

Que veulent dire les chimistes lorsqu'ils parlent des éléments ?

What Do Chemists Mean When They Talk about Elements? Elena Ghibaudo, Alberto Regis, and Ezio Roletto, J. Chem. Educ., 2013, 90 (12), pp 1626-1631 DOI: 10.1021/ed3004275



- Certaines incohérences dans la définition de l'élément se retrouvent dans les manuels scolaires et universitaires, entretenant une confusion entre le concept d'élément et le concept de substance simple, et posant un problème didactique
- Évolution historique de la notion d'élément
- Examen critique de certaines définitions de l'élément (littérature scientifique et manuels scolaires)
- discutons d'une définition de l'élément conforme aux connaissances scientifiques actuelles qui surmonte l'ambiguïté entre les concepts d'élément et de substance simple au niveau de l'enseignement.

Historique

- La notion d'atome et d'élément a d'abord été introduite par les philosophes grecs au 5ème siècle avant J.C.
- Les concepts d'atome et d'élément se retrouvent encore dans la science moderne, sans leur statut métaphysique, en devenant des concepts scientifiques.
- Antiquité : Aristote (IVe siècle av. J.-C.) identifie quatre principes ou éléments : air, terre, eau et feu
 - “élément” signifiait “principe”, c'est-à-dire un composant de substances complexes. L'association directe des éléments, conçus comme des principes, à certaines propriétés observables “chaud, froid, sec, humide” suggère que les éléments doivent être conçus comme des principes universels (ou porteurs de qualité ou manières d'être) plutôt que comme des composants matériels ; **les éléments sont donc des entités abstraites** responsables des principales caractéristiques perceptibles du corps, sans être, en soi, perceptibles.
- L'élément au XVIIIe siècle : Lavoisier a essayé d'éradiquer la conception philosophique des éléments en tant qu'entités ou principes abstraits, et a remplacé cette conception par l'idée d'éléments en tant que substances simples qui peuvent être isolées et qui ne peuvent être décomposées davantage.
- L'élément au XIXe siècle : Mendeleev se réfère aux éléments de “l'essence même” de la matière qui conservent leur propre identité dans une transformation chimique et qui sont identifiés par le poids atomique, un paramètre mesurable. Mendeleev indique au contraire que les substances simples ne conservent pas leur identité dans un composé.
- L'élément au XXe siècle :

- Selon [Paneth](#), ces deux significations doivent être séparées parce qu'il n'est pas correct d'attribuer à l'élément (conçu comme une portion de matière qui reste inchangée dans une transformation chimique) les propriétés de la substance simple correspondante. La substance de base de Paneth appartient à la même réalité formelle que l'élément de Mendeleev. Comme l'élément de Mendeleev est identifié par le poids atomique, la substance de base de Paneth est identifiée par le numéro atomique. Le passage du poids atomique au nombre atomique est une conséquence de la découverte des isotopes : "Un élément chimique est la classe de tous les atomes de charge nucléaire égale"

Enseignement du concept d'élément chimique

- le principal obstacle à l'enseignement du concept d'élément est la nécessité de passer du niveau macroscopique au niveau formel
- Même les enseignants peuvent avoir d'autres conceptions du concept d'élément, ce qui se reflète inévitablement dans leurs choix d'enseignement :
 - "Une substance qui ne peut pas être décomposée en substances plus simples."
 - "Les substances pures peuvent se diviser en deux catégories : les éléments, ou substances simples, qui ne peuvent pas être décomposées en substances plus simples ; les composés, substances qui peuvent être décomposées davantage car elles sont formées par des substances plus simples."
 - "Une substance pure ne contenant qu'un seul type de matière, qui ne peut être décomposée par des méthodes chimiques."
 - "Une substance élémentaire (ou élément) est une portion homogène de matière faite par un seul type d'atome."
 - "L'élément est une substance faite d'un seul type d'atomes."
 - "Les substances fabriquées par un seul type d'atomes sont classées comme éléments."
- → **Aucune de ces formulations n'est exempte de critiques.** Ceux qui définissent l'élément comme une substance simple laissent le problème de la persistance des éléments dans les composés non résolu. Ceux qui identifient l'élément avec l'atome conduisent vers la fausse conception que les atomes sont les vrais éléments dans les substances. En fait, les atomes isolés (c'est-à-dire les entités individuelles définies par un noyau et un nuage d'électrons) ne survivent pas en tant que tels dans des substances et composés simples, car leurs nuages électroniques interagissent entre eux.

