

INAUGURATION DU MONUMENT

ÉLEVÉ à LA MÉMOIRE DE

LOUIS-PAUL CAILLETET

AUX FORGES DE CHÊNECIÈRES, Côte d'Or,

le dimanche 7 juillet 1957.

ALLOCUTION DE M. PIERRE CHEVENARD

Membre de l'Académie des sciences.

Il y a environ deux ans, j'avais le privilège d'assister à une cérémonie offrant quelque analogie avec celle qui nous réunit en ce moment à Saint-Marc-sur-Seine. Le Conseil et la Direction de la Société Commentry-Fourchambault et Decazeville en célébraient le centenaire; elles tiraient une légitime fierté des résultats techniques exceptionnels, obtenus au cours des cinquante dernières années, grâce à l'emploi des méthodes scientifiques d'élaboration et de contrôle en sidérurgie. Ces brillants résultats étaient dûs, en grande partie, à l'œuvre d'un illustre savant, Charles-Édouard Guillaume, suisse

d'origine, mais français de cœur et se recommandant de la culture française.

Aujourd'hui encore, m'échoit semblable faveur. A la demande expresse de votre président M. Roger Seytre, la Société Nouvelle des Forges de Chênecières a bien voulu inviter l'Académie des Sciences à désigner l'un de ses membres pour assister aux cérémonies d'aujourd'hui et vous exposer, en quelques mots, l'œuvre admirable et féconde de Louis-Paul Cailletet. Avant tout, laissez-moi vous dire combien ce choix m'honore, et combien je suis reconnaissant à M. le Président Seytre de son fort aimable accueil. Qu'il sache combien je lui sais gré de l'occasion émouvante qu'il me procure de parler de l'illustre savant bourguignon, dans les lieux mêmes qui virent éclore, germer et mûrir son œuvre inoubliable.

De 1905 à 1907, cette œuvre a tenu une large place dans les préoccupations de mon adolescence. Les propriétés des gaz et des vapeurs occupaient alors une place considérable dans le programme des Mathématiques spéciales, sur lequel je devais être interrogé dans mon concours d'admission à l'École des mines de Saint-Étienne. Mon professeur, l'excellent frère René, qui avait quitté l'École des Frères de Dijon pour le Cours préparatoire dit « des Anglais » à Lyon, professait un culte quasi-idolâtre pour Cailletet. Quiconque avait accueilli avec tiédeur ses découvertes devenait suspect d'esprit critique indigent. L'anecdote relative aux prétentions de Sigismond de Wroblezky nous avait sans doute été rapportée de manière un peu partielle. Quand au frère René, il possédait des trucs infailibles pour faire rebondir, auprès d'un examinateur, une question quelle qu'en fut l'origine et qu'avait clarifiée et développée Cailletet, et procurer ainsi à l'astucieux candidat, quelques points supplémentaires. Bref, que le frère René eût réellement connu le grand physicien ou non, je lui sais beaucoup de gré de m'avoir procuré l'avantage de l'avoir presque connu, tellement son enseignement nous le montrait vivant et actif.

Cette faveur de la connaissance personnelle que j'ai longuement appréciée avec mon bon maître Ch. - Ed. Guillaume, ne concerne pas

seulement l'importance de ses découvertes. Elle consiste surtout dans la méthode générale de travail et d'études, si on parvient à la dégager : poser clairement les problèmes, leur affecter des méthodes expérimentales appropriées, des techniques judicieuses des appareils habilement conçus, des méthodes d'élaboration quantitatives, des procédés de calculs opportuns, etc.. C'est, à défaut d'une documentation certaine, un instinct sûr, une prescience que telle ou telle voie s'annonce féconde. C'est la divination de Fayol, autorisant d'emblée les expériences demandées aux Aciéries d'Imphy par Ch.-Ed. Guillaume pour explorer la voie ouverte par la mémorable trouvaille de l'« invar ».

Il est à peine besoin de dire combien sont grands les risques de s'égarer en suivant cette marche aventureuse, les chances de voir trop grand, trop petit ou faux. Cette vue juste de l'avenir est l'apanage des grands chefs. Quand elle prescrit de continuer une œuvre, de la poursuivre au-delà même de ce qu'a prévu l'initiateur, il s'agit presque toujours d'un cas exceptionnel, rarissime même.

