

# Auguste Cahours (1813-1891)

## Les densités de vapeur, les organométalliques et la valence

Josette Fournier

- Résumé** Polytechnicien, formé à l'école de Chevreul et collaborateur de Dumas, académicien, Cahours a enseigné la chimie générale et organique à l'École centrale et à l'École polytechnique. Il a notamment découvert l'alcool amylique, le salicylate de méthyle, la préparation des chlorures d'acides et la pipéridine. Ses recherches ont fixé l'attention des chimistes sur les acides à fonctions mixtes de la série aromatique. On lui doit la perchloration et la sulfonation. Ses travaux sur les densités de vapeur anormales, avec ses recherches sur les « radicaux », ont constitué l'un des plus solides arguments en faveur de la théorie d'Avogadro.
- Mots-clés** Histoire de la chimie, Auguste Cahours, alcool amylique, salicylate de méthyle, acides aromatiques à fonctions mixtes, densités de vapeur anormales, radicaux, valence.
- Abstract** **Auguste Cahours (1813-1891): vapour densities, organometallic compounds and valency** Cahours entered Polytechnic school. Belonging to the Chevreul's network, he collaborated with Dumas. He was proud to be elected to the Sciences French Academy. He taught general and organic chemistry in Central school and Polytechnic school, and discovered amyl alcohol, methyl salicylate, the preparation of acid chlorides and piperidine. His researches engaged chemists' attention on aromatic acids with mixed functions. He investigated abnormal vapour densities and metal alkyls, these works were the main arguments in favour of Avogadro theory.
- Keywords** History, Auguste Cahours, amyl alcohol, methyl salicylate, aromatic acids with mixed functions, abnormal vapour densities, metal alkyls, valency.



**Auguste Cahours.**

Lithographie de A. Fuhs d'après une photographie de Pierre Petit.

Il y aura 200 ans cette année naissait Auguste André Thomas Cahours le 2 octobre 1813 à Paris, 4 rue de Provence, où son père, prénommé André, possédait une échoppe et exerçait le métier indépendant de tailleur avant d'être employé au Ministère des Finances comme vérificateur à la comptabilité générale des receveurs de l'enregistrement et des domaines. Sa mère était née Rose Adélaïde Cartront. Cahours avait un jeune frère, Louis, né le 18 juin 1820. Il fut toute sa vie très attaché à sa famille. Le 16 août 1843, il épousait Maria Robilliard, née en 1821, dont le père, Ambroise Jacques (1788-1871), était adjoint au maire du 6<sup>e</sup> arrondissement. Deux fils sont nés de cette union : Georges, le 24 août 1844, et André, le 26 janvier 1848, dont Cahours était très fier. Hélas, le premier, ingénieur civil, décède le 16 novembre 1867, et le second, médecin à l'hôpital militaire du Gros-Caillou, meurt le 8 décembre 1870. Malgré ses convictions religieuses constantes, après le décès de son épouse et de son frère, Cahours ne se consola pas de la disparition de ces jeunes gens, célibataires, qui partageaient sa vie à l'Hôtel de la Monnaie – « *Il ne passait jamais une semaine sans se rendre au cimetière* » (Étard).

Il se remaria discrètement en 1881 avec Madeleine Levant, de vingt ans sa cadette, qui sut créer autour de lui « *une atmosphère de paix et de repos* » (Gautier), animée par les visites fidèles de ses élèves. Il est mort le 17 mars 1891 à son domicile parisien, 40 boulevard Haussmann.

## Itinéraire universitaire et professionnel

À l'issue de ses classes de mathématiques élémentaires et spéciales au Collège royal de Bourbon, Cahours entre à l'École polytechnique en 1833. Il en sort dans le Corps d'État-Major en 1835 dont il démissionne rapidement pour rejoindre le 1<sup>er</sup> juin 1836, comme préparateur au Muséum d'histoire naturelle, Eugène Chevreul qui était examinateur de sortie en chimie à l'École polytechnique depuis 1821.

