

La mole : de la définition à l'utilisateur*

• Quelles références sont nécessaires pour assurer l'étalonnage des mesures de quantité de matière dans les divers secteurs industriels et scientifiques ?

• Quels doivent être les composants de cette « chaîne d'étalonnage » de la mole ?

Les réponses à ces questions impliquent de considérer de nombreux paramètres liés, d'une part aux lois de la métrologie, et

d'autre part aux besoins pratiques des utilisateurs.

Cette note se propose d'examiner ces différents paramètres dans l'optique d'une réflexion globale et préliminaire ; son objectif n'est pas de proposer des solutions, mais de préciser des questions et d'amorcer le dialogue avec les utilisateurs qui permettra de fixer les orientations prioritaires dans ce domaine de la métrologie.

Préambule

Pour répondre aux besoins en une unité permettant de définir la quantité de matière contenue dans un système physico-chimique, la 14^e Conférence Générale des Poids et Mesures a adopté une définition de la mole et classé cette unité comme unité de base du système SI.

Le décret 75-1200 du 4 décembre 1975 rendait obligatoire, en France, l'utilisation de cette unité, au même titre que le mètre, le kilogramme, la seconde, l'ampère, le kelvin et la candela.

Le décret 75-313 du 24 avril 1975 ayant confié au Bureau National de Métrologie la désignation des laboratoires chargés de la garde des étalons et de leur amélioration, celui-ci désignait le Service des Matériaux de Référence (Laboratoire National d'Essais) comme responsable de la mole.

L'utilisation de la mole n'étant pas liée à la conservation physique d'un étalon primaire matériel, la fonction du S.M.R. est orienté vers l'amélioration des techniques métrologiques dans ce domaine, et en particulier des installations de référence.

Les caractéristiques spécifiques de la mole font que sa mise en œuvre présente de nombreuses facettes. Les choix prioritaires se doivent d'être définis sur une appréciation des besoins réels. La rigueur métrologique et le pragmatisme dû aux problèmes pratiques ne constituent pas des systèmes incompatibles, mais impliquent une réflexion approfondie des deux côtés. C'est ce courant d'échanges que ce document souhaite pouvoir amorcer.

I. Nécessités et historique

Mesurer, c'est comparer une grandeur inconnue à une grandeur de même ordre prise comme référence. Pour que cette mesure ait un sens pratique et une application utile, il faut que l'ordre dans lequel on effectue cette comparaison corresponde à une notion acceptable pour l'esprit comme élément de jugement.

A titre d'exemple, on pourrait convenir, dans une étude socio-économique, de ne pas calculer le revenu moyen d'un pays par habitant, mais par tonne ou kilogramme d'habitants. Il apparaît tout de suite le caractère peu satisfaisant pour l'esprit et peu pratique pour l'utilisateur que présenteraient des données établies à partir de ce système de référence. Le problème est quelque peu comparable dans la métrologie des systèmes physico-chimiques, pour lesquels la grandeur élémentaire est l'entité (atome, molécule, etc.) et

pour lesquels l'unité utilisée doit être directement liée à cette notion.

C'est pour répondre à ce type de besoin que la mole a été définie comme unité de base du système SI. La définition de la mole telle qu'elle a été adoptée par la 14^e Conférence Générale des Poids et Mesures est la suivante :

La mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12. Lorsqu'on emploie la mole, les entités élémentaires doivent être spécifiées et peuvent être des atomes, des molécules, des ions, des électrons, d'autres particules ou des groupements spécifiés de telles particules.

Comme dans toute autre unité, elle comporte un aspect fondamental, qui découle de la nécessité pour les utilisateurs de disposer d'éléments de référence adaptés à la nature des systèmes qu'ils doivent décrire.

Elle comporte de plus un aspect formel, qui est le résultat de cheminements scientifiques et historiques. Il est possible qu'elle change

* Publié avec la contribution du Laboratoire National d'Essais (Service des Matériaux de Référence), 1, rue Gaston-Boissier, 75015 Paris (Tél. : 250.90.84). Toute correspondance sur ce sujet devra être adressée à M. A. Marschal à cette adresse.

