

Types et structure chimiques : deux modes d'abstraction de la chimie du XIX^e siècle

Marika
Blondel-Mégrelis

L'époque dont il est traité ici n'est pas seulement importante, pour l'histoire de la chimie, par le volume incroyable des "découvertes" de la chimie organique. Elle est aussi cruciale, à mon sens, pour l'"esprit" chimique moderne. Entre les types et la structure, la chimie hésite entre un empirisme devenu traditionnel et âprement défendu (au moins en paroles) par les grands noms de la chimie de l'époque et les tenants des positions fortes, et la nécessité d'une "spéculation" théorique qui, seule, devrait permettre "de se diriger dans le labyrinthe" de la chimie et, tout spécialement, de la chimie organique, ainsi que l'écrivait Auguste Laurent à la veille de sa mort.

Mais la théorie, pour ces auteurs (Couper, Kékulé, Boutlerow), n'est plus du tout entendue dans le sens péjoratif de "rêverie" que lui donnait Berzelius, parfois "imagination" de l'homme quant à la "nature intime" des phénomènes, et donc située au-delà de ce qu'il lui est donné de "voir". Elle est désormais une "construction" de l'esprit que le chimiste soumet impitoyablement aux faits, et qui constitue un moyen de se représenter les phénomènes et un guide pour la recherche.

En 1867, Charles Friedel et Auguste Ladenburg introduisaient ainsi leur Mémoire : *Sur un nouvel Hydrocarbure*, paru dans le *Bulletin de la Société Chimique de Paris* : "S'il est un fait qui mette bien en évidence les progrès réalisés pendant ces dix dernières années en chimie organique, c'est la nécessité où se sont trouvés les chimistes de franchir les bornes que Gerhardt semblait avoir posées pour longtemps à leurs recherches, lorsqu'il énonça cette pensée que les formules chimiques n'étaient que des formules de réaction et que la véritable constitution des corps nous resterait toujours inconnue" [1].

Ce texte nous paraît propre à présenter l'opposition plus ou moins tranchée que les chimistes soulignent, ou bien qu'ils ont tendance à gommer [2], entre le principe de la formule typique (formule de réaction dont la fin est d'exprimer les phénomènes de métamorphose chimique [3]) qui n'est que formule de transformation des substances [4], et le principe de la formule de constitution, baptisée par Boutlerow formule de structure chimique parce que "l'on n'a pas encore attaché de significations différentes" à cette dénomination et qu'elle est "par cela même moins susceptible de donner lieu à des malentendus" [5] : il s'agit d'exprimer la relation chimique des atomes élémentaires qui entrent dans la composition de la molécule [6].

Mais il nous paraît également propre à ouvrir un débat : y a-t-il compatibilité entre le principe du type chimique et celui de la structure ? La structure n'est-elle que l'expression à la fois purifiée et "enrichie par la recherche des temps modernes et la découverte de quelques cas très instructifs d'isomérisation" [7] ? Ou existe-t-il entre ces deux "écoles" une irréductibilité du point de vue des principes et des objectifs posés pour une connaissance scientifique ?

En résumé, et en reprenant les termes mêmes du passage sus-cité :

– Y a-t-il progrès ? Ce progrès serait daté de 1857. Or c'est précisément l'année de la fondation de la Société Chimique de Paris [8].

– Y a-t-il eu nécessité ? Quelle nécessité ? franchir les bornes – quelles bornes ? – posées par Gerhardt. Curieux paradoxe pour ceux qui commencent à estimer à cette époque que Gerhardt serait l'un des fondateurs de la chimie moderne, demeuré durant toute sa vie objet de méfiance, de mépris ou de dérision, "bandit de grand chemin" ou, ce qui revient presque au même, ami d'un bandit de grand chemin, pour les partisans de la chimie établie : Berzelius, Dumas, Liebig, pour ne citer que quelques noms.

