque des druides ou de Vercingétorix ; il deviendra contemporain du megalotherium ou du plésiosaure.

Sur ce point, la métaphysique dépasse même la physique d'Einstein qui accepte que l'on puisse ralentir ou même arrêter le cours du temps, mais non le remonter, — et cela, parce que la théorie nous met en présence d'une racine carrée qui deviendrait imaginaire. Cette timidité devant la mathématique déconcerte après tant d'audace devant la physiologie. Telle une femme, après avoir bravé un tigre, tremble devant une souris.

On se rend compte maintenant de la force et de la faiblesse de la théorie d'Einstein. Sa force, au point de vue scientifique, c'est qu'elle présente un ensemble impeccable au point de vue formel ; les hypothèses initiales une fois admises, tout en découle avec une stricte rigueur. Ceux qui se flattent d'y trouver des contradictions internes se leurrent. La forteresse n'a pas de brèche par où on puisse donner l'assaut. Et surtout, ce bel ensemble s'applique à la branche de la physique la plus importante à l'heure actuelle, celle de l'énergie radiante.

Au point de vue philosophique, c'est sa faiblesse. Le

temps ne se mesure pas seulement aux oscillations du pendule — serait-ce à celles d'un hypothétique pendule lumineux ! mais à l'écoulement du sable de la clepsydre, à la combustion du flambeau. La vieillesse n'est pas réglée uniquement par les battements du cœur, mais par la lente usure chimique du rein, du foie, du cerveau. Pourquoi l'inexorable déchéance serait-elle ralentie partout suivant une loi unique, en fonction de la vitesse de la lumière ? A cette question trop difficile on ne tente même pas de répondre. La théorie ignore volontairement l'univers chimique et l'univers physiologique.

Elle ne connaît que l'univers visuel, ou, si l'on préfère électromagnétique. A lire Einstein, on croirait que les hommes ne communiquent entre eux que par signaux lumineux.

Qui nous empêche de raisonner de même pour les autres sens ? Deux auditeurs écoutent un concert. Le premier est immobile : pour lui le concert dure une heure. Le second s'éloigne avec une vitesse de cent soixante-dix mètres par seconde, c'est-à-dire égale à la moitié de celle du son ; pour lui, le concert dure deux heures. Le temps auditif n'est pas le même pour un observateur en repos et pour un observateur en mouvement.

Les secousses sismiques se transmettent avec une vitesse de plusieurs kilomètres. La taupe est à demi aveugle, mais son tact est merveilleux. Si elle voyageait sous le sol avec cette vitesse le temps s'arrêterait pour elle.

Ainsi nous pouvons métaphysiquement imaginer autant de mesures du temps que nous avons de sens. Il

y aurait un temps pour le musicien, un autre pour le peintre. A l'un comme à l'autre, le mouvement procure la jeunesse éternelle, mais celle du sourd n'est pas celle de l'aveugle. Faites votre choix !

Une dernière question se pose. D'où vient la fascination qu'exerce cette doctrine sur ceux qui la comprennent comme sur ceux — et sur celles — plus nombreux encore, qui ne la comprennent pas ? Ces théories sont extraordinaires, il est vrai, mais l'homme a le goût du merveilleux. Sa croyance même à la science est un acte de foi. Pourquoi douterait-il ? De graves professeurs se portent garants de la vérité de la doctrine.

Si on admet ces idées malgré leur étrangeté, elles apportent à des problèmes que l'homme discute depuis qu'il est sur cette terre, et sur lesquels on pouvait croire que tout avait été dit, des réponses à certains égards entièrement nouvelles, à certains autres, au contraire, bien voisines des enseignements de la religion et des traditions de la sagesse antique. Déjà les théologiens du Moyen-Age n'ont-ils pas dit que le temps et l'espace ne sont que des cadres illusoires, adaptés à notre fragile entendement, et qui n'existent pas pour la Divinité, éternelle et omniprésente ? Ne voyons-nous pas, ajoute-t-on, la science moderne après de longs détours nous ramener aux révélations des grands initiés, aux visions d'un Cakya Mouni, d'un Confucius, d'un Pythagore, d'un Platon ? L'unité de la matière, la transmutation des éléments, ne sont-elles pas en voie d'être démontrées ?



A toute époque le rêve de l'homme a été d'arrêter le cours du temps et voici que le moyen nous est offert d'immobiliser l'inexorable balancier. La vogue des alchimistes fut due pour une part à ce qu'ils imaginèrent l'élixir de longue vie. Sans doute leur procédé était pué-  
ril, et ce n'est pas en buvant la liqueur d'une petite bouteille que vous vous rajeunirez comme Faust, mais leur ambition était légitime.

La durée normale de la vie humaine est de 150 ans, proclame Flourens ; à 75 ans il entre dans l'âge de la « vigorescence ». Fâcheuse prédiction ! Flourens devait mourir un peu avant cet âge, atteint de ramollissement cérébral, et des critiques irrévérencieux en trouvèrent le premier symptôme dans sa théorie. A son tour Metchnikof entre dans la lice et proclame les vertus du ferment bulgare. Plus récemment, on a préconisé les extraits opothérapiques et les greffes d'organes. « Remèdes enfantins ! s'écrient les relativistes. La greffe animale ne vaut pas mieux que la bouteille de l'alchimiste. Mais nous allons organiser le céleste voyage qui vous permettra de ne pas vieillir et de revenir voir l'an prochain ce que la terre sera devenue dans un siècle. » Après tout, se dit le public ahuri, nous en avons vu bien d'autres. Cela est-il plus extraordinaire que le téléphone ou la télégraphie sans fil ? Demain on ira en Amérique en aéroplane. Pourquoi pas, après-demain, de la terre à la lune ? Attendez-vous à voir devant les barrières du guichet où l'on distribuera les billets de l'obus extra-terrestre, les longues files de ces

beautés anxieuses de réparer des ans l'irréparable outrage, dont le sage Metchnikof écoutait d'une oreille indulgente les confidences désabusées.

D'autres rêves, plus secrets et plus profonds, hantent les âmes religieuses. Elles n'espèrent pas échapper à la mort. Leur croyance le leur défend, mais elle ne leur interdit pas de chercher à revoir les êtres chers qu'elles ont perdus. N'avons-nous pas la confuse sensation de leur présence et dans nos rêves et dans ces états de demihallucination où l'âme s'échappe, semble-t-il, de sa prison corporelle? N'erreraient-ils pas autour de nous dans cette quatrième dimension que nous devinons, sans la percevoir? De grands savants l'ont cru. Voici ce qu'écrit le subtil analyste H. Laurent dans son livre « Sur les principes fondamentaux de la théorie des nombres et de la géométrie ».

« Existe-t-il un hyperespace à plus de trois dimensions dont notre monde tangible et visible ne serait qu'une variété à trois dimensions? Il est bien difficile dans l'état de la science de répondre. Si quelques phénomènes psychiques s'expliquaient avec cette hypothèse, on pourrait placer dans l'hyperespace les âmes et Dieu, et expliquer la mort par la séparation de l'âme et du corps, l'âme étant censée toucher le corps dans l'état de vie et cessant après la mort de la toucher et de lui communiquer le mouvement. »

Et voici qu'on nous dit : « Cette quatrième dimension où croyants et spirites placent les âmes des morts, elle

existe. La science la démontre. Nos sens imparfaits ne la perçoivent pas. Mais perçoivent-ils mieux les mystérieuses ondulations de la télégraphie sans fil qui parcourent l'espace en tous sens? »

Ce n'est pas tout. Les vues d'Einstein l'ont amené à reprendre une autre question bien souvent débattue, mais restée toujours incertaine. Le monde est-il fini ou infini? C'est une des célèbres antimonies où Kant plaidait le pour et le contre avec la même conviction... et le même insuccès. J'engage ceux qui s'intéressent à ces problèmes à lire les courtes pages où Einstein conclut que le monde est fini, mais qu'on ne peut s'en apercevoir, et expose pourquoi il le croit quasi-sphérique tandis que certains de ses disciples inclinent à le regarder comme quasi-cylindrique et d'autres comme quasi-hyperbolique.

Ainsi se posent l'un après l'autre tous les problèmes de la métaphysique. En présence des insolubles énigmes de la vie et de la destinée, qui oserait blâmer l'homme d'essayer de quitter la route séculaire qu'il suivait sur les flots pour se lancer au sein d'une mer inconnue sur la foi de nouvelles étoiles?

