

# Une science ouverte au monde et à l'histoire

## Le choix exigeant d'Adolphe Pacault

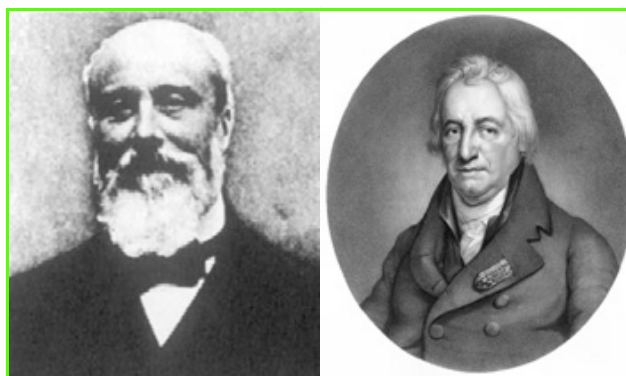
Paul Brouzeng

**A**dolphe Pacault avait la passion de la science. Son œuvre illustre une curiosité insatiable du monde qui l'entourait et une volonté permanente de le connaître et le comprendre dans son évolution et sa complexité. De ce point de vue, il privilégiait la démarche rationnelle qu'il appliqua toute sa vie, notamment aux travaux de recherche engagés dans le laboratoire du Centre de Recherche Paul Pascal (CRPP) qu'il a créé et dirigé avec un dynamisme et une compétence exceptionnels pendant de longues et fructueuses années. D'autres mettront en évidence dans cette notice les contributions scientifiques remarquables d'un des maîtres de la chimie physique en France qu'il fut. Le présent propos s'attachera à souligner le caractère particulièrement fécond de la conception d'une science ouverte dont A. Pacault prit la défense et assura la promotion de multiples manières : science ouverte au monde de l'industrie illustrée par la création, à son initiative, de l'Association pour le développement de l'enseignement et des recherches en Aquitaine (ADERA) destinée à rapprocher l'université et le monde de l'industrie ; science ouverte aux autres formes d'activités et de création dans le domaine des arts et des lettres – le CRPP savait fréquemment se transformer en haut lieu de culture – ; science ouverte à la réflexion historique, épistémologique et philosophique. L'intérêt que portait A. Pacault à ces dimensions « incontournables », selon lui, de l'appropriation des connaissances scientifiques ne s'est jamais démenti. Les initiatives prises dans ces matières concernaient toutes les facettes de l'activité scientifique : la recherche, l'enseignement, la formation, la diffusion et la culture.

Le CRPP du CNRS est très tôt devenu un espace de rencontres, de débats autour des questions d'histoire et d'épistémologie. A. Pacault incitait les chercheurs à participer aux conférences et échanges organisés le mercredi après-midi en général. Ces initiatives ont assurément favorisé la promotion de l'histoire des sciences et de l'épistémologie dans l'université. Elles ont contribué à sensibiliser la communauté à l'intérêt de ces approches pour mieux comprendre et enseigner les sciences.

### Pierre Duhem : une pensée et une œuvre de référence

A. Pacault manifestait fréquemment son admiration pour l'œuvre de Pierre Duhem. Les domaines scientifiques traités par l'un et l'autre les rapprochaient, à quelques décennies près, si l'on peut dire. Pierre Duhem, qui occupa une chaire de physique théorique à Bordeaux de 1895 à 1916, joua en effet un rôle tout à fait déterminant dans la promotion d'une discipline qui allait s'affirmer dans les décennies qui suivirent : la chimie physique. Un des premiers ouvrages qu'il publia en 1893, *Introduction à la Mécanique Chimique* (édité par Hoste, Gand), est l'un des plus vibrants plaidoyers en faveur de la chimie physique. Conformément à ses méthodes d'exposition et sa philosophie scientifique,



**Pierre Duhem** (1861-1916) (à gauche), physicien, chimiste et philosophe des sciences français, et **Claude Louis Berthollet** (1748-1822), chimiste français.

