

RECHERCHE ET INNOVATION

Trois grands Centraliens
de la Thermique

Nous associerons ici dans notre hommage trois hommes dont les recherches dans le domaine de la thermique ont eu un impact industriel direct de renommée internationale.

Tous les trois ont aussi en commun d'avoir admirablement servi ce magnifique vecteur d'énergie qu'est la vapeur, symbole de la révolution industrielle et de l'allègement du labeur de l'homme. En simplifiant, on peut dire que Marcel Véron et Albert Godel en ont essentiellement optimisé la production dans les chaudières fixes et André Chapelon la production et l'utilisation dans les locomotives.

La première qualité de Marcel Véron était une puissance d'analyse exceptionnelle, alors qu'André Chapelon et Albert Godel avaient une extraordinaire capacité inventive, mais tous les trois ont abouti au même résultat : des réalisations industrielles qui font honneur à notre école... et à la France.

Elie ABSI (56)

Marcel Véron (22 B) ♦ 1900-1984
De la cidrerie familiale à l'Académie des Sciences

Dans le domaine de la thermique industrielle, personne en France n'a travaillé autant que Marcel Véron pour un rapprochement entre l'industrie et la science. Alors que, souvent, des universitaires scientifiques bifurquent vers l'industrie, à l'inverse il commença sa carrière dans les bureaux d'études de la Société française des Constructions Babcock & Wilcox et la termina comme membre correspondant de l'Académie des Sciences.

Marcel Véron est né le 28 novembre 1900 « dans l'industrie » : son père dirigeait une cidrerie et il devait lui succéder. Cependant, ses professeurs et son oncle centralien (03), Charles Roszac, directeur d'une succursale puis directeur général de la société française Babcock & Wilcox, l'orientèrent vers le lycée Saint-Louis. Marcel Véron sortit de l'Ecole Centrale à vingt et un ans, major de la promotion 1922b des métallurgistes.

Deux raisons ont conduit Marcel Véron vers la démarche scientifique : d'une part un désir – très caractéristique – de répondre de façon rigoureuse aux nécessités techniques de l'industrie, d'autre part l'orientation qu'il a prise vers l'enseignement, dans le sillage de Charles Roszac. Il écrivit dans une notice adressée à l'Académie des Sciences : « *Beaucoup de tra-*

voux que j'ai entrepris furent, surtout au début de ma carrière, dictés soit par des nécessités industrielles immédiates, soit par des impératifs didactiques, les uns et les autres très pressants. »

Les activités multiformes d'un cerveau infatigable
Dans l'enseignement

Des la fin de son service militaire en 1924, Marcel Véron fut répétiteur du cours de Charles Roszac à l'Ecole Centrale, puis professeur de physique industrielle de 1933 à 1972. Parallèlement, Marcel Véron a occupé la chaire de thermique industrielle au Conservatoire National des Arts & Métiers de 1935 à 1972.

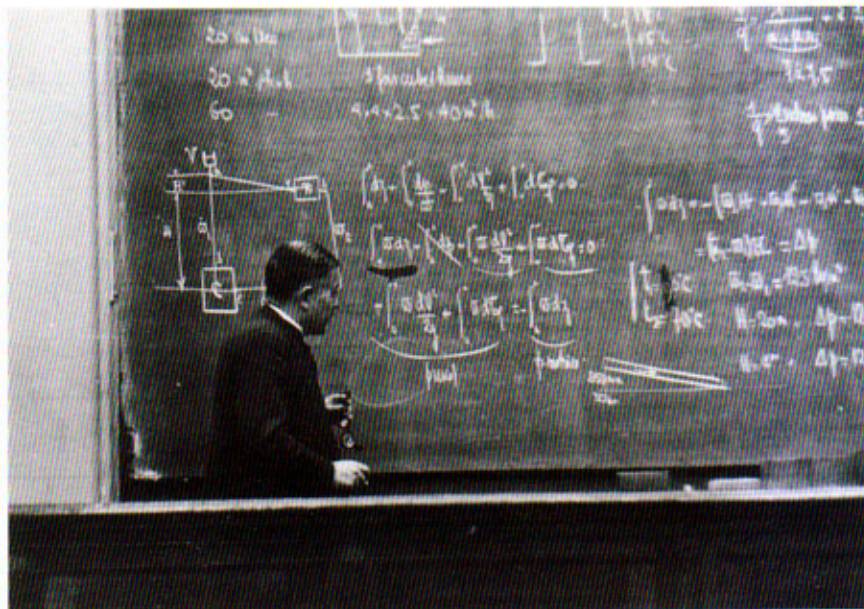
Il fut aussi « professeur d'échange » et conférencier auprès d'universités belges, allemande, italienne, yougoslaves, ainsi que membre et souvent président de nombreux jurys chargés de décerner des titres d'ingénieur et de docteur.