Jeunesse éternelle ! immortalité ! communion des morts et des vivants ! grandioses espoirs ! illusions messianiques ! Nous assistons à l'éclosion d'une religion nouvelle. La forme en est singulière. Le langage en est abstrait. Les mystères en sont profonds. Les négateurs d'hier sont les fanatiques de demain :

« Je vois, je sais, je crois, je suis désabusé. »

Les anciens fidèles surveillent d'un œil méfiant les nouveaux adeptes. Ceux qui ont assisté dans le petit amphithéâtre du Collège de France à ces séances où le maître lui-même exposait sa doctrine avaient par moments l'impression, devant tant de faces extasiées, de se trouver au milieu des premiers chrétiens, dans les catacombes.

Que tout cela est chimérique ! dira-t-on. Peut-être...

L'esprit humain reste toujours semblable à lui-même. Le sort de l'Assyrie dépendait autrefois d'un collège de devins chargés d'interpréter les songes du roi. Avant d'entreprendre une guerre, les Grecs et les Romains consultaient les aruspices. Avec la même confiance naïve nos contemporains se tournent vers les savants et les académies.

Vérité, erreur... ces mots ont-ils même un sens en un pareil domaine ? Quelle mesure commune y a-t-il entre l'esprit et les choses ? Les insectes sociaux sont intelligents à coup sûr. Quelle conception du monde peut se faire une fourmi ? Le chien est voisin de l'homme par les sentiments affectifs, souvent même supérieur. Quelle idée un chien peut-il avoir quand il voit son maître travailler dans une bibliothèque ?

S'il existe quelque part une intelligence aussi supérieure à l'intelligence humaine que celle-ci l'est à l'intelligence animale, il est probable que si elle nous révélait la vérité dans un éclair, nous ne la comprendrions pas.

## LES MÉCANISMES BIOLOGIQUES ET LES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES <sup>1</sup>

En l'année 1889, le laboratoire de notre Société n'était pas encore installé dans les bâtiments actuels de la rue de Staël. Il occupait un modeste local rue Saint-Charles, à Grenelle. Peu auparavant Hertz venait de faire connaître les résultats de ses célèbres recherches sur les ondu-  
lations électriques : ses Mémoires fondamentaux sont datés des années 1887, 1888 et 1889. Le regretté Joubert avait reproduit les appareils de Hertz rue Saint-Charles, où je me souviens d'avoir été les voir avec un certain nombre de physiciens. A un certain moment, Joubert nous conduisit en dehors des bâtiments, dans la rue, et nous montra une observation curieuse : tirant deux clefs de sa poche, et les amenant presque au contact, il nous fit voir qu'il jaillissait entre elles un flux d'étincelles.

Cette observation frappa vivement les assistants. Si vous vous reportez à l'état de nos connaissances à cette époque, il y a un quart de siècle, vous concevrez mieux ce qu'il y avait de nouveau et d'inattendu, à déceler ainsi

1. Discours présidentiel inaugural prononcé le 7 mai 1913 à la Société française des Électriciens.

une nouvelle espèce d'ondulations, les ondulations électriques, derrière un mur, dans les conditions où la lumière et le son étaient arrêtés. Et l'idée venait naturellement à l'esprit que de telles vibrations pourraient un jour ou l'autre servir à transmettre des signaux à travers l'espace.

Hertz lui-même fut interrogé peu après sur ce sujet. Il répondit que ses expériences étaient des expériences de laboratoire et qu'il n'avait aucun espoir de les voir entrer dans le domaine de la pratique.

Au même moment, Sir William Crookes traitait la même question dans une grande revue anglaise. Sa conclusion était toute autre. Avec sa brillante imagination il se représentait déjà les hommes conversant d'un continent à l'autre grâce aux nouvelles vibrations. C'est tout juste s'il ne prévoyait pas le moment où les terriens se mettraient ainsi en communication avec les habitants de la planète Mars.

Cette méfiance de Hertz vis-à-vis de sa propre découverte me rappelle celle d'un autre inventeur fameux, Levassor, le grand ingénieur qui établit du premier coup le plan de la voiture automobile moderne avec une telle sûreté que les grandes lignes n'en ont plus changé depuis. Au lendemain du jour où il accomplit sa randonnée historique de Paris-Bordeaux et retour à la vitesse vertigineuse d'une trentaine de kilomètres à l'heure, ses admirateurs lui offrirent un banquet. A l'heure des toasts, l'un d'eux entraîné par la chaleur communicative de ce genre de cérémonies se leva et s'écria : « Je bois au

moment prochain où l'on verra circuler sur les routes des voitures qui feront cent kilomètres à l'heure. » Levassor se pencha vers son voisin, et lui dit à mi-voix : « Pourquoi faut-il qu'il y ait toujours, à la fin des banquets, des gens qui se croient obligés de dire des bêtises? »

J'imagine que Hertz n'aurait pas été éloigné de porter le même jugement sur William Crookes... Cependant c'était Crookes qui avait raison.

D'où venait cette timidité de Hertz dans ses prévisions? C'est qu'il ne concevait comme possible qu'un seul détecteur, celui qu'il avait imaginé : cet anneau brisé dans la coupure duquel les ondes faisaient jaillir de petites étincelles.

Et assurément, pour le physicien qui cherche à déceler un champ électrique caractérisé par de brusques et notables variations du potentiel, ce système est le premier qui vienne à l'esprit : c'est le plus simple, le plus rationnel : c'est aujourd'hui encore celui dont le fonctionnement nous apparaît comme le plus clair.

Mais s'il avait fallu s'en tenir là, le poste de la Tour Eiffel au lieu de nous permettre de communiquer avec Casablanca aurait son rayon d'action limité à l'espace compris entre le Trocadéro et l'École militaire. En ce sens, Hertz voyait juste ; son tort était de ne pas imaginer qu'on pût trouver mieux plus tard.

Hertz aurait changé d'avis si, par hasard, l'idée lui fut venue d'essayer un détecteur qui, un siècle plus tôt, avait été à l'origine de la plus grande découverte peut-être qui

ait bouleversé la science électrique : je veux parler de la grenouille de Galvani et de Volta, de cette grenouille historique qui a conduit au courant électrique, et qui s'est trouvée être, si j'ose m'exprimer ainsi, l'ancêtre de nos modernes dynamos et de nos colossaux alternateurs ; ce qui, il faut l'avouer, est une postérité plutôt inattendue pour une grenouille.

La grenouille est un inscripteur excellent des ondulations électriques ; on l'a constaté récemment. Et alors que le difficile et délicat problème de l'enregistrement des ondes hertziennes n'a pu être résolu que grâce à l'emploi de nouveaux galvanomètres à la fois très sensibles et très rapides, n'est-il pas curieux de constater qu'un simple muscle de grenouille réunit ces deux qualités ?

C'est là d'ailleurs un cas spécial d'un phénomène plus général qui est l'extrême sensibilité des animaux à sang-froid aux faibles excitations électriques. Chacun sait combien il est difficile de déceler de très faibles courants alternatifs ; on les nomme *courants téléphoniques*, car le meilleur instrument que nous possédions pour les reconnaître est le téléphone. Eh bien ! il existe un galvanoscope presque aussi sensible que le téléphone : c'est l'escargot. On a remarqué il y a longtemps qu'un escargot qui se promène sur une plaque de cuivre à laquelle on a soudé une plaque de zinc rentre instantanément ses cornes dès qu'il arrive à la ligne de contact des deux métaux : c'est qu'à ce moment il est transformé en pile de Volta.



L'escargot réagit ainsi aux moindres courants téléphoniques.

Des considérations de ce genre peuvent sembler quelque peu fantaisistes. Quelques-uns seront tentés de croire qu'elles relèvent du domaine du journalisme humoristique plutôt que de celui de la Science.

Pour vous montrer le parti qu'on peut en tirer, il me suffira de vous rappeler que dès 1897 le physicien illustre dont le nom est associé à la découverte de la télégraphie sans fil, le D<sup>r</sup> Branly a signalé lui-même, dans des pages suggestives, la similitude que présente la propagation de l'onde nerveuse et celle de l'onde électrique, ainsi que les analogies de structure et de fonctionnement des conducteurs discontinus, tels que le tube à limaille avec les neurones et les terminaisons des fibres nerveuses, telles que nous les ont révélées les recherches de Ramon y Cajal.

