

SÉANCE SOLENNELLE

A LA MÉMOIRE

DE

HENRY LE CHATELIER

Membre de la section de chimie de l'Académie des sciences,

A LA SORBONNE,

le samedi 24 avril 1937.

ALLOCUTION DE M. JEAN PERRIN

Membre de l'Académie des sciences.

Sous-Secrétaire d'État à la Recherche scientifique,

AU NOM DU GOUVERNEMENT.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,

MESDAMES,

MESSIEURS,

J'ai le très grand honneur d'ouvrir la Séance solennelle de commémoration du grand Henry Le^{ch}Chatelier, non pas comme physicien ou comme chimiste, mais comme membre d'un Gouvernement qui, précisément, a prouvé sa profonde compréhension du rôle social de la

Science en décidant, ce qui n'avait jamais eu lieu dans aucun pays, que cette Science serait représentée dans ses Conseils.

De ce point de vue j'ai, sans doute, surtout à dégager ce qui, dans l'organisation de la Recherche scientifique, peut être suggéré par l'exemple de la belle carrière d'Henry Le Chatelier. Et je n'ai pas à rappeler avec détail les titres glorieux que ce grand chercheur s'est acquis à l'admiration universelle dans une étonnante multitude de domaines, soit en Science appliquée par ses découvertes sur les explosifs, les ciments, la métallurgie, soit en Science pure par ses réflexions profondes sur les lois de l'équilibre chimique; titres qui vous seront expliqués dans quelques instants par les orateurs qui vont se succéder.

Presque tous ici vous avez connu Henry Le Chatelier. Vous avez présente à la mémoire sa fière et droite silhouette, haute et ferme comme celle d'un soldat.

Et, en effet, il était combatif, délibérément, et il tenait à s'affirmer comme partisan fervent des principes ou des méthodes qui lui valaient des succès éclatants et qu'il croyait en conséquence devoir se généraliser.

En ce sens, deux points de sa philosophie peuvent être particulièrement signalés :

Il est, vous le savez, des investigateurs de la Nature qui ne se contentent pas d'utiliser ce qu'elle livre directement à nos sens en dehors de toute hypothèse, mais qui cherchent à deviner au travers de cette apparence des réalités cachées, des structures subtiles dont l'intuition les aidera à comprendre ce que nous pouvons voir ou toucher. Il en est d'autres, comme Galilée, comme Sadi-Carnot, comme Lavoisier, comme précisément Le Chatelier, qui se refusent à toute hypothèse de ce genre, à laquelle volontiers ils trouveraient une manière d'improbité. Mais pourrons-nous cesser d'admirer Lavoisier parce qu'il a établi l'existence des corps simples sans penser « en atomes », ou Sadi-Carnot parce qu'il a compris le premier qu'un phénomène spontané ne peut se renverser spontanément sans qu'il

ait vu dans ce principe la conséquence nécessaire d'une agitation moléculaire inaccessible à nos sens ?

La grandeur même de ces noms que j'évoque montre, au reste, l'admiration que j'éprouve avec vous tous pour celui qui a su comprendre parmi les premiers les lois des réactions chimiques, mais enfin vous ne serez pas étonnés que je tienne à dire que même ces triomphes ne peuvent faire oublier ceux que nous devons aux conceptions fines de la Matière ou de la Lumière.

Une autre doctrine de Le Chatelier, plus importante peut-être à notre point de vue, est celle qui se rapporte aux voies dans lesquelles il convient de lancer la Recherche. Il protestait avec énergie contre la Recherche qui n'est pas guidée par des problèmes posés d'un point de vue pratique. Ici encore, tout en reconnaissant l'importance immense de la Science appliquée, je crois devoir faire des réserves quant à la généralité des directives proposées par Le Chatelier et je dois maintenir, malgré toute son autorité, que si la Science appliquée doit, en effet, prendre toute l'ampleur qu'il désirait, c'est pourtant de la Science pure, poursuivie sans préoccupations d'utilité, que jaillissent toujours même les résultats pratiques les plus utiles. S'il est vrai que les désirs d'améliorer l'éclairage aient conduit aux immortels travaux de Lavoisier sur la combustion, c'est de la découverte des propriétés des courants qu'a jailli en définitive toute l'industrie de notre éclairage moderne. De même, ce n'est pas en se posant le problème du transport de la Force qu'Ampère ou Faraday auraient pu trouver l'électro-magnétisme ou l'induction, dont la connaissance permettait aussitôt les inventions et les techniques, grâce auxquelles aujourd'hui nous transportons cette force; de même encore ce n'est à coup sûr, pas en cherchant à déterminer la position des projectiles dans le corps qu'on eût pu découvrir les rayons X qui résolvent d'un coup ce problème.

Sans doute, il n'est pas nécessaire que je multiplie ces exemples, mais l'exagération même d'une doctrine excessive soutenait sans doute Le Chatelier dans l'admirable effort qui lui a permis de créer

de nouvelles branches de la Science appliquée et qui, lors de son cinquantième anniversaire, lui a valu l'hommage de tous les techniciens du Monde.

L'ampleur de cet hommage montre assez combien il eût été facile à Le Chatelier de tirer, de façon légale, d'immenses profits de ses travaux, mais lui qui estimait que la Science ne doit pas être désintéressée, nous a montré par son exemple combien il estimait que le savant doit l'être. Cette rigidité, cette haute probité qui est à l'honnêteté ordinaire ce que la délicatesse et l'honneur sont par rapport au sentiment banal du devoir, nous la saluons aujourd'hui en célébrant sa mémoire.

On a dit quelquefois, et pas toujours sans apparence d'arguments, que la France ne sait pas récompenser ceux auxquels elle doit, pour une large part, et sa richesse, et ce qui est plus encore, sa grandeur intellectuelle et son prestige. Du moins, la solennité même de cette Séance nous montre le désir du Pays de ne pas commettre une telle injustice et j'ai des raisons d'espérer que de plus en plus, et grâce à une organisation améliorée, nous saurons édifier le Panthéon intellectuel que la Patrie reconnaissante doit à ses grands Hommes.