Duhem fait d'abord référence à l'histoire en situant son entreprise dans la lignée des travaux engagés par Berthollet, et poursuivis par Sainte-Claire Deville (1818-1881), Moutier et Gibbs (1839-1903). Dans l'*Essai de statique chimique* de Berthollet publié en 1803, qu'il qualifie d'« admirable », Duhem découvre les fondements de la physico-chimie. Il considère la tentative de Berthollet, qui s'attache à réduire aux grandes lois de la physique newtonienne les phénomènes chimiques, comme « extrêmement féconde » et rappelle, à ce propos, l'explication donnée par le grand chimiste du XIX<sup>e</sup> siècle du phénomène de l'activité chimique : « *Les puissances qui produisent les phénomènes chimiques sont toutes dérivées de l'attraction mutuelle des molécules des corps à laquelle on a donné le nom d'affinité pour la distinguer de l'attraction astronomique.* »

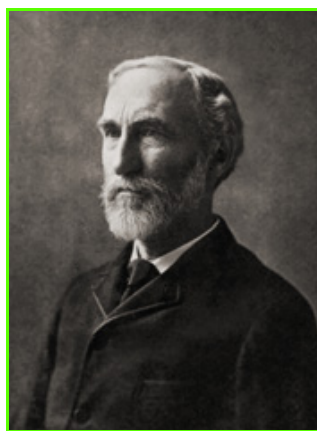
Expliquer les phénomènes chimiques à l'aide des grandes lois de la mécanique conduit Berthollet à introduire pour la première fois en chimie la notion d'équilibre chimique : « *Voici, écrit Duhem, un magnifique exemple de la fécondité de cette idée.* » Par contre, le jugement porté par Duhem sur les travaux de ceux qu'il regroupe dans l'école thermo-chimique est beaucoup plus critique. La réduction des phénomènes chimiques aux théories de la chaleur trouve rapidement ses limites. Elle ne permet pas d'interpréter de manière satisfaisante les transformations étudiées, précise-t-il. Cette attitude provoque de vives réactions de la part des thermo-chimistes français et plus précisément du plus prestigieux d'entre eux, Marcellin Berthelot (1827-1907). La condamnation du Principe du Travail Maximum (énoncé par Berthelot en 1873) fait l'objet, dans le premier travail de Duhem en 1886 (et probablement dans sa première thèse refusée en 1884) d'une mise en cause parfaitement fondée : « *D'après la règle posée par M. Berthelot, la possibilité d'une réaction suppose que cette réaction produit une diminution d'énergie... En un mot, d'après cette règle, l'énergie joue dans la statique chimique le rôle que le potentiel joue dans la statique proprement dite.* »

*Cette règle rencontre malheureusement dans un certain nombre de phénomènes, des exceptions difficiles à expliquer. L'énergie ne peut, dans la mécanique chimique, jouer le rôle de potentiel ; l'entropie ne peut jouer le rôle de fonction de forces. Les physiciens ont été conduits à rechercher, parmi les autres quantités qu'étudie la thermodynamique, une fonction qui peut servir à déterminer les équilibres chimiques. »*

Après avoir rappelé les travaux de Gibbs et Massieu (1832-1896), et donné les définitions de ce que nous appelons aujourd'hui l'énergie libre et l'enthalpie libre ( $F = U - TS$  et  $G = H - TS$  respectivement, avec  $U$  : l'énergie et  $H$  : l'enthalpie), Duhem démontre que ces fonctions jouent le rôle du potentiel en mécanique et s'attache à en calculer leur valeur dans des cas particuliers. En fait, Berthelot attribuait aux fonctions  $U$  et  $H$  les propriétés qui appartiennent aux fonctions  $F$  et  $G$ . Remarquons cependant que, si le principe est inexact, son application pour les valeurs de  $T$  faibles ( $H \gg TS$ ) s'avère commode. Au zéro absolu, la règle de Berthelot serait exacte.

