

**Journée Académique de la Physique-Chimie**  
IUT d'Orléans  
18 mars 2026

# Enseigner avec ou à partir de l'histoire des sciences

Sandra JAVOY - [sandra.javoy@univ-orleans.fr](mailto:sandra.javoy@univ-orleans.fr)

Plan :

- Idées reçues sur la construction des connaissances scientifiques  
=> des contre-exemples
- Les diverses raisons d'utiliser l'histoire des sciences dans l'enseignement  
=> des illustrations et point de vigilance / sources à utiliser en classe

« J'entends et j'oublie.  
Je vois et je me souviens.  
Je fais et je comprends »

*Confucius (551 à 479 av. J.-C.)*

Apprendre, retenir et utiliser



Comprendre et savoir d'où cela vient

Suivre / refaire le cheminement  
de la construction

Enseignement « dogmatique » des sciences : science faite de certitudes et de connaissances immuables, établies il y a très très longtemps alors que ...

Savez-vous depuis quand l'ambiguïté entre « masse » et « poids » a été définitivement levée ?

Distinction « poids » / « masse » souvent attribuée à Newton (1643-1727) :

*« Je désigne la quantité de matière par les noms de corps ou de masse. Cette quantité se connaît par le poids des corps : car j'ai trouvé par des expériences très exactes sur les pendules, que les poids des corps sont proportionnels à leur masse [...] La gravité appartient à tous les corps, et elle est proportionnelle à la quantité de matière que chaque corps contient ».*

*Extraits de « Philosophiae naturalis principia mathematica », traduit par Emilie du Châtelet (1759)*

Pourtant, il faut attendre la 3<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures de 1901 pour que l'ambiguïté qui existait encore sur l'utilisation des termes « poids » et « masse » cesse

Savez-vous depuis quand la mole est une unité de base du S.I. ?

Seulement depuis 1971 après avoir été reconnue en 1970 par la 14<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures

<https://publications.iupac.org/pac/1992/pdf/6410x1535.pdf>

## Autre exemple : la découverte du neutron



**J. J. Thomson**

Découverte  
de l'électron  
en 1897



**Ernest Rutherford**

Découverte  
du noyau en  
1911 puis du  
proton en  
1919



**James Chadwick**

Mise en évidence du neutron et  
de ses propriétés en 1932....

... ma grand-mère, qui a aujourd'hui  
102 ans, est alors âgée de 9 ans



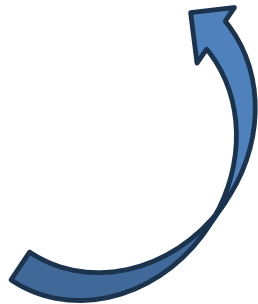
Parfois des temps longs entre l'émission d'une hypothèse, sa validation par la communauté scientifique et son arrivée dans l'enseignement...



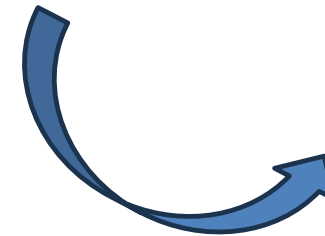
**Murray Gell-Mann**

avec George Zweig postulent, au milieu des années 60, l'existence des « quarks » comme constituants élémentaires des protons et des neutrons

Preuve de l'existence des quarks suite à une série d'expériences menées à la fin des années 60 - début des années 70, confirmée par d'autres avancées théoriques et expérimentales dans les années 70 ...



Fin de mes études universitaires au début des années 2000, pendant lesquelles je n'ai jamais entendu parler des quarks ...



Autre exemple : Pression standard  $1.10^5$  Pa depuis 1982

<https://goldbook.iupac.org/terms/view/S05921>

L'histoire des sciences est souvent (re)présentée (frise) comme une chronologie de découvertes marquantes (telle une construction par briques), associées à un savant seul (et d'une seule discipline) et sorties de tout contexte (i.e. sans dire pourquoi, comment et grâce à quelles connaissances ou techniques déjà établies)



<https://view.genially.com/66e8638902bb4ca34c84125e/interactive-content-frise-chronologique-electricite>

Alors qu'en réalité ...

- La construction des connaissances est le fruit d'interactions, de débats entre scientifiques, de filiation, de désaccords, de controverses,
- Savoirs établis au sein d'une communauté scientifique ... « jusqu'à preuve du contraire », i.e. jusqu'à ce qu'un fait ou un énoncé plus robuste vienne contredire ce savoir

=> Développement discontinu des connaissances, parfois sur plusieurs siècles, par changement de paradigme (Kuhn) et non par briques ou « comme un long fleuve tranquille »

Exemple avec la mise en évidence de l'existence des atomes...

## **Théorie *atomique***

(Leucippe, Démocrite, Anaxagore, puis Lucrèce)

La matière est composée d'entités élémentaires (les atomes)

dès l'antiquité

## **Théorie *élémentale***

(Empédocle, Platon, puis Aristote)

Toute matière de l'univers est un mélange variable des 4 éléments :



Feu



Air



Eau



Terre

- Ces deux théories s'affronteront pendant plusieurs siècles et c'est la théorie élémentale qui « l'emportera » jusqu'à la fin du 18<sup>e</sup> siècle

- Remise en question de la théorie élémentale grâce aux expériences rigoureuses de Lavoisier qui montre que l'air et l'eau sont composés de plusieurs éléments qu'il nommera « oxygène », « azote » et « hydrogène » mais ...

- Acceptation par les derniers sceptiques seulement au début du 20<sup>e</sup> siècle, grâce aux travaux de Jean Perrin sur la détermination du nombre d'Avogadro par 13 voies différentes !


Sur l'image du savant « génial et solidaire » d'une seule discipline :

## ■ Le personnage

**Lavoisier (1743-1794)**

À Paris, Antoine Laurent de Lavoisier est Fermier Général de son état. Chimiste de génie pendant ses loisirs, il suit de près les travaux des savants anglais et notamment de Priestley qui lui explique comment il a isolé ce drôle d'air « fixé » (le dioxygène) qui avive la flamme d'une bougie.

L'année suivante, Lavoisier reprend l'expérience, en pesant tous les composants et il montre que l'air se compose de plusieurs éléments :  $\frac{1}{5}$  de dioxygène et  $\frac{4}{5}$  de diazote. Les travaux de Lavoisier font vite autorité.



LAVOISIER

Alors que ...

Extrait manuel de 4<sup>e</sup> Ed. Nathan (Programme 2007)

H 19279

ATLAS  
ET DESCRIPTION  
MINÉRALOGIQUES  
DE LA FRANCE,

Entrepris par ordre du Roi, par MM. GUETTARD & MONNET.

Publiés par M. MONNET, d'après ses nouveaux voyages.

PREMIERE PARTIE,

COMPRENANT le Beauvoisis, la Picardie, le Boulonnais, la Flandre Française, le Soissonnais, la Lorraine Allemande, une partie de la Lorraine Française, le pays Messin, & une partie de la Champagne.



A PARIS,

Chez { DIDOT l'aîné, rue Pavée Saint André-des-Arcs;  
DESNOIS, Libraire, rue Saint-Jacques;  
ALEXANDRE JOMBERT jeune, Libraire, rue Dauphine, près du Pont-Neuf.

M. D C C. L X X X. (1780)

AVEC APPROBATION, ET PRIVILEGE DU ROI.

H m III<sup>k</sup>  
Frankr.  
8124

le fit adopter par le Roi. M. Guettard encouragé par-là voyagea de nouveau pour l'exécution de son projet, & sentant toute l'étendue de ce travail, il s'adjoignit M. Lavoisier son ami; & de leur travaux il résulta les seize premières Cartes qui ont paru de cet Atlas, & que nous avons désignées précédemment dans un Avertissement qui a paru à la tête de la collection de toutes ces Cartes publiées en 1778. Mais comme ce travail est immense, & que cet Atlas pour être porté à sa fin, ira à plus de

<https://docnum.unistra.fr/digital/collection/coll11/id/2164>

Géologie avec Jean Guettard

## PREMIER MÉMOIRE

### SUR LA RESPIRATION DES ANIMAUX,

PAR SEGUIN ET LAVOISIER<sup>1</sup>. (1789)

En partant des connaissances acquises, et en nous réduisant à des idées simples, que chacun puisse facilement saisir, nous dirons d'abord, en général, que la respiration n'est qu'une combustion lente de carbone et d'hydrogène, qui est semblable en tout à celle qui s'opère dans une lampe ou dans une bougie allumée, et que, sous ce point de vue, les animaux qui respirent sont de véritables combustibles qui brûlent et se consomment.

Dans la respiration, comme dans la combustion, c'est l'air de l'atmosphère qui fournit l'oxygène et le calorique; mais, comme dans la respiration c'est la substance même de l'animal, c'est le sang qui fournit le combustible, si les animaux ne réparaient pas habituellement par les aliments ce qu'ils perdent par la respiration, l'huile manquerait bientôt à la lampe, et l'animal périrait, comme une lampe s'éteint lorsqu'elle manque de nourriture.

## Biologie animale avec Armand Seguin

diatement de l'expérience. En effet, l'air qui a servi à la respiration ne contient plus, à la sortie du poumon, la même quantité d'oxygène; il renferme non seulement du gaz acide carbonique, mais encore beaucoup plus d'eau qu'il n'en contenait avant l'inspiration. Or, comme l'air vital ne peut se con-

perde une partie de son calorique spécifique, il en résulte que l'effet de la respiration est d'extraire du sang une portion de carbone et d'hydrogène, et d'y déposer à la place une portion de son calorique spécifique, qui, pendant la circulation, se distribue avec le sang dans toutes les parties de l'économie animale, et entretient cette température à peu près constante qu'on observe dans tous les animaux qui respirent.

MÉMOIRE  
SUR LA CHALEUR,

PAR

MM. LAVOISIER ET DE LAPLACE<sup>1</sup>. (1780)

Thermodynamique avec Pierre-Simon Laplace

Si l'on suppose deux corps égaux en masse, et réduits à la même température, la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré leur température peut n'être pas la même pour ces deux corps; et, si l'on prend pour unité celle qui peut élever d'un degré la température d'une livre d'eau commune, on conçoit facilement que toutes les autres quantités de chaleur, relatives aux différents corps, peuvent être exprimées en parties de cette unité. Nous entendrons dans la suite, par *capacités de chaleur* ou *chaleurs spécifiques*, ces rapports des quantités de chaleur nécessaires pour élever d'un même nombre de degrés leur température, à égalité de masse. Ces rapports peuvent varier suivant



*Musée des Arts et Métiers à Paris*

Lavoisier a investi sa fortune accumulée en tant que fermier général dans de nombreux instruments scientifiques, notamment des balances les plus précises d'Europe

<https://www.arts-et-metiers.net/musee/gazometre-de-lavoisier>

A partir de 1780, en plus de certains de ses confrères de l'académie des sciences qui fréquentent son laboratoire, ingénieurs, techniciens et aides de laboratoires travaillent pour Lavoisier en échange d'enseignements

[https://www.persee.fr/doc/pharm\\_0035-2349\\_1995\\_num\\_83\\_306\\_4478](https://www.persee.fr/doc/pharm_0035-2349_1995_num_83_306_4478)



*Tableau de Jacques Louis David de Lavoisier et sa femme (1788)*

Traduction par son épouse, Marie-Anne Pierrette Paulze, des travaux de Priestley et Scheele => expériences « reproduites par Lavoisier » avec une meilleure précision et qu'il interprète différemment ...

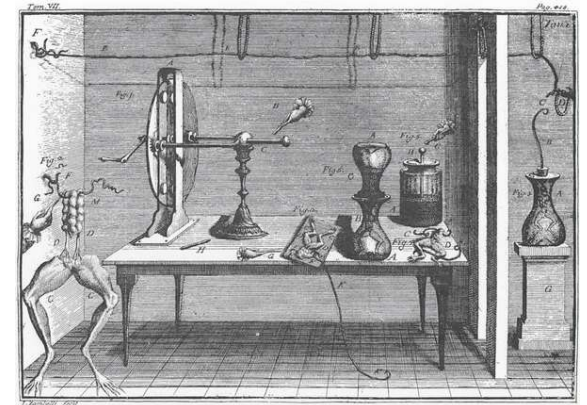
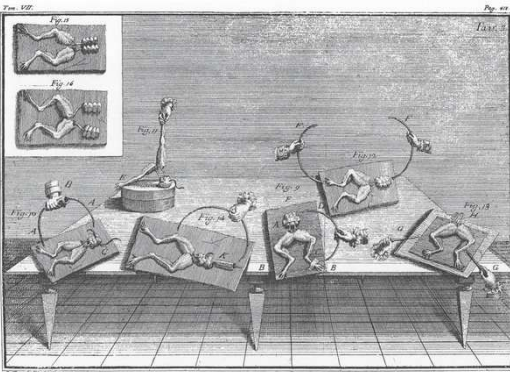


Sur la contextualisation et les interactions entre différents champs scientifiques ...

**Exemple avec la pile de Volta** (également exemple de controverse et qu'une même observation peut conduire à différentes interprétations)

Vers 1780, Luigi Galvani (médecin et professeur d'anatomie) s'intéresse à l'action de l'électricité (alors produite par frottement) sur les nerfs de pattes de grenouilles et remarque dans un premier temps que :

« Une étincelle électrique a le pouvoir de provoquer à distance une contraction musculaire, pourvu qu'un fil métallique suffisamment long soit en contact avec le nerf »



Il remarque ensuite qu'il suffit que le nerf et le muscle d'une patte de grenouille soient mis en contact par deux métaux différents pour que le muscle se contracte.

Il publie en 1791 un ouvrage où il énonce une théorie du « fluide électrique animal » selon laquelle c'est de l'animal que viendrait l'électricité qui, en se déchargeant à travers les métaux, provoque le mouvement musculaire.

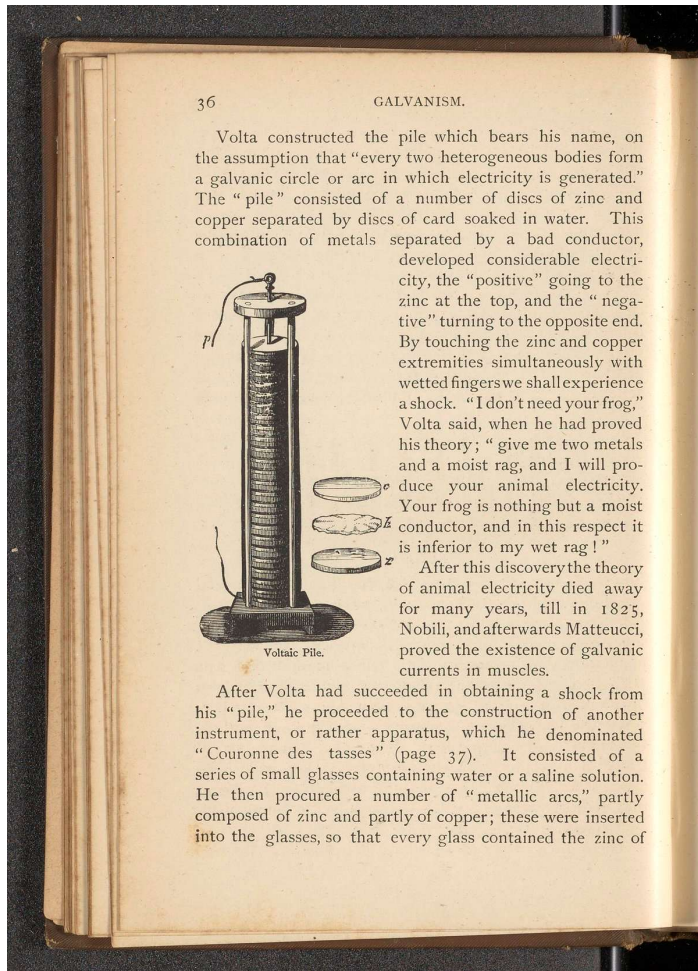
Alessandro Volta (physicien et chimiste) conteste l'interprétation de Galvani : pour lui, c'est le contact entre deux métaux différents qui est à l'origine de l'électricité produite et l'animal ne fait que réagir à cette électricité d'origine métallique.

Résultat de la controverse entre les défenseurs de l'électricité animale de Galvani et de l'électricité métallique de Volta  
=> invention de la pile de Volta en 1800

= empilement de rondelles de cuivre et de zinc et de rondelles de carton imprégnées d'eau salée

Elimination de l'idée d'une électricité animale, mais surtout première source de courant électrique continu qui permis de nombreuses autres avancées scientifiques ...





<https://digital.sciencehistory.org/works/vkmmztt>

## Première source de courant électrique continu



« Naissance » de l'électrochimie : les chimistes s'intéressent à l'action de « l'électricité voltaïque » sur les substances chimiques :

- Décomposition électrolytique de l'eau par Carlisle et Nicholson en 1800,
- Electrolyses de sels fondus par Sir H. Davy qui lui permettent d'isoler, en 1807-1808, différents métaux alcalins (K et Na) et alcalinoterreux (Mg, Ca, Sr et Ba)
- ...



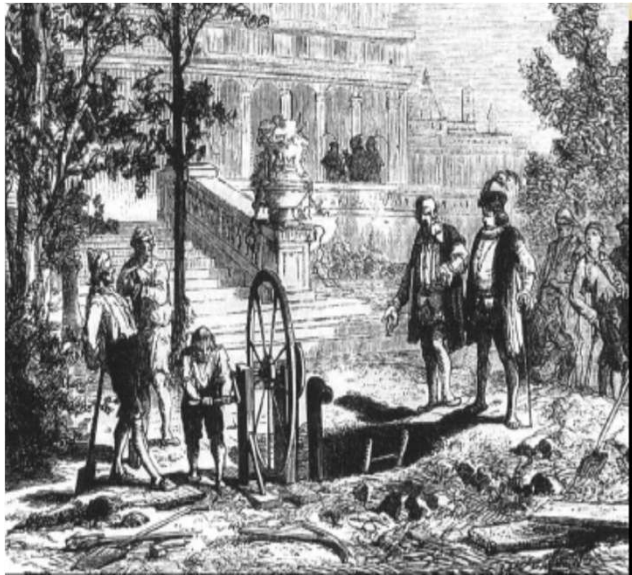
<https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co7129/davys-small-electrolysis-trough-1810-replica>

Petit pas de côté / étymologie ... => Intérêt pédagogique ?