LES IDÉES DIRECTRICES ET L'ŒUVRE DE LE CHATELIER

PAR

M. GEORGES CHARPY

Membre de l'Académie des Sciences.

Professeur à l'École polytechnique.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,
MESSIEURS LES MINISTRES ⁽¹⁾,
MESDAMES,
MESSIEURS,

Si je suis appelé à prendre la parole au début de cette réunion, consacrée à la glorification de l'œuvre d'Henry Le Chatelier, c'est sans doute parce que je suis l'un des plus anciens, sinon le plus ancien de ses disciples. Depuis plus de cinquante ans, j'ai toujours été en relations directes avec lui, suivant constamment le développement de ses travaux dont j'ai eu souvent à appliquer les résultats dès leur apparition, dans ma carrière personnelle, qui a toujours été orientée suivant ses directives. Je suis donc en bonne position pour avoir une vue d'ensemble sur le développement de cette belle existence, et aussi désireux qu'on peut l'être de contribuer à rendre au Maître disparu les honneurs qui lui sont dus.

Pour un savant qui a apporté de si importantes contributions à de si nombreux chapitres de la Science, il a paru que la louange la plus significative serait obtenue si un certain nombre de ses disciples venaient rappeler les résultats les plus marquants de ses recherches, sans prétendre en faire un exposé complet, sans s'écarter de la forme

⁽¹⁾ M. Jean Perrin, Sous-Secrétaire d'État à la Recherche scientifique et M. Paul Ramadier, Sous-Secrétaire d'État des Mines, de l'Électricité et des Combustibles liquides.

simple et condensée qui lui était habituelle. La tâche qui m'est échuë dans cet hommage collectif consiste à mettre en évidence le lien qui rattache les uns aux autres les différents apports à la technique ou à la science que viendront vous exposer tour à tour les spécialistes les plus autorisés, à résumer, par conséquent, ce qui a été appelé les «idées directrices» de l'œuvre de Henry Le Chatelier.

*
* *

La difficulté est moins grande qu'on ne pouvait le craindre. En effet, Henry Le Chatelier a bien eu, dès ses débuts, des idées directrices, auxquelles il s'est constamment référé, ce qui n'est pas un cas très général; de plus, il les a explicitées à diverses reprises en un exposé constamment remanié et perfectionné. On les voit ainsi se grouper d'abord en une *méthode* destinée à diriger l'exécution de l'œuvre à faire, puis se constituer peu à peu en un *système*, explication et conclusion de l'ensemble de l'œuvre accomplie.

La méthode dont je viens de parler a été constituée à peu près exclusivement par des préceptes empruntés à Descartes, à Claude Bernard et à Taine, seuls noms d'auteurs constamment répétés dans les écrits d'Henry Le Chatelier, qui s'efforce de les compléter l'un par l'autre. L'application du principe de division de Descartes reste bien pour lui la première étape de la création scientifique, par la recherche et l'énumération complète de tous les facteurs élémentaires d'un phénomène donné, mais les difficultés pratiques que laisse subsister cette manière de faire doivent être corrigées dans une seconde étape, en déterminant le degré d'importance relative de chacun des facteurs élémentaires ainsi reconnus, c'est-à-dire, suivant l'expression de Taine, le degré de bienfaisance de chacun d'eux, et surtout, le *caractère dominateur* de quelques-uns. Cette préoccupation incessante de la recherche du facteur dominateur est, pour Henry Le Chatelier, la caractéristique essentielle des hommes de bon sens et de réflexion qui continuent l'œuvre commencée par les inventeurs.

La recherche méthodique des lois naturelles n'est d'ailleurs possible qu'en se référant constamment à l'idée longuement développée.

dans les écrits de Taine et de Claude Bernard, de l'inéluclabilité de ces lois, la foi dans le *déterminisme* scientifique. Henry Le Chatelier est revenu, dans la plupart de ses publications, sur ce point dont il souligne l'importance, capitale à ses yeux. «Nier le déterminisme, c'est nier la science», écrit-il; et aussi: «Si l'on ne croit pas à l'existence, à la nécessité des lois naturelles, si l'on n'est pas déterministe, il ne faut pas faire de Science; chacun son métier.»

Ces principes sont bien simples, bien faciles à énoncer; mais ils sont, en fait, bien rarement appliqués. C'est pourquoi, sans doute, Henry Le Chatelier a cherché à leur donner une forme plus systématique, qu'il a concrétisée dans la notion de *Science industrielle*, à laquelle il semble que l'on a souvent donné une interprétation erronée.

Sans doute, Henry Le Chatelier a voulu, en premier lieu, protester contre la tendance, bien affaiblie aujourd'hui, mais très accentuée il y a quarante ans dans certains milieux scientifiques, à considérer comme méprisable la recherche des applications pratiques des progrès de la Science et à ranger dans une catégorie supérieure les travaux scientifiques dont on ne peut prévoir aucune utilisation. Il a, entre autres citations, reproduit à plusieurs reprises la phrase ci-dessous, extraite d'un opuscule publié par un savant célèbre: «Ce qui caractérise tous les savants quels qu'ils soient, c'est qu'ils ne travaillent pas pour aboutir par leurs travaux à une conclusion pratique; ils ne mêlent pas l'application à la théorie.» Mais ce n'est pas par simple goût de la polémique qu'Henry Le Chatelier a répondu à maintes reprises par des déclarations telles que la suivante: «La fusion de la théorie et de la pratique doit aujourd'hui être la préoccupation dominante de tous ceux qui s'intéressent tant au progrès de la science qu'à celui de l'industrie.» Cette assertion se trouve immédiatement motivée par l'argumentation suivante dont on ne peut contester le caractère général: «Faute d'une telle collaboration, la Science privée de tout contrôle effectif, se perd en vaines imaginations, et l'industrie, privée d'une direction précise, s'immobilise dans des tâtonnements

empiriques sans issue.» C'est une idée qui avait déjà été exprimée à diverses reprises et notamment par Taine, quand il déclarait: « La pratique impose à la Science la certitude et l'exactitude, parce que la pratique est impossible quand elle n'a pour appui que des conjectures et des à peu près. »

On peut donc dire que ce que Le Chatelier voulait recommander, c'était de faire dans toutes les recherches scientifiques la vérification par une application des résultats obtenus, vérification qui s'impose d'elle-même dans toutes les opérations d'ordre industriel. C'est ce qu'il exprimait aussi quand il disait que les Sciences pures sont analytique, tandis que les Sciences appliquées sont synthétiques. Peut-être même voulait-il aller encore plus loin, et en appuyant par un exemple, même avec un peu d'exagération, sur cette idée que la connaissance des lois naturelles est le but *ultime* et *exclusif* de la Science, marquer indirectement sa protestation contre les vues plus ambitieuses de certaines écoles scientifiques.