Au-delà de l'évènement que représente la contestation par un jeune étudiant (Duhem avait 23 ans) d'un principe énoncé par un chimiste puissant et reconnu et qui va empoisonner quelques temps les relations dans la communauté scientifique, l'extrait du texte ci-dessus illustre bien le projet de Duhem : poursuivre l'œuvre de Berthelot en faisant jouer à la thermodynamique générale, le rôle que ce dernier faisait jouer à la mécanique de Newton (1642-1727).

## L'apport déterminant de Josiah Willard Gibbs



**Josiah Willard Gibbs** (1839-1903), physico-chimiste américain.

Mais c'est à Gibbs assurément que Duhem attribue l'essentiel de ses convictions en matière de physico-chimie. Il le cite dans de nombreux travaux et fait référence au mémoire capital publié en 1875 par le savant américain intitulé *On the equilibrium of heterogeneous substances*. Pour qui a étudié l'œuvre de Gibbs et buté parfois sur les difficultés théoriques et les raccourcis mathématiques fréquents dans les développements proposés, il faut savoir gré à Duhem d'avoir ainsi apprécié à leur juste valeur les travaux du physicien mathématicien de Yale et d'en avoir assuré la diffusion

en France notamment. Ces travaux furent assurément la source essentielle des études de Duhem dans le domaine de la chimie physique.

Dès 1886, dans son premier ouvrage, Duhem met en évidence l'apport de Gibbs à la thermodynamique dans l'étude des phénomènes physico-chimiques s'appuyant sur les recherches de Massieu sur les fonctions caractéristiques. Il indique que ces fonctions peuvent jouer le rôle de potentiel thermodynamique. Gibbs en fit usage dans l'étude de la dissociation des composés gazeux, Helmholtz dans l'étude des phénomènes thermiques qui se manifestent dans la pile voltaïque.

L'intérêt porté à l'œuvre de Gibbs a conduit Duhem à proposer une démonstration élégante à la relation connue de

tous les physico-chimistes sous le nom de relation Gibbs-Duhem. Nous en avons assez dit pour justifier l'importance du rôle joué par Duhem auprès de la communauté scientifique en faveur de l'essor de la chimie physique en France, dans un contexte peu favorable.

Au-delà des milieux scientifiques, Duhem a tenté de promouvoir cette discipline nouvelle auprès de communautés élargies. La publication d'un long article intitulé « *Une science nouvelle : la chimie physique* » dans la *Revue philomathique de Bordeaux et du Sud-Ouest* en 1889 témoigne de la volonté du professeur de physique théorique de la Faculté des sciences de Bordeaux d'inciter non seulement ses lecteurs à s'intéresser à ces domaines émergents de la recherche, mais encore de favoriser la création d'instituts et de laboratoires de chimie physique dans les universités françaises.

Le texte présente un intérêt indéniable. Il rappelle les évolutions, progrès et stagnations qui, depuis Berthollet et Laplace (1749-1827), ont conduit la chimie physique en France dans un état préoccupant selon Duhem. Le talent, la verve s'y expriment avec la majesté, parfois ombrageuse et caustique d'un grand narrateur au jugement sûr et pertinent. Il pourfend ceux qui, selon lui, ont pendant des années contribué à « *laisser flétrir et dessécher la plante qui avait crû sur notre sol* » – c'est-à-dire les défenseurs du système thermo-chimique. Il leur reproche d'avoir « *privé le génie français du fruit de ses découvertes.* »

