



CH-110 Chimie Générale Avancée I

Prof. A. Steinauer
angela.steinauer@epfl.ch

Français

- Cette partie du cours sera enseignée en anglais.
- Nous ferons de notre mieux pour vous soutenir pendant cette transition :

Enregistrements sous-titrés en français

Transcriptions des cours en français

Vous pouvez poser des questions en français en classe (je ferai de mon mieux !) et sur le forum.

Cinq de nos six assistants pédagogiques parlent français (voir diapositive séparée).

- Pour la partie Steinauer de l'examen (structure atomique), les questions seront en anglais et en français. Nous vous demanderons de rédiger vos réponses en anglais.

CH-110 Chimie Générale Avancée I (Automne 2024)

- Cours :

Mardi, 16:15-18:00, BCH 2201

Vendredi, 11:15-12:00, ELA1 (**près du chantier!**)

- Exercices :

Vendredi, 13:15-14:00, AAC231

Organisation du cours et examen

- Partie I : 9 semaines (A. Steinauer, structure atomique)
- Partie II : 5 semaines (J. Waser, chimie organique, en français)
- Deux examens écrits de 3 heures pendant la session d'examens d'hiver 2025/26 :

Steinauer/Waser (3 heures)

Fierz (3 heures)

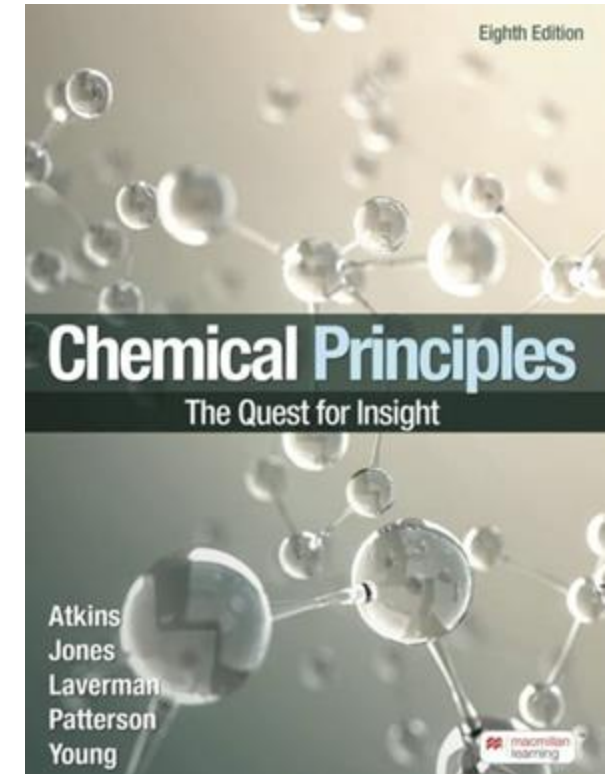
- Aucun autre matériel que celui fourni n'est autorisé pendant l'examen.
- Un tableau périodique et une liste de formules vous seront fournis.

Changements par rapport à l'année dernière

Retour des étudiants	Changements cette année
Trop de diapositives	Je vais essayer de condenser le contenu et de présenter les parties importantes au tableau.
Pas clair ce que les étudiants sont censés savoir pour l'examen	Communication plus claire : les exercices proposés en cours et dans le livre constituent la principale opportunité d'entraînement.
Les exercices n'étaient pas alignés avec le matériel du cours	Je vérifierai chaque semaine s'il existe des exercices que vous ne pouvez pas résoudre parce que nous n'avons pas couvert la matière en classe.
Pas assez d'examens blancs	Il y en a un désormais. La meilleure opportunité de pratiquer reste les exercices du livre.

Contenu des cours et exercices

- Syllabus en ligne
- Manuel : Chemical Principles - The Quest for Insight par Atkins, Jones et al.
- Disponible à la librairie de l'EPFL
- Exercices :
- Chaque semaine. Non évalués.
- Formez des groupes d'étude !



Moodle

- <https://moodle.epfl.ch/course/view.php?id=15739>
- Des diapositives, des exercices et des enregistrements seront téléchargés chaque semaine.
- Forum pour poser des questions: <https://edstem.org/eu/courses/2603/discussion/>
- Annonces

Assistants pédagogiques

Nom	Langues	Email
Georges Barnikol	Fr, En, Allemand	georges.barnikol@epfl.ch
Paula Oeser	Fr, En	paula.oeser@epfl.ch
Ollie Dennis	En	oliver.dennis@epfl.ch
Diogo De Abreu Viegas	Fr, En, Portugais	diogo.deabreuviegas@epfl.ch
Yannick Calvino Alonso	Fr, En, Espagnol, Allemand	yannick.calvinoalonso@epfl.ch
Tuna Karasu	Fr, En, Turc	tuna.karasu@epfl.ch



Georges



Paula



Ollie



Diogo



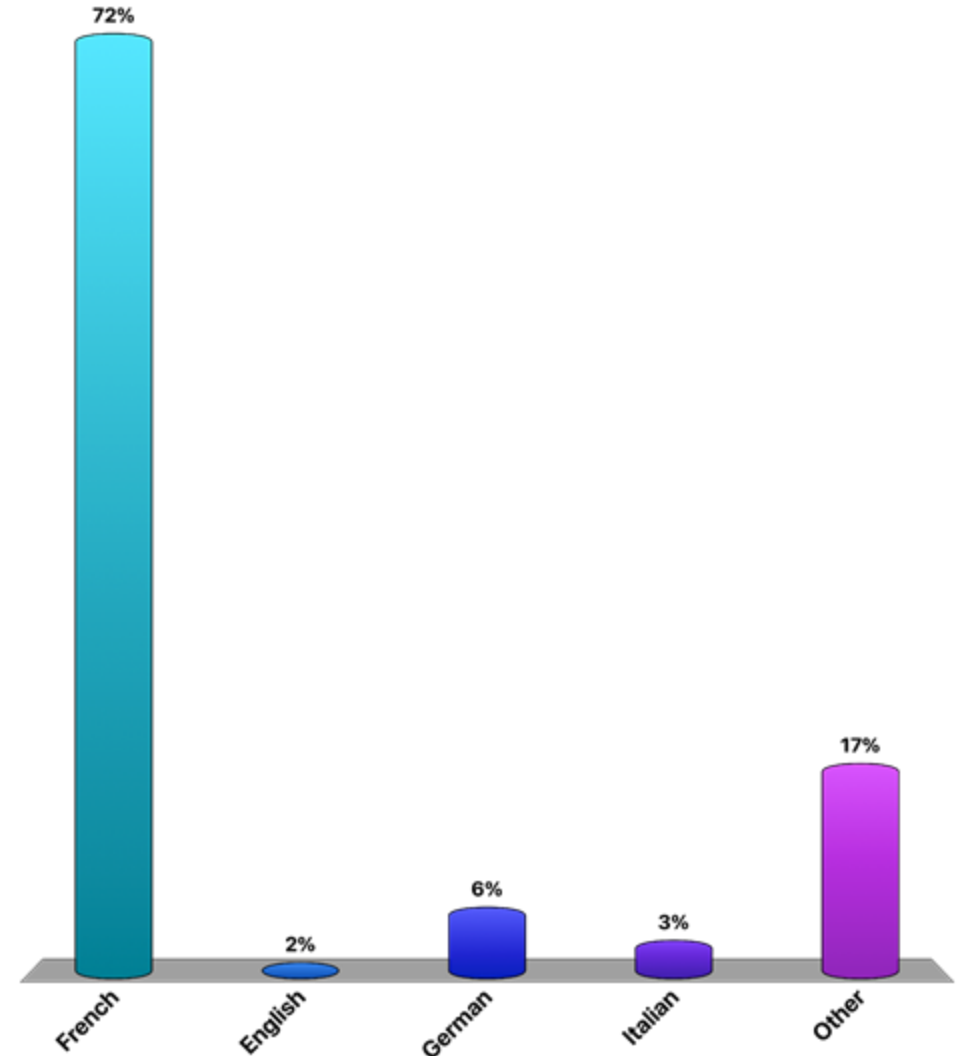
Yannick



Tuna

Quelle est votre langue maternelle ?