Malgré les apparences, les découvertes sidérurgiques de Cailletet n'appartiennent pas à cette catégorie. La métallurgie du fer, d'un caractère exceptionnel dû à l'infusibilité pratique du métal, quand il est suffisamment pur, conduisit pendant longtemps à persévérer dans la voie empirique du fer puddlé, purifié par un procédé qui, donnant le métal à l'état solide, obligeait à l'agglomérer par cinglage, martelage et laminage. Les progrès résultaient, comme le rappelle Henry Le Chatelier, d'une série de petites découvertes mineures, estimables certes et même rentables, mais seulement partielles. La découverte majeure a été celle qui a permis d'obtenir le fer liquide en masses importantes, tout en assurant la pureté et l'ensemble des qualités mécaniques et chimiques du métal.

Cailletet avait trop de bon sens pour ne pas s'apercevoir que ce problème, *essentiel par sa portée*, mais très difficile à résoudre dans sa généralité, était posé trop tôt au temps de Chênecières. La solution en était réservée à Pierre-Émile Martin, petit-fils de Dufaut,

mémorable fondateur des Forges de Fourchambault, grâce au four à chaleur régénérée de Siemens. Cet engin, né aux Forges de Montluçon, puis utilisé à Sireuil (Charente), était devenu le four « Martin » dont devait profiter si largement le jeune émule de Cailletet, Ch.-Ed. Guillaume.

Cailletet montra pourtant, par une de ses premières notes à l'Académie, consacrée à la sidérurgie du fer exempt de force coercitive, et publiée, il y a exactement un siècle (le 15 juin 1857), l'intérêt qu'il portait à ces problèmes. Mais il eut la sagesse de ne pas se lancer prématurément dans une sidérurgie trop en avance sur les techniques, les procédés, les matériaux de son époque, et de choisir comme sujet de recherche, *un de ces problèmes incontestablement utiles à résoudre que son génie lui faisait pressentir comme susceptible d'être vaincu par ses efforts.*

C'est donc de propos délibéré, et non pas dilettantisme qu'*aux Forges de Chênecières*, Louis-Paul Cailletet choisit comme problème-clef, *la liquéfaction des gaz réfractaires*. Il le savait essentiel pour la science; pour l'harmonie des lois de la philosophie naturelle, les savants avaient le devoir de biffer de la liste des corps gazeux simples ou composés, les « gaz permanents » ces rebelles à des lois qui devenaient de jour en jour plus générales. Le problème était sans doute difficile: mais il n'était pas absurde. Et l'aborder ne s'apparentait pas à la légendaire tentative des Titans entreprenant d'escalader l'Olympe.

Cailletet savait par de nombreuses expériences que la détente après compression procurait une source de froid intense. Il avait donc à proposer à son problème une solution réelle, dont il restait sans doute à définir les modalités, mais à laquelle il présentait que les puissantes ressources mécaniques et humaines offertes par ses usines de Chênecières apporteraient la plus efficace contribution.

En d'autres termes, le problème-clef choisi par Cailletet était de ceux qu'il pouvait aborder avec plus de chance de rencontrer le succès, la plus haute probabilité de gloire. Vous me pardonnerez de ne

pas faire allusion à la rentabilité: Cailletet était de cette génération de savants pour qui le désintéressement pécuniaire était un impératif absolu. Avait-il tort? D'autres savants ont eu la même attitude et cela restera leur plus beau motif de gloire, leur titre le plus enviable à la gratitude de l'humanité.

*
* *

Louis-Paul Cailletet est né à Châtillon-sur-Seine, le 21 septembre 1832. Il a commencé ses études au Collège de Châtillon, qui s'honore de conserver ses appareils; il les a continuées au Lycée Henri IV à Paris; puis il a suivi pendant un an, comme auditeur libre, les cours de l'École des Mines de Paris.

Son père le rappelle de bonne heure à Châtillon pour le seconder dans la direction des Forges de Chênedières et de Villotte. La réalité quotidienne lui pose ses premiers problèmes et son esprit inventif apporte d'emblée des solutions originales. Ainsi, en 1856, le Bulletin de l'Industrie minérale publie une étude sur le puddlage du fer au gaz et décrit un « appareil très ingénieux de M. Cailletet », permettant d'utiliser toutes les sources de chaleur qui sont contenues dans le bois.