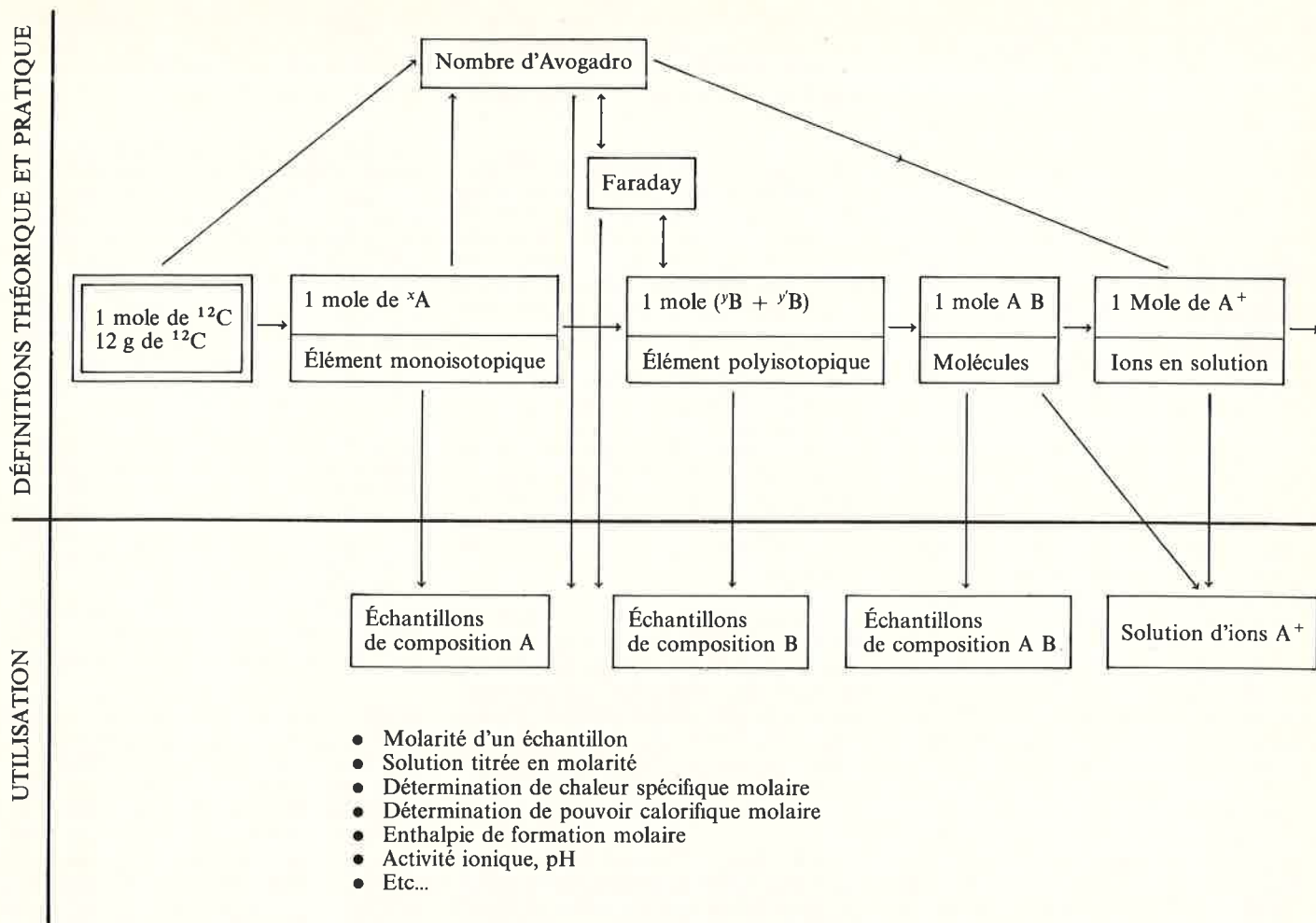


Figure 1. La mole, ses bases, sa mise en œuvre, son utilisation.

dans le futur, mais le concept de base correspond à une nécessité qui est appelée à rester.

La genèse de la forme actuelle remonte aux premiers temps de la chimie moderne, au moment où Dalton établissait la règle des « proportions définies » avec l'hydrogène = 1 comme valeur la plus petite. Une « mole » officieuse, correspondant à 1 g d'hydrogène, était née, ou du moins en gestation.

