



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 1 - De l'atome au Soleil

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

Paris & Montpellier



EN ROUTE VERS LE BACCALAURÉAT

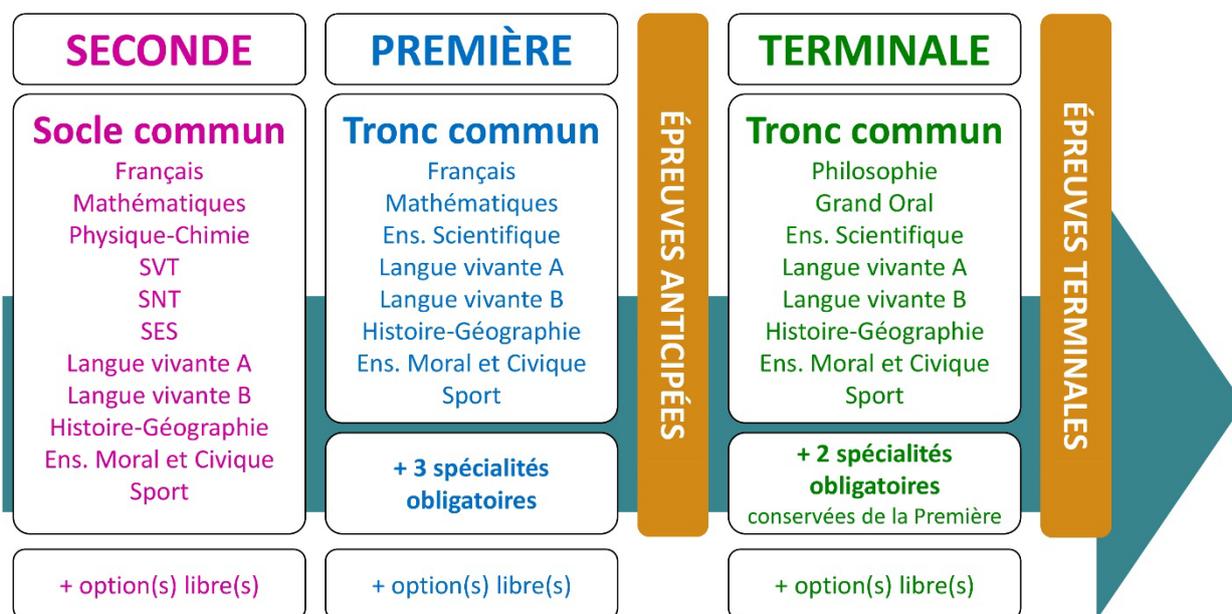
Comme vous le savez, la **réforme du Baccalauréat** est entrée en vigueur progressivement jusqu'à l'année 2021, date de délivrance des premiers diplômes de la nouvelle formule.

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 PREMIÈRE

Module 1 – De l'atome au Soleil

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 rêveur... 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 À 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 !**

Donc, dès qu'un devoir est rédigé, envoyez-le aux *Cours Pi* par le biais que vous avez choisi :

- 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.*

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



LE SOMMAIRE

Enseignement Scientifique – Module 1 – De l'atome au Soleil

Rappels Physique / Chimie	1
Rappels Mathématiques	3
Introduction générale au module	4

CHAPITRE 1. La matière et la composition de l'univers

7

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Produire et analyser différentes représentations graphiques de l'abondance des éléments chimiques dans l'Univers, la Terre, les êtres vivants.
- Reconnaître la réaction de fusion stellaire.
- Différencier une réaction de fusion d'une réaction de fission.
- Calculer le nombre de noyaux restants au bout de n demi-vies
- Estimer la durée nécessaire pour obtenir une certaine proportion de noyaux restants.
- Utiliser une représentation graphique pour déterminer une demi-vie.
- Utiliser une décroissance radioactive pour une datation (exemple du carbone 14).

Première approche : histoire de la radioactivité

8

1. Une diversité d'atomes et d'abondances

14

2. L'hydrogène, ou la briques des autres éléments

18

3. Fusion vs fission

22

4. L'instabilité des atomes, origine de la radioactivité

24

5. L'évolution du nombre de noyaux radioactifs dans le temps

26

6. Un exemple de datation : le carbone 14

30

Le temps du bilan

33

Exercices

34

Les Clés du Bac : état des lieux d'un document

44

Exercices

49

CHAPITRE 2. Le Soleil et son rayonnement

61

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Déterminer la masse solaire transformée chaque seconde en énergie à partir de la donnée de la puissance rayonnée par le Soleil.
- À partir d'une représentation graphique du spectre d'émission du corps noir à une température donnée, déterminer la longueur d'onde d'émission maximale.
- Appliquer la loi de Wien pour déterminer la température de surface d'une étoile à partir de la longueur d'onde d'émission maximale.
- Sur un schéma, identifier les configurations pour lesquelles la puissance reçue par une surface est maximale ou minimale.
- Analyser, interpréter et représenter graphiquement des données de températures. Calculer des moyennes temporelles de températures. Comparer des distributions temporelles de températures.

Première approche : effectuer une démarche scientifique

62

1. Le Soleil, notre étoile

67

2. Les réactions de fusion nucléaire : une perte en masse

68

3. Le Soleil, un « corps noir »	74
4. La puissance radiative du Soleil et ses variantes terrestres	78
5. Variations géographiques et temporelles de l'énergie sur Terre	82
6. Les températures : outil d'analyse de la puissance reçue.....	84
Le temps du bilan	89
Exercices.....	90
Les Clés du Bac : résumé d'un document.....	100
Exercices.....	105

CHAPITRE 3. Le bilan radiatif de la Terre..... 111

Q COMPÉTENCES VISÉES

- Calculer la proportion de la puissance émise par le Soleil qui atteint la Terre.
- A partir de l'albédo, déterminer la puissance totale reçue par le sol de la part du Soleil.
- Commenter la courbe d'absorption de l'atmosphère terrestre en fonction de la longueur d'onde.
- Représenter sur un schéma les différents rayonnements reçus et émis par le sol.
- Expliquer qualitativement l'influence des différents facteurs (albédo, effet de serre) sur la température terrestre moyenne.