Un problème l'intrigue: les tôles sortant du laminoir de Chênedières montrent parfois des soufflures étranges. Louis-Paul Cailletet prouve que ces cloques ou « bouilles » sont provoquées par des gaz qui traversent le métal à haute température. En 1864, le jeune savant analyse le phénomène dans une note à l'Académie des Sciences. L'étude de la perméabilité des métaux par les gaz le conduit à s'intéresser à l'influence de la pression sur des phénomènes chimiques. Il crée ainsi, suivant le mot de son maître, devenu bientôt son ami, puis son confrère, Sainte-Claire Deville, une chimie nouvelle, celle des « hautes pressions ».

De 1870 à 1877, Louis-Paul Cailletet étudie, selon une méthode originale et avec un matériel nouveau, la compressibilité des gaz sous

hautes pressions, l'influence de la pression sur les combustions, sur l'acide carbonique liquide obtenu en comprimant le gaz. Pour la poursuite de ses travaux, il lui faut un matériel approprié et notamment des manomètres permettant de mesurer des pressions élevées. Dans une note du 8 janvier 1877, Cailletet décrit celui qu'il a installé sur un coteau proche de Châtillon-sur-Seine, prototype de celui qu'il fera descendre dans le puits artésien de la Butte-aux-Cailles à Paris, et celui qui utilisera, comme support, la jeune Tour Eiffel en 1891. Les hautes pressions obtenues permettent de montrer le caractère approximatif de la loi de Mariotte, son inexactitude même aux très hautes pressions.

A la fin de l'année 1877, les découvertes se précipitent: après avoir liquéfié l'anhydride carbonique par l'action de la pression seule, c'est le tour de l'acétylène (5 novembre 1877). Puis, c'est la *découverte essentielle*. Le 26 novembre 1877, Marcelin Berthelot reçut la lettre suivante de Cailletet: « Je viens de liquéfier le bioxyde d'azote « en le comprimant à 104 atmosphères, la température étant de -11° . « A $+8^{\circ}$, le bioxyde est encore gazeux sous la pression de 270 atmosphères.

« Le formène pur, comprimé à 180 atmosphères, donne naissance, « lorsque la pression vient de diminuer brusquement, à un brouillard « tout pareil à celui qui se produit lorsqu'on diminue tout d'un coup « la pression exercée sur l'acide carbonique liquide: ce phénomène « me fait espérer de réaliser aussi la liquéfaction du formène ».

Marcelin Berthelot répondit: « Vous me pardonnerez sans doute, « mais j'ai été si heureux de votre succès que je l'ai annoncé aussitôt à l'Académie, en insérant dans les Comptes rendus, les quelques lignes que vous m'écriviez ce matin.

« Je suis maintenant convaincu que vous allez liquéfier l'oxygène « et l'oxyde de carbone en refroidissant votre tube et sans avoir besoin de dépasser 200 atmosphères. Si je n'étais attaché à Paris par trop de liens, je courrais à Châtillon assister à la liquéfaction de l'oxygène, succès qui est dû à votre persistance et à votre amour de la science ».

Dans les commentaires qui, à la séance de l'Académie du 26 novembre 1877 accompagnèrent la lecture de la lettre de Cailletet, Berthelot souligna l'importance exceptionnelle de la découverte de votre compatriote : abaissant considérablement la température par la détente, faisant agir de fortes pressions, Cailletet devait, au témoignage de Berthelot, dépasser pour les gaz non encore liquéfiés et dits pour cela « incoercibles » ou « permanents » le point critique mis en évidence par le physicien anglais Andrews.

Et, en effet, le 2 décembre 1877, à Châtillon-sur-Seine, Cailletet liquéfiait l'oxygène — plus exactement, voyait apparaître dans le tube un brouillard très dense. Le 16 décembre, il refait l'expérience au laboratoire de l'École Normale, au milieu du cercle d'amis qui se réunissaient le dimanche chez Sainte-Claire Deville. Le 24 décembre, une note à l'Académie précisait les résultats obtenus.

