



# COURS PI

☆ *L'école sur-mesure* ☆

de la Maternelle au Bac, Établissement d'enseignement  
privé à distance, déclaré auprès du Rectorat de Paris

**Première - Module 3 - La Terre, une planète composée  
de minéraux organiques**

## Enseignement Scientifique

v.5.1



- ✓ **Guide de méthodologie**  
pour appréhender notre pédagogie
- ✓ **Leçons détaillées**  
pour apprendre les notions en jeu
- ✓ **Exemples et illustrations**  
pour comprendre par soi-même
- ✓ **Prolongement numérique**  
pour être acteur et aller + loin
- ✓ **Exercices d'application**  
pour s'entraîner encore et encore
- ✓ **Corrigés des exercices**  
pour vérifier ses acquis

[www.cours-pi.com](http://www.cours-pi.com)

Paris & Montpellier



# EN ROUTE VERS LE BACCALAURÉAT

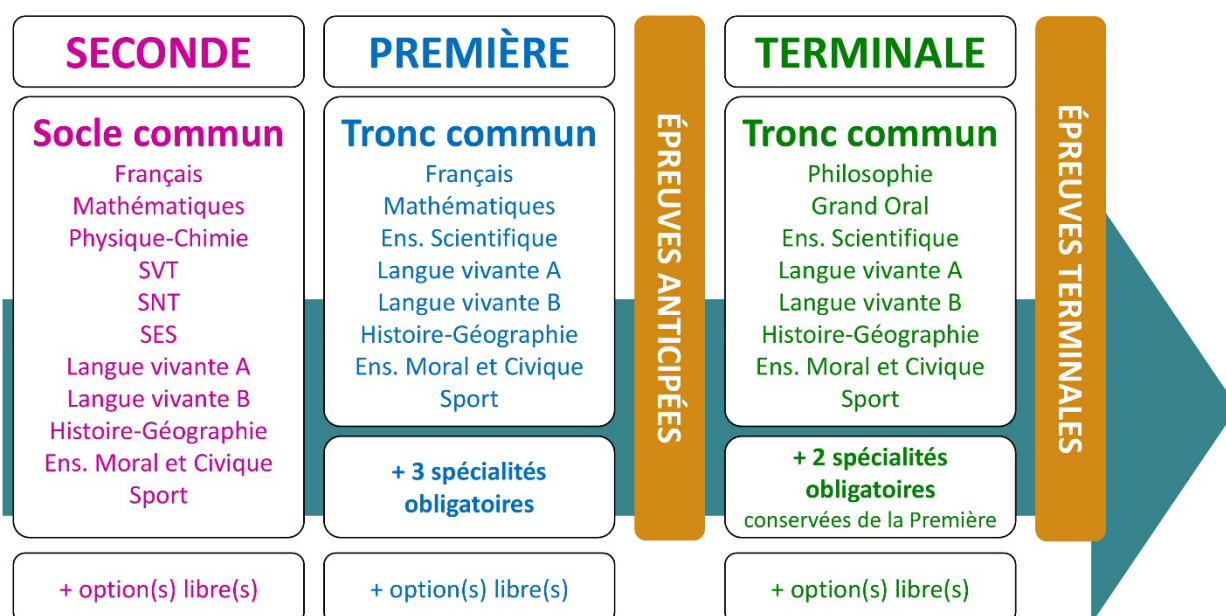
Comme vous le savez, la **réforme du Baccalauréat** est entrée en vigueur progressivement jusqu'à l'année 2021, date de délivrance des premiers diplômes de la nouvelle formule.

Dans le cadre de ce nouveau Baccalauréat, **notre Etablissement**, toujours attentif aux conséquences des réformes pour les élèves, s'est emparé de la question avec force **énergie** et **conviction** pendant plusieurs mois, animé par le souci constant de la réussite de nos lycéens dans leurs apprentissages d'une part, et par la **pérennité** de leur parcours d'autre part. Notre Etablissement a questionné la réforme, mobilisé l'ensemble de son atelier pédagogique, et déployé tout **son savoir-faire** afin de vous proposer un enseignement tourné continuellement vers **l'excellence**, ainsi qu'une scolarité tournée vers la **réussite**.

- Les **Cours Pi** s'engagent pour faire du parcours de chacun de ses élèves un **tremplin vers l'avenir**.
- Les **Cours Pi** s'engagent pour ne pas faire de ce nouveau Bac un diplôme au rabais.
- Les **Cours Pi** vous offrent **écoute** et **conseil** pour coconstruire une **scolarité sur-mesure**.

## LE BAC DANS LES GRANDES LIGNES

Ce nouveau Lycée, c'est un enseignement à la carte organisé à partir d'un large tronc commun en classe de Seconde et évoluant vers un parcours des plus spécialisés année après année.



### CE QUI A CHANGÉ

- Il n'y a plus de séries à proprement parler.
- Les élèves choisissent des spécialités : trois disciplines en classe de Première ; puis n'en conservent que deux en Terminale.
- Une nouvelle épreuve en fin de Terminale : le Grand Oral.
- Pour les lycéens en présentiel l'examen est un mix de contrôle continu et d'examen final laissant envisager un diplôme à plusieurs vitesses.
- Pour nos élèves, qui passeront les épreuves sur table, le Baccalauréat conserve sa valeur.

### CE QUI N'A PAS CHANGÉ

- Le Bac reste un examen accessible aux candidats libres avec examen final.
- Le système actuel de mentions est maintenu.
- Les épreuves anticipées de français, écrit et oral, tout comme celle de spécialité abandonnée se dérouleront comme aujourd'hui en fin de Première.



A l'occasion de la réforme du Lycée, nos manuels ont été retravaillés dans notre atelier pédagogique pour un accompagnement optimal à la compréhension. Sur la base des programmes officiels, nous avons choisi de créer de nombreuses rubriques :

- **Suggestions de lecture** pour s'ouvrir à la découverte de livres de choix sur la matière ou le sujet
- **Réfléchissons ensemble** pour guider l'élève dans la réflexion
- **L'essentiel** et **Le temps du bilan** pour souligner les points de cours à mémoriser au cours de l'année
- **Pour aller plus loin** pour visionner des sites ou des documentaires ludiques de qualité
- Et enfin... la rubrique **Les Clés du Bac by Cours Pi** qui vise à vous donner, et ce dès la seconde, toutes les cartes pour réussir votre examen : notions essentielles, méthodologie pas à pas, exercices types et fiches étape de résolution !

## ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE

### Module 3 – La Terre, une planète composée de minéraux organiques

#### L'AUTEUR



#### Mathieu MEYER

« **Le discours d'un professeur doit s'adapter aux besoins des élèves** ». Enseignant expérimenté, Docteur en Chimie et Physico-chimie, il s'adapte facilement à tout public et accompagne élèves et étudiants dans leurs challenges. Doté d'un esprit positif, son approche de l'enseignement scientifique est axée sur le raisonnement, la compréhension, les applications et la manipulation. Passionné de football et supporter de Lyon depuis toujours, il est aussi un coureur de fond et de trail dont les temps laissent rêver... 36min sur 10km, 1h18 sur semi-marathon.

#### PRÉSENTATION

Aujourd'hui, tout scientifique est confronté à la communication. Sa recherche n'est utile pour la société que si elle est communiquée, vulgarisée et expliquée. Savoir commenter des données, argumenter un point de vue scientifique et développer un raisonnement sont des qualités indéniables d'un chercheur ou d'un ingénieur dont les fondamentaux s'apprennent depuis le plus jeune âge.

La discipline « enseignement scientifique » va non seulement permettre aux élèves de constituer leur socle de connaissances culturelles et notionnelles scientifiques, mais aussi de les préparer à analyser, commenter, communiquer et argumenter ses raisonnements, qualités utiles à tout citoyen, à une époque où les grandes questions scientifiques deviennent la responsabilité de chacun.

Ce sont ces compétences qui seront évaluées au baccalauréat et c'est à cela que va vous préparer par étapes, de façon très guidée, ce module d'enseignement scientifique.

#### CONSEILS A L'ÉLÈVE

Vous disposez d'un support de Cours complet : **prenez le temps** de bien le lire, de le comprendre mais surtout de l'**assimiler**. Vous disposez pour cela d'exemples donnés dans le cours et d'exercices types corrigés. Vous pouvez rester un peu plus longtemps sur une unité mais travaillez régulièrement.

## LES FOURNITURES

Vous devez posséder :

- une **calculatrice graphique pour l'enseignement scientifique au Lycée comportant un mode examen (requis pour l'épreuve du baccalauréat)**.
- un **tableur** comme Excel de Microsoft (payant) ou Calc d'Open Office (gratuit et à télécharger sur <http://fr.openoffice.org/>). En effet, certains exercices seront faits de préférence en utilisant un de ces logiciels, mais vous pourrez également utiliser la calculatrice).

## LES DEVOIRS

Les devoirs constituent le moyen d'évaluer l'acquisition de **vos savoirs** (« Ai-je assimilé les notions correspondantes ? ») et de **vos savoir-faire** (« Est-ce que je sais expliquer, justifier, conclure ? »).

Placés à des endroits clés des apprentissages, ils permettent la vérification de la bonne assimilation des enseignements.

Aux *Cours Pi*, vous serez accompagnés par un **professeur selon chaque matière** tout au long de votre année d'étude. Référez-vous à votre « Carnet de Route » pour l'identifier et découvrir son parcours.

Avant de vous lancer dans un devoir, assurez-vous d'avoir **bien compris les consignes**.

**Si vous repérez des difficultés lors de sa réalisation**, n'hésitez pas à le mettre de côté et à revenir sur les leçons posant problème. **Le devoir n'est pas un examen**, il a pour objectif de s'assurer que, même quelques jours ou semaines après son étude, une notion est toujours comprise.

**Aux Cours Pi, chaque élève travaille à son rythme, parce que chaque élève est différent et que ce mode d'enseignement permet le « sur-mesure ».**

Nous vous engageons à respecter le moment indiqué pour faire les devoirs. Vous les identifierez par le bandeau suivant :



Vous pouvez maintenant  
faire et envoyer le **devoir n°1**



Il est **important de tenir compte des remarques, appréciations et conseils du professeur-correcteur**. Pour cela, il est **très important d'envoyer les devoirs au fur et à mesure** et non groupés. **C'est ainsi que vous progresserez !**

- 1) Par **soumission en ligne** via votre espace personnel sur **PoulPi**, pour un envoi **gratuit, sécurisé** et plus **rapide**.
- 2) Par **voie postale** à *Cours Pi*, 9 rue Rebuffy, 34 000 Montpellier  
Vous prendrez alors soin de joindre une **grande enveloppe libellée à vos nom et adresse**, et **affranchie au tarif en vigueur** pour qu'il vous soit retourné par votre professeur.

**N.B. :** quel que soit le mode d'envoi choisi, vous veillerez à **toujours joindre l'énoncé du devoir** ; plusieurs énoncés étant disponibles pour le même devoir.

**N.B. :** si vous avez opté pour un envoi par voie postale et que vous avez à disposition un scanner, nous vous engageons à conserver une copie numérique du devoir envoyé. Les pertes de courrier par la Poste française sont très rares, mais sont toujours source de grand mécontentement pour l'élève voulant constater les fruits de son travail.

# SOUTIEN ET DISPONIBILITÉ

## VOTRE RESPONSABLE PÉDAGOGIQUE

Professeur des écoles, professeur de français, professeur de maths, professeur de langues : notre Direction Pédagogique est constituée de spécialistes capables de dissiper toute incompréhension.

Au-delà de cet accompagnement ponctuel, notre Etablissement a positionné ses Responsables pédagogiques comme des « super profs » capables de co-construire avec vous une scolarité sur-mesure.

En somme, le Responsable pédagogique est votre premier point de contact identifié, à même de vous guider et de répondre à vos différents questionnements.

Votre Responsable pédagogique est la personne en charge du suivi de la scolarité des élèves.

Il est tout naturellement votre premier référent : une question, un doute, une incompréhension ? Votre Responsable pédagogique est là pour vous écouter et vous orienter. Autant que nécessaire et sans aucun surcoût.

QUAND  
PUIS-JE  
LE  
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.

QUEL  
EST  
SON  
RÔLE ?

**Orienter** les parents et les élèves.

**Proposer** la mise en place d'un accompagnement individualisé de l'élève.

**Faire évoluer** les outils pédagogiques.

**Encadrer** et **coordonner** les différents professeurs.

## VOS PROFESSEURS CORRECTEURS

Notre Etablissement a choisi de s'entourer de professeurs diplômés et expérimentés, parce qu'eux seuls ont une parfaite connaissance de ce qu'est un élève et parce qu'eux seuls maîtrisent les attendus de leur discipline. En lien direct avec votre Responsable pédagogique, ils prendront en compte les spécificités de l'élève dans leur correction. Volontairement bienveillants, leur correction sera néanmoins juste, pour mieux progresser.

QUAND  
PUIS-JE  
LE  
JOINDRE ?

Une question sur sa correction ?

- faites un mail ou téléphonez à votre correcteur et demandez-lui d'être recontacté en lui laissant **un message avec votre nom, celui de votre enfant et votre numéro.**
- autrement pour une réponse en temps réel, appelez votre Responsable pédagogique.

## LE BUREAU DE LA SCOLARITÉ

Placé sous la direction d'Elena COZZANI, le Bureau de la Scolarité vous orientera et vous guidera dans vos démarches administratives. En connaissance parfaite du fonctionnement de l'Etablissement, ces référents administratifs sauront solutionner vos problématiques et, au besoin, vous rediriger vers le bon interlocuteur.

QUAND  
PUIS-JE  
LE  
JOINDRE ?

Du **lundi** au **vendredi** : horaires disponibles sur votre carnet de route et sur PoulPi.  
04.67.34.03.00  
scolarite@cours-pi.com



## **CHAPITRE 1. Les cristaux, des édifices ordonnés** ..... 5

### **Q COMPÉTENCES VISÉES**

- Distinguer en termes d'échelle et d'organisation spatiale la maille, le cristal, le minéral et la roche.
- Relier l'organisation de la maille au niveau microscopique à la structure du cristal au niveau macroscopique.
- Expliquer et caractériser deux réseaux cristallins : le réseau cubique simple et le réseau cubique à faces centrées.
- Mettre en relation la structure d'une roche avec ses conditions de refroidissement.

<b>1. De l'observation des roches à l'étude de la cristallographie</b> .....	<b>8</b>
<b>2. Les cristaux</b> .....	<b>10</b>
<b>3. Les minéraux</b> .....	<b>12</b>
<b>4. Des processus de cristallisation très différents</b> .....	<b>19</b>
<b>5. La roche : une association de cristaux et de minéraux</b> .....	<b>21</b>
<b>6. Structure cristalline d'organismes biologiques</b> .....	<b>22</b>
<b>Le temps du bilan</b> .....	<b>23</b>
<b>Exercices</b> .....	<b>25</b>
<b>Les Clés du bac</b> .....	<b>33</b>

## **CHAPITRE 2. La cellule vivante, une structure complexe** ..... 41

### **Q COMPÉTENCES VISÉES**

- Comprendre le concept de cellule.
- Analyser l'impact de la théorie cellulaire dans les connaissances actuelles.
- Relier l'échelle de la cellule à celle de la molécule.
- Schématiser la membrane plasmique.

<b>1. Une structure d'ordre supérieur à l'échelle moléculaire</b> .....	<b>44</b>
<b>2. Une structure découverte avec l'invention du microscope</b> .....	<b>45</b>
<b>3. Une théorie liée à l'observation qui bouleverse les savoirs</b> .....	<b>46</b>
<b>4. Compréhension du lien entre échelle moléculaire et cellulaire</b> .....	<b>47</b>
<b>5. La membrane plasmique : une molécule amphiphile</b> .....	<b>48</b>
<b>Le temps du bilan</b> .....	<b>51</b>
<b>Exercices</b> .....	<b>52</b>
<b>Les Clés du bac</b> .....	<b>58</b>

## **CHAPITRE 3. La photosynthèse, une conversion biologique des rayonnements solaires** ..... 63

### **Q COMPÉTENCES VISÉES**

- Reconnaître l'importance planétaire de la photosynthèse.
- Comparer les spectres d'absorption et d'action photosynthétique d'un végétal.
- Représenter sur un schéma les différents échanges d'énergie au niveau de la feuille.
- Définir l'origine biologique d'un combustible fossile.

<b>1. Qu'est-ce que la photosynthèse ?</b> .....	<b>68</b>
<b>2. Utilisatrice de la puissance solaire</b> .....	<b>70</b>
<b>3. Un enjeu planétaire pour la vie</b> .....	<b>72</b>
<b>4. Une source d'énergie fossile</b> .....	<b>75</b>
<b>Le temps du bilan</b> .....	<b>77</b>
<b>Exercices</b> .....	<b>79</b>
<b>Les Clés du bac</b> .....	<b>86</b>

## **CHAPITRE 4. Le bilan thermique du corps humain** ..... 93

### **Q COMPÉTENCES VISÉES**

- Identifier les conversions d'énergies dans le corps humain.
- Comprendre l'importance de la stabilité thermique du corps humain et les mécanismes qui la maintiennent.
- Relier les apports énergétiques avec les dépenses quotidiennes.

<b>1. Un équilibre vital</b> .....	<b>99</b>
<b>2. Des échanges thermiques permanents avec son milieu</b> .....	<b>100</b>
<b>3. Un équilibre énergétique</b> .....	<b>101</b>
<b>4. Une puissance insoupçonnée</b> .....	<b>103</b>
<b>5. Des apports énergétiques liés à l'alimentation</b> .....	<b>103</b>
<b>Le temps du bilan</b> .....	<b>106</b>
<b>Exercices</b> .....	<b>107</b>

## **LES CLÉS DU BAC**..... 113

## **CORRIGÉS des exercices**..... 123



## ESSAIS

- **Le hasard et la nécessité** *Jacques Monod*
- **La matière et la vie** *Albert Jacquard*
- **La plus belle histoire du monde** *Reeves, Simmonet, Cppens, Rosnay*
- **Darwin et les grandes énigmes de la vie** *Stephen Jay Gould*
- **Pourquoi les manchots n'ont pas froid aux pieds ?** *New Scientist*
- **Lab Girl : une histoire de science, d'arbres et d'amour** *Hope Jahren*
- **Histoire de la biologie** *Jean Théodoridès*
- **Petite excursion dans le cosmos** *Neil DeGrasse Tyson*
- **Une histoire de tout, ou presque...** *Bill Bryson*

## BANDES DESSINÉES

- **La biologie en BD** *Larry Gonick*

## PODCASTS

- **Savant sachant chercher** *Brian Greene*
- **Eurêka** *France Culture*
- **Le Pourquoi du comment : science** *France Culture*
- **La méthode scientifique** *France Culture*
- **Futura dans les étoiles** *Futura sciences*
- **Choses à savoir** *Sciences*
- **La tête au carré** *France Inter*

## DOCUMENTAIRES AUDIOVISUELS

- **Cosmos : une odysée à travers l'univers (13 épisodes)** *Neil deGrasse Tyson*
- **La fabuleuse histoire de la science (6 épisodes)**
- **La magie du cosmos (3 épisodes)** *Brian Greene*



## I) LES ATTENDUS DU PROGRAMME

---

### L'OBJECTIF DE L'ÉVALUATION

---

« Le sujet évalue les compétences suivantes : exploiter des documents ; organiser, effectuer et contrôler des calculs ; rédiger une argumentation scientifique. Chaque exercice évalue plus particulièrement une ou deux de ces compétences. Toute formulation de question est envisageable : de la question ouverte jusqu'au questionnaire à choix multiples. »

### LES MODULES CONCERNES

---

« En classe de première, l'épreuve porte sur l'ensemble du programme de première, en dehors du projet expérimental et numérique ».

« Les épreuves communes de contrôle continu pour l'enseignement scientifique sont des épreuves écrites constituées de deux exercices interdisciplinaires. Chaque exercice présente une cohérence thématique et porte sur un ou deux thèmes du programme ».

### LA DURÉE DE L'ÉPREUVE

---

« Durée de chaque épreuve : 2 heures ».

### NOTATION DE L'ÉPREUVE

---

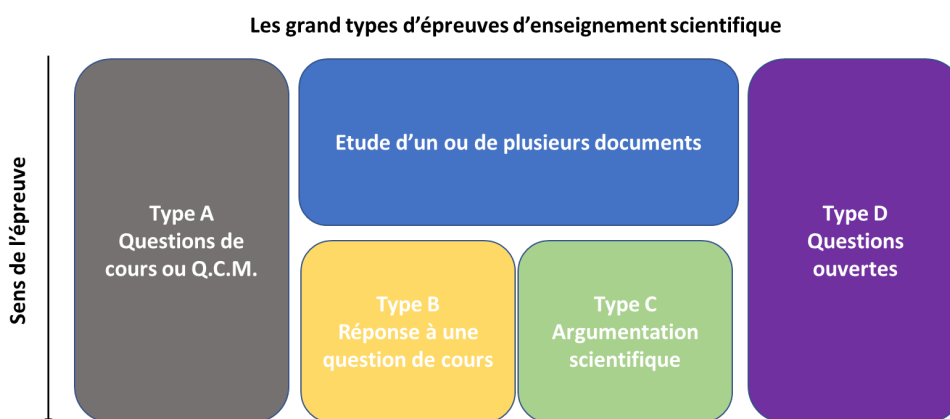
« Chaque épreuve est notée sur 20 points. Chaque exercice est noté sur 10 points ».

## II) LES TYPES D'ÉPREUVES

---

Quatre grands types d'exercices vont être rencontrés lors de ce module :

- La question de cours ou Q.C.M. (type A)
- Le document ou l'ensemble de document avec une question de cours. (Type B)
- Le document ou l'ensemble de document avec une argumentation scientifique. (Type C)
- Une question ouverte. (Type D)



L'objectif de ce manuel est de travailler ensemble la méthode pour répondre à ces trois types d'exercices. Les méthodes d'études de documents, de rédaction et d'argumentation vont être décortiquées, expliquées et un travail d'accompagnement graduel de l'élève pour maîtriser ces méthodes va être effectué.

### III) RECONNAÎTRE LES DIFFÉRENTS TYPES D'EXERCICES

---

La première étape de la résolution de tous ces exercices est bien évidemment d'arriver à reconnaître le type d'exercice rencontré afin d'effectuer la bonne méthodologie.

Malgré des similitudes pour certains, tous ces exercices sont assez différents et facilement identifiables.