- A. French
- B. English
- C. German
- D. Italian
- E. Other



Session ID: 858121

Ce que vous pouvez attendre de moi

- **Dévouement** : La préparation de ces cours prend beaucoup de temps et je m'engage à fournir un contenu de qualité qui vous aidera à réussir.
- **Ouverture aux commentaires** : Je suis réceptif aux commentaires constructifs. Vous aurez l'occasion de donner votre avis sur Moodle au moins une fois par semaine après les cours.
- **Réponse aux questions** : Il se peut que je ne connaisse pas toujours la réponse immédiatement. Si c'est le cas, je vous encourage à essayer de trouver la réponse par vous-même. Si nécessaire, les assistants et moi-même sommes à votre disposition pour vous guider dans la bonne direction.
- **L'investissement dans votre réussite** : Je souhaite sincèrement que vous réussissiez et je vous soutiendrai dans votre parcours académique.

Ce que j'attends de vous :

Un environnement de classe respectueux et productif

Veillez vous engager activement avec le contenu et éviter les distractions. Si vous devez discuter avec vos camarades pendant le cours, n'hésitez pas à sortir et à poursuivre votre échange autour d'un café. Cela ne me dérange pas.

Curiosité et ouverture à l'apprentissage

Mettez-vous au défi de vous demander : « Est-ce une question à laquelle je pourrais répondre moi-même avec un peu d'effort ? »

Responsabilité face à l'apprentissage


Vous êtes responsables de votre propre apprentissage. Cela implique d'assister aux cours et de résoudre les exercices de manière autonome, de suivre les lectures et de prendre en main votre progrès.

Un mot à propos de l'intelligence artificielle

- Les agents conversationnels basés sur l'IA peuvent être de précieux tuteurs : vous pouvez poser des questions de suivi lorsque quelque chose n'est pas clair.
- Ils fonctionnent bien pour les concepts de base, mais peuvent fournir des informations erronées ou trompeuses.
- L'IA ne remplace pas la résolution des exercices par vous-même – c'est ainsi que vous apprenez réellement.
- Simulez les conditions d'examen : entraînez-vous à résoudre les problèmes de manière autonome.
- Utilisez nos exercices hebdomadaires ainsi que ceux supplémentaires proposés dans le livre pour vous entraîner. Les solutions des exercices du livre sont disponibles sur Moodle.

Comment étudier pour ce cours

- Résolvez des exercices ! Des séries de problèmes hebdomadaires sont attribuées ainsi que des exercices supplémentaires dans le livre.
- Chaque sous-chapitre contient entre 20 et 30 exercices que vous pouvez utiliser pour vous entraîner.
- Je me baserai sur les exercices vus en classe et dans le livre comme point de départ pour élaborer les questions d'examen.
- Le livre est indispensable pour ce cours !
- Vous n'êtes pas censés savoir résoudre les exercices qui nécessitent le calcul différentiel ; ils sont signalés comme tels:

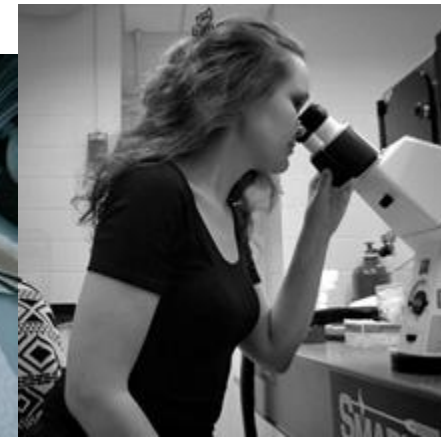
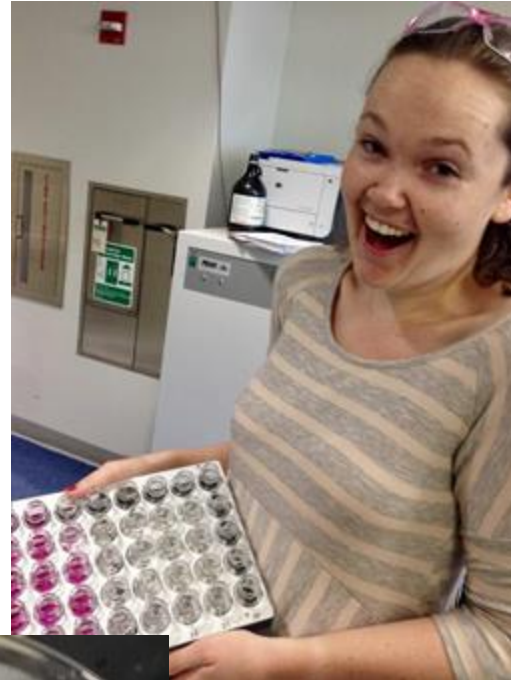
Les exercices marqués  demandent du calcul intégral.



Définition de la chimie

- La chimie est la science de la matière et des changements qu'elle peut subir.

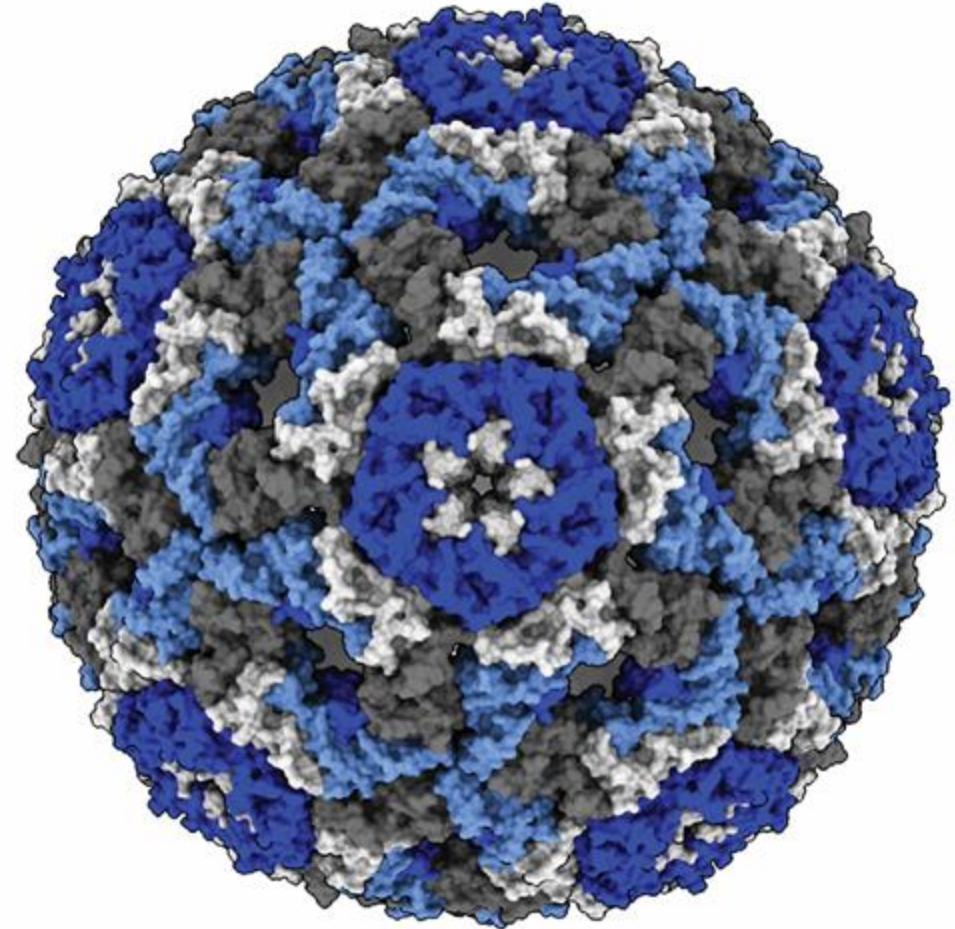
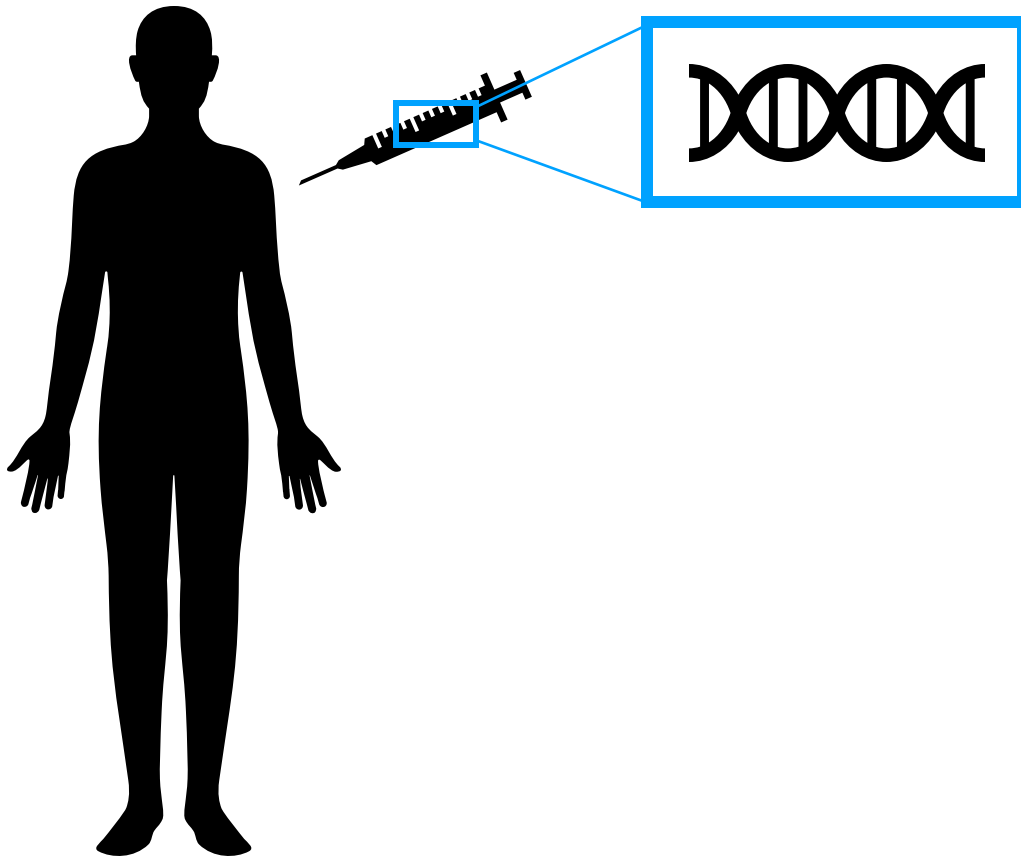
Pourquoi j'ai étudié la chimie