Le 1<sup>er</sup> juin 1838, Dumas l'appelle comme répétiteur, puis directeur des laboratoires des élèves à l'École centrale des arts et manufactures. Chargé des analyses dans le laboratoire du Muséum, Cahours n'a guère le loisir de s'adonner à des travaux personnels ; en 1838-1839, il loue, avec Henri Sainte-Claire Deville et Charles Gerhardt, un local rue de la Harpe pour y effectuer des recherches sur les huiles essentielles. Gerhardt avait été aussi introduit par Cahours dans le laboratoire de Chevreul à son arrivée à Paris. Dans sa *Notice sur Charles Gerhardt*, destinée à la Royal Chemical Society de Londres (1856), Cahours écrit : « *C'est là que nous entre-prîmes en commun, sur les huiles essentielles et notamment sur les composés de la série cuminique, un travail qu'il a poursuivi plus tard de son côté sur diverses essences.* »

À la rentrée 1839, il cumule son emploi à l'École centrale avec un poste de répétiteur auxiliaire (sans salaire) à l'École polytechnique. Il fréquente alors le laboratoire privé de Dumas, rue Cuvier, en même temps que Wurtz, Piria, Péligot, Melsens : « [...] *ne pouvant, dit Dumas, exécuter par moi-même toutes les analyses que nous avons en vue (avec Boussingault), j'ai été heureux de trouver dans la collaboration de M. Cahours [...] un secours qui me devenait indispensable.* » Il contribue aussi à la rédaction du *Traité de chimie* de Dumas, dans lequel il développe l'usage des équations et des formules. À partir de 1841, il est répétiteur adjoint à l'École polytechnique, puis répétiteur de 1845 à 1852.

Depuis 1851, il remplace Chevreul, démissionnaire, comme examinateur de sortie dans cette école, et conserve cette fonction jusqu'en 1871. En 1845, il soutient une thèse de doctorat sur les densités de vapeur. La même année, il devient professeur adjoint de chimie générale à l'École centrale où il dispose d'un laboratoire depuis 1841 ; il est titularisé dans ce poste à la succession de Dumas en 1853 et y restera jusqu'en 1873.

En 1850, il doit à la protection de Dumas d'être nommé professeur à la Manufacture des tabacs. En 1851, il devient son suppléant à la Faculté des sciences de Paris. On sait qu'il a donné à la Sorbonne, avec Alfred Riche, un cours en douze leçons pour l'enseignement secondaire des filles, publié en 1869 sous le titre de *Chimie des Demoiselles*.

Le 26 avril 1853, il succède à Auguste Laurent au poste d'essayeur à l'Hôtel de la Monnaie ; de 1868 à 1887, il reste attaché à cette institution comme vérificateur des essais à la Direction générale des monnaies et médailles.

Nommé membre du Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique en 1853, il en démissionne en 1872.

En 1864, il devient professeur adjoint de chimie à l'École polytechnique, avant de succéder en 1871 à Victor Regnault comme professeur titulaire ; il se retire le 12 juillet 1880 avec le titre de professeur honoraire et est remplacé par Édouard Grimaux.

Élu à l'Académie des sciences et belles-lettres de Rouen en 1846, il a été également membre de l'Académie de Dijon et de la Société académique de Cherbourg. En 1856, il est choisi pour succéder à Charles Gerhardt par la Royal Chemical Society, et le 19 décembre 1867, il remplace Jules

Pelouze comme correspondant de l'Académie de Berlin. Enfin, il accède à l'Académie des sciences de Paris, où il est élu le 11 mai 1868 à la succession de Dumas, nommé secrétaire perpétuel – « *le rêve de sa vie d'homme de sciences* » (Grimaux). « *Que saurait désirer de plus, disait-il à ses amis [...] le savant qui, avec une fortune modeste, arrive à s'asseoir enfin à l'Académie à côté de ses maîtres ou de ses pairs ?* » (Gautier).

L'Académie des sciences l'a honoré à deux reprises du prix Jecker : une première fois en 1860 – prix partagé avec Adolphe Wurtz – pour ses travaux sur les radicaux, et une seconde fois en 1867 pour ses études sur les densités de vapeur. Il a laissé à l'Institut le soin d'attribuer annuellement à un jeune chercheur un prix de 5 000 francs qui portait son nom.

Cahours a été fait successivement chevalier de la Légion d'honneur (1846), officier (1863) et commandeur (1880).

Il était membre de la Société philomathique de Paris (1840), de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (et administrateur en 1844) et de la Société chimique de Paris (1858, soit juste un an après sa fondation).

Juste après la guerre franco-allemande de 1870, il est le premier Français coopté par la Société chimique allemande, avec le soutien d'Hofmann.