Les rapprochements de cet ordre ont peut-être été un peu trop perdus de vue par les chercheurs actuels. La Science va sans cesse en se compliquant ; et la tendance des savants modernes est de se spécialiser de plus en plus. Mais chimistes et physiciens auraient tort d'oublier que les barrières établies entre la matière brute et la matière vivante n'ont qu'un caractère provisoire et artificiel, et que l'étude des êtres vivants a été dans le passé la source des progrès les plus inattendus de la Science : il n'est pas besoin d'en citer ici d'autre exemple que la découverte du courant électrique comme couronnement d'une discussion sur la physiologie des grenouilles.

Les physiciens du XVIII<sup>e</sup> siècle et du début du XIX<sup>e</sup> étaient beaucoup plus familiers que ceux du XX<sup>e</sup> avec l'emploi des méthodes physiologiques.

A cet égard l'aspect des laboratoires a subi depuis un siècle et demi une transformation des plus significatives.

Quand vous pénétrez aujourd'hui dans un laboratoire de physiologie, vous vous y trouvez en face de balances, de thermomètres, de manomètres, de dynamomètres, de galvanomètres, de cylindres enregistreurs.

Si vous eussiez pénétré à l'avant-dernier siècle dans un laboratoire de chimiste ou de physicien, vous y eussiez aperçu d'abord des cages remplies de souris ou des boîtes remplies de grenouilles.

On sait qu'avant Priestley, on n'avait guère caractérisé, en dehors de l'air atmosphérique, que deux gaz : l'acide carbonique appelé *air fixe* et l'hydrogène appelé *air inflammable*, et que Priestley, en quelques années, découvrit l'azote, le protoxyde et le bioxyde d'azote, le gaz chlorhydrique, le gaz ammoniac, l'acide sulfureux, l'oxygène et l'oxyde de carbone. Or, Priestley ignorait les ressources de la Chimie analytique moderne, et les réactifs dont il fit le plus fréquent usage consistaient en une chandelle et des souris. Dans ses cloches, il introduisait successivement sa chandelle, puis ses souris et regardaient comment elles se comportaient. Parfois il y mettait des plantes. Cette méthode avait ses avantages, puisqu'elle lui a permis d'établir l'antagonisme fondamental qui existe entre la respiration animale et ce qu'on

appelait alors la respiration végétale. Or, c'est là une découverte capitale de la Science moderne.

Les grenouilles et les souris n'ont donc pas rendu, ce me semble, de trop mauvais services aux inventeurs du XVIII<sup>e</sup> siècle.

C'est ici le lieu de rappeler les recherches que Cavendish exécuta en 1770 et dans les années suivantes, et dont il nous a laissé la description dans son *Mémoire sur la torpille*. On ne connaissait ni la balance de Coulomb, ni même le modeste électroscope à feuilles d'or. Cavendish parvint à mesurer les résistances comparées du fer, du cuivre, de l'eau salée et de l'eau de pluie, au moyen de la décharge d'une batterie de bouteilles de Leyde, en allongeant ou raccourcissant les tubes ou les fils jusqu'à ce que la sensation de choc qu'il percevait aux poignets et aux coudes lui parût la même. Il a obtenu des nombres qui varient dans le rapport de plus de 100 millions à 1. Et le plus curieux est que ses résultats ne s'écartent pas, pour la plupart, de plus de 10 à 15<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, des résultats modernes.

L'homme n'a pas de sens électrique. Que d'autres êtres — tels les animaux à sang-froid — soient mieux partagés que lui, c'est ce qui n'est pas pour nous surprendre. Notre odorat est tout à fait rudimentaire par rapport à celui du chien. Serons-nous humiliés parce que notre sens électrique ne vaut pas celui de l'escargot?

Dès lors que certains animaux apparaissent comme spécialement doués sous ce rapport, on est amené à pen-

ser qu'ils peuvent rivaliser avec nos meilleurs instruments. Ne nous flattons pas de faire mieux en pareille matière que la nature. Notre œil, notre oreille sont des détecteurs d'ondes lumineuses ou sonores d'une prodigieuse sensibilité : une énergie lumineuse ou sonore de l'ordre d'une petite calorie serait suffisante pour impressionner notre appareil visuel ou auditif pendant plusieurs centaines d'années.

L'aptitude de la machine animale à être mise en branle par des excitations répondant à de faibles différences de potentiel est une propriété significative, et qui, au point de vue énergétique, ne se retrouve guère dans nos machines artificielles.

Notre principal effort tend à fabriquer des machines puissantes et à haut rendement. Dans bien des cas, la nature a résolu ce double problème ; mais les moyens qu'elle met en œuvre paraissent n'avoir aucun rapport avec ceux que nous avons utilisés jusqu'ici.

Les précurseurs de l'aviation actuelle, les Penaud, les Renard, ont vu avec une extrême netteté que la solution du problème du vol mécanique dépendait de la découverte du moteur léger. Cela était si vrai que le lendemain du jour où l'automobilisme nous l'a donné, l'aéroplane a pris son essor. Mais, il est clair que le problème du moteur léger est résolu dans l'hirondelle par des moyens tout autres que les nôtres.

Dans l'ordre électrique, nous trouvons des exemples non moins nets de hauts rendements. M. d'Arsonval a

étudié jadis au Collège de France un gymnote de plusieurs mètres de long, capable de donner une décharge de 1.100 volts et de 2 ampères.

La machine animale peut donc être très puissante sous un faible poids ; mais elle est bâtie sur un plan tout différent de celui de nos machines.

Pour amplifier la puissance de celles-ci, nous cherchons d'abord à augmenter leur vitesse, et ensuite à accroître les deux facteurs dont le produit représente le travail ou énergie : à savoir le facteur d'intensité ou potentiel et le facteur de capacité.

Que nous ayons affaire à une machine à air comprimé, à une machine thermique, à une machine électrique, à une machine chimique, nous augmentons la différence de potentiel énergétique : c'est-à-dire la pression, la température, le voltage, ou l'affinité chimique. Nos machines travaillent sous de fortes pressions, de grandes différences de température, de hauts voltages, ou au moyen de substances douées de fortes affinités, tels que l'acide sulfurique, la potasse, etc.

Aux machines de plusieurs centaines de volts, nous avons vu succéder celles de plusieurs milliers, puis celles de plusieurs dizaines de milliers de volts.

Nous allons dans cette voie toujours plus loin, jusqu'aux extrêmes limites compatibles avec la résistance mécanique, électrique, chimique, etc., des matériaux.

Au contraire, la machine animale ne travaille en général que sous de faibles potentiels ; on n'y rencontre ni

fortes pressions, ni grandes différences de température, ni hauts voltages, ni milieux fortement acides ou fortement alcalins. La machine animale est très près de l'équilibre ; elle est voisine de la neutralité au point de vue physique comme au point de vue chimique.

Outre le facteur d'intensité ou potentiel, nous augmentons le facteur de capacité. A cet effet nous accroissons sans cesse les dimensions. Les anciennes machines ont l'air de joujoux à côté de certaines machines modernes qui atteignent la hauteur de maisons à plusieurs étages.

La nature emploie des mécanismes différents. Elle ne procède pas par amplification des organes ou par élévation du potentiel, mais par répétition des parties. Pour multiplier la capacité ou le potentiel par 10, par 100, par 1.000, elle juxtapose 10, 100, 1.000 parties identiques ; et suivant que ces unités élémentaires sont groupées en tension ou en quantité, il en résulte un accroissement soit du facteur de tension, soit du facteur de capacité.

C'est que la nature ne dispose que de matériaux de dimensions déterminées et d'un ordre de grandeur toujours le même ; les cellules d'un éléphant ne sont pas plus grosses que celles d'une souris, mais elles sont plus nombreuses. Avec une égale provision de briques, on peut bâtir soit un grand palais, soit une multitude de petites maisons.

De l'ordre de grandeur microscopique des éléments cellulaires, résulte une conséquence capitale, c'est que, pour une quantité de matière déterminée, le rapport de

la surface au volume est beaucoup plus grand dans la machine animale que dans les machines artificielles.

En d'autres termes, c'est l'énergie capillaire, forme d'énergie à peine utilisée par l'homme, qui joue le rôle prépondérant dans l'énergétique animale ou végétale : le jeu des organes dans les êtres vivants comporte des variations incessantes de surface.