La comparaison avec les pays étrangers (Allemagne, États-Unis, Hollande notamment), dont Duhem décrit la situation avec un luxe de précisions, n'est pas à l'avantage de la France. Face à l'Allemagne par exemple, où la chimie physique tient une grande place à Goettingen, Wurtzbourg, Darmstadt, Karlsruhe, Leipzig et Berlin, la France ne peut revendiquer qu'un seul enseignement de chimie physique, à Paris, confié à Jean Perrin (1870-1942) et un laboratoire d'électrochimie à Nancy : « *Est-ce assez, demande Duhem, pour que la France puisse tenir, dans le domaine de la physicochimie le rang qui convient ? Assurément non.* » Et il poursuit : « *Nos grandes universités demeureront-elles dépourvues d'un enseignement de cette importance ? Lille ne pourra-t-elle fournir aux usines de produits chimiques qui l'entourent de jeunes ingénieurs rompus aux méthodes de la nouvelle science ? Grenoble ne donnera-t-elle pas à son enseignement électrophysique et électrochimique un développement proportionné à la floraison industrielle de la région des Alpes ? Lyon et Marseille priveront-elles les établissements chimiques qui dépendent d'elles des lumières qu'ils sont en droit de demander à l'enseignement supérieur ? Bordeaux, au pied des Pyrénées, dont les gaves, quelque jour, s'engloutiront, comme les torrents des Alpes, dans les turbines des établissements électrochimiques. Bordeaux ne se préparera-t-elle pas dès maintenant au rôle qu'elle aura à jouer lorsque l'industrie aura envahi le Béarn et le Pays basque ? Sans doute, on ne peut songer à construire en tout lieu des instituts comparables à l'institut chimique de Nancy ; indispensable à Nancy, une telle installation n'est peut-être pas partout nécessaire : des mesures plus modestes suffiraient, dans la plupart des Universités, à maintenir l'enseignement de la chimie physique au rang qu'il faut qu'il occupe : séparer résolument, en donnant à chacune d'elles sa chaire magistrale autonome, la chimie organique et la chimie minérale ; tandis qu'à la première se rattachent naturellement les enseignements de chimie agricole et de chimie physiologique, compléter la seconde par un enseignement de chimie physique ; flanquer celui-ci de cours appropriés sur la chaleur et l'électricité, empruntés aux*

services de physique ; comme sanction à ces enseignements, combiner un certificat de chimie physique qui, avec deux certificats de chimie générale et de chimie appliquée, forme une licence vraiment utile aux jeunes gens qu'attend l'industrie chimique : voilà ce que, sans plus tarder, doivent faire les grandes Universités. »

Les chimistes contemporains qui s'intéressent à l'œuvre scientifique du savant ne manqueront pas de relever l'étonnante fécondité des idées de Duhem et déploreront peut-être qu'elles n'aient pas été exploitées plus tôt dans notre pays. Par bonheur elles le furent au-delà de nos frontières, en Hollande et en Belgique, notamment à l'École de Bruxelles, à partir des travaux de Donder (1872-1957) jusqu'à ceux de Prigogine (1917-2003), qui ont ouvert l'étude de l'ensemble des processus irréversibles, un domaine exploré au départ par les physico-chimistes de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, celui de la chimie. Dans le *Traité d'Énergétique ou de Thermodynamique générale* de Duhem publié en 1911, Ilya Prigogine et Paul Glandsdorff découvrent les origines de cette nouvelle discipline et le premier calcul de production d'entropie dans l'étude de phénomènes irréversibles particuliers (la conductibilité thermique et la viscosité). Et ces véritables novateurs savent ce qu'ils doivent à celui qui fut l'un des promoteurs de la chimie physique en France : Pierre Duhem.

## L'histoire des sciences et l'épistémologie

A. Pacault s'était également nourri des travaux de Pierre Duhem en histoire des théories de la physique et en épistémologie, travaux consignés d'abord dans le célèbre ouvrage *La Théorie Physique, son objet, sa structure* publié pour la première fois en 1906, puis dans l'œuvre considérable, unique dans la production française en histoire des sciences, véritable monument de l'histoire des théories de la physique des origines à la Renaissance, *Le Système du Monde* (dix tomes publiés entre 1913 et 1959). Un hommage appuyé fut rendu, à l'initiative d'A. Pacault, à l'œuvre de Pierre Duhem à l'occasion du 100<sup>e</sup> anniversaire de la publication de *L'Évolution de la Mécanique*, au CRPP (colloque du 3-4 décembre 2003).