Pourquoi avez-vous choisi d'étudier la chimie ?

I LOVE COSMETIC STUFF BUT ALSO TO PROVE MY HS TEACHER WRONG
IT'S THE MOST INTERESTING PART OF SCIENCE !
CAUSE I LOVE COOKING AND BAKING ! I'M ALSO A HUGE FAN OF PERFUMES
I LIKE IT BY WATCHING SERIES ABOUT CHEMICAL ISSUES SUCH AS BREAKING BAD OR DEXTER. ALSO I LIKE TO WORK ON A LAB AND MY PROFESSOR SAID ME TO DO IT BECAUSE I WAS GOOD ON IT.
PHARMACEUTICALS AND COSMETICS INTERESTING AND FUN EXPERIMENTS
BECAUSE OF MY PASSION FOR THE BRANCH
TV SHOW DEXTER COMPLETE SCIENCE CRAZY RESULTS AFTER A REACTION
I FOUND IT INTERESTING I WANT TO DO RESEARCH LAB INTERESTING
TO TEACH IT **BREAKING BAD** I LIKE THE LABS
TO WORK IN CBRN DEFENSE I LIKE EXPLOSIONS MONEY
BECAUSE I FIND IT FASCINATING THAT EVERYTHING THAT WE HAVE EVER SEEN IN OUR HISTORY AND THAT MIGHT COMPOSE THE ENTIRE UNIVERSE ONLY CONSISTS OF 118 OR SO ELEMENTS
A VERY PASSIONATE COLLEGE TEACHER
I CHOOSE CHEMISTRY BECAUSE I FIND IT VERY INTERESTING.
CAUSE I WOULD LIKE TO CREATE NEW SUBSTANCES
FIND AND INDUSTRIALIZE A SUSTAINABLE PETROL AND PLASTIC ALTERNATIVE TO COMBAT THE CLIMATE CRISIS
BECAUSE WHEN I WAS YOUNG I HAD SEEN MANY VIDEOS, AND I BECAME PASSIONATE BY THAT

Que pouvez-vous faire avec ce cours ?



Aperçu de ce cours

THÈME 1: ATOMES

Sujet 1A : Étude des Atomes

Sujet 1B : Théorie Quantique

Sujet 1C : Fonctions D'onde et Niveaux D'énergie

Sujet 1D : L'atome D'hydrogène

Sujet 1E : Atomes à Polyélectroniques

Sujet 1F : Périodicité

Chapitres de « Chemical Principles - The Quest for Insight » Atkins, Jones, et al.

THÈME 2: LIAISONS ENTRE LES ATOMES

Sujet 2A : Liaison Ionique

Sujet 2B : Liaison Covalente

Sujet 2C : Au-delà de la Règle de L'octet

Sujet 2D : Les Propriétés des Liaisons

Sujet 2E : Le Modèle VSEPR

Sujet 2F : Théorie de la Liaisons de Valence

Sujet 2G : Théorie des Orbitales Moléculaires

THÈME 3: ÉTATS DE LA MATIÈRE

Sujet 3D : Forces Intermoléculaires

Sujet 3F : Liquides

Sujet 3G : Solides

Les Premiers chimistes

- **al-kīmiyā (arabe)** : l'art de la transformation / métallurgie
- Traduit en latin / langues européennes : alchimie ; le préfixe « al- » (= « le ») fut ensuite supprimé
- Les alchimistes préparaient du verre, des bijoux, des pièces de monnaie, des céramiques et, inévitablement, des armes
- Artisans et expérimentateurs
- Développement de techniques que nous utilisons encore aujourd'hui, par exemple la distillation
- **Alchimie et mysticisme :**
- La pierre philosophale : une matière censée transformer les métaux vils en or et en argent

L'alchimiste
Encre sur papier attribuée à Philip Galle d'après Pieter Bruegel
l'Ancien (vers 1558)



Tournant vers la science

- **Paracelse (1493–1541)** : a promu la chimie au service de la médecine
- **Robert Boyle** (*The Skeptical Chymist*, 1661) : a mis l'accent sur l'expérimentation et la reproductibilité
- Séparation : alchimie mystique vs. chimie empirique

Paracelsus:

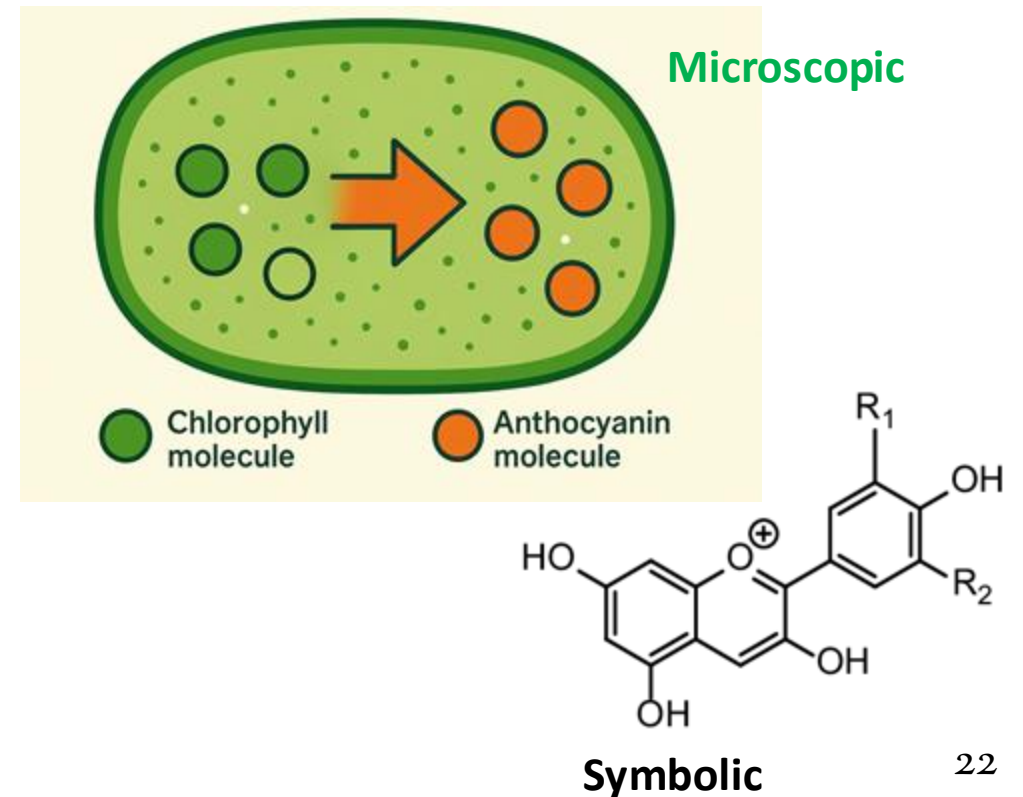
“Toutes les choses sont poison, et rien n'est sans poison ; seule la dose fait qu'une chose n'est pas un poison.”