Or, en même temps, mais par des procédés tout différents, le physicien genevois, Raoul Pictet, obtenait le même résultat. Il n'y eut pas la moindre rivalité entre les deux savants : c'est en termes chaleureux que Pictet écrivit à Cailletet, le 19 janvier 1878, pour le féliciter de la simplicité des moyens mis en œuvre et pour reconnaître l'antériorité de sa découverte ; bien plus, de passage à Paris, il vit aux établissements Ducretet la machine de Cailletet et l'admira si fort qu'il désira en posséder une, dès que le modèle serait devenu définitif. La Royal Society de Londres partagea entre les deux savants la médaille Davy, une des plus hautes récompenses que puisse recevoir un physicien et, au banquet du 30 novembre 1878, à Londres, le savant français remercia en son nom et au nom de son collègue suisse empêché par la maladie.

Cette découverte géniale ne semble pas avoir été un aboutissement, mais un point de départ : nombreuses sont les notes qui, dans les années suivantes, sont consacrées à la liquéfaction des gaz ou à la densité des gaz liquéfiés. Poursuivant l'étude du comportement des gaz au voisinage du point critique, il perfectionne sa méthode de liquéfaction des gaz et il parvient à obtenir de l'air liquide en quantité suffisante pour être conservé dans un vase Dewar-d'Arsonval, vulgairement connu sous le nom de « bouteille Thermos ».

Passant de l'étude des fortes pressions à celle des très basses, Cailletet se préoccupe des conditions de vie en haute altitude et il invente, en 1901, un masque permettant d'y vivre grâce à l'inhalation d'oxygène. La jeune Société l'Aéro-Club de France, voyant aussi en lui le savant qui avait étudié les possibilités de sustentation des plus lourds que l'air, lui demanda d'être son président: malgré son âge, Cailletet en resta le président jusqu'à la veille de sa mort.

Louis-Paul Cailletet mourut à Paris le 5 janvier 1913. Les journaux du monde entier relatent l'émotion du monde savant et du public cultivé à cette disparition. Il fut inhumé à Châtillon-sur-Seine, le 10 janvier 1913, dans cette terre bourguignonne, dont il avait tant reçu et à laquelle il a tant rendu.

*
* *

Si sommaire soit-il, ce tableau de l'œuvre de Cailletet suffira peut-être à mettre en lumière les qualités exceptionnelles, intellectuelles et morales de l'illustre savant.

Son érudition est immense. Le premier sans doute, il devine la portée des idées d'Andrews sur la notion de température critique. Cette dernière barrière, quelque forte que soit la pression, ne permet pas d'obtenir un gaz à l'état liquide par simple condensation, *tant que la température dépasse la valeur critique.*

En présence de résultats inattendus, cette érudition lui fournit une vision d'une acuité singulière pour le guider vers d'utiles et parfois définitifs rapprochements. La notion de point critique lui apparaît lumineuse le jour où, la rupture d'un robinet ayant entraîné une brusque détente d'un gaz fortement comprimé, l'apparition d'un brouillard qui, sans cette rupture, fût demeuré invisible, prouvait l'efficacité de la détente pour déterminer le refroidissement indispensable. Ainsi, son esprit critique aigu faisait concourir le moindre incident de caractère expérimental au progrès de ses travaux.

Ses vastes connaissances et son sens expérimental lui fournissent une sorte de prescience des solutions élégantes propres à résoudre

les problèmes les plus variés et à déjouer les écueils. Il est à remarquer que, alors qu'il se mouvait dans le domaine tout nouveau des hautes pressions, Cailletet n'a jamais eu à enregistrer un seul accident grave pour ses collaborateurs et pour lui-même.

Et pourtant le danger n'est pas imaginaire: il suffit de rappeler l'expérience classique de la liquéfaction de l'acétylène par simple compression à la température ordinaire. Car l'acétylène, tout comme l'ozone et les autres corps fortement endothermiques, est *un véritable explosif*. Georges Claude s'en est aperçu quand il crut résoudre aisément, grâce à la liquéfaction facile, le problème du transport industriel de l'acétylène. Le célèbre inventeur qui a maintes fois proclamé sa dette en faveur de Cailletet, obtint le résultat par un autre procédé pratique: la dissolution sous pression de l'acétylène dans l'acétone.

Et pendant que j'évoque les risques d'accident, il me sera sans doute permis de rappeler une expérience de Georges Claude, dont j'ai été témoin en 1912, pour expliquer l'explosion d'un liquéfacteur à air liquide où avaient fini par s'accumuler des traces d'ozone et d'acétylène, l'un et l'autre solidifiés et formant un mélange explosif.