## L'homme et l'enseignant

Dans la notice qu'il lui a consacrée, Alexandre Étard, qui fut son élève, décrit Cahours comme un homme passionné, entreprenant, tenté à sa sortie de l'École polytechnique par une carrière littéraire (poésie). Comme Édouard Grimaux et Armand Gautier, il souligne son « *esprit généralisateur* ».

« *Généreux d'idées* » et fidèle en amitié, Cahours a entretenu une correspondance et des collaborations, non seulement avec des maîtres, pairs et élèves français (Chevreul, Dumas, Gerhardt, Deville, Riche, Pelouze, Demarçay, Gal, Étard...), mais aussi avec de nombreux étrangers, rencontrés à Paris ou visités chez eux (Malaguti, Cannizzaro, Arnaudon, Hofmann, Frankland...). Il est l'un des savants français qui a eu le plus de contacts avec les chimistes étrangers. Il était spécialement bienveillant avec les débutants. Dans sa *Notice sur la vie et les travaux d'A. Étard* (1911), Lebeau écrit à propos de Cahours : « *Ce savant bon et affable, aimant les jeunes, le guida et le conseilla comme s'il eût été son fils.* »

Ce républicain convaincu n'est pas un révolutionnaire ; le 28 juin 1841, il écrit à Gerhardt : « *Je vous vois avec peine en lutte avec des hommes qui sont à la tête de la science.* » Sage ou conformiste, il poursuit : « *La manière dont sont écrits quelques passages (de votre mémoire) a dû être blessante pour certaines personnes, aussi je ne m'étonne pas que vous ayez soulevé tant de monde contre vous ; il y a certaines manières de présenter les idées, même les plus saines et les meilleures, qui font qu'elles ne réussissent pas* » (3 octobre 1842). Le 26 février 1843, il se défend de manquer d'audace : « *Croyez bien que, quoique mou de ma nature et m'étant laissé mener depuis longtemps, je ne serai pas néanmoins homme à sacrifier mes amis sans prétexte [...].* »

Grimaux invoque des origines sociales modestes : « *Il avait une grande timidité ; par respect pour ses maîtres souvent il n'osait pas tirer de sa propre découverte les conséquences que lui-même y voyait [...]. Sa modestie excessive, son manque de hardiesse dans l'édification des théories l'ont donc laissé dans une ombre imméritée.* » Il n'osera pas s'exprimer dans la notation atomique : selon Étard, « *écrivant ses formules en équivalents, il conseillait vivement à ses*

(élèves) d'adopter la théorie atomique pour leurs travaux et dans les notes qu'il leur présentait à l'Académie. Pour ne point faire de même, il alléguait en riant son âge [...]. »

Il était reconnu comme « un excellent professeur », ses cours publiés de chimie générale à l'École centrale et de chimie organique à l'École polytechnique, ainsi que ceux qui sont rédigés « en direct » par les élèves de la seconde école qui assistaient à ses leçons, témoignent de la qualité de leurs contenus, de l'expression très vivante de son auteur et du souci constant qu'il avait de leur actualisation. Il adopte les idées de Gerhardt et son classement par séries.

Comme membre du Conseil de perfectionnement, il était chargé de faire des rapports sur les leçons de chimie, dans lesquels s'expriment ses convictions pédagogiques : en 1854, il assiste dans la deuxième division à deux leçons, l'une sur les combinaisons oxygénées de l'azote, l'autre sur « l'extraction des métaux terreux » (aluminium). Il souligne l'intérêt des « expériences propres à graver les faits dans la mémoire des élèves et à leur faire comprendre l'esprit des méthodes employées en chimie. » Il apprécie la liaison des faits aux « grandes théories », l'abandon des « faits de détail » que les élèves peuvent trouver dans les livres et l'appel au « raisonnement » plutôt qu'à la mémoire : « En effet au lieu d'un simple examen oral devant le tableau noir, il (le professeur) leur donne des substances à reconnaître en leur fournissant tous les réactifs nécessaires », ce qui les oblige à « repasser » toutes les leçons antérieures. Dans la première division, il a suivi une leçon de Regnault sur le lait, le sang, la bile, l'urine, et la séparation de leurs principes immédiats, terminée « par une description sommaire de la fabrication de la bière et de la panification. » La seconde leçon portait sur la fabrication du vin, l'extraction du sucre, la préparation du noir animal et celles des savons et des bougies à partir des corps gras. Le professeur, dit-il, « a fait voir comment la théorie peut rendre compte des faits qui se produisent dans la pratique, il est néanmoins regrettable qu'on ne puisse donner à ces matières [...] une suffisante étendue. »