Les physiologistes se sont souvent demandé depuis que la doctrine énergétique a pris corps au siècle dernier, à quel type de machines était assimilable la machine humaine. Il est clair que ce n'est pas un *moteur thermique* ; comme elle fonctionne à température presque constante, son rendement d'après le principe de Carnot, serait dérisoire. Ce n'est pas davantage un *moteur électrostatique* ou *électrodynamique*. Il semble plutôt que ce soit un *moteur* dans lequel l'énergie initiale soit d'ordre chimique ; cette énergie est transformée par des variations de surface en énergie capillaire, puis en énergie électrique, qui finalement se métamorphose en énergie mécanique du mouvement.

Ce n'est qu'à une époque relativement récente que les relations entre l'énergie électrique et l'énergie capillaire ont été définitivement tirées au clair par les admirables travaux de M. Lippmann. Ses découvertes et les applications qu'en a faites M. d'Arsonval dans sa théorie de la contraction musculaire sont peut-être le coup de sonde le plus profond qui ait été lancé jusqu'ici dans l'intimité des phénomènes de l'énergétique biologique.

Quand on contemple le moteur électro-capillaire de M. Lippmann dont la partie essentielle est formée par la juxtaposition d'une multitude de petits tubes de verre dans lesquels s'élève le liquide, il est impossible de n'être pas frappé de l'analogie de ce dispositif avec celui des animaux électriques, tels que la torpille.

L'organe électrique de la torpille est formé de plusieurs centaines de prismes hexagonaux accolés, dirigés de la face dorsale à la face ventrale de l'animal. Vu par en dessus, on dirait un gâteau de cire d'abeilles. Vu de côté, l'ensemble évoque assez bien ces colonnades basaltiques que l'on remarque en France dans les montagnes de l'Ardeche. Chacun de ces prismes est subdivisé par des lamelles membraneuses en environ deux mille disques superposés. L'organe de la torpille étant double, et chaque organe comportant environ 500 prismes, l'ensemble comprend environ deux millions de disques plats.

L'idée d'imiter la torpille servait déjà de guide à Volta dans la construction de la pile.

Dans la lettre du 20 mars 1800 à sir Joseph Banks, président de la Société royale de Londres, où il décrit son appareil, il s'exprime en ces termes : « Cet appareil est « semblable dans le fond, comme je le ferai voir, et même, « tel que je viens de le construire, dans la forme, à l'or- « gane *électrique naturel* de la torpille et de l'anguille trem- « blante, bien plus qu'à la bouteille de Leyde et aux « batteries électriques connues jusqu'ici, et je voudrais « l'appeler *organe électrique artificiel*. Et, au vrai, n'est-il



« pas, comme celui-là, composé uniquement de corps conducteurs? N'est-il pas actif par lui-même, sans aucune charge précédente, sans le secours d'une électricité quelconque ; agissant sans cesse et sans relâche, capable enfin de donner à tous moments des commotions plus ou moins fortes, et qui, répétées avec fréquence, produisent ce même engourdissement des membres que fait éprouver la torpille? »

Et il décrit ensuite minutieusement l'empilement de plusieurs centaines de disques métalliques de cuivre et de zinc séparés par des rondelles de carton ou de drap mouillé, qui donne un aspect si spécial à la pile à colonne.

Sous cette forme primitive, on retrouve bien la juxtaposition de parties semblables, caractéristique des organes naturels, qui fut l'idée directrice du grand inventeur, et qui a presque disparu dans les formes modernes de la pile : ce qui fait que les élèves ne comprennent pas du tout pourquoi on appelle cet appareil une pile alors qu'on leur montre une rangée de pots à confitures.

Ainsi, l'étude du poisson électrique, de la torpille, a tour à tour inspiré des travaux aussi différents et aussi originaux que ceux de Cavendish, de Volta, de M. Lippmann.

Je voudrais appeler, en terminant, votre attention sur ce point que, de même qu'il existe certains animaux producteurs d'électricité, il en existe d'autres producteurs de lumière, et que, là aussi, l'étude des mécanismes naturels pourrait bien nous ménager des surprises et nous orienter vers des directions tout à fait ignorées des savants actuels.

Le problème de l'éclairage est un de ceux qui ont été le plus travaillés depuis un quart de siècle ; les progrès y ont été nombreux et remarquables, mais toutes nos sources de lumière usuelles offrent ce caractère d'être des sources à haute température : l'énergie lumineuse est engendrée aux dépens de l'énergie thermique, c'est-à-dire dans des conditions de rendement des plus médiocres.

Il suffit pour s'en convaincre d'examiner les courbes de rendement lumineux d'un bec de gaz, d'un arc électrique, du soleil, et de les comparer à celle du ver luisant.

Ces diverses courbes accusent : pour le bec de gaz un rendement photogénique de 1, 2 % ; pour l'arc électrique un rendement de 2, 5 % ; pour le soleil enfin un rendement de 14 %. Ce dernier est le plus élevé que puisse donner un foyer incandescent obéissant aux lois d'émission du radiateur thermique intégral.

En ce qui concerne le ver luisant au contraire, la courbe de répartition d'énergie dans le spectre n'obéit pas aux lois de la radiation thermique ; la totalité de l'énergie produite se trouve comprise entre les ordonnées du spectre visible, et le rendement photogénique est de 100 %.

Il ressort de là que le ver luisant donne une solution du problème de l'éclairage empruntée à un ordre de phénomènes tout à fait différent de ceux que nous utilisons. L'origine de la lumière n'est pas thermique, mais chimique. Elle est liée à des phénomènes d'oxydation analogues à ceux qui produisent la luminescence du phosphore jaune ; et ici encore, il est vraisemblable que l'énergie

électrique joue le rôle d'intermédiaire, de courtier désintéressé qui ne prélève rien pour sa part. L'étude anatomique de l'animal nous montre d'ailleurs que l'organe lumineux est constitué, comme celui de la torpille, par la répétition d'éléments cellulaires identiques qui constituent une couche photogénique traversée par une infinité de petites ramifications trachéennes grâce auxquelles l'oxygène de l'air pénètre dans l'intimité des tissus.

L'éclairage futur utilisera-t-il des processus analogues? Trouvera-t-on des corps doués de propriétés aussi neuves que le furent, naguère, celles des terres rares du bec Auer? Verrons-nous reparaître les mèches des vieilles lampes à huile, qui, imbibées par capillarité, amèneront en contact des liquides, capables de donner par leur mélange — à la façon de certains corps phosphorescents — une brillante émission de lumière froide? Il serait téméraire de vouloir préciser.

Il y a un peu plus d'un siècle, Volta, en cherchant à réaliser la *torpille artificielle*, inventa la pile et lança la science dans des voies nouvelles. Puisse venir le jour où quelque nouveau Volta, doué de la même force inventive, du même génie créateur, réalise le *ver luisant artificiel*, et par un mécanisme aussi inattendu que l'a été en son temps la pile, révolutionne la science de la lumière comme son prédécesseur a révolutionné la science de l'électricité!

## UNE USINE ÉLECTRIQUE DE CENT MILLE CHEVAUX (1)

On a dit souvent que s'il fallait résumer d'un mot le développement industriel du XIX<sup>e</sup> siècle, on pourrait l'appeler le siècle de la vapeur. Nos pères ont assisté au prodigieux bouleversement économique qui a résulté de la substitution des chemins de fer aux anciennes diligences, du remplacement de la navigation à voile par la navigation à vapeur, de la concentration du travail industriel dans de grandes usines, alimentées en force motrice par des machines à vapeur fixes.

Le vingtième siècle s'annonce à nous comme devant être le siècle de l'électricité. S'il y a un peu plus de cent ans que le courant électrique a été découvert — l'invention de la pile électrique par Volta date de l'année 1800 — il y a une trentaine d'années à peine qu'a paru la machine Gramme, prototype des machines dynamo-électriques, qui seules ont permis d'obtenir l'électricité à assez bas prix pour que put s'ouvrir l'ère industrielle.

Les applications se sont multipliées depuis avec une

1. Conférence faite le 5 février 1906 à la Société des Amis de l'Université.

extrême rapidité, grâce surtout à la simplicité et à la facilité avec lesquelles l'électricité peut être transportée, distribuée et utilisée.