Il apparut ensuite que, compte tenu de la capacité chimique de l'oxygène à se combiner avec un grand nombre d'autres éléments, il était particulièrement intéressant de l'utiliser comme élément de base du système. Afin de ne pas introduire de bouleversement des échelles trop important, cette unité fut définie

sur la base de 16 g d'oxygène, le terme de « mole » proposé par le chimiste allemand Ostwald étant retenu pour la désigner.

La découverte des isotopes, et notamment de ^{18}O fit apparaître un besoin en précision dans la définition, la mole devant être définie comme : 16 g ^{16}O ou 16 g O naturel. Une troisième option mit les interlocuteurs d'accord ; elle fondait la mole sur la quantité d'entités élémentaires de 12 g de ^{12}C .

La notion de mole repose donc sur la définition établie à partir de 12 g de ^{12}C ; tout utilisateur employant la notion de molarité doit s'y rattacher par une voie ou une autre. Les différents chemins et étapes qu'il franchira peuvent être de nature distincte, et entraîner pour cet utilisateur des interven-

tions différentes. Ce document a pour objet d'examiner quelques-uns de ces chemins et les problèmes particuliers des diverses étapes qu'ils comportent (fig. 1). Il ne constitue qu'une première approche ; certains chemins présentés se révèlent aujourd'hui technologiquement difficiles, d'autres peuvent être développés dans le futur. Le point important est que l'utilisateur voit apparaître la nécessité de définir la chaîne qui le relie à la définition, et de s'assurer de la solidité de ses maillons. Pour chacun d'eux, il lui faudra fixer, compte tenu du cas traité et de la précision recherchée, le degré de confiance qu'il peut accorder à chacun des paramètres, qu'ils correspondent à des informations générales en sa possession, ou qu'ils soient le résultat de déterminations particulières effectuées dans le cas considéré.

II. De la définition à l'utilisation

Un premier point doit être pris en considération, il est valable pour la métrologie de la mole comme pour toutes les autres grandeurs métrologiques : la définition rigoureuse de la grandeur considérée constitue un préalable à toute mesure. La deuxième partie de la définition ne saurait être considérée comme secondaire ; les problèmes pratiques

qu'elle pose, les risques d'erreurs sous-jacents, justifient amplement que ce point soit signalé à l'utilisateur au niveau de la définition.

Les approximations auxquelles on procède ensuite pour s'adapter au possible et à l'utile ne peuvent être condamnées, puisqu'elles

sont nécessaires. L'utilisateur doit cependant toujours les garder en mémoire et en apprécier les limitations.

Les divergences qui apparaissent dans des campagnes de mesures comparatives sont parfois dues au fait que les différentes méthodes utilisées ne mesurent pas la même chose.

Un examen plus attentif des entités mesurées aurait permis de constater ce point, et d'éviter travail inutile et désillusions.

Les premiers pas qui conduisent de la définition de la mole à son utilisation sont ceux qui permettent la définition des paramètres définissant les moles d'entités autres que ^{12}C . Cette opération peut être, dans son esprit, comparée à la définition des étalons de grandeurs physiques. La différence pratique est due au fait que, dans le cas des étalons physiques, des méthodes de comparaisons, de multiplication ou de division, permettent de passer de l'étalon primaire matérialisé à des étalons secondaires eux aussi matérialisés, ainsi qu'aux unités dérivées.

L'utilisation de la mole ne rend pas utile sa matérialisation sous forme d'un étalon primaire. Sa mise en application sur des cas pratiques implique la connaissance d'un certain nombre de paramètres. Certains d'entre eux peuvent être considérés acquis à un certain niveau de précision par la communauté scientifique et technique, et sont disponibles pour l'utilisateur. D'autres impliquent une détermination systématique pour chaque cas particulier. Entre les deux, il existe une catégorie intermédiaire qui, selon les cas, peut être considérée connue, ou bien justifie une détermination particulière.

La définition de la mole n'implique pas, *a priori*, la connaissance d'un nombre d'unités élémentaires, atomes, molécules, etc., que contient cette mole. Deux chemins s'offrent pour passer de la définition à l'utilisation, celui qui passe par la connaissance de ce nombre, et celui qui n'y passe pas.