#### QUESTIONS DE TYPE A :

---

Les questions de type A telles qu'une question de cours ou une question à choix multiples (Q.C.M.) sont facilement reconnaissables par leurs formes. Voici un exemple d'une question de cours tirée des sujets 0 fournis par l'Education Nationale :

« *Nommer le mécanisme biologique à l'origine de la synthèse du glucose par les plantes terrestres et donner l'équation de réaction de cette synthèse de matière végétale (on veillera à ajuster les nombres stœchiométriques de l'équation). Préciser les organes impliqués dans les échanges entre la plante et son milieu.* »

Ce type de question fait appel uniquement aux notions vues dans le manuel. L'élève doit y répondre de manière synthétique, par des phrases claires et assez courtes (il vaut mieux éviter les phrases de 5 lignes où le correcteur risque de se perdre).

Les questions à choix multiples (Q.C.M.) sont, elles, reconnaissables par leurs formes bien à elles comme nous le montre toujours les sujets 0 :

QCM1 : La date de désintégration d'un noyau individuel de  $^{14}\text{C}$  dont on connaît la date de création (prise comme origine) est :

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> aléatoire.        | <input type="checkbox"/> prévisible.                                     |
| <input type="checkbox"/> égale à 5730 ans. | <input type="checkbox"/> comprise avec certitude entre 100 et 10000 ans. |

QCM2 : La durée nécessaire à la désintégration radioactive de la moitié des noyaux radioactifs d'un échantillon dépend :

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> du nombre initial de noyaux.      | <input type="checkbox"/> du volume de l'échantillon. |
| <input type="checkbox"/> de la nature chimique des noyaux. | <input type="checkbox"/> de la température.          |

Ces questions de cours ou ces questions à choix multiples ne feront jamais l'objet d'un exercice complet. Elles apparaîtront très souvent dans chaque exercice et ont pour but de rassurer l'élève, de lui permettre d'acquérir des points mêmes si le reste de l'exercice lui semble incompréhensible. Dans le cadre d'une épreuve de bac, il est même conseillé de commencer par celles-ci afin d'être certain de ne les avoir faites en cas de manque de temps.

Dans le cadre de ce partie méthodologie, ces questions ne seront pas abordées.

#### QUESTION DE TYPE B

---

La question de type B sera (avec la question de type C) la question la plus répandue. Elle vise à vérifier la capacité des élèves d'étudier des documents inconnus et à les lier avec les notions vues dans le cours. De nombreuses qualités d'observations, d'études et d'organisations de réponses sont nécessaires sur ce type de questionnement. Les élèves en sont généralement tous capables mais de cruels manques de méthodes sont souvent la cause des difficultés.

L'idée de ce genre d'exercices est d'utiliser le cours et de nouvelles informations pour répondre à une question. Dans ce genre de question, il ne faut pas faire d'argumentation scientifique, il faut juste analyser le document et répondre à la question en justifiant la réponse.

Voici plusieurs exemples tirés des sujets 0 :

### Exemple 1

« A partir de vos connaissances et des informations apportées par les documents 1 et 2, répondre à la question suivante.

**Document 1 : Deux rhinocéros qui s'affrontent représentés sur le panneau des chevaux dans la salle Saint-Hilaire de la grotte Chauvet**

Mouchage de torche

Trait réalisé au charbon de bois



Un mouchage est un frottement de la torche sur la paroi de la grotte pour retirer la partie carbonisée qui asphyxie la flamme.

Les analyses des pigments ont révélé que les peintures ont été réalisées avec des fragments de charbon de bois (traits noirs) et des minéraux :

- Le rouge est constitué d'oxydes de fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )
- Le noir de dioxyde de manganèse ( $\text{MnO}_2$ )

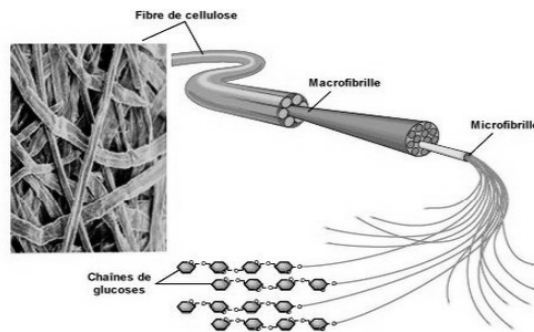
Sources : Dossier Pour La Science n°42 janvier Mars 2004

Hélène Valladas, Jean Cottés et Jean-Michel Geneste

**Document 2 : Les constituants du bois**

Les parois cellulaires très épaisses donnent au bois ses propriétés. Ces parois sont formées de deux constituants principaux, la cellulose et la lignine.

La cellulose est une macromolécule composée d'un enchaînement de plusieurs glucoses de formule  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , comme le montre le schéma ci-contre.



Source : [http://p7.storage.canalblog.com/70/91/309207/14102700\\_p.jpg](http://p7.storage.canalblog.com/70/91/309207/14102700_p.jpg)

Justifier que les oxydes minéraux ne peuvent pas être datés par la méthode du carbone 14, alors que la datation est possible pour le charbon de bois. »

### Exemple 2

**Document 3 : datation par le carbone 14**

L'isotope  $^{14}\text{C}$  de l'élément carbone se désintègre en azote  $^{14}\text{N}$  et se régénère régulièrement en haute atmosphère à partir de l'azote de l'air : il se retrouve donc en proportion constante dans tous les milieux et tous les êtres vivants. Lorsqu'un être vivant meurt, son métabolisme s'interrompt et son carbone n'est plus renouvelé. En raison de la désintégration radioactive, pour un échantillon donné, le rapport  $P/P_0$  du nombre d'atomes  $^{14}\text{C}$  résiduel (P) sur le nombre d'atomes présents moment de la mort ( $P_0$ ) décroît au cours du temps.


Deux ensembles de mesures ont été réalisés pour la grotte Chauvet.

- le premier, réalisé sur des fragments de charbon de bois prélevés sur les peintures, fournit des valeurs  $P/P_0$  comprises entre 1,5 % et 2,5 %.
- le second ensemble de mesures, réalisé à partir des prélèvements sur les mouchages de torche, fournit des valeurs comprises entre 3,5 % et 4,5 %.

« Un graphique représentant le rapport  $P/P_0$  du nombre d'atomes  $^{14}\text{C}$  résiduel sur le nombre d'atomes  $^{14}\text{C}$  présent au moment de la mort en fonction du nombre d'années écoulées depuis la mort est donné sur la figure 1 de l'annexe à rendre avec la copie.

Estimer par un encadrement l'ancienneté des traces de l'habitation de la grotte Chauvet par les êtres humains préhistoriques en datant les mouchages de torche et les traits réalisés à l'aide de charbons de bois. »

Ce type de question fait surtout appel à l'analyse de documents. Les liens entre le document et le cours fournis par l'élève seront très prononcés.

 Dans certains exercices, un même document peut générer plusieurs questions de type B ou de type C.

### QUESTION DE TYPE C

La question de type C se base toujours sur un ou des documents ceux-ci ne sont que des supports à un raisonnement scientifique. L'élève est noté sur sa capacité après lecture d'un document inconnu à répondre à une question en proposant une argumentation scientifique. La réponse doit lier des informations du document, des notions du cours ainsi qu'une argumentation basée sur des faits scientifiques. La réponse doit contenir une hypothèse de départ (ou une problématique), un plan, une étude de documents et une réponse argumentée.

Ces questions sont beaucoup plus compliquées que les élèves ne le pensent. Il ne suffit pas d'avoir compris le document et trouver un argument. La rédaction, le raisonnement et le fil conducteur de votre réponse seront autant d'éléments importants pour acquérir un maximum de points.

Voici de potentielles questions :

#### Exemple 1

**Document 3 : datation par le carbone 14**

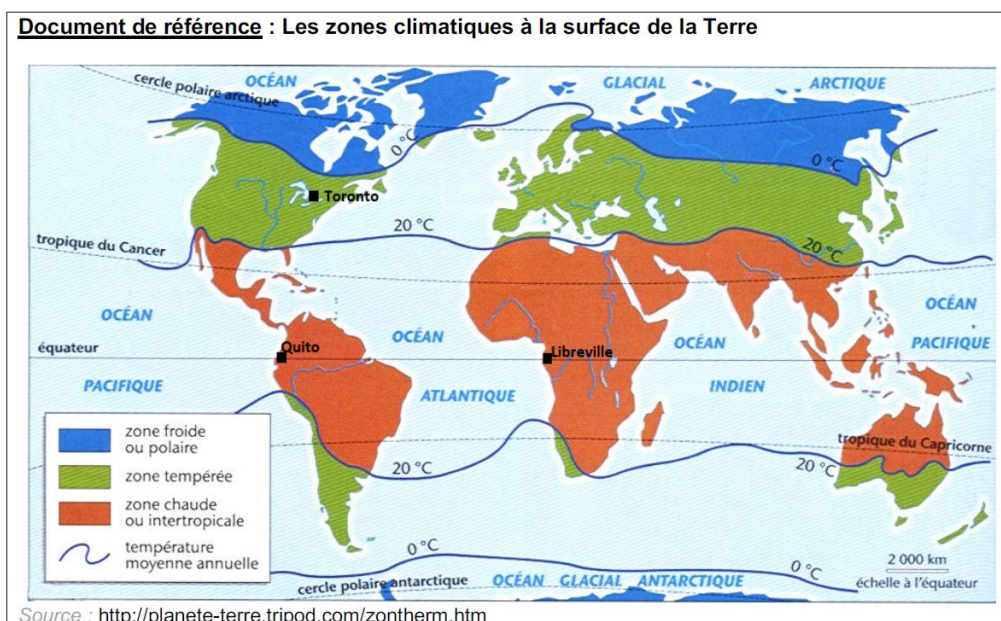
L'isotope  $^{14}\text{C}$  de l'élément carbone se désintègre en azote  $^{14}\text{N}$  et se régénère régulièrement en haute atmosphère à partir de l'azote de l'air : il se retrouve donc en proportion constante dans tous les milieux et tous les êtres vivants. Lorsqu'un être vivant meurt, son métabolisme s'interrompt et son carbone n'est plus renouvelé. En raison de la désintégration radioactive, pour un échantillon donné, le rapport  $P/P_0$  du nombre d'atomes  $^{14}\text{C}$  résiduel (P) sur le nombre d'atomes présents moment de la mort ( $P_0$ ) décroît au cours du temps.

Deux ensembles de mesures ont été réalisés pour la grotte Chauvet.

- le premier, réalisé sur des fragments de charbon de bois prélevés sur les peintures, fournit des valeurs  $P/P_0$  comprises entre 1,5 % et 2,5 %.
- le second ensemble de mesures, réalisé à partir des prélèvements sur les mouchages de torche, fournit des valeurs comprises entre 3,5 % et 4,5 %.

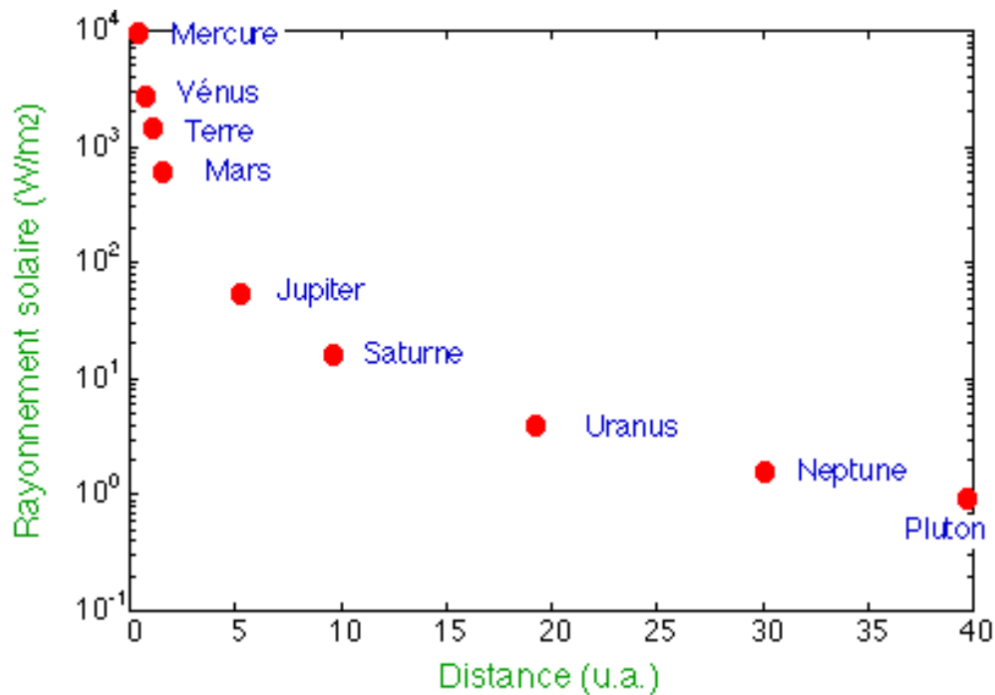
« Expliquer en quelques phrases comment la méthode de datation par le carbone 14 utilisée en archéologie illustre l'intérêt de la coopération entre plusieurs champs disciplinaires scientifiques ».

#### Exemple 2



Sur cette carte, on constate que Quito et Libreville, qui sont à la même latitude, sont dans une zone chaude intertropicale. Pour Toronto, situé à la même longitude que Quito, la température moyenne annuelle est plus froide.

**Document 3 : Puissance solaire reçue en fonction de la distance au Soleil (en unités astronomiques u.a. 1u.a. = 1,5×10<sup>8</sup> km)**



Source : <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/explication-temperature.xml>

**Document 4 : Puissance solaire reçue par unité de surface en fonction de la latitude**



Résultat observé pour un même éclairage de l'équateur (à gauche) et des pôles (à droite)

latitude	0°	45° nord	60° nord	89° nord
Pays, régions, villes correspondant à la latitude	Equateur, Brésil, Kenya	Bordeaux	Oslo, St Pétersbourg	Pôle nord
Surface recevant une même quantité d'énergie (m²)	1	1,4	2	57
Puissance solaire reçue en moyenne par unité de surface (W / m²)	420	420 X 1 / 1,4 = 300	420 X 1 / 2 = 210	420 X 1 / 57 = 7,36

Tableau de correspondance entre la latitude et l'énergie solaire reçue par unité de surface

Source : D'après <http://www.ac-grenoble.fr/armorin.crest/>

Afin d'expliquer ces différences climatiques, un élève a proposé comme hypothèse :

« Il fait plus chaud à l'équateur qu'aux pôles parce que La Terre est plus proche du Soleil à l'équateur qu'aux pôles ».

À partir des connaissances acquises et des informations issues des documents 3 et 4, rédiger un paragraphe argumenté permettant à la fois d'expliquer qu'il fait plus chaud à l'équateur qu'aux pôles et d'invalider l'hypothèse émise par cet élève.

La justification des arguments pourra s'appuyer sur des schémas explicatifs.

## QUESTION DE TYPE D

---

Un dernier type de questions peut vous être posé. Il s'agit d'une question ouverte sans document. Cette question, plus rare, nécessite de parfaitement connaître vos différents cours. Le notionnel est important mais il est vital lors de ce genre de question d'avoir une réponse organisée. La lisibilité de votre fil conducteur d'argumentation sera nécessaire.

Un plan précis doit apparaître avec différents paragraphes. Lors de ce genre de questions, il sera nécessaire de bien faire apparaître une introduction avec la problématique énoncées, une annonce du plan, des paragraphes correspondant à ce plan et une conclusion apportant une réponse ou justifiant à cette problématique.

Voici des exemples de questions possibles :

### Exemple 1

« A travers l'utilisation de la lunette de Galilée ou l'histoire de la datation de la Terre, justifier que le progrès technologique a permis d'améliorer le savoir scientifique ».

### Exemple 2

« A travers l'histoire de l'âge de la datation de la Terre et ses grandes controverses, montrer que les grandes questions scientifiques nécessitent la coopération entre plusieurs champs disciplinaires scientifiques.









## RAPPELS MATHÉMATIQUES

---

### Calcul de produit en croix

Un outil mathématique va être beaucoup utilisé dans ce chapitre. Il s'agit du produit en croix. Voici quelques petits rappels de son utilisation.

<b>18</b>	<b>x</b>
<b>25</b>	<b>100</b>

La détermination de x va se faire de la manière suivante :

$$x = \frac{100 \times 18}{25} = 72$$

## RAPPELS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

---

### Atomes

L'atome est, pour les chimistes, la pièce angulaire de la matière. Le terme vient d'ailleurs d'un mot grec qui signifie « indivisible ».

Les atomes sont constitués de protons et neutrons dans leurs noyaux autour desquels gravitent des électrons. Le tableau périodique de Mendeleïev recense 118 atomes qui sont tous différents par leurs nombres de protons.

L'ordre de grandeur de l'atome est de  $10^{-10}$  mètre.

### Molécules

La molécule est la structure de base de la matière et ce quel que soit son état physique (gazeux, liquide ou solide). Les molécules sont constituées d'au moins deux atomes. Les plus connues sont l'eau  $H_2O$ , le dioxyde de carbone  $CO_2$  et le dioxygène  $O_2$  que nous reverrons dans ces différents chapitres.

### Entités chimiques

Certains scientifiques utilisent le terme d'entités chimiques. Celui-ci est généralement mal compris des élèves. Une entité chimique est un terme générique utilisé par les scientifiques pour désigner un atome ou une molécule.

### Conservation d'énergie au cours d'une réaction

Au cours d'une réaction, l'énergie se conserve. Cette conservation est souvent décrite par les professeurs de la manière suivante : « Au cours d'une réaction, rien ne se crée, rien ne se perd et tout se transforme » (Principe de Lavoisier).

Cela signifie que l'énergie du système (de l'objet) étudié sera toujours la même. Elle aura peut-être simplement changé de forme ou aura été transmise à un autre système.

### Écriture en puissance

Les nombres manipulés ici seront souvent très petits ou très grands. Pour gagner en lisibilité, les scientifiques ont élaboré une écriture en puissance.

$$10^\alpha$$

Deux cas de figures :

Si  $\alpha > 0$ , alors le nombre est positif.

Si  $\alpha < 0$ , alors le nombre est négatif.

Petite astuce !  $\alpha$  renvoie au nombre de 0 !

Exemple :

$10^2 = 100$ Soit deux zéros !	$10^6 = 1\ 000\ 000$ Soit six zéros !	$10^{-2} = 0,01$ Soit deux zéros !	$10^{-6} = 0,000\ 001$ Soit six zéros !
$10^4 = 10\ 000$ Soit quatre zéros !	$10^{10} = 10\ 000\ 000\ 000$ Soit dix zéros !	$10^{-4} = 0,000\ 1$ Soit quatre zéros !	$10^{-10} = 0,000\ 000\ 000\ 1$ Soit dix zéros !

## **Tableau de conversions**

Prenons le gramme comme unité principale :

1 Gg (giga) : 1 000 000 000 grammes soit  $10^9$  grammes

1 Mg (méga) : 1 000 000 grammes soit  $10^6$  grammes

1 kg (kilo) : 1 000 grammes soit  $10^3$  grammes

1 mg (mili) : 0,001 gramme soit  $10^{-3}$  gramme

1  $\mu$ g (micro) : 0,000 001 gramme soit  $10^{-6}$  gramme

1 ng (nano) : 0,000 000 01 gramme soit  $10^{-9}$  gramme

1 pg (pico) : 0,000 000 000 001 gramme soit  $10^{-12}$  gramme

1 fg (fento) : 0,000 000 000 000 001 gramme soit  $10^{-15}$  gramme

## **RAPPELS BIOLOGIQUES**

---

### **Photosynthèse**

Processus par lequel les plantes vertes synthétisent des matières organiques grâce à l'énergie lumineuse, en absorbant le dioxyde de carbone de l'air et en produisant du dioxygène.

### **Respiration**

Processus résultant de l'oxydation complète de molécules tel le glucose en présence de dioxygène pour former de l'énergie et dioxyde de carbone.

### **Fermentation**

Processus résultant de l'oxydation de molécules tel le glucose en absence de dioxygène pour former de l'énergie.

### **Sédimentation**

Processus dans lequel des particules de matière cessent progressivement de se déplacer et se réunissent en couches au niveau du sol ou du fond des océans par l'effet de la gravité.

### **Combustible fossile**

Produit d'une très lente transformation au cours des temps géologiques de débris d'organismes accumulés dans certains sédiments. Ils sont riches en carbone. On trouve le charbon, le pétrole et le gaz naturel.

### **Roche**

Matériau de la croûte terrestre formé d'un assemblage de minéraux.

### **Minéral**

Élément ou composé naturel inorganique, constituant de l'écorce terrestre.

## INTRODUCTION

---

**La Terre, ce havre de paix, est la seule planète présente dans la zone d'habitabilité du système solaire. Celle-ci est définie comme une zone autour d'une étoile au sein de laquelle une planète possédant une atmosphère pourrait contenir de l'eau sous forme liquide en surface.**



Or notre si belle planète a une atmosphère qui est elle-même unique dans le système solaire puisqu'elle contient du dioxygène, molécule nécessaire au développement de la vie. Ce dioxygène a permis le développement d'une vie animale, végétale mais aussi humaine.

Il n'y en a pour autant pas toujours été la même chose pendant le passé.

Au début de l'histoire terrestre, les impacts de météorites étaient nombreux car la Terre se formait par un mécanisme d'accrétion. Ce phénomène est l'agglomération de matière solide permettant l'accroissement d'un corps. Cette accrétion va alors libérer une très grande quantité d'énergie provoquant la fusion des roches. En parallèle, l'activité volcanique est très élevée et s'accompagne d'un dégazage permettant la formation de la première atmosphère terrestre qui sera proche de celle des gaz volcaniques actuels et de météorites (riche en vapeur d'eau et en dioxyde de carbone mais sans oxygène).

Ces conditions atmosphériques de pression et de températures particulières vont créer une diversité importante de roches puisque lors du refroidissement progressif de l'atmosphère de la terre, ces magmas cristalliseront de manière différente et auront selon leurs natures, des formes cristallographiques différentes. Notre Terre devient une zone avec une multitude de roches de natures et compositions très différentes.

En parallèle de ces processus de formation structurale des roches, le refroidissement progressif de la Terre et de son atmosphère entraîne la condensation de l'eau et la formation progressive des océans et de l'eau liquide sur Terre.