À propos des définitions d'élément qui rappellent le concept d'atome, il est intéressant de lire l'indication du IUPAC selon laquelle un élément est :

1. Une espèce d'atomes ; tous les atomes ayant le même nombre de protons dans le noyau atomique.
2. Substance chimique pure composée d'atomes ayant le même nombre de protons dans le noyau atomique. Parfois, ce concept est appelé substance élémentaire en tant que distincte de l'élément chimique tel que défini sous 1, mais le terme élément chimique est surtout utilisé pour les deux concepts.

Ces définitions suggèrent deux significations distinctes pour le même terme, ce qui est clairement énoncé : le terme "élément chimique" est utilisé pour les deux concepts. Ils n'abolissent donc pas la confusion conceptuelle entre substance simple, atome et élément ; ils ne reconnaissent pas non plus la valeur formelle du concept d'élément, bien qu'il ait déjà été invoqué par Mendeleev. En fait, selon la définition 1, le mot "atome" signifie soit un atome libre, soit un atome dans une molécule, soit des

ions, etc. Ainsi, l'atome d'hydrogène libre (H), l'ion hydrogène (H+), les isotopes de l'hydrogène (D et T), les atomes d'hydrogène dans les composés tels que CH₄, D₂O, CH₃D, appartiennent tous à la classe des éléments chimiques hydrogène.

L'élément selon Nelson est "un type de matière de base existant en tant que substances élémentaires qui peuvent être inter-converties sans changement de masse". Cette définition de l'élément découle de la nécessité de prendre en compte le phénomène de l'allotropie : les substances élémentaires comme le graphite et le diamant, dit Nelson, sont des variantes d'un même élément, le carbone.

La définition de Roundy découle clairement du développement des modèles de structure atomique, "Chaque élément est défini par son numéro atomique (ou nombre de protons dans le noyau)".

Luft écrit : L'élément est une entité immatérielle sans nature physique ou chimique. les propriétés, la racine d'une espèce chimique spécifique et la racine d'une espèce chimique commune à ses atomes, molécules, ions et isotopes. Il s'agit caractérisé par deux données : un symbole et un numéro d'ordre, le numéro atomique, qui indique la position de l'élément espèces chimiques du tableau périodique

Jensen affirme que le terme élément se réfère à un type spécifique de noyaux ou, plus précisément, à une classe de noyaux ayant le même numéro atomique

Le problème de la définition d'un élément est particulièrement crucial pour ceux qui sont impliqués dans l'enseignement de la chimie. S'il est vrai que « les chimistes comprennent généralement la différence entre les éléments et les substances élémentaires et utilisent le terme "élément" comme descripteur abrégé », il n'en va pas de même pour les élèves, pour qui un manque de distinction entre le niveau formel et le niveau matériel peut conduire à des conceptions erronées de la notion d'élément. Pour ces raisons, la formulation proposée par Jensen semble particulièrement utile pour étayer le concept et surmonter l'obstacle conceptuel inhérent au terme élément.

Il est utile de souligner l'importance d'une utilisation précise de la terminologie tout en parlant des éléments : des choix de termes inappropriés (voire mauvais) ont induit des ambiguïtés qui ont été transmises et amplifiées dans l'enseignement. La première source d'ambiguïté réside dans l'utilisation d'un même mot ("élément") pour désigner soit une "classe de noyaux" spécifique, soit une "substance simple". Cette double signification peut être admise dans les discussions entre experts capables de comprendre le sens correct en relation avec le contexte, mais elle est dangereuse dans un contexte d'enseignement de la chimie, car les étudiants sont des débutants qui ont besoin d'un langage sans ambiguïté. Il est donc préférable de réserver le mot élément à une "classe de noyaux", alors que le terme substance simple doit se référer au corps matériel dont l'élément se trouve en termes concrets.

