



# CH-110 Chimie Générale Avancée I

Prof. A. Steinauer  
[angela.steinauer@epfl.ch](mailto:angela.steinauer@epfl.ch)

# French

- 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.

Trois 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)

- Conférences :

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

Vendredi, 11:15-12:00, PO01

- Exercices :

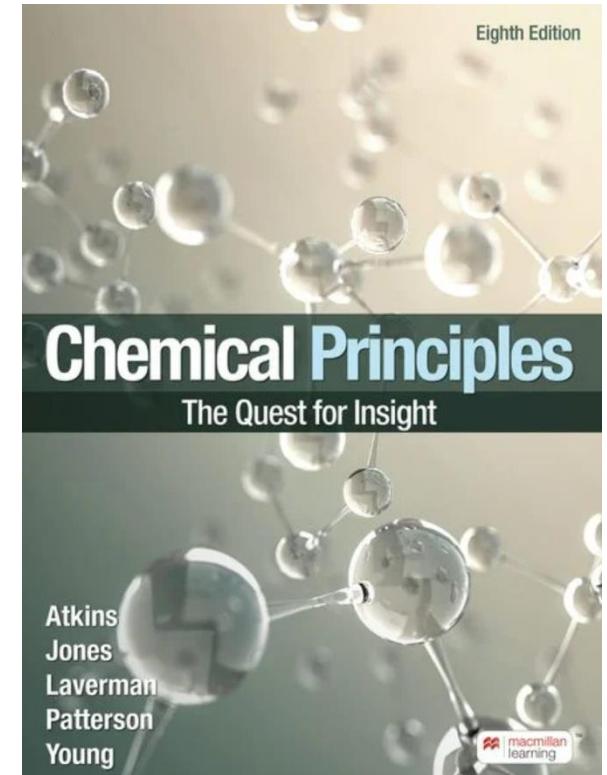
Vendredi, 13:15-14:00, AAC231

# 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 2024/25 :
  - 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.

# Contenu des cours et exercices

- Syllabus en ligne
- Manuel : Chemical Principles - The Quest for Insight par Atkins, Jones et al.
- Trouver le livre sur Orell Füssli ou Amazon  
[:https://www.orellfuessli.ch/shop/home/artikeldetails/A1067522642](https://www.orellfuessli.ch/shop/home/artikeldetails/A1067522642)
- [https://www.amazon.com/Chemical-Principles-Insight-Peter-Atkins/dp/1464183953/ref=sr\\_1\\_1?crid=U88HS9HOU4YV&dib=eyJ2ljoiMSJ9.3KYTA0vBNOi1ipn5XaTpt1ZRG7VDXDvw\\_PZEsdwuU8c.A357JJtEiOPJyeutWCYxcoy8oWIE1CJWSqJ0Zt1ZMy4&dib\\_tag=se&keywords=Chemical+Principles%3A+The+Quest+for+Insight+eight&qid=1726046616&s=books&sprefix=chemical+principles+the+quest+for+insight+eigh%2Cstripbooks-intl-ship%2C210&sr=1-1](https://www.amazon.com/Chemical-Principles-Insight-Peter-Atkins/dp/1464183953/ref=sr_1_1?crid=U88HS9HOU4YV&dib=eyJ2ljoiMSJ9.3KYTA0vBNOi1ipn5XaTpt1ZRG7VDXDvw_PZEsdwuU8c.A357JJtEiOPJyeutWCYxcoy8oWIE1CJWSqJ0Zt1ZMy4&dib_tag=se&keywords=Chemical+Principles%3A+The+Quest+for+Insight+eight&qid=1726046616&s=books&sprefix=chemical+principles+the+quest+for+insight+eigh%2Cstripbooks-intl-ship%2C210&sr=1-1)
- 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/1538/discussion/>
- Annonces

# Assistants pédagogiques

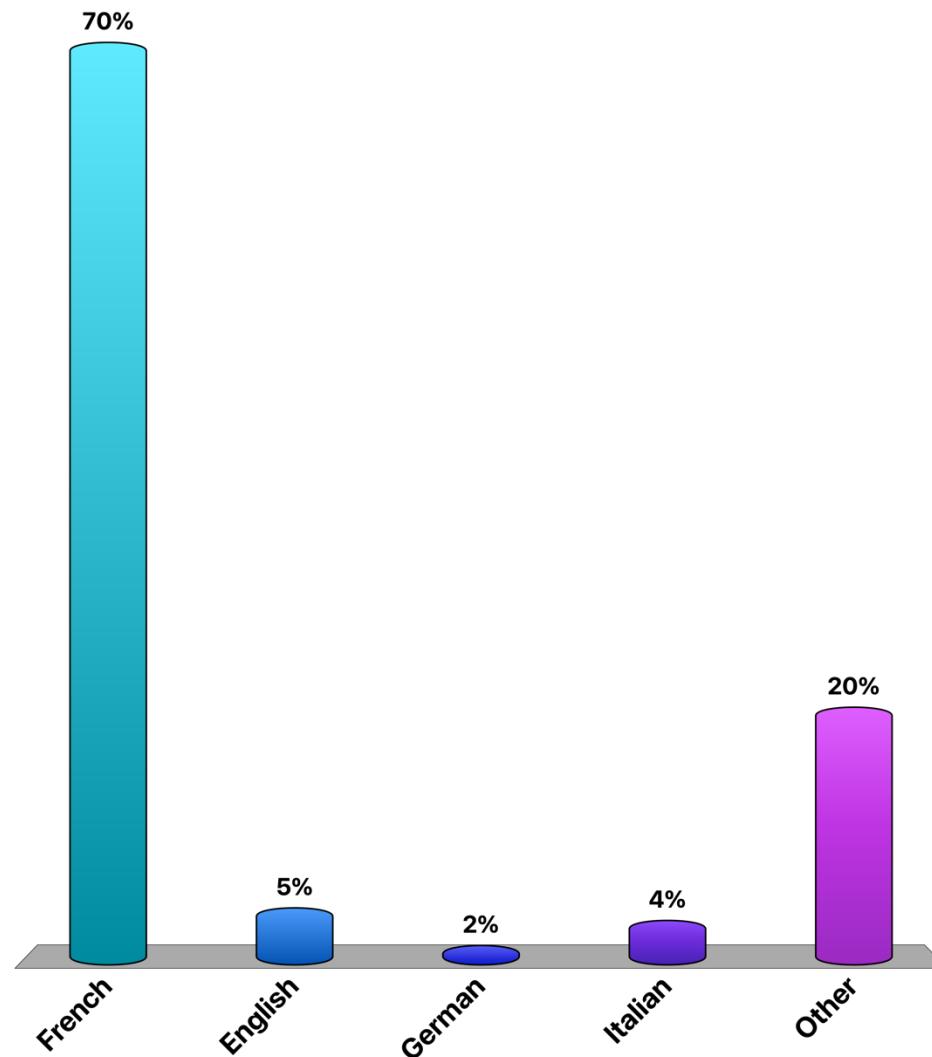
- Andrea Melgar, andrea.melgaraguilar@epfl.ch
- Georges Barnikol (parle français), georges.barnikol@epfl.ch
- Paula Oeser (parle français), paula.oeser@epfl.ch
- Ümmügülsüm Günes, ummugulsum.gunes@epfl.ch
- Yannick Calvino Alonso (parle français), yannick.calvinoalonso@epfl.ch
- Yuri Cho, yuri.cho@epfl.ch

# Clicker questions

- <http://responseware.eu>
- Session ID: 334378

# Quelle est votre langue maternelle ?

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



# 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 :

- **Curiosité et ouverture à l'apprentissage** : Mettez-vous au défi de vous demander : « Est-ce une question à laquelle je pourrais répondre par moi-même avec un peu d'effort ? »
- **Responsabilité de l'apprentissage** : Vous êtes responsable de votre propre apprentissage. Cela signifie que vous devez assister aux cours et résoudre les exercices de manière autonome, suivre les lectures et assumer la responsabilité de vos progrès.
- **Un environnement de classe respectueux et productif** : Veuillez vous intéresser à la matière et éviter les distractions. Si vous devez discuter de quelque chose avec vos camarades pendant les cours, ne parlez pas trop fort pour ne pas déranger les autres. Si la question est urgente et ne peut pas attendre, n'hésitez pas à sortir et à poursuivre votre discussion autour d'un café. Cela ne me dérange pas.



## 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 ?

CHEMISTRY CAN EXPLAIN THE WORLD IN WHICH WE LIVE. AND THERE IS LOT OF DIFFERENT THINGS WE CAN STUDY IN CHEMISTRY.

I CHOOSE CHEMISTRY BECAUSE OF THE FUN THAT I HAD DOING EXPERIENCE AT THE SCHOOL SO I FOUND THIS SUBJECT SO FUN

IF ONLY I KNEW HAHAHA, THAT SUBJECT DREW MY ATTENTION FROM A YOUNG AGE, AND I HAVE BEEN HOOKED SINCE 😊

I DID AN INTERNSHIP WITH SEARCHERS OF CNRS. I LOVE THE DIVERSITY OF THE SUBJECT.

I BELIEVE CHEMISTRY IS THE MOST PROMISING FIELD NOWADAYS, BECAUSE IT CAN BE INTEGRATED WITH PHYSICS, BIOLOGY, INFORMATICS ABD SO MUCH MORE WITHOUT LIMITS  
IT'S FUN AND SATISFYING AND VERY INTERESTING. I LOVE THE COLORS AND THE PRACTICAL PART.  
UNDERSTAND EVERYTHING THAT HAPPENS AROUND US

I LOVE BIOCHEMISTRY AND CHEMISTRY REACTION AS WELL AS PRACTICAL WORK IN LABS.