C'est ainsi qu'il a réellement fondé une « Ecole française de la thermique », aussi appelée « Ecole Véron », dont de nombreux élèves s'illustrèrent dans la recherche ou l'industrie.

Dans l'industrie

Des 1927, Marcel Véron a été ingénieur-conseil, puis conseiller scienti-





Marcel Véron en 1955.

fique de diverses sociétés dont la Société française des constructions Babcock & Wilcox, le plus important constructeur français de chaudières à l'époque. Au-delà de ces fonctions, il dirigea 86 thèses, dont l'objet était de répondre à des problèmes posés par l'industrie. D'ailleurs, il aimait à rappeler avec fierté que la thermique intervient dans maintes disciplines.

Dans les sociétés savantes et les instituts

Marcel Véron a été président, souvent fondateur, de nombreuses sociétés savantes, dont la Société des ingénieurs civils de France (1947), l'International Federation of Automatic Control (1956) et la Société française des thermiciens (1960-1964)...

En février 1975, il fut élu membre correspondant de l'Académie des sciences de Paris.

Un président de congrès à la fois prestigieux et minutieux

Ce fut là une activité importante qui a largement contribué à la renommée internationale de Marcel Véron, tant sa participation active dans les débats était appréciée. Il intervenait en effet directement après avoir étudié à fond toutes les communications et l'estime dont il jouissait faisait accepter des critiques, toujours pertinentes mais parfois sévères.

L'auteur de publications

Marcel Véron a publié de nombreux ouvrages dès 1927 : *Nouvelles études sur la chaleur* (1929), les comptes rendus de divers congrès, vingt-trois bulletins techniques de la Société française des constructions Babcock & Wilcox, seize communications à l'Académie des sciences, dix-sept à la Société des ingénieurs civils de France...

Marcel Véron impose la rigueur scientifique à l'industrie thermique

En matière de recherche, Marcel Véron a eu un parcours original. Il n'avait pas à sa disposition de laboratoire de grande envergure, de nature à lui permettre de poursuivre des expériences de recherche fondamentale à long terme. Sa matière première, il la puisait dans l'industrie. Il effectuait aussi volontiers la démarche inverse, en cherchant systématiquement les applications à l'industrie de toute théorie fondamentale à laquelle il s'était intéressé. C'est pour cela qu'il a assuré mieux que quiconque un lien entre l'industrie et la science.

Le principal mérite de Marcel Véron a été d'apporter – grâce à une capacité d'analyse aigüe – la rigueur scientifique à la résolution des problèmes techniques qui se posaient dans un

domaine industriel où régnait souvent précédemment un grand empirisme, ou même l'habitude de copier des réalisations étrangères.

La thermodynamique

Constatant l'évolution de la technique des centrales thermiques dans les années 20, avec l'utilisation naissante de la resurchauffe et des soutirages de vapeur, il appliqua, avec Charles Roszak, son esprit d'analyse à l'étude des cycles de vapeur et fournit aux ingénieurs des méthodes d'optimisation et des outils graphiques.

Le transfert de chaleur

Les échanges par convection

Marcel Véron s'est intéressé à la théorie frictionnaire de la convection, d'abord avec W. Margoulis en 1929 et 1930, puis Y. Rocard en 1940 et 1941 ; avec ce dernier, il montra comment est modifiée la loi d'échange de chaleur entre un fluide et une paroi lorsque le fluide est le siège d'une réaction chimique. C'est ce que l'on appelle, depuis ces études, la « convection vive ».

Les échanges par rayonnement

Il établit des formules du rayonnement des gaz, du rayonnement mutuel entre un gaz et une paroi, avec André Liébaut (26), et du rayonnement des poussières dans un gaz.

L'étude des échanges de chaleur en régime non établi

Il fournit des outils analytiques et graphiques pour l'étude des échanges de chaleur en régime variable.

Les échangeurs de chaleur

Marcel Véron a créé plusieurs théories des échangeurs largement utilisées dans les bureaux d'études, grâce à ses élèves, René Dupuy (21b) et André Liébaut (26). Dès 1936, il a montré par la théorie d'intérêt du recyclage des fumées.

Les échanges de masse, le séchage et l'air humide

Marcel Véron a effectué de nombreuses études dans ces domaines en s'intéressant à l'évaporation, à l'absorption, à la désorption et au séchage.