Les rapports de Cahours, comme examinateur de sortie, sont beaucoup plus détaillés que ceux de son prédécesseur. En 1858, il se félicite que des élèves aient cherché des compléments « en dehors des cours », qu'ils connaissent les appareils d'analyse et les préparations usuelles. « Beaucoup s'étaient efforcés de s'assimiler plutôt l'esprit des méthodes que de retenir les faits de détails, progrès fort notable que je suis heureux de signaler. »

Plusieurs historiens ont fait état d'un retard à employer des formules et des équations dans l'enseignement de la chimie à l'École polytechnique. C'est un jugement qu'infirme ce rapport, daté de 1858, en même temps qu'il souligne le rôle de Cahours pour répandre cet usage : « Depuis longtemps j'avais demandé, de concert avec les professeurs que les élèves fussent exercés dans les cabinets par les répétiteurs à faire des applications numériques des formules et des équations chimiques par lesquelles nous représentons les réactions et qui permettent à l'esprit de saisir plus facilement l'ensemble des phénomènes. » Il a constaté, dit-il, « une amélioration très appréciable ». Enfin, il insiste sur la nécessité d'entraîner les élèves à s'exprimer oralement, « mode bien préférable aux compositions écrites ».

## Principaux travaux scientifiques

Au Muséum, Chevreul confie à Cahours un litre d'« huile » de pomme de terre. Cahours soupçonne qu'il s'agit d'une substance analogue au méthanol récemment

découvert par Dumas et Péligot. Malgré des difficultés expérimentales dues à son insolubilité dans l'eau, il prépare divers dérivés de cette huile – esters, éthers, acides – qui confirment son hypothèse et il l'appelle alcool amylique (1839). Avec l'esprit-de-vin (éthanol), l'esprit-de-bois (méthanol) et l'éthyl de Chevreul (alcool cétylique), c'était le quatrième terme d'une série définissant la fonction alcool.

Avec Gerhardt, Cahours fait l'analyse immédiate de l'essence de cumini et prépare une série de dérivés benzoïques.

En 1840, avec Edmond Becquerel, il met au point une méthode de mesure de l'indice de réfraction de liquides organiques et s'efforce de formuler des corrélations entre leur indice de réfraction et leur composition élémentaire.

En 1844, Cahours publie un gros mémoire dans le *Recueil des Savants étrangers* sur l'extrait de fleurs de *Gaultheria procumbens*. Il en a isolé un produit dont il a fait la synthèse et prouvé son identité avec le salicylate de méthyle. Ce produit était appelé à jouer un grand rôle thérapeutique, puisqu'il donna accès à l'aspirine. Cahours établit à son propos la première formule de constitution fonctionnelle. Ces recherches ont fixé l'attention des chimistes sur les acides à fonctions mixtes de la série aromatique.

## Les densités de vapeur

En 1845, il soutient une thèse de doctorat : il soupçonnait que les anomalies rencontrées par Dumas dans la mesure de densité de vapeur de l'acide acétique, et qui avaient conduit ce savant à condamner la théorie atomique, pourraient provenir d'une « action condensante » (association) qui devait « s'affaiblir à mesure qu'on élèverait la température » ; il obtient en effet un nombre conforme à la théorie à partir de « cent vingt degrés au-dessus du point d'ébullition ». Il étend l'explication aux acides méthanoïque, butanoïque, valérique, « d'anis et de rue ». On sait aujourd'hui que les acides carboxyliques s'associent en dimères par liaison hydrogène, conduisant à des valeurs trop grandes de la densité de vapeur au voisinage de leur point d'ébullition, et variables avec la température.