I LIKE TO MAKE EXPERIENCES TO UNDERSTAND THE INTERACTIONS BETWEEN THINGS

I WANT TO KNOW HOW WORLD WORKS, CHEMISTRY SEEKS ABOUT HOW EVERYTHING IS BUILT AND INTERACTS, IT IS ALSO BEAUTIFUL AND A BIT LIKE MAGIC.

I CHOSE CHEMISTRY BECAUSE I HAD A LOT OF FUN IN COLLEGE. IT'S AN ENDLESS WORLD OF POSSIBILITIES

BECAUSE I WANTED TO TEACH PEOPLE THAT CHEMISTRY CAN BE A FUN AND VERY INTERESTING SCIENCE

MAKE MEDICINE/TREATMENTS TO HELP PEOPLE IT'S COOL AND VERY USEFUL TO TACKLE HEALTH ISSUES  
TO PLEASE MY DAD BECAUSE CHEMISTRY IS EVERYWHERE. WE CAN STILL DISCOVER THINGS AND I LOVE ELECTRO-CHEMISTRY

I WANT TO WORK IN PERFUMES NEW DISCOVERIES, RESEARCH, CURIOSITY IT'S PRETTY SICK

I HAVE ALWAYS LOVED THE WAY YOU CAN UNDERSTAND HOW SOMETHING REACT WITH ONE ANOTHER, AND ALSO THE WAY IT CAN BE FORMED IN SO MANY WAYS  
I LOVE SCIENCE AND MAKING EXPERIENCES, REACTIONS ARE SO INTERESTING I ONCE MADE GELATO WITH LIQUID AZOTE AND LOVED IT

BECAUSE I THINK THIS IS A WONDERFUL TOPIC, WITH THE EXPERIMENT IN THE LAB AND ALSO ALL THE POSSIBILITIES THAT YOU CAN HAVE

BECAUSE I WANT TO COOK METH IT'S POETIC I WATCHED BREAKING BAD ばくれつ IT SEEMS COOL  
IT IS FASCINATING PERFUME TO TINKER BECAUSE IT WAS THE ONLY SECTION LEFT I LIKE CHEMISTRY AND I WANT TO DO RESEARCH  
FOR THE LABORATORY PART PHARMA ORGANIC REACTIONS FOR THE FUN OF IT PERFUMERY AND FINE FRAGRANCES

I'M VERY CURIOUS AND I LOVE TO COOK OPPURTUNITES IM CURIOUS I REALLY LIKE THE SUBJECT I LOVE BREAKING BAD BECAUSE OF MY MOTHER WHO WORKS IN THE PHARMA INDU!  
EXPERIMENT IT'S DIVERSE BREAKING BAD I DON'T WANT TO INDUSTRIAL CHEMISTRY

Mostly for the lab work. SEEMS FUN IT'S FUN! I LIKE IT FASCINATING REACTIONS THEIR IS REALLY FUN EXPERIMENT TO DO  
I LOVE COOKING AND EXPERIENCES FASCINATING LARGE CHIMIE ORGANIQUE POSSIBILITIES, APPLICATION IN MANY FIELDS

DRUGS IT'S BEEN MY FAVOURITE SUBJECT SINCE I WAS YOUNG, ESPECIALLY ORGANIC CHEMISTRY  
PAYS WELL IN SWITZERLAND AND FUN I ALSO LOVE TO COOK AND BAKE IT'S FUN IT WAS BETTER THAN THE OTHER CHOICES

JOBS OPPORTUNITIES I CHOOSE CHEMISTRY BECAUSE IT'S A SCIENCE CLOSE FROM NATURE PASSION  
BECAUSE I LIKE EXPERIMENTING THINGS I'M CURIOUS AND LOVE TO DISCOVER NEW SUBJECTS TO HELP THE WORLD WHILE DOING A THING THAT I LOVE  
BECAUSE I LIKE UNDERSTANDING HOW THINGS FONCTION AND HOW THEY INTERACT I LIKE THE THOUGHT OF CREATING NEW THINGS

I USED TO LOVE MAKING SLIME SINCE I WAS A CHILD, MIXING THINGS AND SEEING WHAT I GET OUT OF IT GIVES ME JOY

I LIKED IT WHEN I HAD CHEMISTRY IN GYMNASIE AND I WANTED TO PURSUE IT. I DONT KNOW

I HAVE AN INTEREST FOR PHARMACOLOGY I LOVE MAKING THINGS EXPLODE. LET HIM COOK

UNDERSTAND HOW THINGS WORKS AND HOW TO CREATE NEW THINGS IT'S THE ONLY SUBJECT THAT I'M REALLY INTERESTED IN

BECAUSE I LOVE WHEN U MIX TWO THINGS TOGETHER AND U GET SOME WEIRD SOLUTION BUT IT DOESN'T MATTER BECAUSE U HAD FUN.

ORGANIC CHEMISTRY, I LIKE TO EXPLORE EVERY ASPECT OF THE WORLD AND TO GATHER A LOT OF KNOWLEDGE ABOUT WHAT'S SURROUNDING ME

I WAS INTERESTED IN COOKING AND MOLECULAR CUISINE, AND I REALLY APPRECIATED CHEMISTRY, ESPECIALLY LABS IN HIGH SCHOOL  
TO MAKE FUN POTIONS AND UNDERSTAND THINGS HAPPENING

BECAUSE I WORKED IN RESEARCH GROUPS AND THEY MADE ME WANT TO LEARN MORE.

I LOVED CHEMISTRY IN HIGH SCHOOL AND MY COUSIN STUDIED CHEMISTRY AT EPFL AND ENCOURAGED ME TO COME HERE

BECAUSE I'M INTERESTED TO DISCOVER THE MATTER THAT SURROUNDS ME SINCE I WAS A LITTLE CHILD !

I LOVE THE EXPERIMENT PART OF CHEMISTRY, DISCOVERING THINGS, CHANGING MATTER OR MAKING REACTIONS THEN UNDERSTANDING WHAT HAPPENED, THEN I LEARNED THAT THE SOCIAL PART OF THE EPFL SO I CAME  
IT WAS THE ONLY SUBJECT I STUDIES OUTSIDE SCHOOL CLASSES, I TOOK SOME EXTRA CLASSES WITH A PROFESSOR AND I FELT IN LOVE WITH ORGANIC AND BIOCHEMISTRY, AND LATER EPFL

I ENJOYED IT DURING HIGH SCHOOL AND I HAVE FOUND A BIG INTEREST IN CHEMICAL REACTIONS

BC MAGIC, I LIKE THE IDEA OF WORKING IN THE LAB AND CREATING STUFF, ALSO COLORS

# 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

# Préparez-vous : La chimie quantique est étrange (et merveilleuse !)

- **Exemple 1 : Dualité onde-particule**
- **Ce que cela signifie :** Les particules telles que les électrons et les photons peuvent se comporter à la fois comme des particules et comme des ondes.
- **Bizarrie :** Imaginez une balle de tennis qui se comporte parfois comme un objet solide, mais qui, lorsque vous ne regardez pas, se répand comme une onde sur le terrain !
- **Exemple :** La célèbre expérience de la double fente, où les particules qui passent à travers deux fentes créent un schéma d'interférence comme des ondes, même lorsqu'elles sont tirées une particule à la fois.

# Préparez-vous : La chimie quantique est étrange (et merveilleuse !)

- **Exemple 2 : Quantification de l'énergie**
- **Ce que cela signifie :** Les niveaux d'énergie dans les systèmes quantiques sont discrets plutôt que continus.
- **Bizarre :** Dans le monde macro, on peut monter une rampe et s'arrêter n'importe où, mais dans le monde quantique, c'est comme si l'on était obligé de ne marcher que sur des barreaux spécifiques et invisibles d'une échelle.
- **Exemple :** Les électrons dans les atomes ne peuvent exister qu'à certains niveaux d'énergie et doivent « sauter » de l'un à l'autre, en émettant ou en absorbant de l'énergie sous forme de photons.

# Préparez-vous : La chimie quantique est étrange (et merveilleuse !)

- **Exemple 3 : Principe d'incertitude de Heisenberg**
- **Ce qu'il signifie :** Il existe une limite fondamentale à la précision avec laquelle nous pouvons connaître simultanément la position et l'impulsion (vitesse et direction) d'une particule. **Plus vous connaissez l'une avec précision, moins vous pouvez connaître l'autre avec précision.**
- **Bizarnerie :** Dans le monde macroscopique, on peut facilement mesurer la position et la vitesse d'une voiture sans aucun problème. Mais dans le monde quantique, c'est impossible. La mesure d'une propriété (comme la position) affecte l'autre (comme la quantité de mouvement), de sorte que l'on ne peut jamais avoir une connaissance parfaite des deux en même temps.
- **Exemple :** Imaginez que vous essayez de suivre la position et la vitesse exactes d'un électron dans un atome. **Si vous projetez de la lumière pour observer la position de l'électron, la lumière elle-même perturbe l'électron, ce qui rend impossible la mesure précise de sa vitesse.** Plus vous essayez de déterminer sa position exacte, plus sa vitesse devient incertaine, et vice versa.

# Les Premiers chimistes

- Verre préparé, bijoux, pièces de monnaie, céramiques et, inévitablement, armes : *Art, agriculture et guerre*
- Alchimie et mysticisme : *La pierre philosophale* : un matériau qui transforme les métaux bon marché en or et en argent.