Nul n'ignore à quel degré le maniement d'une lampe électrique est plus commode que celui d'une lampe à huile ou à pétrole. Plus de liquide à verser dans un récipient, plus de mèches à couper ou à changer, plus d'allumage à faire. On tourne un bouton, et c'est tout.

Cette même simplicité se retrouve dans les autres applications de l'électricité. Le wattman d'un tramway se borne à déplacer quelques leviers, tandis qu'au chauffeur d'une locomotive incombe le pénible travail du rechargement et de la surveillance du foyer et de la chaudière.

Le mécanicien qui manœuvre un tour électrique n'a plus besoin d'un moteur séparé, à gaz ou à vapeur, toujours plus ou moins long ou difficile à mettre en marche et à surveiller : il tourne un commutateur et l'appareil fonctionne.

Demain il en ira de même pour la cuisine quand le chauffage électrique se sera répandu.

Et que dire de la facilité avec laquelle l'énergie électrique se prêtera aux applications agricoles, quand seront installés les réseaux et mis au point les appareils?

L'emploi de plus en plus général de l'électricité est appelé à avoir une répercussion profonde sur la vie sociale toute entière. La distribution de la force motrice à domicile paraît devoir modifier dans un sens très heu-

reux les conditions présentes de la vie ouvrière. La concentration de centaines d'ouvriers dans de grandes usines a été amenée en partie au XIX<sup>e</sup> siècle par les conditions de fonctionnement de la machine à vapeur qui se prête mal à l'emploi d'unités de faible puissance. Le rétablissement du travail en chambre, avec les avantages hygiéniques et moraux qu'il offre pour les hommes, et plus encore pour les femmes et les enfants, et la reconstitution des ateliers de famille, seront rendus possibles par la distribution de l'électricité à domicile.

Nous avons vu depuis quelques années ce mouvement se dessiner dans la région de Lyon et de Saint-Étienne. Une petite usine installée sur la Loire a été la première en Europe à distribuer la force motrice sur un vaste territoire. Sa puissance ne dépassait pas 300 chevaux, mais elle faisait fonctionner plusieurs centaines de métiers à tisser. Bientôt s'édifiaient dans le voisinage des usines similaires qui distribuaient 4.000 chevaux entre 3.500 abonnés, tisseurs, mécaniciens, apprêteurs, passementiers, armuriers des environs de Saint-Étienne. En Haute-Savoie, en Suisse, les pièces détachées de la petite industrie horlogère sont fabriquées par des ouvriers en chambre.

C'est que l'électricité se prête admirablement à la division de la force motrice : on utilise couramment des moteurs de  $1/4$  de cheval pour les métiers à tisser ; de  $1/16$  de cheval pour les machines à coudre, et même de  $1/50$  de cheval pour l'horlogerie.

La dépense en force motrice est presque nulle ; et l'ouvrier, homme ou femme, s'épargne la fatigue du travail et borne son rôle à la surveillance de l'outil, ce qui lui permet d'augmenter à la fois la quantité et la qualité de sa production.

La supériorité de l'électricité sur la vapeur, dans le domaine de la force motrice c'est qu'elle se prête à la distribution à distance.

La force motrice d'une machine à vapeur est distribuée au moyen d'intermédiaires mécaniques, tels que des arbres tournants et des courroies dont le rayon d'action est peu étendu : d'où la nécessité de rassembler dans une même salle ou dans des salles voisines, tous les organes à actionner.

L'électricité, au contraire, circule dans des fils qui la portent à grande distance. Le lieu de production et le lieu de consommation peuvent être séparés.

Aussi, dans la plupart des cas, les usines électriques sont-elles consacrées uniquement à la génération de l'électricité. Leur rayon d'action s'est accru au fur et à mesure des progrès de la science.

Il y a un quart de siècle, au moment où eurent lieu les premiers essais d'éclairage public à Paris, par les bougies Jablochhoff, pour éclairer la longueur relativement courte de l'avenue de l'Opéra, on eut recours à trois stations génératrices : l'une place du Théâtre Français, l'autre rue d'Argenteuil, la troisième à l'extrémité de l'avenue de l'Opéra.

Dix ans plus tard, lors de la division de la capitale en secteurs électriques, on installa les stations au centre des quartiers qu'il s'agissait de desservir.

De nos jours les progrès faits dans la construction des câbles et des machines permettent de placer les stations à des distances qui se chiffrent par dizaines, parfois même par centaines de kilomètres.

Nous avons vu, grâce à la houille blanche, des régions montagneuses, jadis sauvages et presque désertes, transformées en centres industriels florissants.

Dans le cas des grandes villes, on a renoncé presque universellement à bâtir les usines à l'intérieur des murs.

On les installe dans la banlieue. Ces bâtiments énormes que les ingénieurs ont baptisés du nom imagé de *Centrales* jouent en effet dans l'économie industrielle le rôle du cœur, l'organe central qui envoie le fluide nourricier, le sang, aux divers organes du corps humain.

Parmi les secteurs parisiens, les derniers installés ont aménagé ainsi des centrales *extra-muros*. Ces centrales toutefois sont loin d'avoir l'importance des usines analogues que l'on trouve dans les autres pays et surtout en Amérique.

Il en est tout autrement de la colossale usine que la Société d'Électricité de Paris a fait construire sur les bords de la Seine à Saint-Denis et qui représente la plus moderne et la plus perfectionnée de toutes les stations génératrices d'électricité en fonctionnement à l'heure



actuelle, tant en Europe qu'en Amérique. Sa puissance dépasse cent mille chevaux.

L'emploi d'un petit nombre de très grosses machines a permis d'améliorer ce rendement tout en diminuant la main-d'œuvre et les frais généraux.

Pénétrons à l'intérieur du monument. Rien n'y rappelle les usines d'antan, les machines trépidantes, le mouvement des arbres et des bielles, l'oscillation des balanciers, la rotation des volants, le grincement des poulies. Il n'y a ni bruit, ni fumée, ni mouvement.

Nous voici dans la *salle des machines* : elle paraît vide. A peine par-ci, par-là dans cet immense vaisseau, plus vaste qu'une cathédrale, distingue-t-on un homme ou deux, qui, silencieusement tournent une vis ou déplacent une manette.

Et si nous ne voyons personne, nous n'entendons aucun bruit. Pourtant les machines tournent, les plus puissantes machines construites jusqu'ici. Où sont-elles? Nous n'apercevons que des cuirasses blindées, des tortues à carapace démesurée. Approchez-vous : les bêtes de métal sont vivantes. Entendez leur ronflement sourd, si léger pourtant que le moindre moteur de tricycle d'un cheval trois quarts, fait dix fois plus de bruit que cette turbine de dix mille chevaux.

Grâce à leur vitesse de rotation, ces énormes turbines qui sont entrées depuis deux ans à peine, dans la pratique industrielle, sont, à puissance égale, vingt fois moins encombrantes que les machines à vapeur à piston

employées jusqu'ici dans toutes les stations électriques. Les anciennes machines de dix mille chevaux avaient la hauteur de maisons à trois étages, les turbines de Saint-Denis n'ont pas plus de 3 m. 50 de haut sur 14 mètres de long et 4 mètres de large.

Au point de vue de la sécurité du personnel, la supériorité des turbines, dans lesquelles aucun organe mobile n'est visible au dehors, n'est pas moindre sur ces anciennes machines, dont les organes compliqués, merveilles de la mécanique d'alors, se développaient sur plusieurs étages, à travers lesquels, au moyen de passerelles volantes, circulaient les ouvriers, attentifs à se glisser au moment opportun entre ces pièces métalliques énormes animées d'un mouvement incessant !

Passons à la *salles des chaudières*. C'était jadis l'enfer industriel dans toute sa tragique grandeur. Dans l'atmosphère suffocante de la chaufferie, des hommes farouches, ruisselants de sueur et noirs de suie, jetaient précipitamment le charbon dans la gueule du four, flamboyante comme un enfer. Dur métier qui expose le chauffeur, son labeur fini, à la pneumonie, dans les rues glacées, sous le souffle du vent ! O surprise ! la salles des chaudières est nette et blanche, propre comme un salon. Une femme pourrait s'y promener en toilette de bal, sans écraser du bout de sa bottine une parcelle de charbon. Vous cherchez le chauffeur ? Il n'y en a pas. Le charbon arrive mécaniquement dans les foyers ; il progresse mécaniquement ; il est évacué mécanique-

ment. Dans la salle voisine, un homme se tient qui surveille une colonne où des disques de couleurs variées indiquent le niveau de l'eau ou le tirage de la cheminée. Il tourne quelques boutons électriques, comme vous ou moi quand nous allumons une lampe à incandescence.