- « pile » du latin *pila* « colonne, pilier » car formée d'un empilement de rondelles de cuivre, de zinc et de carton imbibés d'eau salée
- « ion » du grec *ίόν* « aller » car entité qui va, se déplace (vers l'électrode)
- « électron » du latin *electrum* lui-même du grec *ήλεκτρον* « ambre jaune, succin » par rapport aux propriétés électrostatiques de l'ambre jaune après avoir été frotté
- « azote » du grec *α* privatif et *ζωή* « vie » donc qui « prive de la vie » car Lavoisier remarqua qu'un être vivant sous une cloche contenant ce gaz mourait
- « argon » du grec *ἀργός* « inactif, inerte » car premier gaz rare à avoir été identifié (Ramsay, 1894) présentant une inertie chimique
- ...

## Autre exemple de contextualisation : la découverte de la pression atmosphérique

(également exemple qu'une même observation peut conduire à différentes interprétations)



Vers 1635, les fontainiers de Florence ne parviennent pas à faire monter l'eau, par aspiration, au-delà d'une hauteur d'environ 10m

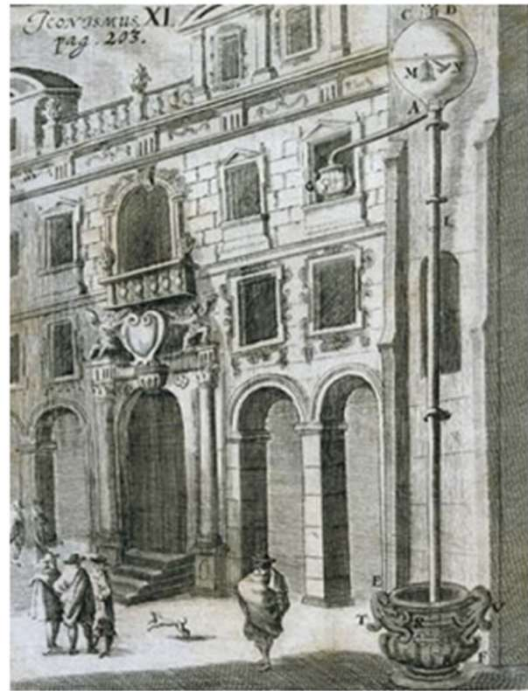
Vers 1638, Galilée est sollicité pour expliquer et résoudre ce problème technique qui va alors devenir un problème scientifique...

Il attribue l'élévation de la colonne d'eau à la répulsion qu'éprouve la nature pour le vide (explication basée sur la conception aristotélicienne du vide : *l'horror vacui* ) MAIS que cette élévation de l'eau serait limitée parce que l'horreur qu'éprouve la nature pour le vide serait elle-même limitée.

Galilée souscrit donc finalement à l'idée qu'il y a bien un espace « *vide de toute matière* » au-dessus du piston lorsque celui-ci atteint une hauteur supérieure à dix mètres et explique la limite de la colonne d'eau par « *la résistance à la rupture due au vide* »

*i.e.* : la colonne d'eau serait « écartelée » entre le vide qui l'aspire d'un côté et la pesanteur terrestre qui la tire vers le bas de l'autre ; la hauteur maximale s'explique par la résistance de l'eau à cet écartèlement

Article de Cécile de Hosson et Nicolas Décamp dans le BUP de nov. 2015 vol.109, p1369 disponible à <https://hal.science/hal-01663263v1/document>  
« Une reconstruction historique du concept macroscopique de pression atmosphérique pour la préparation d'un dossier documentaire utilisable en classe de sciences physiques »



En 1630, Jean-Baptiste Baliani suggère à Galilée de considérer la suspension de l'eau comme le résultat d'un équilibre avec le poids de l'air atmosphérique

=> Hypothèse éprouvée par une expérience réalisée par Berti et Magiotti en 1641

En 1644, Evangelista Torricelli reprend l'hypothèse de Baliani et l'expérience de Berti et Magiotti en remplaçant l'eau par du « vif argent » :

On peut supposer que la force qui empêche le vif-argent de tomber en dépit de sa nature, a sa force à l'intérieur du vase, soit qu'elle provienne du vide, soit qu'elle ait pour cause quelque matière extrêmement raréfiée. Mais je prétends que cette force est extérieure et qu'elle vient du dehors. Sur la face du liquide contenu dans la cuvette, pèse une colonne d'air haute de 50 milles. Ce n'est donc point merveille si le vif-argent entre dans le tube de verre et s'y élève jusqu'à faire équilibre à la gravité de l'air extérieur qui le pousse. En un vase semblable, mais beaucoup plus long, l'eau montera à peu près à 18 brasses ; elle s'élèvera plus haut que le vif-argent dans le rapport où celui-ci est plus lourd que l'eau afin de faire équilibre à la même cause qui pousse également l'eau et le vif-argent

<https://hal.science/hal-01663263v1/document>

143. Expérience de Torricelli.

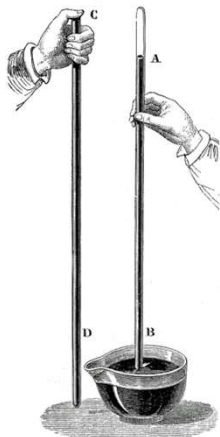
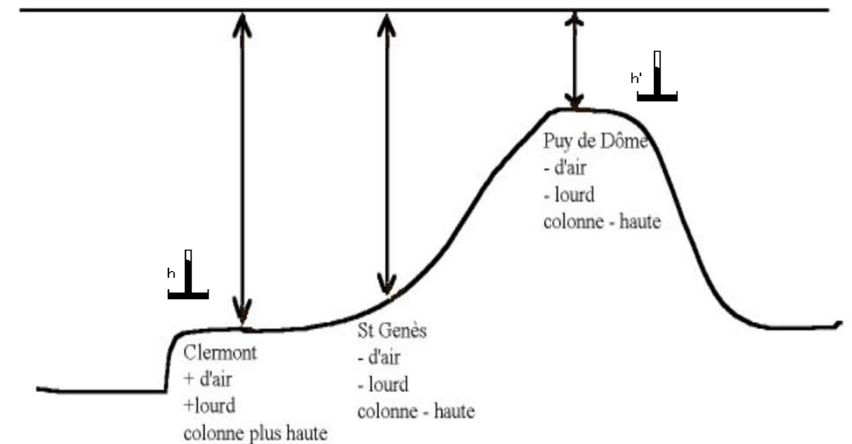


Fig. 7b.

L'expérience du Puy de Dôme (1648) :

Hypothèse de Pascal : si la hauteur de la colonne de mercure est fonction du poids de l'air, alors celui-ci étant plus faible à mesure qu'on s'élève, la hauteur de mercure baissera au sommet d'une montagne :



Et effectivement ...

Extrait de la lettre de Florin Périer (qui a réalisé l'expérience) adressée à Blaise Pascal le 22 septembre 1648 :

*« au haut du Puy-de-Dôme, élevé au-dessus des Minimes environ de 500 toises, où il se trouva qu'il ne resta plus dans ce tuyau que la hauteur de vingt-trois pouces deux lignes de vif-argent, au lieu qu'il s'en étoit trouvé aux Minimes, dans ce même tuyau, la hauteur de 26 pouces 3 lignes et demie, et ainsi, entre les hauteurs du vif-argent de ces deux expériences, il y eut trois pouces une ligne et demie de différence »*

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k105083f>

Oui mais ...

Expérience de Robert Boyle (« *New experiments physico-mechanical touching the spring of the air* » 1660) :

Contexte technique :

- Dispositif de Torricelli
- Invention d'une pompe vide par Boyle



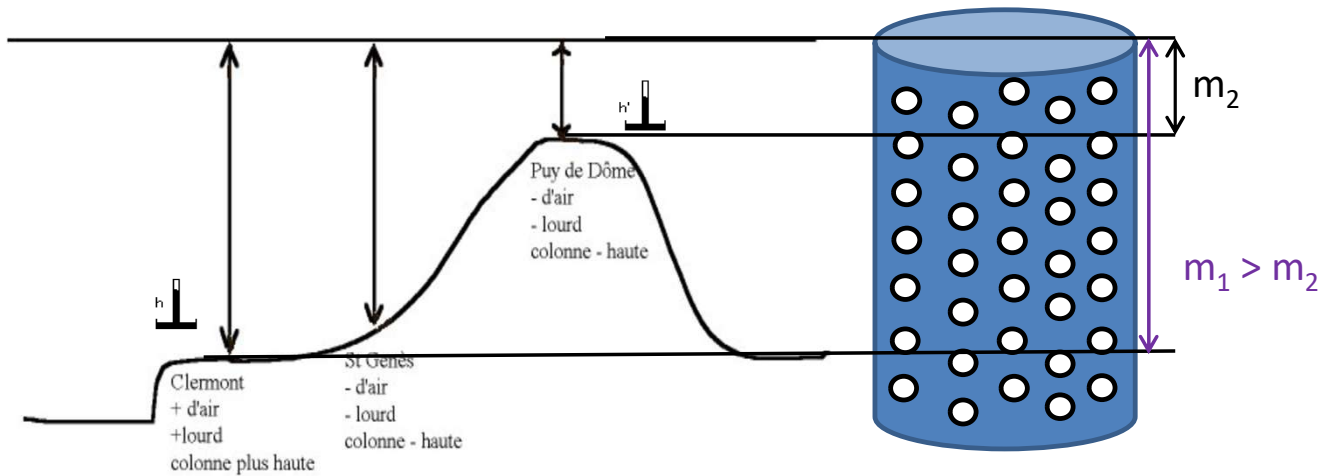
- Le dispositif de Torricelli est introduit dans le globe fermé hermétiquement => le niveau de mercure du tube ne change pas ! Dans l'hypothèse où la hauteur de la colonne de mercure dépend du poids de l'air (expérience du Puy de Dôme), le niveau de mercure aurait dû baisser puisque seul le poids de l'air enfermé dans le globe aurait dû être en équilibre avec la colonne de mercure...

- Lorsque l'air contenu dans le globe est pompé, le niveau de mercure diminue => confirmation donc de l'action de l'air ... mais c'est sa pression et non son poids ...

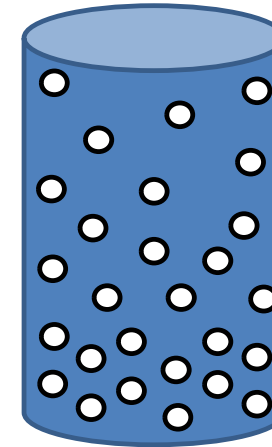


Reproduction de l'expérience de Boyle

## Hypothèse de Pascal ...



## ... vs Réalité ...

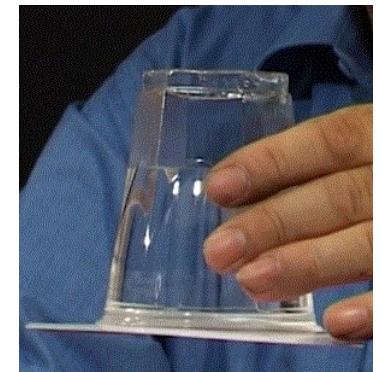


Pression diminue  
avec l'altitude

Hypothèse de la pression de l'air réaffirmée quelques années plus tard par Edme Mariotte à partir d'un raisonnement fondé sur l'analogie entre l'air et l'eau

A partir de la construction historique de la pression atmosphérique :

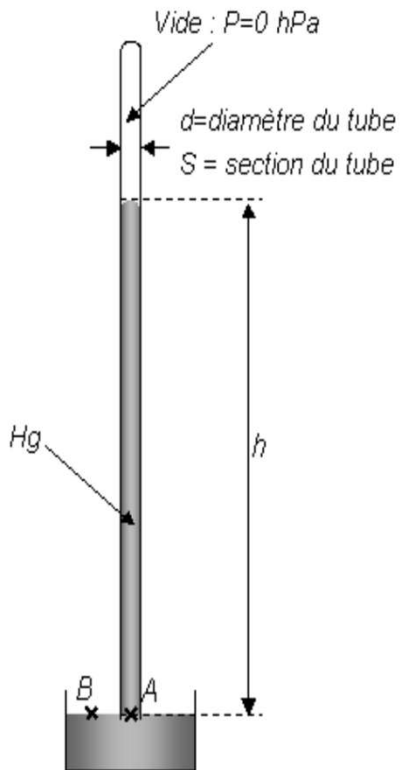
- travail sur les unités de pression : m H<sub>2</sub>O ; mm Hg – Torr ; Pa et aussi bar (du grec *baros* qui signifie « poids », « pesanteur » ou *barus* qui signifie « lourd »)
- explication d'une expérience contre-intuitive



Pour Torricelli (1644) :

« pour deux liquides différents, les hauteurs sont dans le rapport des "masses volumiques" »

=> Démonstration que 760 mmHg (760 Torr) = 10,33 mH<sub>2</sub>O ...



•Volume de la colonne de mercure (Hg) :

$$V = h.S$$

•Masse de la colonne Hg :

$$m = \rho.V = \rho.h.S$$

•Poids de la colonne Hg :

$$\vec{\Pi} = m.\vec{g} = \rho.V.\vec{g} = \rho.h.S.\vec{g}$$

•Pression exercée sur la section à la base de la colonne :

$$P_A = \frac{\Pi}{S} = \rho.g.h$$

•Principe de l'hydrostatique :

$$P_B = P_A$$

•Pression atmosphérique :

$$P_{\text{Atm}} = P_B = \rho.g.h$$



Masse volumique de l'eau 13,6 fois plus faible que celle du mercure

$$(g = 9,80665 \text{ m.s}^{-2})$$

$$(\rho_{0^\circ\text{C}} = 1,35951 \cdot 10^4 \text{ kg.m}^{-3})$$

A partir des connaissances actuelles

=> hauteur 13,6 fois plus grande

« L'histoire, si on la considérait comme autre chose que des anecdotes ou des dates, pourrait transformer de façon définitive l'image de la science dont nous sommes actuellement empreints »

*(Kuhn, extrait de La structure des révolutions scientifiques, 1962)*

## Plan :

- Idées reçues sur la construction des connaissances scientifiques  
=> des contre-exemples
- Les diverses raisons d'utiliser l'histoire des sciences dans l'enseignement  
=> des illustrations et point de vigilance / sources à utiliser en classe

## Les diverses raisons d'utiliser l'histoire des sciences dans l'enseignement

- **Dimension conceptuelle** : construction de connaissances scientifiques (et historiques)
  - en suivant la construction historique des connaissances ou à l'inverse à partir d'un cheminement qui ne reproduit pas forcément le déroulé historique,

Exemple : comparaison de volumes de solides en dehors de toute mesure quantitative

« Les corps sont égaux desquels les contenus des lieux qu'ils occupent sont égaux, ou desquels étant mis en quelque humide [...] font sortir de l'humide autant l'un que l'autre [...] Ils seront aussi de diverses grandeurs ou de grandeurs inégales si les contenus des lieux qu'ils occupent sont inégaux et aussi s'ils font sortir de l'humide inégalement [...] Ce sont ceux desquels les contenus des lieux sont plus grands, ou ceux qui font sortir plus de l'humide [qui] sont plus grands de grandeur »

Euclide (III<sup>e</sup> siècle av. J.-C), *Du léger et du pesant* (traduit et repris dans ses propres termes par P. Forcadel, 1565)



## Autre exemple : prévision du comportement d'un solide immergé dans un liquide

1. Si un corps qui, sous un volume égal, a la même pesanteur qu'un fluide, est abandonné dans ce fluide, il s'y plongera jusqu'à ce qu'il n'en reste rien hors de la surface du fluide; mais il ne descendra point plus bas.
2. Si un corps plus léger qu'un fluide est abandonné dans ce fluide, une partie de ce corps restera au-dessus de la surface de ce fluide.
3. Si un corps plus léger qu'un fluide est abandonné dans ce fluide, il s'y enfoncera jusqu'à ce qu'un volume de liquide égal au volume de la partie du corps qui est enfoncé ait la même pesanteur que le corps entier.

4. Si un corps plus léger qu'un fluide est enfoncé dans ce fluide, ce corps remontera avec une force d'autant plus grande, qu'un volume égal du fluide sera plus pesant que ce corps.
5. Si un corps plus pesant qu'un fluide est abandonné dans ce fluide, il sera porté en bas jusqu'à ce qu'il soit au fond; et ce corps sera d'autant plus léger dans ce fluide, que la pesanteur d'une partie du fluide, ayant le même volume que ce corps, sera plus grande.

Archimède (III<sup>e</sup> siècle av. J.-C), *Œuvres d'Archimède* (traduit par F. Peyrard, 1807)



=> Comparaison de masses volumiques (densités) en dehors de toute mesure quantitative

## Les diverses raisons d'utiliser l'histoire des sciences dans l'enseignement

- **Dimension conceptuelle** : construction de connaissances scientifiques (et historiques)
  - en suivant la construction historique des connaissances ou à l'inverse à partir d'un cheminement qui ne reproduit pas forcément le déroulé historique,
  - à partir des conceptions des élèves dont certaines peuvent faire écho à certaines idées/pensées historiques

« Quelles sont les raisons pour lesquelles un historien des sciences peut être appelé à écrire pour des psychologues de l'enfant sur un sujet tel que la causalité en physique ? L'une des premières réponses est bien évidente à tous ceux qui sont familiers des recherches de Jean Piaget. Ses remarquables travaux sur les notions d'espace, de vitesse, de temps ou sur le monde lui-même, chez l'enfant, **ont constamment révélé de frappants parallèles avec les conceptions soutenues par des hommes de science** d'époques précédentes. Si de telles relations existent pour la notion de causalité, leur mise en évidence doit intéresser tant le psychologue que l'historien »

Kuhn T. *La Tension essentielle* (1977), p. 56

## Exemples de conceptions d'élèves sur « la matière » et ses transformations, pouvant faire écho à certaines idées historiques :

- Attribuer à des objets inertes des propriétés d'organismes vivants (*animisme*)

*Exemple chez les élèves : « le cuivre est rongé par l'acide » et tiré de l'histoire : « la rouille est une maladie à laquelle le fer est sujet » (De Bruno, 1785)*

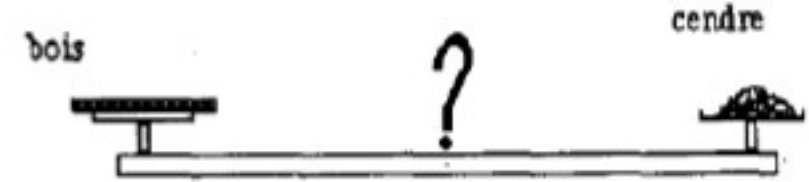
- Attribuer aux entités constitutives de la matière (atomes, molécules, ions) les mêmes propriétés que la matière à l'échelle macroscopique et inversement (*obstacle de continuité*)

*Exemple chez les élèves : « la solution est violette car les ions permanganates sont violets » et tiré de l'histoire : un acide est constitué d'atomes pointus « car il fait des picotements sur la langue » (Lémery, 1645-1715)*

## Autre exemple de conceptions d'élèves sur « la matière » et ses transformations, pouvant faire écho à certaines idées historiques :

### Combustion d'un solide (Meheut, 1989)

On place deux morceaux de bois de masse identique sur les deux plateaux d'une balance. Quand on fait brûler un des morceaux de bois, la cendre produite est-elle plus légère, plus lourde ou de même masse que le morceau de bois de départ ?