## L'alchimiste

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



# La chimie façonne le monde moderne

- **Acier** : révolution industrielle
- Industrie chimique : engrais, communication, transport, matériaux améliorés :
- **Polymères** → tissus
- **Silicium ultra-pur** → puces électroniques
- **Verre** → fibres optiques
- **Combustibles renouvelables**  
Alliages résistants et légers pour le **transport aérien**.
- Médecine → une espérance de vie plus élevée grâce à la chimie, au génie génétique
- **Changement climatique**



# 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 d'équations mathématiques.

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

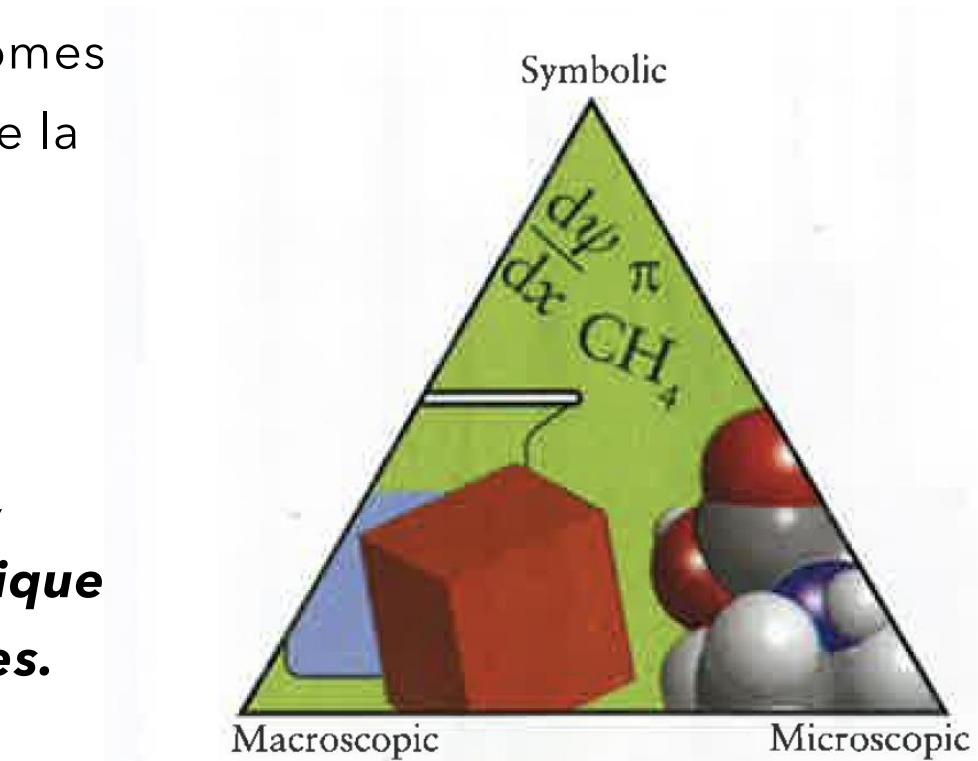


Figure 3

# Comment se fait la science : La méthode scientifique

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

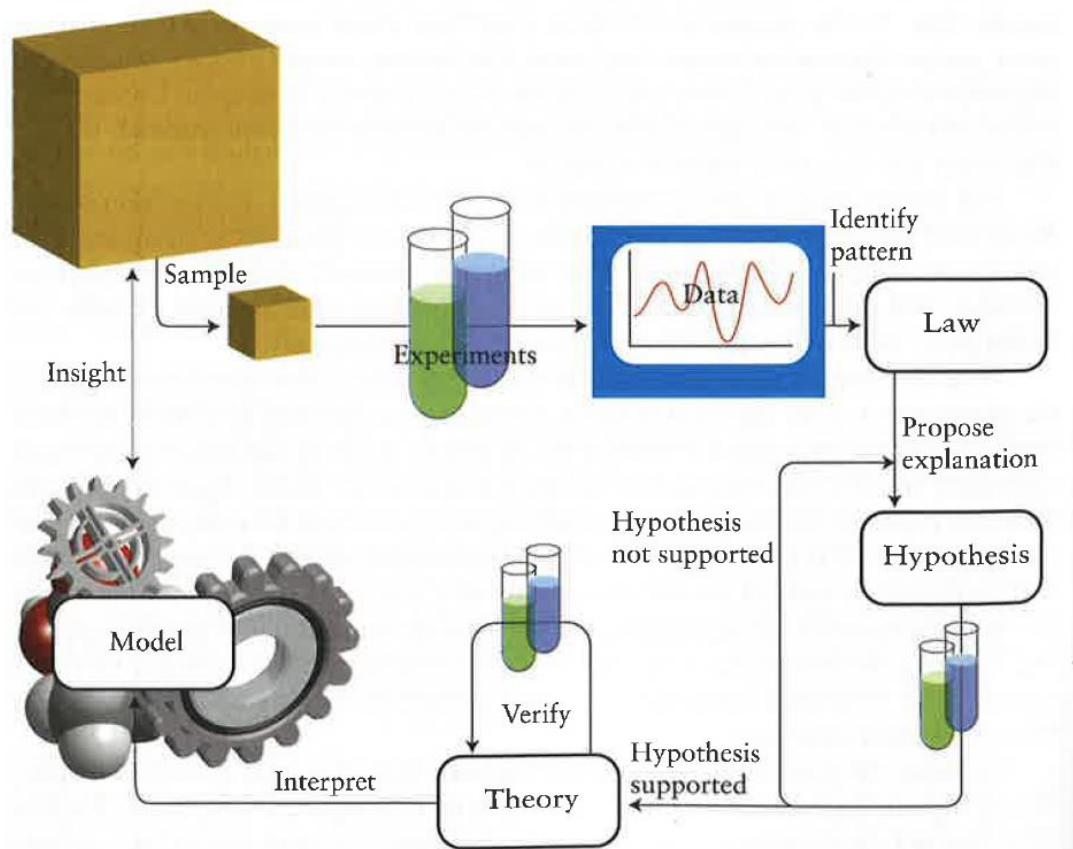


Figure 4

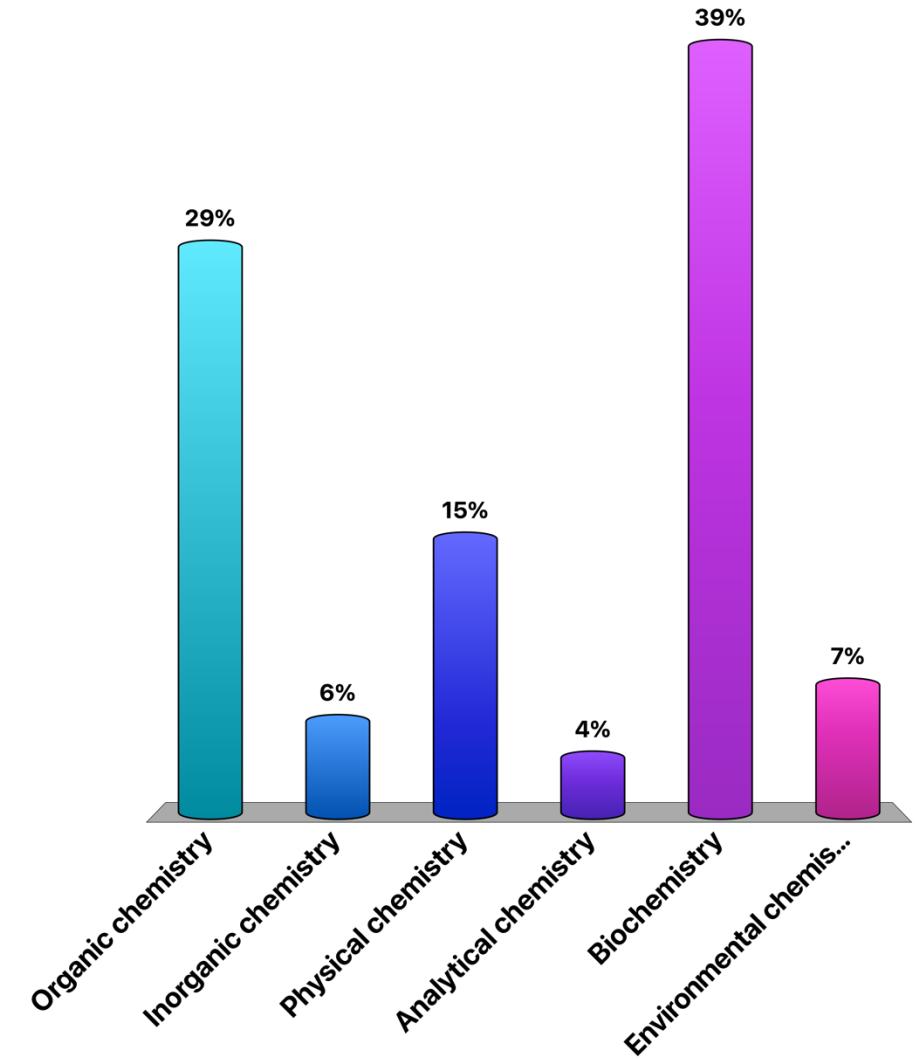
- **Loi** : résumé succinct d'un large éventail d'observations
- **Hypothèse** : explication possible de la loi
- **Théorie** : explication formelle de la loi
- **Modèle** : version simplifiée de l'objet d'étude que les scientifiques peuvent utiliser pour faire des prédictions

# 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

Veuillez revoir les principes  
Fondamentaux A et B dans le manuel :

A : Matière et énergie

B : Éléments et atomes

## Définitions importantes

- **Matière** : tout ce qui a une masse et occupe de l'espace
- **Substance** : forme unique et pure de la matière
- États de la matière :
  - *Un **solide** est une forme de matière qui conserve sa forme et ne s'écoule pas.*
  - *Un **liquide** est une forme de matière qui a une surface bien définie ; il prend la forme de la partie du récipient qu'il occupe.*
  - *Un **gaz** est une forme de matière fluide qui remplit tout récipient qui le contient.*
- **La vapeur** désigne la forme gazeuse d'une substance qui est normalement liquide ou solide. Par exemple, l'eau peut exister sous forme solide (la glace), liquide, ou gazeuse (vapeur d'eau).

