

L'histoire de l'atome en tableau

Fatiha Kaddari et Mohamed Rafiq

Résumé Dans cet article, l'histoire de l'atome est tracée dans un tableau qui met en correspondance les savants acteurs de la théorie, les dates, les expériences, les difficultés et les arguments anti-atomistes. Ce tableau trans-historique est une grille de lecture de l'épistémologie et de l'histoire du concept « atome », une vue globale de son évolution dans l'histoire de la pensée humaine et son intégration dans la connaissance, passant de l'atome pré-scientifique à l'atome scientifique, et finalement à l'atome de la nouvelle ère scientifique.

Mots-clés **Atome, histoire de l'atome, théorie atomique.**

Abstract **The history of the atom in table**

In this article, we stated the history of the atom in a table showing the scientists actors of the theory, the dates, the experiences, the difficulties and the anti-atomists arguments. This trans-historic table will be a chart of reading of the epistemology and the history of the « atom » concept, a global view of its evolution in the history of the human thought and its integration in the knowledge, going from the pre-scientist atom to the scientist atom and finally to the atom of the new scientific era.

Keywords **Atom, history of the atom, atomic theory.**

« Si toute la connaissance scientifique disparaissait dans un cataclysme, quelle phrase unique pourrait préserver le maximum d'informations pour les générations futures ? Comment pourrions-nous leur transmettre au mieux notre compréhension du monde ? Je propose :

« Toutes choses sont faites d'atomes, petites particules animées d'un mouvement incessant, qui s'attirent lorsqu'elles sont distantes les unes des autres, mais se repoussent lorsqu'on les force à se serrer de trop près ». Cette seule phrase contient, vous le verrez, une quantité énorme d'informations sur le monde, pour peu que l'on y mette un peu d'imagination et de réflexion ». R.P. Feynemann, cité par B. Pullman [1].

La conception actuelle du monde physique et de la structure de la matière est basée sur la théorie atomique. Cette théorie, si familière pour nous, s'est construite après un long cheminement, tant théorique qu'expérimental, qui s'est étalé sur vingt-cinq siècles.

« Mythe ou réalité ? L'atome, en l'espace de vingt-cinq siècles, a été imaginé, analysé, décrit, exploré, puis creusé, immobilisé, accéléré, dépouillé, combiné... et finalement banalisé » (J.P. Aufray [2]).

Le réseau conceptuel de l'atome s'est tissé et s'est développé au fil de l'histoire de sa construction. Il est l'aboutissement d'un long chemin parsemé de résistances et de querelles retentissantes qui ont ponctué sa genèse et son développement, une histoire où l'idée d'atome a eu des prolongements idéologiques et philosophiques prodigieux.

Si le passé philosophique de la théorie atomique est ancien, son passé scientifique est relativement récent : il s'élève à environ deux siècles et a été pendant longtemps intimement lié à l'histoire de la chimie et à son développement. C'est vers la fin du XIX^e que les physiciens sont entrés en scène, leurs méthodes intellectuelles et leurs techniques étant plus adaptées à la question. Actuellement, c'est la physique atomique qui s'intéresse au devenir de l'atome et plus particulièrement au noyau atomique dont les subdivisions n'intéressent pas ou très peu les chimistes.

En adoptant la classification de Bachelard [3], nous pouvons tracer le profil épistémologique du concept « atome » selon trois âges : pré-scientifique, scientifique et nouvelle ère scientifique.

L'atome pré-scientifique

L'atomisme antique est une variante de la philosophie de la Nature. L'atome de l'Antiquité, qui n'a rien de commun avec l'atome actuel hormis son nom, reposait sur des spéculations métaphysiques ou poétiques, sur des intuitions, où les prémices de la théorie atomique étaient sans fondement.

Cependant, l'examen attentif des documents anciens montre que cet atomisme n'en est pas moins une doctrine pertinente interprétant la Nature avec les savoirs de l'époque. Au cours de cette période de discours et de logique, un atomisme sans dieu et sans qualité était en compétition avec la théorie des éléments fondamentaux d'Aristote : air, terre, eau et feu [4].