Même question si l'on remplace les morceaux de bois par de la paille de fer :



### Parallèle historique : la théorie du phlogistique (XVIII<sup>e</sup>)

**Joseph Priestley** : lors de combustions, du « phlogiston », fixé dans la matière, s'échappe et la perte de masse justifie le départ du « phlogiston »

**A.-L. de Lavoisier** : lors de la combustion des métaux, il y a un gain de masse par combinaison des métaux avec « l'air éminemment respirable »

# Autre exemple : conceptions d'élèves sur le mécanisme optique de la vision

Pour les Grecs (théorie d'Empédocle, Platon, Euclide ...), l'œil n'était pas le récepteur, mais la « source » de la vision : quelque chose est émis par l'œil ... « un rayon visuel » ... et c'est ce que croient majoritairement les enfants de 5-6 ans et parfois jusqu'en 4<sup>e</sup> :

Prof : Je voudrais que vous m'expliquiez la vision, que vous m'expliquiez comment on voit les objets qui nous entourent ?  
Camille : C'est les yeux, ils regardent, ils envoient une vision.  
Annabelle : Oui, l'œil envoie son regard.

Geof : Le Soleil il éclaire la fleur, et le bonhomme, là, il envoie des trucs, des rayons de voit, et ça lui permet de voir la fleur.

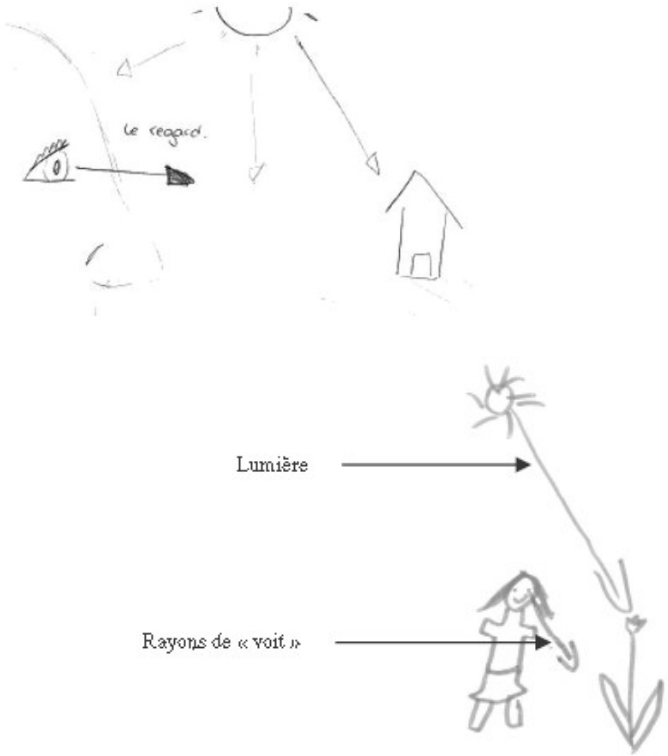
Prof : Est-ce que vous pourriez expliquer comment on voit les objets qui nous entourent ?  
Océane : C'est la vision // L'œil, il envoie une vision (...)

Conception renforcée par le langage courant : « regarde », « jeter un œil » ...

Pour la majorité des élèves :

- sens « œil → objet » pour expliquer la vision,
- la lumière sert uniquement à éclairer les objets,
- la lumière reste sur les objets lorsqu'elle n'est pas assez forte pour rebondir

(de Hosson, 2004 et BUP 2005)  
<https://theses.hal.science/tel-00083593v1/document>



## Les diverses raisons d'utiliser l'histoire des sciences dans l'enseignement

- **Dimension conceptuelle** : construction de connaissances scientifiques (et historiques)
- **Dimension sociétale et culturelle** :
  - contextualisation -historique, géographique, économique, culturel, technique- d'une évolution scientifique => interactions avec d'autres champs disciplinaires,
  - relation science-société / impacts sociétaux des sciences => valoriser la science comme activité sociale et culturelle,
  - différencier sciences, opinion et croyances (exemples : géocentrisme, âge de la terre, transformation de la matière ...)
- **Dimension épistémologique** :
  - nature des savoirs scientifiques (NOS) et de l'activité scientifique,
  - méthode d'élaboration et évolution d'un savoir scientifique : savoirs provisoires, rectifiables, controversés (rupture avec l'idée d'une chronologie de découvertes indépendantes les unes des autres issues d'un savant « solitaire »)
- **Aspect motivationnel** : «faire comme » ou « se mettre à la place » de savants  
=> réplique d'expériences, débats ...

# Qu'est-ce que la Science et l'activité scientifique ?

Faits et Observation d'un système sans que celui-ci ne soit perturbé (expérience au sens d'Aristote : ensemble de faits particuliers dérivant de la perception, donc sans intervention de l'Homme, et ayant pour but d'illustrer ou confirmer un savoir).

Raisonnements

Faits - Observations

Expériences

**SCIENCE**

Connaissances

Démarches

Méthodes, techniques

## Exemple / Théorie atomique

(admise par la communauté scientifique seulement à partir de la fin du 18<sup>e</sup> - début 19<sup>e</sup> siècle)

« *Si tout corps est divisible à l'infini, de deux choses l'une : ou il ne restera rien ou il restera quelque chose. Dans le 1<sup>er</sup> cas, la matière n'aurait qu'une existence virtuelle, dans le second cas, on se pose la question : que reste-t-il ? La réponse la plus logique, c'est l'existence d'éléments réels, indivisibles et insécables appelés donc atomes* »

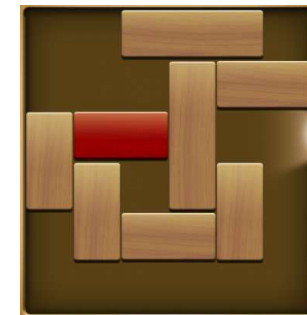
Démocrite, vers 460-370 av. J.C.

« *l'univers est formé de corps et de vide [...] S'il n'y avait que des atomes, tout mouvement serait radicalement impossible ; or le mouvement existe ; il faut donc bien, qu'en dehors des atomes, il existe un espace sans matière, qui échappe au toucher et qui rende le déplacement des atomes possible : c'est le vide* »

Lucrece, 1<sup>er</sup> siècle av. J.C.



Et après ?



Raisonnement hypothético-déductif par réfutation de l'une des hypothèses, à partir de « l'observation de la nature » sans expérience justificatrice

# Qu'est-ce que la Science et l'activité scientifique ?

**Faits et Observation** d'un système sans que celui-ci ne soit perturbé ; expérience au sens d'Aristote : ensemble de faits particuliers dérivant de la perception, donc sans intervention de l'Homme, et ayant pour but d'illustrer ou confirmer un savoir

Raisonnements

Faits - Observations

Expériences

**SCIENCE**

Connaissances

Démarches

Méthodes, techniques

**Expérience au sens d'expérimentation** : production contrôlée d'un effet naturel ou artificiel, donc avec intervention de l'Homme, et ayant pour objectif la mise à l'épreuve d'hypothèses ou de théories ; renvoie alors à l'étude des réponses d'un système après avoir été perturbé de façon contrôlée

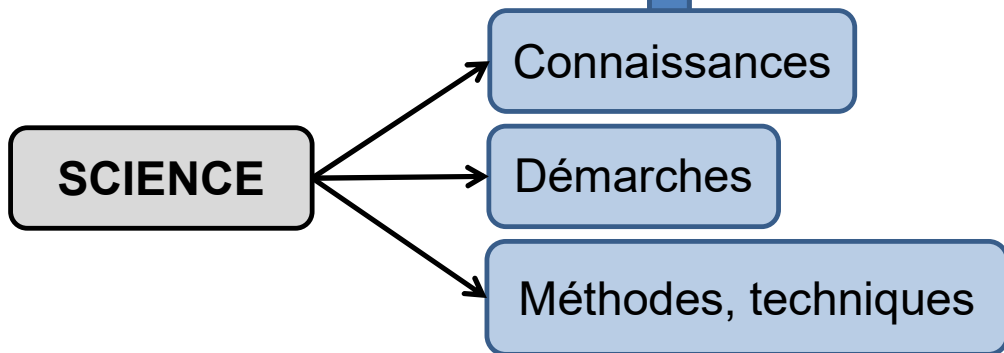
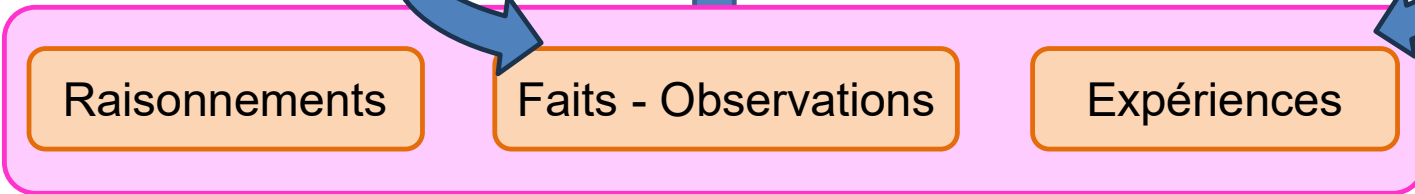
# Qu'est-ce que la Science et l'activité scientifique ?

Décrire, comprendre et expliquer le monde qui nous entoure et prévoir de nouveaux faits



Hypothèses

« Proposition avancée provisoirement, comme explication de faits, de phénomènes et qui doit être contrôlée par la déduction ou par l'expérience » (CNRTL)

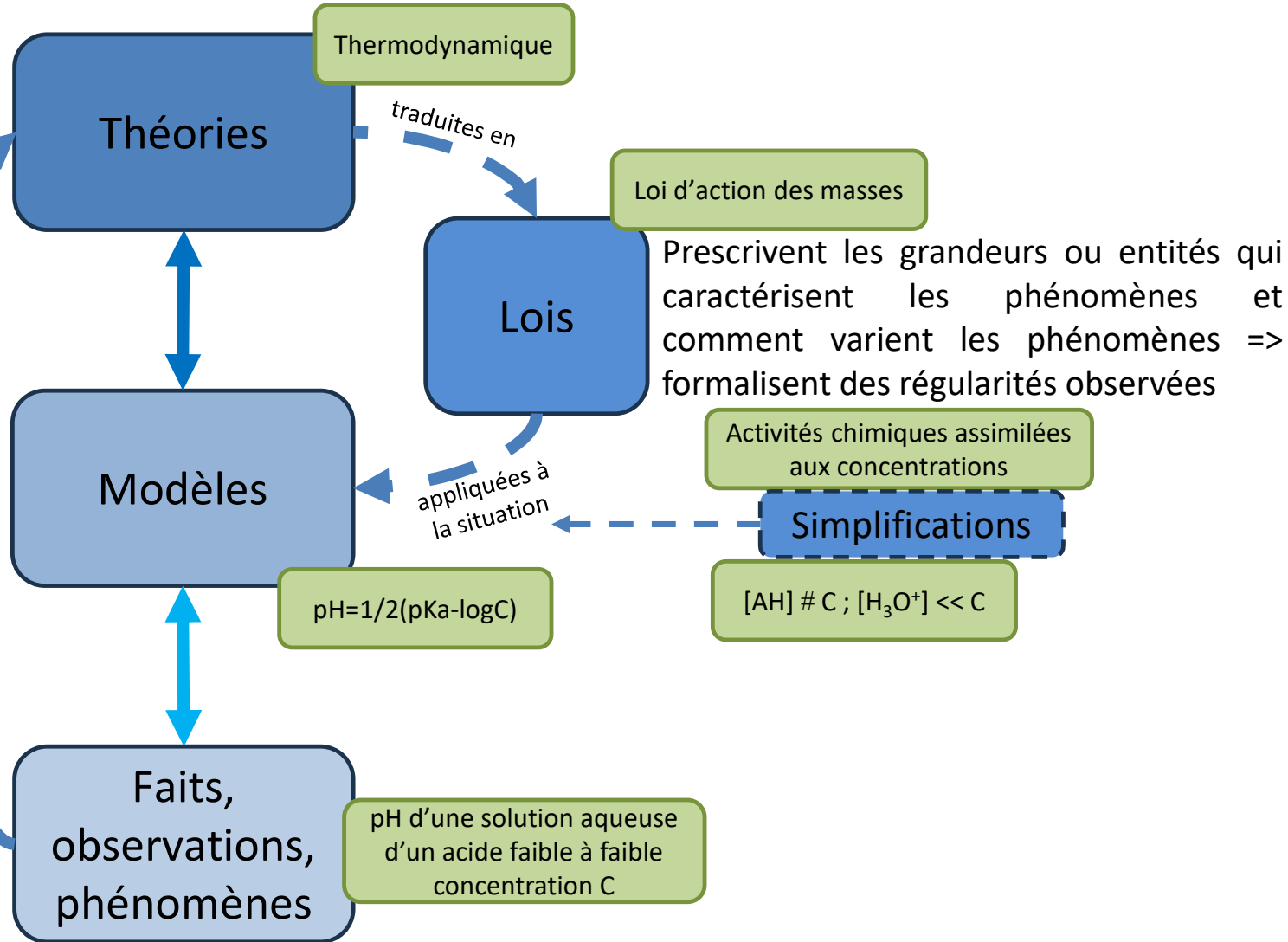


# Quelle articulation entre théories, lois et modèles ?

Ensembles de concepts, de propositions logiques, de principes rendant compte d'un ensemble d'observations, de phénomènes, de situations

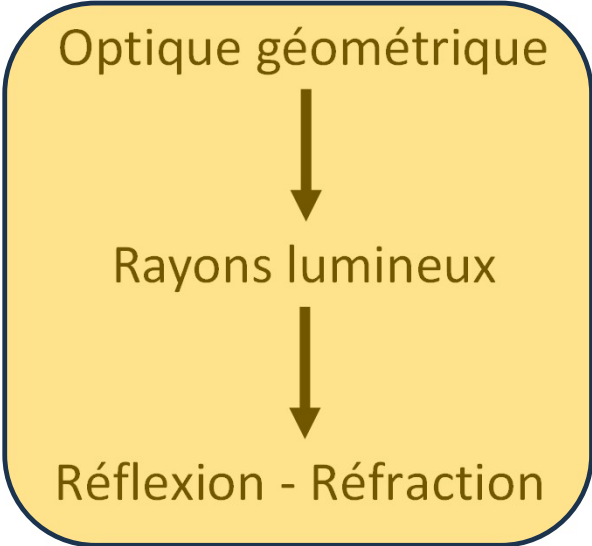
- S'appuient sur une ou plusieurs théories
- Représentations simplifiées d'un objet, d'un phénomène, d'une situation

Peuvent être modélisés par différents modèles en fonction du but visé

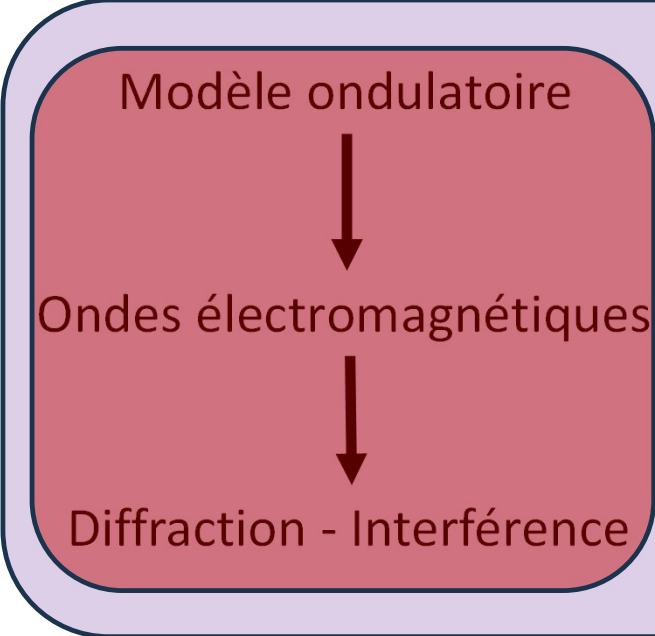


Exemples : modèle de la lumière, modèles de l'atome ...

