

# L'élément chimique aujourd'hui

Adolphe Pacault \* professeur

La longue histoire de l'élément chimique se poursuit et sa situation actuelle (2<sup>e</sup> article) ne diffère guère de celle du passé (1<sup>er</sup> article). Pour comprendre cette étrange continuité, il faut évoquer l'importance des langages, et principalement celle des définitions.

## L'importance des langages

### Sans symbolisation nulle compréhension

Des symboles sont les inévitables médiateurs entre l'homme et sa connaissance du monde.

«Le langage représente la forme la plus haute d'une faculté qui est inhérente à la condition humaine : la faculté de symboliser. Entendons par là, très largement, la faculté de représenter le réel par un signe et de comprendre le signe comme représentant le réel donc d'établir un rapport de signification entre quelque chose et quelque chose d'autre...».

«Qu'un pareil système de symboles existe nous dévoile des données essentielles, la plus profonde peut-être de la condition humaine : c'est qu'il n'y a pas de relation naturelle, immédiate et directe entre l'homme et le monde, ni entre l'homme et l'homme ; il y faut un intermédiaire, cet appareil symbolique qui a rendu possible la pensée»[1].

«L'usage de joindre les signes avec les choses nous est devenu si naturel quand nous n'étions pas encore en état de peser la valeur des mots, que nous nous sommes accoutumés à rapporter les noms à la réalité même des objets et

que nous avons cru qu'ils en expliquaient parfaitement l'essence»[2].

D'où la nécessité d'une réflexion sur les définitions si on désire en attribuer une satisfaisante à l'élément chimique qui n'en a pas encore.

### Du concept de définition

Des «divergences d'opinions, indice irrécusable de l'imperfection de nos lumières, ne se montrent en aucune part d'une manière plus frappante qu'en ce qui concerne les définitions. Les géomètres de tous les temps y ont attaché le plus grand prix et la plus haute importance : Platon regardait, dit-on, celui qui savait bien définir, comme participant de l'intelligence divine».

«Faire une définition c'est proprement et uniquement annoncer que l'on convient d'exprimer à l'avenir par un mot unique, choisi arbitrairement, une collection d'idées que, sans le secours de ce mot, on serait obligé d'exprimer par le moyen de plusieurs autres et conséquemment d'une manière moins brève».

«La définition ne fait donc autre chose qu'établir une identité de sens entre deux expressions d'une même collection d'idées dont la plus simple est nouvelle et arbitraire tandis que l'autre, plus composée, est énoncée en mots dont le sens se trouve déjà fixé, soit par l'usage, soit par une convention antérieure. Demandez donc si l'on doit définir les mots, c'est demander à peu près s'il faut parler à la manière des perroquets sans attacher aucune idée nette aux mots que l'on prononce»[3].

Une définition bien construite doit obéir à quelques règles :

– «La définition doit renfermer un mot et ne doit renfermer qu'un seul mot dont la signification n'ait pas été antérieure-

ment déterminée» [3]ou, autrement dit par Hamilton [4], «La définition est une identité dont le premier membre est le membre à définir et dont le second membre se compose uniquement de termes et de signes connus».

– «La définition doit renfermer tout ce qu'il faut pour bien fixer le sens du mot défini : il convient qu'elle ne renferme rien au-delà de ce qui est nécessaire pour remplir cette destination».

– «Il convient de ne pas détourner les mots, par des définitions, de la signification que l'usage général leur a attribuée [3]».

### De l'impossibilité de définir tous les mots

«On définit un terme par d'autres termes, ceux-ci à leur tour par d'autres, de sorte que, pour éviter la régression à l'infini, il faut bien s'arrêter à quelques termes non définis, de même que les démonstrations doivent reposer sur quelques propositions non démontrées»[5].

Comme l'écrivait Blaise Pascal :

«Il n'y a rien de plus faible que le discours de ceux qui veulent définir des mots primitifs»[6]. Ainsi appellera-t-on les mots que nous déciderons de ne pas définir dans le discours proposé. Suivant celui-ci le choix des mots primitifs nécessaires peut différer. A titre d'exemple, rappelons que lorsque Hilbert se pencha sur la cohérence de la géométrie euclidienne, il lui fallut, pour ce faire, décider qu'il ne définirait ni le point, ni la droite.