Et le charbon, d'où vient-il? Amené par bateau à l'usine, qui est au bord de la Seine, il est débarqué le long de l'appontement spécial construit pour le déchargement de deux péniches de grand modèle.

On ne voit naturellement pas ici de débardeurs, nus jusqu'à la ceinture, coiffés d'un casque de cuir, s'aventurer sur des passerelles branlantes. La main de l'homme est remplacée par deux énormes mains de fer qui plongent dans le bateau, enlèvent une poignée de mille kilogrammes de charbon et la jettent dans les godets d'un chemin roulant d'où elle tombe dans des soutes de vingt mètres de profondeur.

Le charbon emmagasiné dans ce colossal garde-manger en est retiré automatiquement par une seconde chaîne de godets. Il s'élève le long du mur des bâtiments des silos et atteint l'étage supérieur de la salle des chaudières, d'où il chavire dans les trémies d'alimentation.

En route, un appareil mécanique pèse et enregistre le charbon. D'autres appareils notent à chaque instant la quantité d'eau envoyée aux chaudières, l'eau condensée, le nombre de litres d'huile de graissage. Ainsi, minute par minute, le contrôle central connaît la consommation et le rendement de toutes les machines.

Partout se retrouve le souci d'économiser le labeur humain, de supprimer le côté pénible du travail, d'utiliser l'homme comme maître et contrôleur de la machine. Un seul ouvrier règle le déchargement de quatre-vingt mille kilos de charbon par heure ; cinq chauffeurs suffisent pour la salle des chaudières.

L'électricité, engendrée par les alternateurs accouplés aux turbines, est envoyée dans les câbles qui la conduisent à destination, par l'intermédiaire d'un tableau de distribution, piano gigantesque dont les touches commandent les interrupteurs.

Que l'on se représente la ville le soir, avec ses rues, ses maisons, ses cafés, ses théâtres illuminés, ses tramways électriques, son chemin de fer métropolitain, ses ascenseurs en mouvement. Toute cette lumière, toute cette force en circulation viennent, par des canalisations souterraines, de l'usine géante de la banlieue, dans laquelle un ingénieur silencieux, en promenant ses doigts sur les touches du clavier colossal, peut, à son gré, suspendre ou raviver cette activité prodigieuse. Cette extrême centralisation, cette commande si directe de tant de formes d'énergie variées ne montre-t-elle pas d'une manière saisissante à quel point la matière est subordonnée aujourd'hui à l'esprit de l'homme ?

Cette dernière vision ne met-elle pas le sceau à l'impression générale que nous laisse notre rapide visite à l'usine de Saint-Denis ? Ne nous fait-elle pas pressentir mieux que toute dissertation les changements profonds

que l'électricité a apportés et apportera aux conditions du travail industriel?

Un des contrastes les plus profonds qui existent entre le monde antique et le monde moderne se trouve dans la substitution progressive du travail mécanique au travail humain. Autrefois, tout se faisait à la main ; les étoffes étaient tissées avec la navette ou le fuseau ; les manuscrits étaient recopiés péniblement, exemplaire par exemplaire ; des générations d'hommes succombaient en charriant les pierres des Pyramides. Les anciens ne connaissaient guère que le travail humain : mais ce travail était réputé œuvre servile, indigne de l'homme libre, et la cité antique reposait essentiellement sur l'esclavage. Les villes mêmes les plus renommées pour la douceur de leur civilisation, comme Athènes, se composaient d'un petit nombre d'hommes libres et de beaucoup d'esclaves : c'était l'esclave qui faisait tourner la meule, l'esclave qui actionnait le métier à bras. L'homme libre se bornait à le surveiller, à le commander. Le plus grand peut-être des philosophes de l'Antiquité, Aristote, justifiait l'esclavage par la nécessité de faire fonctionner les machines : « Quand la navette marchera toute seule, disait-il ironiquement, alors on pourra supprimer l'esclave. »

Eh bien ! les temps regardés comme chimériques par Aristote sont venus, nos moteurs marchent sans le secours du travail humain, aussi bien les machines fixes des ateliers que celles des chemins de fer ou des vais-

seaux. La navette marche toute seule aujourd'hui, et l'esclavage n'est plus qu'un cauchemar du passé.

Pourtant nous voyons encore trop souvent l'homme utilisé à ces tâches de labeur matériel, aussi pénible que peu intelligent, que l'on confiait jadis à l'esclave et que l'industrie moderne doit confier à la machine. A quoi bon accabler des débardeurs sous le faix de sacs pesants, alors qu'une benne automatique peut faire ce travail? N'est-il pas inhumain d'employer des chauffeurs à enfourner, au milieu d'une atmosphère suffocante, de lourdes pelletées dans la gueule ardente d'une chaudière, alors qu'une trémie mécanique peut les remplacer?

Le rôle de l'ouvrier dans l'usine moderne doit être celui de l'homme libre dans la cité antique : un rôle de commandement et de surveillance.

Plus que toute autre usine, une Centrale électrique, se rapproche aujourd'hui de cet idéal et nous donne une vision anticipée d'un avenir où, de plus en plus, l'intelligence de l'homme se libérera des servitudes de la matière.

## LES RAYONS ULTRA-VIOLETS ET LES ACTIONS VITALES (1)

Vers la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, le chimiste Priestley fit une expérience qui frappa vivement ses contemporains.

Ayant placé une souris sous une cloche de verre, il vit qu'elle mourait bientôt asphyxiée.

Jusque-là, rien que de banal : pareil sort attend tous les animaux enfermés dans un espace clos où l'air ne se renouvelle pas.

Mais Priestley eut l'idée de mettre à côté de la souris une plante verte, et à sa grande surprise, il constata que ce singulier petit ménage vivait et prospérait.

Il en conclut que la respiration animale représente l'opposé de la respiration végétale, que les animaux vicient l'air et que les plantes le purifient.

L'expérience fut reprise et approfondie par Ingenhousz, Sennebier et de Saussure, qui, à la lumière des théories de Lavoisier, réussirent à en donner l'explication.

Ils remarquèrent d'abord que le rôle purificateur de la plante ne s'exerce qu'à la lumière. Pendant la nuit ou à

1. Communication faite à la séance solennelle de la Société de Pathologie comparée, le 12 décembre 1911.

l'obscurité il est suspendu et la plante s'asphyxie comme l'animal.

La respiration végétale ne diffère donc pas de la respiration animale ; mais chez les plantes vertes, dont la couleur est due à un pigment particulier, la chlorophylle, il s'y superpose une fonction antagoniste, qui n'entre en jeu qu'à la lumière, et qu'on appelle aujourd'hui la fonction chlorophyllienne.

La respiration proprement dite est, comme Lavoisier l'a établi, une combustion lente, comparable à celle d'un morceau de charbon dans une cheminée : le carbone et l'hydrogène des tissus animaux ou végétaux s'unissent à l'oxygène de l'air pour former l'acide carbonique et la vapeur d'eau.

Dès lors, on s'explique l'expérience de Priestley. Que fait la souris ? Elle respire ; elle change l'oxygène, gaz de la vie, en acide carbonique, gaz de l'asphyxie et de la mort. Que fait la plante verte au soleil ? Tout le contraire. Elle réalise une véritable anti-combustion. Elle décompose l'acide carbonique en ses éléments ; elle rejette l'oxygène, gaz de la vie, dans l'atmosphère qui se trouve ainsi purifiée. Elle garde pour sa part le carbone qui s'unit à la vapeur d'eau de l'air pour former dans ses tissus les hydrates de carbone, dont les plus simples sont les sucres ; les plus compliqués représentent des combinaisons des divers sucres entre eux, les amidons et celluloses, substrata des tissus végétaux.

Si Priestley eut pesé la souris et la plante verte, il eût.



constaté que la souris diminuait sans cesse de poids, tandis que la plante augmentait ; grâce, au soleil, le carbone de l'animal est transmis au végétal en passant par l'état transitoire d'acide carbonique.