Cette sécurité, révélée par l'ensemble des travaux de Cailletet, montre que la hardiesse expérimentale, devant laquelle ne doit jamais hésiter un chercheur digne de ce nom, doit s'allier avec l'instinct le plus aigu de la prudence: tant il est vrai que le courage n'est pas témérité.

Le constant succès de Cailletet et la sécurité de ses travaux ont souvent fait insinuer qu'il devait beaucoup à la chance. Semblable objection a été souvent adressée aux plus célèbres expérimentateurs. Mais, observe malicieusement Ch.-Ed. Guillaume, à qui semblable insinuation a été aussi adressée avec quelque lourdeur par un groupe de savants allemands, ambitieux de récolter les résultats présomés surprenants d'une prospection systématique des ferronickels, rangés par ordre de leurs dilatibilités, il reste à expliquer « pourquoi ce sont toujours les mêmes qui ont de la chance ».

*
* *

En louant le désintéressement pécuniaire de Cailletet, j'ai rappelé ses idées, partagées d'ailleurs par un très grand nombre d'authentiques savants, sur la recherche d'un profit matériel. Cailletet, dans ce domaine, poussait la délicatesse encore plus loin puisqu'il allait jusqu'à sacrifier, non seulement les chances de bénéfice pécuniaire, mais la probabilité d'un profit moral, à quoi généralement les savants tiennent le plus.

Si Cailletet, qui avait obtenu l'oxygène liquide le 16 décembre 1877, n'en a parlé que le 24 décembre à l'Académie, c'est par un scrupule probablement excessif de délicatesse: il ne voulait pas faire pression sur l'opinion de l'Académie appelée à apprécier, le lendemain 17 décembre, ses titres à être élu correspondant. C'est avec des larmes dans la voix, que Sainte-Claire Deville révéla ce trait à ses élèves de la Sorbonne, au milieu d'un tonnerre d'applaudissement.

La valeur d'une œuvre telle que celle de Cailletet a pour mesure sa fécondité comme moyen de prévision pour de nouveaux résultats, de nouvelles découvertes: l'arbre se juge à ses fruits. La liquéfaction de l'hydrogène, tenu pendant longtemps pour le plus permanent des gaz, prouve avec évidence la haute qualité de cette œuvre quant à l'aptitude à la généralisation féconde. Sans doute, était-il réservé à l'école hollandaise, animée principalement par l'illustre Kamerlingh Onnes de récolter à peu près toutes nos connaissances sur le dernier des gaz permanents: l'hélium.

Tout est étrange dans l'histoire de ce gaz très rare. Sa découverte par spectroscopie dans le soleil, avant qu'il fût possible de l'expérimenter dans les laboratoires, l'existence d'une transformation allotropique à l'état gazeux, seul exemple d'un tel changement d'état en phases liquides, sont des découvertes inattendues bien postérieures aux expériences de Cailletet. Mais il est indiscutable que le mouvement prodigieux d'idées qui s'est greffé sur l'œuvre expérimentale

de notre savant, comporte aussi une large part d'importance dans les mérites et la fécondité de ceux qui ont entrepris de prolonger son œuvre, grâce à l'existence totalement imprévue de l'hélium.

De même, le procédé le plus puissant pour obtenir les très basses températures, c'est-à-dire la désaimantation adiabatique imaginée par de Haas, des corps paramagnétiques, est une transposition en quelque sorte directe de la détente mécanique imaginée par Cailletet.

*
* *

Ce qui précède apparaîtra comme un enchaînement d'idées dont la solidité, comme celle de toute chaîne, est celle du maillon le plus faible. Ce n'est pas à M. Seytre et à ses collaborateurs qui produisent avec une sécurité totale dont nous venons d'être les témoins admiratifs — les chaînes les plus fines et les plus résistantes — qu'il faut apprendre les avantages du travail méthodique et du contrôle scientifique.

Par sa volonté de se relier à un prestigieux passé, symbolisé par le grand nom de Louis-Paul Cailletet, la Société nouvelle des Forges de Chênecières trouvera, nous le souhaitons de grand cœur, une prospérité qui formera, dans cette longue chaîne, un des plus robustes et des plus vigoureux maillons.