De quoi est révélateur le fait que l'on puisse à ce moment dire, et sans nuance péjorative, qu'un chimiste "énonce une pensée" alors que, si longtemps, le chimiste avait été tenu, au moins pour le principe, à collecter et classer des faits en s'abstenant autant que possible d'émettre un quelconque jugement sur les faits, ou de réviser en quoi que ce soit la méthode chimique, pensée par Dumas comme éternelle : "Anciens ou modernes, les chimistes veulent voir avec les yeux du corps avant d'employer ceux de l'esprit" [9] ?

Que faut-il penser de cette opposition qui paraît nettement tranchée entre les formules de réaction et celles de constitution ? Doit-on y voir une résurgence de la querelle des équivalentistes et des atomistes ? Souvenons-nous de la 7^e leçon de philosophie chimique de Dumas (1836) : "Si j'en étais le maître, j'effacerais le mot *atome* de la science, persuadé qu'il va plus loin que l'expérience ; et jamais, en chimie, nous ne devons aller plus loin que l'expérience" [10] ; point de vue que nous situerons par rapport à celui de Boutlerow, 28 ans plus tard : "Je pense qu'il est utile, pour le moment, de laisser de côté, l'hypothèse atomique, qui, quoique probable, n'est pas encore nécessaire pour nos considérations purement chimiques" [5].

Que penser de cette préoccupation de *formulation* énoncée comme constituant le cœur même du problème chimique de l'époque ? En quoi est-elle nouvelle ? De quel changement – de méthode, de discours – est-elle le signe ? Marque-t-elle l'opposition, soulignée par Boutlerow en 1882 dans une lettre à Würtz, entre deux classes de chimistes ? D'une part, les "penseurs scientifiques" qui prennent "part à la création elle-même des vues théoriques", qui donnent à la "science non seulement des faits mais aussi des principes généraux" ; d'autre part, ceux qui se livrent à "des recherches patientes et détaillées dans une voie déjà indiquée par les *chimistes théoriciens*" – expression impensable une dizaine d'années plus tôt ! – et "dont les recherches se rapportent exclusivement aux faits" [11].

Dès sa mise en place par Dumas [12], la théorie des types, en effet, s'appuie sur une loi, "une loi empirique et rien de plus", la loi des substitutions (la *métalepsie*) : elle "exprime une simple relation expérimentale ; elle se *borne* à énoncer un rapport souvent observé entre l'hydrogène perdu et le chlore absorbé par un corps hydrogéné soumis à l'action du chlore. Cette loi établit *seulement* que si la substance perd 1, 2, 3 équivalents d'hydrogène, elle gagnera 1, 2, 3 équivalents de chlore" [13]. Quant à la théorie des types, "elle va *plus loin*", elle "explique ce que la loi des substitutions *ne fait que préciser*". Elle "envisage les corps organiques comme étant formés de particules qui peuvent être *déplacées* et *remplacées*, sans que le corps soit détruit, pour *ainsi dire*" [14]. Les corps appartenant à un même type chimique seront donc définis par Dumas comme des corps :

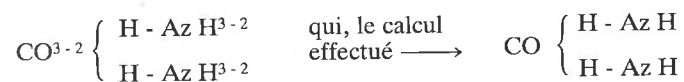
- renfermant le même nombre d'équivalents,
- unis de la même manière,
- jouissant des mêmes propriétés fondamentales [15].

Ainsi, la théorie des types va plus loin que l'expérience. De considérations empiriques typiquement lavoisiennes – relations pondérales –, elle passe à des "*spéculations*" objet d'ire pour Berzélius quant à l'*arrangement* qui est, et qui nous demeurera peut-être toujours inconnaissable, ne serait-ce que "parce qu'il ne nous est pas *donné* de *voir* l'infiniment petit", dira Charles Gerhardt.