La mécanique des fluides

Marcel Véron fut conduit à analyser de près les phénomènes relevant de cette discipline et à en tirer des conclusions utiles à la conception et à l'exploitation des équipements thermiques : tirage naturel, répartition des fluides dans un faisceau tubulaire, réinjection des suies au foyer, hydrodynamique des fours...

La combustion

Stœchiométrie, PCI, PCS

Marcel Véron a mis en évidence et probablement découvert une propriété remarquable des combustibles, à savoir le pouvoir calorifique par unité de masse d'air : cette grandeur est pratiquement constante pour des combustibles très divers ; l'ingénieur est ainsi dispensé de la connaissance de l'analyse précise du combustible lorsqu'il détermine les débits d'air et de fumées nécessaires à la conception des équipements thermiques.

Théorie de la combustion

Etudiant les notions de déflagration et de flammes de diffusion, il a eu une approche nouvelle combinant la thermodynamique et la mécanique.

Brûleurs et foyers

On peut citer deux applications originales qui connaissent aujourd'hui un certain développement dans le prolongement des travaux de Marcel Véron : les brûleurs à ultrasons et la théorie de la formation de l'oxyde de carbone dans la combustion des solides.

Le cliquetis dans les moteurs

Cette contribution de Marcel Véron est particulièrement originale, puisqu'il a mis en évidence l'une des causes du cliquetis dans les moteurs ; il la baptisa « ressac ». On peut être admiratif devant le fait que Marcel Véron en ait découvert les causes dès 1927, avec les moyens expérimentaux de l'époque.

De vastes domaines d'application

Marcel Véron s'est d'abord penché sur la centrale thermique en général, pour en optimiser les paramètres, puis a été un promoteur précoce du chauffage urbain de Paris en 1927. Comme ingénieur-conseil de la Société française des constructions Babcock & Wilcox, il étudia les composants et les accessoires de la chau-

dière. Lors du développement du nucléaire, il s'intéressa aux échangeurs appropriés dont il établit la théorie des optimums économiques. Une telle méthode a été par la suite utilisée par les ingénieurs de la société dans divers domaines, avec une facilité accrue par le développement de l'informatique.

A titre d'illustration de son parcours inverse, depuis la science vers l'industrie, on peut citer son intérêt pour les fours à partir des théories qu'il avait élaborées dans le domaine des chaudières. De même, la connaissance qu'il avait acquise sur la vapeur d'eau dans le secteur des chaudières l'a amené à s'orienter vers les séchoirs. Enfin, ses travaux sur la combustion lui ont permis d'aborder les moteurs par l'étude du cliquetis.

Le fondateur de l'Ecole française de thermique

La gloire de Marcel Véron est d'avoir donné à la thermique française ses lettres de noblesse et d'être à l'origine de la vocation de plusieurs générations de thermiciens, qui ont eu le souci d'introduire la rigueur scientifique dans l'exercice de leur métier d'ingénieur.

André Chapelon (21) ♦ 1892-1928

André Chapelon surnommé « The Genius of French Steam » naquit le 26 octobre 1892 près de Saint-Etienne. Très tôt, il est attiré par les locomotives à vapeur qu'il voit évoluer non loin de chez lui et il comprend rapidement que le faible rendement des locomotives à vapeur peut être notablement amélioré, notamment en agrandissant les sections de passage de la vapeur.

Reçu à l'Ecole Centrale en 1913, il fait d'abord son service militaire – qui durera jusqu'en 1919. Mais il ne perd pas son temps, puisqu'il participe à l'élaboration d'abaques destinés à remplacer les anciennes tables de tir,

il met au point une méthode de tir par observation unilatérale à partir des ballons captifs. Et, en 1917, il reconstruit le réseau géodésique que les Allemands avaient entièrement détruit en développant une méthode

nouvelle appelée « cheminement orienté au soleil ».

Il rejoint Centrale en 1919. Son diplôme obtenu en 1921, il entre comme stagiaire au PLM, rejoindra rapidement le PO, puis la SNCF avant de diriger son bureau d'études privé. Commence alors une magnifique carrière d'ingénieur. Il décèdera à Paris à l'âge de 86 ans.

Sa grande connaissance des sciences de base (physique, thermodynamique, mécanique des fluides, mécanique) le conduit à examiner le fonctionnement des locomotives à vapeur et à détecter leurs points faibles. Il propose des modifications permet-

Timbre édité pour La Poste en juillet 2001.