# Propriétés physiques et chimiques

- Une **propriété physique** d'une substance est une caractéristique qui peut être observée ou mesurée sans changer l'identité de la substance.
- *Par exemple, la masse, la température, le point de fusion, la dureté, la couleur, l'état de la matière et la densité.*
- Une **propriété chimique** fait référence à la capacité d'une substance à se transformer en une autre substance.
- *Par exemple, une propriété chimique de l'hydrogène gazeux (H<sub>2</sub>) est qu'il réagit avec l'oxygène (O<sub>2</sub>) pour produire de l'eau (H<sub>2</sub>O). États d'oxydation, réactivité avec les acides ou les bases, électronégativité, radioactivité.*

# Symboles et unités

| SI Base Units             |                  |          |        |
|---------------------------|------------------|----------|--------|
| Base quantity             | Base unit        |          |        |
| Name                      | Typical symbol   | Name     | Symbol |
| time                      | $t$              | second   | s      |
| length                    | $l, x, r$ , etc. | meter    | m      |
| mass                      | $m$              | kilogram | kg     |
| electric current          | $I, i$           | ampere   | A      |
| thermodynamic temperature | $T$              | kelvin   | K      |
| amount of substance       | $n$              | mole     | mol    |
| luminous intensity        | $I_v$            | candela  | cd     |

Source: NIST Special Publication 330:2019, Table 2.

## Chiffres significatifs

- Le nombre de chiffres significatifs d'une valeur numérique est le nombre de chiffres qui peuvent être **justifiés par des données**.
- Lors de la présentation des résultats de **multiplications et de divisions**, identifiez le nombre de chiffres de la valeur la moins précise et conservez ce nombre de chiffres dans la réponse.
- Lors de la communication des résultats **d'additions et de soustractions**, identifiez la quantité ayant le plus petit nombre de chiffres après la virgule et conservez ce nombre de chiffres dans la réponse.

## Exactitude et précision

- **La précision** d'une mesure caractérise le fait que des mesures répétées sont proches les unes des autres.
- **L'exactitude** d'une série de mesures est le fait que leur valeur moyenne est proche de la vraie valeur.

A ne pas oublier:

La précision est la mesure dans laquelle les mesures sont groupées (proches les unes des autres).

L'exactitude est le degré de précision des mesures par rapport à la valeur réelle (proche de la valeur réelle).

# Quel cas est précis mais inexact ?

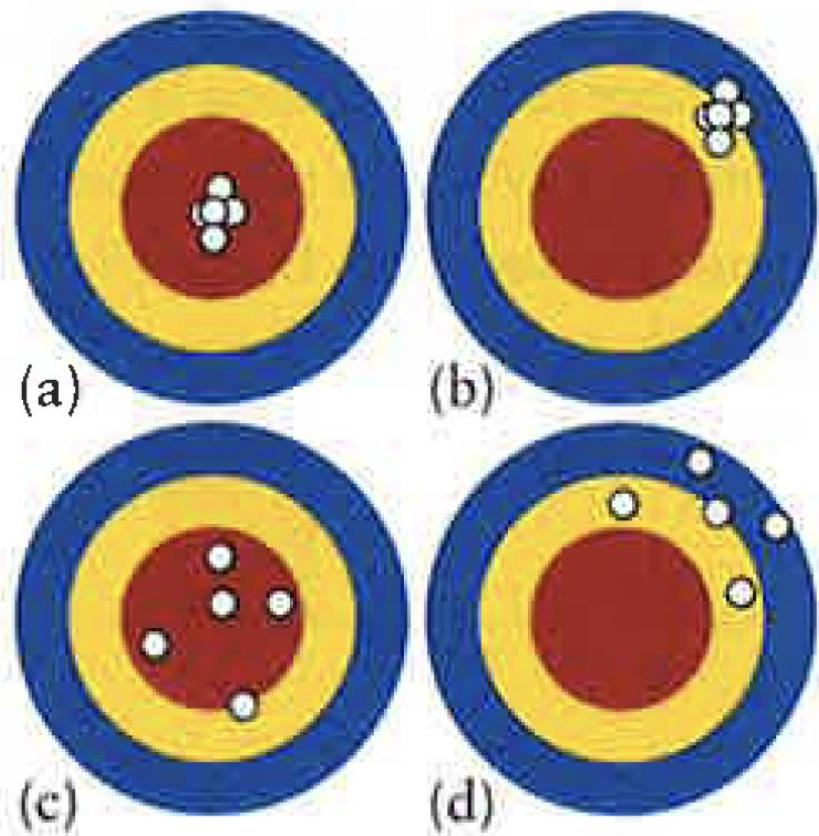
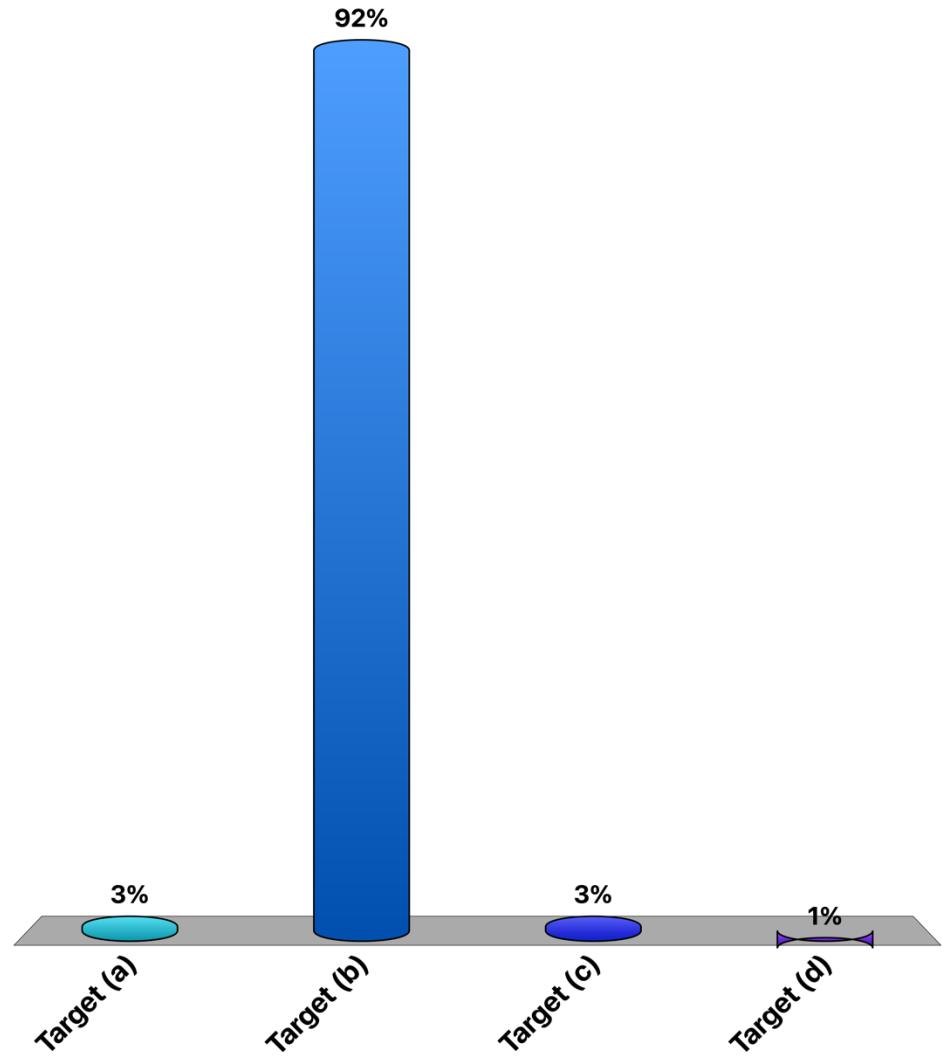


Figure A.3



## Erreur systématique vs. erreur aléatoire

- Une **erreur systématique** est présente dans chacune des séries de mesures répétées. Même signe et même ampleur. Par exemple, une balance de laboratoire qui n'est pas correctement étalonnée.
- Une **erreur aléatoire** varie à la fois en signe et en ampleur et peut s'annuler en moyenne sur une série de mesures.

## Vitesse vs. vélocité

**Vitesse,  $v$  (m/s)** : elle décrit la vitesse à laquelle un objet se déplace, mais ne contient aucune information sur la direction (quantité **scalaire**).

**Vélocité** : étroitement liée à la vitesse : vitesse et DIRECTION (quantité **vectorielle**)

Par exemple : Une particule se déplaçant dans un cercle à une vitesse constante a une vitesse qui varie constamment.

**Accélération,  $a$**  : taux de variation de la vélocité.

Par exemple, une particule se déplaçant en ligne droite à vitesse constante n'accélère pas (vitesse et direction identiques).

MAIS : une particule se déplaçant à vitesse constante sur une trajectoire courbée accélère car, bien que sa vitesse soit constante, sa vélocité change (c'est ce qu'on appelle **l'accélération centripète**).

# Force

**La force est une influence qui modifie le mouvement d'un objet.**

Par exemple, vous exercez une force pour ouvrir une porte ou pour frapper une balle avec une batte de baseball.

**Deuxième loi du mouvement de Newton :** Lorsqu'un objet subit une force, il est accéléré proportionnellement à la force qu'il subit.

$$a = \frac{F}{m}$$

*m*: masse de l'objet

# Énergie

Le travail est le processus de déplacement d'un objet contre une force opposée :

$$\text{Travail effectué} = \text{force} \times \text{distance}$$

Unités :  $1 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$  (équivaut au travail d'un battement de cœur humain)

## Énergie : capacité à effectuer un travail

Par exemple, il faut de l'énergie pour soulever une masse (un livre) à une hauteur donnée ou pour faire passer un courant électrique dans un circuit.