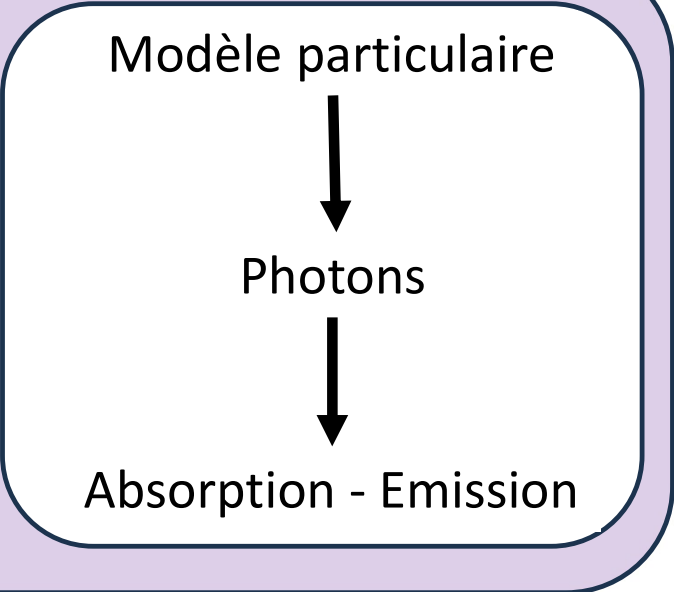
# Exemple : les modèles de la lumière



Alhazen (965-1040)  
Snell (1580-1626)  
**Descartes (1596-1650)**  
Newton (1643-1727)  
Lentilles, miroirs, lunettes, prismes ...



Huygens (1629-1695)  
Young (1773-1829)  
Fresnel (1788-1840)  
Maxwell (1831-1879)  
Fentes, analogie avec la propagation du son ...

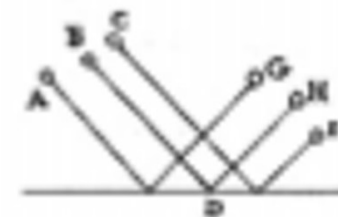


Dualité onde-corpuscule  
Einstein (1879-1955)...

Introduction de ces différents modèles à partir de leur construction historique : ce qu'ils permettent d'expliquer et de prévoir mais aussi leurs limites

## Les travaux de Descartes sur la réflexion et la réfraction à partir d'une analogie avec une balle rebondissant au sol ou traversant un liquide ...

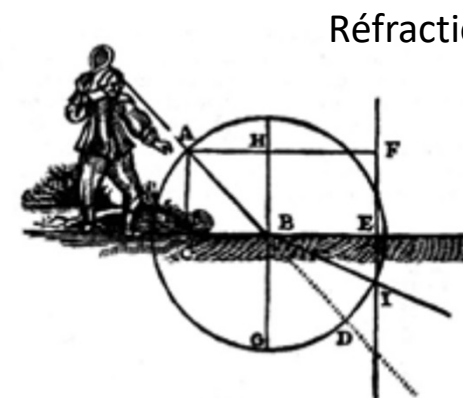
Au reste, ces rayons doivent bien être ainsi toujours imaginés exactement droits, lorsqu'ils ne passent que par un seul corps transparent, qui est partout égal à soi-même : mais, lorsqu'ils rencontrent quelques autres corps, ils sont sujets à être détournés par eux, ou amortis, en même façon que l'est le mouvement d'une balle, ou d'une pierre jetée dans l'air, par ceux qu'elle rencontre.



Réflexion

celui-ci peut avoir plusieurs diverses proportions avec celle de l'autre. Or, quand plusieurs balles, venant d'un même côté, rencontrent un corps, dont la superficie est toute unie et égale, elles se réfléchissent également, et en même ordre, en sorte que, si cette superficie est toute plate, elles gardent entre elles la même distance, après l'avoir rencontrée, qu'elles avaient auparavant; et si

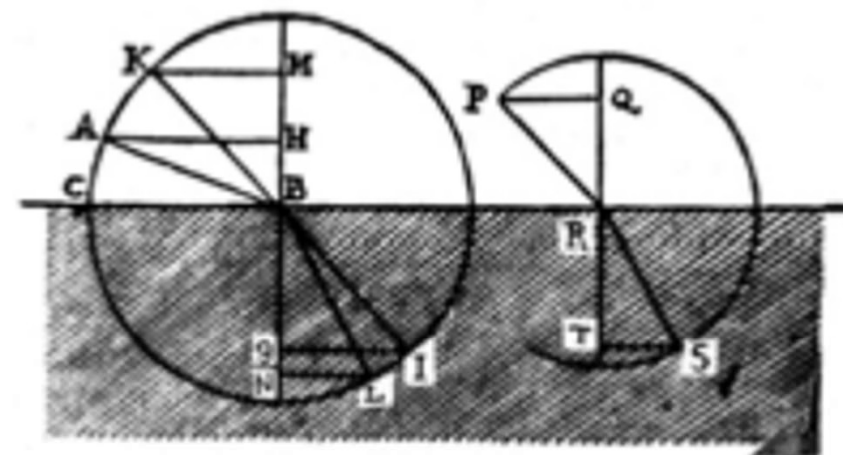
couper ou friser<sup>1</sup>. Enfin, considérez que, si une balle qui se meut rencontre obliquement la superficie d'un corps liquide, par lequel elle puisse passer plus ou moins facilement que par celui d'où elle sort, elle se détourne et change son cours en y entrant: comme, par exemple, si étant en l'air au point A, on la pousse vers B, elle va bien en ligne droite depuis A jusques à B, si ce n'est que sa pesanteur ou quelqu'autre cause particulière l'en empêche; mais, étant au point B où je suppose qu'elle rencontre la superficie de l'eau CBE, elle se détourne et prend son cours vers I, allant derechef en ligne droite depuis B jusques à I, ainsi qu'il est aisé à vérifier par l'expérience\*.



Réfraction

Les travaux de Descartes sur la réflexion et la réfraction à partir d'une analogie avec une balle rebondissant au sol ou traversant un liquide ...

Descartes ne formule pas sa loi de réfraction avec des sinus mais utilise seulement des rapports de longueurs, sous une forme géométrique :



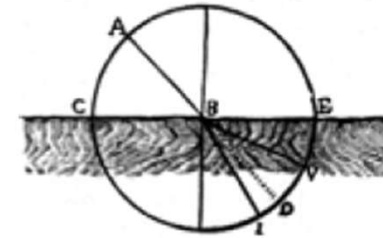
Les rapports  $AH/IG$ ,  $KM/NL$  et  $AH/GI$  sont égaux



Comme, si nous voulons savoir la quantité de celles qui se font en la superficie CBR, qui sépare l'air AKP du verre LIS, nous n'avons qu'à l'éprouver en celle du rayon ABI, en cherchant la proportion qui est entre les lignes AH et IG. Puis, si nous craignons d'avoir failli en cette expérience, il faut encore l'éprouver en quelques autres rayons, comme KBL ou PRS, et trouvant même proportion de KM à LN, et de PQ à ST, que d'AH à IG, nous n'aurons plus aucune occasion de douter de la vérité.

Les travaux de Descartes sur la réflexion et la réfraction à partir d'une analogie avec une balle rebondissant au sol ou traversant un liquide ...

Limites de son analogie avec une balle traversant un liquide ...



Pour Descartes, la vitesse de la lumière augmente en passant de l'air à l'eau...

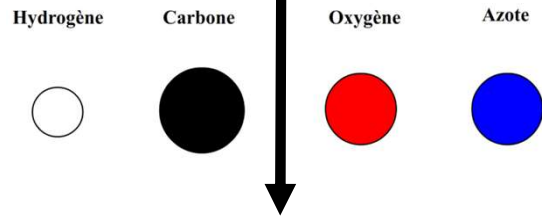


Car, par exemple, si c'est une balle qui, étant poussée dans l'air d'A vers B, rencontre au point B la superficie de l'eau CBE, elle se détournera de B vers V; et si c'est un rayon, il ira, tout au contraire, de B vers I. Ce que vous cesserez toutefois de trouver étrange, si vous vous souvenez de la nature que j'ai attribuée à la lumière, quand j'ai dit qu'elle n'était autre chose qu'un certain mouvement ou une action reçue en une matière très subtile, qui remplit les pores des autres corps; et que vous considériez que, comme une balle perd davantage de son agitation, en donnant contre un corps mou, que contre un qui est dur, et qu'elle roule moins aisément sur un tapis, que sur une table toute nue, ainsi l'action de cette matière subtile peut beaucoup plus être empêchée par les parties de l'air, qui, étant comme molles et mal jointes, ne lui font pas beaucoup de résistance, que par celles de l'eau, qui lui en font davantage; et encore plus par celles de l'eau, que par celles du verre, ou du cristal. En sorte que, d'autant que les petites parties d'un corps transparent sont plus dures et plus fermes, d'autant laissent-elles passer la lumière plus aisément : car cette lumière n'en doit pas chasser aucunes hors de leurs places, ainsi qu'une balle en doit chasser de celles de l'eau, pour trouver passage parmi elles.

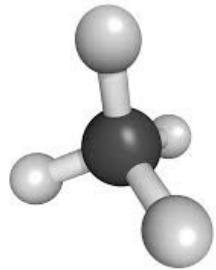


# Exemple : les modèles de l'atome

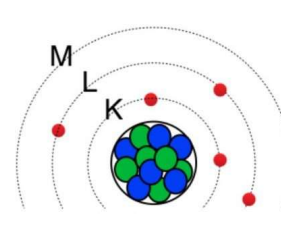
## Modèle des sphères dures



Modèles moléculaires  
Cristallographie...

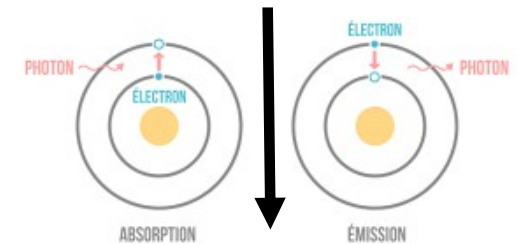


## Modèle Planétaire



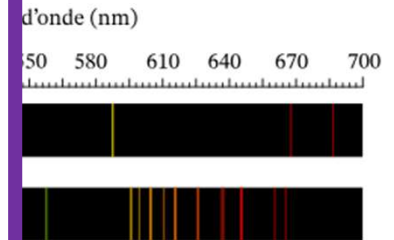
Valence des atomes  
Formation des ions...

## Modèle Quantique

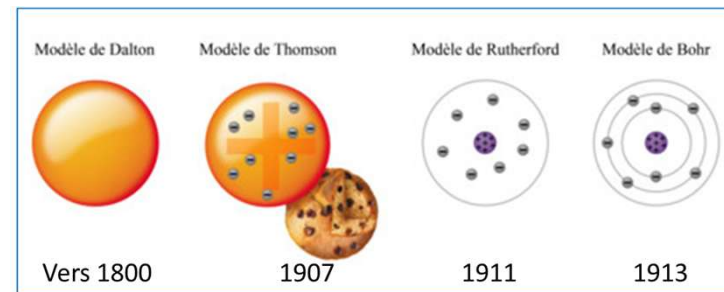


Phénomènes spectroscopiques

Point de vigilance : un modèle peut être représenté  
(=> plus « concret et accessible »), mais risque de confusion entre sa représentation symbolique et le modèle en lui-même ... et la réalité ...



Introduction de ces différents modèles à partir de leur construction historique : ce qu'ils permettent d'expliquer et de prévoir mais aussi leurs limites



Source : <https://monde.ccdmd.qc.ca/ressource/?id=126213&demande=desc>

## Théories, lois et modèles : validation, réfutabilité, limites de validité

- Toute vérité scientifique n'est vraie que tant qu'elle n'est pas invalidée par une nouvelle vérité plus robuste et admise par un consensus scientifique

=> La « meilleure » théorie est celle admise aujourd'hui par la communauté scientifique, tant qu'elle est corroborée par de nouveaux faits qui ne viennent pas la contredire et donc « jusqu'à preuve du contraire »

**Karl Popper** (1902-1994) a indiqué qu'il est illusoire de vouloir démontrer la véracité d'une théorie scientifique, car rien n'empêche que demain, de nouvelles données viennent invalider l'ancienne théorie : la science ne peut jamais prouver qu'une théorie est correcte, elle ne peut que la réfuter => la connaissance scientifique progresse grâce à l'erreur, par une suite de « Conjectures et réfutations » (1963)

- Un modèle scientifique étant une construction théorique intellectuelle « sciemment et délibérément infidèle à ce qu'il modélise » (Soler, 2013) => écart à la réalité ; à chaque modèle correspond un domaine de validité (*exemple : pH de la solution aqueuse d'un acide faible de concentration plus élevée*)
- Une loi exprimée après émission d'hypothèses simplificatrices permet de décrire ou prédire des phénomènes « de même classe » si certaines conditions sont présentes => domaine de validité (*exemple : loi des gaz parfaits*)

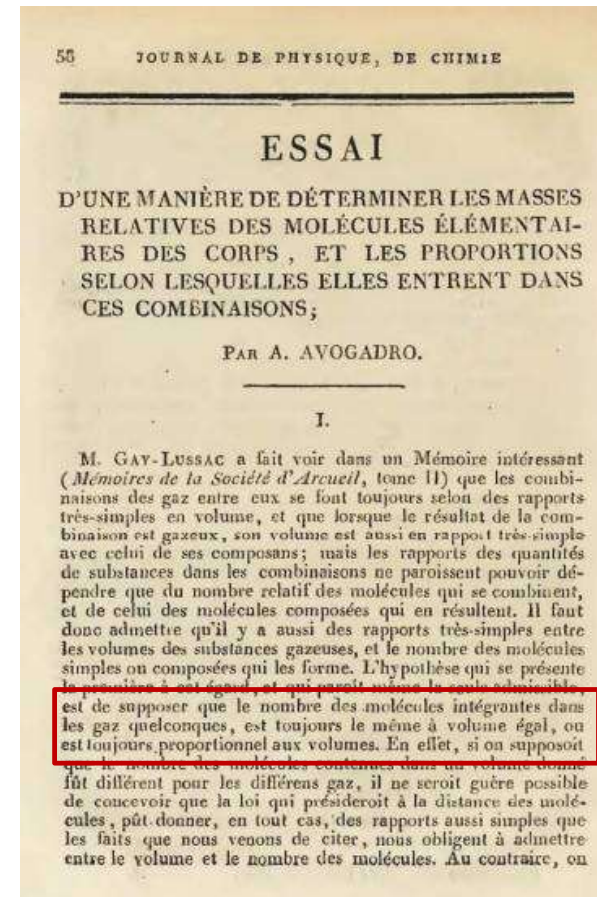
# Construction historique de la loi des gaz parfaits (sur plus de deux siècles !)

**Contexte** : au milieu du 17<sup>e</sup> siècle, existence de différents instruments permettant l'étude des gaz  
=> baromètres, thermomètres à dilatation d'un liquide, pompes à air et pompes à vide

- Vers 1660 : Boyle puis Mariotte => loi de compression des gaz
- Vers 1780 : Charles => dilatation des gaz, mais il ne publie pas ses résultats ...  
=> Gay-Lussac et Dalton, vers 1800 => loi de dilatation des gaz
- 1811 : à partir des lois de compression des gaz et de dilatation des gaz, Avogadro émet l'hypothèse selon laquelle « le nombre de molécules intégrantes [molécules aujourd'hui] dans les gaz quelconques est toujours le même à volume égal, ou est toujours proportionnel aux volumes »

Bien qu'en 1814 Ampère énonce une hypothèse analogue, l'hypothèse d'Avogadro sera rejetée par la communauté scientifique pendant près de 50 ans et ne sera remise en avant qu'en 1858 par Cannizzaro

- Vers 1830 : Clapeyron relie les lois de Boyle-Mariotte et de Gay-Lussac en une seule équation qui sera corrigée puis simplifiée par Clausius vers 1860 :  $Pv=RT$  où «  $v$  » est un volume par unité de masse =>  $R$  dépend du gaz considéré et  $T$  est en Kelvins (zéro absolu de température établi par Thomson vers 1850)



## Construction historique de la loi des gaz parfaits (sur plus de deux siècles !)

- R devient une constante vers 1870 (travaux de Horstmann, élève de Clausius)
- Forme définitive de la loi des gaz parfait après introduction de la notion de mole par Ostwald, vers 1900, qui correspond alors à la « *quantité d'un gaz qui occupe 22 414 mL dans les conditions normales* » (0°C et 1atm)
- Dès 1840, Regnault montre la limite de la loi de Boyle-Mariotte aux hautes pressions ...

=> Equation d'état des gaz réels proposées vers 1870 par Van der Waals, prenant en compte le volume des entités constitutives des gaz et des forces d'interaction entre elles :

$$(p+a/V^2) (V-b) = RT$$

Hypothèses du gaz parfait (approximations de la théorie cinétique des gaz) :

- Le volume des entités constitutives d'un gaz est négligeable par rapport au volume qu'occupe le gaz,
- Les interactions entre les entités sont négligeables

En réalité, Boyle aurait lui-même déjà observé des écarts à sa loi à fortes pressions...