Comme son illustre prédécesseur, A. Pacault était convaincu de la nécessité de l'histoire non seulement pour comprendre la science mais encore pour l'enseigner, la promouvoir et l'enrichir. Il s'intéressait notamment à l'histoire des concepts scientifiques et à l'évolution de leur signification et de leur contenu dans le temps et dans l'espace. Un bel exemple nous est fourni par les concepts de chaleur, d'énergie et d'entropie, fondateurs de la thermodynamique, qui nous renvoient à l'histoire des sciences et à celle des techniques. En effet, il faut se référer à l'histoire des techniques pour comprendre comment par exemple le contenu du concept d'énergie s'est élargi et modifié à la faveur de l'émergence d'une nouvelle discipline de la physique : la thermodynamique.

C'est en 1698 qu'en Angleterre une machine à vapeur très rudimentaire est utilisée pour épuiser l'eau des mines de charbon. Elle est l'œuvre de Savery, un ancien ouvrier des mines devenu capitaine et ingénieur. Il la présente comme une « machine pour élever l'eau par le feu » (figure 1).

Tout au long du XVIII<sup>e</sup> siècle, de nombreuses améliorations techniques furent apportées notamment par Newcomen en 1711 et Watt entre 1760 et 1770. Le formidable développement de ces machines utilisées dans

les différents domaines de l'activité industrielle explique, pour partie, l'intérêt porté aux problèmes de la chaleur, au comportement des gaz et des fluides en général. Néanmoins, il n'existait pas de théorie permettant de comprendre ces transformations et la création de puissance motrice à partir de production de chaleur.

La science de la chaleur avait à peine acquis les moyens de mesurer les grandeurs comme la température ou la quantité de chaleur. Les premiers thermomètres véritablement fiables datent des années 1720, le premier calorimètre est mis au point par Black dans les années 1760 (figure 2).

Le débat sur la nature de la chaleur pèse également sur la tentative d'explication des transformations réciproques chaleur-puissance motrice. Dans le fameux *Mémoire sur la chaleur* publié en 1783, Lavoisier (1743-1794) et Laplace situent parfaitement l'état de la question : « Les physiciens sont partagés sur la nature de la chaleur. Plusieurs d'entre eux la regardent comme un fluide répandu dans toute la nature et dont les corps sont plus ou moins pénétrés, à raison de leur température et de leur disposition particulière à le retenir... D'autres physiciens pensent que la chaleur n'est que le résultat des mouvements insensibles des molécules de la matière. On sait que les corps, même les plus denses, sont remplis d'un grand nombre de pores ou de petits vides [...] Ces espaces vides laissent à leurs parties insensibles la liberté d'osciller dans tous les sens... C'est ce mouvement intestin qui, suivant les physiciens dont nous parlons, constitue la chaleur. »

« Nous ne déciderons point entre les deux hypothèses précédentes ; plusieurs phénomènes paraissent favorables à la dernière (hypothèse de chaleur/mouvement) ; tel est par exemple celui de la chaleur que produit le frottement de deux corps solides ; mais il en est d'autres qui s'expliquent plus simplement dans la première ; peut être ont-elles lieu toutes deux à la fois. Quoi qu'il en soit, comme on ne peut former

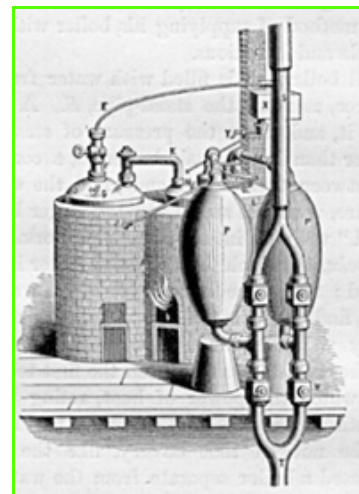


Figure 1 - La machine à vapeur de Savery.