II.1. Nous commencerons par explorer ce dernier, qui peut être considéré aujourd'hui comme le chemin principal. Cet état de choses peut évoluer dans le futur ; les rivières changent parfois de lit principal, les techniques aussi. Le métrologue ne peut que se réjouir de la possibilité qui lui est offerte de boucler des triangles et de vérifier ainsi ses résultats.

a) Le premier pas consiste à déterminer quelle est la masse d'une mole d'un élément A monoisotopique. Celle-ci se détermine par multiplication de la masse d'une mole de ^{12}C par le rapport de la masse atomique de l'élément A sur la masse atomique du ^{12}C . Les techniques de spectrométrie de masse de précision permettent de définir ce rapport avec une précision de l'ordre de 10^{-7} . On compare pour cela les tensions d'alimentation des bobines du spectromètre de masse, qui amènent les raies des deux éléments à la même place, l'une après l'autre. L'établissement de tables, disponibles à tous, répond aux besoins à ce niveau. Pour définir la molarité d'un échantillon de cet élément A de façon pratique, l'utilisateur doit disposer :

- d'une balance qui lui permet de comparer la masse de son échantillon à la masse de A. Ce point ne pose pas de difficultés dans le cas général ;
- de la connaissance de la teneur en l'élément considéré. Cette donnée peut être ac-

quise, soit par le dosage direct de cet élément dans l'échantillon, soit en déterminant les teneurs des différentes impuretés et en soustrayant leur somme de la masse totale de l'échantillon.

Cette dernière méthode est la plus couramment utilisée, et ceci plus particulièrement dans le cas d'utilisation de matériaux de haute pureté comme échantillons. Elle présente l'avantage de ne pas nécessiter des analyses de très grande précision, puisque l'on détermine un écart beaucoup plus petit que la grande finale recherchée.

Par contre, elle nécessite la mise en œuvre de techniques d'analyses de traces qui ne sont pas disponibles à tous. De plus, d'une façon formelle, les 91 éléments autres que l'élément considéré doivent être dosés. D'un point de vue pratique, l'utilisateur peut être conduit à ne pas porter attention à certains d'entre eux, mais un laxisme excessif risque de conduire à des déboires.

A ce niveau, l'utilisation de matériaux de référence de composition connue offre des solutions intéressantes. Elle met en effet à la disposition de l'utilisateur des matériaux connus sans qu'il ait à disposer de moyens d'analyses ; de plus, elle répartit entre plusieurs utilisateurs les coûts d'analyses, généralement importants, compte tenu du volume des travaux analytiques.

b) Le deuxième pas consiste à déterminer la masse de la mole d'un élément B polyisotopique. Le problème est comparable, aussi bien au niveau de l'utilisation qu'à celui de la définition de la mole de A, mais il vient s'y superposer la détermination de l'inconnue que constitue la composition isotopique de l'échantillon.

Dans de nombreux cas, il est possible de considérer que le « rapport naturel » est une constante et de raisonner comme si le chlore était un élément monoisotopique de masse atomique 35,5. Il existe cependant des limites à l'utilisation de cette hypothèse. On connaît les variations que présente ce rapport pour des échantillons de plomb de provenances diverses ; on connaît des procédures physico-chimiques qui ont pour effet de faire varier ce rapport au cours des traitements de l'échantillon.

Ces variations peuvent cependant encore être considérées négligeables dans de nombreux cas. L'évolution de l'environnement technologique fait apparaître des problèmes nouveaux : les traitements d'enrichissement ou de séparation isotopique pratiques, en particulier dans l'industrie nucléaire, mettent en circulation des produits et sous-produits bien loin de présenter le rapport isotopique naturel. Le chimiste, le physicien, se fiant à leur seule balance, sont alors à la merci d'une erreur notable, s'ils travaillent par exemple sur le bore, le lithium, l'uranium, demain peut-être sur d'autres éléments.

II.2. Passer du niveau de la définition des éléments de la mole de A et B connus à celui

de la mole de la molécule AB ne présente pas de problème particulier si on considère comme définie par hypothèse l'entité, la molécule considérée.

Procéder à un examen plus approfondi des questions relatives à la définition de l'entité conduirait dans les immensités du domaine des techniques de détermination des structures. Le périple est intéressant mais long, et nous préférons y renoncer à ce niveau. Une remarque apparaît cependant indispensable : la définition de l'entité réellement considérée, au niveau du concept et au niveau du principe de la mesure, mérite aussi une attention certaine.