“Omnia sunt venena, nihil est sine veneno. Sola dosis facit, ut venenum non sit.”

La chimie est une science à trois niveaux

- **Macroscopique** : Matière et transformations (une feuille devient orange.)
- **Microscopique** : Des réarrangements d'atomes (des changements moléculaires qui font que la feuille devient orange).
- **Symbolique** : Symboles chimiques et équations mathématiques.

Un chimiste pense au niveau microscopique, mène des expériences au niveau macroscopique et représente les deux au moyen de symboles.



Comment se fait la science : La méthode scientifique

- **Un soin méticuleux et une grande créativité**

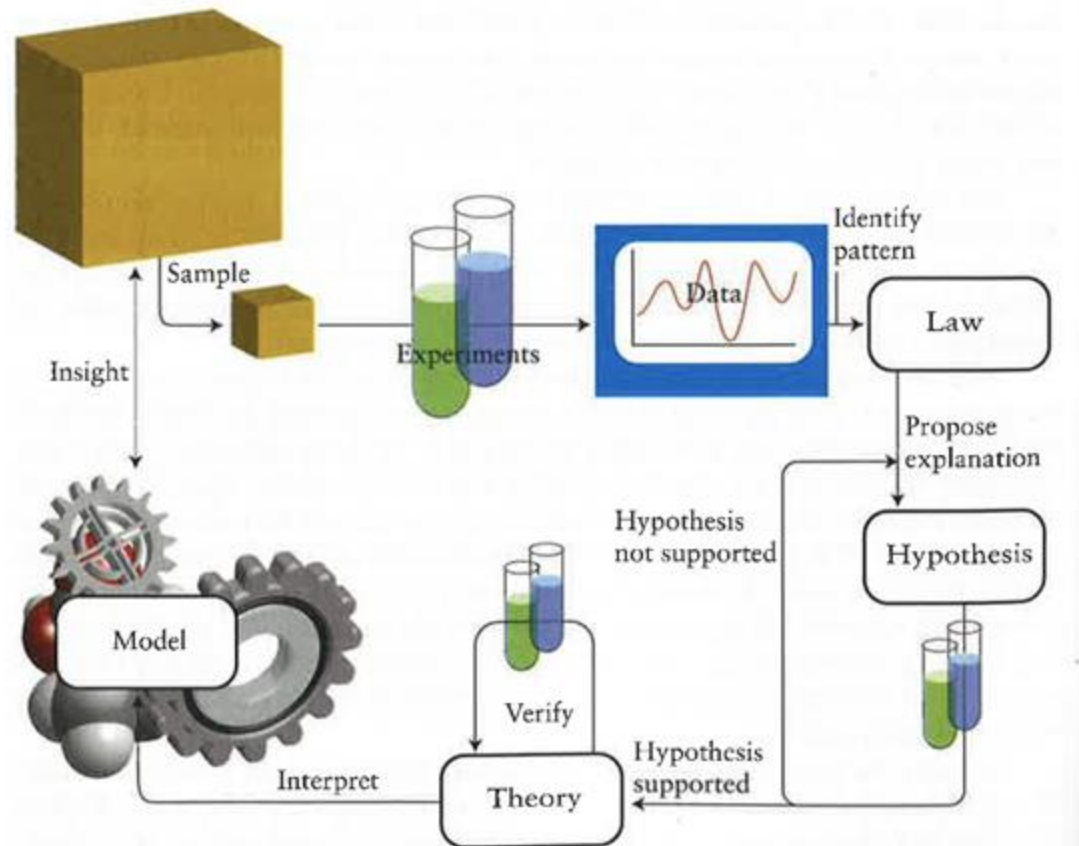


Figure 4

- **Loi** : résumé succinct d'un large éventail d'observations
- **Hypothèse** : explication possible de la loi
- **Théorie** : explication formelle de la loi
- **Modèle** : version simplifiée de l'objet d'étude que les scientifiques peuvent utiliser pour faire des prédictions

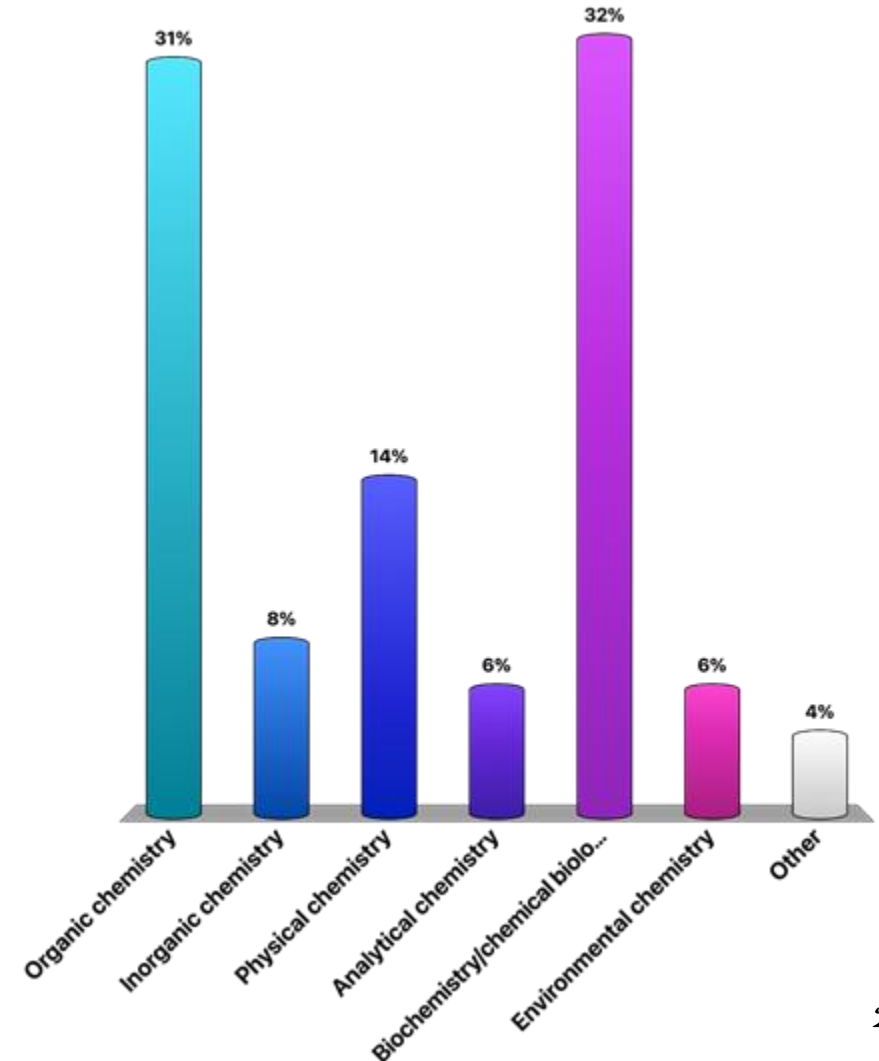
Pas toujours linéaire!

Branches de la chimie

- **Chimie organique** : Composés de carbone, hydrocarbures, biomolécules
- **Chimie inorganique** : Métaux, minéraux, composés non organiques
- **Chimie physique** : Thermodynamique, cinétique, chimie quantique et computationnelle
- **Chimie analytique** : Composition, techniques, instrumentation
- **Biochimie/Biologie chimique/Chimie biologique** : Enzymes, protéines, acides nucléiques, métabolisme, applications biomédicales
- **Chimie de l'environnement** : Pollution, chimie verte, écosystèmes

Quel est le sous-domaine de la chimie qui vous intéresse le plus (actuellement) ?