Répétons avec Gergonne[3] :

«Non seulement on ne doit pas définir tous les mots, mais il est même des mots que l'on tenterait vainement de définir, et cette impossibilité résulte de la nature même de la chose. Puisqu'en effet défi-

\* Centre de recherche Paul Pascal, av. A. Schweitzer, 33600 Pessac. Tél. : 56.84.56.64. Fax : 56.84.56.00.

nir un mot c'est en expliquer le sens à l'aide d'autres mots dont la signification a déjà été antérieurement fixée, on sent qu'on ne pourrait tenter de définir tous les mots sans tomber dans un cercle vicieux inévitable».

C'est le lot de tous les dictionnaires, comme le montre l'exemple suivant [7] :

- Objet : chose définie par sa matière, sa forme, sa couleur
- Chose : toute sorte d'objet matériel ou d'abstraction
- Matière : réalité constitutive des corps susceptible de toute sorte de formes, substance ayant des caractéristiques déterminées
- Corps : toute substance matérielle, organique ou inorganique, objet matériel
- Substance : matière dont quelque chose est formé
- Espèce chimique synonyme de corps pur
- Quantité : chose susceptible d'accroissement ou de diminution.

Même les dictionnaires scientifiques [8, 9] dont la plupart des termes devraient être monosémiques n'échappent pas à cette critique. Or, si les cercles vicieux sont inévitables dans les dictionnaires de langages vernaculaires à cause de la polysémie des mots, ils devraient être évités dans les dictionnaires de langages scientifiques - mathématique, chimique, thermodynamique,...

A titre d'exemples, donnons quelques-uns des mots primitifs que nous avons choisi d'utiliser.

- Point, droite (en accord avec Hilbert dans ses recherches géométriques)
- *Objet*
- *Matière*. A ce mot est attaché une grandeur quantitative : la masse, elle-même définie de manière opératoire dans le système d'unités SI
- *Substance*. Matière à laquelle on donne généralement un nom. En chimie = corps
- *variable, grandeur*
- *Particule*. Mot pour lequel il y a un consensus quel que soit le champ d'investigation. En effet, aucune objection n'est faite à utiliser ce mot pour quark, électron, proton, neutron, atome, ion, molécule, colloïde...

#### Classification des définitions

Le mot définition est un concept, ce qui signifie qu'il peut être conçu voire

construit de diverses manières susceptibles d'être classées. La littérature philosophique est riche de propositions de classifications [10].

Nous proposons deux grandes classes dont la dernière est subdivisée.

#### Les définitions négatives

Les idées positives sont à rechercher pour toute définition.

«Cependant, comme il est beaucoup d'objets desquels nous savons beaucoup moins ce qu'ils sont que ce qu'ils ne sont pas, on ne doit faire aucune difficulté de s'écarter de ce précepte, toutes les fois qu'il en peu résulter quelque avantage sous le rapport de la clarté et de la brièveté. Il nous paraît, par exemple, que M. Legendre a très nettement défini la ligne courbe en disant que c'est une ligne qui n'est ni droite, ni composée de lignes droites» [3].

Camus [11] est du même avis pour des mots tels que liberté, justice, beauté dont le contenu est si riche que leur manque est plus immédiatement définissable.

En science il est recommandé d'éviter les définitions négatives.

#### Les définitions positives [10, 12, 13]

Elles sont naturellement opposées aux précédentes. Nous proposons quatre sous-classes :

Les *définitions relationnelles*, qu'on peut encore appeler relations de définition. Elles se présentent sous forme d'une équation reliant le mot à définir à des mots définis. Elles s'écrivent généralement de manière symbolique.

Exemple : la vitesse ( $v$ ) est le quotient de la mesure d'un espace ( $x$ ) par la mesure d'un temps ( $t$ ) :  $v = x/t$ .

Les *définitions opératoires*. Elles comportent la description complète des processus employés pour définir la grandeur, c'est-à-dire l'appareillage, son mode de fonctionnement et éventuellement la théorie qui la justifie, la manière de s'en servir et les conditions d'emploi, les limites de validité de son utilisation, etc. Dans ces conditions, le niveau de description est évidemment macroscopique.

Il résulte de ce qui précède qu'une *définition opératoire n'est jamais définitive*. Elle dépend en effet de l'évolution des sciences qui fondent le processus.