# Qu'est-ce que la Science et l'activité scientifique ?

Décrire, comprendre et expliquer le monde qui nous entoure et prévoir de nouveaux faits

Validité

Remise en question

Théories Lois Modèles

Hypothèses

Controverse

Raisonnements Faits - Observations Expériences

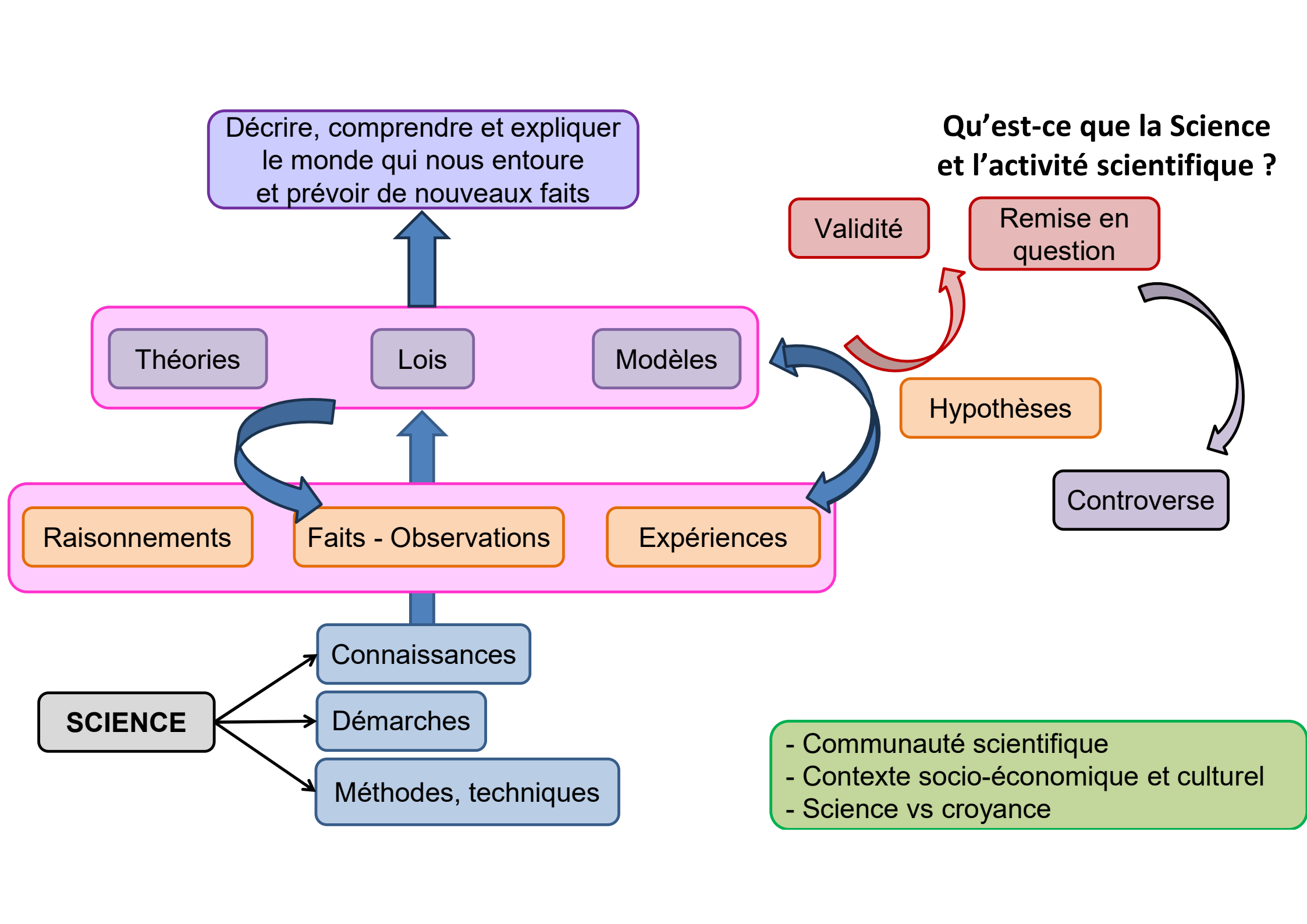
**SCIENCE**

Connaissances

Démarches

Méthodes, techniques

- Communauté scientifique
- Contexte socio-économique et culturel
- Science vs croyance



## Exemple de controverse : modèle géocentrique vs modèle héliocentrique

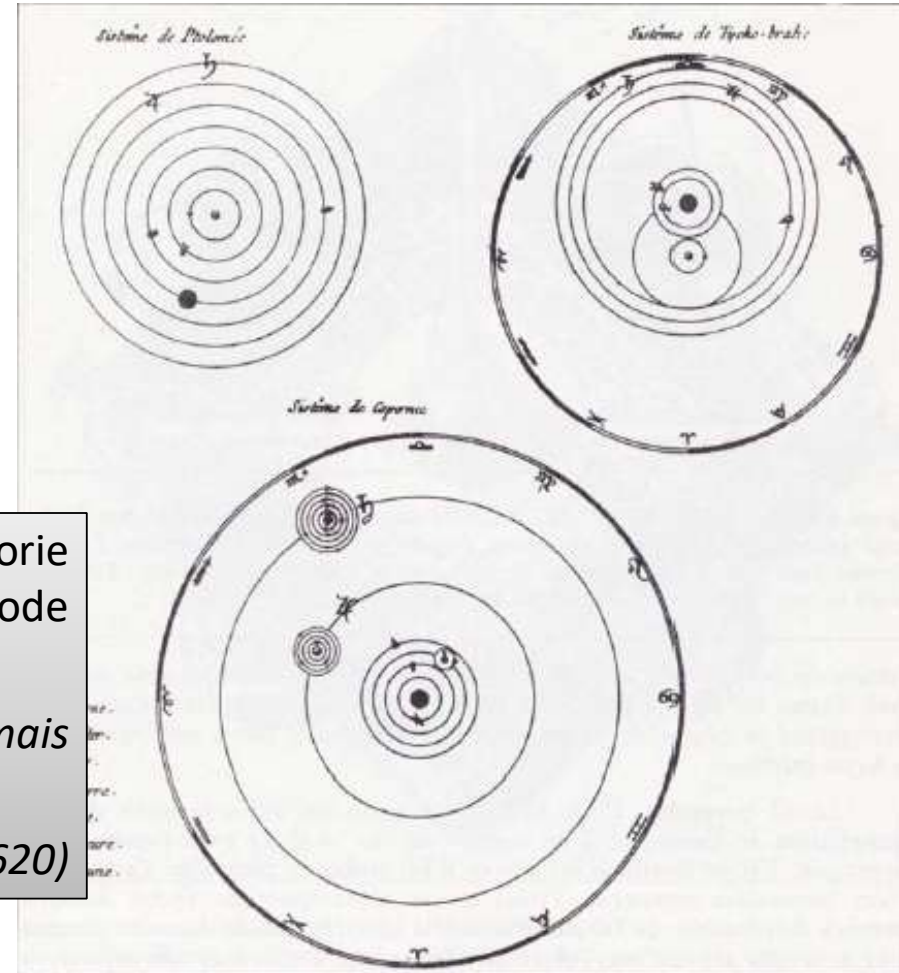
Entre le 4<sup>e</sup> s. av. J-C. et 1650, soit pendant 2000 ans :

- géocentrisme : école d'Athènes (vers 4<sup>e</sup> siècle av. J.C. , Platon et Aristote), puis Ptomélée (2<sup>e</sup> siècle)
- héliocentrisme : école d'Alexandrie (vers 3<sup>e</sup> siècle av. J.C., Eratosthène), puis Copernic (16<sup>e</sup>siècle), puis Kepler et Galilée (17<sup>e</sup> siècle)
- géo-héliocentrisme : Tycho Brahé (16<sup>e</sup> siècle)

**Francis Bacon** (1561-1626) a développé dans son œuvre une théorie empirique de la connaissance et a précisé les règles de la méthode expérimentale. Selon lui :

*« la connaissance nous vient sous forme d'objets de la nature, mais l'homme impose ses propres interprétations sur ces objets »*

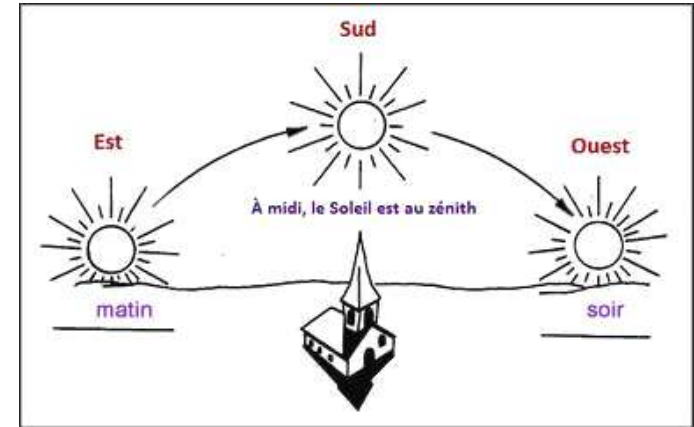
*(Novum Organum, 1620)*



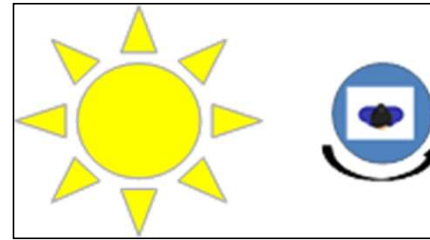
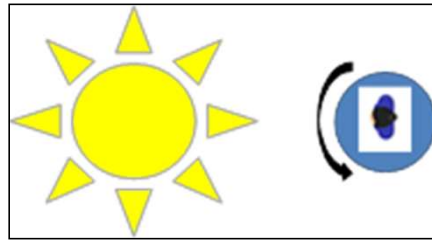
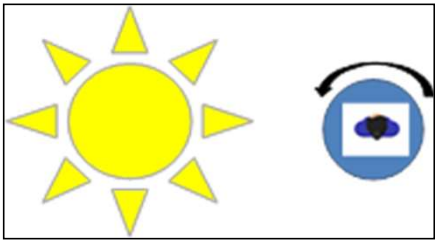
Source : présentation Olivier Morand 2019

=> Plusieurs interprétations à une même observation

=> avec les élèves, montrer que la rotation de la terre sur elle-même peut expliquer les observations :



## Réplication de la monstration de Galilée (16<sup>e</sup> siècle)



Ressource possible à utiliser avec les élèves : extrait film « Galilée ou l'amour de Dieu » (également exemple de « science vs croyance »)

<https://youtu.be/19cUtss1ga8?si=1JjCJn-ncoqjwwFq>

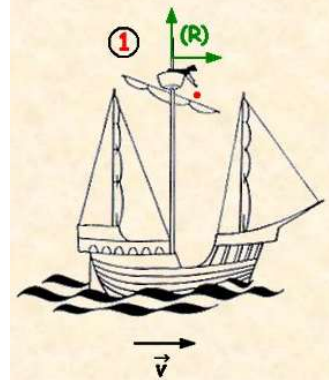
À partir de 6min15 jusqu'à 11min10

Autre exemple de parallèle entre conceptions d'élèves et certaines idées historiques

Également dans le film :

11min10 - 13min15

Prévision de Galilée, vérifiée par l'expérience de Gassendi (17<sup>e</sup> siècle) : l'objet tombe au pied du mât



# Qu'est-ce que la Science et l'activité scientifique ?

Décrire, comprendre et expliquer le monde qui nous entoure et prévoir de nouveaux faits

Validité

Remise en question

Théories Lois Modèles

Hypothèses

Raisonnements Faits - Observations Expériences

Controverse

**SCIENCE**

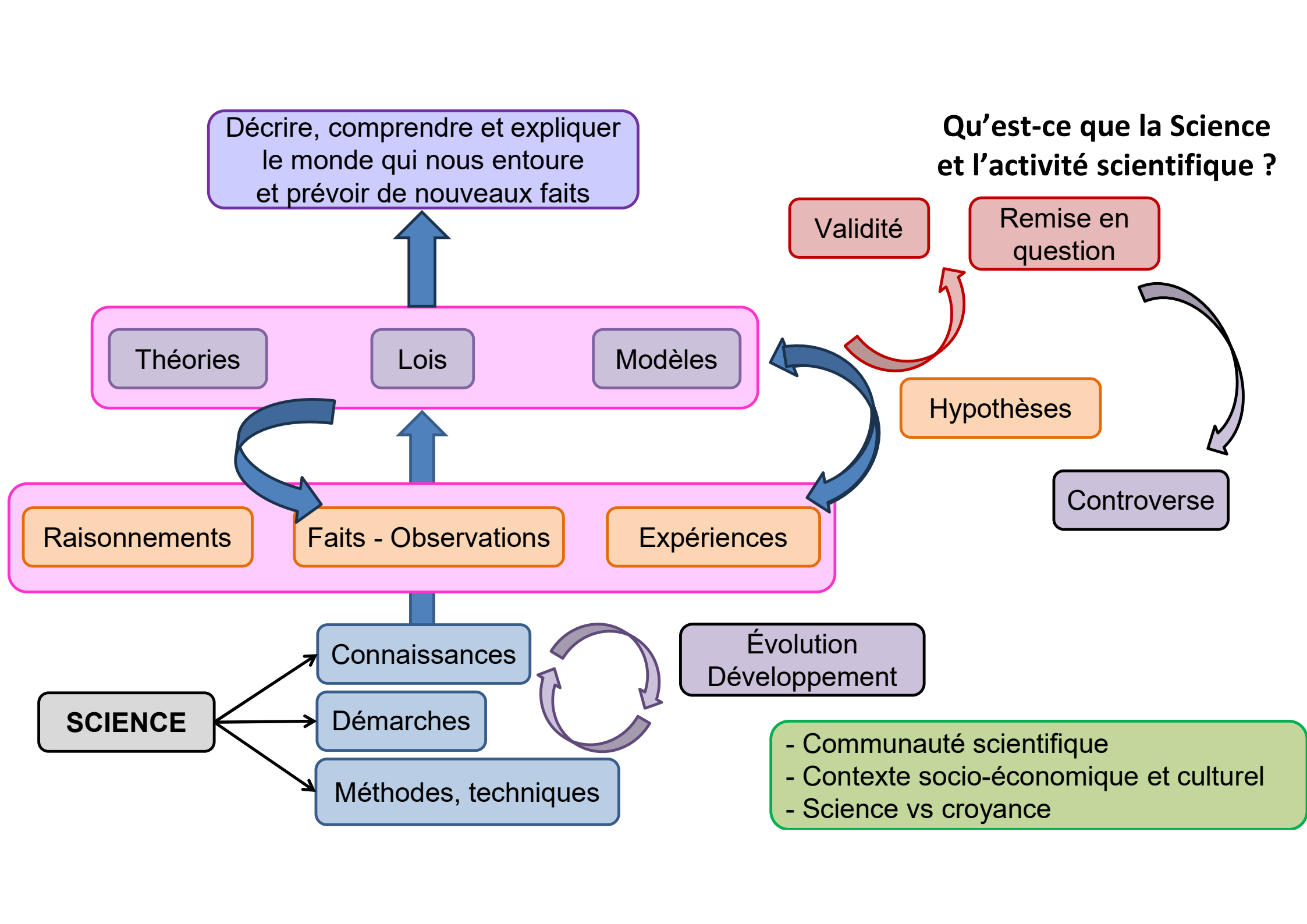
Connaissances

Démarches

Méthodes, techniques

Évolution Développement

- Communauté scientifique
- Contexte socio-économique et culturel
- Science vs croyance



# Exemple / découverte progressive de techniques chimiques => classification périodique

Source :  
Dictionnaire de chimie – une  
approche étymologique et historique,  
P. de Menten, De Boeck éd., 2013

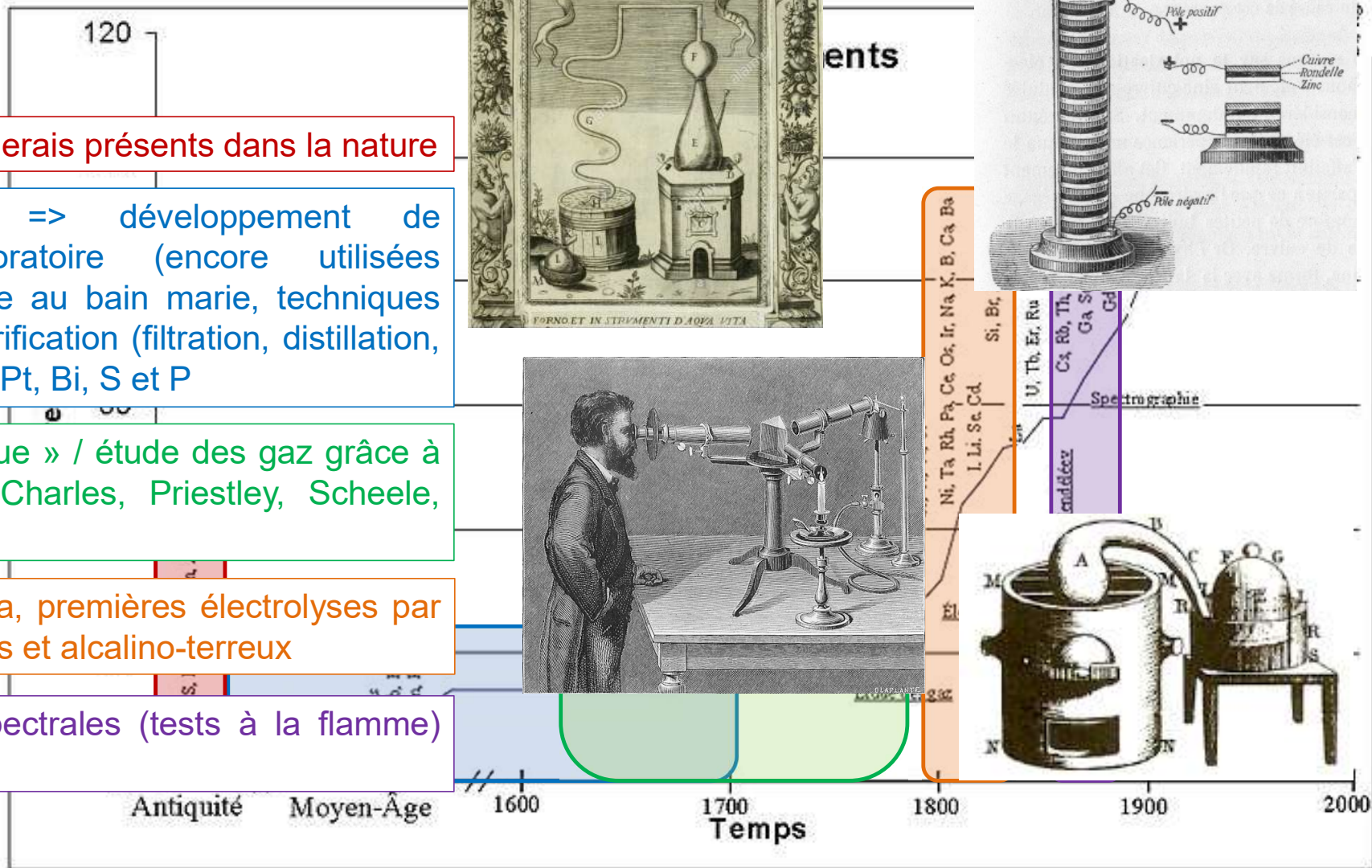
Métaux extraits des minerais présents dans la nature

Epopée alchimique => développement de techniques de laboratoire (encore utilisées aujourd'hui) : chauffage au bain marie, techniques de séparation et de purification (filtration, distillation, cristallisation...) => Zn, Pt, Bi, S et P

La « chimie pneumatique » / étude des gaz grâce à Van Helmont, Boyle, Charles, Priestley, Scheele, Lavoisier, ... => H, O, N