Il interprète les anomalies inverses de densité de vapeur du pentachlorure de phosphore par sa dissociation en trichlorure de phosphore et dichlore. Ce sont les premières études quantitatives de l'influence de la température sur les équilibres chimiques. En outre, avec ses recherches sur les « radicaux », ces travaux constituent « l'un des plus solides arguments en faveur de la théorie d'Avogadro » (Grimaux). Ils sont invoqués lors du Congrès de Karlsruhe (1860) lorsque la plupart des chimistes européens se rallient au système d'écriture de Gerhardt et à la théorie atomique. D'après la loi d'Avogadro-Ampère, les formules moléculaires relatives devaient correspondre au même volume de vapeur, soit quatre volumes « en prenant comme unité de volume, le volume occupé par 8 (g) d'oxygène. »

Cahours a mis au point deux méthodes de synthèse passées dans la pratique courante : la perchloration et la sulfonation. En 1848, il découvre la préparation des chlorures d'acyle en faisant réagir du « perchlorure de phosphore » (PCl<sub>5</sub>) sur les acides benzoïque, cuminique, anisique, etc. ; il ouvre ainsi la voie à la découverte des anhydrides d'acide par Gerhardt. En 1849, il démontre la supériorité du mélange sulfonitrique sur l'acide nitrique seul, pour obtenir des dérivés nitrés aromatiques.

Il découvre l'acide anisique (acide 4-méthoxybenzoïque), l'anisol (méthoxybenzène) et le phénétol (éthoxybenzène). Il prépare ces éthers-oxydes par l'action de la chaux (CaO) sur

un ester du phénol avec élimination de carbonate de calcium ; cette réaction est appelée « *réaction typique de Cahours* ».

Avec Dumas, il analyse des substances protéiques et extrait la vitelline du jaune d'œuf (1842). Il établit l'identité de la leucine de Mulder avec l'oxyde caséeux de Proust et l'apospédine de Braconnot, ainsi que sa composition élémentaire.

Il prépare des acides aminés aromatiques. Soupçonnant l'analogie du glyocolle avec ceux-ci, il réussit à reproduire cet acide aminé naturel, par réaction entre l'acide chloroacétique et l'ammoniac, et à démontrer sa structure.

Après le toluène, extrait de la résine benjoin en 1840, il découvre en 1850 le xylène dans les huiles légères de la distillation du bois, et en 1864, avec Jules Pelouze, un grand nombre d'alcanes nouveaux dans les pétroles d'Amérique.

### Les organométalliques et la valence

En 1852-1853, avec Alfred Riche, il prépare des organostanniques (« *radicaux organiques* »). En 1854, ils fixent la valence du « *radical cacodyle* » ( $\text{Me}_2\text{As}$ ) et la formule du « *cacodyle* » libre découvert par Bunsen ( $\text{Me}_2\text{As}-\text{AsMe}_2$ ) en utilisant la loi d'Avogadro associée aux densités de vapeur. En 1860, Cahours étend ces recherches à des organométalliques dérivés du magnésium, de l'aluminium, du zinc, du mercure, de l'antimoine, du plomb... Ce sont ses recherches qui ont été les plus médiatisées, en particulier par la conférence qu'il a donnée à la Société chimique de Paris le 30 mars 1860. Par l'intermédiaire de Frankland chez lequel il avait rencontré Hofmann, et par l'école anglaise de Williamson, ces travaux ont contribué à inspirer à Kékulé sa théorie de la valence.

En 1853, Cahours isole la pipéridine dans les produits de dégradation alcaline de la pipérine (alcaloïde à fonction amide du poivre). En 1856, avec Hofmann, il découvre la série des alcools allyliques, puis une méthode de préparation des triméthyl- et triéthylphosphines.

En 1864, il publie des « *Recherches sur les corps isomères* » dans lesquelles il montre par voie chimique que le « *chlorobenzol* » ( $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CHCl}_2$ ) et le « *toluène bichloré* » ( $\text{C}_6\text{H}_3\text{Cl}_2-\text{CH}_3$ ) sont des produits distincts.

Il s'intéresse à des questions physiologiques, faisant des expériences sur la respiration des fruits et des fleurs (1864), à l'action pharmacologique d'amines et d'alcaloïdes (avec Jolyet, 1865). Avec ses élèves – Gal, Demarçay et Étard –, il étudie respectivement des composés organiques du platine, de l'étain, et prépare des dérivés de la nicotine.

L'œuvre scientifique de Cahours est donc considérable ; il a largement contribué aux avancées de la chimie organique, dans la connaissance des corps aromatiques, celle des combinaisons organométalliques, dans l'édification de la théorie de la valence et l'usage d'un langage spécifique (formules et équations). La plupart de ses travaux sont entrés dans le « *bagage* » commun des chimistes. Il est l'un des principaux acteurs du passage de la chimie organique des principes immédiats à la chimie de synthèse.