Exemples :

- la définition de la température absolue est relationnelle, puisque ramenée à

celle d'une longueur, ce qui est opératoirement possible grâce à la description du thermomètre à gaz parfait.

– la définition d'une unité de mesure - le mètre - a changé quatre fois en deux siècles à mesure que la spectrographie se développait.

Au cours de l'histoire, la définition et donc l'appellation des substances fut liée aux progrès des méthodes chimiques analytiques.

Dès le XVII<sup>e</sup> siècle, Étienne de Claves écrivait : «L'élément est un corps simple qui entre dans la mixtion des corps composés et auxquels ils se peuvent finalement résoudre».

Les *définitions essentielles* (ou encore complètes [3], mathématiques, explicatives, génératives). Elles expriment complètement le défini mais elles sont en général tributaires d'une théorie sous-jacente macroscopique ou microscopique.

Exemple : dans un référentiel spatial tridimensionnel, une *sphère* est l'ensemble des points équidistants d'un point intérieur appelé centre ; la géométrie sous-tend cette définition.

Les *définitions constructives* ou incomplètes [3] : elles donnent le moyen de reconnaître l'objet défini.

Exemple : un pont est une construction faisant communiquer deux lieux séparés par un cours d'eau ou une dépression de terrain, elle n'est pas complète et résume tout un ensemble de connaissances.

Ces définitions sont propres à une science en voie de construction, mais doivent disparaître à mesure qu'elle s'élabore.

En conclusion, il faut considérer avec Blaise Pascal, en accord avec la logique de Port-Royal, que la définition est «un remède à la confusion qui naît dans nos pensées et dans nos discours de la confusion des mots». «La dénomination ne crée pas la réalité, mais la réalité réclame des dénominations. Des mots faux, des associations dépassées engendrent la confusion».

#### La pluralité des langages

Il est souvent considéré à tort, qu'à côté des langages vernaculaires dont les mots sont très souvent polysémiques, les mathématiques constituent le langage des sciences.

«C'est le dernier but des sciences que de subordonner toutes les vérités à la rigueur du calcul». Condorcet (1743-

1794). Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain (1794).

«Si nous savons quelque chose, nous le savons par les mathématiques». Gassendi.

«La philosophie est écrite dans ce livre immense perpétuellement ouvert devant nos yeux (je veux dire ; l'univers), mais on ne peut le comprendre si l'on n'apprend pas d'abord à connaître la langue mathématique et ses caractères sont des triangles, des cercles, et d'autres figures géométriques sans l'intermédiaire desquelles il est humainement impossible d'en comprendre un seul mot». Galilée.

«Toutes les lois sont tirées de l'expérience, mais, pour les énoncer, il faut une langue spéciale ; le langage ordinaire est trop pauvre, il est d'ailleurs trop vague, pour exprimer les rapports si délicats, si riches et si précis. Voilà donc une première raison pour laquelle le physicien ne peut se passer des mathématiques ; elles lui fournissent la seule langue qu'il puisse parler». H. Poincaré. «Le grand Architecte semble être un mathématicien». Jeans.

«D'après notre expérience à ce jour, nous avons le droit d'être convaincus que la nature est la réalisation de ce qu'on peut imaginer de plus simple mathématiquement. Je suis persuadé que la construction purement mathématique nous permet de trouver ces concepts et les principes les reliant entre eux, qui nous livrent la clef de la compréhension des phénomènes naturels». Einstein.

Or, les auteurs cités sont tous mathématiciens ou physiciens dont le langage est justement le langage des mathématiques ; mais il n'est pas le seul langage de toutes les sciences car :

«la constitution d'une terminologie propre marque dans toute science l'avènement ou le développement d'une conceptualisation nouvelle, et par là elle signale un moment décisif de son histoire. On pourrait même dire que l'histoire propre d'une science se résume en celle de ses termes propres. Une science ne commence d'exister ou ne peut s'imposer que dans la mesure où elle fait exister et où elle impose ses concepts dans leur dénomination. Elle n'a pas d'autre moyen d'établir sa légitimité que de spécifier, en le dénommant, son objet, celui-ci pouvant être un ordre de phénomènes, un domaine nouveau ou

un mode nouveau de relation entre certaines données. L'outillage mental consiste d'abord en un inventaire de termes qui recensent, configurent ou analysent la réalité. Dénommer, c'est-à-dire créer un concept, est l'opération en même temps première et dernière d'une science. Nous tenons donc l'apparition ou la transformation des termes essentiels d'une science pour les événements majeurs de son évolution. Tous les trajets de la pensée sont jalonnés de ces termes qui retracent des progrès décisifs et qui, incorporés à la science, y suscitent à leur tour de nouveaux concepts. C'est que, étant par nature des inventions, ils stimulent l'inventivité. Cependant l'histoire de la science ne met pas encore à leur juste place ces créations qui passent pour n'intéresser que les lexicographes»[1].