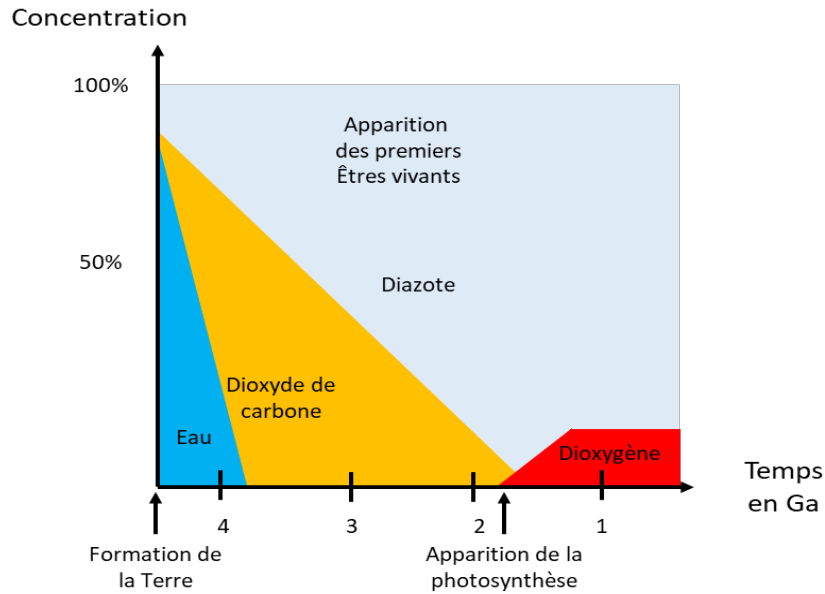
La composition de l'atmosphère se modifie progressivement puisqu'une importante partie du CO<sub>2</sub> présent dans l'atmosphère va se dissoudre dans l'eau précédemment formée. Quelques roches comme les uraninites (UO<sub>2</sub>) et la sidérite (carbonate de fer) ne pouvant se former qu'en présence d'une atmosphère pauvre en O<sub>2</sub> sont les témoins de cette période.

Mais il y a - 3,5 Ga, une réaction chimique (la protolyse de l'eau  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ ) a fait évoluer notre atmosphère et a engendré l'apparition de dioxygène sur notre planète. L'apparition de cette molécule a bouleversé l'écosystème d'alors avec l'apparition de la Vie sur Terre. Ce sont des êtres vivants rudimentaires, unicellulaires capables de se reproduire de façon autonome et d'utiliser les molécules pour se nourrir. Leur présence a aussi impacté la formation de roches comme le stromatolite datant de - 3,5 Ga qui sont des roches calcaires témoins de cette époque puisqu'elles seront construites par des bactéries.

Puis enfin apparaît la photosynthèse, cette réaction chimique qui permet aux êtres vivants d'utiliser le dioxyde de carbone pour produire le dioxygène.

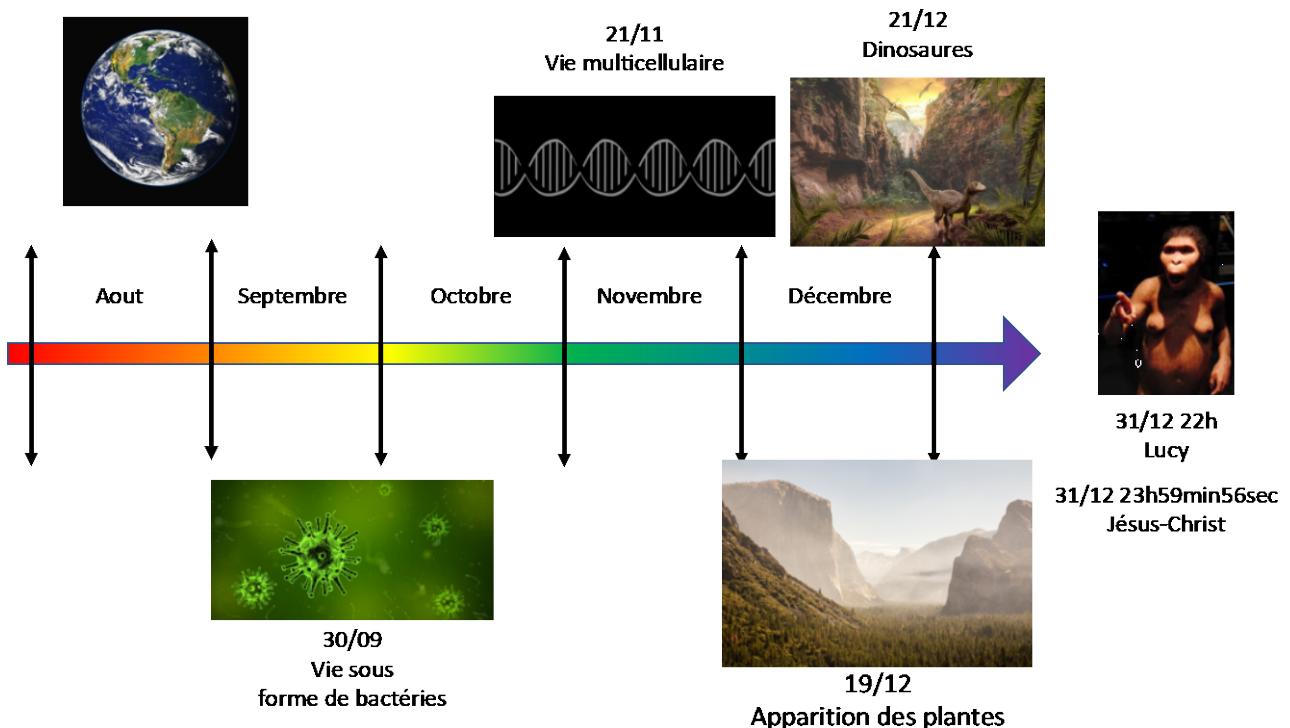


Elle fait son apparition entre - 2,8 et - 2,4 Ga. Dans ce processus, le dioxygène est rejeté dans le milieu de vie. Il s'accumule dans les océans avant de se diffuser dans l'atmosphère et de permettre le développement de la vie animale et humaine.



Bien que processus d'apparition des roches et des espèces vivantes arrive tard lors de l'histoire de la théorie du bigbang, il est à l'origine de la grande diversité des espèces minérales mais aussi organiques comme les animaux et les végétaux.

Reprenons notre histoire de la création de l'Univers en un an... L'apparition de la Terre se fait début du second semestre. Puis tout doucement les bactéries apparaissent et plus tardivement la vie multicellulaire puis les plantes. La photosynthèse ne fait son apparition que le 19 décembre avec l'arrivée des plantes. Mais l'Homme n'est toujours pas là... En effet, nous apparaissions que le 31 décembre finalement...



Lors de ce chapitre, l'ensemble de la diversité de la matière sera étudié. Une première approche sur l'étude des roches par leurs minéraux et leur cristallographie va être menée. Nous verrons ce qui caractérise une roche et ce qui fait changer leurs caractéristiques macroscopiques. Nous nous intéresserons après à une organisation de la matière dite « supérieure » comme la cellule et en quoi sa découverte a révolutionné notre compréhension de la vie. Une troisième partie sera consacrée à la compréhension de la photosynthèse, mécanisme qui a permis l'apparition de la vie animale mais surtout humaine. Enfin une dernière partie sera consacrée aux échanges entre l'Homme et son milieu d'un point de vue énergétique.



Au cours de ce 1<sup>er</sup> chapitre, nous étudierons avant tout les divers liens entre la cristallographie et la roche, puis nous nous intéresserons aux cristaux, aux minéraux. Nous nous arrêterons alors sur les différents procédés de cristallisation. Nous nous attarderons sur la composition d'une roche puis nous finirons par l'étude de structures cristallines biologiques.

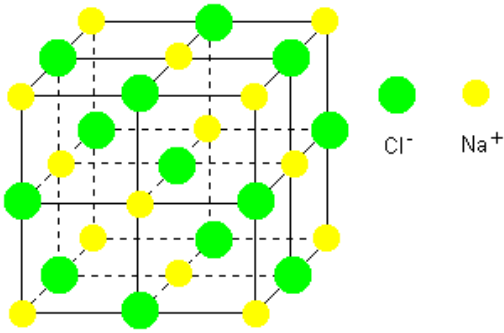
### Q COMPÉTENCES VISÉES

- Distinguer en termes d'échelle et d'organisation spatiale la maille, le cristal, le minéral et la roche.
- Relier l'organisation de la maille au niveau microscopique à la structure du cristal au niveau macroscopique.
- Expliquer et caractériser deux réseaux cristallins : le réseau cubique simple et le réseau cubique à faces centrées.
- Mettre en relation la structure d'une roche avec ses conditions de refroidissement.



# Première approche

## Un sel parmi les autres



### Le chlorure de sodium, un sel parmi les autres.

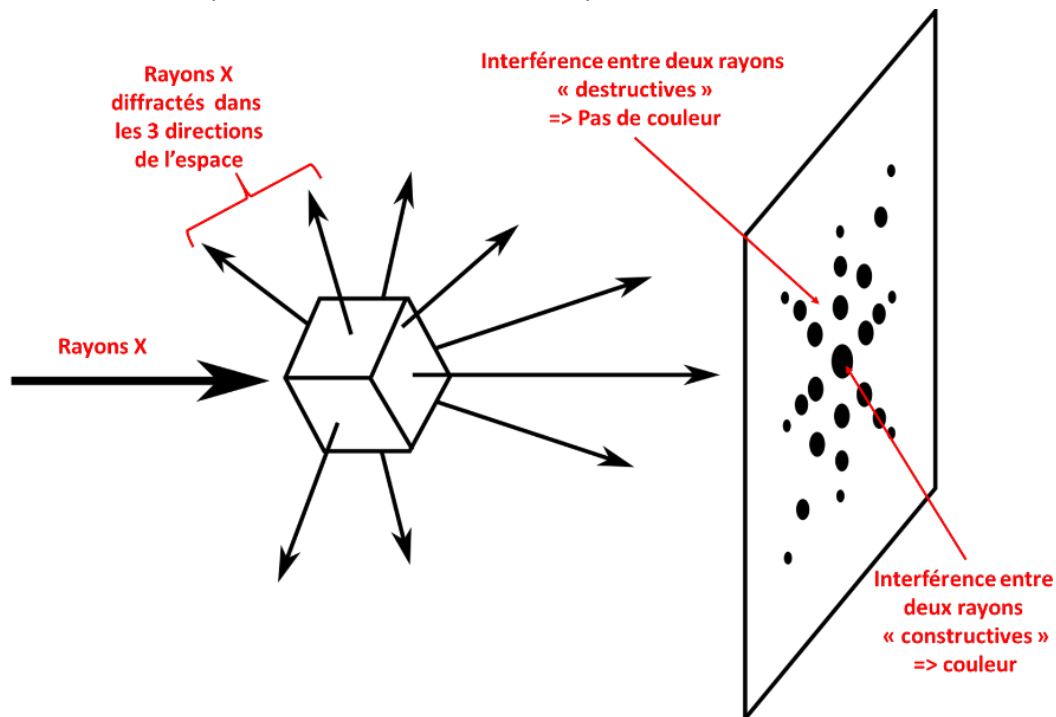
L'arrangement des ions dans le cristal de sel est à l'origine de la forme régulière des cristaux que nous pouvons observer de nos propres yeux : une organisation régulière en cubes, qui se répètent dans les trois directions de l'espace. Le cristal du chlorure de sodium est constitué de cations  $\text{Na}^+$  et d'anions  $\text{Cl}^-$  régulièrement disposés dans l'espace selon un réseau cubique.

Mais quelle est précisément la structure de la maille élémentaire du cristal (la plus petite partie de l'espace qui se reproduit identique à elle-même dans tout le cristal) ?

En 1895, le physicien allemand Wilhelm Röntgen (1845-1923) découvre un rayonnement possédant des propriétés non-connues jusqu'alors qu'il nomme rayons X. Cette découverte va chambouler les savoirs et de nombreuses découvertes vont découler de ses rayons X.

En 1912, Max von Laue (1879-1960), reconnaît la nature électromagnétique de ce rayonnement et constate que lorsqu'un faisceau de rayons X entre dans un solide cristallin, les rayons sont dispersés dans toutes les directions par la structure du cristal.

Or, dans certaines directions, ces rayons dispersés interfèrent pour se détruire ce qui provoque une absence de couleurs, alors que dans d'autres directions, ils interfèrent pour « se renforcer » ce qui donne des maxima d'intensité lumineuse. On parle alors de diffraction des rayons X.



Ainsi, dès 1912, la structure du cristal de chlorure de sodium est découverte par les australiens William Henry Bragg (1862-1942) et son fils William Lawrence Bragg (1890-1971). Les deux physiciens établissent que le chlorure de sodium est un assemblage d'ions sodium et chlorure basé sur une structure cubique à faces centrées (CFC). Cette découverte leur vaudra en 1915 le prix Nobel de physique.

La structure cubique à faces centrées se forme de la manière suivante :

- Les ions chlorures occupent les sommets du cube et les centres des faces.
- Les ions sodium se situent au milieu des arêtes et au milieu du cube.



## RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

D'après des recherches et les documents présentés précédemment, répondez à ces questions.

1. Qu'est-ce qu'une structure en perspective cavalière ? Schématisez-en une.

.....

.....

2. Dessinez une face d'une structure cubique à face centrée en représentant les deux atomes de couleurs différentes.

.....

.....

3. Dessinez alors la structure cubique à faces centrées du chlorure de sodium sachant que la maille est composée de :
  - d'un ion  $\text{Cl}^-$  placé à chaque sommet de la maille.
  - d'un ion  $\text{Na}^+$  au centre de chaque face de la maille.

4. En fonction de sa position dans la maille, un ion peut « se partager » avec les mailles voisines. Exemple : un ion chlorure au centre d'une face du cube compte pour moitié dans la maille car il appartient aussi à la maille « d'à côté ».  
Dénombrez le nombre d'ions rouges dans une maille. Que remarquez-vous ?

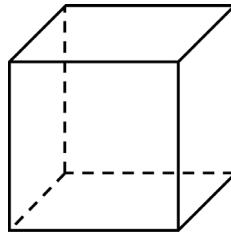
.....

.....

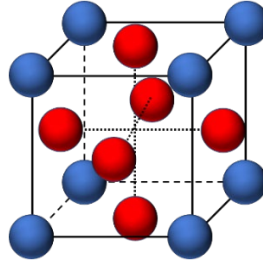
.....



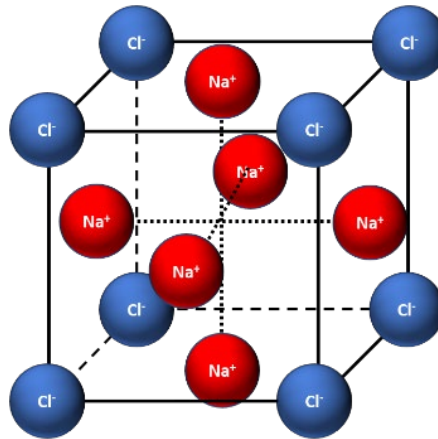
1) La perspective cavalière est une technique de dessin qui permet de représenter des solides en donnant l'impression de volume.



2) La maille cubique à faces centrées a deux types d'atomes : un type d'atome se situe au centre de chaque face et un autre type d'atome à chaque sommet de la maille.



3)



4) Il y a 6 ions rouges (ils sont au milieu de chaque face et il y a 6 faces). Un ion est partagé sur deux mailles.

Alors si 1 atome = 2 mailles, alors 1 maille =  $\frac{1}{2}$  ion.

Donc  $6 \times \frac{1}{2}$  ion = 3 ions. Il y a trois ions rouges dans la maille.



## LES CRISTAUX : DES ÉDIFICES ORDONNÉS

### De l'observation des roches à l'étude de la cristallographie

L'observation au quotidien des « cailloux », de rochers, de pierres lorsque nous nous baladons met en avant une importante diversité de roches présentes sur Terre. Celles-ci peuvent avoir de grandes différences de couleurs, de formes, de textures, de perméabilité ou de dureté.

Basalte



Roche sédimentaire



Sable



De telles différences macroscopiques résultent d'assemblages microscopiques variés au sein de sa composition chimique et de sa structure. La science permettant l'étude de cette variété est la cristallographie.



## RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Afin de visualiser la composition d'un minéral, voici un site intéressant : [www.librairiedemolecules.education.fr/outils/minusc/app/minusc.htm](http://www.librairiedemolecules.education.fr/outils/minusc/app/minusc.htm)

Dans l'onglet **fichier**, sélectionnez le diamant.

4. De quel(s) atome(s) est composé le diamant ?

---

---

5. Après avoir fait tourner l'image au centre sur elle-même, définissez la forme géométrique de la maille ? Schématisez la maille obtenue.

---

---

Dans l'onglet **fichier**, sélectionnez le graphite.

6. De quel(s) atome(s) est composé le graphite ?

---

---

7. Après avoir fait tourner l'image au centre sur elle-même, définissez la forme géométrique de la maille ? Schématisez la maille obtenue.

---

---

8. Qu'observez-vous ? Que pouvez-vous conclure sur l'impact de la structure cristalline sur les propriétés macroscopiques des matériaux ?

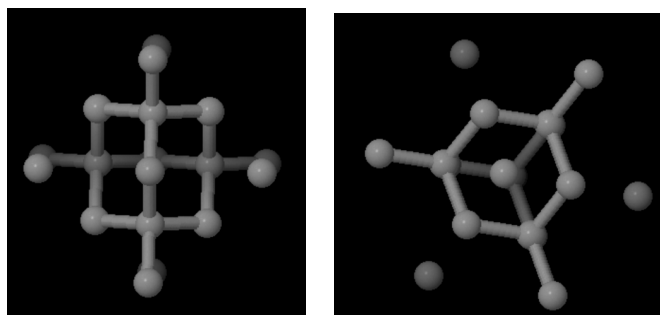
---

---

---

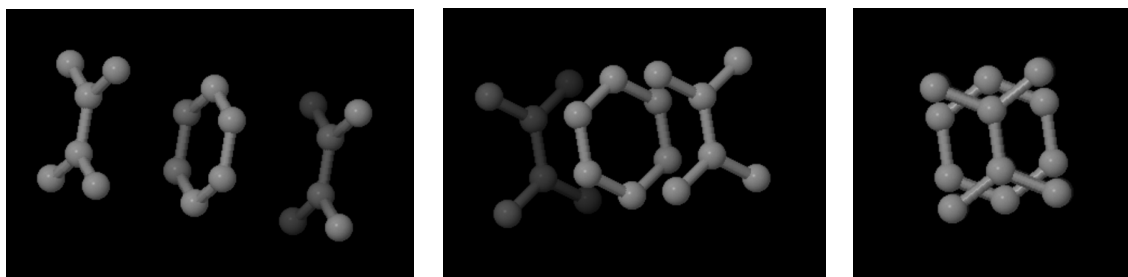
---

Lorsqu'on clique sur le fichier diamant, il apparaît une maille. De nombreux paramètres scientifiques apparaissent, mais en bas à gauche sont indiqués les atomes qui composent les diamants. Dans le cas étudié, le diamant se compose uniquement de carbone. En cliquant sur l'image et bougeant la souris, on peut faire pivoter l'image. Le diamant la forme comme ci-dessous.



On voit une structure en 3D c'est-à-dire dans toutes les directions de l'espace.

Le graphite est lui-aussi composé uniquement de carbone. Mais la différence est la manière dont sont associés les atomes. Ils ne sont reliés que dans deux directions et le graphite est une sorte de superposition de « feuilles » d'atomes de carbone.



Or un diamant est beaucoup plus solide que le graphite qui compose nos mines de « critérium ». Comment l'expliquer ?

Cela ne vient pas des atomes qui composent l'ensemble puisque dans notre cas, il est évident qu'ils sont composés des mêmes atomes.

La différence vient uniquement de l'assemblage de l'ensemble dans l'espace des atomes, c'est-à-dire de la structure cristalline.



## LES CRISTAUX : DES ÉDIFICES ORDONNÉS

### Les cristaux

Si nous pouvions rétrécir de taille jusqu'au point de nous promener à l'intérieur des roches et des minéraux, nous verrions un empilement de sphères plus ou moins grandes, les plus petites prenant place dans les espaces laissés libres par les plus grosses. Ce sont des atomes ou des ions.

Pour certains minéraux, nous pourrions voir des atomes de chlore et de sodium, pour d'autres du soufre et du fer voire pour d'autres encore, du calcium, du carbone et de l'oxygène mais aussi des ions comme les ions sodium  $\text{Na}^+$  et chlore  $\text{Cl}^-$ .

Ces multiples combinaisons d'atomes, caractéristiques d'un minéral donné, constituent la composition chimique.

Quelle que soit la composition chimique, les atomes adoptent un arrangement géométrique parfaitement ordonné. Les plus volumineux s'arrangent de manière à remplir l'espace le mieux possible, les plus petits occupent les interstices (espaces) laissés libres entre les plus gros.

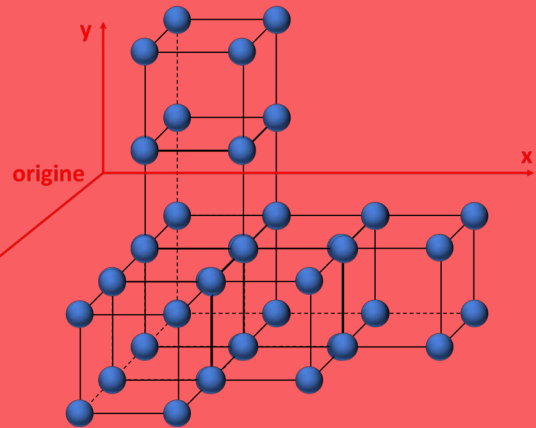
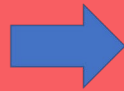
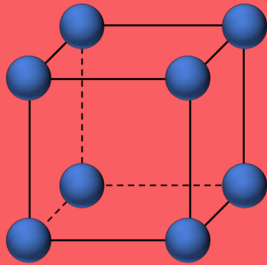


## L'ESSENTIEL

Cet arrangement géométrique parfaitement ordonné qui se prolonge indéfiniment dans toutes les directions de l'espace caractérise la structure cristalline du cristal. On dit que la structure cristalline est une répétition périodique de la maille élémentaire.

### Structure cristalline

#### Maille élémentaire



## JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

Faites une phrase comportant les termes « cristal », « structure cristalline », « maille élémentaire » et « espace ».



## UN PEU DE CALCULS

Recherchez la conversion entre les picomètres (pm) et les mètres (m) ?

Convertissez selon l'unité demandée en écriture scientifique.  
(Exemple :  $2\text{pm} = 2 \times 10^{-12}\text{ m}$ ).

10 pm :		m
100 pm :		m
0,1 pm :		m
$3,5 \times 10^{-10}\text{ m}$ :		pm
$0,2 \times 10^{-12}\text{ m}$ :		pm
$5,2 \times 10^{-11}\text{ m}$ :		pm

Un picomètre renvoie à  $10^{-12}$  mètres. Un picomètre revient à diviser par un milliard un millimètre. Pour déterminer la taille en mètres, il suffit de rajouter  $10^{-12}$  mètre après une mesure, telle que 2 pm est égal à  $2 \times 10^{-12}$  mètre.

On obtient alors les valeurs suivantes :

- 10 pm :  $10 \times 10^{-12}$  m
- 100 pm :  $100 \times 10^{-12}$  m
- 0,1 pm :  $0,1 \times 10^{-12}$  m

Or ce ne sont pas des écritures scientifiques pour ces trois premières conversions. Elles doivent être de la forme :

$$a, b \times 10^{\alpha}$$

avec a compris entre 1 et 9, b un chiffre compris entre 0 et 9 et  $\alpha$  une puissance.