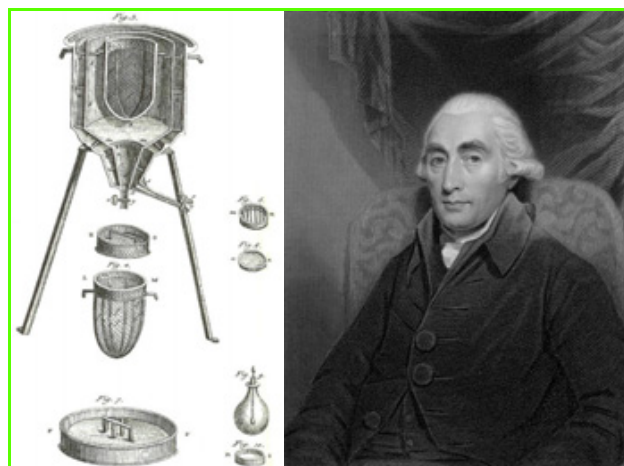


Figure 2 - Le premier calorimètre de Joseph Black (1728-1799), chimiste et physicien écossais.

que ces deux hypothèses sur la nature de la chaleur, on doit admettre les principes qui leur sont communs ; or suivant l'un et l'autre, la quantité de chaleur reste toujours la même dans le simple mélange des corps. »

Les expériences de Rumford en 1798 (à partir de l'étude de la chaleur dégagée au cours de l'opération de forage des canons) et de Davy en 1799 (sur le frottement des blocs de glace) portèrent un premier coup à l'idée de la matérialité du « calorique ». La question ne sera définitivement réglée qu'au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle lorsque presque simultanément Joule en Angleterre, Mayer en Allemagne et Colding au Danemark déterminent expérimentalement la valeur de l'équivalent mécanique de la calorie, préparant et annonçant par là même ce que l'on appellera le premier principe de la thermodynamique ou principe de conservation de l'énergie.

Le second principe se trouvait déjà en germe, pour ainsi dire, dans un opuscule de quelques dizaines de pages écrit en 1824 par un jeune ingénieur polytechnicien français Sadi Carnot (1796-1832), que l'on présente comme le fondateur de la thermodynamique. Cette publication, « *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les moyens propres à développer cette puissance* », constitue la première tentative d'élaboration théorique. L'ouvrage, malgré une présentation à l'Académie des sciences, ne provoqua aucune réaction et tomba même dans l'oubli jusqu'au moment où William Thomson (1824-1907) en Angleterre et Clausius (1822-1888) en Allemagne y découvrent les principes autour desquels allait de structurer la thermodynamique entre 1840 et 1865, date de publication du dernier mémoire de Clausius sur ces questions (*Théorie Mécanique de la Chaleur*).

Si Carnot peut être considéré comme le fondateur de la thermodynamique, Clausius à n'en pas douter en est l'architecte. Il établit et articule les connaissances et les lois issues de l'expérience autour des deux principes qu'il énonce de la façon suivante après avoir inventé le mot d'*entropie*, grandeur fondamentale associée au second principe de la même manière qu'il associe l'*énergie* au premier :

L'énergie de l'univers est constante	Principe de conservation
L'entropie de l'univers tend vers un maximum	Principe d'évolution

(L'univers correspondant chez Clausius à un système isolé).

Il propose enfin à la communauté scientifique d'utiliser les mêmes mots pour désigner les mêmes concepts ou les mêmes grandeurs et que l'on adopte l'expression *énergie* pour désigner la fonction que d'autres nomment chaleur totale ou travail total selon les cas. « *Le mot énergie, précisez-t-il, employé par Thomson me paraît tout à fait convenable, d'autant plus que Rankine a proposé de comprendre sous le nom d'énergie la chaleur et tout ce qui peut la remplacer. C'est à cette dernière expression que je me rallie et je nommerai U, l'énergie du corps.* »

Désormais, le concept exprime différentes formes d'énergie correspondant à des transformations diverses : changement de lieu, différence de température, phénomènes électriques, lumineux, réactions chimiques etc.