En tout cas, il est certainement inexact de considérer que Le Chatelier ne se préoccupait que des applications pratiques de la Science. Loin de proscrire le culte des idées générales, il voulait, au contraire, en faire la base exclusive de la pratique industrielle la plus courante.

*
* *

Les idées dont on vient de résumer l'essentiel ont servi de guide à Henry Le Chatelier, d'une part dans l'exécution de ses travaux de recherches et, d'autre part, dans la fixation de ses opinions sur les doctrines chimiques et l'orientation donnée à son enseignement.

L'importance des résultats obtenus par Henry Le Chatelier dès ses débuts dans la recherche scientifique est le meilleur argument que l'on puisse invoquer en faveur de sa méthode de travail. Ces résultats vous seront exposés tout à l'heure; je ne retiendrai ici que ceux relatifs à un sujet qui me semble devoir être classé en toute première ligne, la mesure des températures élevées.

L'exposé de la marche suivie par Henry Le Chatelier dans la recherche d'un pyromètre fait bien ressortir l'emploi d'une méthode

impeccable, attaquant toutes les parties de la question les unes après les autres, et conduisant, pour chacune d'elles, à la solution convenable. La récompense de cet effort a été magnifique; un problème dont l'importance capitale était universellement reconnue, et au sujet duquel on n'avait absolument rien obtenu jusque-là, a été résolu d'une façon complète et avec une telle perfection qu'à l'heure actuelle la solution reste intacte et n'a pas été dépassée. Les conséquences ont été considérables et beaucoup ont été développées par l'auteur lui-même. Du côté de la Science pure, on obtenait l'extension à tout le domaine des températures réalisables, des techniques minutieusement établies pour les basses températures et qui, jusque là, n'étaient plus susceptibles d'expression numérique dès qu'on chauffait jusqu'au « rouge ». En Chimie, c'était la possibilité de sortir de la région des faux équilibres, d'étudier, par suite, des réactions dans lesquelles l'équilibre chimique s'établissait rapidement et facilement, et de confronter avec l'expérience les déductions de la théorie. En industrie, c'était le moyen de contrôler les conditions du chauffage lui-même et des nombreuses fabrications qui nécessitent l'emploi des hautes températures, en métallurgie, en verrerie, en céramique, etc... Du même coup, la pratique de tous ces « Arts du feu » perdait le caractère un peu mystérieux qu'elle avait conservé jusqu'alors et devenait justiciable de la science de l'ingénieur et de l'étude méthodiquement dirigée.

Quand, fort de ses premiers succès, Henry Le Chatelier voulut faire état de ses idées dans les discussions des Sociétés scientifiques et les introduire dans l'enseignement, il se heurta à une opposition qui fut, à certains moments, très violente, et qui ne s'est affaiblie que très lentement. Il eut donc à soutenir, pendant une grande partie de sa vie, de véritables luttes, auxquelles il ne cherchait d'ailleurs nullement à se dérober, qu'il paraissait même rechercher, en allant exposer ses idées même dans les milieux qu'il savait les moins disposés à les adopter. On se ferait une idée très fautive du rôle joué par Henry Le Chatelier en se le représentant sous les traits du patriarche

bienveillant qu'ont seul connu les jeunes générations. Il a toujours aimé la controverse, en matière de science, s'entend; il y était d'ailleurs un adversaire redoutable, qui savait dérouter ses interlocuteurs par sa vivacité de répartie et par la vigueur qu'il mettait dans ses expressions, tout en gardant toujours une forme parfaitement courtoise et un ton des plus modérés. Quelques-uns lui en gardaient rancune, mais il savait prendre avec bonne humeur ces petites contrariétés. Dans la correspondance que nous échangeions et qui était toujours consacrée exclusivement à des questions scientifiques ou techniques, j'ai trouvé un jour un post-scriptum dans lequel il me disait: « Vous savez peut-être que je me suis présenté à la présidence de la Société Chimique. L'élection a eu lieu la semaine dernière et j'ai eu un échec complet; l'assistance a accueilli l'annonce de ce résultat par des trépignements de joie. »

S'il savait apprécier exactement le peu de profondeur de ces petites manifestations qui n'entamaient nullement l'estime réelle que la grande majorité de ses collègues professait pour sa valeur et pour son caractère, il était profondément peiné, plus que ne pouvait le faire supposer la réserve qui lui était habituelle, par des inimitiés sournoises dont il ne pouvait comprendre l'origine et qui paraissent avoir joué un rôle dans son existence. Beaucoup de ses amis ont été surpris de l'entendre, dans des discours qu'il a prononcés, notamment à propos de son jubilé scientifique, revenir sur les *manœuvres* qui, longtemps auparavant, l'avaient empêché de devenir professeur de Chimie à l'École Polytechnique, ce qui, disait-il, avait été le rêve de sa jeunesse. Il est, en effet, bien difficile d'imaginer les motifs qui ont pu conduire à cette exclusion, alors que toutes les conditions qui auraient justifié cette nomination étaient remplies d'une façon exceptionnelle. En tout cas, on doit reconnaître qu'une grave erreur a été commise à cette occasion. Si Henry Le Chatelier avait pu, pendant de longues années, et comme il le désirait si vivement, enseigner les promotions nombreuses, et pourtant homogènes, qui traversent l'École, il aurait certainement pris sur ses élèves une influence considéra-

ble; étant lui-même Polytechnicien dans l'âme, il aurait pu jouer, dans des conditions exceptionnelles, le rôle de chef d'école pour lequel il était si bien doué, et donner à ses idées un développement extraordinaire; et c'était au moins une expérience dont il aurait été bien intéressant de voir les résultats.

