

# **CH284 – Conceptions de la matière**

## **1 - LES THEORIES DE L'ANTIQUITE**

### **1.1 - L'unité de la matière : Aristote**

### **1.2 - La matière comme constituée d'éléments fondamentaux**

### **1.3 - L'épicurisme**

## **2 - DE L'ALCHIMIE A LA CHIMIE : LA CONSTITUTION D'UNE SCIENCE DES QUALITES ?**

### **2.1 – Alchimie**

### **2.2 – Les théories atomistes et les difficultés du mécanisme : les conceptions de la matière au XVIIème et début du XVIIIe siècles**

### **2.3 - Etats de la matière et théorie des gaz**

### **3 LE TRIOMPHE DIFFICILE DE L'ATOMISME ET LA CONSTITUTION DE LA CHIMIE COMME SCIENCE : XVIII ET XIXEMES SIECLES**

Nous avons vu comment le XVIIème et le début du XVIIIème siècle ont vu se modifier parallèlement la conception de la matière et la chimie. Les « belles imaginations » des philosophes, mais aussi le réductionnisme rationaliste et mécaniste des physiciens ont été mise en doute par le développement d'une science essentiellement expérimentale. Il reste, pour que la chimie se constitue comme science, à trouver une façon de quantifier sa propre notion de matière, et de donner une théorie des compositions.

#### **3.1 – la « Révolution Chimique »**

- Lavoisier (1743-1794) et la révolution chimique
  - Expérience sur la calcination, pli cacheté à l'académie, 1772 : projet explicitement révolutionnaire
  - Héritage du XVIIIème à ne pas négliger
- Usage de la balance comme instrument essentiel dans le cadre d'un programme méthodique de recherche :
  - choix de la masse comme quantification de la matière
  - principe de conservation de la quantité de matière est le levier de sa pratique expérimentale, dominée par des « bilans ». Idée d'équation chimique.
- « Découverte » de l'oxygène : théorie de la combustion comme oxydation. Cette théorie n'est pas une révolution, mais plutôt une inversion de la relation air-combustible :
  - Chez Stahl, la combustion libre du phlogistique (Guyton de Morveau : poids négatif), source de lumière et de chaleur, et présent dans le combustible.

⇒ Combustion = condensation

- Chez Lavoisier, la combustion est *combinaison* avec l'air, la source de chaleur étant le déplacement de *calorique*, présent dans l'air.

⇒ Combustion = expansion, voire désagrégation

- Nouvelle nomenclature : un tel succès que la plupart des textes pré-lavoisiens sont illisibles pour le chimiste moderne.

- Destruction de l'ancien système : après l'air, montre que l'eau est composée
- Nouveau système : *Méthode de nomenclature chimique*, 1787, logique de composition : substances simples + suffixes
- Lavoisier, Guyton de Morveau, Gaspard Monge ; Berthollet, Fourcroy, Hassenfratz et Adet : création des *Annales de chimie*

- *Traité élémentaire de Chimie*, 1789

- Appel à un public sans préjugé pour fonder une nouvelle science
- Définition de la notion d'élément : la dépendance vis-à-vis de nos moyens d'analyse n'est plus le lieu de la critique, mais est placée au centre d'une science de laboratoire, non de la « nature ».

⇒ Donc quantification et nouveau langage : la chimie se fait science expérimentale.

Reste que :

- La définition « négative » de l'élément comme indécomposable ne permet pas de prédire les comportements chimiques : notion d'affinité.
- Conserve ambiguïté : principe, élément, corps simple

⇒ Du point de vue de la conception de la matière :

- Conserve quelque chose de la matière universelle : oxygène, calorique
- Orientation pragmatique : Ne favorise pas l'atomisme, mais plutôt le développement de *l'équivalentisme*

## 3.2 – La renaissance ambiguë de l'atomisme au XVIII<sup>e</sup> : atomisme et équivalentisme

### 3.2.1 - L'atomisme de John Dalton (1766-1844)

- o L'hypothèse atomique *Nouveau Système de Philosophie Chimique*, 1808
  - Point de départ : composition de l'air
  - rejette le dogme d'un mélange uniforme et considère l'atmosphère comme composée de 3 fluides élastiques de densité différente
  - Retour à Newton : air constitué de "small particles or atoms of matter which repel each other" (*PM* II prop. 23).
    - ⇒ Dalton postule que seules les particules de même espèce se repoussent, et pense ainsi expliquer la diffusion des différents gaz les uns dans les autres, indépendamment de leur poids spécifique.
- o Deuxième contribution décisive de Dalton: l'idée de poids atomique.
  - La théorie atomique donne alors un cadre pour les lois fondamentales de la composition chimique, ou loi des proportions qu'avaient trouvée Richter et Wenzel (Stoéchiométrie, 1792) en Allemagne, Proust (*Journal de Physique*, 1800-1806) en France.
  - Introduction de la notion de poids relatif et choix de l'hydrogène comme référence conventionnelle.
  - Sur la base  $H = 1$ , il publie en 1808 un système de poids atomiques qui attribue 5 à l'azote, 5 au carbone et 7 à l'oxygène car un atome d'oxygène est supposé s'unir à un atome d'hydrogène pour former l'eau, de poids total 8.
    - ⇒ Caractérisation quantitative et fixe des éléments
- o Développements :
  - Gay-Lussac (1778 - 1850), loi de proportion pour les gaz : contrainte sur les volumes.
  - Amedeo Avogadro : fait le lien entre Dalton et Gay-Lussac : hypothèse sur le rapport entre volume et nombre de molécules pour un gaz. Hypothèse supplémentaire : distinction entre molécules intégrantes et molécules élémentaires.