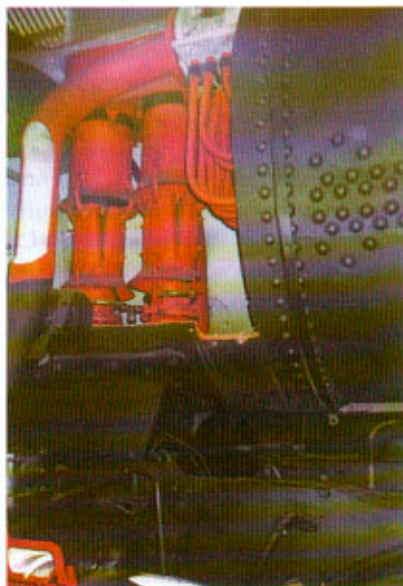


André Chapelon devant la 242 A1 à sa sortie d'usine le 18 mai 1946. La locomotive est immatriculée à la région 3 (ouest) de la SNCF. (Collection A. Chapelon).

tant de palier ces inconvénients, il soumet le fruit de ses recherches à l'expérience, en grandeur réelle, qu'il juge toujours indispensable. A ses yeux, seule la méthode scientifique permet une expérimentation cohérente et efficace. N'a-t-il pas écrit : « La science sans expérience n'est qu'illusion, et l'expérience sans la science manque d'efficacité » ?

Il est un des rares ingénieurs à analyser scientifiquement le fonctionnement d'une locomotive à vapeur. Depuis Stephenson, celle-ci n'avait

L'échappement kilchap : premier brevet d'André Chapelon.



pas beaucoup évolué. Toutes les modifications apportées l'avaient été plus par intuition que par un raisonnement scientifique. André Chapelon fait progresser le concept des locomotives à vapeur en analysant scientifiquement tous les éléments de cet engin. Il modifie un certain nombre d'organes de locomotives existantes et obtient des résultats stupéfiants. Il est souvent appelé au chevet de locomotives construites par des collègues étrangers et qui n'ont pas tenu leurs promesses. Il en diagnostique rapidement les défauts, préconise des améliorations, et rend ces machines performantes. Il donne aux machines existantes des caractéristiques équivalentes à celles des locomotives électriques ou diesel du moment.

Il prend l'habitude de tirer enseignement de ses échecs. En modifiant un à un les paramètres, il parvient à déterminer leur influence sur le comportement des machines, ce en quoi sa démarche est éminemment kantienne.

Il plaide, sans grand succès, pour les bandages cylindriques des roues. André Chapelon fait sien l'analyse rationnelle du phénomène de lacet engendré par la conicité des roues des véhicules roulant sur voies ferrées et montre la vanité d'une tentative maintenue par tradition depuis Stephenson.

Son premier brevet, « l'échappement Kilchap », porte sur le perfectionnement de l'échappement Kilalä, du nom d'un ingénieur finlandais. Il améliore « ainsi » le tirage, donc le rendement des chaudières en complétant cet échappement par un ajustage favorisant l'expulsion du mélange de la vapeur et des gaz brûlés par la cheminée.

Son premier grand succès concerne les Pacific du PO surnommées par les mécaniciens « les choléras » tellement elles étaient déficientes. Il reconstruit complètement la Pacific 3566 et obtient des résultats spectaculaires : à 125 km/h il en tire 3 000 cv, alors qu'elle développait 1 850 cv à l'origine. Ceci avec une économie de charbon de 25 %.

En 1937 il énonce « le principe des états correspondants », connu aussi sous le nom des « invariants de



André Chapelon pose à côté de sa 240-705, à Paris-Austerlitz, en mai 1937.

Chapelon », qui permet de déduire les diagrammes de Watt d'une locomotive en projet, de ceux d'une locomotive connue.

Tout au long de sa carrière il est conduit à reconstruire des locomotives à vapeur. Dès 1936 il étudie une série de locomotives nouvelles, dites locomotives unifiées, qui auraient dû remplacer le parc vieillissant des

réseaux français. Ces machines ne verront jamais le jour car la direction de la SNCF opte, en 1947, pour la traction électrique et finit par interdire toute recherche sur les locomotives à vapeur.

Son plus grand succès, la 242 A1, la plus grandiose, obtenue en transformant la 241 101, le fait surnommer « la baguette magique qui transforme Cendrillon en princesse » car d'une machine au rebut il fait la locomotive

la plus extraordinaire qui ait jamais roulé. Cette machine, capable de faire 151 km/h, développe une puissance de près de 4 000 cv, soit près du double de la locomotive d'origine. Avec cette machine, en mai 1946, il démontre que la vapeur permet de meilleurs prix de revient au mile que les meilleures machines américaines de puissances égales qu'elles soient à vapeur, à moteurs diesels ou électriques.