Cette influence s'est d'ailleurs fait sentir, et d'une manière très effective, sur ses élèves de l'École des Mines, et plus tard, à la Sorbonne, surtout sur ceux qui fréquentaient son laboratoire. De ce fait, il y a, par le monde, un nombre respectable de savants et d'ingénieurs qui se proclament les élèves de Le Chatelier, qui s'efforcent d'appliquer ses idées et de les répandre autour d'eux. Leur tendance commune est de considérer que tout phénomène peut faire utilement l'objet d'une étude méthodique et que la croyance à l'intervention du hasard n'est qu'une manifestation de la paresse d'esprit.

Cela a déjà été, et sera probablement, dans l'avenir, la source de bien des progrès; cela n'existait guère avant Le Chatelier, et suffirait pour qu'on puisse dire que ses idées ont joué dans l'évolution des esprits un rôle des plus importants.

LA COMBUSTION DES MÉLANGES GAZEUX
ET LA DYNAMIQUE DES GAZ

PAR

M. ÉMILE JOUGUET

Membre de l'Académie des sciences.

Inspecteur général des Mines.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,
MESSIEURS LES MINISTRES,
MESDAMES,
MESSIEURS,

En 1895, étant ingénieur des Mines à Bordeaux, je suivais le cours de Thermodynamique de Duhem à la Faculté des Sciences. Je sortais de l'École des Mines, où l'enseignement de Le Chatelier avait fait sur moi une profonde impression. J'avais été spécialement frappé par la partie de son cours consacrée au chauffage et aux explosifs, où il avait résumé ses études sur la combustion. Tout plein de l'admiration provoquée en moi par ces belles leçons, je demandais un jour à Duhem ce qu'il pensait de ces travaux de Le Chatelier. « Ils sont excessivement importants, me répondit-il. Jusqu'ici la Mécanique chimique s'est surtout occupée de Statique: ils sont de ceux qui inaugurent la Dynamique chimique. »

Telle est, en effet, la portée des recherches de Le Chatelier sur la combustion des mélanges gazeux. Par elles, le grand savant qui étu-

diait en même temps avec tant de profondeur l'équilibre des systèmes chimiques, posait les bases d'un des plus beaux chapitres de la Science de leurs transformations, d'un chapitre particulièrement intéressant pour le mécanicien parce que les phénomènes chimiques y sont intimement associés à des phénomènes de mouvement.

Dans cette œuvre, il a collaboré avec Mallard, son aîné de quelque vingt ans. Il a dit lui-même ce qu'avait été pour lui cette collaboration et qu'il considérait Mallard comme son véritable maître. Bien qu'il ait, après la mort de son illustre collaborateur, ajouté d'importants résultats à ceux qu'il a obtenus avec lui, nous répondrons certainement à sa pensée en ne séparant pas le nom de Mallard du sien dans le sujet qui nous occupe.

De même que les expériences de Regnault sur la vapeur d'eau ont été « entreprises par ordre du Ministre des Travaux publics et sur la proposition de la Commission centrale des machines à vapeur », de même les *Recherches expérimentales et théoriques sur la combustion des mélanges gazeux explosifs* ont été exécutées pour la Commission du grisou. Il s'agit donc d'un problème posé par la pratique. Mais les deux auteurs voyaient les choses de trop haut pour se contenter d'étudier des règles empiriques de sécurité: ils ont traité le sujet comme un problème scientifique, et Le Chatelier lui-même, quelque intérêt qu'il portât aux applications industrielles, n'oubliait jamais qu'un des objets de la Science est, selon l'expression de Jacobi, « l'honneur de l'esprit humain ». Mallard et lui, d'ailleurs, pensaient que, pour faire progresser une question technique, c'est un excellent moyen d'en étudier scientifiquement les divers éléments et que cette méthode a en plus l'avantage de donner souvent des résultats dépassant la question particulière envisagée et applicables à d'autres problèmes. Effectivement, leurs recherches sur les mélanges gazeux ont eu des conséquences utiles, non seulement dans la lutte contre le grisou, mais aussi dans plusieurs autres domaines de la technique, parce qu'ils ont su dégager et analyser scientifiquement les propriétés essentielles ou, pour parler comme Le Chatelier lui-

même, les caractères dominateurs des phénomènes de combustion: température d'inflammation, température de combustion, célérité de la propagation des flammes.

La vitesse de réaction des mélanges explosifs est un phénomène excessivement complexe. Mais elle présente au moins une propriété essentielle qui doit, avant tout, attirer l'attention. Dans de certaines conditions, elle devient très vite très grande et c'est ce qui donne lieu au phénomène de l'inflammation, caractérisé par l'apparition, à partir d'une certaine température, de manifestations d'expansion et de lumière. La température d'inflammation est d'autant mieux déterminée que la vitesse de réaction varie plus vite: elle peut présenter un certain flou quand la combustion lente qui se produit aux basses températures est tout de même assez rapide, quand il y a par exemple un retard à l'inflammation sensible comme celui que Mallard et Le Chatelier ont découvert pour le formène et qui paraît d'ailleurs exister plus ou moins développé dans beaucoup de mélanges. Ce n'en est pas moins une donnée physique importante. On l'avait peu considérée avec Mallard et Le Chatelier. Ce sont leurs travaux qui ont véritablement introduit cette notion dans la science et créé les méthodes expérimentales appropriées à son analyse. Elle a, depuis, fait son chemin; elle joue notamment un grand rôle dans les recherches actuelles sur le mécanisme des réactions en chaîne.