10 pm :	$10 \times 10^{-12}$ m
100 pm :	$100 \times 10^{-12}$ m
0,1 pm :	$0,1 \times 10^{-12}$ m
$3,5 \times 10^{-10}$ m :	350 pm
$0,2 \times 10^{-12}$ m :	0.2 pm
$5,2 \times 10^{-11}$ m :	52 pm



## LES CRISTAUX : DES ÉDIFICES ORDONNÉS

### Les minéraux

Comme vu précédemment, la structure d'un minéral s'étend indéfiniment dans les trois directions de l'espace par juxtaposition successive de cubes élémentaires.

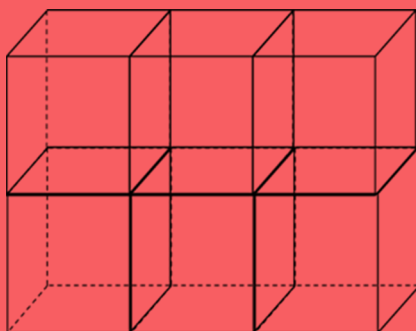
La structure cristalline est alors complètement décrite lorsqu'on a défini :

- le motif, c'est-à-dire le plus petit groupement d'atomes (ou l'atome) qui, indéfiniment répété dans les trois directions de l'espace, constitue le minéral.
- la maille élémentaire, c'est-à-dire le cube qui, par juxtaposition successive dans les trois directions de l'espace, construit le minéral dans son entier. La maille élémentaire définit en fait le schéma de répétition du motif.



### L'ESSENTIEL

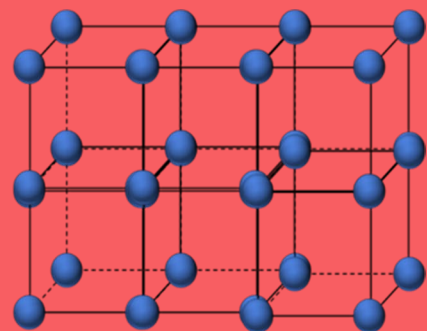
Réseau cristallin + Motif = Structure cristalline



Réseau cristallin



Motif élémentaire



Structure cristalline

La notion d'espèce minérale n'est pas du tout comparable à celle d'espèce animale ou végétale. Elle repose uniquement sur deux entités qui sont :

- la composition chimique d'une part,
- la structure cristalline d'autre part.

Afin d'étudier deux réseaux, nous allons définir une maille ainsi que sa taille.

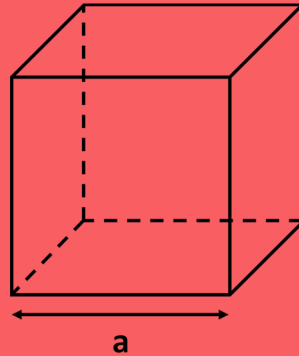


## L'ESSENTIEL

Une maille est de nature cubique et va être le siège d'atomes qui seront disposés de certaines manières.

Le dessin ci-dessous représente sa perspective cavalière.

$a$  est le paramètre de la maille, soit la longueur de l'arête.



## JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

Définissez les termes suivants.

- Maille :

---

---

- Motif cristallin :

---

---

- Maille élémentaire :

---

---

- Structure cristalline :

---

---

**Maille** : Cube qui est le siège des atomes.

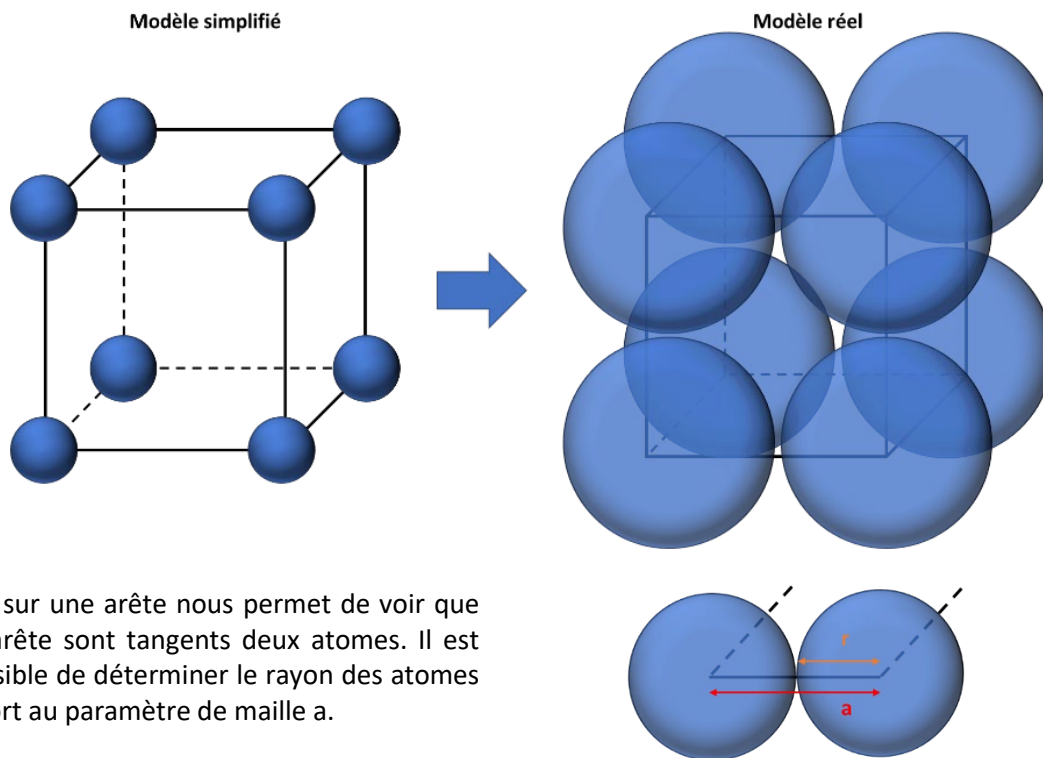
**Motif cristallin** : Atome ou groupes d'atomes composant la maille.

**Maille élémentaire** : Motif de base qui se répète de manière indéfinie dans l'espace.

**Structure cristalline** : Structure issue de la répétition du motif cristallin.

Prenons le cas de la maille cubique simple :

Cette maille comporte huit atomes en ses sommets comme le représentent les schémas ci-dessous :

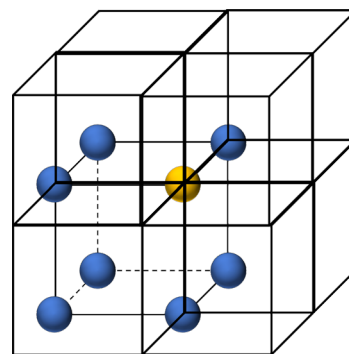


### RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

A première vue, on pourrait penser qu'un atome chlore appartient à une seule maille... Mais c'est une erreur.

Un atome situé au sommet d'une maille comme l'atome jaune, appartient aussi aux mailles tangentes comme le montre la figure ci-contre.

Or si un atome appartient à 8 mailles, quelle fraction de cet atome appartient à une seule maille ?



.....

.....

.....

Un atome (ou ion) est partagé équitablement entre 8 mailles.

Une maille contient alors  $\frac{1}{8^{\text{ème}}}$  de cet ion ou atome.

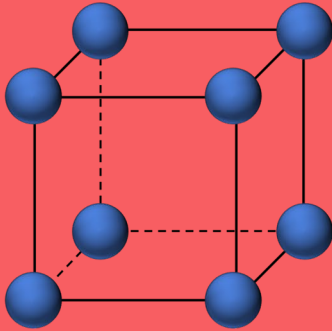


## L'ESSENTIEL

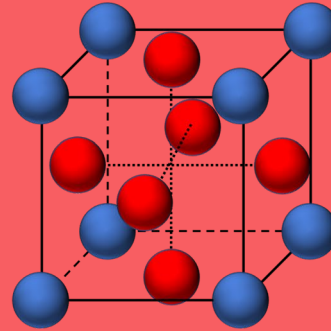
Il existe deux structures cristallines à connaître : la structure cubique simple et la structure cubique à faces centrées.

La structure cubique simple ne porte des atomes qu'au niveau de ses sommets (atomes en bleu) alors que la structure cristalline cubique à faces centrées porte elle des atomes à ses sommets (en bleu) mais aussi au milieu de ses faces (en rouge). Les atomes bleus et rouges sont de nature différente.

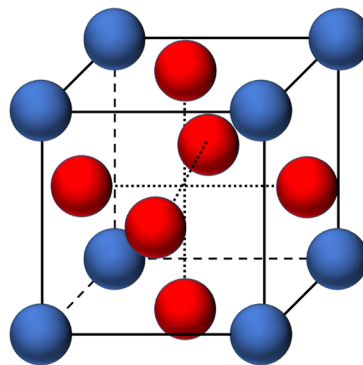
Structure Cubique Simple



Structure Cubique à faces centrées



## RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE



Déterminez le nombre d'atomes dans une maille cubique à faces centrées :

Donnez le nombre d'atomes bleus au sommet d'une maille. Donnez le nombre d'atomes rouges. Quelle est la fraction d'un atome bleu au sommet de la maille dans une seule maille ? De rouge ?

Calculez le nombre d'atomes bleus présents dans une seule maille. De rouge ?

Combien y a-t-il d'atomes au total dans une maille cubique à faces centrées ?



Chaque maille comporte 8 atomes bleus et 6 atomes rouges.

Or nous avons vu qu'un atome bleu était partagé entre 8 mailles. Chaque maille contient donc  $\frac{1}{8^{\text{ème}}}$  atome à chaque angle. Le nombre d'atomes bleus dans la maille est alors de  $8 \times \frac{1}{8^{\text{ème}}} = 1$  (car il y a 8 sommets dans une maille).

De même, un atome rouge est partagé entre deux mailles. Chaque maille contient sur chaque face  $\frac{1}{2}$  atome.

Le nombre d'atomes rouges dans la maille est alors de  $6 \times \frac{1}{2} = 3$  (car il y a 6 faces dans une maille).

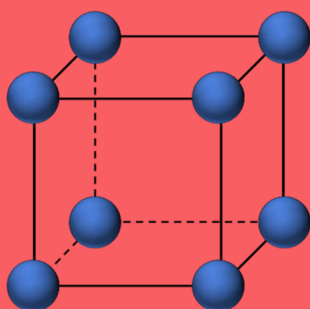
Il y a donc au total 4 atomes dans la maille, 3 rouges et 1 bleu.

Une autre donnée de la maille est très importante : il s'agit de la compacité. Elle correspond au rapport du volume occupé par les atomes dans une maille sur le volume de la maille. Dans le cas d'une maille cubique simple, il vaut 0,52 alors que dans le cas d'une maille cubique à faces centrées, il est de 0,74.



## L'ESSENTIEL

### Structure Cubique Simple



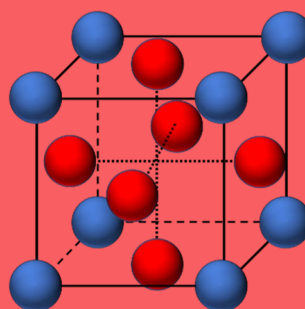
Nombres d'atomes par maille :

$$V = 8 \times \frac{1}{8} = 1$$

Compacité :

0,52

### Structure cubique à faces centrées



Nombres d'atomes par maille :

$$V = 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$$

Compacité :

0,74



## JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

Définissez la compacité d'une maille élémentaire.

---

---

Les propriétés macroscopiques d'un cristal dépendent de sa composition mais aussi de sa structure cristalline. Intéressons-nous à la masse volumique d'un cristal.

La masse volumique  $\rho$  est une grandeur physique caractéristique d'un composé. Il s'agit de la masse du composé par unité de volume. Son unité peut être g/L, kg/L, g/cm<sup>3</sup>. Concrètement, cette masse volumique permet de connaître la masse d'un certain volume de composé.

Si on prend l'exemple de la masse volumique de l'eau qui est de 1 000 g/L. Cela signifie que 1 litre d'eau pèse 1000 grammes.



## L'ESSENTIEL

La masse volumique d'un cristal dépend uniquement de la composition du cristal. Il faut donc appliquer la formule suivante :

$$\rho_{cristal} = \frac{N \times M_{atome}}{N_a \times a^3}$$

Avec N le nombre d'atomes présents dans la maille,  $M_{atome}$  la masse molaire de l'atome (g/mol),  $N_a$  le nombre d'Avogadro ( $\text{mol}^{-1}$ ) et a la longueur de la maille (m).

Exemple de calcul de la masse volumique d'un cristal de maille cubique simple de carbone avec  $M_{\text{Fe}}=55,85\text{g/mol}$ ,  $N_a$  le nombre d'Avogadro  $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ . Les atomes de Fer ont un rayon de 140 pm.

Il faut déjà convertir 140 pm en mètre.  $140 \text{ pm} = 140 \times 10^{-12} \text{ m}$ .

Il s'agit ici d'une maille cubique simple donc  $a = 2 \times R_{atome}$ . En effet, la longueur d'une maille est composée de deux atomes. Donc  $a = 2 \times 140 \text{ pm} = 280 \text{ pm} = 280 \times 10^{-12} \text{ m}$ . De même, dans une maille cubique simple, le nombre d'atome dans la maille est de 1.

Le calcul est donc de :

$$\rho_{cristal \text{ de fer}} = \frac{N \times M_{atome}}{N_a \times a^3} = \frac{1 \times 55,85}{6,02 \times 10^{23} \times (280 \times 10^{-12})^3} = 4\,230\,000 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \text{ soit } 4,32 \text{ g/cm}^3$$



## UN PEU DE CALCULS

Déterminez la masse volumique de l'or selon les deux structures vues précédemment (structure cubique simple et structure cubique à faces centrées) avec les données suivantes :  $a = 272 \text{ pm}$  ;  $N_a = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  et  $M_{\text{Or}} = 196 \text{ g.mol}^{-1}$ .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

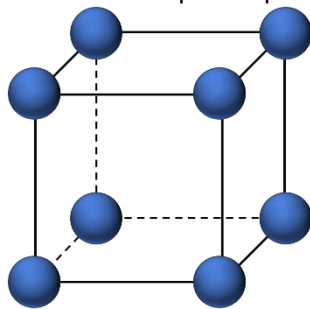
.....

.....

.....

.....

Commençons par le premier cas, celui de la maille cubique simple.



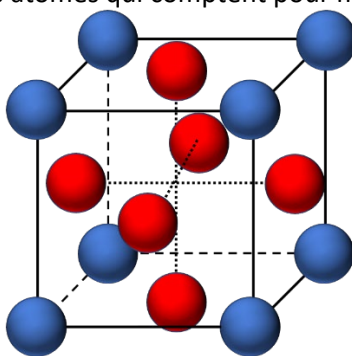
Dans le cas présent, il n'y a qu'un seul atome dans la maille comme nous avons vu précédemment.

Commençons par déterminer la longueur de la maille en m : 272 pm = 272 x 10<sup>-12</sup> m.

La détermination de la masse volumique du cristal est :

$$\rho_{\text{maille cubique simple d'Or}} = \frac{N \times M_{\text{atome}}}{N_a \times a^3} = \frac{4 \times 196}{6,02 \times 10^{23} \times (272 \times 10^{-12})^3} = \frac{1 \times 196}{1,21 \times 10^{-5}} = 16\,200\,000 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \text{ soit } 16,20 \text{ g/cm}^3$$

Le second cas est celui de la maille cubique à faces centrées composée uniquement d'atomes d'Or (les couleurs ne servent qu'à mieux voir les atomes qui comptent pour moitié ou pour 1/8<sup>ème</sup> de chaque maille).



Précédemment, nous avons vu qu'il y avait 3 atomes rouges et 1 bleu. Il y a donc 4 atomes dans la maille. Il y a donc 4 atomes d'or.

Déterminez la masse volumique de la maille.

$$\rho_{\text{maille cubique à faces centrées d'Or}} = \frac{N \times M_{\text{atome}}}{N_a \times a^3} = \frac{4 \times 196}{6,02 \times 10^{23} \times (272 \times 10^{-12})^3} = \frac{4 \times 196}{1,21 \times 10^{-5}} = 64\,720\,000 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \text{ soit } 64,72 \text{ g/cm}^3$$



## JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

Définissez la masse volumique d'une maille.

.....

.....

Ecrivez la formule permettant de la calculer.

.....

.....

.....

.....

Définissez la masse volumique d'une maille.

Il s'agit de la masse pour un volume donné d'un composé. Ici ce sera la masse des atomes présents dans la maille divisée par le volume de la maille.

Ecrivez la formule permettant de la calculer.

$$\rho_{\text{cristal}} = \frac{N \times M_{\text{atome}}}{N_a \times a^3}$$

Avec N le nombre d'atomes présents dans la maille,  $M_{\text{atome}}$  la masse molaire de l'atome (g/mol),  $N_a$  le nombre d'Avogadro ( $\text{mol}^{-1}$ ) et a la longueur de la maille (m).



## LES CRISTAUX : DES ÉDIFICES ORDONNÉS

### Des processus de cristallisation très différents

Au-delà de ces différences de maille, il existe 3 grandes catégories de roches sur Terre de manière macroscopique :

Les roches sédimentaires sont formées à la surface de la planète et souvent dans l'eau, d'où leurs fréquentes dispositions en lits successifs ou strates et la présence de fossiles.

Elles résultent de l'accumulation de particules et d'éléments minéraux ou organiques. Elles peuvent se former à partir des restes fossilisés de plantes ou d'animaux et/ou résultent de la précipitation de substances dissoutes dans l'eau. Exemples : charbon, pétrole, calcaire coquiller, silex.



Roche sédimentaire

Les roches magmatiques sont quant à elles formées par refroidissement d'un liquide brûlant appelé magma.

On y distingue notamment les roches volcaniques issues d'un refroidissement rapide à la surface de la Terre et les roches plutoniques formées par refroidissement plus lent et solidification du magma en profondeur. Exemples : le granite.



Granite

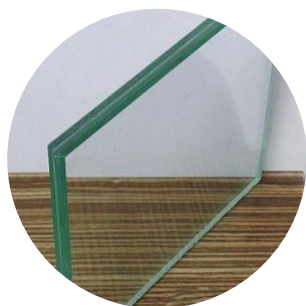
Les roches métamorphiques se forment quant à elles en profondeur par transformation et recristallisation à l'état solide de roches préexistantes sous l'influence des pressions et des températures élevées qui règnent au sein de l'écorce terrestre.

Un marbre par exemple est une roche métamorphique née de la recristallisation en profondeur d'un ancien calcaire.



Marbre

Cependant, l'étude géologique de roches montrent que certaines qui sont composées des mêmes minéraux ont une forme différente. Par exemple, comment est-il possible d'expliquer que nos vitres en verre et le quartz soient différents alors qu'ils sont composés tous deux de silice ?



Vitre en verre



Quartz



## L'ESSENTIEL

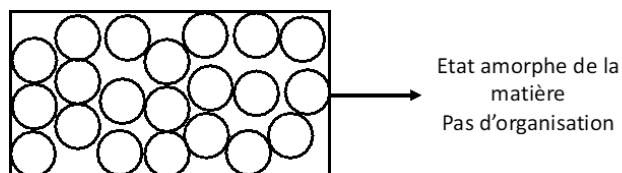
Selon les conditions de refroidissement, les roches d'une même nature vont avoir des structures différentes :



Plus le refroidissement est lent, plus les cristaux, donc les minéraux, seront gros. De même, plus le refroidissement est rapide, plus ils sont petits, voire inexistantes comme c'est le cas du verre.

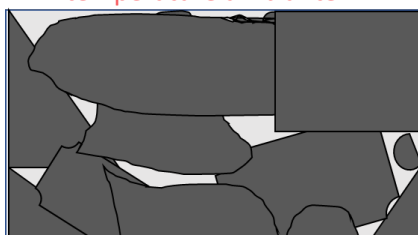
En effet, un matériau amorphe comme le verre a eu un temps de refroidissement extrêmement rapide, tellement rapide que la cristallisation (la formation de cristaux) n'a pas pu avoir lieu. C'est le cas lors d'une « trempe » en chimie. Le milieu devient si visqueux que les atomes (atomes, molécules ou ions) qui constituent le liquide n'ont plus assez de mobilité pour atteindre la position qu'elles auraient dans le solide cristallisé. Elles se retrouvent bloquées dans un état désordonné. On trouve le cas avec certaines roches volcaniques qui par refroidissement tellement rapide de la lave, forment du verre dans leurs compositions.

Un matériau amorphe comme le verre est un matériau qui n'a pas eu le temps de cristalliser comme il aurait pu à cause de son temps de refroidissement. Son état est comparable à l'état désordonné d'un liquide mais dans un milieu solide.



Exemple schématique de l'influence du temps de refroidissement de la vanilline sur la cristallisation des minéraux. La Vanilline avant d'être refroidie a été chauffée dans les mêmes conditions à l'état liquide ( $T > T_{\text{fusion}}$ ). Seules les conditions de refroidissement ont évolué.

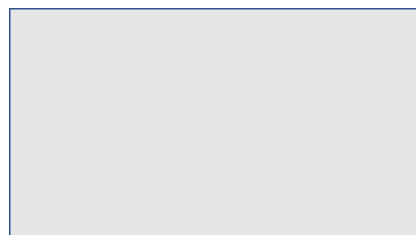
Refroidissement à une température supérieure à la température ambiante.



Refroidissement à température ambiante.



Refroidissement à 0°C



Lors du refroidissement à une température supérieure à la température ambiante, des cristaux ont pu apparaître. Le refroidissement a été lent et les cristaux sont tous de même nature et à peu près de même taille contrairement au refroidissement à température ambiante où les tailles des cristaux sont hétérogènes. Quant au refroidissement par 0°C, la structure est totalement amorphe avec potentiellement seulement quelques inclusions (présence de cristaux n'ayant pas pu se développer), le refroidissement ayant été trop rapide.



### JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

La vitesse de refroidissement d'un minéral peut-il avoir un impact sur la structure des minéraux ?

---



---

Le refroidissement trop rapide d'un minéral fondu (lave) ne va pas permettre la formation de cristaux.