Du point de vue de l'utilisateur, outre la balance que nous retrouvons, le problème posé est celui de la détermination des écarts à la perfection d'une population d'entités AB. Deux types d'inconnues sont à considérer :

- la première, liée à tout ce qui n'est ni A ni B, est comparable au cas de A et B ;
- la deuxième correspond à la possibilité de la présence de A ou B sous une forme autre que A-B, définie comme l'entité considérée.

Le premier élément d'information à considérer est celui du rapport stœchiométrique du composé chimique utilisé. L'existence d'isomères, éventuellement de dimères, de polymères, doit être considérée, ainsi que leurs caractères spécifiques par rapport à A-B, les relations d'équilibre qui peuvent régler leur concentration. Enfin, l'existence AX, ou BX, ou ABX, doit être aussi examinée. La chaîne se poursuit ensuite vers la détermination de la molarité pour d'autres entités élémentaires. En ordre général, la définition des paramètres de base ne pose pas de problèmes particuliers en regard de ceux liés à la détermination pratique des molarités des échantillons manipulés par l'utilisateur.

Les problèmes qui apparaissent à ce niveau sont ceux relatifs à l'existence de méthodes de mesure pratique dans les différents cas rencontrés, et à l'étalonnage des moyens correspondants. Le cas des ions en solution est vraisemblablement celui qui est le plus souvent rencontré. Ce problème présente un intérêt pour tous les domaines de la chimie en solution et des process industriels qui y font appel. Les méthodes de mesure utilisées dans ce domaine, telles que les électrodes spécifiques, nécessitent des moyens d'étalonnage et d'évaluation.

La définition de la mole n'exclut pas son application dans de nombreux autres cas de figures. La détermination de la molarité en électrons libres ou en ions N^{5+} d'un échantillon de gaz plasmaté constitue un exemple parmi d'autres. Les problèmes alors posés ressortent de besoins et de technologies très spécifiques et il est douteux qu'un laboratoire de métrologie primaire doive, *a priori*, s'attacher de façon directe à ce type de problème.

Le deuxième chemin qui conduit de la définition de la mole à son utilisation passe

par la détermination du Nombre d'Avogadro ou d'une constante directement liée, le Faraday.

Deux étapes sont alors présentées :

- celle qui permet de déterminer ces deux valeurs à partir de la définition de base de la mole ;
- celle qui consiste à mettre en œuvre des méthodes utilisant les valeurs précédemment définies pour déterminer sur des cas concrets la molarité des échantillons mesurés.

Pour la première étape, des travaux récents ont été effectués, en particulier au N.B.S. et au N.P.L. sur la détermination du Nombre

d'Avogadro par la technique du double interféromètre sur des échantillons monocristallins de silicium. La redétermination du Faraday fait aussi l'objet de travaux.

Ces études font appel à des équipes et à un appareillage de précision et de technologie évoluée, dont la mise en œuvre et l'exploitation impliquent de nombreuses années d'efforts. Ces études fournissent à la communauté internationale les constantes fondamentales de base dont elle a besoin.

A partir des grandeurs de base, il existe des méthodes mettant en œuvre des principes différents qui permettent de définir la molarité d'un système par comptage direct du nombre d'entités par les charges électriques

qu'elles portent ou les particules et rayonnements qu'elles émettent. D'autres principes physiques, tels que la loi des gaz parfaits, la loi de Raoult, peuvent aussi être mis en œuvre. La coulométrie, la cryoscopie, l'établissement de références de pH, constituent sans doute des objectifs d'intérêt majeur à ce niveau.

La mise en œuvre pratique de ces techniques conduit souvent à constater la validité de l'adage selon lequel chaque fois que l'on a construit sa maison on a appris quelque chose qu'il aurait été préférable de savoir avant. Le rôle du laboratoire primaire est de contribuer à ce que cette connaissance soit obtenue et exploitée dans les meilleures conditions.

III. Les références des utilisateurs

La chaîne métrologique de la mole ayant été définie en amont, il reste à préciser sa forme en aval, du côté des utilisateurs, afin qu'elle leur assure les services pratiques qu'ils en attendent. Dans ce but, nous examinerons les cas courants d'utilisation de cette unité et les formes que présentent les références utilisées. Sur la base de ces pôles de besoins, il sera possible de définir les références les plus nécessaires aux utilisateurs et les besoins qu'elles induisent dans les laboratoires de métrologie, en méthodes et équipements de référence.