Jusqu'au XVII^e siècle, toutes les tendances philosophiques et courants de pensées pro- ou anti-atomistes étaient articulés autour de deux questions :

- Quels sont les éléments ultimes constituants de la matière ?
- Comment ces éléments s'unissent et restent unis ? [5].

Jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, l'atomisme est resté essentiellement au stade des spéculations et des idées abstraites. Les joutes intellectuelles lui donnant naissance n'étaient que des jeux de l'esprit. Par contre, la chimie avait entamé une nouvelle ère alliant l'expérience à la théorie, et devenait à la fin de ce siècle une doctrine autonome, quantitative et rationnelle.

L'atome scientifique

Le début du XIX^e siècle a connu un revirement du statut de la thèse atomique et a marqué la naissance de l'atome scientifique grâce aux nouvelles pratiques expérimentales de la chimie quantitative.

Tableau - Histoire et évolution du concept « atome ».

*Prix Nobel : Röntgen, 1901 ; Arrhenius, 1903 ; Becquerel, Marie et Pierre Curie, 1903 ; Thomson, 1906 ; Rutherford, 1908 ; Planck, 1918 ; Einstein, 1921 ; Bohr, 1922 ; Millikan, 1923 ; Perrin, 1926 ; De Broglie, 1929 ; Heisenberg, 1932 ; Schrödinger, 1933 ; Dirac, 1933 ; Chadwick, 1935 ; Pauli, 1945 ; Born, 1954 ; Kastler, 1966 ; Gell-Mann, 1969 ; Binnig et Rohrer, 1986 ; Dehmelt, 1989 ; Friedman, Kendall et Taylor, 1990 ; Zewail, 1999.

Profil épistémologique	Date	Savant	Définitions, caractéristiques, modèles	Notions, lois, théories	Expérimental, heuristiques	Arguments anti-atomistes, difficultés
Age pré-scientifique Réalisme naïf	V ^e siècle av. J. C.	Démocrite Leucippe Épicure Lucrèce	<u>Atomos, l'atome...</u> Atomes crochus Modèles mécaniques <u>Invisible...</u>	Notions philosophiques Spéculations métaphysiques	 <u>Pratiques alchimiques</u>	Théorie matérialiste Le rejet du vide Dominance de la théorie des éléments
	1750	Boyle Newton Lavoisier	Corpuscules de matière unis par des attractions <u>et</u> <u>insécable</u>	Première notion correcte de l'élément chimique Loi d'attraction universelle Application au microscopique Conservation de la masse, développement de la notion d'élément	Invention de la cuve à eau [7] <u>Émergence de la chimie moderne</u> Chimie des gaz, chimie pneumatique Chimie analytique	
Age scientifique Empirisme clair et positiviste	1800	Proust Richter Dalton Davy	Particules identiques invisibles, indivisibles, Poids (masse au sens actuel)	Lois pondérales : loi des proportions réciproques, loi des nombres proportionnels, loi des proportions définies	Pile volta La chasse aux poids atomiques N _a , M _g , K...	Confusion atome et molécule
		Gay-Lussac Avogadro, Ampère Mitscherlich Dulong et Petit	On parle plutôt de molécule	Proportions volumétriques, hypothèse d'Avogadro-Ampère Loi de l'isomorphisme [8], Les atomes des corps simples ont la même chaleur spécifique	Cristallographie Volumétrie Gravimétrie	Concurrence atome et équivalent
	1825	Berzelius Gaudin Laurent Gerhardt	Dipôle diélectrique	Prémices de la liaison chimique Interprétation des combinaisons chimiques en terme de réarrangement d'atomes. Distinction entre atome et molécule (passée inaperçue)	<u>Chimie Organique</u>	
	1850	Kekulé, Cannizzaro, Wurtz Mendeleïev	Congrès de Karlsruhe : résolution du problème de la nomenclature	Lois des substitutions, Lois des types, Atomicité (valence au sens actuel)		Énergétisme : primauté de l'énergie
				Loi périodique des éléments		

Tableau - Suite.