Peut-on trouver meilleure justification de la nécessaire construction d'une langue appropriée qu'en écoutant Lavoisier ?

«... j'ai mieux senti que je ne l'avais encore fait jusqu'alors, l'évidence des principes qui ont été posés par l'abbé de Condillac dans sa logique et dans quelques autres de ses ouvrages. Il y établit que nous ne pensons qu'avec le secours des mots ; que les langues sont de véritables méthodes analytiques ; que l'algèbre la plus simple, la plus exacte et la mieux adaptée à son objet de toutes les matières de s'énoncer, est à la fois une langue et une méthode analytique ; enfin, que l'art de raisonner se réduit à une langue bien faite. Et en effet, tandis que je croyais ne m'occuper que de nomenclature, tandis que je n'avais pour objet que de perfectionner le langage de la chimie, mon ouvrage s'est transformé insensiblement entre mes mains, sans qu'il m'ait été possible de m'en défendre, en un traité élémentaire de chimie».

Les sciences ne deviennent donc autonomes que lorsqu'elles ont créé leurs propres langages, d'où la difficulté de les vulgariser en langage vernaculaire. Ces langages doivent avoir un vocabulaire dont les mots sont monosémiques et définis positivement. Ils doivent être adaptés à des objets dont le seuil d'éléментарité est clairement défini. Ils ne peuvent se passer de mots primitifs, mais ceux d'un langage peuvent être éventuellement définis dans le langage d'une autre science qui lui sert de métalangage.

Précisons ce qui précède par des exemples.

Le langage de la biologie cellulaire est adapté aux différents types de cellules et à leurs comportements. La cellule est le seuil d'éléментарité. Pour la définir il faut faire appel à un métalangage qui est le langage chimique.

Le langage de la biologie moléculaire est celui de la chimie enrichi d'un symbolisme simplificateur efficace ; son seuil d'éléментарité est la molécule définie en langage chimique.

Le langage chimique a trouvé dans l'atome son seuil d'éléментарité. Celui-ci est défini dans le langage de la physique des particules qui est un métalangage du langage chimique. Le seuil d'éléментарité de ce dernier langage est actuellement le quark - mot vraiment primitif.

Comme d'autres sciences, la chimie a au moins deux langages. Elle décrit et utilise des objets appartenant à des échelles spatiales très différentes dont les extrêmes, dites macroscopiques et microscopiques, sont respectivement celle de l'homme et celle l'atome. On peut donc différencier deux langages chimiques s'appliquant à des niveaux de description microscopique et macroscopique appelés, pour simplifier, microlangage et macrolangage.

Définissons quelques mots de ces deux langages.

#### Microlangage

Il est adapté à des objets de dimension de l'ordre de  $10^{-10}$  m.

#### Atome

Mot correspondant au seuil d'éléментарité de la chimie qui peut être défini à partir de trois mots primitifs de la chimie : neutron, proton, électron, appartenant au langage de la physique des particules qui est un métalangage du microlangage chimique<sup>1</sup>.

D'où *atome* : particule (mot primitif) constituée de  $n$  neutrons,  $Z$  protons et  $Z$  électrons. A des valeurs différentes de  $n$  et de  $Z$  correspondent des atomes ayant des noms et des symboles différents.

- *Noyau de l'atome* : atome sans son cortège de  $Z$  électrons. Il est en conséquence constitué de  $n$  neutrons et de  $Z$  protons. Sa dimension est de l'ordre de  $10^{-15}$  mètre.
- *Nombre atomique  $Z$  d'un atome* : nombre de charges électroniques positives du noyau de l'atome.
- *Nombre de masse  $M$  d'un noyau atomique* : nombre total de neutrons

et de protons du noyau  $M = n + Z$ .