On peut remarquer que la notion de la molarité d'un système physico-chimique est dans la pratique rarement utilisée isolément, comme le sont par exemple les notions de masse ou de longueur. Il est en effet banal de définir un objet par sa masse ou ses dimensions, et d'utiliser ces informations isolément, alors que la mesure de la molarité d'un échantillon est le plus souvent un élément d'un paramètre plus complexe.

III.1. Le domaine de la chimie analytique est sans doute un des plus grands utilisateurs de la mole. L'analyse chimique a bien pour vocation de mesurer la quantité de matière de l'entité x_i , atome ou molécule, dans le système physico-chimique que constitue l'échantillon.

Cette réalité peut être quelque peu masquée par le fait que les résultats d'analyses font souvent référence aux unités de masse. Cette habitude constitue un « barbarisme métrologique », car la masse est une grandeur à caractère mécanique; elle est destinée à caractériser un corps du point de vue mécanique. Il est patent que, lorsqu'une entité x_i est dosée dans un échantillon, ce n'est pas pour définir son inertie mécanique, mais pour quantifier la quantité de matière qu'elle représente, ceci afin de définir le système physico-chimique que constitue l'échantillon.

Diverses raisons peuvent être avancées pour expliquer cette situation. La plus évidente a pour nom les habitudes, les mauvaises habitudes, celles-là mêmes qui faisaient référence au kilogramme pour les mesures de forces. Une autre raison, plus technique, est la

difficulté pratique que représente la détermination du dénominateur dans l'expression « mole par mole »; il faudrait, théoriquement, pour la déterminer, connaître totalement, quantitativement et qualitativement, la composition de l'échantillon et procéder à la sommation de l'ensemble des moles présentes. Outre les problèmes pratiques qu'elle pose, cette opération soulève une question de principe : celle de savoir s'il est admissible de rassembler des moles d'entités différentes. La solution pratique pourrait donc consister à exprimer les résultats d'analyses en mole de l'entité dosée rapportée à la masse de l'échantillon, ou éventuellement à son volume, dans des conditions définies.

Ce point de principe ayant été soulevé comme élément de réflexion pour les temps à venir, focalisons notre intérêt immédiat sur la nature des références dont les utilisateurs ont besoin dans la pratique, et sur les moyens et techniques métrologiques que cela rend nécessaires.

a) Ces références les plus importantes sont sans aucun doute les matériaux de référence, les matériaux de référence certifiés pour leur pureté constituant en quelque sorte les éléments fondamentaux, et les matériaux de référence de composition déterminée constituant les étalons de travail plus courants. Outre le développement ou l'incitation au développement de ces matériaux de référence, le laboratoire primaire et les centres agréés devront s'attacher à étudier, mettre en place et assurer la validité des moyens et procédures d'analyses correspondants.

● Dans le domaine des analyses élémentaires, la détermination du niveau de pureté appellerait en priorité plutôt une amélioration des procédures de certification que des techniques analytiques. Il nous semble en effet que les techniques actuellement disponibles, telles que : analyse par activation, spectrométrie de masse, émission ICP, présentent des sensibilités suffisantes en ordre général, et permettent d'aborder la certification de matériaux de haute pureté, sous réserve que les problèmes de fiabilité et d'étalonnage aient été réglés, ainsi que les questions d'intendance que soulèvent de telles campagnes de certification.

Par contre, les modalités selon lesquelles sont établies les séries de « 9 » caractéristiques du niveau de pureté, créent des doutes chez les utilisateurs et soulèvent des questions d'importance. L'analyse d'une petite vingtaine d'éléments métalliques et la déclaration que les autres éléments sont négligés ou en quantité négligeable ne constituent pas une base suffisante pour certifier des références. Comme, d'autre part, il n'est pas économiquement possible de traquer 91 éléments au niveau du ppb dans tous les matériaux de référence de pureté, une optimisation de ces procédures devra être étudiée. Il appartiendra en particulier aux utilisateurs de faire savoir à quel niveau de précision la pureté ou les impuretés de leur matériau de référence doivent être certifiées pour être adaptées à l'utilisation.