C'est à cet entraînement de l'observé vers le non observable, et quoique la déduction ne soit jamais rien que "produite naturellement", que Dumas n'a pas pu résister, quoiqu'il s'en défende : "Régulé par l'expérience et retenu par elle en de sages limites" [16] ; et quoique, dans ses types mécaniques, il donne encore une plus large part à la spéculation puisqu'il supprime la condition des propriétés fondamentales semblables [17]. C'est à cet entraînement que tentera de réagir Charles Gerhardt :

1) en préconisant de revenir aux seules *formules brutes* qui semblent encore le seul recours possible si l'on veut s'en tenir aux seuls faits [18] ;

2) en imaginant des "*formules de résidu*" "qui doivent symboliser, par des équations contractées, les métamorphoses qui caractérisent les corps". Ainsi on écrit l'urée [19] :



3) c'est dans un souci de classification (que d'ailleurs Dumas avait déjà) que Ch. Gerhardt met au point son système de formules typiques : "Sérier les corps organiques, c'est-à-dire déterminer les lois d'après lesquelles se modifient les propriétés dans un type donné par la substitution d'un élément ou d'un groupe d'éléments à d'autres éléments, tel est le but constant du chimiste philosophe" [20]. Ce système est fondé sur les 4 types [21] :

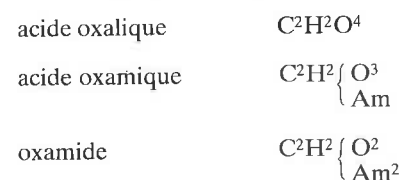


"Dans l'état actuel de la science, les composés organiques peuvent être ramenés à 3 ou 4 types, susceptibles chacun de donner des séries semblables à celles que présentent l'acide formique et

l'acide stéarique, la potasse et l'acide sulfurique" [22]. "En échangeant leur hydrogène contre certains groupes, ces types donnent naissance aux acides, aux alcools, aux éthers, aux hydrures, aux radicaux, aux chlorures organiques, aux acétones, aux alcalis" [23].

Mais il s'agit ici pour lui d'un principe *formel* de simplification : "on rapporte à un petit nombre de composés de la chimie minérale les composés organiques. Et les groupes ou radicaux organiques qui reviennent dans l'écriture typique [24] ne représentent pas une entité chimique : "contrairement à la plupart des chimistes, je prends l'expression de radical dans le sens de rapport, et non dans celui de corps isolable ou isolé", écrit-il dans son *Traité de chimie organique* [25].

Mais, une fois encore, l'écriture typique dit davantage que le *principe* typique ; lorsque Gerhardt écrit :



il écrit, quand même, que 1 puis 2 radicaux Am ont *remplacé* (= pris la place), dans le système, 1 puis 2 équivalents d'oxygène [26].

Quand il écrit la benzoylamide :

$$\text{N} \left\{ \begin{array}{l} \text{C}^7 \text{H}^5 \text{O} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{array} \right.$$

il écrit et il dit que cette amide primaire "représente une molécule d'ammoniaque dans laquelle 1 atome d'hydrogène est *remplacé* par le radical négatif benzoïle..." [27].

Et Gerhardt sent bien ce dépassement du principe par l'écriture puisqu'il s'en défend. Dans le différend qui l'oppose à Würtz concernant les amides [28], il tient à souligner la différence : "M. Würtz considère comme l'expression de la constitution des amides des formules que j'ai toujours envisagées comme purement synoptiques et auxquelles je n'ai assigné *aucun sens moléculaire*" [29]. Plus loin il précise, une fois encore d'une façon négative : "mes types ne sont pas, comme ceux qu'on avait adoptés jusqu'ici, d'après M. Dumas, des systèmes moléculaires... ce sont des jalons..."

Mais il est alors obligé de faire appel à des "formules moléculaires", qui, telles qu'il les conçoit, "devançant l'expérience et lui servent de guide dans la recherche de vérités nouvelles" [29]. Allusion à une méthode de chimie différente, ébauchée par Auguste Laurent, et dans laquelle formulation, nomination, classification constituent la dynamique même du système [30].