Quand un mélange gazeux brûle, il est très important de pouvoir calculer la température de combustion atteinte par les gaz brûlés. La méthode pour ce calcul est classique: mais elle nécessite la connaissance des chaleurs spécifiques des gaz aux hautes températures. Mallard et Le Chatelier ont exécuté sur ce sujet des expériences fondamentales. Ils ont mis les premiers en évidence, d'une manière incontestable, la croissance de ces chaleurs spécifiques avec la température et fourni pour elles les premières valeurs précises. On peut dire que c'est depuis leurs travaux qu'on peut calculer avec assez d'exactitude les températures de combustion et c'est là un résultat capital pour bien des études, pour la théorie des explosifs par exemple, ou encore pour celle du chauffage industriel que Le Chatelier a

véritablement révolutionnée en lui permettant de dresser des bilans thermiques corrects en même temps qu'il lui fournissait, avec son pyromètre, un appareil de mesure fidèle. Assurément, toute œuvre de métrologie est perfectible, et les valeurs données par Mallard et Le Chatelier pour les chaleurs spécifiques des gaz ont été corrigées, depuis, par divers physiciens. Mais ces corrections n'atteignent ni l'intérêt des méthodes expérimentales suivies, ni le sens général des conclusions: notamment, la croissance avec la température est confirmée et ce fait est important dans les théories modernes des gaz.

Si le feu est mis en un point d'une masse gazeuse, il se propage à partir de ce point par une flamme. A l'époque même des études de Mallard et Le Chatelier, Berthelot et Vieille montrèrent, par une découverte sensationnelle, qu'il y avait deux sortes de flammes, l'une relativement lente, la déflagration, l'autre très rapide, la détonation ou onde explosive. C'est sur les flammes lentes qu'ont expérimenté Mallard et Le Chatelier, et ils ont mis en évidence des faits essentiels: existence, dans des conditions convenables, d'un régime régulier de propagation à vitesse constante; transformation de ce régime, quand les conditions varient, en d'autres moins simples accélérés ou vibratoires; impossibilité de la propagation en dehors de certaines limites d'inflammabilité ou de déflagration pour lesquelles, comme Le Chatelier l'a montré, seul dans un travail ultérieur, la célérité de la flamme a une valeur finie.

Parmi les méthodes expérimentales mises en œuvre dans ces mémorables recherches, une mention spéciale doit être faite de la méthode d'enregistrement photographique. Mallard et Le Chatelier l'ont employée seulement pour l'étude des déflagrations; elle a été ultérieurement appliquée par Le Chatelier lui-même, à celle de l'onde explosive. Elle a véritablement transformé ce genre de recherches et est aujourd'hui très généralement utilisée par les expérimentateurs qui étudient la propagation des flammes.

Les théoriciens qui s'occupent du même problème suivent, eux aussi, les idées émises par Mallard et Le Chatelier. Dans les phéno-

mènes de propagation de flammes, se combinent les effets des propriétés mécaniques des fluides, élasticité, compressibilité, inertie, et ceux des propriétés physiques et chimiques, pouvoir calorifique, températures d'inflammation et de combustion, conductibilité. On ne pouvait demander à Mallard et à Le Chatelier de dire tout de suite comment se produit l'interaction, très complexe, de ces diverses causes, mais ils ont indiqué les facteurs du problème et insisté notamment sur le rôle capital de la conductibilité dans les déflagrations, de la compressibilité dans l'onde explosive. Avec Berthelot et Vieille, donnant une magnifique extension aux rares études de quelques précurseurs, ils ont véritablement fondé un chapitre nouveau de la Mécanique des fluides qu'on pourrait appeler l'Hydrodynamique chimique.

Les recherches de Mallard et Le Chatelier sur la combustion des mélanges gazeux ont donné naissance à de nombreux travaux dans tous les pays. Et pour nous rendre compte de la diversité des disciplines auxquelles elles ont rendu service, il nous suffira d'énumérer les catégories de chercheurs qui les ont développées et les développent tous les jours. Ce sont des chimistes qui s'intéressent au mécanisme des réactions, des physiciens qui cherchent, dans les lois des chaleurs spécifiques, des renseignements sur la structure des gaz, des ingénieurs thermiciens qui désirent établir des bilans thermiques exacts pour les fours industriels, des ingénieurs des poudres qui étudient, fabriquent et utilisent les explosifs; ce sont encore tous les travailleurs des laboratoires consacrés aux questions de sécurité dans les mines; ce sont, enfin, tous ceux qui s'occupent du fonctionnement des moteurs à explosion et dont le développement de l'automobile et de l'aviation a singulièrement augmenté le nombre. Il est peu de domaines où la pensée de Le Chatelier ait eu plus de prolongements et dans des directions plus variées.

Pour tous ces chercheurs, les *Recherches expérimentales et théoriques sur la combustion des mélanges gazeux explosifs* restent un livre

fondamental.» Dans ce travail, écrit Nernst, on trouve non seulement les méthodes expérimentales mises en œuvre de la manière la plus brillante, mais encore les fondements théoriques exposés de la manière la plus claire, si bien que, pour le sujet traité, il se présente véritablement comme un Ouvrage classique.» L'opinion unanime du monde savant a ratifié cette appréciation d'un juge particulièrement compétent.

LA MÉTALLURGIE

PAR

M. LÉON GUILLET

Membre de l'Académie des Sciences.

Directeur de l'École Centrale des Arts et Manufactures.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,
MESSIEURS LES MINISTRES,
MESDAMES,
MESSIEURS,

Le domaine de la métallurgie a été assurément le plus favorisé par les recherches, les leçons et les écrits de Henry Le Chatelier.

Qu'il s'agisse des réactions métallurgiques, du chauffage et du rendement des fours, ou plus spécialement des produits eux-mêmes, des alliages, de leur constitution, de leurs propriétés, partout l'influence du savant éminent, du professeur émérite, de l'écrivain si précis s'est fait remarquablement sentir, non seulement en France, mais aussi dans les pays étrangers.