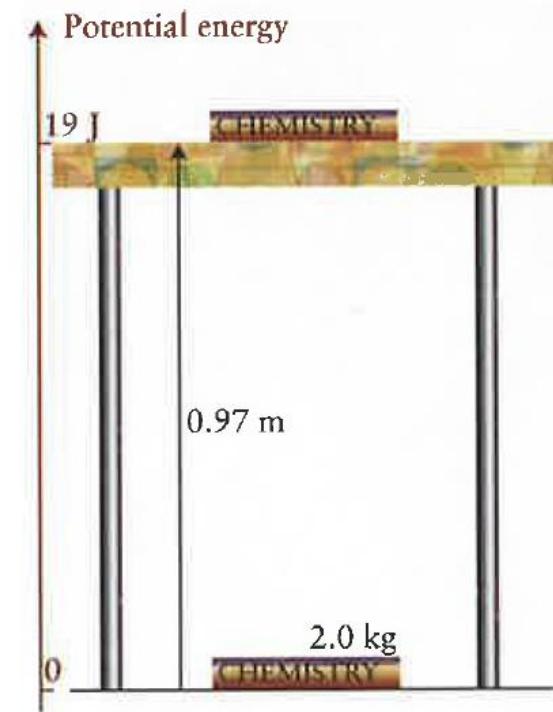


Figure A.5

## L'énergie en chimie

**1. L'énergie cinétique,  $E_k$ ,** est l'énergie que possède un corps du fait de son mouvement. Pour un corps de masse  $m$  se déplaçant à la vitesse  $v$ , l'énergie cinétique est donnée par

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

**2. L'énergie potentielle,  $E_p$ ,** d'un objet est l'énergie qu'il possède à cause de sa position dans un champ de forces. Il n'existe pas de formule unique car l'EP dépend de la nature des forces qu'il subit. Deux cas simples :

1) Un corps de masse  $m$  à une hauteur  $h$  de la surface de la Terre a une **énergie potentielle de gravitationnelle** :

$$E_p = mgh$$

où  $g$  est l'accélération de la chute libre ("accélération de la pesanteur") de  $9.81 \text{ m s}^{-2}$

# L'énergie en chimie

## 2. Énergie potentielle

**2) L'énergie potentielle de Coulomb** d'une particule  $Q_1$  à une distance  $r$  d'une autre particule de charge  $Q_2$  est proportionnelle aux deux charges et inversement proportionnelle à la distance  $r$  qui les sépare :

$$E_P = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$\epsilon_0$ : Constante électrique ( $8.854 \times 10^{-12} J^{-1} C^2 m^{-1}$ )

Figure A.7: Énergie potentielle de Coulomb de deux charges opposées (sphère rouge et verte), l'énergie potentielle diminue lorsque les charges se rapprochent l'une de l'autre.

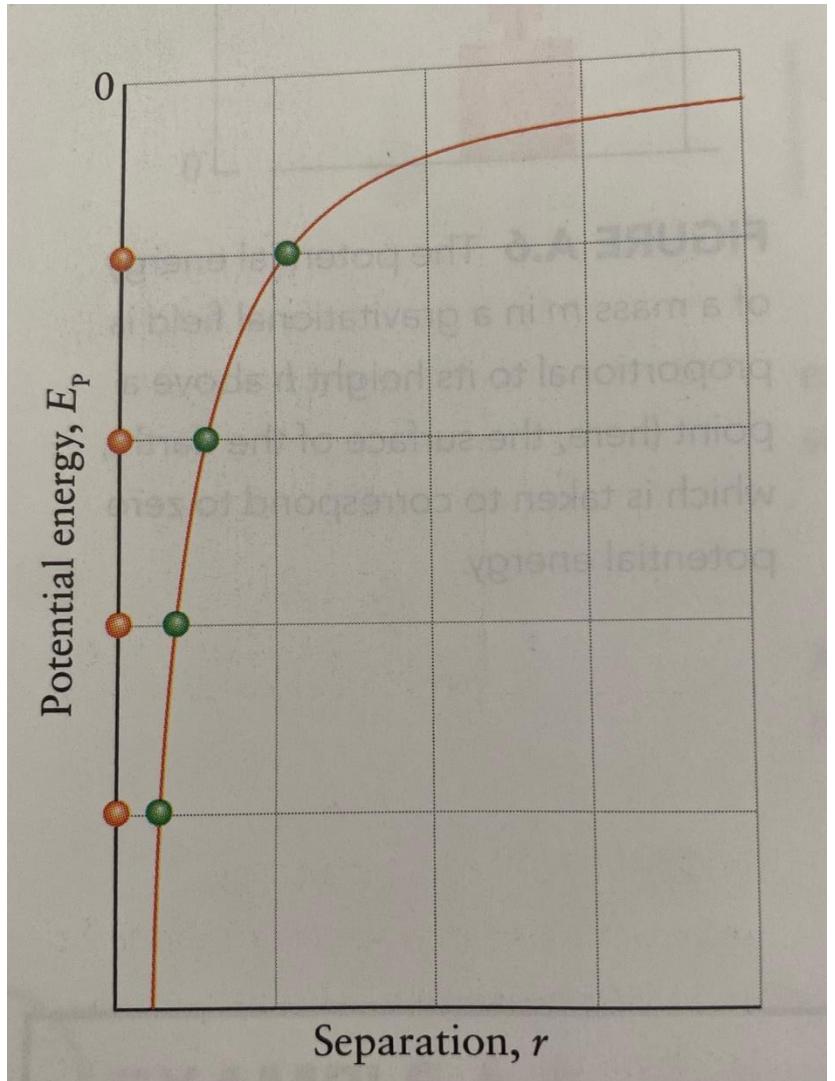


Figure A.7

## L'énergie en chimie

**3. L'énergie électromagnétique** est l'énergie du champ électromagnétique, telle que l'énergie transportée dans l'espace par les ondes radio, les ondes lumineuses et les rayons X.

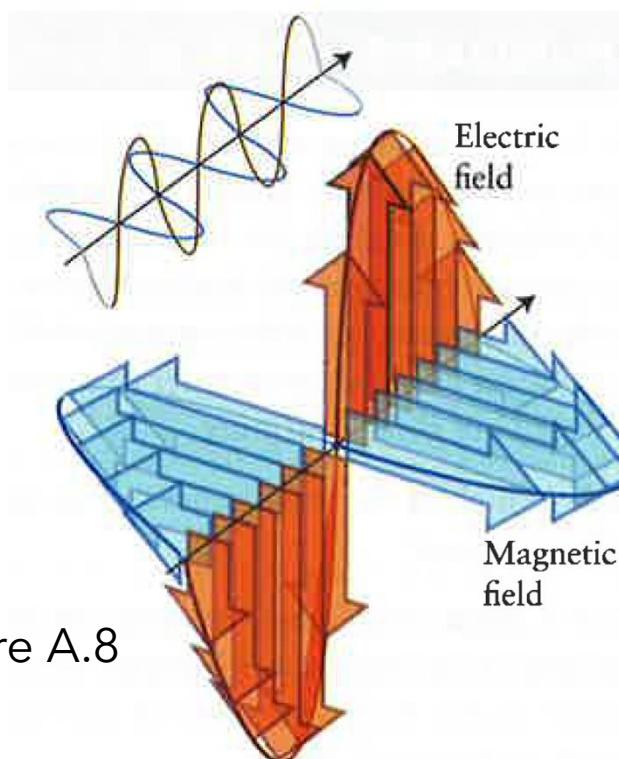


Figure A.8

Le champ électromagnétique est généré par **l'accélération de particules chargées**.

Le champ se compose d'un **champ électrique oscillant** et d'un **champ magnétique oscillant**.

Le champ électrique affecte les particules chargées, qu'elles soient en mouvement ou non.

Le champ magnétique n'affecte que les particules chargées en mouvement.

Plus de détail dans la section 1A.

## L'énergie en chimie

L'énergie totale,  $E$ , d'une particule est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle :

$$E = E_k + E_p$$

$E$  est **conservé** (constant) pour un système isolé donné.

Que se passe-t-il lorsque la balle touche la terre ?

La balle n'est plus isolée.

L'énergie se dissipe sous forme de mouvement thermique.

L'énergie totale de la terre a augmenté d'exactlyement la même quantité que celle perdue par la balle.