## L'énergétique ou le triomphe du concept d'énergie

En 1855, William John Macquorn Rankine avait jeté les bases d'une nouvelle théorie physique, l'énergétique, fondée



William John Macquorn Rankine (1820-1872) (à gauche), physicien écossais, fondateur de l'énergétique et Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932), chimiste germano-balte.

exclusivement sur les principes de la thermodynamique et le concept d'énergie. La tentative se justifiait par l'apparente facilité de leur application à l'ensemble des disciplines constitutives des sciences physiques. Quelques années plus tard, Friedrich Wilhelm Ostwald allait s'engouffrer dans cette voie avec quelque imprudence diront certains. Pour le chimiste allemand, l'Énergie est bien la réponse à des préoccupations que nous avons relevées déjà chez Descartes ou Leibniz : déterminer la cause des phénomènes et rechercher un invariant. « *C'est dans l'énergie que s'incarne le réel, explique Ostwald. Elle est le réel dans un double sens. D'abord en ce qu'elle est ce qui agit quel que soit l'événement considéré. C'est indiquer sa cause que d'indiquer les énergies qui y prennent part. Ensuite, elle est le réel en ce qu'elle permet d'indiquer le contenu de l'événement. Elle constitue un pôle immobile dans la mobilité des phénomènes.* »

Nombre de scientifiques, notamment allemands et autrichiens, se rallieront au projet de l'énergétique et se rassembleront autour d'Ostwald. En France par contre, ils furent peu nombreux. Seul Duhem inscrit son œuvre dans ces orientations. Le traité publié en 1911 qui regroupe l'ensemble de ses travaux scientifiques s'intitule *Traité d'Énergétique ou de Thermodynamique Générale*.

Duhem apparaît aujourd'hui comme le plus cohérent et le plus conséquent des énergétistes. Ceci dit, face aux avancées de l'atomisme et aux grandes révolutions, celle des quanta et de la relativité, l'énergétique connaîtra bien des avatars. Mais ceci est une autre histoire, d'ailleurs fort passionnante.

Ces références partielles sans doute à l'histoire d'un des concepts fondateurs de la science thermodynamique ajoutent à la cohérence de la démarche des scientifiques soucieux d'apporter à la connaissance des fondements qui, ainsi que l'affirmait Duhem, protègent le physicien « *des folles ambitions du dogmatisme comme des désespoirs du pyrrhonisme.* »

Il y a lieu de citer à ce propos l'histoire d'un concept qui est l'un des fondements des théories chimiques : l'affinité chimique. Une étude approfondie de cette notion a été réalisée au CRPP par Michelle Goupil, historienne des sciences, sous la responsabilité d'A. Pacault et présentée dans un ouvrage remarquable publié en 1991 aux Éditions du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques. Dans ce but, l'auteur avait effectué un stage d'un an au laboratoire dans lequel les aspects les plus modernes de la réaction chimique étaient étudiés. Dans la préface de l'ouvrage, intitulé *Du flou au clair ? Histoire de l'affinité chimique*,

A. Pacault précisait : « Pour écrire l'histoire des sciences postérieures au XVIII<sup>e</sup> siècle, il faut absolument avoir la double culture historique et scientifique et l'économie d'une science en marche est impossible », et il déplorait la situation de l'enseignement des sciences.

## L'enseignement des sciences et leur histoire

« Un enseignement dogmatique, précisait A. Pacault, malgré la résistance qu'on y oppose, se substitue inévitablement à une transmission réfléchie des connaissances, si leur histoire est occultée. Les esprits les plus brillants ont d'ailleurs depuis longtemps plaidé pour que les sciences ne soient pas dépossédées de leur histoire, et pour que l'épistémologie illumine les chemins qui conduisent aux concepts scientifiques actuels. Malheureusement ces voix se sont perdues dans les labyrinthes techno-bureaucratiques. »

A. Pacault fut de ceux qui résistaient à cette tendance lourde de l'enseignement dispensé dans les lycées, collèges et universités qui ne laissait aucune place à l'histoire, à la réflexion épistémologique et à la culture. Les « fondements des sciences » qu'A. Pacault enseignait dans les formations universitaires de Bordeaux (école de chimie, licence) donnaient toute leur place à ces différentes approches. Parlant de la thermodynamique, il précisait : « Ma spécialité est très fortement axiomatisée, comme le sont fréquemment les sciences très récentes. Pour permettre aux étudiants d'acquérir un savoir, certes très axiomatisé mais au niveau de notre temps, il est nécessaire de commencer par un cours dogmatique très dense, leur communiquant le bagage actuel. Ceci étant, si l'enseignant se limite à ce contenu, l'étudiant ne dispose que d'une formation intellectuelle incomplète, en quelque sorte tronquée. Il possède les définitions, les techniques, les modes de calcul du stade actuel de sa discipline, mais il ne la comprend pas réellement. Il ne possède pas le recul épistémologique indispensable. » A. Pacault divisait donc son enseignements en cinq parties, ce qu'il baptisait son « polyptique » :