Profil épistémologique	Date	Savant	Définitions, caractéristiques, modèles	Notions, lois, théories	Expérimental, heuristiques	Effet spectroscopique lié au champ expérimental	Limites des modèles
<p>Age scientifique</p> <p>Rationalisme classique de la mécanique rationnelle</p> <p>-----</p> <p>Nouvelle ère scientifique</p> <p>Rationalisme complet (relativité)</p>	1875	Arrhenius*, Boltzmann	Modèles cinétiques, Atome sphérique	Notion de probabilité des états macroscopiques : « complexions microscopiques »	Chimie physique Vitesse de réaction Équilibre thermodynamique Mouvement brownien		refus des modèles
	1885	Balmer Stoney				Série de Balmer	
	1898	Röntgen* Becquerel*, Marie et Pierre Curie*			Idée de charge électrique élémentaire Rayons X Radioactivité	Série de Lyman Série de Paschen	
	1900	Planck* Millikan* Thomson* Perrin*	m/e, sphère positive fourrée de pépins négatifs	Quantification de l'énergie, quanta Découverte de l'électron	Étude du rayonnement, Corps noir Électrolyse, électricité (m/e) 13 méthodes pour prouver le nombre d'Avogadro Effet photoélectrique		
	1905	Einstein*		Nature corpusculaire de la lumière, photon			
	1911	Rutherford*	Modèle nucléaire		Radioactivité, rayons α et β	Spectre continu de l'hydrogène	Instabilité du modèle selon les théories de Maxwell
	1913	Moseley Bohr*	Numéro atomique Z Modèle planétaire, trajectoire circulaire	Quantification au sein de l'atome		Spectre discontinu de l'hydrogène	Structure fine : Effet Stark, Effet Zeeman, Atome poly-électronique
	1916	Sommerfeld	Trajectoire elliptique, Nombres quantiques : n, l, m				
	1919	Rutherford*		Proton			
	1924 1925	De Broglie* Heisenberg*	$\lambda = h/mv$ $\Delta x \cdot \Delta p \geq h/2\pi$	Dualité onde/corpuscule Mécanique matricielle, Incertitude de Heisenberg			
Profil épistémologique	Date	Savant	Définitions, caractéristiques, modèles	Notions, lois, théories	Expérimental		
<p>Nouvelle ère scientifique</p> <p>Rationalisme complet (relativité)</p> <p>-----</p> <p>L'atome à l'aube du XXI^e siècle</p>	1926	Uhlenbeck, Goudsmit Schrödinger*	Fonction d'onde	Notion de spin Équation de Schrödinger : $H\Psi = E\Psi$	<p>Diffraction des électrons</p> <p><u>La physique nucléaire se développe, prolifération de particules élémentaires</u> Conquête du nanomonde : nanotechnologies Étude des résonances hertziennes des atomes</p> <p><u>Essai pour isoler un atome</u> Un électron est isolé dans une « trappe de penning », ion de baryum isolé : piège à ion Microscope électronique à effet tunnel</p> <p><u>Essai pour visualiser un atome</u> « Écriture atomique », sigle IBM écrit avec 35 atomes de xénon</p> <p>Utilisation de la spectroscopie ultrarapide, pour observer le mouvement des atomes et des molécules au cours d'une réaction chimique</p>		
	1926	Born*	Interprétation probabiliste, Orbitale, Nuage électronique	Ψ^2 densité de probabilité			
	1927	Davisson et Germer Pauli*		Principe de Pauli			
	1928	Hund Dirac*		Règle de multiplicité Équation relativiste de Dirac			
	1932	Chadwick*		Découverte du neutron			
	1950	Castel et Brossel		Pompage optique			
	1960	Gell-Mann*	Interaction faible	Imagination des quarks			
	1970	Dehmelt* et ses assistants	Interaction forte				
	1980	Binnig* et Rohrer* Taylor*, Friedman*, Kendall*		Le proton et le neutron sont des particules composées de quarks Adatomes = atomes adsorbés en surface			
	1990	Zewail*		Femtochimie			

En effet, la chimie à cette époque prospérait : la dualité espèce/structure se confirmait en tant que caractéristique épistémologique, les données de plus en plus fiables se multipliaient (obtention et purification de nouveaux corps simples, mesures de volume de corps gazeux, de densité de vapeur, de chaleur spécifique...) et de nouvelles lois, règles et théories faisaient surface. Ce contexte, teinté d'une science positive, mena à l'atomisme scientifique. La réalité atomique n'est pas pour autant totalement admise ; elle s'est insérée dans les activités scientifiques tout en affrontant des résistances, des distorsions et même des déchirements conceptuels.