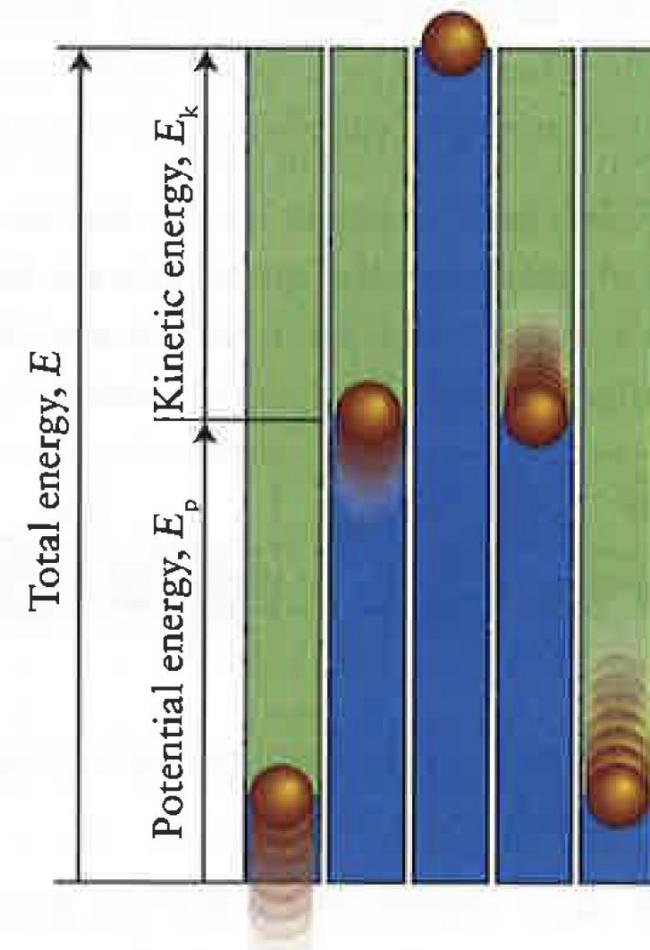
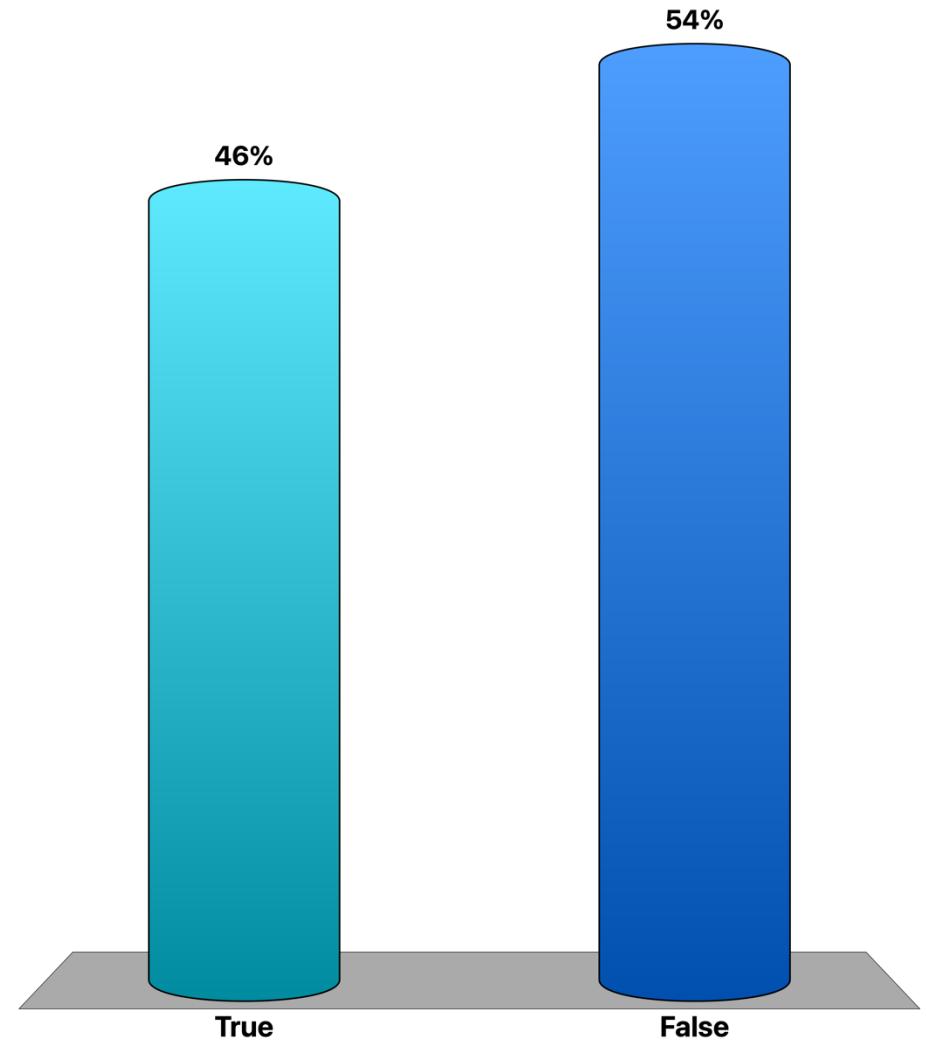


Figure A.9

# Le travail et l'énergie ont les mêmes unités

- A. True
- B. False



# Vrai.

Le **travail** et **l'énergie** ont les mêmes unités, qui sont les **joules (J)** dans le Système international d'unités (SI).

Le **travail** est défini comme le transfert d'énergie lorsqu'une force est appliquée sur une certaine distance, et il est calculé à l'aide de la formule suivante :

Travail = Force × Distance

La force étant mesurée en **newtons (N)** et la distance en **mètres (m)**, l'unité de travail devient :

1 joule (J)=1 newton-mètre=1 N·m

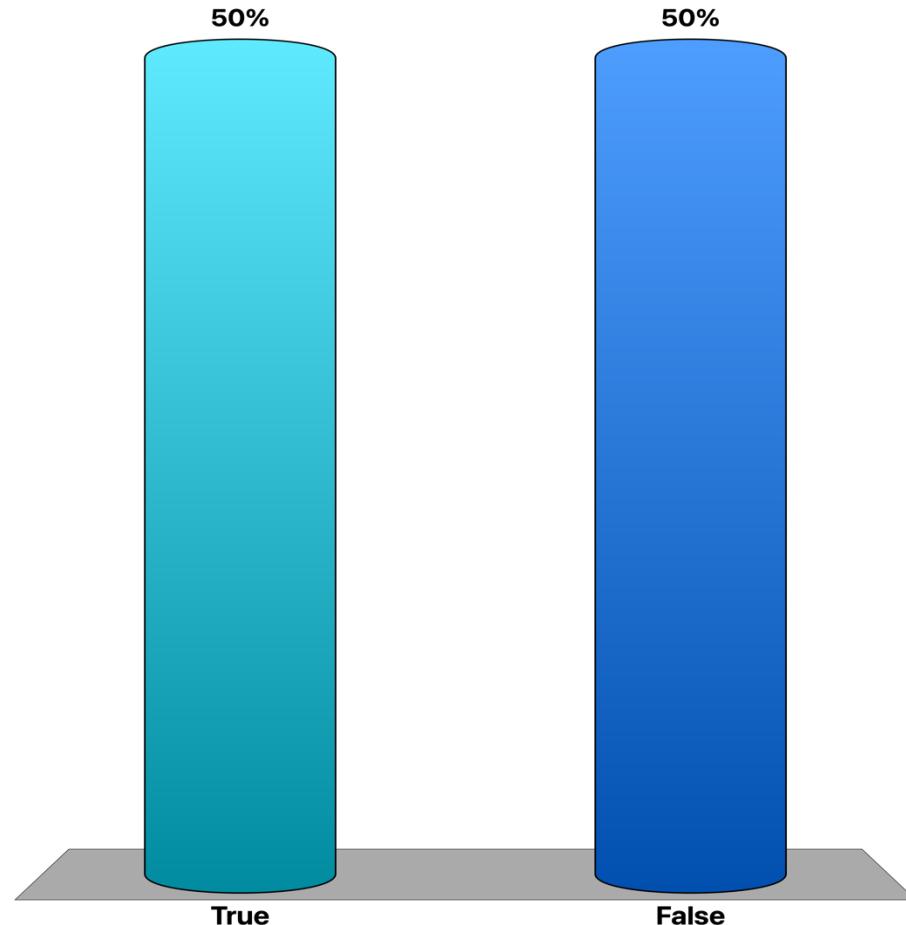
**L'énergie** (telle que l'énergie cinétique, l'énergie potentielle, etc.) est également mesurée en **joules (J)**. Par exemple, la formule de l'énergie potentielle gravitationnelle est la suivante :

Énergie potentielle=mgh où la masse est exprimée en kilogrammes (kg), la gravité en mètres par seconde au carré (m/s<sup>2</sup>) et la hauteur en mètres (m), ce qui donne des joules.

Ainsi, le travail et l'énergie sont tous deux mesurés en **joules**, ce qui permet de quantifier la quantité d'énergie transférée ou l'énergie stockée dans un système.

Selon la deuxième loi du mouvement de Newton, un objet accélère toujours, même si aucune force ne lui est appliquée.

- A. True
- B. False



# Faux.

- Selon **la première loi du mouvement de Newton** (la loi de l'inertie), un objet reste au repos ou en mouvement uniforme (vitesse constante) s'il n'est pas soumis à une force extérieure. En d'autres termes, si aucune **force n'est appliquée** à un objet, celui-ci n'accélérera pas - il restera au repos ou continuera à se déplacer en ligne droite à vitesse constante.
- **La deuxième loi de Newton** clarifie encore ce point avec l'équation suivante
- $F=ma$
- **F** est la force nette,
- **m** est la masse,
- **a** est l'accélération.
- Si aucune **force n'est appliquée**, alors  $F=0$  et puisque  $m$  est constant, cela signifie que  $a=0$ , et donc que l'objet n'accélère pas.
- Ainsi, un objet **n'accélère que lorsqu'une force nette lui** est appliquée. S'il n'y a pas de force, il n'y a pas de changement de mouvement (pas d'accélération).

## Les compétences que vous avez maîtrisées sont la capacité à

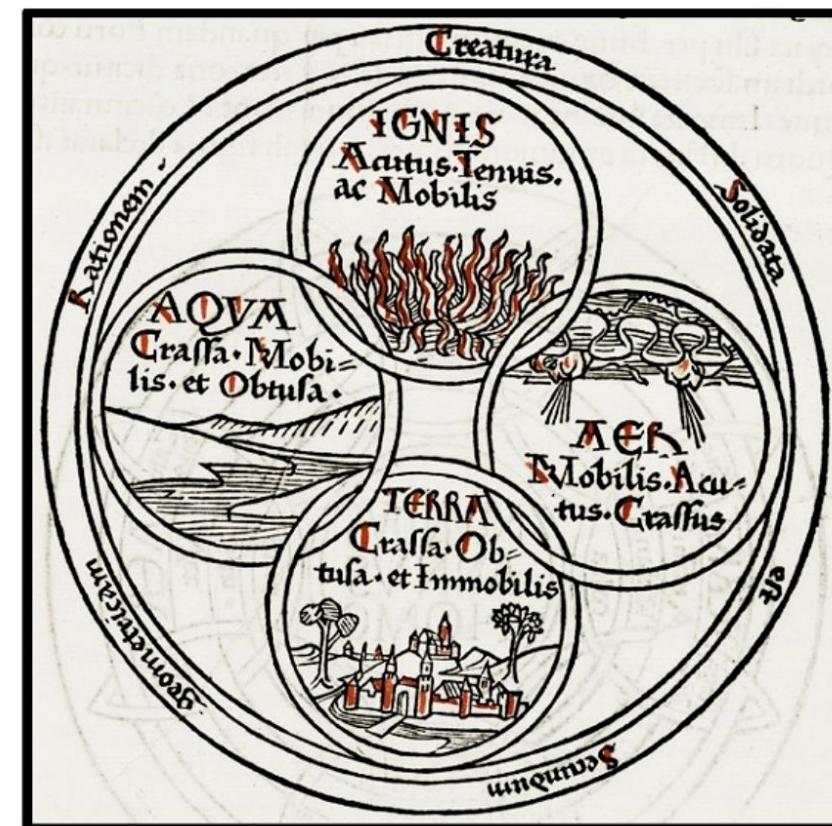
- Identifier les propriétés physiques ou chimiques.
- Convertir les unités.
- Calculer l'énergie cinétique d'un objet.
- Calculer l'énergie potentielle gravitationnelle d'un objet.
- Exprimer comment l'énergie potentielle de Coulomb dépend de la charge électrique.