- **Nucléide** : atome ayant une valeur précisée de  $Z$  et de  $M$ .
- **Isotopes** : deux ou plusieurs nucléides ayant le même  $Z$  mais pas le même  $M$ .
- **Configuration électronique** : répartition des électrons autour des noyaux sur des niveaux d'énergie électroniques dans l'approximation de champ moyen. Elle dépend de  $Z$ .

#### Molécule

- Combinaison, agrégation, association, liaison d'atomes conduisant à des structures électroniques différentes de celles des atomes constituants.

#### Ion

- Atome ou molécule ayant perdu (anion) ou gagné (cation) un ou plusieurs électrons.

#### Macrolangage

##### Corps simple

- Ensemble macroscopique d'atomes de même nombre atomique  $Z$  ou de molécules identiques constituées d'atomes de même nombre atomique  $Z$ .  
Des ensembles de molécules différentes constituées d'atomes de même  $Z$  sont des corps simples différents. Exemples :  $O_2$ ,  $O_3$  ;  $H_2$ ,  $D_2$ ,  $T_2$ ,  $HD$ , etc.

##### Corps composé.

- Ensemble macroscopique de molécules identiques formées d'atomes différents.

##### Numéro atomique $Z$ .

- Numéro des cases de la classification périodique. On remarquera qu'une ambiguïté peut naître ici s'il y a confusion des deux langages chimiques.

On remarquera que le macrolangage est défini à partir du microlangage, et que le mot atome est le mot clé à partir duquel tous les autres termes sont définis.

Il reste à comprendre pourquoi l'élément chimique ne figure pas dans les définitions qui précèdent et à se demander pourquoi le langage chimique ne semble plus en avoir besoin.

#### Des définitions de l'élément chimique

On peut analyser les définitions de la deuxième partie en considérant l'importance, notée précédemment, des niveaux de description et des classes de définitions.

- S'agit-il de **définitions constructives** ?

Autrement dit l'énoncé permet-il de reconnaître l'élément chimique ? Il ne le

semble pas puisque le plus souvent les niveaux de description sont mélangés et que l'élément oscille entre l'atome et le corps simple.

En tout cas, le langage chimique est aujourd'hui suffisamment élaboré pour exclure toute définition constructive de ces fondements.

- Peut-on encore donner de l'élément chimique une **définition opératoire** ?

Comme nous l'avons vu son niveau de description est historiquement macroscopique.

Or, le macrolangage chimique se constitue à partir du XVII<sup>e</sup> siècle, quand l'expérimentation l'emporte sur la spéculation. Grâce à lui, on peut donner à l'élément une définition opératoire - celle d'étienne de Claves, de Lavoisier. Dans cette dernière, l'élément macroscopique, puisqu'on l'isole, se confond d'ailleurs avec le corps simple.

Les méthodes analytiques peu nombreuses, dans lesquelles la réaction chimique prédominait, permettaient de situer l'élément chimique à l'origine de la chimie et de la caractériser par un nombre proportionnel identifié à une masse.

La même démarche aujourd'hui conduirait à une définition opératoire sans intérêt. En effet, une telle définition doit contenir la description de tous les procédés employés pour définir. Ils sont désormais si nombreux que la chimie, la chimie-physique, la physique devraient être décrites avant de pouvoir définir l'élément chimique. De plus, la découverte des isotopes, inconnus au XIX<sup>e</sup> siècle, conduirait à exclure, par exemple, la diffusion gazeuse des procédés puisque l'élément macroscopique contient les isotopes.

Certaines définitions de la deuxième partie semblent opératoires, mais elles mélangent les niveaux de description et sont incomplètes en ce sens que les processus employés ne sont pas énoncés. On s'en tient le plus souvent au processus dit analytique, terme actuellement trop vague compte tenu de la multiplicité des méthodes d'analyse.

Il faut donc renoncer à une définition opératoire si l'on désire faire figurer l'élément chimique dans les prémisses du macrolangage chimique.

- Une **définition essentielle** de l'élément chimique peut-elle être donnée ?

L'atome n'est plus l'être hypothétique de la théorie atomique qu'il fut jusqu'au milieu de ce siècle où les

programmes d'enseignement comportaient encore «l'hypothèse atomique». Il est une réalité concrète saisie par une instrumentation quasi directe - celle des nouveaux microscopes.