En guise de conclusion, laissons la parole à HCB Rogers¹ : « André Chapelon fut l'ingénieur le plus remarquable de toute l'histoire de la locomotive à vapeur. »

1. HCB Rogers, chevalier de l'empire britannique, est l'auteur de nombreux traités techniques militaires et de plusieurs ouvrages sur les LAV. Il consacra un ouvrage sur A. Chapelon traduit en français : André Chapelon, Le génie français de la vapeur, éditions CNRS, janvier 1993.

Albert Godel (22 A) ♦ 1896-1974

Un inventeur passionné

Albert Godel fut un inventeur rendu mondialement célèbre par ses découvertes dans le domaine de la fluidisation des solides.

Ce fut un homme passionné. Jusqu'à la fin de sa vie, il développa une énergie inlassable pour obtenir la mise en pratique industrielle de ses inventions.

Cette passion et cette énergie, il les manifesta dès l'âge de 18 ans, lorsqu'il s'engagea dans l'armée et participa aux grandes batailles de la Première Guerre mondiale, fut plusieurs fois blessé, cité à l'ordre de l'armée et décoré de la croix de guerre et de la médaille de Verdun.

Son imagination inventive était inépuisable : les situations industrielles concrètes qu'il a rencontrées ont toujours fait germer en lui des idées nouvelles qu'il défendait avec fougue.

Dès 1924, il invente un carburateur pour automobiles. En 1934, il fonde sa propre société, ACTIVIT, spécialisée dans la fabrication du charbon actif ; il en sera le Président-Directeur général jusqu'à sa mort.

Une découverte fondamentale

C'est en 1946 qu'il a l'idée d'appliquer le procédé de la fluidisation, alors peu connu, d'abord au charbon actif, puis à la combustion du charbon. Cela fera sa renommée. Le prin-

cipe consiste à favoriser une réaction entre un gaz et un solide grâce à la mise en suspension de celui-ci dans un « lit » fluidisé. Il est un précurseur et ne sera rejoint que bien longtemps après – sous une forme différente – lorsque se posera la question de la désulfuration en cours de combustion.

Après plusieurs tentatives de combustion en lit fluidisé, sanctionnées par un échec dû à l'agglomération des cendres, Albert Godel transforme cet échec en la remarquable découverte de ce que les Américains appelleront « the Godel phenomenon ». Il s'agit de la propriété qu'ont les particules de charbon à la température naturelle d'équilibre adiabatique du lit fluidisé, soit environ 1 100 °C, de s'agglomérer entre elles et non pas avec les particules de carbone. Ainsi, les mâchefers qui tombent au fond du lit sont pratiquement exempts de carbone et sont extraits par une grille inclinée. Les procédés de fluidisation développés à l'étranger bien plus tard consisteront à éviter l'agglomération en refroidissant le lit fluidisé par des échangeurs, ce qui constitue une complication redoutable.

Le développement industriel de son invention

Le procédé Godel, appelé « Ignifluid », s'est développé à partir des années 50 en collaboration avec la Société française des Constructions Babcock & Wilcox, puis Babcock Atlantique et enfin Fives-Cail

Babcock, avec notamment la construction de la centrale électrique de Casablanca, puis a retrouvé un premier regain d'intérêt lors du renouveau du charbon dans les années 70. Enfin, les soucis d'environnement et l'adaptation d'un procédé de désulfuration, ont relancé cette technique, avec notamment la réalisation de la centrale de la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain à Saint-Ouen.

De multiples qualités au service d'une très longue carrière

Albert Godel était certes un inventeur inspiré, mais il avait bien d'autres qualités : il se révéla un habile négociateur et un opiniâtre défenseur de ses idées techniques dans le monde entier, où il comptait de nombreux licenciés. Cependant, toujours à la poursuite de nouvelles idées, même à un âge avancé, il lui arrivait d'être, comme tout inventeur, un peu distrait : c'est peut-être au cours d'une telle méditation qu'en 1974 un accident mortel de la route interrompit tragiquement sa pensée encore fertile, à l'âge de 79 ans. ■

Paul COSAR (49)

Jean-Jacques WERLING (56)

Il faut préciser que Jean-Bertrand Kammerer, professeur de mathématiques à Centrale, était également co-auteur de la première partie de cet article paru en octobre-novembre.