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, la théorie atomique incarna un défi : celui de décrire, caractériser et prouver l'existence d'un objet situé au-delà de la réalité tangible et des moyens et connaissances de l'époque.

L'atome de la nouvelle ère scientifique

A l'aube du XX^e siècle, l'atome n'est plus élémentaire : il est devenu un élément composé, polycorpusculaire, l'insécabilité éventuelle des particules ultimes de la matière étant repoussée en-deçà de l'entité atomique.

Depuis, l'étude de la structure interne de l'atome a offert à la science d'immenses champs d'investigation, ce qui a mis en cause les concepts de la physique classique et a permis d'ouvrir ou d'élargir de nouveaux espaces conceptuels complexes.

Au cours de cette maturation, les représentations proposées de l'atome ont également énormément évolué : de la boule insécable, minima de la matière, aux modèles quantiques, de figurable à une entité mathématique impossible à transcrire en image.

Tout le long de son histoire, la thèse atomique s'est confrontée à des opposants. Les arguments de rejets n'évoluant pas en ligne directe, la ligne de démarcation entre atomistes et anti-atomistes est difficile à tracer. Le profil de ces derniers était loin d'être constant dans l'histoire car à chaque fois, la question se déplaçait et un nouveau débat s'ouvrait [6].

Pour une meilleure approche de l'atomisme, l'approche symétrique des controverses meublant son histoire paraît indispensable car bien qu'opposés et parfois farouchement contradictoires, ces deux camps ont forgé ensemble le devenir du concept « atome ».

Afin d'aborder d'une manière générale la progression du concept atome, il est nécessaire de broser l'histoire de la chimie à laquelle il a été étroitement lié pendant longtemps. Cependant, la prolifération et l'accumulation des productions rendent difficile, voir impossible, l'exposition de tous les faits (ce qui explique le dogmatisme des enseignements scientifiques) ; nous essayerons donc de nous limiter aux moments forts marqués par des avancées significatives dans l'évolution de la construction de ce concept.

Cette histoire, nous l'avons tracée dans un tableau qui met en correspondance les avancées scientifiques, les savants acteurs de la théorie, les dates, les expériences, les difficultés et les arguments anti-atomistes.

Ce tableau trans-historique est une grille de lecture de l'épistémologie et de l'histoire du concept « atome », une vue globale de son évolution dans l'histoire de la pensée humaine et son intégration dans la connaissance.

Références

- [1] Pullman B., *L'atome dans la pensée humaine*, Fayard, 1995.
- [2] Auffray J.P., *L'atome*, Dominos, Flammarion, 1997.
- [3] Bachelard G., *La philosophie du non*, PUF, Paris, 1940.
- [4] Bensaude-Vincent B., Stengers I., *Histoire de la chimie*, La découverte, Paris, 1993.
- [5] Goupil M., *L'Act. Chim.*, 1987, p. 16.
- [6] Bensaude-Vincent B., Kounelis C., *Les atomes une anthologie historique*, Presses Pocket, 1991.
- [7] Massain R., *Chimie et chimistes*, 5^e éd., Magnard, Paris, 1979.
- [8] Scheidecker C.M., *L'Act. Chim.*, mai-juin 1993, p. 39



F. Kaddari



M. Rafiq

Fatiha Kaddari¹ et Mohamed Rafiq² sont enseignants chercheurs à la Faculté des sciences Dhar El Mehraz de Fès (Maroc)*.

* Laboratoire de didactique et de pédagogie de l'enseignement de la chimie (LADIPEC), Université Sidi Mohamed ben Abdellah, Faculté des sciences Dhar El Mehraz, Fès, Département de chimie, BP 1796, Fès-Atlas (Maroc).

Tél./Fax : +212 55 73 31 71.

¹ Courriel : kaddari@yahoo.fr

² Courriel : rafiqmohamed@hotmail.com