### 3.2.2 - Théorie adverse : équivalentisme Wollaston

- o Deux corps sont équivalents ssi substituables dans les compositions. Loi des proportions = loi des poids proportionnels. Pas besoin de l'hypothèse atomique : Dumas, 1836, Collège de France : effacer le mot atome de la science
  - o Les atomes caractérisés par le poids atomique = façon commode de parler, faisant usage des « atomes » comme de fictions utiles.
    - La question de l'existence ou non des « unités » chimiques relève de la métaphysique.
    - Or la chimie doit se faire science positive et strictement expérimentale, pure de toute hypothèse concernant la structure fondamentale de la matière.
    - D'où la multiplication des systèmes d'équivalence, ou de proportions (Wollaston O=100)
  - o N'exclut pas le monisme : hypothèse de Prout en 1810 : tout est hydrogène.
  - o Le débat : 1869, British Chemical Society
    - Wollaston : l'atome comme modèle heuristique, même si aucune preuve expérimentale de son existence
    - Brodie (1817-80) : jusqu'au bout du refus des atomes, et de leur conception comme mesure de la proportion : volonté de refonder le langage de la chimie, contre l'illusion atomistique. D'où un système de calcul où les symboles chimiques sont remplacés par des lettres grecques
    - Seuls les physiciens, avec le développement de la théorie cinétique des gaz (Clausius, années cinquante), plaident en faveur d'un atomisme réaliste : nature fondamentalement mécanique de la matière.
    - Mais même en physique, absence de consensus : énergétisme (Ostwald, Duhem) : refonder les sciences de la matière sur la thermodynamique et le concept d'énergie.
- ⇒ Donc
- deux types d'atomisme (réaliste ou pragmatique)
  - une théorie adverse : matière = énergie
- ⇒ Début XXIème, il n'y a donc pas d'unanimité en ce qui concerne la matière, ni ce que doit en comprendre la science.

### **3.3 – Le triomphe difficile de l’atomisme et la constitution de la chimie comme science**

o Congrès international, le premier en chimie, en 1860 à Karlsruhe. 140 spécialistes se sont déplacés, venus de tous pays, de la Russie à l'autre rive de l'Atlantique, pour tenter de peser le pour et le contre des deux théories (atomisme, équivalentisme).

- Intervention de Cannizzaro en faveur de d'un système de poids atomiques fondés sur la loi D'Avogadro et les travaux de Gerhardt, récemment revus et corrigés par le français Wurtz. Distinction atomes/molécules.
- Berthelot absent : atomisme censuré (agrégation) en France jusqu'en 1907
- Dimitri Mendeleïev (1834-1907) dans la salle : en tirera la classification des éléments à venir selon la loi périodique : 1869 : pluralisme engagé (métaphore des familles d'éléments) → le poids atomique deviendra une caractéristique fondamentale de la matière

o Cependant, la loi périodique est un guide pour la recherche :prédiction d'éléments à découvrir, importance de la spectroscopie, et de la théorie cinétique des gaz.

o Développement de la théorie électronique (Rutherford)

o La résolution vient de la considération du mvt brownien, décrit pour la 1re fois par le botaniste d'Edinbourg Robert Brown (1773-1858) en 1827 : des grains de pollen de 1/4000 inch suspendus dans l'eau changent de forme; dû ni aux mvts du fluide, ni à la qualité vivante, car même observation sur des suspensions de particules inorganiques. Il faudra encore 80 ans pour prouver l'hypothèse de Brown, à savoir que la cause est un bombardement des grains de pollen par les molécules. A l'époque : consensus relatif s'est établi en faveur de micro-courants électriques.

o Jean Perrin confirme l'hypothèse par une série d'expériences 1908-11, en particulier prédit une distribution des granules uniforme dans tout plan horizontal, mais de densité croissante avec la profondeur, selon une formule que les mesures confirment. Confirmant aussi des prédictions faites par Einstein. Perrin est lucide sur la portée de son travail, cf. le titre d'une communication de 1912 au premier congrès Solvay: "Les preuves de la réalité moléculaire".

Poincaré, 1912: “Les atomes ne sont plus désormais de simples fictions utiles; il nous semble que tout nous pousse désormais à dire que nous les voyons, puisque nous sommes en mesure de les compter [...] Dans les procédures découlant du mouvement brownien [...] l’atome du chimiste est désormais une réalité.”

→ Présentation grand public par Perrin, *Les atomes* 1913.