Le mot atome est donc un des fondements du microlangage, alors que, rappelons-le, le mot élément appartient historiquement au macrolangage.

Or, pour traduire le macrolangage en microlangage, il faut une théorie, la mécanique statistique. Elle permet de calculer les valeurs des variables macroscopiques en les considérant comme des valeurs moyennes obtenues à partir des variables microscopiques. Ainsi les propriétés d'une mole sont déduites de celles d'un très grand nombre d'atomes ou de molécules. En conséquence, la traduction du mot élément du macrolangage en microlangage donne la définition essentielle suivante : «Un élément est un ensemble macroscopique d'atomes de même  $Z$  sans interaction».

On ne fait que préciser la définition de l'IUPAC de(1923 dans laquelle le mot «ensemble» restait trop flou.

Mais cette définition est-elle vraiment utile ?

#### De la classification périodique de la chimie

On connaît les multiples tentatives faites au XIX<sup>e</sup> siècle pour classer les «éléments chimiques» [15]). Elles trouvèrent leur aboutissement dans la proposition de Mendeleev d'une classification périodique qui repose initialement sur deux critères macroscopiques : l'identité du comportement chimique qui ordonne ses colonnes et la masse de l'élément qui régit ses lignes. La masse découle des nombres proportionnels et l'élément est défini de manière opératoire ; les propriétés considérées sont le plus souvent celles du corps simple. Bien que Mendeleev ait l'idée d'atomes, sa classification est écrite en macrolangage.

Pour que le premier critère soit prédominant, on sait que Mendeleev avait dû inverser des masses. Ce n'est que plus tard qu'on leur substitua avec succès le nombre atomique  $Z$ .

Ainsi, les deux critères encore actuels de classement de la classification périodique sont les suivants :

- un critère macroscopique flou - celui de Mendeleev - qui ordonne ses

colonnes : la ressemblance des comportements chimiques (par exemple la valence) des corps simples considérés généralement dans leur état standard.

– un critère microscopique clair : le nombre atomique ayant une définition essentielle : le nombre de protons du noyau atomique.

Ce mélange de langages est source de confusion.

Par ailleurs, une autre variable importante depuis la découverte des isotopes, à savoir la masse atomique, n'est pas considérée comme critère de classement.

Quels sont alors les critères de classement en microlangage ?

– Pour les colonnes : la configuration électronique des atomes et singulièrement le nombre d'électrons de valence. Dans une même case les atomes supposés isolés ont la même configuration électronique dans leur état fondamental.

– Pour les lignes : le nombre atomique Z.

Ce faisant, on estime que les isotopes qui ont même structure électronique peuvent occuper une même case et que leur différence de masse n'influe pas suffisamment sur leur comportement pour justifier une modification de la classification qui devrait alors utiliser trois critères de classement.

Cependant l'utilisation des méthodes isotopiques d'analyse et le perfectionnement de l'instrumentation conduiront de plus en plus à distinguer les isotopes en les dénommant et en symbolisant leurs atomes.

Le meilleur exemple est l'hydrogène dont les trois isotopes sont désormais  $^1\text{H}$  l'hydrogène,  $^2\text{H}=\text{D}$  le deutérium et  $^3\text{H}=\text{T}$  le tritium, distinctions justifiées par la différence nette des propriétés des différents dihydrogènes (tableau I).

Faudra-t-il pour ceux-ci, comme pour d'autres ( $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) personnaliser leurs cases avec leur masse pour critère ?

Quoi qu'il en soit, écrite en microlangage la classification périodique est une classification d'atomes et non d'éléments.

Peut-on la traduire en macrolangage ?

Pour le premier critère il faut remplacer l'atome par une collection d'atomes de même Z et éventuellement de masses différentes, sans interaction, ou encore par un élément si on accepte la définition essentielle qui en fut donnée.

Le deuxième critère est fondamentalement microscopique et il ne pourrait être remplacé que par le numéro

Tableau I - Propriétés des trois dihydrogènes [16]

	Point triple	Température d'ébullition	Enthalpie de dissociation
$^1\text{H}_2$ $\text{H}_2$	13,96 K, 54 mmHg	20,39 K	25,114 kJ.mol <sup>-1</sup>
$^2\text{H}_2$ $\text{D}_2$	18,73 K, 128,5 mmHg	23,67 K	46,881 kJ mol <sup>-1</sup>
$^3\text{H}_2$ $\text{T}_2$	20,62 K, 162 mmHg	25,04 K	

atomique, c'est-à-dire par la place de la case trouvée par la périodicité résultant du premier critère.