Le système typique est donc condamné par la contradiction même qui existe, originairement, entre son *principe* : indiquer seulement le mode de dérivation des composés et la *réalisation* de ce principe : l'écriture du type, la formulation typique.

Il appartient encore, ou il tente de se draper encore, dans le label de "chimie des faits". Or il est impossible, contradictoire dans la lettre, de mettre au point un système de formules qui déduise de la seule expérience la position, ou le mode de groupement des atomes. Tout ce qui traite de l'arrangement relève du problème théorique ; or il existe entre la "théorie" et l'"expérience" un hiatus irréductible que nulle déduction ne saurait combler. Telle est l'une des leçons magistrales que l'on peut tirer de l'œuvre de critique scientifique d'Auguste Laurent [31].

Le système, typique dans son principe, est fautif par son ambiguïté et donc impropre à répondre aux besoins de plus en plus pressants de la chimie dans les années 1860 : rendre compte, dans la formule, de ces cas d'isomérisie de plus en plus nombreux.

Ceci est d'ailleurs bien ressenti par Adolphe Würtz : si, dans un premier temps, en 1853, il exige de ses formules qu'elles "représentent non seulement les rapports de dérivation des amides,

mais, en même temps, la nature et l'arrangement des molécules simples ou composées, que renferment ces combinaisons" [32], il tentera désespérément, par la suite, de distinguer "les formules typiques", qui ne préjugent rien sur la constitution intime du corps... "Elles expriment le mode de formation des hydrogènes carbonés", et les "formules de constitution" qui "expriment plus que le mode de formation ou les réactions". Grâce à ces formules, on "verrait" sinon la position exacte des atomes, du moins que des "atomes sont en relation étroite entre eux" [33].

En fait, la formulation typique tentait de répondre, dans le fond, à deux besoins de la chimie :

1) Exprimer *plus* que la formule brute : les relations pondérales ne sont pas suffisantes, et encore moins en chimie organique, pour classer, unifier, simplifier la "multitude", pour rendre compte du composé et en fournir une *image parlante*. La formulation doit expliquer.

2) Supposer *moins* que les formules dites "rationnelles", dont le prototype était encore binaire. Ces hypothèses deviennent définitivement insoutenables, et l'on exigera désormais :

- des hypothèses minimales,
- leur mise à l'épreuve par l'expérience [34].

Mais, tant que le rôle de la formulation, en chimie, sera en quelque sorte "coincé" entre ces aspirations, exprimé toujours par rapport à deux pôles, donc toujours d'une façon *négative* et *limitative*, il ne pourra y avoir de progrès.

Or, c'est à ce double besoin que répondra la formule de structure tel que le principe en est posé déjà par Couper [35].

1) Il "n'arrêtera pas l'analyse scientifique" à l'idée de ces "quasi-éléments" que l'on nomme radicaux, mais remontera aux éléments eux-mêmes. Si les atomes ne sont pas visibles, du moins sont-ils pensables, et il est impossible de ne pas prendre en compte ces éléments premiers qui seuls peuvent rendre compte, par leur combinaison, des propriétés du composé.

2) Mais puisque ces éléments ne sont en aucune manière réparables, en tant que tels, dans une expérience directe, c'est "en situation" qu'il faudra les envisager, selon "leurs propriétés et leurs forces", selon leur *rôle*, mot combien cher à Laurent, estimé par comparaison.

On assiste ici à la reconnaissance d'un "caractère chimique" de l'élément comme base d'un système, "base de l'explication des combinaisons chimiques", propriété commune à tous les éléments" et qu'on a appelé *affinité chimique*.

Et ce double besoin sera réalisé grâce à une conception *autre* de la formulation en chimie :

1) La formulation ne sera plus dite *être* l'expression des faits, mais, d'une façon tout à fait en rupture avec la précédente, l'expression d'une idée [36], d'une pensée [37], d'une théorie [38].