- A. Organic chemistry
- B. Inorganic chemistry
- C. Physical chemistry
- D. Analytical chemistry
- E. Biochemistry
- F. Environmental chemistry



Fondements

Veillez revoir par vous-même le module *Fundamentals A* (diapositives disponibles sur Moodle : CH-110_EXTRA_FundamentalsA). :

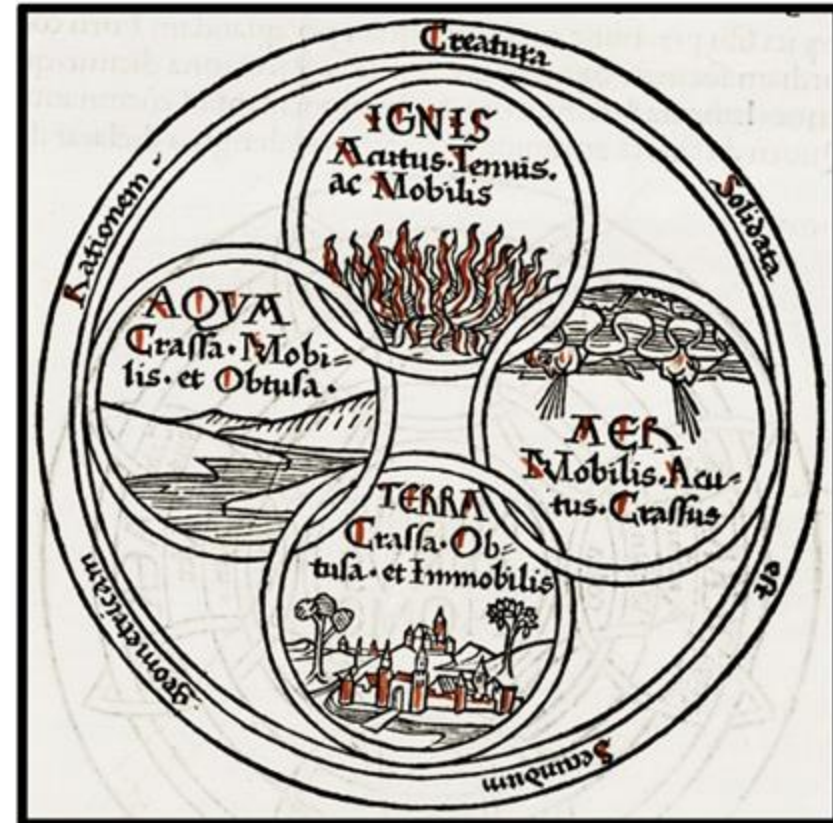
A : Matière et énergie

B : Éléments et atomes

Science: Comment organiser les éléments? À la quête de la simplicité

Grec ancien : quatre éléments : l'eau, la terre, le feu, l'air

Aujourd'hui : +100 éléments



De responsione et de astrorum ordinatione
Yale Beinecke Rare Book and Manuscript Library (1472)

Atomes

- Quelle est la plus petite unité de matière ? Peut-on couper la matière en morceaux de plus en plus petits ?

L'atome (grec : non découposable)

- Premier argument convaincant en faveur de l'atome :
- 1807 L'instituteur et chimiste anglais John Dalton
- Il a mesuré les rapports de masse des éléments qui se combinent pour former des substances aujourd'hui appelées « composés » (les rapports forment des modèles).
- Par exemple : dans chaque échantillon d'eau, il y a 8 g d'oxygène pour 1 g d'hydrogène.

Atomes individuels par microscopie à effet tunnel

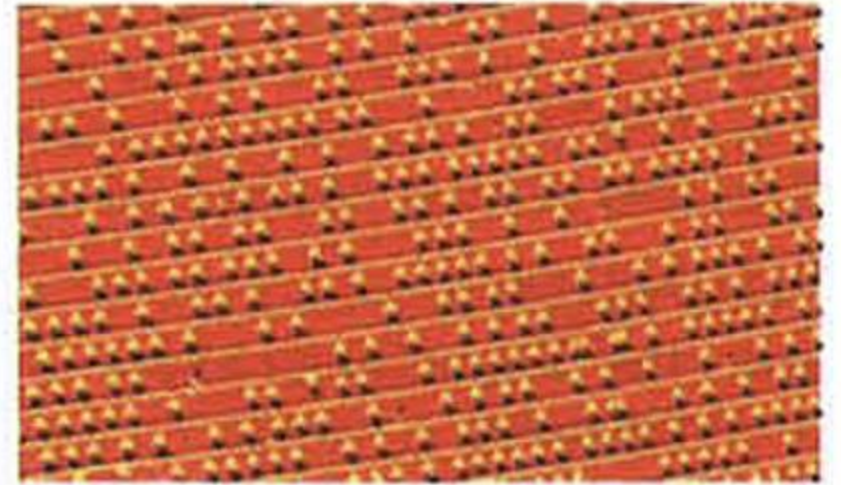


Figure
B.3

Hypothèse atomique (Dalton)

1. Tous les atomes d'un élément donné sont identiques.
2. Les atomes d'éléments différents ont des masses différentes.
3. Un composé est une combinaison spécifique d'atomes de plusieurs éléments.
4. Dans une réaction chimique, les atomes ne sont ni créés ni détruits, ils échangent leurs partenaires pour produire de nouvelles substances.

Toute matière est constituée de diverses combinaisons de formes simples de matière appelées éléments chimiques. Un élément est une substance composée d'un seul type d'atome.

Le modèle nucléaire

1. Un petit noyau chargé positivement (la majeure partie de la masse) composé de protons (notés p) et de neutrons électriquement neutres (notés n).
2. Entouré d'un électron chargé négativement (noté e⁻)

TABLE B.1 The Properties of Subatomic Particles Relevant to Chemistry

Particle	Symbol	Charge/e*	Mass/kg
electron	e ⁻	-1	9.109×10^{-31}
proton	p	+1	1.673×10^{-27}
neutron	n	0	1.675×10^{-27}

* Charges are given as multiples of the fundamental charge, which in SI units is $e = 1.602 \times 10^{-19}$ C (see Appendix 1B).

Le modèle nucléaire

Analogie : une mouche au centre d'un terrain de baseball =
noyau

Espace des électrons : tout le stade

Les atomes ont une charge neutre.

Il s'ensuit que : nombre de e^- = nombre de p

Le numéro atomique, Z , d'un élément est le nombre de
protons dans le noyau d'un de ses atomes.

Hydrogène : $Z = 1$

Hélium : $Z = 2$, etc.



Figure B.4

Spectrométrie de masse

Un spectromètre de masse est un appareil qui mesure la masse d'un atome.

$$m_H = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_C = 1.99 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

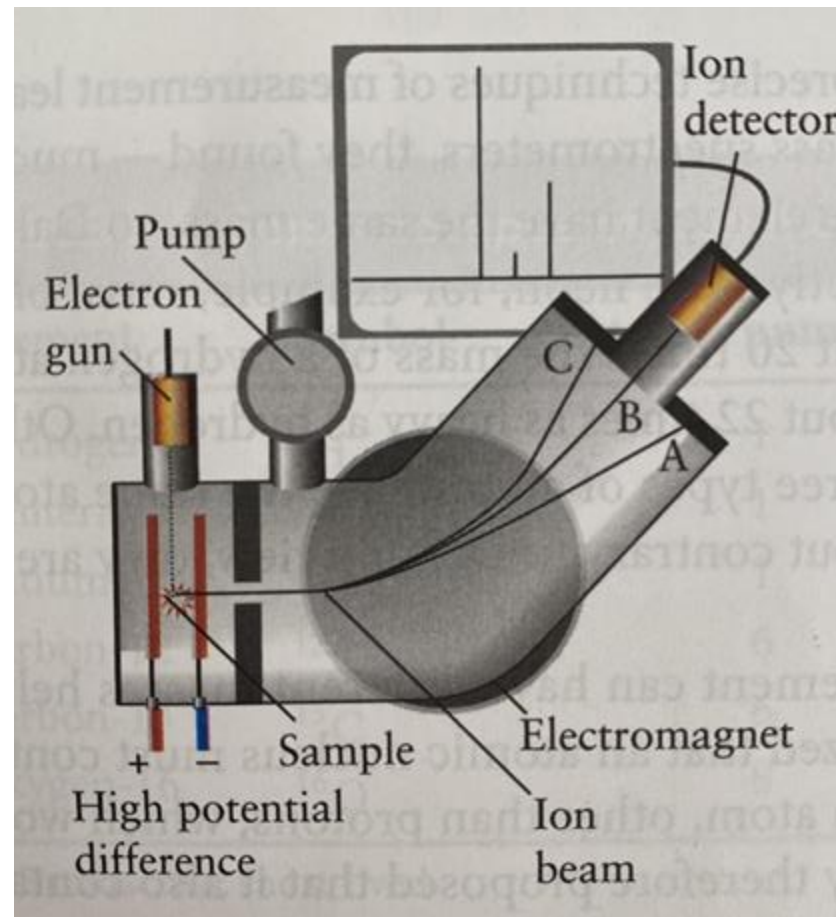


Figure B.5

1. Les électrons du canon à électrons ionisent l'échantillon
2. Les ions créés sont accélérés par la différence de potentiel
3. Traversent un champ électromagnétique (accordable)
4. La pompe élimine l'air
5. **La masse de l'ion est proportionnelle à l'intensité du champ magnétique nécessaire pour amener le faisceau en position d'atteindre le détecteur.**

Isotopes

MS : tous les atomes d'un même élément n'ont pas la même masse ! Dalton n'avait pas raison à 100 %.