I - Théorie (définitions et axiomes conduisant à une formalisation hypothético-déductive)

II - Méthodologie

III - Épistémologie et histoire des sciences

IV - Applications

V - Recherches

Il s'agit là, comme il le spécifiait, d'un choix didactique. Cet exemple nous conduit à nous interroger sur les problèmes similaires qui se posent, au-delà de l'acquisition d'une culture scientifique générale, à la formation de ceux auxquels un bagage scientifique plus conséquent est indispensable, pas seulement les scientifiques spécialisés (chercheurs et enseignants, chercheurs en biologie, physique, chimie, géologie, mathématiques...), mais aussi tous ceux dont la profession exige un contact fréquent avec une partie de la science contemporaine : ingénieurs, enseignants du premier et du second degrés, médiateurs scientifiques, médecins...

Ses engagements dans ce domaine se retrouvent dans de nombreux ouvrages de haute vulgarisation, parmi lesquels il y a lieu de citer *À chacun son temps* écrit avec C. Vidal (Flammarion, 1992), *Du feu* (Hachette, collection Questions de Science, 1995) et *Rythmes et formes en chimie, histoire des structures dissipatives* écrit avec J.-J. Perraud (PUF, 1997).

Cette contribution à la connaissance de l'œuvre d'A. Pacault en matière d'épistémologie, de didactique, d'histoire et de culture ne prétend pas à l'exhaustivité. Elle se donnait pour objectif de porter un regard particulier sur une des multiples facettes d'un brillant esprit et d'une personnalité dont le talent aura profondément marqué ceux qui ont eu le privilège de travailler auprès de lui. L'histoire retiendra assurément d'A. Pacault, l'image d'un scientifique de premier plan, curieux et exigeant, réfractaire aux *a priori* et aux dogmes établis et en quête constante d'une vérité fondée sur la raison, l'expérience et l'histoire, cette « certitude mobile de l'homme » comme la qualifiait Victor Hugo dans un beau texte intitulé « l'Art et la Science ».



### Paul Brouzeng

est historien des sciences et des techniques. Il a été professeur émérite à l'Université Paris Sud 11\*.

\* 152 cours de la Marne, 33800 Bordeaux.  
Courriel : p.brouzeng@hotmail.fr

## Graine de Chimiste



Créée en 1991, l'association a pour objectifs d'exploiter le potentiel gestuel des enfants dès leur plus jeune âge, de les motiver à recevoir ultérieurement un enseignement scientifique, d'initier tout type de public à une démarche scientifique, de sensibiliser aux valeurs telles que le soin, la sécurité, l'organisation, l'autonomie... et de donner à chacun l'occasion de mieux comprendre le monde qui l'entoure.

La méthodologie est basée sur l'affectif, la mise en confiance et le jeu. Chacun manipule selon un protocole expérimental, il s'approprie la manipulation par les sens.

Il est mis dans la peau du chimiste puisqu'il porte une blouse et se trouve responsable du matériel et des produits confiés. L'association s'adresse à tout public, particulièrement aux enfants et aux adolescents à partir de 4ans. Les activités se déroulent dans des établissements scolaires, de loisirs, culturels, de vacances... principalement en Ile-de-France, mais aussi en province ou à l'étranger.

• Association Graine de Chimiste, Université Pierre et Marie Curie, Boite 67, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05.  
Tél./Fax : 01 44 27 30 71. Courriel : gdc@cicrp.jussieu.fr. www.sfc.fr/Graine%20de%20chimiste/presentation.htm