En 1861, au Congrès de Spire, Boutlerow propose un terme *nouveau*, celui de *structure chimique*, pour "désigner l'enchaînement chimique ou la façon dont les atomes sont reliés entre eux dans un corps composé".

a - La structure traite donc, et d'une façon hardie, des atomes : les formules de structure sont annoncées comme des formules de *constitution* (quoiqu'il y aura ambiguïté chez Kékulé et chez Würtz).

b - Pis que cela : on envisage ici non seulement ces "êtres hypothétiques" mais, d'une façon plus audacieuse encore pour l'imagination, la façon dont ils sont *reliés* entre eux, l'arrangement des liaisons chimiques elles-mêmes [39] : "Les chimistes n'ont plus le droit de regarder comme impossible...", disait Couper.

C'est dire que "l'on se *libère* de la notion de type comme fondement des considérations de constitution chimique" [40].

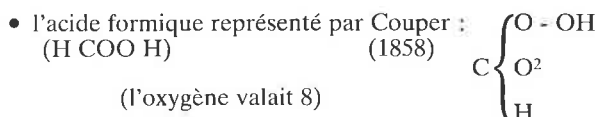
2) La construction d'une formule chimique devra être en prise directe avec l'expérimentation, c'est-à-dire que la construction théorique, la "structure chimique exprimée par la formule" [41], devra être, absolument, "réalisée" par les faits. Soit que la formule conduise à plusieurs possibilités que l'expérience permettra

de trancher [42]. Soit qu'elle conduise à la "découverte" d'un composé encore inconnu et qu'elle aura conduit à préparer [43].

C'est dire que la théorie chimique, prodigieusement *libérée* dans son origine, sera scrupuleusement *contrôlée* grâce à son expression dans la formulation : la formulation devient une *prévision* de l'expérience. Ainsi de la prédiction de nombreuses "modifications isomériques" qu'"indique la théorie" dans les cas examinés par Kékulé des hydrocarbures aromatiques à chaînes latérales [38].

Dans ces conditions, la formulation devient une "méthode de connaissance", un "guide dans les recherches", un moyen "d'aborder un problème regardé jusque là comme insoluble" (1).

Citons quelques exemples :



où l'on voit bien les relations chimiques

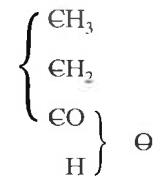
1) entre C et H



2) entre O et H



• l'acide propionique représenté par Boutlerow :
(1864)



Entre le *type* chimique et la *structure* chimique, le statut de la formulation a changé :

1) Il devient clair, il est *dit* qu'il s'agit d'un *principe*, celui de la structure, que l'on émet d'après des vues théoriques. Et même Kékulé qui clame son attachement et sa fidélité aux faits, qui confère une valeur absolue à l'expérience [44], insiste sur : "*l'idée* que ces formules sont destinées à exprimer" [38]. Ainsi que le disait Couper, il faudra, en chimie comme dans "tout genre de recherche de la vérité", en particulier en mathématiques, prendre comme point de départ, "non pas des généralisations (comme dans les types de Ch. Gerhardt) mais des axiomes" [45].

2) C'est la méthode chimique qui est modifiée, nous dirions même "inversée" [45] : au lieu de *partir* des faits et de les exprimer par une formule suggérant les arrangements, on partira d'une constitution supposée - suggérée certes par les faits, mais non "déduite naturellement" d'eux - et on *ira* aux faits pour leur en demander la ratification [46]. Inversion de la méthode chimique qui, au lieu de construire la théorie par généralisation et induction à partir des faits, demande aux faits de sanctionner la théorie première, théorie exprimée au moyen de la formulation, *articulation* désormais centrale de la méthode. Mieux, elle demande à la théorie de constituer un *guide* pour l'expérience, un moyen de découvertes [47].