05

## LES CRISTAUX : DES ÉDIFICES ORDONNÉS

La roche : une association de cristaux et de minéraux



### L'ESSENTIEL

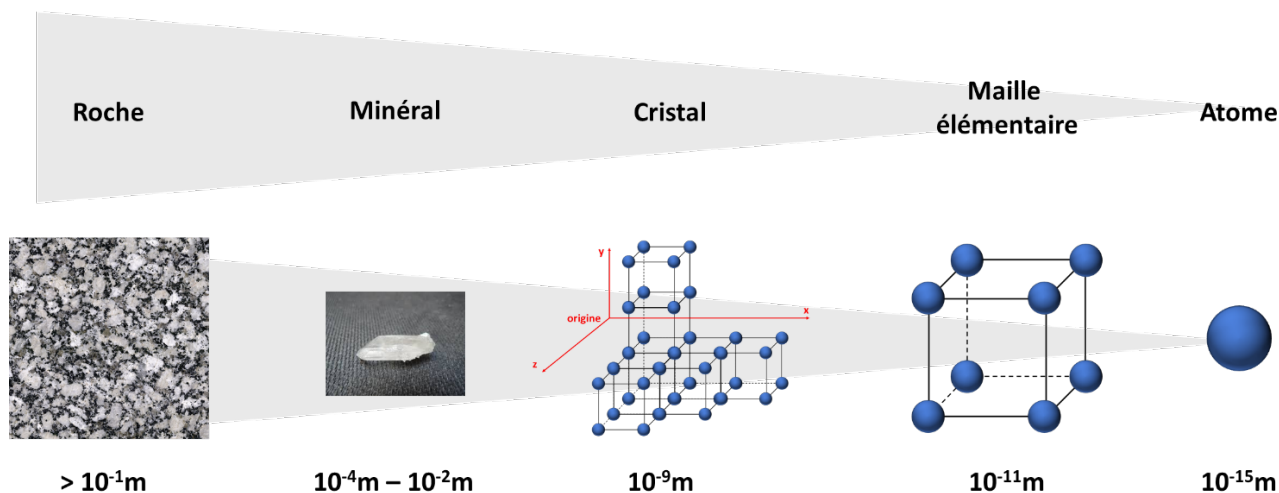
Tout objet macroscopique sur Terre, c'est-à-dire visible à l'œil nu a une origine microscopique.

Les roches sont toutes constituées d'un minéral ou d'un assemblage de minéraux.

Ceux-ci sont définis par une composition chimique et un agencement dans l'espace de leurs atomes qui correspondent à un cristal. En fonction des conditions de refroidissement, le minéral peut être cristallin ou amorphe.

Ce cristal est quant à lui une répétition en trois dimensions d'une maille élémentaire de forme cubique constituée d'atomes.

Voici un schéma résumé reliant une roche macroscopique à un atome :

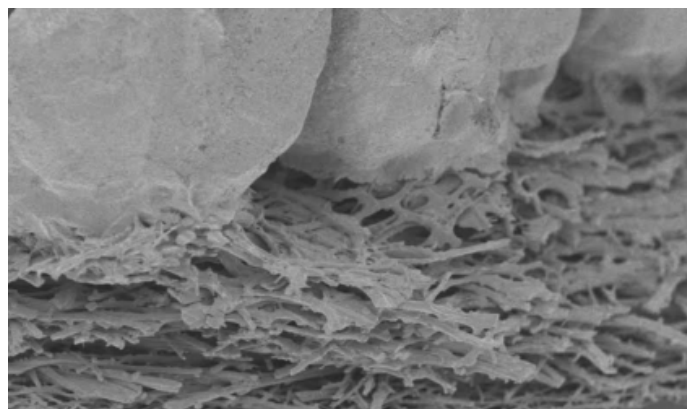


## LES CRISTAUX : DES ÉDIFICES ORDONNÉS

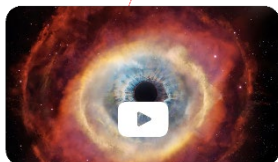
### Structure cristalline d'organismes biologiques

Très souvent lors de la prononciation du mot « cristaux », la première pensée va aux roches... Cependant, il existe bien des cristaux dans des corps organiques.

L'un des exemples est la coquille d'œuf. Une étude de celle-ci met en avant une structure cristalline composée essentiellement de carbonate de calcium.



Il existe d'autres structures cristallines dans les organismes biologiques comme le squelette ou le calcul rénal.



### POUR ALLER PLUS LOIN

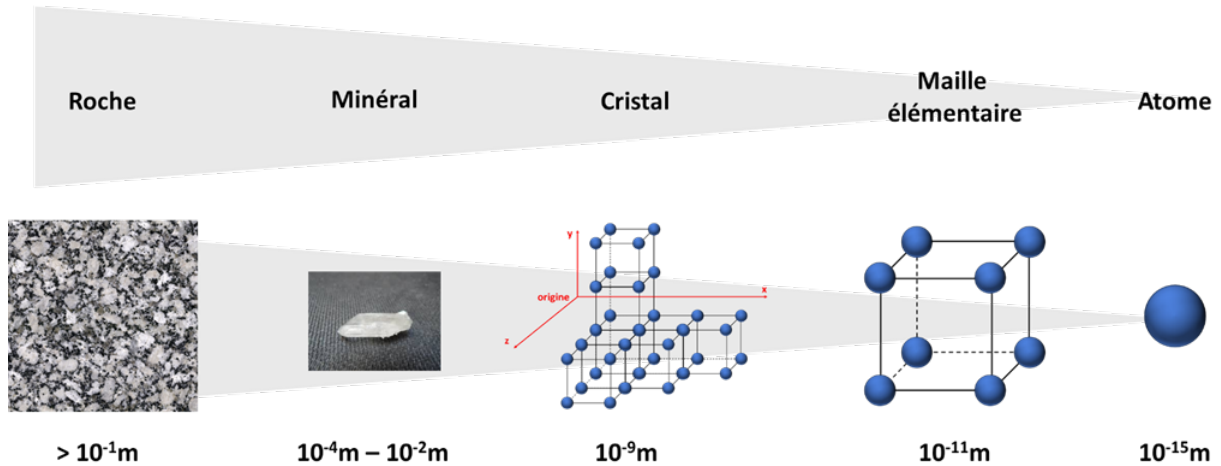
L'histoire de l'évolution des minéraux - documentaire Arte

Collisions, fusions, tectonique des plaques, réactions chimiques ont façonné les minéraux depuis la naissance de la Terre. La plupart d'entre eux doivent cependant leur existence à l'apparition des organismes vivants et à la production d'oxygène qui s'en est suivie. Une nouvelle discipline, la minéralogie évolutive, retrace leur histoire depuis la formation de la Terre, la naissance des premiers micro-organismes et l'oxygénation progressive de l'atmosphère.

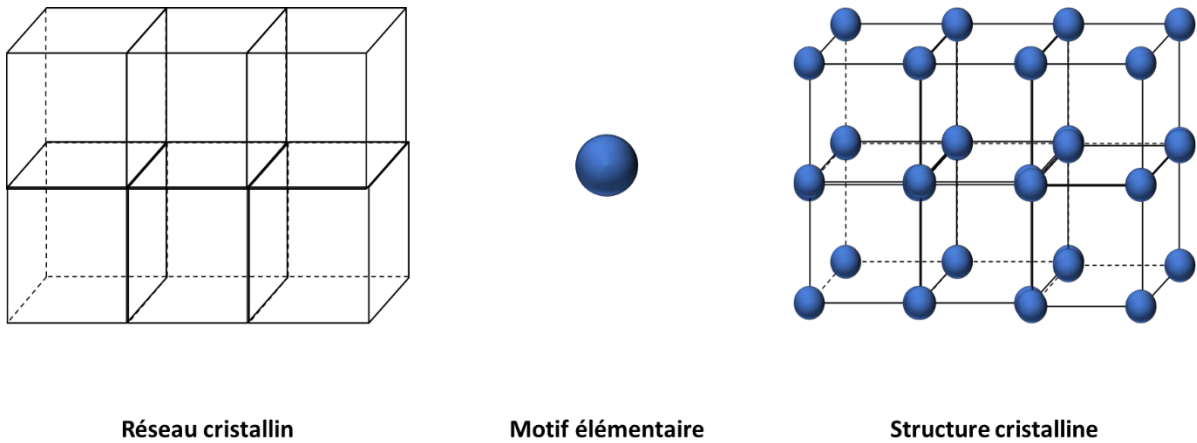
A retrouver sur [YouTube](#) et [Dailymotion](#)

# LE TEMPS DU BILAN

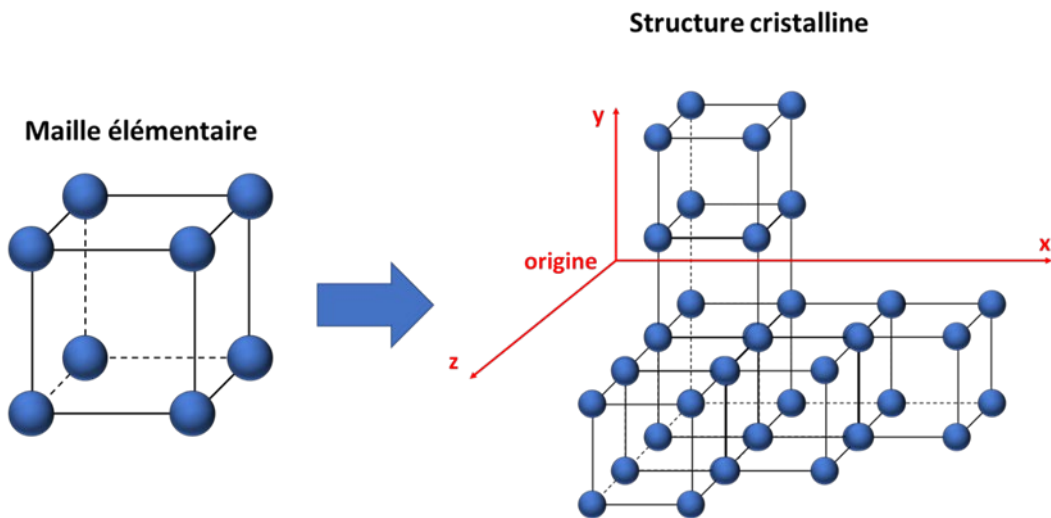
➤ De la roche à l'atome



➤ Structure cristalline d'un minéral = Réseau cristallin + Motif



La géométrie cubique est la plus simple des géométries selon lesquelles les cristaux sont organisés. La structure cristalline est définie par une maille qui se répète dans les trois directions de l'espace périodiquement.

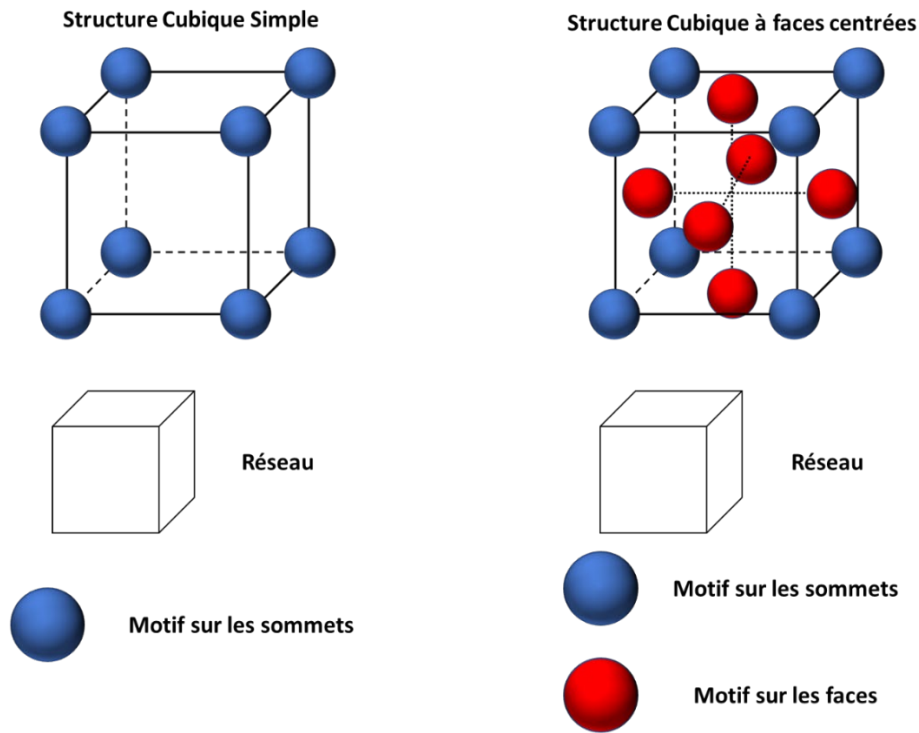




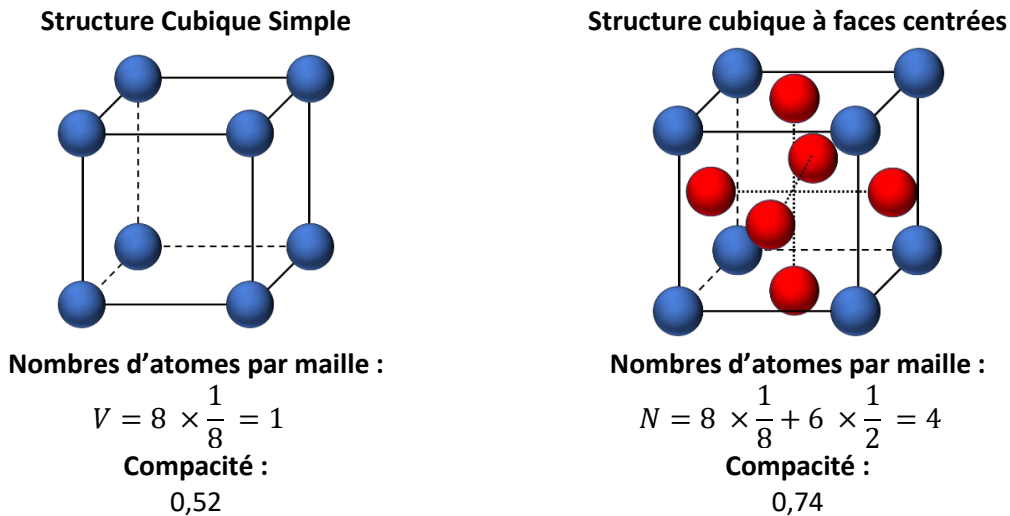
➤ **Deux réseaux sont à connaître**

Pour le réseau cubique simple, les motifs sont sur les sommets du cube alors que pour le réseau cubique à faces centrées, les motifs sont les sommets du cube et aux centres de ses faces.

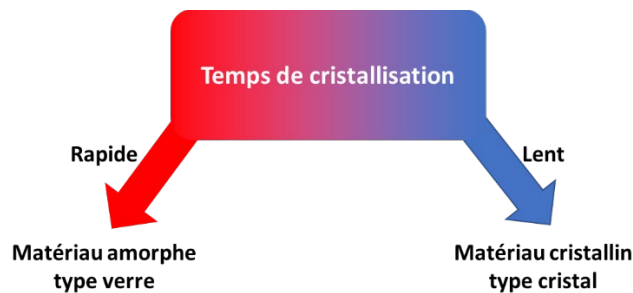
Le paramètre de maille « a » correspond à la longueur de l'arête du cube.



➤ **Caractéristiques de ces deux structures cristallines :**



➤ **Caractéristiques de ces deux structures cristallines :**



Transition : La Terre est donc composée de roches inorganiques, de natures, de formes différentes. Ces différences sont issues des minéraux qui la composent mais aussi de la manière dont elles se sont formées. Cependant, la Terre est aussi composée d'êtres organiques composés de cellules.

Abordons maintenant une série d'exercices, afin de vérifier vos connaissances.  
Les exercices ont été classés dans un ordre d'approfondissement croissant.  
Les réponses aux exercices se trouvent en fin de manuel.

## EXERCICE

01

Répondez à ces quelques questions à choix multiple.

- 1) La maille élémentaire :
  - a) est un assemblage d'atomes ou d'ions sous forme moléculaire.
  - b) est un cube.
  - c) change avec la température.
  - d) peut avoir une taille qui varie avec la position géographique de sa formation.
- 2) Le picomètre est :
  - a) une unité de dureté du cristal.
  - b) change si on se situe dans l'hémisphère nord ou sud.
  - c) une unité de mesure et vaut 10-12m.
  - d) une unité de mesure et vaut 1012m.
- 3) La structure cristalline est :
  - a) une structure tridimensionnelle correspondant à l'arrangement des atomes dans l'espace au niveau du motif élémentaire, appelé maille élémentaire.
  - b) une structure qui se compose de différentes mailles qui sont nécessairement toutes différentes les unes des autres.
  - c) de l'ordre du mètre en termes de taille.
  - d) caractérise la longueur d'une maille.
- 4) Une structure géodésique simple est composée :
  - a) d'atomes ou ions au milieu de chaque arête.
  - b) uniquement d'atomes ou ions à chaque sommet de la maille.
  - c) d'atomes ou ions au milieu de chaque face et à chaque sommet de la maille.
  - d) d'un simple cube sans atome ou maille.
- 5) La compacité est :
  - a) la masse volumique de l'ensemble de la maille.
  - b) la masse volumique de l'ensemble du cristal.
  - c) dépend de la taille de la maille.
  - d) le volume occupé par les atomes comparé au volume d'une maille.
- 6) Le verre est :
  - a) un matériau amorphe issu d'un refroidissement rapide.
  - b) un matériau cristallin issu d'un refroidissement lent.
  - c) un matériau cristallin issu d'un refroidissement rapide.
  - d) un matériau amorphe issu d'un refroidissement lent.
- 7) Une structure cubique face centrée est composée :
  - a) d'atomes ou ions au milieu de chaque arête uniquement.
  - b) d'atomes ou ions à chaque sommet de la maille et au milieu de chaque face.
  - c) d'atomes ou ions au milieu du cube.
  - d) la position des atomes dépend de la nature du minéral.
- 8) La compacité :
  - a) n'est pas une valeur fixe pour une maille donnée.
  - b) correspond à la masse volumique de la maille.
  - c) vaut 0,52 dans une maille cubique simple.
  - d) vaut 0,74 dans une maille cubique simple.

- 9) La structure cubique à faces centrées comporte :
- un atome sur l'ensemble des arêtes et trois atomes au milieu de l'ensemble des faces.
  - un atome au centre de la maille, un sur l'ensemble des arêtes et trois au milieu de chaque face.
  - 3 atomes au milieu de chaque arête et un au milieu de l'ensemble des faces.
  - un atome sur l'ensemble des sommets et 3 au milieu de l'ensemble des faces.
- 10) La masse volumique :
- correspond à la masse des atomes de la maille rapportée au volume de la maille.
  - correspond à la masse des atomes de la maille rapportée au volume des atomes.
  - est la même pour chaque maille cubique simple.
  - vaut 0,52 pour une maille cubique à faces centrées.

## EXERCICE

02

## Vrai ou Faux ?

	V / F
1) La structure cristalline correspond aux réseaux cristallins auxquels ont été rajoutés des motifs tels que des ions ou des atomes	
2) La notion d'espèce minérale dépend de sa composition chimique et de sa structure cristalline.	
3) Une maille peut être d'une autre forme que cubique.	
4) Un atome ou ion qui est au centre d'une face appartient à 1/8ème de cette maille.	
5) Dans une maille, la somme des atomes ou ions est nécessairement égale à 1	
6) La structure cubique à faces centrées se compose d'entités (atomes ou ions) uniquement au centre des faces.	
7) Il est possible de déterminer la longueur d'un parallèle si connaît sa valeur angulaire.	
8) La compacité d'une structure cubique simple est de 0,52.	
9) La compacité d'une structure cubique à faces centrées est de 0,78.	
10) La masse volumique d'un cristal dépend uniquement de la composition du cristal. Sa formule est $\rho_{cristal} = \frac{N \times M_{atome}}{N_A \times a^3}$ .	

## EXERCICE

03

Convertissez dans l'unité demandée et écrivez en écriture scientifique.

1,5 pm => ..... m

319 pm => ..... m

$2,5 \times 10^{-13}$  m => ..... pm

0,027 pm => ..... m

## EXERCICE

04

Quel est le lien entre roches, cristaux et minéraux ?

.....

.....

.....

.....

## EXERCICE

05

Expliquez en quoi deux roches de même composition peuvent avoir deux aspects différents du point de vue des cristaux.

---

---

---

---

---

---

## EXERCICE

06

Quels sont les trois grands types de roches ?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## EXERCICE

07

Classez par ordre de grandeur les termes suivants du plus grand au plus petit : Roche, minéral, atome, maille élémentaire et cristal.

---

---

## EXERCICE

08

Donnez les ordres de grandeurs de tailles des termes suivants : Roche, minéral, atome, maille et cristal.

---

---

---

---

---

---

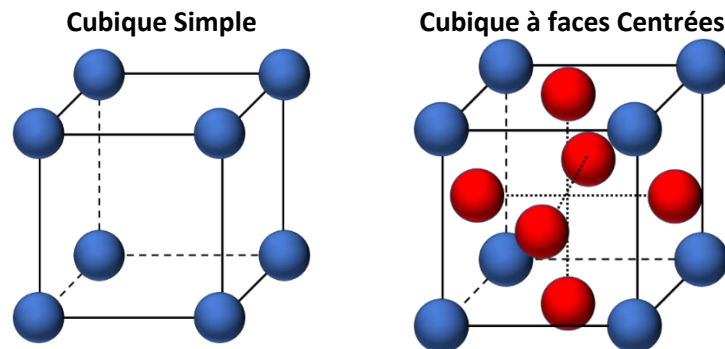
---

---

**Une première activité de calcul.**

L'objectif de cette activité est de voir la détermination par le calcul de la compacité dans une maille et du nombre d'atomes se situant dans cette maille.

Deux mailles vont être étudiées :



Pour rappel, la compacité est l'une des caractéristiques majeures d'une maille. Il s'agit d'une caractéristique intrinsèque d'une maille c'est-à-dire que toutes les mailles cubiques simples ont la même compacité.

La compacité correspond au taux volumique de remplissage de la maille par les atomes. On le calcule grâce au rapport  $\frac{\sum \text{Volume}_{\text{atomes}} \text{ présent dans la maille}}{\text{Volume}_{\text{maille}}}$

**Déterminons ensemble la compacité de la maille cubique simple :**

Le long d'un côté de la maille, on peut observer la présence de deux atomes tangents. Il est donc possible de déterminer le rayon de ces atomes en fonction de  $a$  le paramètre de maille.

Quel est le lien entre  $r$  le rayon de l'atome et  $a$  la longueur de la maille ?

$$r = \frac{a}{2}$$

La compacité est le rapport entre la somme du volume des atomes dans la maille et le volume de la maille. Il est donc nécessaire de déterminer le volume d'un atome et de la maille.

Un peu de formule :

Volume de la maille de forme cubique	Volume de l'atome de forme sphérique
$V_{\text{cube}} = a^3$	$V_{\text{sphère}} = \frac{4}{3} \pi r^3$

Or dans notre cas, le rayon de la sphère correspond à la moitié de l'arête du cube. On peut donc en déduire que :

$$V_{\text{sphère}} = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{a}{2}\right)^3 = \frac{4}{3} \pi \frac{a^3}{8}$$

Une fois le volume d'une sphère déterminé, il faut calculer le volume total des atomes présents dans la maille ( $\sum \text{Volume}_{\text{atomes}}$ ). Pour rappel, il y a 8 fois 1/8ème d'une sphère présente.