● Le développement des techniques d'analyses de précision des matériaux de référence de composition constitue l'autre objectif majeur dans ce domaine. Les matériaux de référence étant de plus en plus utilisés pour étalonner les analyses de routines, et non plus simplement pour contrôler des méthodologies de principe auto-suffisantes, il est nécessaire que l'incertitude associée à ces références soit plus réduite que celle des méthodes qu'elles servent à étalonner.

La certification de matériaux de référence quant à leur composition moléculaire, qui concerne principalement les composés organiques, pose des problèmes semblables, dans les principes, à ceux des matériaux de référence de composition élémentaire. Le profil général des problèmes de technologie et de procédure analytique nous apparaît présenter une similitude suffisante pour qu'il n'y ait pas lieu de les détailler à ce niveau.

b) Comme dernier cas d'utilisation de la mole lié à la chimie analytique, nous choisirons le domaine de la détermination de la molarité des solutions par électrodes spécifiques (pH et pK). L'établissement des courbes d'étalonnage des électrodes peut être effectué directement par l'utilisateur en préparant des solutions à partir des matériaux de référence de pureté ou de composition certifiée; ceci nous ramène au problème général précédemment traité.

Il est cependant vraisemblable que cette voie n'apporte pas la solution complète et optimale du problème. Dès que l'utilisateur a besoin de connaître de façon plus approfondie les caractéristiques métrologiques de son capteur, et en particulier les paramètres d'influence, il est conduit à mettre en œuvre un équipement et une technique qui se révèlent vite trop lourds en regard de son utilisation limitée à un nombre réduit d'électrodes. L'absence de certains éléments de base telle une électrode à hydrogène pourra aussi constituer un handicap. Dans ce type de cas, il peut être préférable de se tourner vers des références du type banc d'étalonnage mis en place dans un laboratoire de référence, au moyen duquel seraient directement étalonnées et contrôlées les électrodes des utilisateurs.

Conclusions

La mole constitue une unité d'utilisation courante. Pour certains, elle constitue essentiellement un outil de raisonnement, pour d'autres, elle implique la mise en œuvre d'une technologie évoluée. Beaucoup d'utilisateurs, comme Monsieur Jourdain, utilisent la mole sans le savoir. Pour ceux qui n'y recherchent qu'un système de raisonnement, cet article ne cherche pas à leur poser de faux problèmes.

III.2. Les autres types de mesure faisant référence à la mole peuvent être, en première approche, examinés de façon groupée. Il s'agit des déterminations des propriétés physico-chimiques telles que la capacité thermique molaire, les enthalpies de changement de phase molaires, l'absorbance molaire, etc...

Les références les plus courantes des utilisateurs se présentent là encore sous la forme de matériaux de référence, certifiés quant à la propriété considérée. Les méthodes de référence nécessaires à la certification seront le plus souvent développées par des laboratoires spécialisés ou par des groupes de laboratoires ayant des spécialités complémentaires. Des méthodes de mesure directe de la propriété physique considérée sont alors asso-

Pour ceux qui font appel à une unité de mesure à partir de laquelle on détermine les caractéristiques d'un système avec une précision donnée, il est peut-être utile de refaire le point sur la fiabilité du système métrologique mis en œuvre; un système de mesure dont le niveau de précision et de fiabilité est insuffisant est souvent la cause de l'échec d'une opération bien plus vaste. La vérification de ses bases ne peut être négligée.

ciées aux méthodes de détermination de la molarité des échantillons. Les mesures de grandeurs physiques sont ainsi raccordées aux étalons de grandeurs physiques par l'intermédiaire des chaînes d'étalonnage; la détermination de la molarité se ramène au problème d'étalonnage en chimie analytique.

Les méthodes et équipements utilisés dans les opérations de certification sont caractérisés par une grande spécificité, ce qui en limite les applications et les possibilités de rentabilisation. Des choix doivent donc être faits avant de les développer. Leur mise en place ne peut être justifiée que si les besoins des utilisateurs présentent un volume et un intérêt suffisants.

La nature des travaux du laboratoire primaire, le développement des références en aval, doivent être définis sur une appréciation des domaines d'intérêt et des besoins prioritaires. Il appartient aux utilisateurs de les faire connaître et de préciser les services qu'ils attendent.