Neutrons !

- Pas de charge
- Masse à peu près identique à celle des protons
- Neutrons + protons = nucléons

Isotope du grec « même endroit ».

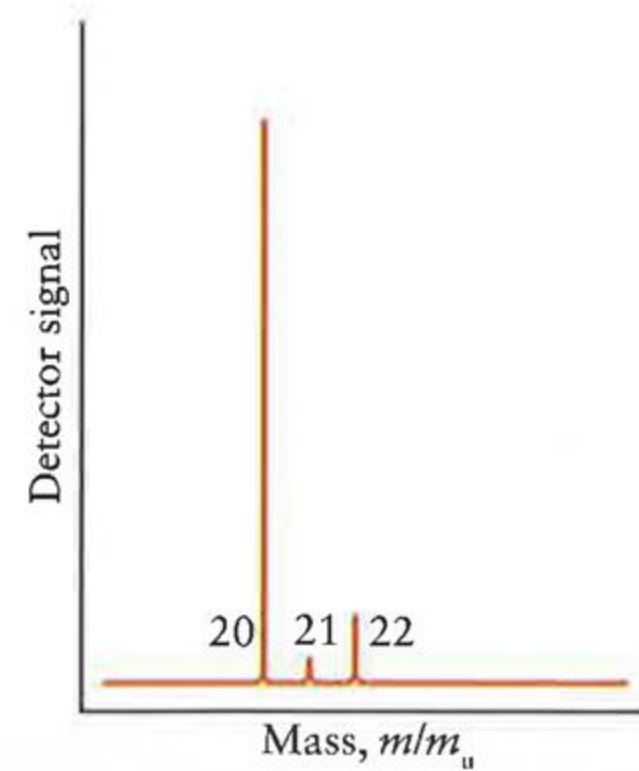


Figure B.6

Isotopes et nombre de masse

Le nombre de masse est le nombre total de protons et de neutrons dans un noyau.

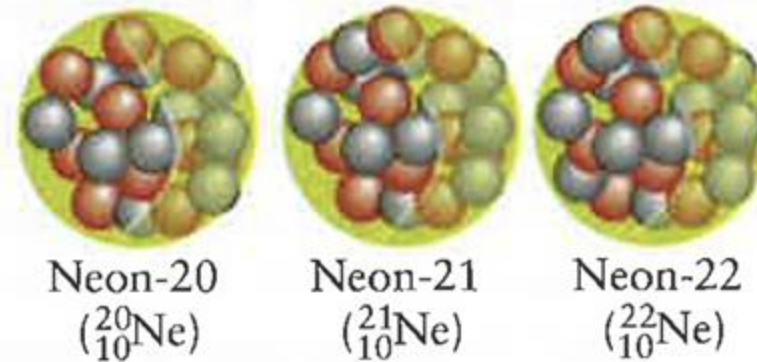


Figure B.7

Un isotope a le **même numéro atomique**, mais un **numéro de masse différent**.

Les isotopes ont les mêmes propriétés physiques et chimiques, avec quelques importantes exceptions.

Isotopes et nombre de masse

TABLE B.2 Some Isotopes of Common Elements

Element	Symbol	Atomic number, Z	Mass number, A	Abundance/%
hydrogen	^1H	1	1	99.985
deuterium	^2H or D	1	2	0.015
tritium	^3H or T	1	3	—*
carbon-12	^{12}C	6	12	98.90
carbon-13	^{13}C	6	13	1.10
oxygen-16	^{16}O	8	16	99.76

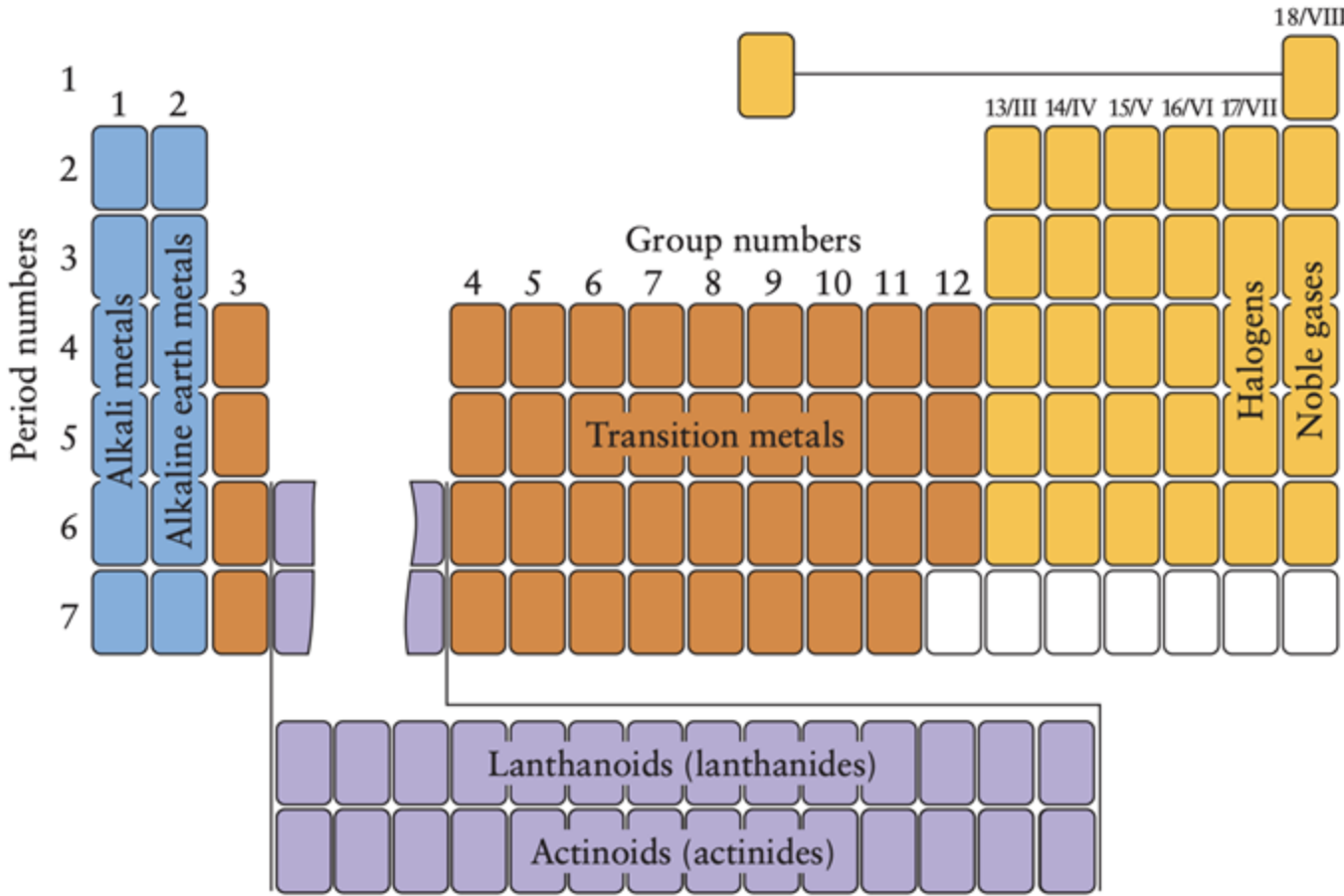
* Radioactive, short-lived.

Lorsque le terme « **nucléide** » a été introduit pour la première fois, il désignait le noyau nu ; dans son utilisation moderne, il désigne **l'atome entier**.