Ici, ce sont les applications des grands principes, la plupart établis par lui-même, qui éclairent les procédés métallurgiques et conduisent à les perfectionner, après étude faite au laboratoire de certaines réactions reversibles.

Là, l'étude de la combustion et de la récupération, les déterminations des chaleurs spécifiques, des températures et des chaleurs de combustion, l'aide considérable apportée par la pyrométrie industrielle, créée par lui, permettent d'établir les bilans calorifiques des appareils métallurgiques, d'améliorer leur marche et le rendement des combustibles.

Mais c'est surtout dans les recherches sur les alliages que Henry Le Chatelier a été vraiment un chef d'école.

Simplifiant tout d'abord les méthodes et toute la technique de la métallographie microscopique, lui permettant ainsi de franchir les laboratoires de recherches pour entrer dans les laboratoires industriels, donnant la solution universellement admise du microscope spécial, appliquant, souvent avec de nouveaux appareils, l'analyse thermique, la dilatométrie, les mesures de résistance électrique et d'autres méthodes physiques à la constitution des alliages, précisant les essais mécaniques, tels ceux donnant la dureté et la résistance au choc, forçant enfin l'attention des savants et des industriels sur la nécessité de l'union de la science et de l'industrie, du laboratoire et de l'usine, Henry Le Chatelier a été assurément la personnalité qui a eu, dans le monde entier, l'influence la plus marquée et la plus heureuse sur l'évolution de la métallurgie entre 1885 et 1936.

Avec cette clarté de l'esprit, que l'on retrouvait dans son regard si

pénétrant, avec cette élégance de langage qui rend si attrayants ses livres et ses notes, il est le premier à exposer la théorie des alliages, alors qu'il allait retrouver dans les écrits inconnus de Gibbs la loi des phases; dès 1897, il réunit, dans une étude aujourd'hui classique, l'ensemble des phénomènes relatifs à la trempe, montrant le jeu capital de la formation de solution solide qui, existant à température élevée, laisse déposer au refroidissement des constituants divers; il parvient ainsi à la définition de la perlite.

Cherchant toujours la traduction des phénomènes par des relations mathématiques, il fut l'un des premiers à tracer les liquidus d'alliages et, lorsqu'apparurent les diagrammes fer-carbone de Robert Austen et de Roozeboom, il y apporta des corrections de la plus grande importance et indiqua l'existence de deux diagrammes superposés devenus aujourd'hui classiques.

Que ce soit dans son cours de l'École nationale supérieure des mines, dans son enseignement du Collège de France ou dans celui de la Sorbonne, la métallurgie scientifique retenait, à l'abri des lois et des théories générales, une grande partie de l'attention de ses auditeurs.

Parmi ses livres, ceux sur les équilibres chimiques, le carbone, l'introduction à l'étude de la métallurgie, la silice et les silicates, et celui intitulé *Science et Industrie*, montrent les mêmes heureuses préoccupations, dont les industries métallurgiques et mécaniques surent largement profiter.

La bibliographie de son œuvre magnifique indique: 635 ouvrages, mémoires, notes ou rapports. Près des trois quarts sont consacrés à la métallurgie. D'ailleurs, son premier travail datant de 1874 et publié dans les *Annales des Mines* traite de la fabrication des fontes manganésées et phosphoreuses en Belgique, et sa seconde Note à l'Académie des Sciences, présentée par Daubrée, recherche l'origine du nerf dans le fer puddlé.

Dès 1893, il créa à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, dont il fut l'un des présidents les plus marquants, un Comité d'étude des alliages; les travaux de ce Comité demeurent classi-

ques ; en 1895, il prit une part importante à la fondation de l'Association Internationale des Méthodes d'Essais, et en 1901 il présida à la naissance de la section française de cette Association.

Avec cette énergie que tous nous avons admirée, et qu'il a gardée toute sa vie durant, Henry Le Chatelier, qui défendait ses idées avec persistance, parfois avec une certaine âpreté, voulut faire mieux encore et, en 1904, au milieu de multiples difficultés, assez vite vaincues, il créa la *Revue de Métallurgie*, sous les auspices de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale et du Comité des Forges de France. Son but était essentiellement de mettre à la disposition des ingénieurs une documentation étendue et de faire pénétrer dans les usines les principes scientifiques et les méthodes d'essais les plus modernes ; c'est notamment par cette publication qu'il put vulgariser les travaux de Taylor.

De cette Revue, qui demeurera toujours sienne, il fut le directeur actif durant seize années, il en resta le bienfaisant inspirateur jusqu'au jour de sa mort ; car, jusqu'au 17 septembre, alors qu'il allait s'éteindre au milieu de sa nombreuse famille, dans sa propriété de Miribel-les-Echelles, d'où l'on domine le massif de la Grande Chartreuse, Henry Le Chatelier conserva sa productive activité, se dévouant jusqu'au dernier moment à sa belle famille, à la science, à son pays. Dans une dernière et splendide étude, terminée le 16 septembre, il attira l'attention, comme en un testament, sur l'importance de la valeur morale des hommes.

Tous ceux qui ont approché Henry Le Chatelier, plus particulièrement ceux qui, durant de longues années, ont eu l'honneur et la joie d'être ses collaborateurs, tiennent à dire tout ce qu'ils doivent non seulement au savant, au professeur, mais aussi au bienveillant ami, qui a suivi et protégé la carrière de nombreux élèves et leur a communiqué un peu de cette magnifique flamme qui l'animait et de cette valeur morale qui en faisait — autant que sa science — un grand, un très grand Français.

ADRESSE DE LA SECTION DE CHIMIE
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR

M. GEORGES URBAIN

Membre de cette Académie.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,
MESSIEURS LES MINISTRES,
MESDAMES,
MESSIEURS,

L'Académie des Sciences se devait, en cette séance solennelle, de rendre hommage à celui qui fut l'un des plus éminents des siens.

Savant illustre, professeur et ingénieur hors pair, Henry Le Chatelier demeurera dans la mémoire des hommes comme une figure exceptionnelle de tous les temps, et des plus caractéristiques de celui-ci.