Grâce à la pile de Volta, premières électrolyses par Davy => métaux alcalins et alcalino-terreux

Premières analyses spectrales (tests à la flamme) par Kirchhof et Bunsen



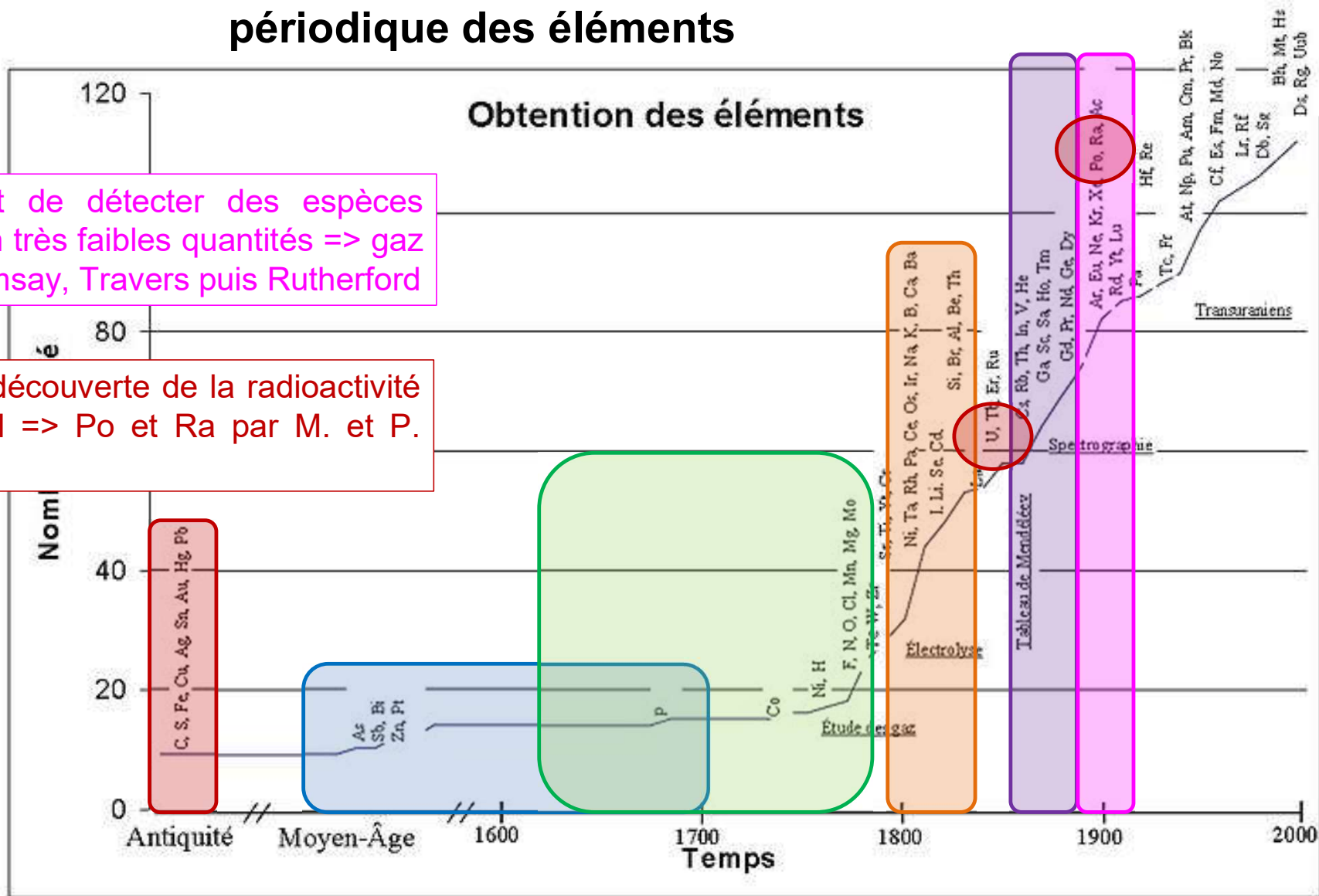
Antiquité Moyen-Âge 1600 1700 1800 1900 2000  
Temps

# Exemple / découverte progressive des éléments chimiques => classification périodique des éléments

Source :  
Dictionnaire de chimie – une  
approche étymologique et historique,  
P. de Menten, De Boeck éd., 2013

Techniques permettant de détecter des espèces chimiques présentes en très faibles quantités => gaz rares par Rayleigh, Ramsay, Travers puis Rutherford

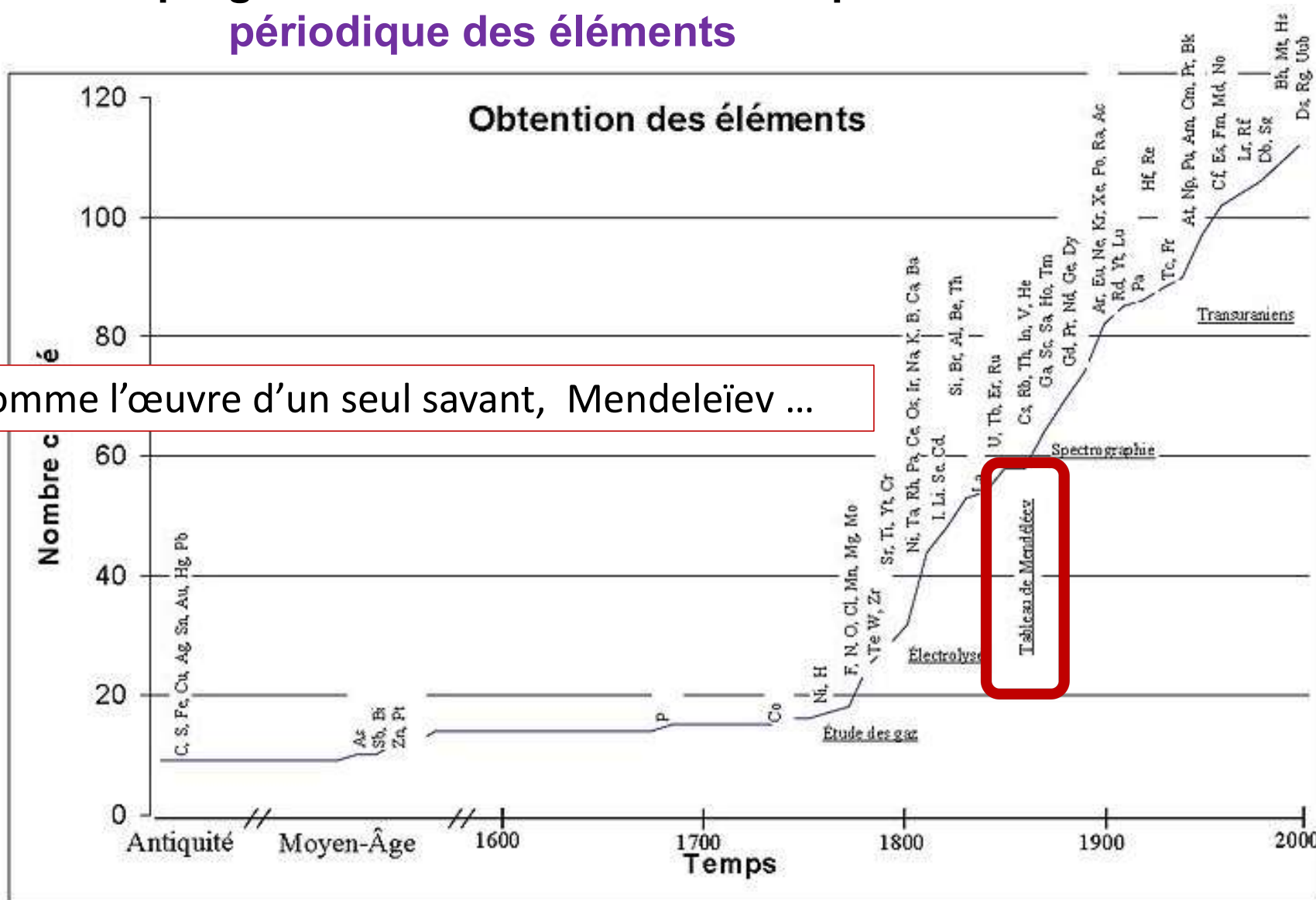
U isolé par Péligot => découverte de la radioactivité en 1896 par Becquerel => Po et Ra par M. et P. Curie



# Exemple / découverte progressive des éléments chimiques => classification périodique des éléments

Source :  
Dictionnaire de chimie – une  
approche étymologique et historique,  
P. de Menten, De Boeck éd., 2013

Présentée, à tort, comme l'œuvre d'un seul savant, Mendeleïev ...



## Exemple / découverte progressive des éléments chimiques => **classification périodique des éléments**

### Contexte vers 1850 :

- une soixantaine d'éléments chimiques connus => nombre suffisant pour que les chimistes remarquent des analogies dans les propriétés de certains éléments
- les « poids atomiques » relatifs (par rapport à celui de H fixé à 1) sont connus avec une assez bonne précision (*Berzélius puis Canizzaro*)

=> à l'image des naturalistes qui avaient conçu une classification et une nomenclature des plantes, les « chimistes » cherchent à élaborer un système de classement des éléments chimiques par poids atomique croissant et en rassemblant les éléments ayant des propriétés analogues, et pas seulement Dmitri Mendeleïev !

Dôbereiner (1817)

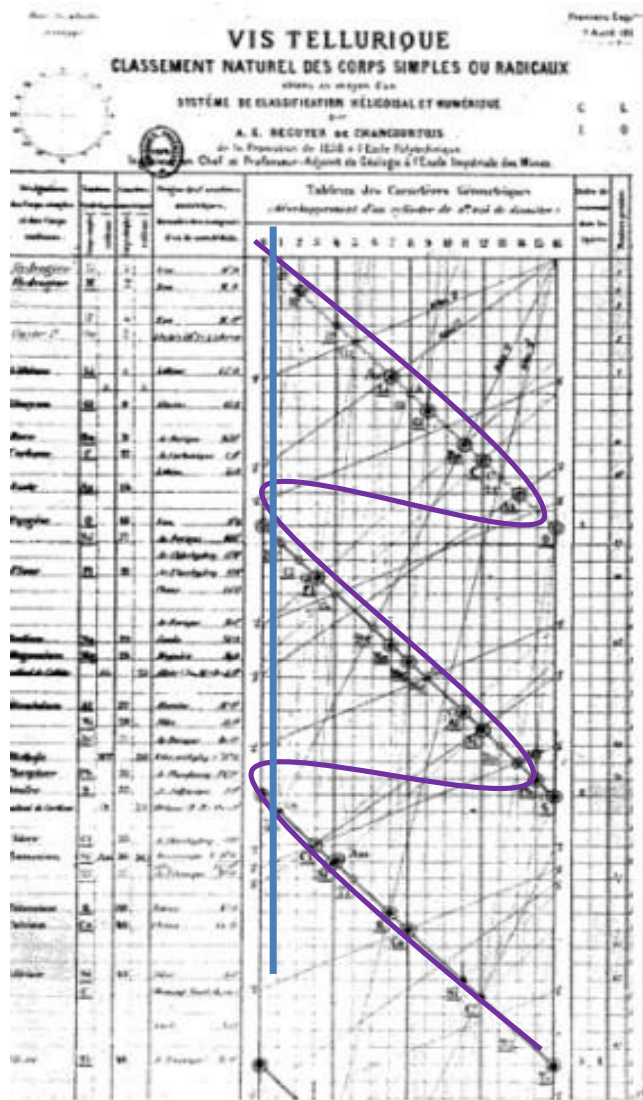
Newlands (1863)

Hinrichs (1867)

Béguyer de Chancourtois (1862)

Odling (1864)

# Exemple / découverte progressive des éléments chimiques => classification périodique des éléments



Béguyer de Chancourtois  
(1862)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1 <sup>er</sup> octave	Li	Be	B	C	N	O	F	Na
2 <sup>ème</sup> octave	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K
3 <sup>ème</sup> octave	K	Ca	...	...	...	...	...	...
	triade	triade						

Döbereiner  
(1817)



Newlands (1863)  
 propose une règle dite de l'octave, par analogie avec les gammes musicales

Odling (1864)  
 inverse le tellure (129) et l'iode (127)  
 / analogie des propriétés chimiques des éléments situés au-dessus



- 1869 : Mendeleïev énonce « la loi périodique des éléments » :

*« les propriétés des corps simples, la constitution de leurs combinaisons, ainsi que les propriétés de ces dernières, sont des fonctions périodiques du poids atomique des éléments »*

*=> « Les éléments classés par valeur de leur poids atomique montrent un changement par paliers de leurs propriétés »*

*« On peut prévoir que de nombreux éléments nouveaux seront encore découverts, par exemple des analogues de Si et Al » dont les poids atomiques seront compris entre 65 et 75*

*=> La découverte du gallium (70) en 1875 et du germanium (73) en 1886 vont corroborer les prévisions de Mendeleïev*

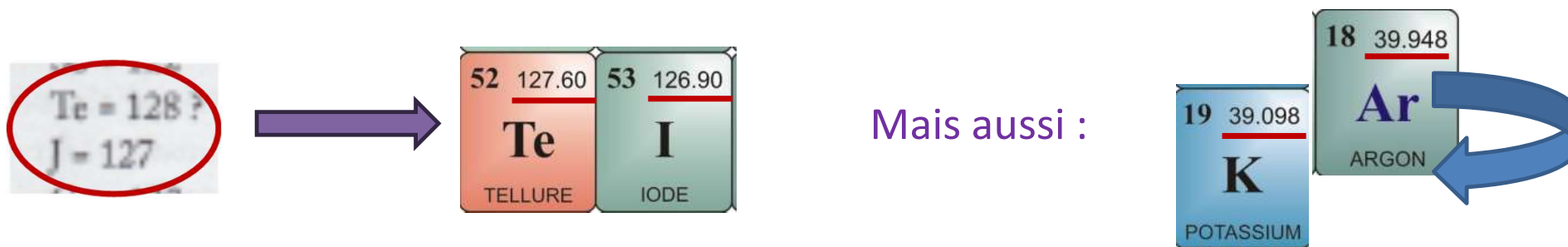
*« Il est à prévoir que quelques poids atomiques seront corrigés. Le poids atomique de Te, par exemple, ne peut pas être de 128, mais doit être compris entre 123 et 126 »*

			Ti = 50	Zr = 70	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
			Ni = Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197 ?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210 ?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128 ?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118 ?		

Extraits traduits de «Zeitschrift für Chemie und Pharmacie» (1869)

Et pourtant ...

## Exemple / découverte progressive des éléments chimiques => classification périodique des éléments



Quelques rares « endroits » de la classification périodique des éléments où le nombre de neutrons diminue d'un élément à l'élément chimique suivant

=> *Classement par numéro atomique croissant et non par « poids atomique croissant » :*

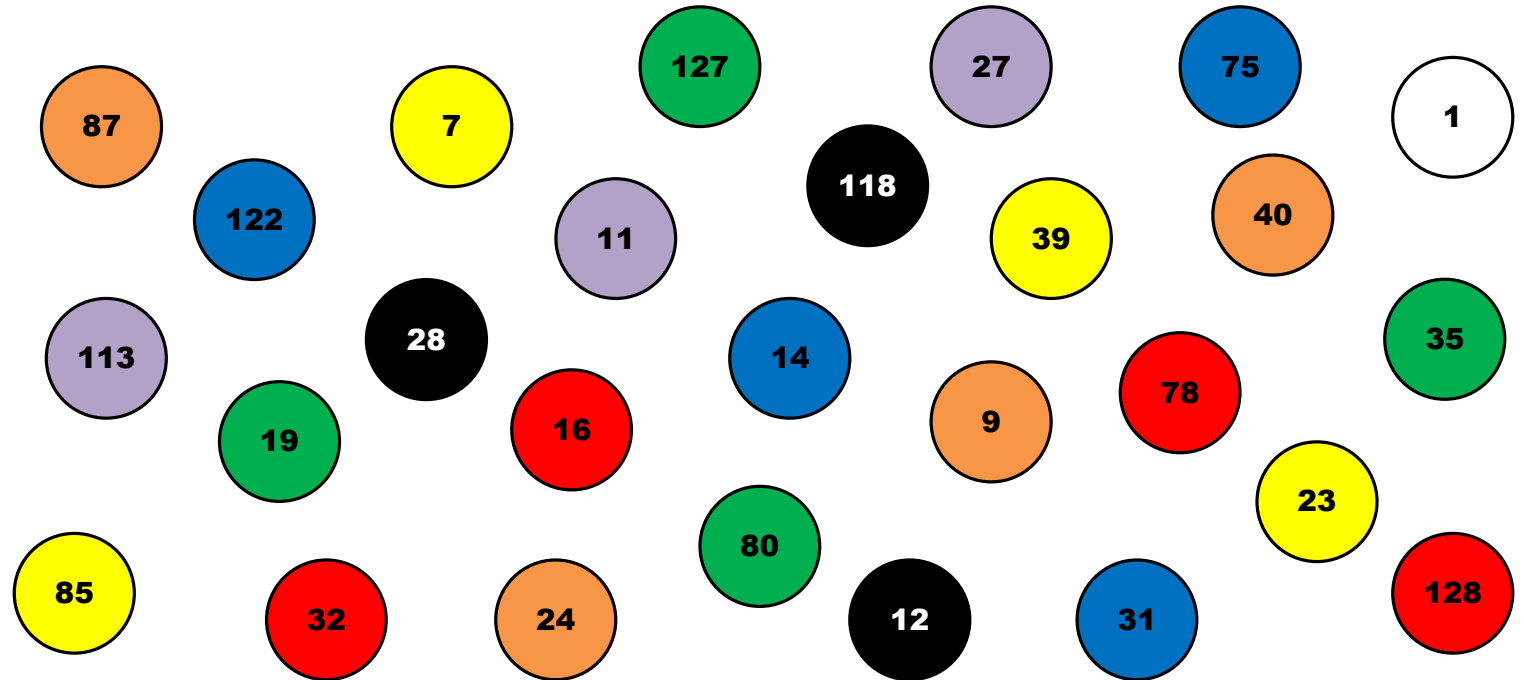
Moseley (1912) évoque l'existence d'un « numéro de série » des éléments chimiques :

« une grandeur fondamentale quantitative qui s'accroît d'une façon régulière lorsque l'on passe d'un élément au suivant [dans la classification périodique des éléments]. Cette quantité ne peut être autre chose que la charge du noyau central positif dont l'existence a été prouvée de façon définitive [par Rutherford en 1911] »

=> 1913 : « nombre atomique » qui deviendra « numéro atomique » en 1922

## Exemple d'activité / construction de la classification périodique des éléments « dans la peau d'un savant de la fin du 19<sup>e</sup> siècle »

On donne aux élèves des bouchons de couleurs variés avec des nombres inscrits dessus :



Par petits groupes, les consignes sont de :

- classer des bouchons,
- donner la ou les règles du classement réalisé,
- noter les observations remarquables.