L'organisation des éléments

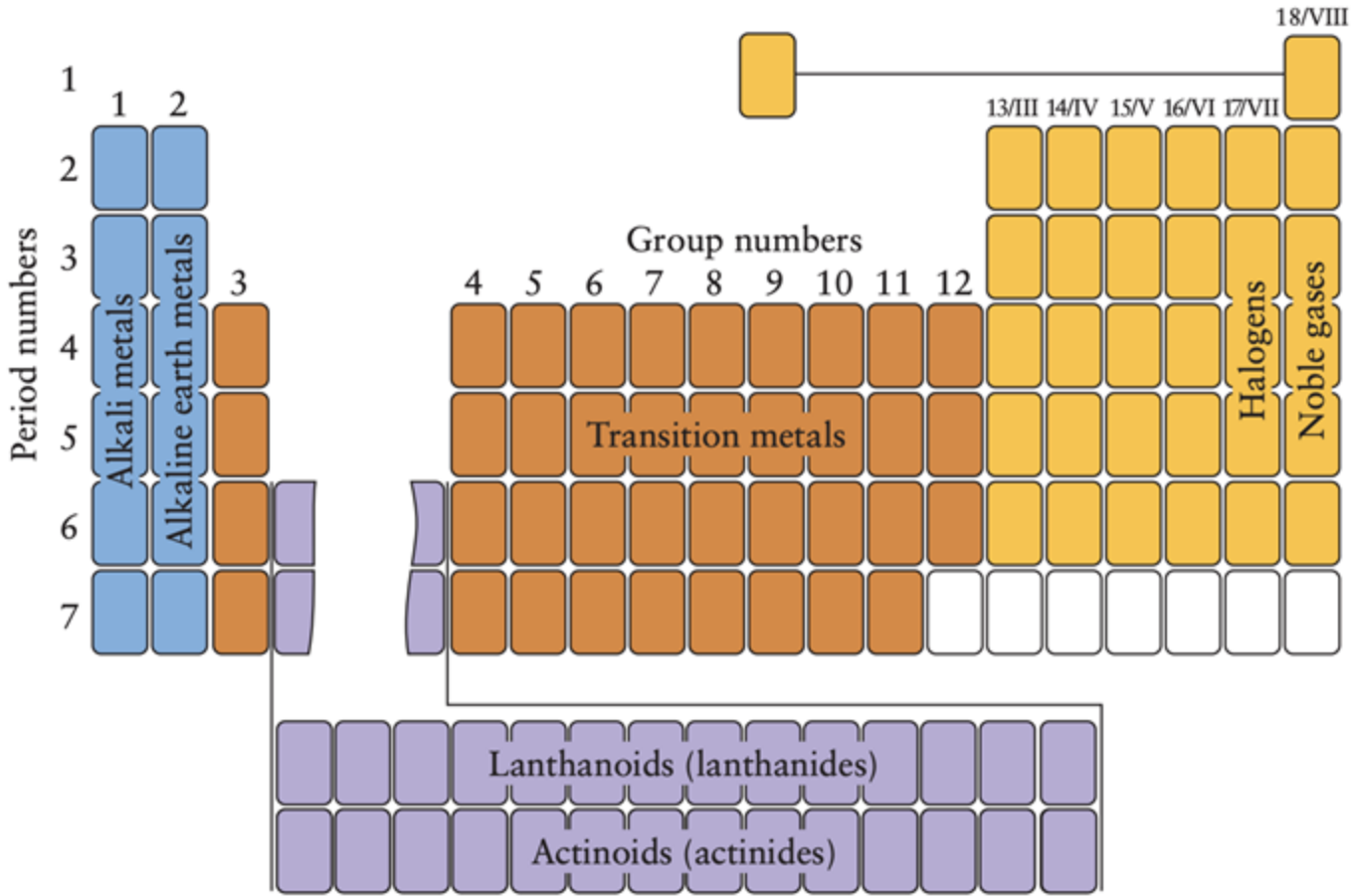
- Chaque élément a un nom et un symbole chimique unique composé d'une ou deux lettres
- Symbole chimique : par exemple pour l'hélium, He
- Première lettre en majuscule, deuxième lettre en minuscule (He et non HE)
- Actuellement, 118 éléments sont connus (2024)
- 88 sont présents en quantités significatives sur terre

Le tableau périodique



- Éléments classés dans l'ordre de leur numéro atomique
- Disposés en rangées d'une certaine longueur
- Ils forment des familles dont les propriétés présentent des tendances régulières
- **Groupes** : colonnes verticales (18 groupes), principales familles d'éléments, numérotées de gauche à droite
- **Éléments du groupe principal** : 1,2 et 13-18
- **Périodes** : rangées horizontales, numérotées de haut en bas
- **Blocs** (en couleurs) : éléments des blocs s, p, d, f (voir Section 1D)
- **Métaux de transition** (bloc d sans groupe 12)
- **Métaux de transition internes** : lanthanides (après le lanthane, élément 57) et actinides (après l'actinium, élément 89)

Le tableau périodique

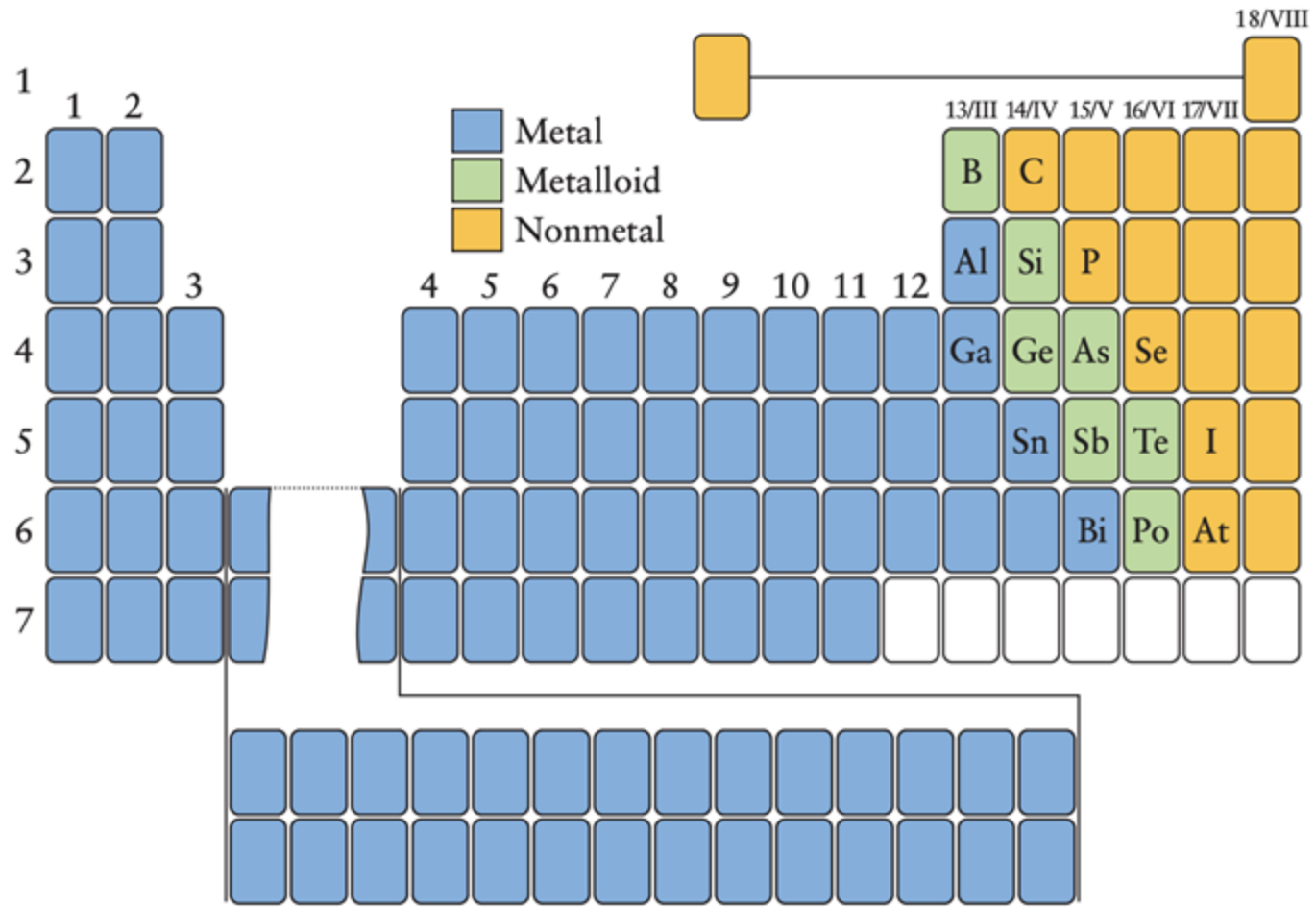


- Groupe 1 : les métaux alcalins
- Groupe 2 : les métaux alcalino-terreux
- Groupe 17 : les halogènes
- Groupe 18 : les gaz rares
- Hydrogène : parfois dans le groupe 1, parfois dans le groupe 17, ici : place spéciale entre les deux.
- **La plupart des éléments sont des métaux solides.**
- Seuls deux éléments sont liquides à température ambiante : le brome et le mercure.
- Seuls 11 éléments sont des gaz.