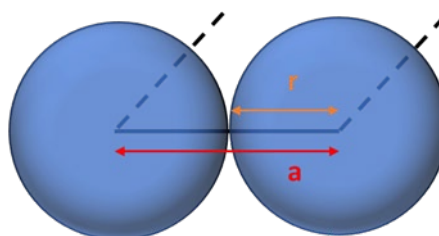
On peut donc conclure que :  $\sum \text{Volume}_{\text{chlorure}} = 8 \times \frac{1}{8} \times V_{\text{atome}} = V_{\text{sphère}}$ .

Attention cela n'est valable qu'avec la maille cubique simple !

Le calcul de la compacité est le suivant :

$$\begin{aligned} \text{Compacité} &= \frac{\sum \text{Volume}_{\text{atomes}}}{\text{Volume}_{\text{maille}}} = \frac{N_{\text{atome}} \times V_{\text{atome}}}{a^3} \\ \text{Compacité} &= \frac{1 \times \frac{4}{3} \pi \frac{a^3}{8}}{a^3} = \frac{1 \times \pi \times 4 \times a^3}{24 \times a^3} = \frac{4 \times \pi \times a^3}{6 \times 4 \times a^3} = \frac{\pi}{6} = 0,52 = 52\% \end{aligned}$$

Voici les caractéristiques de la maille cubique simple :



**Nombre d'atomes dans la maille**

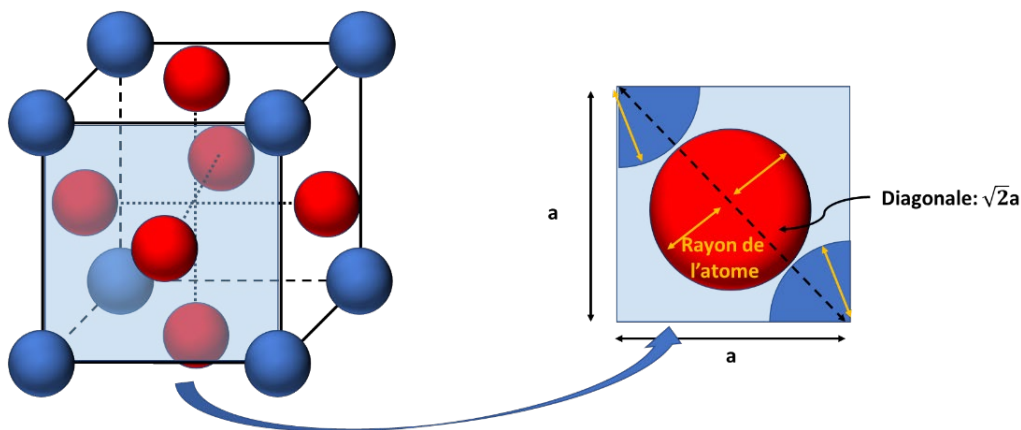
$$8 \times \frac{1}{8} = 1$$

**Compacité**

0,52

Intéressons-nous à la maille cubique à faces centrées portant un même atome aussi bien sur les faces du cube (en rouge) que sur les arêtes (en bleu).

**Pas à Pas**



En zoomant sur une des faces et en appliquant le théorème de Pythagore, il est possible de déterminer la longueur de la diagonale. Celle-ci fait  $\sqrt{2}a$  et comporte quatre rayons R de l'atome.

Si  $4R = \sqrt{2}a$ , combien vaut R ?

---



---

Une fois R déterminé, déterminez le nombre d'atomes présents dans la maille. Attention un atome est partagé avec la maille à côté.

	Nombre d'atomes dessinés	Nombre de maille partageant cet atome	Nombre d'atomes dans la maille
<b>Atomes rouges</b>			
<b>Atomes bleus</b>			

---



---



---



---



---

Calculez alors le volume d'un atome sphérique selon a

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Une maille cubique à faces centrées a donc les caractéristiques suivantes :

Nombre d'atomes dans une maille	Compacité

EXERCICE

10

Le niobium Nb, élément de numéro atomique  $Z = 41$  et de masse molaire  $M = 92,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , cristallise à température ambiante dans la structure cubique simple de paramètre de maille  $a = 330 \text{ pm}$ .  
Données :  $N_a = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

1) Schématisez la maille.

2) Déterminez le nombre d'atomes dans la maille.

3) Calculez la masse volumique  $\rho$  de la maille.

---

---

---

---

---

---

---

---

4) Déterminez le rayon R du niobium.

---

---

---

---

---

---

---

---

5) Définissez et calculez la compacité C de la structure cubique simple.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## EXERCICE

11

L'argent cristallise dans un système cubique à faces centrées de paramètre  $a = 408,6 \text{ pm}$ .

1) Convertissez  $a$  en mètres et écrivez-le en écriture scientifique.

---

2) Quel est le nombre d'atomes d'argent dans la maille ?

---

3) Quelle est alors la compacité de cette maille ? Donnez la définition de compacité ?

---

---

4) Quelle est la valeur du rayon atomique de l'argent en supposant que dans le cas d'un système cubique à faces centrées,  $4R = \sqrt{2}a$  ( $R$  : rayon de l'atome et  $a$  : paramètre de maille) ?

---

---

---

---

---

## EXERCICE

12

Le rayon atomique du sodium est de  $0,190 \text{ nm}$  et sa masse molaire de  $23 \text{ grammes par mole}$ , il cristallise dans une structure cubique simple.

Déterminez sa masse volumique.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## ÉTAT DES LIEUX D'UN DOCUMENT EN LIEN AVEC UNE PROBLÉMATIQUE D'ARGUMENTATION SCIENTIFIQUE

Au cours de cet enseignement, il peut être demandé aux élèves de porter une argumentation scientifique liée à une problématique, en se basant sur un document. Il sera donc absolument nécessaire à l'élève de s'appuyer sur ce(s) document(s) afin de répondre à une problématique.

Au cours de ce chapitre, une méthode de questionnements va être mise en place afin que l'élève puisse relier le document à cette problématique. « L'état des lieux d'un document » est une série de questions auxquelles doivent répondre les élèves afin de mettre en lien le document et l'argumentation scientifique. A l'issue de ces questions, l'élève aura recueilli l'ensemble des informations nécessaires liant le(s) document(s) à la problématique et sera alors apte à argumenter pour répondre à cette dernière.

Pendant ce chapitre, ces questions seront posées par écrit mais au cours des exercices dits « Type Bac », elles devront être analysées au brouillon (ou mentalement) et rapidement (une dizaine de minutes).

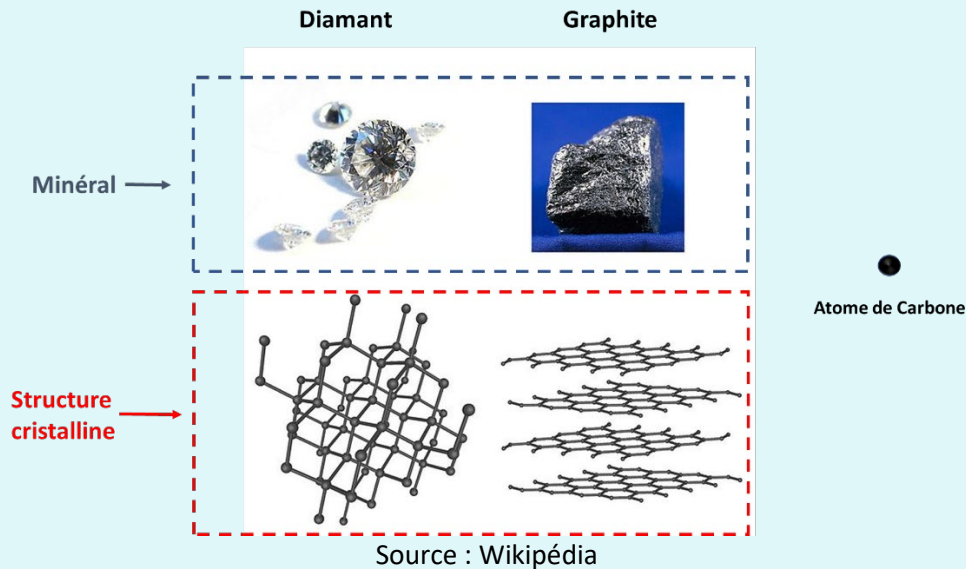
Voici les questions auxquelles vous devrez répondre avec des éléments de réponses :

- **Mots clés de la problématique ? Thématique étudiée ?**
  - ✓ Mise en avant des mots-clés de la problématique ? Thème abordé en lien avec le cours ?
  
- **Reformulation de la problématique et formulation des limites de celle-ci :**
  - ✓ Reformulation de la problématique afin de vérifier la compréhension de l'élève.
  - ✓ Limites de la formulation (limite géographique, temporelle ou liée à une espèce, un minéral, une personne etc.).
  
- **Type de document (nature de celui-ci, origine de celui-ci, date du document, auteurs etc.) :**
  - ✓ Graphique, texte, carte, photographie, coupe géologique, protocole.
  - ✓ Nom de l'auteur, fonction, métiers, s'il s'agit d'une personne connue. Attention toutes ces données ne sont pas forcément présentes.
  - ✓ Texte tiré d'un livre, d'une biographie, de mémoires ; Site internet ; Encyclopédie. Attention toutes ces données ne sont pas forcément présentes.
  - ✓ Document contemporain d'une découverte ou a posteriori. Attention toutes ces données ne sont pas forcément présentes.
  
- **Idée principale du document :**
  - ✓ Idée dégagée par le document, grandes tendances que veut mettre en avant l'auteur ou la source.
  
- **Liens entre le document et la problématique :**
  - ✓ Enoncé des liens entre les documents et la problématique. En quoi le document répond-il ou aide-t-il à répondre à la problématique ?

Si des éléments de réponses ne sont pas donnés, n'hésitez pas à les marquer afin de ne pas les oublier.

Exemple d' « état des lieux du document » en lien avec une problématique.

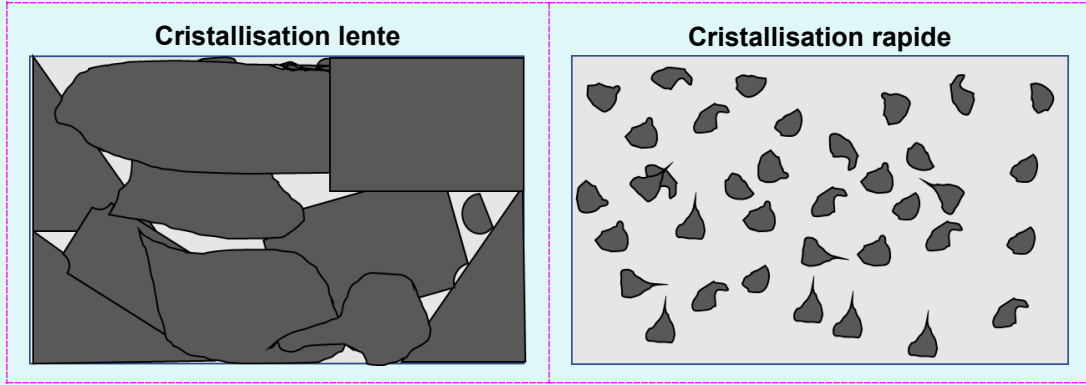
Problématique : La structure cristalline n'impacte pas la nature et les caractéristiques d'un minéral.



- **Mots-clés de la problématique ? Thématique étudiée ?**
  - ✓ Mots-clés : « structure cristalline », « minéral », « nature et caractéristiques ».
  - ✓ Thématique étudiée : « des édifices ordonnés : des cristaux ».
- **Reformulation de la problématique et formulation des limites de celle-ci :**
  - ✓ La problématique pose la question de l'impact de la structure cristalline sur la forme d'un minéral.
  - ✓ La formulation de la phrase sous-entend que la structure cristalline n'impacte pas la nature d'un minéral.
  - ✓ La formulation est ici très restrictive. Cette formulation est piègeuse puisqu'elle sous-entend qu'il n'y a pas de lien entre la structure cristalline et le minéral.
- **Type de document (nature de celui-ci, origine de celui-ci, date du document, auteurs etc.) :**
  - ✓ Le document est une carte où sont présentes deux photographies de minéraux (diamant et graphite) ainsi que leurs structures cristallines.
  - ✓ Document issu de Wikipédia.
- **Idée principale du document :**
  - ✓ Le document met en évidence le lien entre la structure cristalline et la nature des minéraux. Le diamant et le graphite sont tous deux composés uniquement d'atomes de carbone mais ont une structure cristalline différente. Le diamant a une structure autour d'une maille cubique alors que le graphite a une structure en feuillets.
  - ✓ Tous deux ont une forme et des caractéristiques différentes.
- **Liens entre le document et la problématique :**
  - ✓ Le document met en avant deux minéraux différents pourtant composés des mêmes atomes (atomes de carbone).
  - ✓ Ils présentent une structure cristalline différente, le diamant ayant une structure cubique et le graphite ayant une structure en type de feuillets.
  - ✓ Le diamant et le graphite ont donc deux structures cristallines différentes mais sont malgré tout composés des mêmes atomes.

La problématique est donc fautive à la suite de l'étude de ces éléments. La structure cristalline impacte la nature et les caractéristiques d'un minéral.

Problématique : la cristallisation, un phénomène dépendant de sa vitesse de formation.



- Mots-clés de la problématique ? Thématique étudiée ?

---

---

- Reformulation de la problématique et formulation des limites de celle-ci :

---

---

Type de document (nature de celui-ci, origine de celui-ci, date du document, auteurs etc.) :

---

---

---

- Idée principale du document :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- Liens entre le document et la problématique :

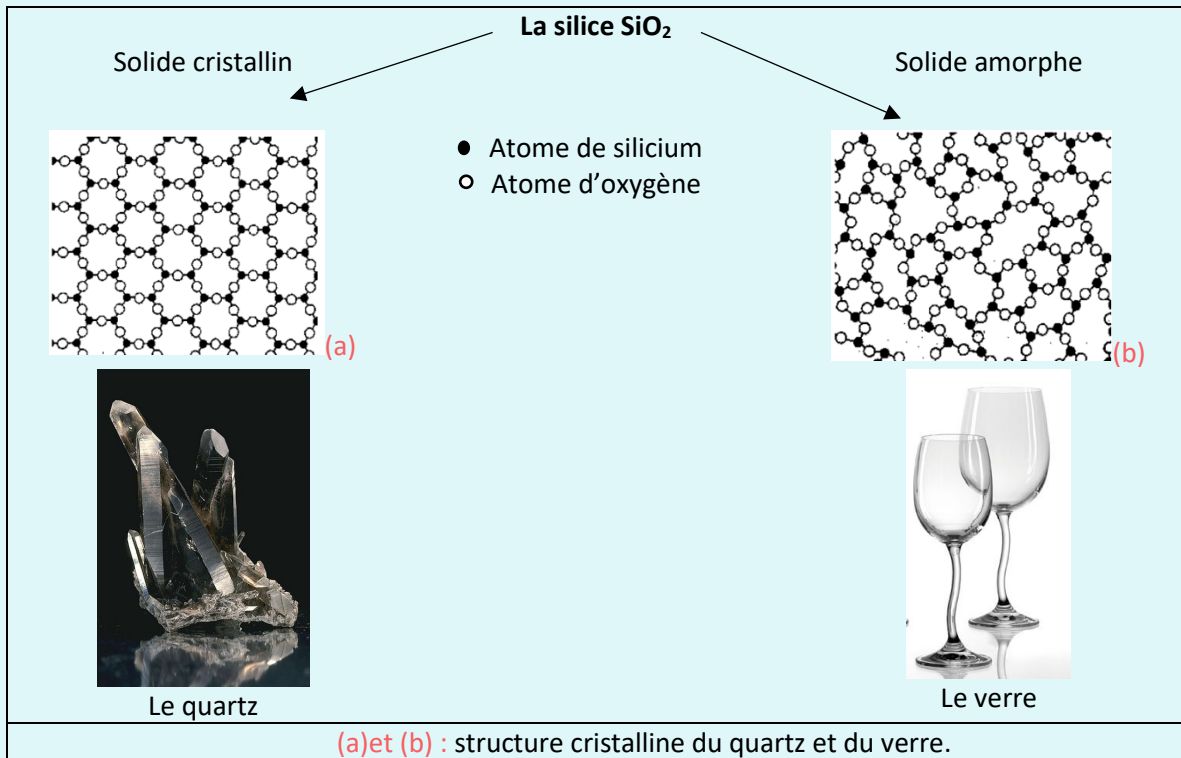
---

---

---

---

Problématique : le verre et le quartz, une même molécule, deux structures cristallines différentes.



- Mots-clés de la problématique ? Thématique étudiée ?

---

---

---

---

- Reformulation de la problématique et formulation des limites de celle-ci :

---

---

---

---

---

---

---

---

- Type de document (nature de celui-ci, origine de celui-ci, date du document, auteurs etc.) :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- **Idée principale du document :**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- **Liens entre le document et la problématique :**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

EXERCICE

15

Problématique : les cristaux, acteurs majeurs du développement de la vie animale.

Minéralisation de l'œuf

Dès l'âge adulte (à partir de 6 mois environ selon les races), la poule pond pratiquement un œuf chaque jour. Par comparaison, une oie n'en pond que 15 à 30 par an ! La poule libère un ovocyte (jaune d'œuf) dans l'oviducte : l'œuf va acquérir successivement ses autres compartiments au cours de son déplacement dans ce long tube, s'entourant d'abord d'un blanc très gélifié et des membranes coquillières pendant près de 4 heures. Puis, il s'hydrate et prend sa forme ovoïde qui sera fixée par calcification de la coquille dans l'utérus. Il faut environ 20 heures pour exporter 6 grammes de calcium et former cette coquille : c'est considérable sachant que cela correspond à près de 10 % du calcium corporel total de la poule.

Ce processus de minéralisation, l'un des plus rapides du monde vivant, se déroule en trois grandes étapes :

- Tout d'abord, pendant 5 heures, les premiers cristaux de calcite se déposent en des sites particuliers à la surface des membranes coquillières. L'œuf est alors mou et dilaté. Les cristaux progressent vers l'extérieur, leur croissance est inhibée vers l'intérieur. Il se forme des cônes inversés qui se rejoignent petit à petit pour constituer une couche compacte polycristalline.
- Le fluide utérin regorge de calcium, de bicarbonates et contient les précurseurs minéraux et organiques de la coquille. Ceci permet à la coquille, dans un deuxième temps, de s'auto-organiser pour former une structure minérale cristalline très solide.
- Enfin, la minéralisation est stoppée une heure avant l'expulsion de l'œuf et une couche externe organique, la cuticule, bouche les pores. La poule forme sa coquille au cours de la nuit. Aussi, elle augmente d'elle-même sa consommation de calcium 4 heures avant extinction des lumières. C'est pourquoi, pour augmenter la solidité de la coquille, les éleveurs mettent à disposition des poules des petits cailloux de calcaire ou de coquillage.

Selon le dossier presse « L'œuf aux trésors » de l'INRA – Mars 2013

- **Mots-clés de la problématique ? Thématique étudiée ?**

---

---

- **Reformulation de la problématique et formulation des limites de celle-ci :**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- **Type de document (nature de celui-ci, origine de celui-ci, date du document, auteurs etc.) :**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- **Idée principale du document :**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- **Liens entre le document et la problématique :**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## EXERCICE

16

Problématique : la coquille d'œuf, une structure minérale avant tout

La structure cristalline de la coquille et son ultrastructure sont parfaitement définies et cette organisation est à l'origine de ses propriétés mécaniques exceptionnelles. La coquille pèse environ 6 grammes : 95 % de minéraux (37,5 % de calcium, 58 % de carbonate, du magnésium et du phosphore) ; 2,4 % de matière organique et 1,6 % d'eau. La résistance de la coquille d'œuf de près de quatre kilos en pression statique est liée à la quantité et à l'organisation des cristaux, elle-même contrôlée par la portion organique de la coquille.

Selon le dossier presse « L'œuf aux trésors » de l'INRA – Mars 2013

- **Mots-clés de la problématique ? Thématique étudiée ?**

---

---

- **Reformulation de la problématique et formulation des limites de celle-ci :**

---

---

---

---

---

---

- **Type de document (nature de celui-ci, origine de celui-ci, date du document, auteurs etc.) :**

---

---

---

---

---

---

---

---

- **Idée principale du document :**

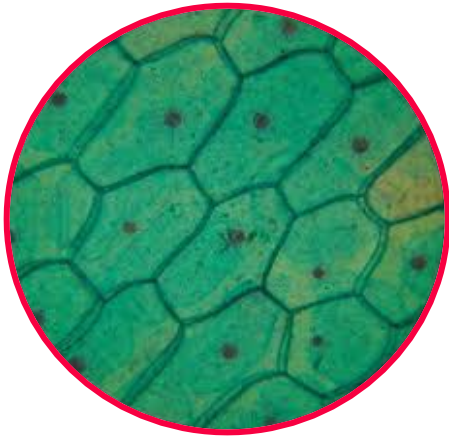
---

---

---







**La curiosité de l'Homme à vouloir comprendre son entourage l'a toujours poussé à expérimenter, extrapoler et chercher à déterminer l'origine des éléments.** La vue étant le principal sens utilisé, l'ensemble de nos théories était bâti selon les possibilités que notre vue nous offrait.

Bien que notre vue soit développée, elle présente certaines limites. En théorie, la limite de la vue de l'Homme est de 0,2 mm à 25 cm. Or cette limite fait que tout phénomène microscopique ne peut être observé par l'Homme.

**Au cours de ce second chapitre, nous allons tout d'abord nous intéresser à la structure cellulaire puis nous découvrirons ensemble que la découverte de la cellule est liée à celle du microscope.** Nous nous arrêterons alors sur la théorie cellulaire qui bouleversa les savoirs de l'époque. Nous étudierons alors les liens qui lient les molécules aux cellules et enfin nous intéresserons à une molécule amphiphile, la membrane plasmique.

### Q COMPÉTENCES VISÉES

- Comprendre le concept de cellule.
- Analyser l'impact de la théorie cellulaire dans les connaissances actuelles.
- Relier l'échelle de la cellule à celle de la molécule.
- Schématiser la membrane plasmique.