**Résumé : Le tableau périodique est un classement des éléments par numéro atomique qui reflète leurs liens de parenté ; les membres d'un même groupe présentent généralement une tendance régulière en termes de propriétés.**

# Science: Comment organiser les éléments? Une 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 découpable)*
- 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

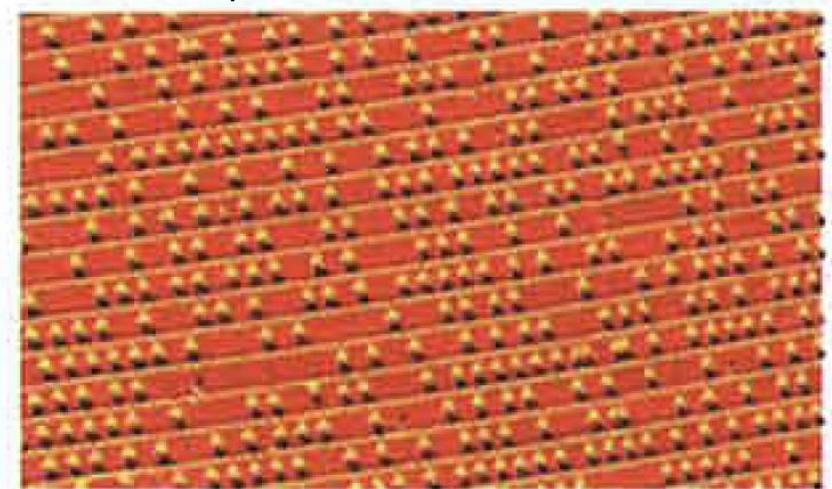


Figure B.3

## 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            | $9.109 \times 10^{-31}$ |
| proton   | p      | +1            | $1.673 \times 10^{-27}$ |
| neutron  | n      | 0             | $1.675 \times 10^{-27}$ |

\* Charges are given as multiples of the fundamental charge, which in SI units is  $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$  (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 sont de 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.

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

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

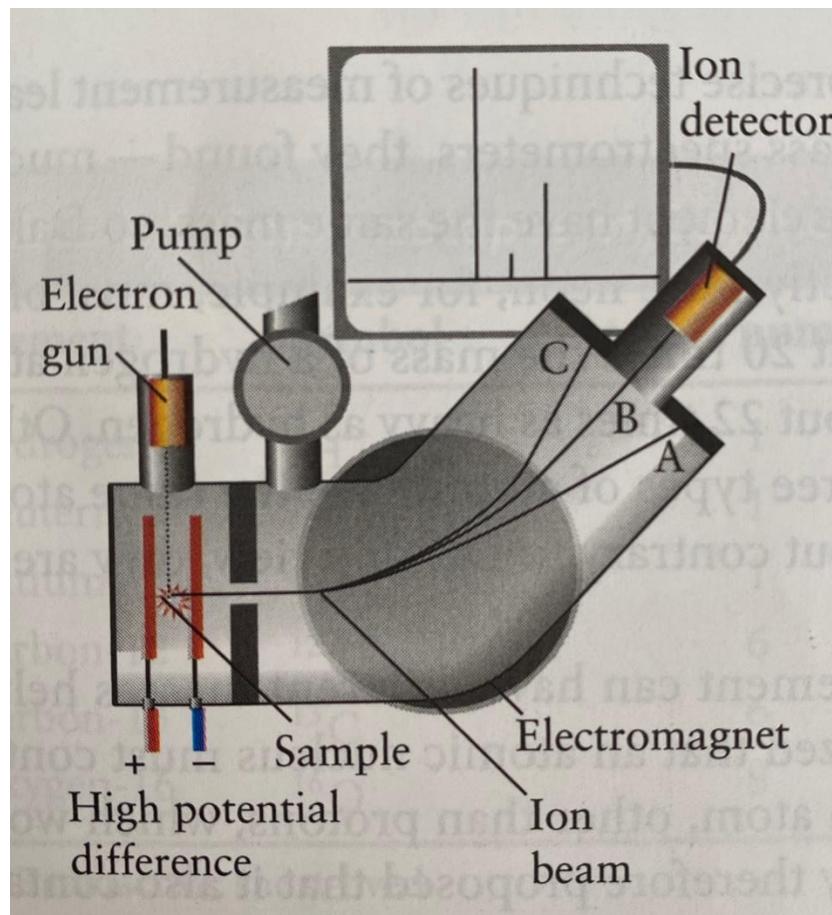


Figure B.5

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 ».

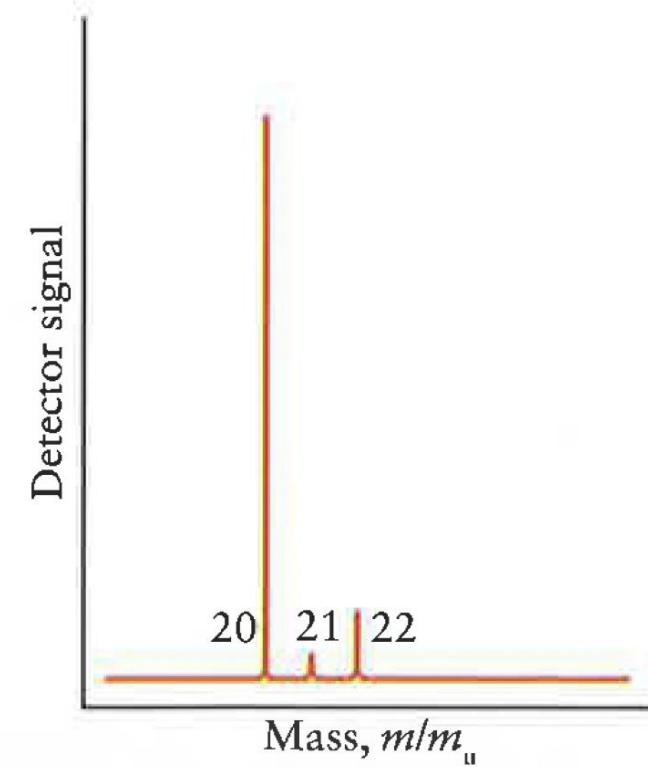


Figure B.6

## Isotopes et nombre de masse

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

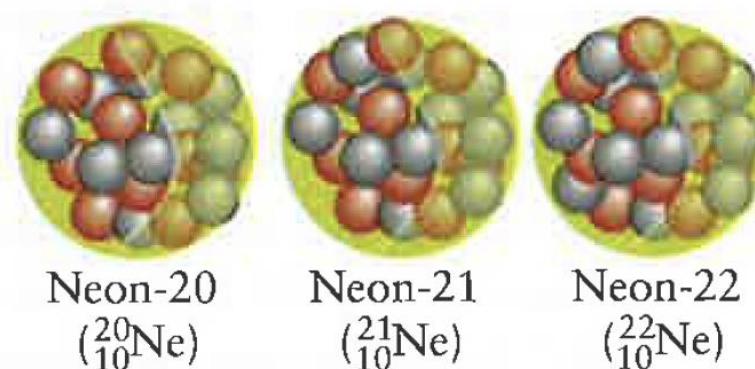


Figure B.7

Un isotope a le **même numéro atomique**, mais un **nombre 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  | $^1\text{H}$      | 1                | 1              | 99.985      |
| deuterium | $^2\text{H}$ or D | 1                | 2              | 0.015       |
| tritium   | $^3\text{H}$ or T | 1                | 3              | —*          |
| carbon-12 | $^{12}\text{C}$   | 6                | 12             | 98.90       |
| carbon-13 | $^{13}\text{C}$   | 6                | 13             | 1.10        |
| oxygen-16 | $^{16}\text{O}$   | 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