Le carbone est l'élément essentiel des êtres vivants. Il forme en quelque sorte leur squelette et leur ossature : à tel point que l'on peut dire que la chimie organique est la chimie des composés du carbone. Or, ce carbone existe sous trois formes : carbone minéral, carbone végétal, carbone animal.

Le carbone animal tend sans cesse par les respirations, les combustions, à se dégrader à l'état de carbone minéral sous forme d'un gaz de déchet, impropre à la vie animale, l'acide carbonique. S'il n'existait au monde que les animaux, l'acide carbonique irait sans cesse en augmentant ; l'équilibre se trouverait rompu entre le monde minéral et le monde organique, et la vie deviendrait impossible à la surface de la terre.

S'il n'en est pas ainsi, c'est grâce aux plantes vertes, qui, sous l'influence de la lumière, viennent puiser et reprendre, dans le grand réservoir inorganique, le carbone minéral, pour le ramener à l'état de carbone végétal. Puis les animaux mangent les plantes, et, par le jeu de la digestion, le carbone végétal redevient carbone animal ; après quoi le cycle peut recommencer.

Il y a donc là comme une sorte d'escalier à trois marches ; ou si vous préférez, une maison à plusieurs étages. En bas se trouve le carbone minéral ; au premier étage

le carbone végétal ; au second étage le carbone animal. On peut bien sauter du second étage au rez-de-chaussée sans s'arrêter au premier étage ; mais l'opération inverse n'est pas possible.

Pour remonter en haut, il faut s'arrêter au premier étage. Le carbone minéral, forme inférieure et dégradée au point de vue énergétique, ne peut revenir au stade de carbone animal qu'après avoir passé par le stade intermédiaire végétal.

Ainsi les plantes vertes à la lumière jouissent du privilège précieux de subsister aux dépens du gaz de l'air. Pour elles, les expressions « déjeuner de soleil » ou « se nourrir de l'air du temps » répondent à des réalités substantielles.

Les animaux au contraire sont incapables de puiser directement leur substance dans le monde minéral ; ils sont condamnés à se nourrir des débris d'autres êtres ayant vécu avant eux. Il en est de même des plantes dépourvues de chlorophylle, des champignons, qui se nourrissent de feuilles mortes ou de détritiques végétaux. Animaux et champignons sont des mangeurs de cadavres.

Grâce à leurs pigments verts, les plantes utilisent l'énergie lumineuse pour élever le carbone à un potentiel chimique supérieur ; elles mettent en réserve une provision d'énergie que les animaux peuvent utiliser au moment voulu. Et cette réserve n'est pas utile seulement pour l'alimentation animale, mais aussi pour l'industrie. La houille, source du travail de nos machines à vapeur, est le

produit de l'énergie du soleil emmagasinée par les végétaux durant la période carbonifère.

Les plantes vertes nous apparaissent ainsi comme des organes de construction et de synthèse ; les animaux, comme des organes de consommation et de dégradation qui vivent aux dépens des provisions accumulées par d'autres êtres.

Telle est, dans l'économie de l'univers, le rôle de cette grande fonction chlorophyllienne qui rend la vie possible sur la terre en utilisant l'énergie bienfaisante du soleil.

Malgré de nombreux essais, on n'avait pas réussi à la reproduire artificiellement dans les laboratoires en dehors de la matière vivante.

Sans doute on sait, depuis les mémorables expériences de synthèse exécutées par Marcellin Berthelot vers le second tiers du XIX<sup>e</sup> siècle, que les matières organiques végétales ou animales, si longtemps regardées comme les produits mystérieux de la force vitale, peuvent être fabriquées dans les laboratoires sous l'influence des forces naturelles : la chaleur et l'électricité. Et cette découverte fut un progrès capital.

Mais ces synthèses se font la plupart du temps dans des conditions incompatibles avec la vie : à de hautes températures ; ou bien à l'aide d'agents énergiques, de gaz suffocants, tels que le chlore, d'alcalis caustiques comme la potasse, d'acides corrosifs comme l'acide sulfurique : tous corps qui détruiraient les tissus animaux ou végétaux.

Le laboratoire de la nature est plus simple ; il ne contient ni fourneaux, ni cornues, ni piles électriques, ni réactifs puissants.

La plante construit le merveilleux édifice de ses tissus en s'épanouissant au grand air, sous le rayonnement du soleil.

C'est seulement en 1910 que j'ai réussi, dans mon laboratoire de physique végétale de Meudon, à reproduire les réactions fondamentales de la synthèse chlorophyllienne et cela, en l'absence de chlorophylle et de matière vivante dans des conditions qui rappellent d'une manière frappante celles mêmes de la nature : je veux dire à la température ordinaire, sans l'addition de réactifs étrangers, en mettant simplement en présence les gaz les plus simples et les plus répandus, contenus dans l'air atmosphérique : vapeur d'eau, acide carbonique, gaz ammoniac.

Les combinaisons ne se font pas sous l'influence des anciennes formes d'énergie familières aux chimistes, chaleur ou électricité. Il a fallu employer la même forme d'énergie que la plante utilise, c'est-à-dire la lumière.

Toute la différence c'est que les chimistes se trouvent dans des conditions moins favorables que les plantes pour tirer parti de l'énergie lumineuse. Les plantes, en effet, contiennent des ferments et des matières cellulaires qui agissent comme catalyseurs pour abaisser le potentiel nécessaire aux réactions, ce qui leur permet de remplir leur rôle synthétique avec le concours de l'énergie lumineuse visible, et notamment des radiations jaunes ou

vertes. Nous n'en sommes pas encore là. Peut-être y arriverons-nous plus tard. Certaines expériences que j'ai faites sur l'emploi comme catalyseurs des sels d'uranium permettent de l'espérer.

Mais pour le moment, j'ai réussi à surmonter l'inertie chimique des gaz inorganiques en m'adressant à une forme de lumière plus active que la lumière visible : la lumière ultra-violette, pour invisible qu'elle soit à nos yeux, n'en représente pas moins l'énergie lumineuse sous sa forme la plus noble, la plus quintessenciée, celle qui correspond aux vibrations éthérées les plus rapides, celle dont le potentiel thermodynamique est le plus élevé.

Les rayons ultra-violetés sont connus depuis longtemps ; cachés à nos sens, ils ont été découverts en 1802 par les chimistes, grâce à leur propriété de noircir les sels d'argent.

Les rayons ultra-violetés sont donc moins jeunes qu'on ne l'imagine communément. Seulement ce sont des enfants qui ont mis longtemps à grandir, puisqu'ils ont attendu d'être centenaires pour sortir de la maison paternelle — j'entends du laboratoire des physiciens — et pour faire leur entrée dans le monde sous les auspices des médecins dermatologistes.

Depuis, leurs applications se sont multipliées, et aujourd'hui ils sont devenus presque familiers aux lecteurs des journaux quotidiens.

Je n'oserais dire que cette popularité inattendue soit de très bon aloi. Elle paraît tenir à ce que parmi tous les

rayons découverts au cours de ces dernières années — et vous savez s'ils sont nombreux — rayons alpha, rayons bêta, rayons gamma, rayons canaux, rayons cathodiques, rayons X, rayons de l'uranium, rayons du radium, rayons du thorium, rayons primaires, rayons secondaires, rayons durs, rayons mous, rayons de Röntgen, rayons de Becquerel, — je n'en finirais pas si je voulais les énumérer tous — parmi ces rayons qui brûlent, qui corrodent, qui gangrènent, les rayons ultra-violets ont un privilège ; ils détiennent un record. Et chose plus étonnante à une époque comme la nôtre, où les records vivent le plus souvent ce que vivent les roses, l'espace d'un matin ; c'est un record qui ne semble pas près d'être battu ! Les rayons ultra-violets sont les plus dangereux de tous.

Ils ont une merveilleuse faculté : ils tuent presque instantanément les petites bêtes, les microbes ; qu'il s'agisse du bacille du tétanos ou du vibrion du choléra, l'héliocution ne demande que quelques secondes. C'est là-dessus qu'est fondée la plus importante de leurs applications pratiques : celles qui a pour objet la stérilisation.

En ce qui concerne les grosses bêtes, — l'homme par exemple — l'effet des rayons ultra-violets, pour être moins foudroyant, n'en est pas moins funeste. Il suffit de les regarder un instant à courte distance, pour être atteint, sans parler de brûlures de la peau qui n'offrent pas grand danger, de conjonctivites très douloureuses. Je ne connais encore personne ayant travaillé avec les rayons ultra-violets qui n'ait été victime de ces inconvé-

nients. Pour ma part, j'en ai souffert trois ou quatre fois.