### Principales publications

Une liste des publications de Cahours se trouve dans la notice nécrologique que lui a consacrée Étard (voir dans les références).

- *Leçons de chimie générale élémentaire : leçons professées à l'École centrale des arts et manufactures*, **1856**, **1860**.

- *Traité de chimie générale élémentaire : leçons professées à l'École centrale des arts et manufactures*, 2<sup>e</sup> éd., 3 vol., Mallet-Bachelier, Paris, **1860**.

- *Histoire des radicaux organiques : leçons professées à la Société chimique de Paris le 30 mars 1860*, Société chimique de Paris, **1861**.

- *Recherches sur les radicaux organométalliques*, Mallet-Bachelier, **1860**.

- *Chimie des Demoiselles : leçons professées à la Sorbonne par MM. Cahours et Riche*, Paris, Bibliothèque d'Éducation et de Récréation, **1869**.

- *Traité de chimie générale élémentaire : Chimie organique. Leçons professées à l'École polytechnique*, 3<sup>e</sup> éd., 3 vol. Gauthier-Villars, **1874-1875**.

### Références

- Archives nationales : LH/404/67 et F17/40059 ; [www.bibliotheque.polytechnique.edu](http://www.bibliotheque.polytechnique.edu) ; Archives de l'Académie des sciences ; Archives de Paris ; Archives de la Monnaie ; Archives de l'École polytechnique.
- Étard A., Notice sur la vie et les travaux de Auguste-Thomas Cahours, *Bull. Soc. Chim.*, Paris, 3<sup>e</sup> série, **1892**, vol. 7, p. I-XII.
- Gautier A., L'œuvre de M.A. Cahours, *Revue scientifique*, **1891**, p. 47 ; Funérailles de M. Auguste Cahours, Institut de France.
- Grimaux E., L'œuvre scientifique d'Auguste Cahours, *Revue scientifique*, **1892**, p. 97.
- Tiffeneau M., *Correspondance de Charles Gerhardt*, 2 vol., Masson, Paris, **1918** et **1925**.
- Fournier J., Histoire des radicaux : contribution d'Auguste Cahours (1813-1891), *Rev. Hist. Pharm.*, **2007**, 54(352), p. 453.
- Payen J., Cahours Auguste André Thomas, *Complete Dictionary of Scientific Biography*, **2008**, [www.encyclopedia.com/doc/1G2-2830900747.html](http://www.encyclopedia.com/doc/1G2-2830900747.html).

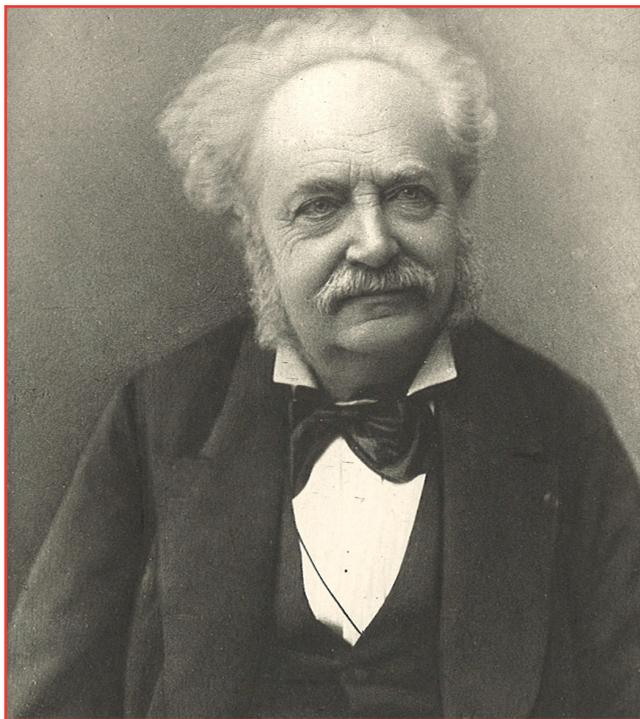


Photo : Eugène Pirou.



**Josette Fournier\***

est professeur hors cadre des universités.

\* 21 parc Germalain, F-49080 Bouchemaine.  
Courriel : [josette.fournier4@orange.fr](mailto:josette.fournier4@orange.fr)