Conclusion

La formulation de structure comparée aux types chimiques traduit une nouvelle attitude de l'homme par rapport à la multiplicité du divers : il n'y a plus, chez lui, la volonté de resserrer, d'unifier afin de ramener en quelque sorte la nature à sa propre dimension, d'abstraire les particularités, afin que les composés organiques "n'effrayent plus par leur nombre et leur variété" [48], afin qu'il puisse l'appréhender d'un seul regard.

La formulation de structure permet, au contraire, à l'homme de déduire rationnellement, à partir d'un principe explicite, la merveilleuse multiplicité. La formule de structure permet à l'homme d'envisager avant l'expérience, avec donc "les yeux de l'esprit", la foule des composés pouvant exister et qu'il lui sera indispensable de préparer. Il déduira le divers de l'expérience, comme autant de cas particuliers du principe initialement posé, comme autant de réalisations d'êtres théoriques, abstraits.

Notes

- [1] Ch. Friedel et A. Ladenburg, *Bull. Soc. Chim.*, **1867**, 7, 65.
 [2] Ainsi Boutlerow, in *Bull. Soc. Chim.*, **1864**, I, 100-128, pense que les "vues théoriques de Kolbe et Kékulé s'appuient sur les mêmes, ou presque les mêmes principes fondamentaux".
 [3] C'est ce que défend farouchement Gerhardt, cf. *Traité de Chimie Organique*, Didot, 4 vol., Paris, **1860**.
 [4] Dans son *Lehrbuch der Organischen Chemie*, Erlangen und Stuttgart, **1866-87**, I, 157, Kékulé énonce distinctement cette restriction.
 [5] Boutlerow, réf. 2, p. 102.
 [6] Boutlerow, *Ibid*, p. 101.
 [7] Boutlerow, *Ibid*, p. 100.
 [8] Cf. l'article de J. Jacques, "Boutlerow, Couper et la Société Chimique de Paris", in *Bull. Soc. Chim. de France*, **1953**, 523-531 : la Société Chimique a été fondée en 1857. Son Bulletin n'a commencé à paraître, sous le nom de *Répertoire de chimie pure*, qu'en 1859. Les procès-verbaux des séances antérieures n'existent qu'en cahier manuscrit.
 [9] Dumas, *Leçons de Philosophie chimique*, Béchet, Paris (**1837**), 1^{re} leçon du 16 avril 1836.
 [10] *Ibid*, 7^e leçon, p. 290.
 [11] Boutlerow, *Lettre à Würtz* de fév. **1882**, au sujet de la nomination à l'Académie des Sciences de St Petersburg, après le décès de Zinin, de Beilstein (candidat que soutint Würtz dans un premier temps ainsi que Kékulé, Bayer, Hofmann, alors que Boutlerow soutenait Mendelév). Cette "bataille académique" est exposée par Boutlerow dans son Rapport à Zapiski Akademii Nauk, **1882** ; J. Jacques y fait allusion dans ses notes in "Deux pionniers de la chimie moderne, A. Würtz et A. Boutlerow, d'après une Correspondance inédite", in *Rev. Hist. Sc.*, **1960**, 13, 115.
 [12] Dumas, "Mémoire sur la loi des substitutions et sur la théorie des types", in *C.R. Acad. Sci.*, **1840**, 10, 149-178. Cf. aussi *Ann. chim.*, les 2 mémoires, dont le second en collaboration avec J.S. Stas, **1840**, 73.
 [13] Dumas, *C.R. Acad. Sci.*, **1840**, 10, 176.
 [14] *Ibid*. Nous soulignons.
 [15] Ainsi :
 ac. chloracétique + alcali \longrightarrow ac. carbonique + chloroforme
 ac. acétique + alcali \longrightarrow ac. carbonique + hydrogène carboné.
 Ces deux substances possèdent les mêmes propriétés fondamentales, et l'on est "conduit à les envisager comme un édifice dans lequel on peut remplacer une assise d'hydrogène par une assise de chlore" (p. 177), image évidemment prise à la conception architecturale dynamique exprimée par A. Laurent, dans sa *thèse* sur les Combinaisons organiques de **1837**.
 [16] Dumas, réf. 12, p. 178.
 [17] En effet Dumas s'aperçoit vite que, dans la plupart des cas,