Si la sensation de cuisson de la peau est immédiate, la douleur que l'on ressent aux yeux, et qui est très aiguë, ne commence généralement qu'une douzaine d'heures plus tard. Elle s'atténue d'ailleurs et disparaît en un ou deux jours.

Toutefois, si l'œil restait exposé trop longtemps à courte distance aux sources des rayons ultra-violet, on pourrait devenir aveugle.

Un des premiers explorateurs de ce domaine de la lumière invisible me racontait naguère l'accident survenu à l'un de ses préparateurs qui travaillait à côté d'une lampe à vapeur de mercure. Pour se protéger la vue, il avait mis une paire de lunettes ; cela suffit, car les rayons ultra-violet ne traversent pas le verre. Mais comme, malheureusement pour lui, il n'était pas myope et n'avait pas l'habitude de porter des lunettes, il s'en trouvait gêné, et se penchant sur la lampe, pour mieux voir, il releva instinctivement l'un des deux verres. Tout à coup, le docteur l'entendit pousser un cri sourd. « Qu'avez-vous? lui dit-il. — Je ressens une douleur épouvantable », lui répondit son préparateur. Il avait perdu l'œil. Les rayons ultra-violet venaient de faire leur première victime. Souhaitons que la liste ne s'allonge pas, comme elle le fait tous les jours pour les rayons X.

Je ne pourrais guère, sans dépasser le cadre de cette communication, vous entretenir des propriétés bactéricides des rayons ultra-violet, non plus que de leurs appli-

cations à la stérilisation des liquides tels que l'eau, ni de leur emploi à la guérison de maladies cutanées, telles que le lupus ; je veux simplement envisager leur rôle au point de vue philosophique et faire ressortir le jour que jette leur étude sur le grand problème de l'équilibre entre les trois règnes de la nature. Ce ne sera pas une des moindres originalités des rayons ultra-violetts que d'avoir ressuscité sous une forme nouvelle les vieilles traditions qui voyaient dans le soleil la source de la vie, et d'avoir rajeuni des théories très vénérables, puisqu'elles remontent à Zoroastre.

Les rayons ultra-violetts, engendrés au moyen des lampes en quartz à vapeur de mercure, m'ont permis de reproduire ces actions de synthèse chlorophyllienne, qui, jusqu'ici, présentaient le caractère d'action purement vitales : ce sont les rayons de la mort qui nous guident vers les mystères de la vie.

Paradoxe, diront quelques-uns. Paradoxe plus apparent que réel, penserez-vous avec moi. Les médecins savent depuis longtemps que pour stimuler la vie, il n'est pas de meilleurs agents que les poisons. L'arsenic à haute dose est un toxique redoutable ; à petite dose, c'est le fortifiant par excellence. De même ici, l'action ménagée des rayons ultra-violetts explique l'effet stimulant de ces bains de soleil en faveur aujourd'hui dans les traitements dits de « cure naturelle ».

Sous l'influence de la lumière, dans une série méthodique d'expériences que j'ai poursuivies à Meudon,



j'ai vu se réaliser la formation des principes végétaux.

Quand on expose un mélange de vapeur d'eau et d'acide carbonique aux rayons ultra-violet, le premier effet produit est une double décomposition. En libérant de l'oxygène, l'acide carbonique engendre de l'oxyde de carbone, et la vapeur d'eau engendre de l'hydrogène. Or l'oxyde de carbone est un composé incomplet, qui tend toujours à se saturer ; ils s'unissent aussitôt, sous l'influence des rayons ultra-violet, à l'hydrogène qui se trouve comme lui à l'état naissant, pour engendrer l'aldéhyde formique, le plus simple des hydrates de carbone. Cette aldéhyde formique se condense et se polymérise pour former les sucres, les amidons, les celluloses, matières ternaires fondamentales des tissus végétaux.

On voit avec quelle facilité le sucre, qui est le type des aliments énergétiques pour les animaux, se produit au moyen des gaz contenus dans l'air.

Quand mon père indiqua jadis comme un des buts de la chimie future, la fabrication des aliments, plus d'un fut tenté de ne voir là qu'une simple boutade.

Aujourd'hui, grâce aux rayons ultra-violet nous sommes en possession de procédés, sinon économiques, du moins d'une admirable simplicité théorique et extrêmement voisins de ceux qu'emploie la nature. Comme elle, nous réalisons la synthèse des matières alimentaires par la lumière. Théoriquement, rien n'interdit de penser qu'on pourra remplacer un jour, au moins partiellement, quelques-unes des cultures actuelles, céréales, légumi-

neuses ou betteraves, par des usines à rayons ultra-violet, chargées de fabriquer nos aliments aux dépens des gaz de l'air.

On voit également, comme dans l'expérience de Priestley, l'air humide vicié par la respiration animale se purifier sous l'influence des rayons ultra-violet. L'acide carbonique se décompose ; l'air s'enrichit de nouveau en oxygène. Il est permis d'espérer qu'on trouvera là un moyen purement physique de purifier l'air des sous-marins dans les cas où on ne peut pas le renouveler.

Ce n'est pas tout. A côté des composés ternaires, formés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, se placent les composés quaternaires qui comprennent un quatrième élément, l'azote. Ils forment les substances albuminoïdes dont l'importance capitale vient de ce qu'elles constituent les plus élémentaires des êtres vivants.

Prenons un mélange d'acide carbonique et de gaz ammoniac ; nous avons les deux composés les plus simples qui contiennent les quatre éléments fondamentaux : carbone, oxygène, hydrogène et azote. Exposons ce mélange aux rayons ultra-violet : l'acide carbonique est dissocié comme précédemment, avec formation d'oxyde de carbone, et ce composé incomplet, qui paraît décidément, suivant une vue profonde de Marcellin Berthelot, être la source générale du carbone végétal, s'unit aussitôt au gaz ammoniac de la façon la plus simple, c'est-à-dire à volumes égaux. De cette combinaison résulte l'amide formique, la première et la moins compliquée des matiè-

res quaternaires, le point de départ des matières albuminoïdes ou protéiques, fondement du protoplasma et de la matière vivante.

Ainsi est démontrée la nature purement physique d'une série de phénomènes qui naguère apparaissaient encore comme un privilège de la vie.

A côté des vieilles formes d'énergie utilisées dans les laboratoires, la chaleur et l'électricité, nous voyons apparaître une nouvelle forme d'énergie, plus redoutable à la fois et plus subtile : l'énergie radiante.

Comment son importance nous surprendrait-elle? C'est celle même dont la nature se sert pour transporter la force à travers les mondes, pour la mettre en réserve au cours des siècles, et pour maintenir l'équilibre des trois règnes sur notre planète.

La raison profonde de l'efficacité des rayons ultra-violets paraît être leur fréquence vibratoire extrêmement élevée qui dépasse même celle du soleil.

Nous disposons désormais de foyers radiants dont l'énergie est de qualité supérieure à celle de ce foyer solaire dans lequel la science moderne, d'accord avec les religions primitives et les plus anciennes traditions de l'humanité, voit la source de la vie. Est-il dès lors téméraire d'espérer qu'un jour viendra, où, plus heureux que Prométhée, nos descendants déroberont au feu le secret de la vie?



VERIFICAT  
2007

## TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Les ondes invisibles. . . . .	7
L'Institut Pasteur de 1888 à 1913 . . . . .	17
Le centenaire des découvertes d'Ampère . . . . .	33
La vie d'un savant : Gabriel Lippmann . . . . .	43
Les accidents d'aviation . . . . .	89
Les précurseurs de l'aviation en France. . . . .	105
Les grands fléaux sociaux et le monde moderne . . . . .	123
Les théories physiques et les explications mécaniques de l'Univers . . . . .	139
La physique et la métaphysique des théories d'Einstein. . . . .	155
Les mécanismes biologiques et les phénomènes élec- triques . . . . .	181
Une usine électrique de cent mille chevaux . . . . .	197
Les rayons ultra-violetes et les actions vitales . . . . .	209

VERIFICAT  
1987

---

MAYENNE, IMPRIMERIE FLOCH



VERIFICAT  
2017