## Première approche

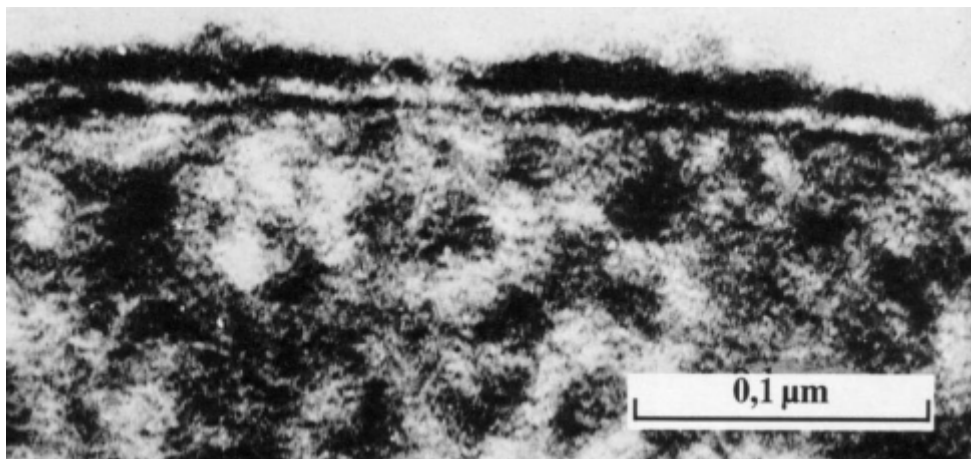
# La membrane plasmique

Document 1 : extrait d'un article de Futura-Santé. [www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com)

« La membrane plasmique est la membrane qui délimite une cellule. Elle sépare l'intérieur de la cellule (le cytoplasme) du milieu extérieur. Elle est majoritairement composée de lipides, particulièrement de phospholipides, entre lesquels des protéines peuvent s'insérer. Contrairement aux membranes des bactéries et des cellules végétales, celles des cellules animales contiennent des molécules de cholestérol, ce qui les rigidifie et augmente leur imperméabilité vis-à-vis des molécules hydrophiles.

Les phospholipides forment une double couche (bicouche) qui est relativement imperméable aux passages de la plupart des molécules hydrosolubles. Elle constitue donc une barrière très efficace, même si les molécules hydrophobes comme l'alcool peuvent facilement la traverser. La structure en double couche de la membrane plasmique est directement due aux propriétés amphiphiles des phospholipides qui possèdent une extrémité hydrophile, c'est-à-dire aimant l'eau, et une extrémité hydrophobe, qui au contraire craint l'eau. »

Document 2 : aspect de la membrane au microscope électronique



### RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

D'après des recherches et les documents présentés précédemment, répondez à ces questions.

1) Quel est le rôle de la membrane plasmique ?

.....

.....

.....

2) Le document 1 indique que la membrane est imperméable aux molécules hydrophiles. Décrivez ce type de molécules. L'eau peut-elle traverser la membrane ?

.....

.....

.....

3) Que signifie le terme « propriétés amphiphiles » ? D'après vos recherches, quelle molécule utilisée tous les jours présente les mêmes caractéristiques ?

---

---

---

4) Quand la microscopie a-t-elle été inventée ? Quel est le pouvoir grossissant d'un microscope optique selon vos recherches ? D'un microscope électronique ?

---

---

---

---

---

---

---

---

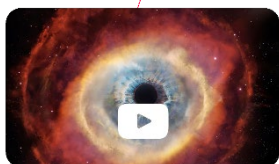
---

---

5) Selon vos recherches, où se trouve actuellement le microscope le plus puissant au monde ? Quel est son pouvoir grossissant ?

---

---



### POUR ALLER PLUS LOIN

COSMOS – une série documentaire de Neil deGrasse Tyson

Episode 6 : Toujours Plus En Profondeur

L'épisode explore l'infiniment petit en se centrant sur la nature particulière de la matière. Pour ce faire, Tyson emprunte le Ship of imagination et explore une goutte de rosée selon différentes échelles. Sur son chemin, on retrouve notamment le tardigrade, une espèce présentée lors du deuxième épisode et qui a notamment survécu aux cinq dernières extinctions massives. Par la suite, Tyson pénètre à l'intérieur d'une cellule végétale et présente le processus de photosynthèse sous la forme d'une animation d'usine complexe menant ultimement à la création de sucres.

A retrouver sur [YouTube](#) et [Dailymotion](#)

1) Quel est le rôle de la membrane plasmique ?

Selon le texte, la membrane plasmique est la membrane qui délimite une cellule.

2) Le document 1 indique que la membrane est imperméable aux molécules hydrophiles. Décrivez ce type de molécules. L'eau peut-elle traverser la membrane ?

Les molécules hydrophiles sont les molécules qui présentent une affinité avec l'eau. Cette membrane étant imperméable aux molécules hydrophiles, on peut alors se douter que l'eau ne pourra pas elle-aussi traverser la membrane.

3) Que signifie le terme « propriétés amphiphiles » ? D'après vos recherches, quelle molécule utilisée tous les jours présente les mêmes caractéristiques ?

Une molécule amphiphile est une molécule qui comporte à la fois des fonctions chimiques qui ont d'excellentes affinités avec l'eau (acide, alcool) mais aussi des fonctions chimiques qui ne sont pas du tout solubles dans l'eau comme une longue chaîne carbonée. Le savon présente ces caractéristiques.

4) Quand la microscopie a-t-elle été inventée ? Quel est le pouvoir grossissant d'un microscope optique selon vos recherches ? D'un microscope électronique ?

Le microscope optique aurait été inventé en 1590-1595 par le hollandais Zacharias Janssen. Cependant, aucune trace de son existence n'existe, surtout que cette personne fut arrêtée pour trafic de fausse monnaie. Le 1<sup>er</sup> microscope avéré est celui de Anthoni Leeuwenhoek en 1668.

Le microscope optique, que l'on peut aujourd'hui retrouver dans les lycées a un pouvoir grossissant de 2000 alors que la microscopie électronique, développée depuis 1931, peut avoir un pouvoir grossissant de 10 000.

5) Selon vos recherches, où se trouve actuellement le microscope le plus puissant au monde ? Quel est son pouvoir grossissant ?

Actuellement en 2019, le microscope le plus puissant est à l'Institut Pasteur avec un pouvoir grossissant de près de 1 000 000. Sa résolution est telle que l'on peut voir aujourd'hui les atomes.

Donc  $6 \times \frac{1}{2}$  ion = 3 ions. Il y a trois ions rouges dans la maille.



## LA CELLULE VIVANTE : UNE STRUCTURE COMPLEXE

### Une structure d'ordre supérieur à l'échelle moléculaire



#### L'ESSENTIEL

La cellule est l'unité structurale et fonctionnelle qui constitue tous les êtres vivants. Il s'agit de la plus petite unité capable de manifester les propriétés d'un être vivant c'est-à-dire se nourrir, croître et se développer.

Il s'agit d'un compartiment cloisonné par une membrane dans lequel sont regroupées toutes les molécules du vivant. Sans cette membrane, ces biomolécules seraient diluées dans le milieu environnant.



#### RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Un être peut être pluricellulaire comme les animaux ou les humains ou bien unicellulaire comme les bactéries.

Il existe deux types de cellules. Recherchez leurs noms. Quelle est leur différence ?

.....

.....

.....

.....

Les deux types de cellules sont les cellules procaryotes et eucaryotes. Les cellules eucaryotes ont un noyau alors que les cellules procaryotes n'en ont pas.



## JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

Décrivez la forme et le rôle d'une cellule ?

---

---

Une cellule est un compartiment cloisonné par une membrane dans laquelle sont regroupées toutes les molécules du vivant.



## LA CELLULE VIVANTE : UNE STRUCTURE COMPLEXE

### Une structure découverte avec l'invention du microscope

Très longtemps, la compréhension du monde du vivant a été limitée par les limites de l'œil. L'essor de la biologie et en particulier de l'étude de la cellule, ont donc été liées aux découvertes technologiques.



## RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Recherchez l'ordre de grandeur de la cellule et placez-la sur la figure ci-dessus



La cellule a une taille de l'ordre de 10 micromètres soit 10 μm. Cela correspond à une longueur de l'ordre du millimètre que l'on aurait divisée par 1000. A cette taille-là, elle est bien évidemment indécélable à l'œil nu. Mais à quoi est alors due la découverte de la cellule ?



## UN PEU D'HISTOIRE

La découverte de la cellule est liée au développement des microscopes. Il s'agit d'un instrument d'optique composé de plusieurs lentilles superposées permettant d'augmenter le pouvoir grossissant. Le nom microscope (du grec mikros : très petit et skopein: observer) évoque la mesure du millimètre, la vision et l'observation par l'œil.

Zacharias Janssen serait l'un des premiers inventeurs en superposant deux lentilles mais c'est surtout Anthoni Van Leeuwenhoek (1632-1723), naturaliste néerlandais, qui développa le microscope vers la fin du XVIIe siècle. Cette invention lui permettait d'étudier des formes de vie de très petite taille. Voici un lien vidéo retraçant l'origine de cette découverte.

<https://www.youtube.com/watch?v=d86pkriMFmU>

Et le terme de cellule, d'où vient-il ?



## UN PEU D'HISTOIRE

À la même époque, Robert Hooke (1635-1703), naturaliste anglais, superpose deux loupes pour observer animaux et végétaux. Il observe ainsi les toutes petites cavités remplies d'air, du liège, etc.

Il leur donne le nom de cellules (terme tiré de « cellules » qui renvoie aux chambres des moines dans les monastères), que l'on utilise depuis, pour nommer l'élément de structure fondamental des êtres vivants.



# LA CELLULE VIVANTE : UNE STRUCTURE COMPLEXE

## Une théorie liée à l'observation qui bouleverse les savoirs

La théorie cellulaire est une théorie qui se développe tout au long de l'histoire. Mais quelle est l'histoire de cette théorie ? La théorie cellulaire est le fondement de la biologie cellulaire.



### UN PEU D'HISTOIRE

Quelle est l'histoire de cette théorie cellulaire et ses grands participants ?

Antiquité	Aujourd'hui
<p><b>Le grec Aristote (384-322 avant J.C.)</b></p> <p>Aristote avance que chaque espèce est due à la décomposition de la matière, qui engendra la formation de larves à l'origine des espèces. C'est la théorie de la génération spontanée.</p>	<p><b>L'anglais Robert Hooke (1635-1703)</b></p> <p>En 1665, il publie les premiers schémas de ses observations microscopiques de l'histoire. En observant des bouts de liège, il observe des petits espaces cloisonnés. Pour les qualifier, il utilise le terme « cellules », en référence aux chambres des moines.</p>
<p><b>Le néerlandais Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723)</b></p> <p>En 1668, il construit un microscope qui grossit de 50 à 300 fois. Il découvre tout un univers vivant invisible à l'œil nu alors inconnu.</p>	<p><b>Les allemands Matthias Schleiden (1804-1881) et Theodor Schwann (1820-1882)</b></p> <p>En 1838, ces deux scientifiques, respectivement biologistes et zoologistes montrent que toutes les cellules, quelles soient d'origine végétales ou animales, comportent un noyau. On parle de l'unification structurelle de la cellule.</p>
<p><b>L'allemand Rudolph Virchow (1821-1902) et le français Louis Pasteur (1822-1895)</b></p> <p>Rudolph Virchow suggère en 1858 que chaque cellule est issue d'une autre cellule. Louis Pasteur confirmera cette hypothèse en réfutant la théorie de la génération spontanée en 1861.</p>	

Mais quelles sont les axiomes de la théorie cellulaire ?

Un axiome est une proposition considérée comme évidente, qui est admise sans démonstration. Le synonyme le plus proche serait le postulat.



### L'ESSENTIEL

Les trois axiomes de la théorie cellulaire sont :

- Tous les êtres vivants sont constitués de cellules.
- Toute cellule provient d'une autre cellule.
- La cellule est l'unité structurale du vivant.



### JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

Quel fut l'impact de la mise au point du microscope sur le savoir scientifique ?

---



---



---



---



---

La découverte et la mise au point du microscope a eu un impact majeur sur le savoir scientifique. Il permet de découvrir le monde microscopique alors interdit au savoir scientifique.

Il permet notamment d'améliorer le savoir sur le fonctionnement du monde du vivant en développant la « théorie cellulaire » et en infirmant la théorie de la « génération spontanée ».



## LA CELLULE VIVANTE : UNE STRUCTURE COMPLEXE

### Compréhension du lien entre échelle moléculaire et cellulaire

Le développement continu des microscopes a permis au cours du XXème siècle une meilleure compréhension du lien atome - molécule - organite (structures comme la mitochondrie contenues dans le cytoplasme et délimitées du reste de la cellule par une membrane plasmique) - cellule - organe.

Le microscope électronique a permis de visualiser les différents éléments à l'intérieur de la cellule.



### RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Jusqu'à quel ordre de grandeur d'observation permet le microscope électronique ?  
Quand a-t-il été inventé ? Définissez le principe de fonctionnement ?

---



---



---



---

Le microscope électronique a été inventé en 1931 par des ingénieurs allemands. Il permet de grandir 10 000 fois, contrairement au microscope optique qui grandit 100 fois. Pour avoir un ordre d'idées, l'œil nu nous permet de voir des détails de 0,07 mm, alors que le microscope optique, lui, permet de voir jusqu'à 250 nm et que le microscope électronique a une résolution de 2,5 pm.

Afin que ce soit plus clair, convertissons en pm la taille des détails visibles à l'œil nu :

Œil	0,07 mm	70 000 000 pm
Microscope optique	250 nm	250 000 pm
Microscope électronique	2,5 pm	2,5 pm

Le fonctionnement d'un microscope électronique est basé sur l'utilisation d'électrons. Ces électrons sont produits et accélérés pour aller percuter l'échantillon. Celui-ci interagit avec les électrons reçus en les diffusant ou en créant d'autres électrons ou rayons X. Ces interactions sont alors retraduites par un ordinateur qui définira l'image.

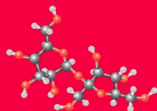


### L'ESSENTIEL

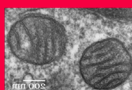
L'invention du microscope électronique a permis l'exploration de l'intérieur de la cellule et la compréhension du lien entre échelle cellulaire et moléculaire. Tous les êtres vivants sont constitués de cellules.



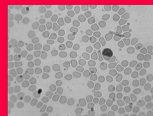
Atome



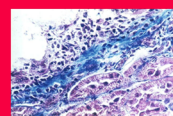
Molécule



Organite



Cellule



Tissu cellulaire



Organe



Organisme

0,1 nm    1 nm    10 nm    100 nm    1 μm    10 μm    0,1mm    mm    cm    dm    m

Ordre de grandeur

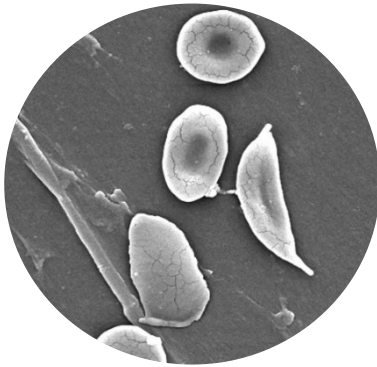
Microscopie électronique

Microscopie optique

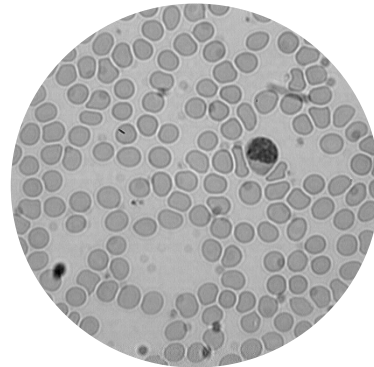
Visible à l'œil nu



Voici quelques images de microscopie de cellules.



Microscopie Electronique  
Cellule de sang humain



Microscopie optique  
Cellule de sang humain



## JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

Donnez les ordres de grandeurs des domaines visibles :

- Avec les yeux :
- Par microscopie optique :
- Par microscopie électronique :

- Avec les yeux : **> 0,7 mm.**
- Par microscopie optique : **de 0,7 mm à 250 nm.**
- Par microscopie électronique : **de 250 nm à 2,5 pm.**

05

## LA CELLULE VIVANTE : UNE STRUCTURE COMPLEXE

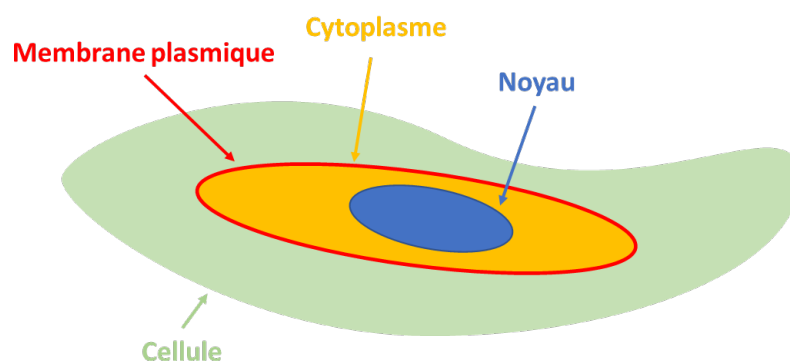
### La membrane plasmique : une molécule amphiphile

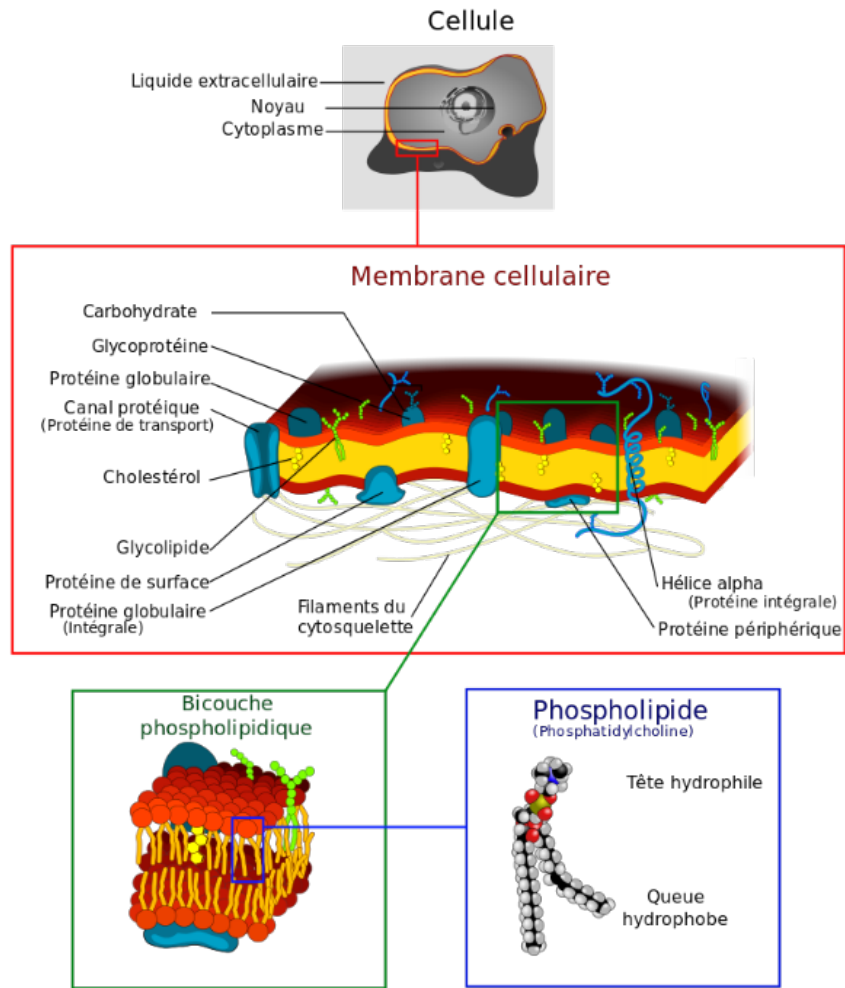


### L'ESSENTIEL

La membrane plasmique est la membrane qui délimite une cellule. Elle est une caractéristique commune à toutes les cellules. Sans elle, le contenu des cellules migrerait dans le milieu extérieur. Elle sépare l'intérieur de la cellule (le cytoplasme) du milieu extérieur. Elle autorise ou non le passage de certaines molécules et ions et en contrôle les flux entrants et sortants.

D'une épaisseur de l'ordre de 7 nm, elle est presque invisible en microscopie optique et n'est visible qu'en microscopie électronique.





Andreas Raether , Creative Commons Wikipédia

Cette membrane est constituée majoritairement de lipides organisés en bicouches dans lesquelles des protéines viennent s'insérer.

Ce sont les propriétés chimiques des lipides qui expliquent l'organisation de cette membrane. Les lipides sont des molécules amphiphiles.



## RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Définissez les termes suivants :

Lipides :

.....

.....

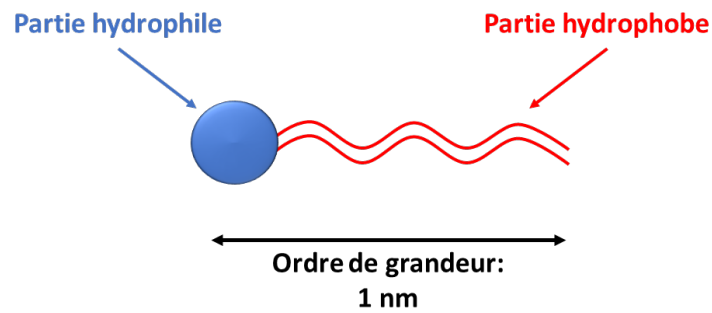
Protéines :

.....

.....

Les lipides sont un des éléments fondamentaux de notre nutrition. Ce sont les graisses ou les corps gras de la vie courante. Les protéines sont des macronutriments, essentiels à l'organisme, elles y jouent un rôle structural (au niveau musculaire) mais sont également impliquées dans de très nombreux processus tels que la réponse immunitaire.

Une entité amphiphile est une molécule qui a d'un côté une partie hydrophile (une « tête » polaire) et de l'autre une partie hydrophobe (une « queue » apolaire). Elle présente donc des caractéristiques contraires de part et d'autre.



La partie polaire de ces molécules aime le contact avec l'eau, alors que la partie apolaire aime le contact de l'huile.

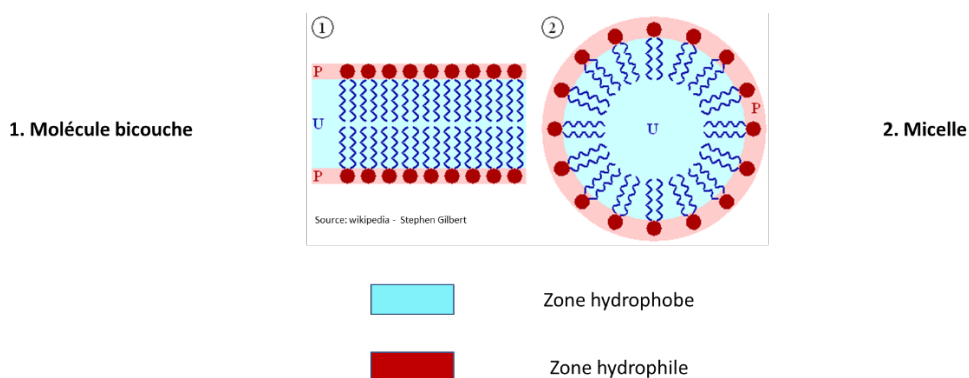


## L'ESSENTIEL

Voici des définitions à connaître :

- Hydrophile : composé ayant une affinité pour l'eau et une tendance à s'y dissoudre.
- Hydrophobe : composé n'ayant aucune affinité avec l'eau et susceptible de se dissoudre dans un corps gras comme de l'huile.
- Lipophile : composé soluble dans un corps gras comme de l'huile.
- Lipophobe : composé insoluble dans un corps gras comme de l'huile.