la substitution ne préserve pas les propriétés fondamentales de la substance. Il élargit alors sa conception du type au type *mécanique*, qu'il emprunte d'ailleurs à Regnault (travail sur les éthers) : "Quand il y a substitution équivalent à équivalent", on peut admettre que "la molécule est demeurée intacte" et qu'un élément a pris la *place* d'un autre, purement et simplement : le type *moléculaire* est demeuré inchangé. Ainsi le gaz des marais, l'éther méthylique, l'acide formique, etc., réf. 12, p. 162.

- [18] Cf. Ch. Gerhardt, *Correspondance* publiée par M. Tiffeneau, Paris, **1918**.
 [19] Cf. E. Grimaux et Ch. Gerhardt, *Charles Gerhardt, sa vie, son œuvre, sa correspondance*, Masson, Paris, **1900**, p. 391.
 [20] Ch. Gerhardt, *Ann. Chim.*, **1853**, 37, 337.
 [21] Tableau in réf. 20, p. 339 :

au type eau $\begin{cases} \longrightarrow \text{alcool} \\ \longrightarrow \text{éther} \end{cases}$
 hydrogène $\begin{cases} \longrightarrow \text{hydrure d'éthyle} \\ \longrightarrow \text{éthyle} \end{cases}$

ammoniaque \longrightarrow amines...

[22] Ch. Gerhardt, *ibid*, p. 335 : la potasse et l'acide sulfurique sont deux termes extrêmes d'une série. "L'opposition ne paraîtra plus si, au lieu de considérer isolément ces termes extrêmes, on compare d'abord la potasse (...) avec l'alumine, puis celle-ci (...) avec l'oxyde d'antimoine, puis celui-ci avec l'acide arsénieux et enfin ce dernier avec l'acide sulfurique".

[23] Ch. Gerhardt, *ibid*, p. 337.

[24] Ainsi l'hydrure d'éthyle $\begin{matrix} \text{C}^2 \text{H}^5 \\ \text{H} \end{matrix}$ } contient le "radical" éthyle,

objet de tant de controverses ; l'acide acétique $\begin{matrix} \text{C}^2 \text{H}^2 \text{O} \\ \text{H}^2 \end{matrix}$ } O contient le radical acétyle, etc.

[25] Ch. Gerhardt, *Traité de chimie organique*, tome 4, p. 568.

[26] Ch. Gerhardt, *C.R. Acad. Sci.*, **1853**, 37, 282.

[27] Ch. Gerhardt et L. Chiozza, *C.R. Acad. Sci.*, **1853**, 37, 88.

[28] Würtz, *C.R. Acad. Sci.*, **1853**, 37, 246-250 : "une amide n'est autre chose qu'un acide dans lequel les 2 molécules d'oxygène du type primitif eau ont été remplacées par le résidu Az H d'une molécule d'ammoniaque ayant perdu 2 équivalents d'H".

$\begin{matrix} \text{C}^4 \text{H}^3 \text{O}^2 \\ \text{H} \end{matrix}$ } O₂ $\begin{matrix} \text{C}^4 \text{H}^3 \text{O}^2 \\ \text{H} \end{matrix}$ } Az H

acide acétique

acétamide

cependant que Ch. Gerhardt les dérive du type ammoniaque.

[29] Ch. Gerhardt, réf. 26, p. 282-283.

[30] A Laurent, *Méthode de Chimie*, Mallet-Bachelier, Paris, **1854**. Ainsi la formulation des acides mono- et bibasiques constitue le moteur puissant de la démonstration de Gerhardt dans ses "Recherches sur les acides organiques anhydres" (réf. 20).