J'aimerais parcourir et analyser l'œuvre à laquelle il a consacré les efforts d'une vie intellectuelle puissante et des plus actives. Nous pourrions y saisir et situer dans leur cadre les qualités très particulières de ses facultés créatrices, l'originalité d'un esprit qui fut à la fois critique et fécond. Des chimistes de tous temps et de toutes nations, Henry Le Chatelier fut le seul de son genre. Il ne fut l'imita-

teur de personne; il a tout tiré de son propre fond. Peut-être quelques particularités de son caractère rappellent Sainte-Claire-Deville qui fut son maître. Comme homme de science, comme ingénieur, il se rapproche cependant davantage de Sadi Carnot le fondateur de la thermodynamique, dont il avait étudié l'œuvre passionnément.

Ce sont ses recherches sur les *Équilibres Chimiques*, parus en 1888, qui, dans le monde savant tout entier, ont assuré sa célébrité. De l'œuvre de Carnot et de celle de Sainte-Claire-Deville, il présentait alors une magnifique synthèse qui portait sa marque personnelle et qui offrait des bases à la science alors toute nouvelle, la Thermodynamique Chimique, qui, à cette époque, cherchait ses voies.

Dans l'histoire de la Chimie théorique, le travail de Le Chatelier marque un moment décisif. A cette science, rébarbative en ses balbutiements, il substitue une science claire, accessible aux chimistes ayant une culture générale, et surtout aisément applicable.

Intuitivement il pose un principe nouveau qui généralise à tous les cas possibles, des théorèmes très particuliers dûs tant à Van't Hoff qu'à Moutier. Cette généralisation audacieuse a pu être reliée logiquement au principe fondamental de Carnot. Mais longtemps il n'en fut pas ainsi; et d'ailleurs en se subordonnant à un principe plus général, le principe de Le Chatelier qui joue en chimie le rôle que joue en mécanique le principe de l'inertie, n'a rien perdu de son intérêt et de sa valeur.

Ce principe domine aujourd'hui la science chimique tout entière. Il est classique et assure à son auteur une gloire universelle. Il faudrait passer en revue non seulement toute la chimie pure, mais encore toute la Chimie industrielle pour rendre compte de l'importance extraordinaire de la généralisation grandiose de Le Chatelier.

Une telle découverte éclipse toutes les autres; elle met le nom de Le Chatelier sur le plan réservé aux plus grands inventeurs français dans le domaine des sciences chimiques, Lavoisier, Jean-Baptiste Dumas, Wurtz, Sainte-Claire-Deville, Pasteur, Berthelot, Le Bel, Grignard.

Tel est le plus grand éloge que l'on puisse faire du Chimiste prestigieux que fut Henry Le Chatelier.

Les difficultés qu'il a rencontrées pour le triomphe de ses idées sont celles que rencontrent inévitablement les véritables novateurs. Il en a su triompher grâce à son enseignement et principalement son enseignement de Sorbonne où il devait faire école.

École très vaste où l'on doit compter non seulement les privilégiés qui œuvrèrent sous sa direction, mais encore tous ceux — et il faudrait compter presque tous les Chimistes actuels de France — qui suivirent ses leçons ou qui furent les lecteurs de ses traités didactiques tels que les Leçons sur le carbone, et les Leçons sur la silice et les silicates.

Le Chatelier eut l'audace de soutenir en Sorbonne, temple de la science pure, que celle-ci doit être considérée comme la préface de la science industrielle. Cette hardiesse — toute naturelle pour lui — eut les effets les plus heureux à une époque où se développait l'Industrie Chimique qui devait absorber la plupart des étudiants de Chimie des Facultés.

Il estimait que toute recherche scientifique ne devait être entreprise qu'en vue de possibles applications. A cet égard il se recommandait de Lavoisier dont les immortels travaux sur la combustion (travaux qui devaient révolutionner la science chimique) avaient été entrepris en vue d'améliorer l'éclairage par les Chandelles.

Cette manière de voir, qu'il exposait *ex cathedra*, prouve surtout que Le Chatelier avait une formation d'ingénieur et qu'il s'intéressait principalement à l'art de l'ingénieur.

Ce qui est remarquable, c'est qu'avec de telles idées il ait réussi mieux que quiconque dans le domaine abstrait de la science pure. Et nous pouvons juger par là de la valeur de ses dons intellectuels.

Sa double personnalité, celle du savant pur, et celle de l'ingénieur ont fait de Le Chatelier un homme tout à fait exceptionnel et bien caractéristique de notre temps où la science pure et ses applications ont transformé la civilisation de fond en comble.

C'est à Henry Le Chatelier que l'Académie des Sciences doit d'avoir créé une section de Science industrielle. Cette innovation était, on en conviendra sans peine, fort opportune à notre époque. Le Chatelier est celui qui aura changé quelque chose à l'Académie, et ce n'est certainement pas là un titre banal. Pour y réussir il fallait que Le Chatelier ait sur ses confrères l'ascendant que l'on ne marchandait jamais au génie.

Le Chatelier n'est plus, mais sa grande figure nous restera longtemps familière et toujours respectée. Quant à son œuvre, elle se poursuit, elle se poursuivra longtemps, toujours dans les laboratoires. C'est là le privilège des savants de génie. L'œuvre de Le Chatelier, parce qu'elle sera continuée par les générations, est éternelle.

LE CHATELIER ET LA PHILOSOPHIE DES SCIENCES

PAR

M. ÉMILE PICARD

de l'Académie Française,
Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Montaigne a écrit dans ses Essais : « C'est un grand ornement que la science et un outil de merveilleux service ». Les uns trouvent en effet dans la science la satisfaction de la curiosité jamais lassée, qui est l'honneur de l'esprit humain ; d'autres s'attachent surtout aux ap-

plications variées, dont est susceptible le merveilleux service. Henry Le Chatelier était de ces derniers. Il avait appris de bonne heure dans le Discours de la Méthode de Descartes, que la connaissance de quelques principes généraux de physique doivent nous rendre, suivant l'expression du philosophe, comme maîtres et possesseurs de la nature; il ne pensait pas que l'art de découvrir, comme disait Fontenelle, est plus précieux que la plupart des choses qu'on découvre. Cinquante ans après Descartes, Huyghens, envisageant le double objet de la Science, disait d'elle: «Utilité pratique pour le genre humain, et aussi fondement pour bâtir une philosophie naturelle, dans laquelle il faudra procéder de la connaissance des effets à celle des causes».