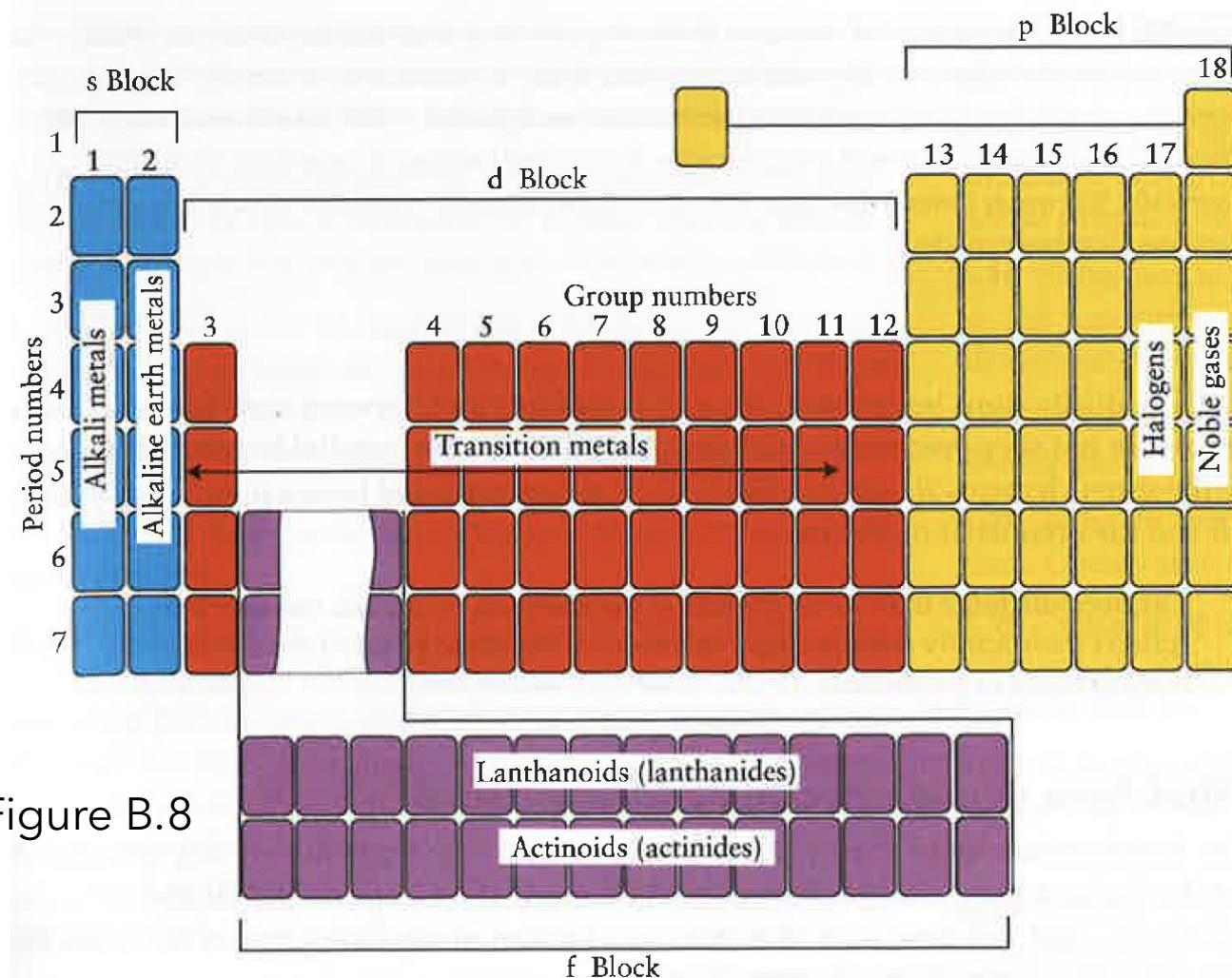


Figure B.8

- 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

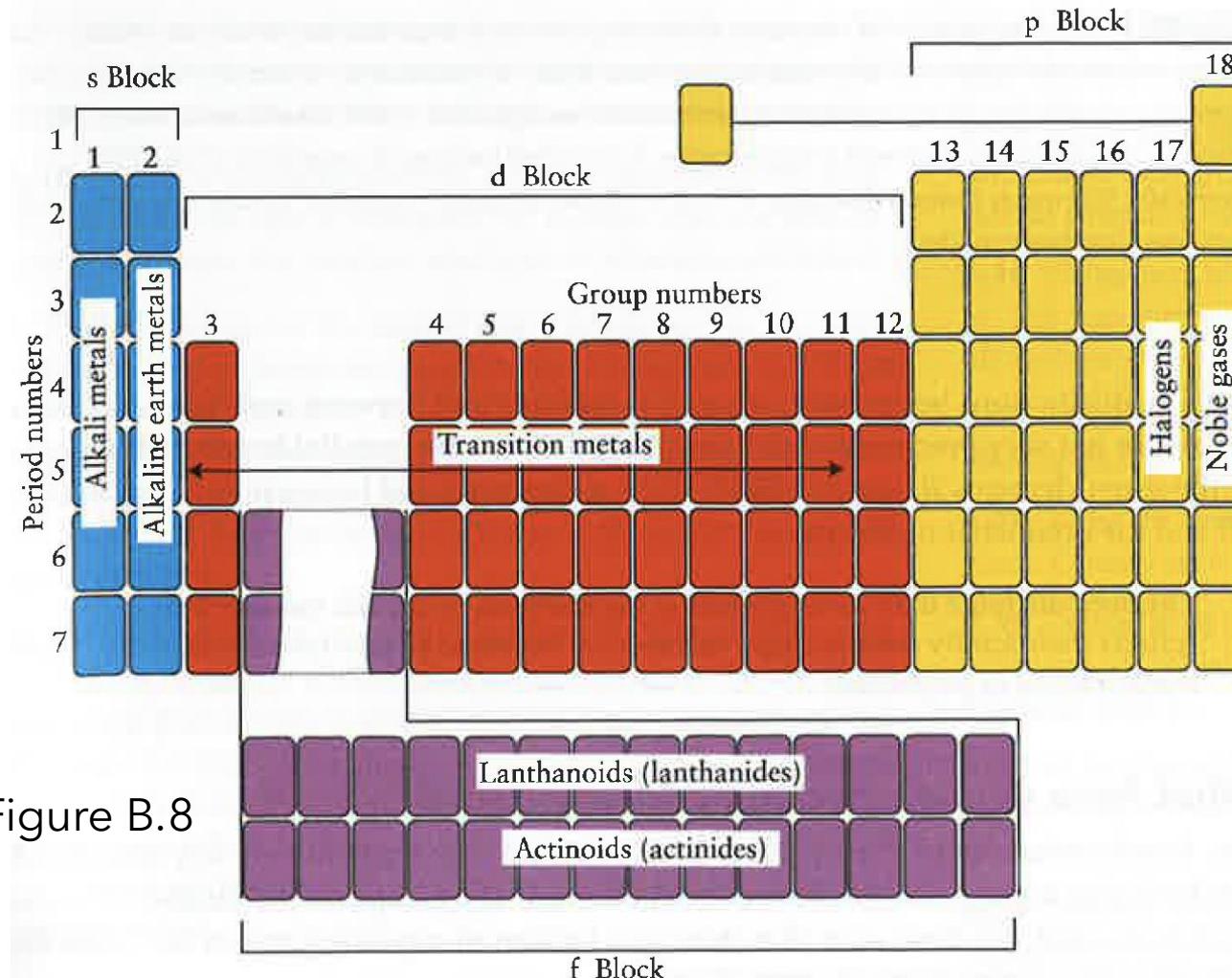


Figure B.8

- 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.

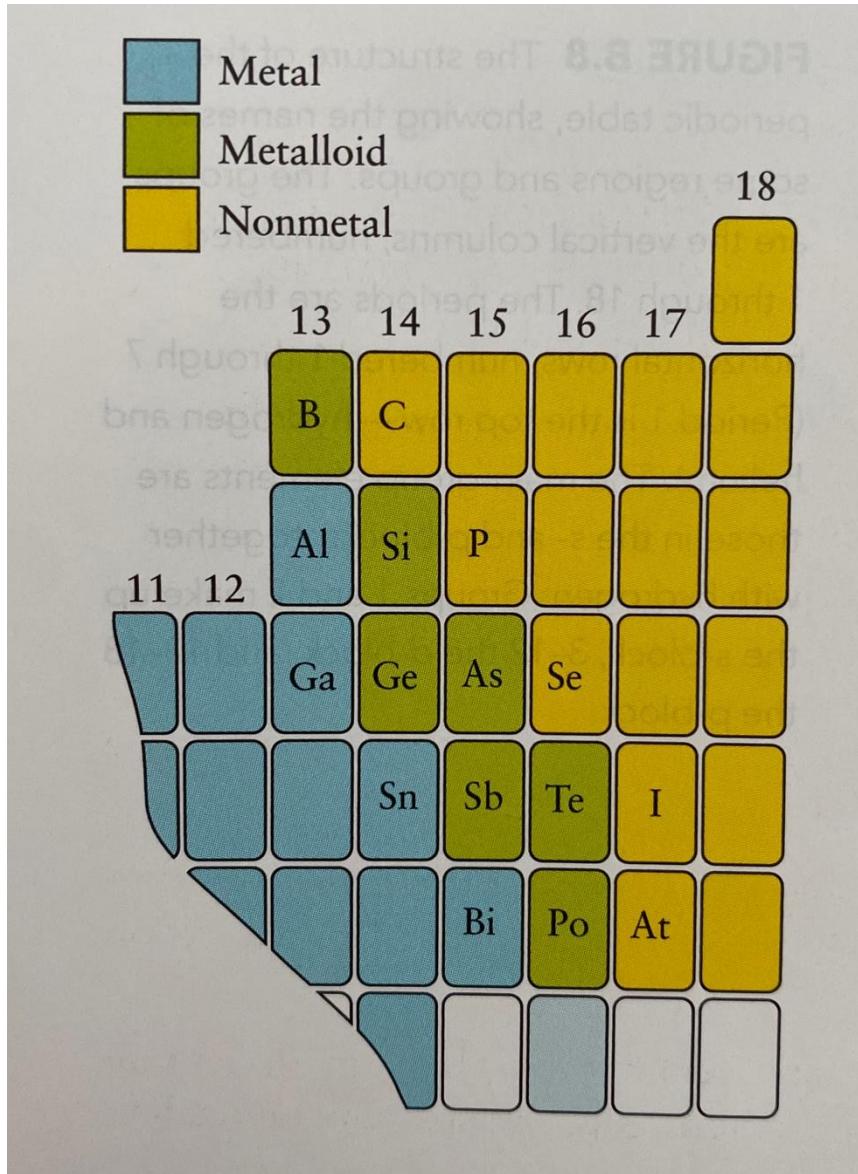


Figure B.10

## 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)