[31] Cf. en particulier les premières pages de la *Méthode de Chimie*.

[32] A. Würtz, *C.R. Acad. Sci.*, **1853**, 37, 357-361. Il s'oppose ici au Gerhardt du *Précis de Chimie* dont les formules sont, "comme il le dit, purement synoptiques" ; il met en parallèle les formules de Gerhardt et les siennes et conclut que "il n'y a pas entre notre manière de voir actuelle des différences aussi grandes".

[33] Würtz, *Bull. Soc. Chim.*, **1863**, 3, 51.

[34] Ces deux points sont parfaitement repérables dans l'article de Würtz sus-cité, et toujours selon le *plus* et le *moins* : "exprimer plus... hypothèse la plus simple"...

[35] Arch. Scott Couper, "Sur une nouvelle théorie chimique", *Ann. Chimie*, **1858**, 53, 469-89. On connaît la triste histoire de ce mémoire que Würtz laissa un peu traîner et qui parut après le mémoire de Kékulé sur le même sujet (*Annalen*, fin mai **1858**), énoncé dans des termes nettement mieux faits pour plaire aux membres de l'Académie des Sciences.

[36] Cf. Laurent, réf. 30, p. 394.

[37] Würtz, réf. 33, p. 62.

[38] Cf. Kékulé, *Bull. Soc. Chim.*, **1865**, 3, 98.

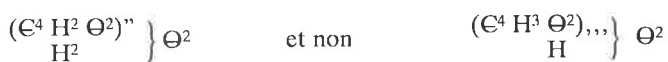
[39] Cf. "La relation chimique des atomes élémentaires qui

entrent dans la composition de la molécule" réf. 6. On veut exprimer "la liaison chimique", Boutlerow, *Bull. Soc. Chim.*, **1864**, 1, 101.

[40] Boutlerow, *Zeitsch. für Chemie*, **1861**, 4, 549.

[41] Boutlerow, réf. 39, p. 119.

[42] Ainsi pour l'acide *fumarique* : comme l'expérience montre qu'il est "bibasique" et non "monobasique", Kékulé adopte la formulation :



L'écriture €, Θ, renvoie aux atomes doubles de Berzélius *Répertoire de chimie pure*, **1861**, 484.

[43] Ainsi des nombreuses préparations de Laurent : ex. de l'acide cœnanthique dont la préparation a été prévue par la théorie et qui a été réalisée, comme l'acide camphorique, dans le but de mettre à l'épreuve sa théorie (*Ann. Chim.*, **1836**, 66, 154-5). Ainsi de nombreuses prévisions des isomères substitués, à chaînes latérales, de la benzine par Kékulé (réf. 38). Ainsi que Boutlerow, *Bull. Soc. Chim.*, **1866**, 5, 17.

[44] Cf. Kékulé, *Bull. Soc. Chim.*, **1864**, 2, 369.

[45] Cf. Couper, réf. 35, p. 473.

[46] Cette insistance sur la nécessité de changer de *méthode* et de "s'appuyer sur un principe directement opposé à cette manière de voir" est reprise par Couper (*op. cit.*), à notre sens théoricien de la méthode, à la suite d'Auguste Laurent.

[47] Boutlerow, *Bull. Soc. Chim.*, **1866**, 5, 17.

[48] C. Gerhardt, *Ann. Chimie*, **1853**, 37, 341.



SOCIÉTÉ SUISSE
DE CHIMIE

Verlag Helvetica Chimica Acta
Boîte postale, CH-4002 Bâle

HELVETICA CHIMICA ACTA

Souscription

Vol. 70, 1987

Frs.s. 495.- + frais de port
27.- Europe

Frs.s. 495.- + frais de port
45.- Outre-mer

En stock

Réimpressions

Vols 1-27 (1918-1944)

Vol. 28 (1945) épuisé

Vol. originaux

Vols 29-69 (1946-1986)

Veillez demander la liste
des prix-courants