Selon l'environnement, ces molécules s'agencent soit en micelle, soit en bicouche.



Mais quel est son rôle exact hormis d'éviter que son contenu ne se dilue dans le corps humain ?



## L'ESSENTIEL

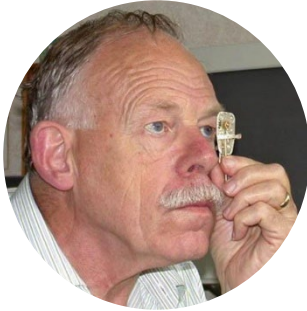
La membrane plasmique sépare l'intérieur de l'extérieur de la cellule. Elle est constituée d'une bicouche lipidique et de protéines. La structure membranaire est stabilisée par le caractère hydrophile ou lipophile de certaines parties des molécules constitutives. La membrane plasmique est « semi-imperméable ». Cette caractéristique permet l'insertion de protéines entre le milieu intérieur et le milieu extérieur de la cellule.

# LE TEMPS DU BILAN

➤ **La cellule vivante : Unité fondamentale du vivant**

La cellule est l'unité structurale et fonctionnelle qui constitue tous les êtres vivants. Il s'agit de la plus petite unité capable de manifester les propriétés d'un être vivant c'est-à-dire se nourrir, croître et se développer.

➤ **La cellule : une découverte liée à l'invention du microscope**



Le microscope de Antoni Van Leeuwenhoek  
A partir de 1668



Le microscope de Robert Hooke  
Vers 1665

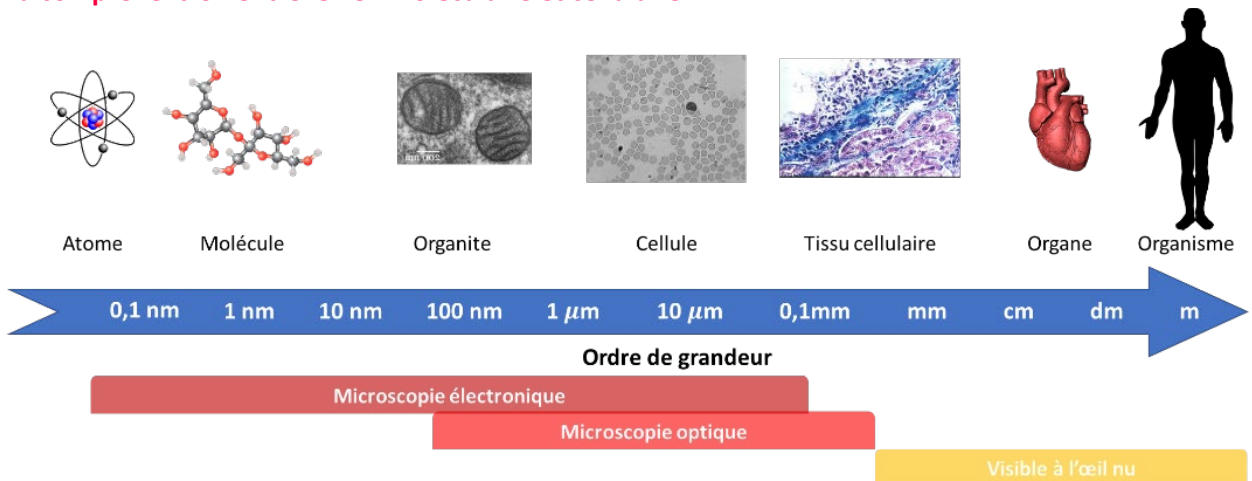


Microscope optique  
Aujourd'hui



Microscopie Electronique  
Aujourd'hui

➤ **La compréhension entre le lien moléculaire et cellulaire**



➤ **La compréhension entre le lien moléculaire et cellulaire**

La membrane plasmique est un ensemble de molécules amphiphiles qui se sont agencées selon le milieu dans lequel elles sont. Dans le cadre des cellules, elles forment une structure en bicouche.

Abordons maintenant une série d'exercices, afin de vérifier vos connaissances.  
Les réponses aux exercices se trouvent en fin de manuel.

EXERCICE

17

Répondez à ces quelques questions à choix multiple.

- 1) La cellule :
  - a) compose les molécules.
  - b) est un synonyme d'atome.
  - c) se trouve chez tous les êtres vivants.
  - d) a besoin d'eau pour grandir.
  
- 2) Une cellule eucaryote est une cellule :
  - a) qui n'a pas de noyau.
  - b) qui a un noyau.
  - c) qui est amphiphile.
  - d) où les biomolécules qui la composent sont diluées à l'intérieur du corps humain.
  
- 3) L'ordre de grandeur de la cellule est :
  - a) 1 nanomètre.
  - b) 1 micromètre.
  - c) 10 micromètres.
  - d) 10 nanomètres
  
- 4) La découverte de la cellule date du :
  - a) XIV<sup>ème</sup> siècle.
  - b) XV<sup>ème</sup> siècle.
  - c) XVI<sup>ème</sup> siècle.
  - d) XVII<sup>ème</sup> siècle.
  
- 5) Les grands inventeurs du microscope sont :
  - a) Robert Hooke - Antoni Van Leeuwenhoek.
  - b) Matthias Schleiden – Théodor Schwann
  - c) Aristote - Platon
  - d) Louis Pasteur – Rudolph Vierchow
  
- 6) L'ordre de grandeur qualitatif réel est le suivant :
  - a) atome < molécule < cellule < organe.
  - b) atome > molécule > cellule > organe.
  - c) atome < cellule < molécule < organe.
  - d) cellule < atome < molécule < organe.
  
- 7) Les lipides sont des molécules :
  - a) Polaires.
  - b) Apolaires.
  - c) Amphiphiles.
  - d) dont la polarité change selon le milieu.
  
- 8) Une molécule amphiphile a :
  - a) Une tête polaire et une queue polaire.
  - b) Une tête apolaire et une queue polaire.
  - c) Une tête polaire et une queue apolaire.
  - d) Une tête apolaire et une queue apolaire.

- 9) La théorie de la génération spontanée suppose :
- que chaque cellule soit issue d'une autre cellule.
  - que chaque cellule dépende d'une espèce.
  - que chaque cellule soit issue de la décomposition d'un corps.
  - que chaque espèce soit due à la décomposition d'un corps.
- 10) Le terme « cellule » a été défini pour la 1<sup>ère</sup> fois par :
- Robert Hooke.
  - Antoni Van Leeuwenhoek.
  - Louis Pasteur.
  - Théodor Schwann.

## EXERCICE

18

## Vrai ou Faux ?

	V / F
1) La membrane plasmique délimite la cellule.	
2) Sans la présence de la membrane plasmique, le contenu des cellules migrerait au sein du corps humain.	
3) La membrane plasmique est entièrement hydrophile.	
4) Aristote a initié la théorie cellulaire.	
5) C'est Robert Hooke qui nomma pour la 1 <sup>ère</sup> fois des petites cavités présentes dans du liège par le terme « cellule ».	
6) La théorie cellulaire est régie par 3 axiomes.	
7) La théorie cellulaire est un ensemble de savoirs construit en quelques mois.	
8) La cellule aurait pu être décelée à l'œil nu avec un peu plus d'attention des observateurs.	
9) Le microscope optique est suffisamment puissant pour voir les molécules.	
10) Le microscope électronique est basé sur un faisceau d'électrons.	

## EXERCICE

19

## Ordre de grandeurs

Indiquez les ordres de grandeurs des différentes unités structurales suivantes et convertissez-les en mètres en écriture scientifique :

Atome : .....

Molécule : .....

Cellule : .....

Tissu cellulaire : .....

Organe : .....

Être humain : .....

EXERCICE

20

Répartissez les termes selon leurs caractéristiques chimiques.

polaire, apolaire, hydrophile, hydrophobe, lipophile, lipophobe

Affinité avec l'eau	Affinité avec l'huile

EXERCICE

21

Quelles sont les propriétés de la cellule qui la caractérisent ?

---



---



---

EXERCICE

22

Quelles sont les 3 axiomes de la théorie cellulaire ?

---



---



---

EXERCICE

23

Qu'est-ce que la théorie de la génération spontanée ?

---



---



---

EXERCICE

24

Restitution organisée de connaissances.

Proposez un plan avec les idées principales pour la problématique suivante : pourquoi peut-on considérer que l'œil humain a un pouvoir de résolution assez faible et a été une limite dans le développement scientifique.

---



---



---

## EXERCICE

25

Restitution organisée de connaissances.

Proposez un plan avec les idées principales afin de rappeler les trois axiomes de la théorie cellulaire et de montrer que son développement résulte des progrès techniques et d'échanges entre de nombreux scientifiques que vous citerez.



## EXERCICE

26

En vous appuyant sur ce document et vos connaissances, expliquez les liens entre la découverte de la cellule et le développement du microscope.

« Dès l'Antiquité, un philosophe comme Aristote était parvenu à la conclusion que les animaux et les plantes, si complexes soient-ils, sont formés de peu d'éléments qui se répètent dans chacun d'entre eux. Des siècles plus tard, avec l'invention de la lentille puis du microscope, il a été possible de confirmer ces hypothèses par l'observation directe.

C'est Robert Hooke (1635-1703) qui découvrit la cellule, en 1665, au moyen d'un microscope rudimentaire. Ce savant anglais, observant un morceau de liège, observa des cavités délimitées par des parois de cellulose et de suber. Dans son ouvrage intitulé "Micrographia", daté de 1667, il nomma "cellules" les plus petites unités structurales de la vie. La découverte de Hooke marqua le début de la théorie cellulaire, selon laquelle tous les êtres vivants sont formés de cellules.

Une description plus détaillée des micro-organismes fut donnée par Antoni Van Leeuwenhoek (1632-1723), marchand hollandais et chercheur amateur, inventeur du premier microscope. Cet instrument permettait d'ajuster avec précision la focalisation d'un objet agrandi, avec une meilleure résolution que celle des systèmes de lentilles plus primitifs. A partir de 1673, Leeuwenhoek dessina de manière très détaillée de nombreux micro-organismes qu'il avait observés dans l'eau de pluie ou dans d'autres échantillons.

En 1839, s'appuyant sur les nombreuses observations de leurs collègues, le botaniste Matthias Schleiden (1804-1881) et le zoologiste Theodor Schwann (1810-1882) établirent la théorie cellulaire, selon laquelle tous les organismes - qu'ils soient simples comme les Bactéries ou complexes comme les plantes et les animaux supérieurs - sont formés de cellules et de produits cellulaires. Certains d'entre eux sont formés d'une unique cellule autonome (ce sont les organismes unicellulaires), tandis que d'autres sont formés de plusieurs cellules différenciées du point de vue de la forme et des fonctions (ce sont les organismes pluricellulaires) ».

Handwriting practice area consisting of 25 horizontal dashed green lines.



## RÉDIGER UNE ARGUMENTATION SCIENTIFIQUE À PARTIR D'UN DOCUMENT

L'un des attendus de ce module d'Enseignement Scientifique est de développer l'esprit d'analyse mais aussi d'argumentation des élèves. Un des objectifs est d'être capable de développer une argumentation scientifique en se basant sur un document.

Cet exercice est piégeux puisque les élèves ont tendance à se dire que le document sera suffisant pour avoir une réponse élaborée. Or ceci est une erreur majeure ! Une argumentation scientifique n'est correcte que si elle est basée sur des connaissances. Le but de ce module de méthodologie est donc de réussir à composer une argumentation scientifique en se basant sur un document mais aussi sur des connaissances.

D'un point de vue de la méthode, il existe une méthodologie d'argumentation scientifique très simple mais rudement efficace ! **Elle se base sur trois temps :**

- J'observe que.
- Or je sais que.
- Donc je peux dire que.

**La première partie « j'observe que »** se base sur le document. Il s'agit de tirer une information d'une carte, d'une photographie (etc.) et de la mettre en avant. On peut utiliser comme synonyme des expressions telles que « le document met en avant que », « le texte nous indique que » etc.

**La seconde partie « Or je sais que »** est la formulation d'une connaissance en lien avec l'observation. Cela peut être une connaissance du cours ou de culture générale. Elle doit absolument être en lien avec le document.

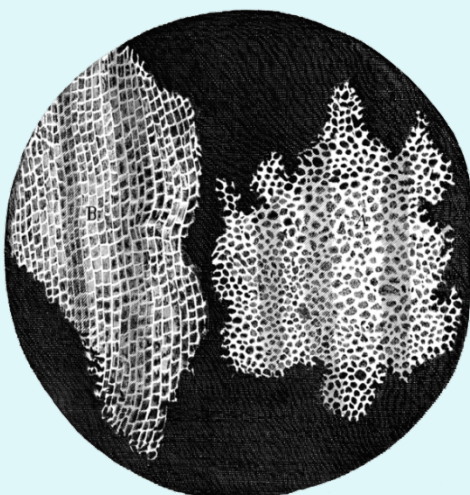
**La dernière partie « Donc je peux dire que »** est l'argument en lui-même. Il se base sur les deux premières parties et est donc irréfutable car issu du document mais aussi de la connaissance.

### Exemple :

Problématique : « Robert Hooke, père du terme cellule ».

Cellules observées dans le liège par R. Hooke dans du liège.

Illustration issue de Micrographia (Micrographie) en anglais est un traité scientifique de Robert Hooke décrivant les observations réalisées par le jeune auteur de vingt-huit ans au moyen de lentilles optiques et de télescopes. Publié en septembre 1665.



- J'observe que :

Dans le schéma dessiné par Robert Hooke, on observe la présence de petites cavités issues de l'observation de morceaux de liège.

- Or je sais que :

Or ces observations ont été pour la 1ère fois décrites par Robert Hooke. Il a d'ailleurs choisi le terme « cellule » en référence aux petites chambres des moines vivant dans des monastères.

- Donc je peux dire que :

Donc on peut dire que Robert Hooke est quelque part le père du terme cellule encore couramment utilisé.

## EXERCICE

27

Problématique : « Pasteur ou la fin de la génération spontanée ».

Entre 1860 et 1864, le pionnier de la microbiologie Louis Pasteur démontra que la fermentation et la croissance des micro-organismes dans les bouillons de culture n'était pas due à la génération spontanée. Il exposa des bouillons fraîchement bouillis à l'air dans des récipients contenant un filtre destiné à arrêter toutes les particules passant à travers le milieu de croissance, et même sans filtre du tout, et juste un long tube tortueux laissant passer l'air en empêchant le passage des particules de poussière de l'air. Comme rien ne se développait dans ces bouillons, il fallait nécessairement que les organismes vivants se développant dans ces bouillons provinssent de l'extérieur, sous forme de spores sur la poussière, plutôt que d'être autogénérés par le bouillon de culture lui-même. **Extrait de la « Théorie microbienne », Wikipédia.**

- **J'observe que :**

---

---

---

---

---

---

---

---

- **Or je sais que :**

---

---

---

---

---

---

---

---

- **Donc je peux dire que**

---

---

---

---

---

---

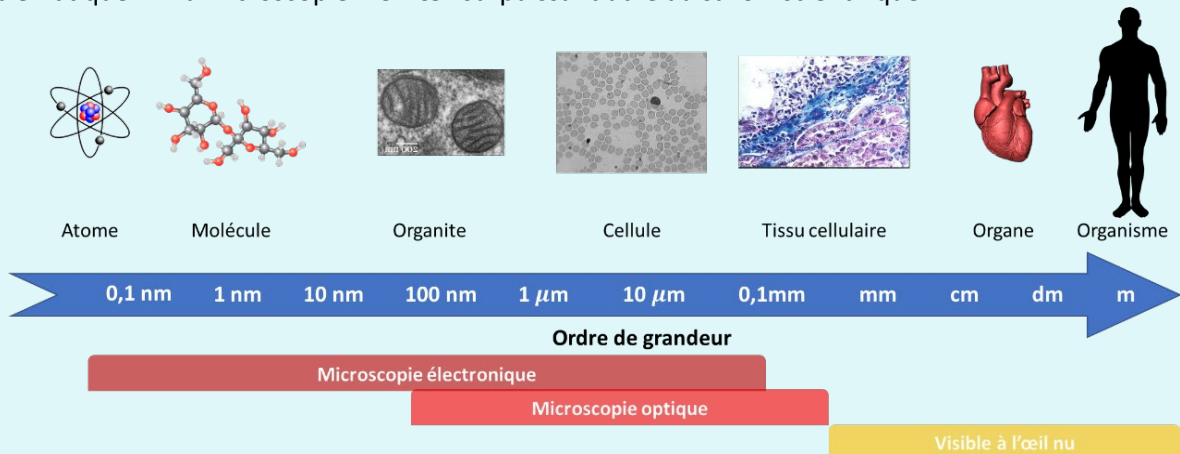
---

---

## EXERCICE

28

Problématique : « La microscopie... Un œil surpuissant utile au savoir-scientifique ».



- J'observe que :

---

---

---

---

---

---

---

---

- Or je sais que :

---

---

---

---

---

---

---

---

- Donc je peux dire que

---

---

---

---

---

---

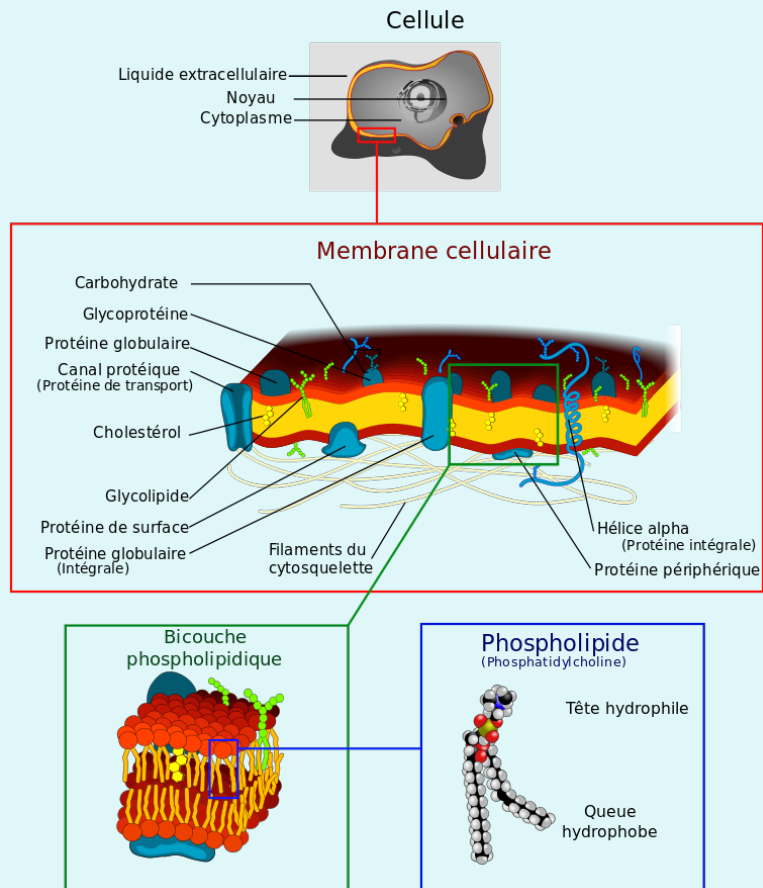
---

---

EXERCICE

29

Problématique : « La membrane plasmique, une barrière efficace ».



Andreas Raether, Creative Commons Wikipédia

- **J’observe que :**

---

---

---

---

---

- **Or je sais que :**

---

---

---

---

---

- **Donc je peux dire que**

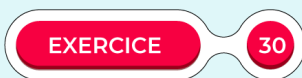
---

---

---

---

---



Problématique : « Le progrès technologique, source de débats scientifiques ».

« Dans les années 1670, Antoni fait ses premières observations de l’univers microscopique : il étudie tout ce qui passe, les poux, les abeilles, le sang... Il n’a pas de formation technique, et pas véritablement de méthode, simplement une immense curiosité scientifique et un indéniable talent expérimental. Il découvre ainsi un monde littéralement inconnu, qu’il dévoile à l’un de ses amis, Reinier de Graaf, médecin réputé. De Graaf, immédiatement conquis, décide de faire connaître les travaux de van Leeuwenhoek, et adresse un courrier à l’éditeur des Philosophical Transactions de la Royal Society de Londres. À son tour, celui-ci perçoit la portée et l’originalité de ces observations, et convainc van Leeuwenhoek de publier un article dans son journal. Nous sommes en 1673 : Antoni vient, en parfait dilettante, de faire une entrée remarquée dans l’univers des savants. L’article de 1673 est le premier d’une longue série de lettres – toutes écrites dans un néerlandais familier, le seul que connaît van Leeuwenhoek, et décrivant un travail qu’il s’obstine à faire en solitaire, refusant toute assistance. Elles sont ensuite traduites en latin ou en anglais par l’éditeur des Philosophical Transactions, Henry Oldenburg, qui a dû apprendre le néerlandais pour l’occasion...

En 1676, toutefois, la crédibilité de van Leeuwenhoek est ébranlée : il vient de communiquer ses premières observations d’organismes vivants microscopiques, qui étaient alors inconnues – une découverte qui, si elle se confirme, contredit toutes les théories biologiques alors en vigueur. Sans surprise, elle est puissamment contestée, voire tournée en ridicule par l’assemblée des savants londoniens. L’accusation est grave, et renforcée par le fait que nul ne peut vérifier les dires de van Leeuwenhoek, puisque lui seul dispose de microscopes assez puissants pour observer ce qu’il prétend avoir vu. Mais van Leeuwenhoek s’obstine et la Royal Society se décide à missionner un groupe d’experts à Delft, dont un certain William Croone, médecin éminent. En 1677, guidés par van Leeuwenhoek qui leur ouvre les portes de son laboratoire, ces experts impartiaux se rendent à l’évidence et confirment l’existence des micro-organismes vivants. »

- J'observe que :

---

---

---

---

---

---

---

---

- Or je sais que :

---

---

---

---

---

---

---

---

- Donc je peux dire que

---

---

---

---

---

---

---

---



Vous pouvez maintenant  
faire et envoyer le **devoir n°1**