Le tableau périodique

Les éléments sont classés comme suit :

- Un **métal** conduit l'électricité, a un éclat, est malléable et ductile.
- Un **non-métal** ne conduit pas l'électricité et n'est ni malléable ni ductile.
- Un **métalloïde** est un élément de caractère intermédiaire. Typiquement, un métalloïde a les propriétés physiques d'un métal mais les propriétés chimiques d'un non-métal.



PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

Group	1												13	14	15	16	17	18	
	I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII VIIA	
	IA	IIA											IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA		
Period 1	1 H hydrogen 1.0079 1s ¹																		2 He helium 4.00 1s ²
2	3 Li lithium 6.94 2s ¹	4 Be beryllium 9.01 2s ²											5 B boron 10.81 2s ² 2p ¹	6 C carbon 12.01 2s ² 2p ²	7 N nitrogen 14.01 2s ² 2p ³	8 O oxygen 16.00 2s ² 2p ⁴	9 F fluorine 19.00 2s ² 2p ⁵	10 Ne neon 20.18 2s ² 2p ⁶	
3	11 Na sodium 22.99 3s ¹	12 Mg magnesium 24.31 3s ²	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al aluminum 26.98 3s ² 3p ¹	14 Si silicon 28.09 3s ² 3p ²	15 P phosphorus 30.97 3s ² 3p ³	16 S sulfur 32.06 3s ² 3p ⁴	17 Cl chlorine 35.45 3s ² 3p ⁵	18 Ar argon 39.95 3s ² 3p ⁶	
4	19 K potassium 39.10 4s ¹	20 Ca calcium 40.08 4s ²	21 Sc scandium 44.96 3d ¹ 4s ²	22 Ti titanium 47.87 3d ² 4s ²	23 V vanadium 50.94 3d ³ 4s ²	24 Cr chromium 52.00 3d ⁵ 4s ¹	25 Mn manganese 54.94 3d ⁵ 4s ²	26 Fe iron 55.84 3d ⁶ 4s ²	27 Co cobalt 58.93 3d ⁷ 4s ²	28 Ni nickel 58.69 3d ⁸ 4s ²	29 Cu copper 63.55 3d ¹⁰ 4s ¹	30 Zn zinc 65.41 3d ¹⁰ 4s ²	31 Ga gallium 69.72 4s ² 4p ¹	32 Ge germanium 72.64 4s ² 4p ²	33 As arsenic 74.92 4s ² 4p ³	34 Se selenium 78.96 4s ² 4p ⁴	35 Br bromine 79.90 4s ² 4p ⁵	36 Kr krypton 83.80 4s ² 4p ⁶	
5	37 Rb rubidium 85.47 5s ¹	38 Sr strontium 87.62 5s ²	39 Y yttrium 88.91 4d ¹ 5s ²	40 Zr zirconium 91.22 4d ² 5s ²	41 Nb niobium 92.91 4d ⁴ 5s ¹	42 Mo molybdenum 95.94 4d ⁵ 5s ¹	43 Tc technetium (98) 4d ⁵ 5s ²	44 Ru ruthenium 101.07 4d ⁷ 5s ¹	45 Rh rhodium 102.90 4d ⁸ 5s ¹	46 Pd palladium 106.42 4d ¹⁰	47 Ag silver 107.87 4d ¹⁰ 5s ¹	48 Cd cadmium 112.41 4d ¹⁰ 5s ²	49 In indium 114.82 5s ² 5p ¹	50 Sn tin 118.71 5s ² 5p ²	51 Sb antimony 121.76 5s ² 5p ³	52 Te tellurium 127.60 5s ² 5p ⁴	53 I iodine 126.90 5s ² 5p ⁵	54 Xe xenon 131.29 5s ² 5p ⁶	
6	55 Cs cesium 132.91 6s ¹	56 Ba barium 137.33 6s ²	57 La lanthanum 138.91 5d ¹ 6s ²	72 Hf hafnium 178.49 5d ² 6s ²	73 Ta tantalum 180.95 5d ³ 6s ²	74 W tungsten 183.84 5d ⁴ 6s ²	75 Re rhenium 186.21 5d ⁵ 6s ²	76 Os osmium 190.23 5d ⁶ 6s ²	77 Ir iridium 192.22 5d ⁷ 6s ²	78 Pt platinum 195.08 5d ⁹ 6s ¹	79 Au gold 196.97 5d ¹⁰ 6s ¹	80 Hg mercury 200.59 5d ¹⁰ 6s ²	81 Tl thallium 204.38 6s ² 6p ¹	82 Pb lead 207.2 6s ² 6p ²	83 Bi bismuth 208.98 6s ² 6p ³	84 Po polonium (209) 6s ² 6p ⁴	85 At astatine (210) 6s ² 6p ⁵	86 Rn radon (222) 6s ² 6p ⁶	
7	87 Fr francium (223) 7s ¹	88 Ra radium (226) 7s ²	89 Ac actinium (227) 6d ¹ 7s ²	104 Rf rutherfordium (261) 6d ² 7s ²	105 Db dubnium (262) 6d ³ 7s ²	106 Sg seaborgium (266) 6d ⁴ 7s ²	107 Bh bohrium (264) 6d ⁵ 7s ²	108 Hs hassium (267) 6d ⁶ 7s ²	109 Mt meitnerium (268) 6d ⁷ 7s ²	110 Ds darmstadtium (271) 6d ⁷ 7s ²	111 Rg roentgenium (272) 6d ⁹ 7s ¹	112*	113	114	115	116	117	118	
	Lanthanoids (lanthanides) 6			58 Ce cerium 140.12 4f ¹ 5d ¹ 6s ²	59 Pr praseodymium 140.91 4f ³ 6s ²	60 Nd neodymium 144.24 4f ⁴ 6s ²	61 Pm promethium (145) 4f ⁵ 6s ²	62 Sm samarium 150.36 4f ⁶ 6s ²	63 Eu europium 151.96 4f ⁷ 6s ²	64 Gd gadolinium 157.25 4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	65 Tb terbium 158.93 4f ⁹ 6s ²	66 Dy dysprosium 162.50 4f ¹⁰ 6s ²	67 Ho holmium 164.93 4f ¹¹ 6s ²	68 Er erbium 167.26 4f ¹² 6s ²	69 Tm thulium 168.93 4f ¹³ 6s ²	70 Yb ytterbium 173.04 4f ¹⁴ 6s ²	71 Lu lutetium 174.97 5d ¹ 6s ²		
	Actinoids (actinides) 7			90 Th thorium 232.04 6d ² 7s ²	91 Pa protactinium 231.04 5f ² 6d ¹ 7s ²	92 U uranium 238.03 5f ³ 6d ¹ 7s ²	93 Np neptunium (237) 5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	94 Pu plutonium (244) 5f ⁶ 7s ²	95 Am americium (243) 5f ⁷ 7s ²	96 Cm curium (247) 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	97 Bk berkelium (247) 5f ⁷ 7s ²	98 Cf californium (251) 5f ¹⁰ 7s ²	99 Es einsteinium (252) 5f ¹¹ 7s ²	100 Fm fermium (257) 5f ¹² 7s ²	101 Md mendelevium (258) 5f ¹³ 7s ²	102 No nobelium (259) 5f ¹⁴ 7s ²	103 Lr lawrencium (262) 6d ¹ 7s ²		

Molar masses (atomic weights) quoted to the number of significant figures given here can be regarded as typical of most naturally occurring samples.

*The names of the elements 112 and higher have not yet been determined; both 112 and 114 have been confirmed.

Les compétences que vous avez maîtrisées sont la capacité à

- Décrire la structure d'un atome.
- Trouver le nombre d'atomes dans un échantillon d'un élément de masse donnée.
- Indiquer le nombre de neutrons, de protons et d'électrons dans un nucléide.
- Écrire les symboles des éléments.
- Décrire l'organisation du tableau périodique et les caractéristiques des éléments dans les différentes régions du tableau.

Résumé : Le travail est un mouvement contre une force opposée. L'énergie est la capacité à effectuer un travail. L'énergie cinétique résulte du mouvement, l'énergie potentielle de la position. Un champ électromagnétique transporte de l'énergie dans l'espace.

Prévisualisation du thème 1 (Focus 1 : Atomes)