On en revient ainsi à une classification proche de celle de Mendeleev dans laquelle, grâce à l'atome, l'élément a enfin une définition précise.

Ce retour au passé pour sauver l'élément est-il raisonnable ?

Certainement pas d'un point de vue didactique car, comme déjà dit, l'élément peut être absent des deux langages chimiques (2<sup>e</sup> partie). Cependant, l'abandon de l'élément chagrinerait certains historiens :

«*Quelle que soit la puissance explicative, prédictive, simplificatrice de la physique atomiste et de la mécanique quantique, la chimie peut difficilement faire l'économie du concept d'élément. A la jonction du microscopique – numéro atomique, nombre d'électrons – et du macroscopique – corps simples et composés –, le concept d'élément paraît définir très exactement la position de la chimie parmi les sciences de la matière*» B. Bensaude-Vincent.

Toutefois la réalité atomique privilégie le microlangage qui est d'emploi généralisé pour l'invention de nouvelles molécules, pour l'analyse des mécanismes réactionnels etc. et ce n'est que sur la paillasse que le macromélange est employé.

Il est fréquent qu'une science en marche ait besoin de concepts flous – ce fut autrefois le cas de l'élément – mais la construction progressive de son langage impose le passage du flou au clair.

L'élément chimique fut un merveilleux concept qui permit de comprendre la constitution de la matière et qui, sous son aspect métaphysique, conforta l'atome. La chimie du XIX<sup>e</sup> siècle lui doit beaucoup, mais il est inutilement encombrant en cette fin du XX<sup>e</sup> siècle.

Pour que l'élément chimique échappe au vertige du présent (2<sup>e</sup> partie), il faut en faire un vestige du passé.

### Références

- [1] Benveniste, *Age de la science*, Janvier-Mars 1969, p. 3.

- [2] Condillac, l'Art de penser, *Encyclopédie Universelle*.
- [3] Gergonne, Essai sur la théorie des définitions, *Ann. de Math. Pures et Appliquées*, 1818, t. IX, pp. 1-35, .
- [4] Hamilton, *Lect. on logic*, VIII, 26.
- [5] Blanché, *L'axiomatique*, PUF, 1955.
- [6] Pascal, *De l'esprit géométrique*, 1654.
- [7] *Petit Larousse Illustré*, 1986.
- [8] Salem L., *Dictionnaire des Sciences*, Hachette, 1990.
- [9] J.Sarmant, *Dictionnaire de Physique*, Hachette, 1978.
- [10] Lalande, *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, PUF, 1968.
- [11] Koestler et A. Camus, *Réflexion sur la peine capitale*, Calman Levy, 1957.
- [12] Mill (*Logic*, livre I, ch. VIII).
- [13] Carnap, *Les fondements philosophiques de la physique*, Armand Colin, 1973.
- [14] Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, 1789.
- [15] J.W. Van Spronsen, D 103, Palais de la Découverte, 1992, 16.
- [16] W.H. Roundy, Jr., *J. of Chemical Education*, 1989, 66 (9).

### Pour en savoir plus

#### 1<sup>er</sup> article

Bensaude-Vincent B., Les pièges de l'élémentaire : contribution à l'histoire de l'élément chimique, thèse de doctorat, Paris I, 1981.

Bensaude-Vincent B., Stengers I., Histoire de la Chimie. *La découverte*, 1992.

Duhem P., *Le mixte et la combinaison chimique*, Paris, 1902.

Metzger H., *Les doctrines chimiques en France du début du XVII<sup>e</sup> à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle*, Paris, 1925, réimpression Blanchard, 1969.

#### 3<sup>e</sup> article

Pacault A., Greco Histoire du vocabulaire scientifique, n°8, 1986.

### Notes

- 1 A titre d'exemple seulement, on trouve sous la plume de Duboc (*CNRS Info* 221) ; «Électron : particule élémentaire de dimension nulle sans structure interne» ayant la charge négative élémentaire. Proton : particule complexe essentiellement constituée de 3 quarks, d'un nuage de gluons et d'une mer de paires quark-antiquark».