=> Classement par ordre croissant du nombre inscrit sur les bouchons (R1) qui permet de remarquer une « répétition » de l'ordre des couleurs



=> classement par couleur (R2) dans une même colonne (ou une même ligne ?) :



ou



### Constats :

- Il manque deux bouchons, mais on peut prédire leur couleur et l'intervalle dans lequel se trouverait le nombre inscrit dessus
- Il y a une erreur sur un des bouchons « 127 » / « 128 » ?

## Point de vigilance / sources à utiliser en classe

- **Sources primaires** : écrits de savants qui s'adressent à leurs pairs (ouvrages, correspondances, communications aux sociétés savantes ...)

- **Sources secondaires** : écrits de savants sur les travaux antérieurs d'autres savants, traductions...

### Textes de vulgarisation versus sources primaires ou secondaires :

Parfois erronées => toujours vérifier la qualité par rapport à l'exactitude des faits rapportés, l'absence d'anachronisme (peut donner aux savants des intentions qu'ils n'avaient pas)

« Vraies »



## 1) Citation apocryphe car en réalité :

car rien ne se crée ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature, et l'on peut poser en principes que dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération; que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changemens, des modifications.

(« *Traité élémentaire de chimie* »- Tome I, Chapitre XIII, p140-141, 1789

Disponible sur Gallica à :

<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8615746s>)

## 2) Avant lui, Anaxagore de Clazomène (500-428 av. J.-C.) :

« *le monde est en perpétuel changement, sans création ni destruction de matière mais avec des réarrangements des particules élémentaires* »

## ■ Le personnage

### Lavoisier (1743-1794)

À Paris, Antoine Laurent de Lavoisier est Fermier Général de son état. Chimiste de génie pendant ses loisirs, il suit de près les travaux des savants anglais et notamment de Priestley qui lui explique comment il a isolé ce drôle d'air « fixé » [le dioxygène] qui avive la flamme d'une bougie.

L'année suivante, Lavoisier reprend l'expérience, en pesant tous les composants et il montre que l'air se compose de plusieurs éléments : 1/5 de dioxygène et 4/5 de diazote. Les travaux de Lavoisier font vite autorité.



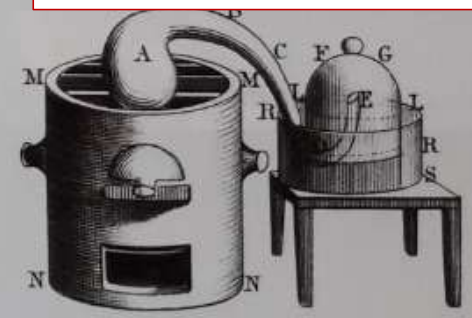
➔ 20% de dioxygène et 80% de diazote

## ■ La curiosité

Pendant douze jours d'affilée, Lavoisier fait bouillir 122 g de mercure dans une cornue reliée à une cloche remplie de 0,80 litre d'air. Il recueille 2,3 g d'oxyde de mercure formé en surface et il reste 0,66 litre d'« air » sous la cloche. Dans cet « air restant », une bougie s'éteint, une souris ne peut pas vivre. Lavoisier chauffe les 2,3 g d'oxyde de mercure et recueille 0,14 litre d'un gaz qui avive la flamme d'une bougie, le dioxygène : il découvre ainsi la composition de l'air.



des valeurs de masse et volume très (trop) précises pour l'époque !



18,5% de dioxygène et 82,5% de diazote

### CHAPITRE III.

*Analyse de l'air de l'atmosphère : sa résolution en deux fluides élastiques, l'un respirable, l'autre non-respirable.*

TELLE est donc *à priori* la constitution de notre atmosphère ; elle doit être formée de la réunion de toutes les substances susceptibles de demeurer dans l'état aériforme au degré habituel de température et de pression que nous éprouvons. Ces fluides forment une masse de nature à peu près homogène, depuis la surface de la terre jusqu'à la plus grande hauteur à laquelle on soit encore parvenu, et dont la densité décroît en raison inverse des poids dont elle est chargée ; mais comme je l'ai dit, il est possible que cette première couche soit recouverte d'une ou de plusieurs autres de fluides très-différens.

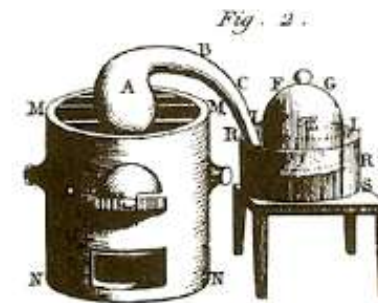
Il nous reste maintenant à déterminer quel est le nombre et quelle est la nature des fluides élastiques qui composent cette couche inférieure que nous habitons ; et c'est sur quoi l'expérience va nous éclairer. La Chimie moderne a fait à cet égard un grand pas ; et les détails dans lesquels je vais entrer feront con-

Lavoisier 1789 – « *Traité élémentaire de chimie* »

Tome I, Chapitre III, p33-50

Disponible sur Gallica à :

<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8615746s>



Illustrations de Lavoisier (Tome II)



Contexte de l'expérience de Lavoisier

A suivre : description détaillée de son expérience (p35 et suivantes)

J'ai pris, *planche II, figure 14*, un matras A de 36 pouces cubiques environ de capacité dont le col B C D E étoit très-long, et avoit six à sept lignes de grosseur intérieurement. Je l'ai courbé, comme on le voit représenté, *planche IV, figure 2*, de manière qu'il pût être placé dans un fourneau M M N N, tandis que l'extrémité E de son col iroit s'engager sous la cloche F G, placée dans un bain de mercure R R S S. J'ai introduit dans ce matras quatre onces de mercure très-pur, puis en suçant avec un siphon que j'ai introduit sous la cloche F G, j'ai réduit la pression à 28 pouces et à 10 degrés du thermomètre et le thermomètre.

Les choses ainsi préparées, j'ai allumé du feu dans le fourneau M M N N, et je l'ai retenu presque continuellement pendant douze jours, de manière que le mercure fut échauffé presqu'au degré nécessaire pour le faire bouillir.

Il ne s'est rien passé de remarquable pendant tout le premier jour: le mercure, quoique non bouillant, étoit dans un état d'évaporation continue; il tapissoit l'intérieur des vaisseaux de gouttelettes, d'abord très-fines, qui alloient ensuite en augmentant, et qui, lorsqu'elles avoient acquis un certain volume, retomboient

d'elles-mêmes au fond du vase, et se réunissoient au reste du mercure. Le second jour, j'ai commencé à voir nager sur la surface du mercure de petites parcelles rouges, qui, pendant quatre ou cinq jours ont augmenté en nombre et en volume; après quoi elles ont cessé de grossir et sont restées absolument dans le même état. Au bout de douze jours voyant que la calcination du mercure ne faisoit plus aucun progrès, j'ai éteint le feu et j'ai laissé refroidir les vaisseaux. Le volume de l'air contenu tant dans le matras que dans son col et sous la partie vuide de la cloche, réduit à une pression de 28 pouces et à 10 degrés du thermomètre, étoit avant l'opération de 50 pouces cubiques environ. Lorsque l'opération a été finie, ce même volume à pression et à température égale, ne s'est plus trouvé que de 42 à 45 pouces: il y avoit en par conséquent une diminution de volume d'un sixième environ. D'un autre côté ayant rassemblé soigneusement les parcelles rouges qui s'étoient formées, et les ayant séparées autant qu'il étoit possible du mercure coulant dont elles étoient baignées, leur poids s'est trouvé de 45 grains.

J'ai été obligé de répéter plusieurs fois cette calcination du mercure en vaisseaux clos, parce qu'il est difficile, dans une seule et même expé-

1 once correspondait à une masse comprise entre environ 24 et 34 g => entre 96 et 136g de mercure (/ 122g du manuel)

Justification des 12 jours

rience, de conserver l'air dans lequel on a opéré, et les molécules rouges ou chaux de mercure qui s'est formé. Il m'arrivera souvent de confondre ainsi, dans un même récit, le résultat de deux ou trois expériences de même genre.

L'air qui restoit après cette opération et qui avoit été réduit aux cinq sixièmes de son volume, par la calcination du mercure, n'étoit plus propre à la respiration ni à la combustion; car les animaux qu'on y introduisoit y périssent en peu d'instans, et les lumières s'y éteignoient sur le champ, comme si on les eût plongées dans de l'eau.

D'un autre côté, j'ai pris les 45 grains de matière rouge qui s'étoit formée pendant l'opération; je les ai introduits dans une très-petite cornue de verre à laquelle étoit adapté un appareil propre à recevoir les produits liquides et aériformes qui pourroient se séparer: ayant allumé du feu dans le fourneau, j'ai observé, qu'à mesure que la matière rouge étoit échauffée sa couleur augmentoit d'intensité. Lorsqu'ensuite la cornue a approché de l'incandescence, la matière rouge a commencé à perdre peu à peu de son volume, et en quelques minutes elle a entièrement disparu; en même temps il s'est condensé dans le petit récipient 41 grains de mercure coulant, et il a passé sous la cloche

7 à 8 pouces cubiques d'un fluide élastique beaucoup plus propre que l'air de l'atmosphère à entretenir la combustion et la respiration des animaux.

Ayant fait passer une portion de cet air dans un tube de verre d'un pouce de diamètre et y ayant plongé une bougie, elle y répendoit un éclat éblouissant; le charbon au lieu de s'y consommer paisiblement comme dans l'air ordinaire, y brûloit avec flamme et une sorte de décrépitation, à la manière du phosphore, et avec une vivacité de lumière que les yeux avoient peine à supporter. Cet air que nous avons découvert presque en même temps, M. Priestley, M. Schéele et moi, a été nommé par le premier, air déphlogistiqué; par le second, air empiréal. Je lui avois d'abord donné le nom d'air éminemment respirable: depuis, on y a substitué celui d'air vital. Nous verrons bientôt ce qu'on doit penser de ces dénominations.

En réfléchissant sur les circonstances de cette expérience, on voit que le mercure en se calcinant absorbe la partie salubre et respirable de l'air, ou, pour parler d'une manière plus rigoureuse, la base de cette partie respirable; que la portion d'air qui reste est une espèce de mofète, incapable d'entretenir la combus-

tion et la respiration : l'air de l'atmosphère est donc composé de deux fluides élastiques de nature différente et pour ainsi dire opposée.

Une preuve de cette importante vérité, c'est qu'en recombinaut les deux fluides élastiques qu'on a ainsi obtenus séparément, c'est-à-dire, les 42 pouces cubiques de mofète, ou air non respirable, et les 8 pouces cubiques d'air respirable, on reforme de l'air, en tout semblable à celui de l'atmosphère, et qui est propre à peu près au même degré, à la combustion, à la calcination des métaux, et à la respiration des animaux.




Entre 16 et 17% d' « air vital » (qu'il nommera oxygène) et 83 et 84% de « mofète » (qu'il nommera azote)

### ■ Le personnage

**Lavoisier (1743-1794)**

À Paris, Antoine Laurent de Lavoisier est Fermier Général de son état. Chimiste de génie pendant ses loisirs, il suit de près les travaux des savants anglais et notamment de Priestley qui lui explique comment il a isolé ce drôle d'air « fixé » [le dioxygène] qui avive la flamme d'une bougie.

L'année suivante, Lavoisier reprend l'expérience, en pesant tous les composants et il montre que l'air se compose de plusieurs éléments : 1/5 de dioxygène et 4/5 de diazote. Les travaux de Lavoisier font vite autorité.



20% de dioxygène et 80% de diazote

Prolongement de l'utilisation de la source primaire : travail sur les notions de source d'incertitude et d'incertitude de mesure, le développement de techniques de plus en plus précises, la découverte des autres constituants de l'air ...

## Point de vigilance / sources à utiliser en classe

- **Sources primaires** : écrits de savants qui s'adressent à leurs pairs (ouvrages, correspondances, communications aux sociétés savantes ...)

- **Sources secondaires** : écrits de savants sur les travaux antérieurs d'autres savants, traductions...

### Textes de vulgarisation versus sources primaires ou secondaires :

❌ Parfois erronées => toujours vérifier la qualité par rapport à l'exactitude des faits rapportés, l'absence d'anachronisme (peut donner aux savants des intentions qu'ils n'avaient pas)

*Exemple : Archimède dans sa baignoire et la citation apocryphe de Lavoisier*

✅ Plus accessible, plus facilement compréhensible pour les élèves

✅ « Vraies »

❌ Parfois difficilement compréhensible pour les élèves (vocabulaire et orthographe qui ne sont plus usités, termes n'ayant plus le même sens ...)

=> Nécessité de « traduire » en « français contemporain », donner le sens de certains termes et réaliser une lecture commentée avec les élèves

Exemple :

*« l'air se condense précisément selon la proportion des poids dont il est pressé » (Boyle / loi de compression des gaz)*

## Point de vigilance / sources à utiliser en classe

- **Sources primaires** : écrits de savants qui s'adressent à leurs pairs (ouvrages, correspondances, communications aux sociétés savantes ...)

- **Sources secondaires** : écrits de savants sur les travaux antérieurs d'autres savants, traductions...

### Textes de vulgarisation versus sources primaires ou secondaires :

Parfois erronées => toujours vérifier la qualité par rapport à l'exactitude des faits rapportés, l'absence d'anachronisme (peut donner aux savants des intentions qu'ils n'avaient pas)

*Exemple : Archimède dans sa baignoire et la citation apocryphe de Lavoisier*

Plus accessible, plus facilement compréhensible pour les élèves

« Vraies »

Parfois difficilement compréhensible pour les élèves (vocabulaire et orthographe qui ne sont plus usités, termes n'ayant plus le même sens ...)

=> Nécessité de « traduire » en « français contemporain », donner le sens de certains termes et réaliser une lecture commentée avec les élèves

Peu ou pas de schémas, figures, tableaux ...

=>  Traduction en images/schémas les descriptions d'un texte

## Conclusion / Enseigner avec ou à partir de l'histoire des sciences

Recours à l'histoire des sciences dans l'enseignement pour :

- Donner du sens aux savoirs enseignés pour améliorer leur compréhension
- Approcher le mode d'élaboration des connaissances et l'inscrire dans un contexte socio-culturel (NOS)

=> Avec une exposition à des matériaux historiques

(sources primaires, secondaires ou « réécrites » sans être dénaturées)

- Favoriser l'apprentissage de savoirs enseignés en s'appuyant sur leur construction historique ou sur certaines idées/pensées historiques que l'on peut retrouver dans des conceptions d'élèves

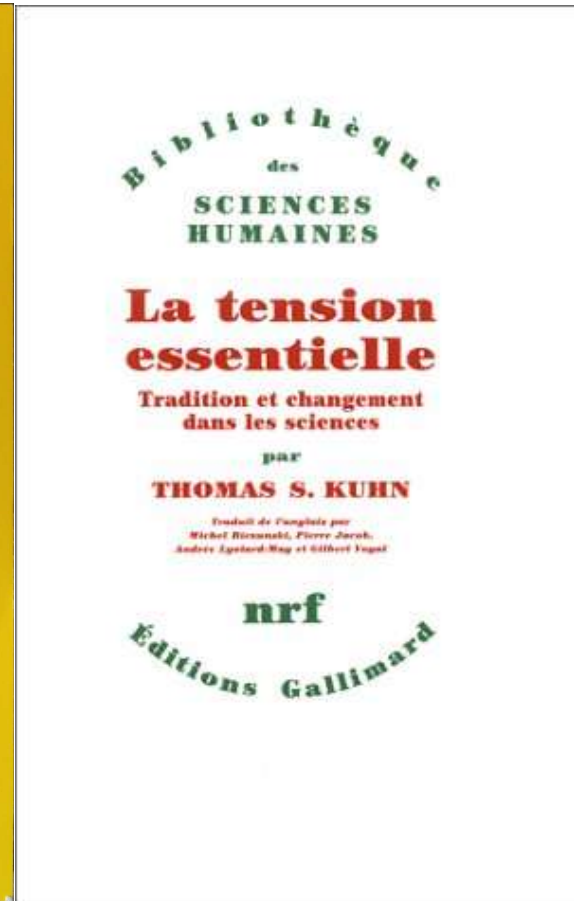
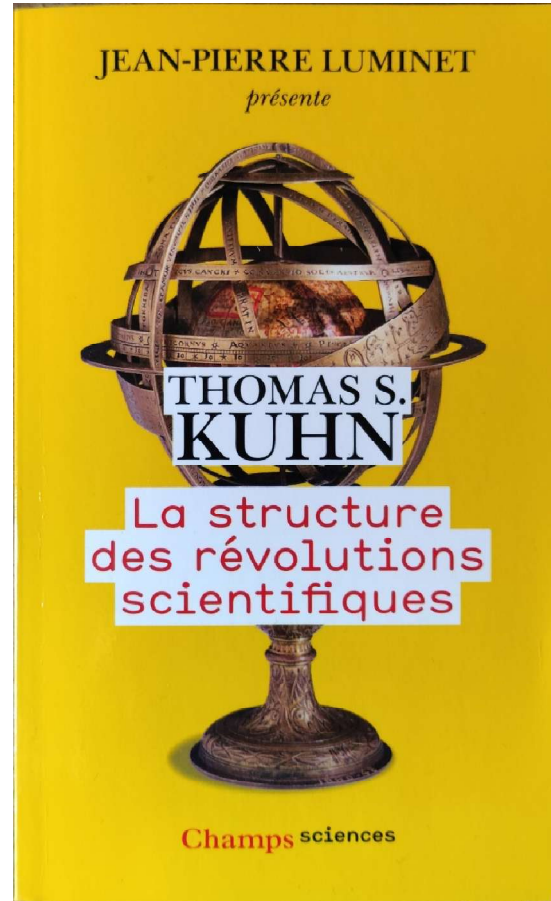
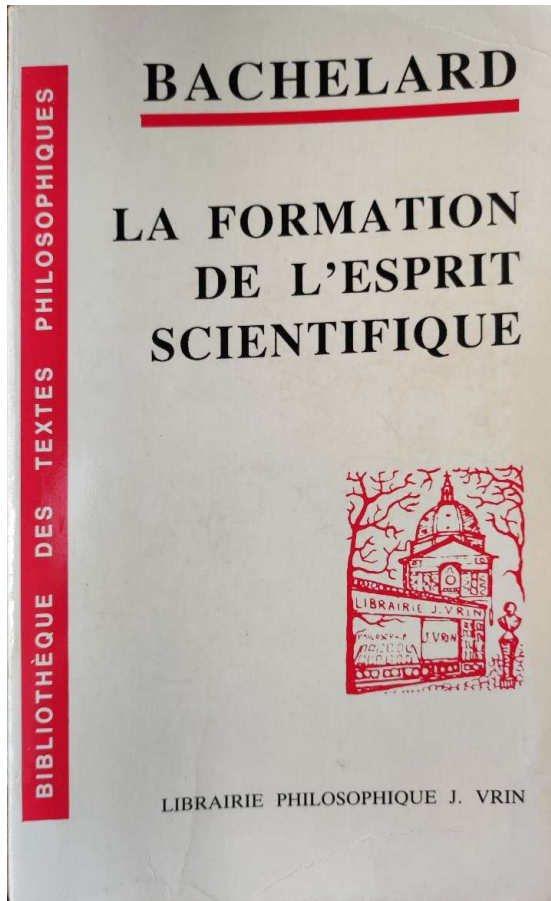
=> A partir d'une analyse de la construction historique de ces savoirs