La différence entre élément et substance simple se reflète parfois explicitement dans le langage : c'est le cas de l'allotropie où, par exemple, le carbone indique l'élément, alors que les termes charbon, graphite et diamant désignent des substances simples. Cette distinction linguistique se retrouve également dans des mots tels que dihydrogène, diazote, etc. pour des substances simples, alors que l'hydrogène, l'azote, etc. indiquent les éléments dont ils sont faits. Le IUPAC recommande l'utilisation d'une nomenclature distincte aussi pour les substances simples et les éléments.

Distinction entre les niveaux macroscopique, microscopique et symbolique pour aider à distinguer les concepts de substances simples, d'atomes et d'éléments :

Niveau macroscopique	Niveau microscopique	Niveau symbolique
Substance simple (un seul élément)	Atome, ion	Élément
Substance composée (plusieurs éléments)	Atome, ion, molécule	Élément

NDLR : cf. le glossaire à [e](#) :

- élément chimique : ensemble des atomes caractérisés par un nombre défini de protons dans leur noyau. Ce nombre, noté Z , est le numéro atomique de l'élément chimique. Pour les chimistes, l'élément possède une triple signification :
 - l'élément fait référence à une substance pure élémentaire (vision macroscopique)
 - l'élément fait référence à un type d'atome caractérisé par le même nombre de protons (nombre ou numéro atomique identique) (vision microscopique)
 - l'élément se réfère à quelque chose de commun entre la substance élémentaire et ses composés (vision abstraite)

Conclusion

De l'antiquité à nos jours, la notion d'élément a connu une évolution constante, passant d'un domaine strictement philosophique à un domaine scientifique. Ces progrès conceptuels n'ont pas toujours été accompagnés d'une évolution terminologique : en conséquence, certaines ambiguïtés peuvent encore être trouvées dans la définition de l'élément disponible dans plusieurs manuels de niveau précollège et universitaire, ainsi que dans les indications du IUPAC. Pour les philosophes grecs, les éléments étaient des principes, des entités inobservables fonctionnant comme porteurs de sens. Ce point de vue est définitivement abandonné par Lavoisier, qui identifie les éléments avec les substances simples qui peuvent être isolées par des procédés chimiques. La conception abstraite de l'élément réapparaît avec Mendeleev, dont les éléments, envisagés comme "essence" de substances et de composés simples, restent invisibles mais sont caractérisés par une propriété physique : le poids atomique. Bien que Mendeleev employait un terme emprunté à la métaphysique, il a modifié substantiellement la nature du concept en attribuant aux éléments une propriété mesurable ; Paneth a résumé le concept suggéré par Mendeleev et a proposé de considérer l'élément comme une entité immatérielle caractérisée par le numéro atomique. Cependant, son choix d'utiliser l'expression "substance de base" pour désigner l'élément ne met pas suffisamment l'accent sur l'aspect formel de la notion d'élément, alimentant ainsi une confusion linguistique. Même la proposition plus récente de Nelson, qui a défini l'élément comme un type de base de la matière, ne résout pas les problèmes d'une telle ambiguïté, tandis que Luft a fait un progrès important en insistant sur la relation entre le concept d'élément et celui de noyau atomique. Au niveau de l'enseignement, nous soutenons fortement la solution proposée par Jensen, qui récupère les positions de Paneth et Luft et en arrive à une définition simple et sans ambiguïté qui souligne clairement la nature formelle d'un tel concept.

From:
<https://dvillers.umons.ac.be/wiki/> - **Didier Villers, UMONS - wiki**



Permanent link:
<https://dvillers.umons.ac.be/wiki/teaching:biblio-10.1021-ed3004275?rev=1574927874>

Last update: **2019/11/28 08:57**