Ces souvenirs historiques montrent assez les difficultés qu'il y a à définir la science, difficultés sur lesquelles, se plaçant d'ailleurs à un autre point de vue, insistait Le Chatelier au début du volume, si vivant et si personnel, qu'il publiait l'année dernière sur la méthode dans les sciences. La notion de cause, dont parlait Huyghens, est complexe, et dépend des concepts que nous formons pour édifier nos théories.

Ainsi au 17^{me} siècle, Newton était en Optique partisan de la théorie de l'émission, tandis que Huyghens développait celle des ondulations. Aujourd'hui, des physiciens raisonnent sur les photons et les ondes qui les accompagnent, pendant que des physico-chimistes, pénétrant à l'intérieur de l'atome, comptent les charges électriques de son noyau autour duquel circulent des électrons planétaires. D'autres savants cependant, moins soucieux de pénétrer dans le détail des phénomènes, se proposent seulement de rechercher des relations entre grandeurs dont on ne discute pas la nature intime, quelques-uns étant même tentés de penser avec Pascal «Il faut dire en gros, cela se fait par figure et mouvement, car cela est vrai; mais de dire quels et composer la machine, cela est ridicule et incertain et pénible».

Quelque idée que l'on se fasse d'une théorie physique, l'étude des énergies mises en jeu joue un rôle capital dans les explications scien-

tifiques. Cette science de l'énergie, ou énergétique, a trouvé son origine dans le mémoire, paru en 1824, de Sadi Carnot, précurseur génial, qui, comme en témoignent ses notes posthumes, connut les deux principes fondamentaux de la Thermodynamique, et déterminait même l'équivalent mécanique de la calorie. Le Chatelier fut un des premiers à reprendre les points de vue de Sadi Carnot, en partant de la notion de puissance motrice, c'est-à-dire de l'aptitude de chaque phénomène à exercer une action sur le monde extérieur. Les principes de l'énergétique ont été pour lui un guide sûr dans l'étude des équilibres chimiques; ils lui ont permis de prévoir le sens du déplacement de ces équilibres sous diverses influences, et d'en déduire de nombreuses conséquences, ensemble de recherches qui lui fait grand honneur.

Dans maintes parties de la science, le besoin se fait sentir de mesures de plus en plus précises. C'est ce que Le Chatelier a compris dès ses premiers travaux. Il faisait sienne cette pensée du grand physicien anglais, Lord Kelvin: « Si vous pouvez, disait celui-ci, mesurer ce dont vous parlez et l'exprimer par un nombre, vous savez quelque chose de votre sujet. Si non, vos connaissances sont bien peu satisfaisantes ». En fait, plus une science se développe, plus on y voit grandir le rôle du nombre, et une bonne mesure a souvent décidé du destin d'une théorie. Aussi Le Chatelier a-t-il créé ou perfectionné de nombreux instruments; on lui doit en particulier, pour la mesure des températures, un pyromètre optique et un pyromètre thermo-électrique avec couple de platine-rhodié.

Le Cartésien qu'était Le Chatelier est revenu souvent sur certains préceptes du Discours de la Méthode, particulièrement sur celui de la division des difficultés. Il écrivait récemment: « On dit que le précepte de la division est un lieu commun. Oui et non; il est bien connu, mais rarement appliqué par les ingénieurs dans l'industrie. Quand il s'agit de rechercher des améliorations à un procédé de fabrication, on change tout à la fois dans le vain espoir d'arriver plus vite à la solution désirée. C'est encore bien pis en économie politique ». On

sait en quelle estime Le Chatelier tenait l'ingénieur américain Taylor, inventeur du système qui porte son nom. D'une manière générale, il voulait pour toute production industrielle une organisation en accord avec les dernières données de la science. Il en a fourni lui-même des exemples mémorables, notamment en utilisant ses recherches théoriques sur les solutions dans ses célèbres travaux sur les alliages métalliques, qui font de lui un des principaux créateurs de la métallurgie scientifique.

L'activité d'esprit de Le Chatelier était prodigieuse. Il aimait à discuter les travaux que l'on lui soumettait, donnant toujours avec netteté, parfois avec quelque vivacité, son opinion. Il avait beaucoup réfléchi sur les questions d'enseignement; dans ses nombreux écrits sur l'influence de la science dans l'industrie et son introduction dans l'usine, on trouve maintes pages dignes de devenir classiques.

Les questions morales et les questions sociales n'intéressaient pas moins Le Chatelier que la science et la technique. On ne lit pas sans émotion la brochure intitulée «*La Morale et les Affaires*», dont il écrivait les dernières pages quelques jours avant sa mort. Il voulait bien admettre que l'immoralité n'est pas plus grande aujourd'hui que dans les siècles passés, mais il montrait avec force que les conséquences en sont devenues singulièrement plus graves pour la vie économique par suite du développement considérable de l'industrie moderne. Il ne se dissimulait pas les difficultés que l'on rencontre pour donner de l'autorité aux principes de la morale économique. Ses sympathies semblaient aller pour cet objet aux ententes entre industriels d'un même groupement, dont il trouvait d'heureux exemples à l'étranger.

Telle fut la vie admirablement remplie de l'illustre savant et de l'éminent ingénieur dont la mémoire nous restera chère. Chez Henry Le Chatelier, le caractère était à la hauteur de l'intelligence; en toutes circonstances il montrait une grande liberté et une grande indépendance d'esprit. Il a honoré les nombreuses fonctions qui lui furent confiées et il a bien servi notre pays.