Liste (*non exhaustive*) des thèmes de physique-chimie étudiés au LDAR avec une approche historique :

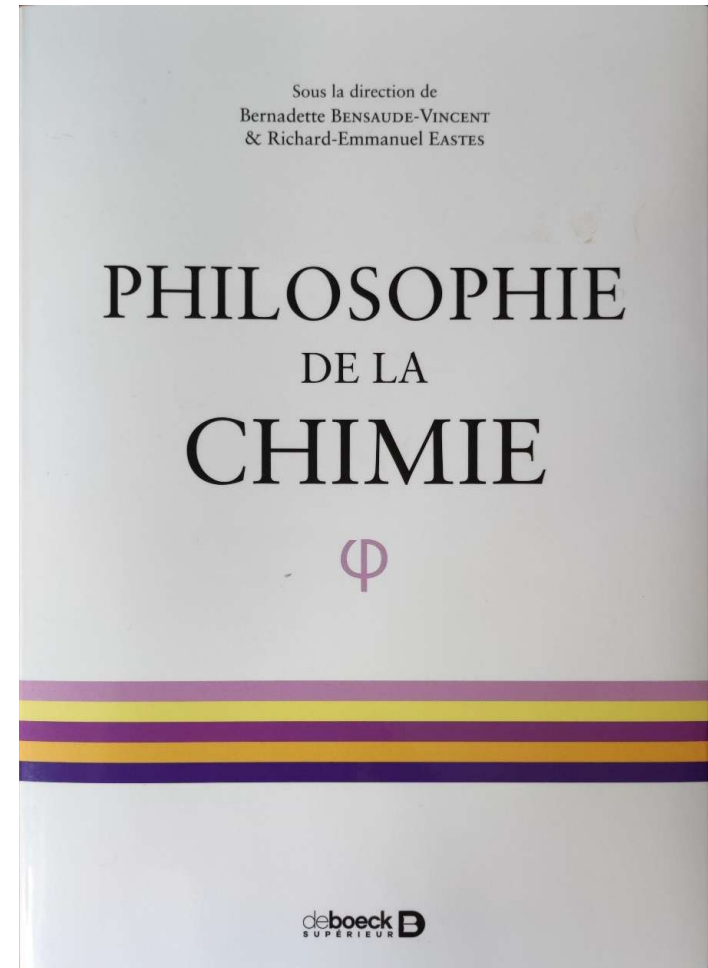
- L'optique (la vision)  
=> travaux de Cécile de Hosson,
- La pression  
=> travaux de Cécile de Hosson, Nicolas Décamp et Anne Boulais,
- L'astronomie (circonférence de la terre et sa distance au soleil)  
=> travaux de Cécile de Hosson et Nicolas Décamp,
- La gravitation (chute libre)  
=> travaux de Philippe Colin et Valentin Maron,
- La combustion  
=> travaux de Nicolas Décamp et Sandra Javoy,
- Le volume, la densité et la masse volumique  
=> travaux de Sandra Javoy,
- L'énergie  
=> travaux Cécile de Hosson, Nicolas Décamp et Helmy Chekir,
- La transformation chimique  
=> travaux de Sophie Canac et Isabelle Kermen

**Allez voir nos pages HAL !**

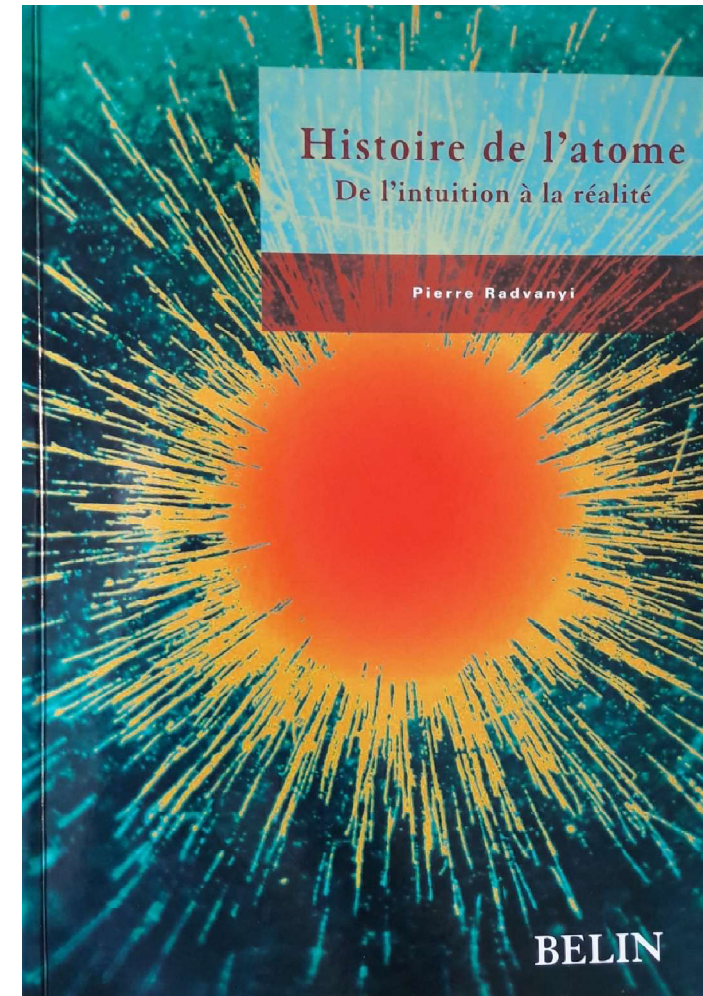
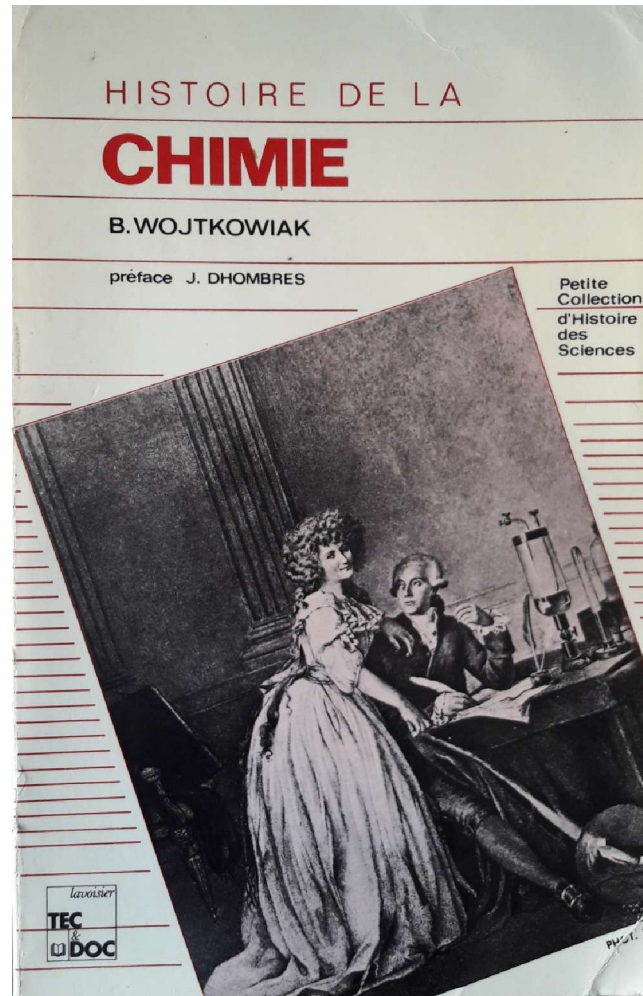
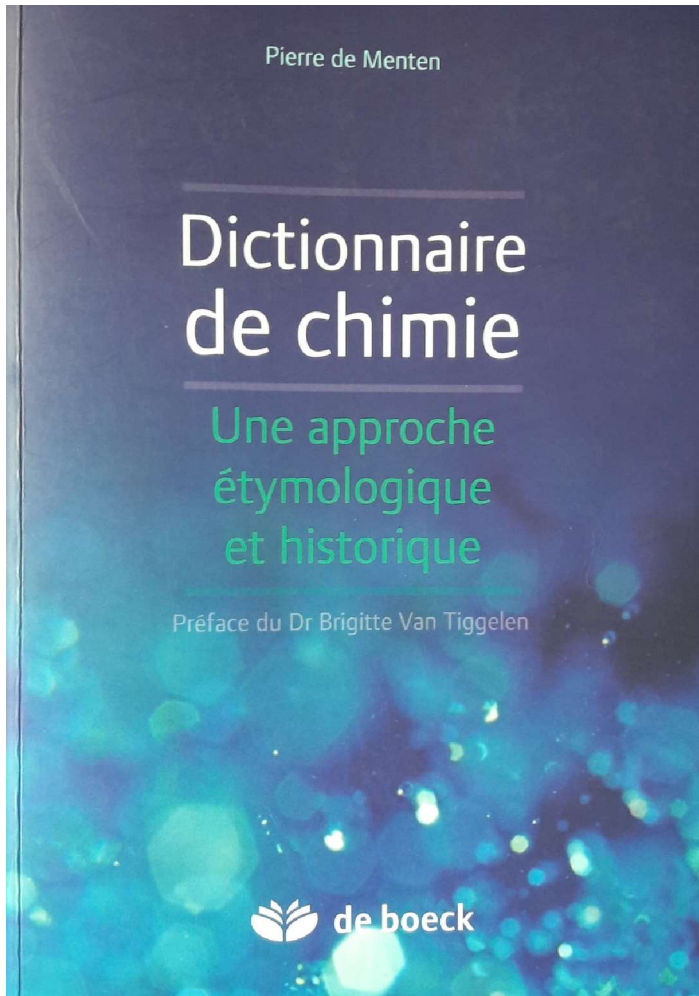
Quelques ouvrages de références / NOS :



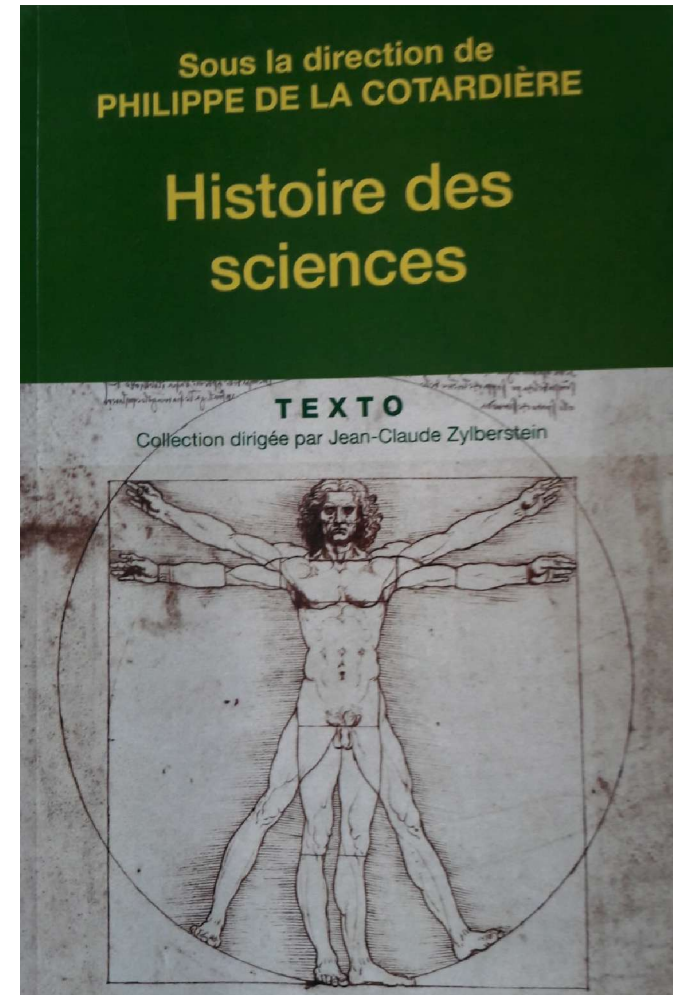
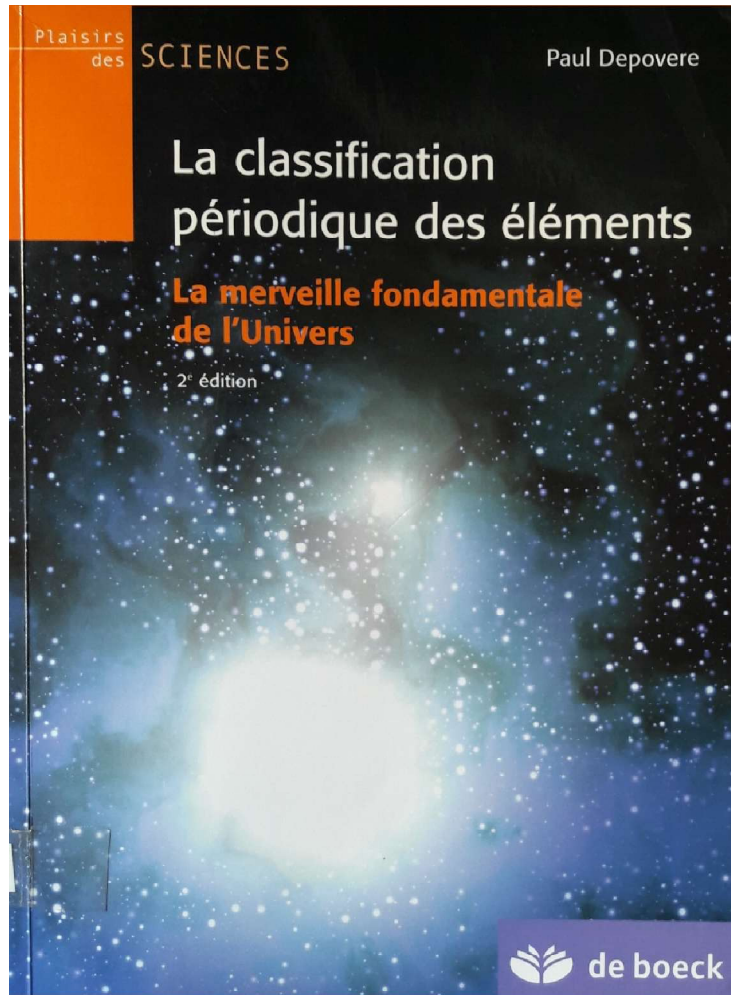
Quelques ouvrages de références / NOS :



Quelques ouvrages de références / connaissances historiques en chimie :



Quelques ouvrages de références / connaissances historiques en chimie et autres ...

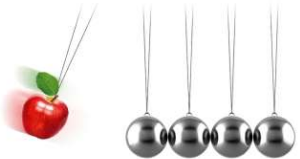


« L'histoire, si on la considérait comme autre chose que des anecdotes ou des dates, pourrait transformer de façon définitive l'image de la science dont nous sommes actuellement empreints »

*(Kuhn, extrait de La structure des révolutions scientifiques, 1962)*

**ANTOINE  
HOULOU-GARCIA**

Et la pomme ne tomba pas  
sur la tête de Newton



*Ces petits mensonges qui  
ont fait l'histoire des sciences*

Albin Michel

**L'histoire des sciences regorge d'anecdotes surprenantes** : on connaît la pomme de Newton, Galilée au sommet de la tour de Pise, ou le célèbre « eurêka » d'Archimède dans sa baignoire. **Pourtant, aucune pomme n'est tombée sur la tête de Newton, Galilée n'a jamais emprunté les escaliers de la célèbre tour penchée, pas plus qu'Archimède ne s'est écrié « eurêka »...**

**Ces légendes**, ces fausses citations qui pullulent dans les livres, les articles, les sites Internet et autres réseaux sociaux **nuisent à notre conception des sciences et de leur histoire.**

Tordant le cou à ces « versions officielles », Antoine Houlou-Garcia rétablit la vérité scientifique et nous donne des outils et des réflexes utiles pour en juger. Ce faisant, il permet de poser un **regard neuf sur les sciences et la place qu'elles occupent dans la société.**

Un livre aussi divertissant qu'enrichissant pour l'esprit.