Première approche : utiliser un logiciel de modélisation climatique.....	112
1. La véritable puissance solaire reçue par une planète.....	117
2. L'albédo, une influence sur le rayonnement.....	120
3. La Terre, un « corps noir » qui participe à son propre équilibre.....	126
4. Un équilibre dynamique	129
Le temps du bilan	132
Exercices.....	134
Les Clés du Bac : question de cours	139
Exercices.....	145

LES CLÉS DU BAC..... 153

CORRIGÉS..... 169



SUGGESTIONS CULTURELLES

ESSAIS

- **Une histoire de tout, ou presque...** *Bill Bryson*
- **Les lois essentielles de la physique : pour tous** *Joanne Baker*
- **Une brève histoire du temps** *Stephen Hawking*
- **Poussières d'étoiles** *Hubert Reeves*
- **L'univers expliqué à mes petits-enfants.** *Hubert Reeves*
- **Discours sur l'origine de l'univers** *Etienne Klein*
- **Le destin de l'univers** *Jean-Pierre Luminet*
- **Mais qui a attrapé le bison de Higgs ?** *David Louapre*
- **Petite excursion dans le cosmos** *Neil DeGrasse Tyson*

BANDES DESSINÉES

- **Dans la combi de Thomas Pesquet** *Marion Montaigne*
- **Le Mystère du Monde quantique** *Thibault Damour & Mathieu Burniat Burniat*

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 CONCERNÉS

« 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 DUREE DE L'ÉPREUVE

« Durée de chaque épreuve : 2 heures ».

NOTATION DE L'ÉPREUVE

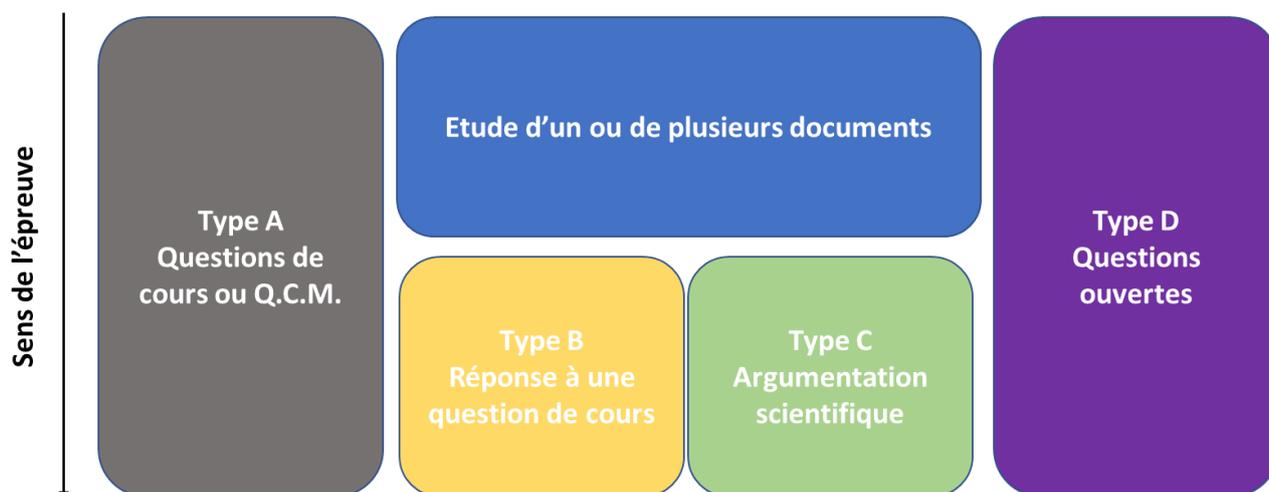
« Chaque épreuve est notée sur 20 points. Chaque exercice est noté sur 10 points ».

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)

Les grand types d'épreuves d'enseignement scientifique



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 leur forme comme nous le montrent toujours les sujets 0 :

QCM1 : La date de désintégration d'un noyau individuel de ^{14}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'observation, 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 (Fe_2O_3)
- Le noir de dioxyde de manganèse (MnO_2)

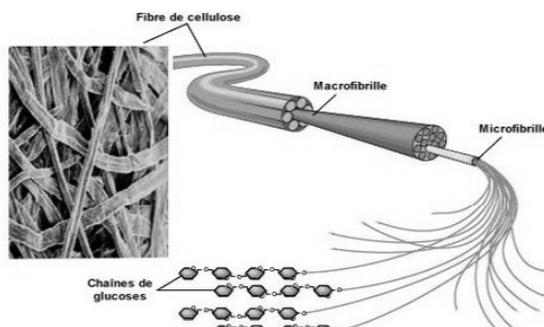
Sources : *Dossier Pour La Science n°42 janvier Mars 2004*

Hélène Valladas, Jean Cottes 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 enchainement 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

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}C de l'élément carbone se désintègre en azote ^{14}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}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}C résiduel sur le nombre d'atomes ^{14}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}C de l'élément carbone se désintègre en azote ^{14}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}C résiduel (P) sur le nombre d'atomes présents au moment de la mort (P_0) décroît au cours du temps.

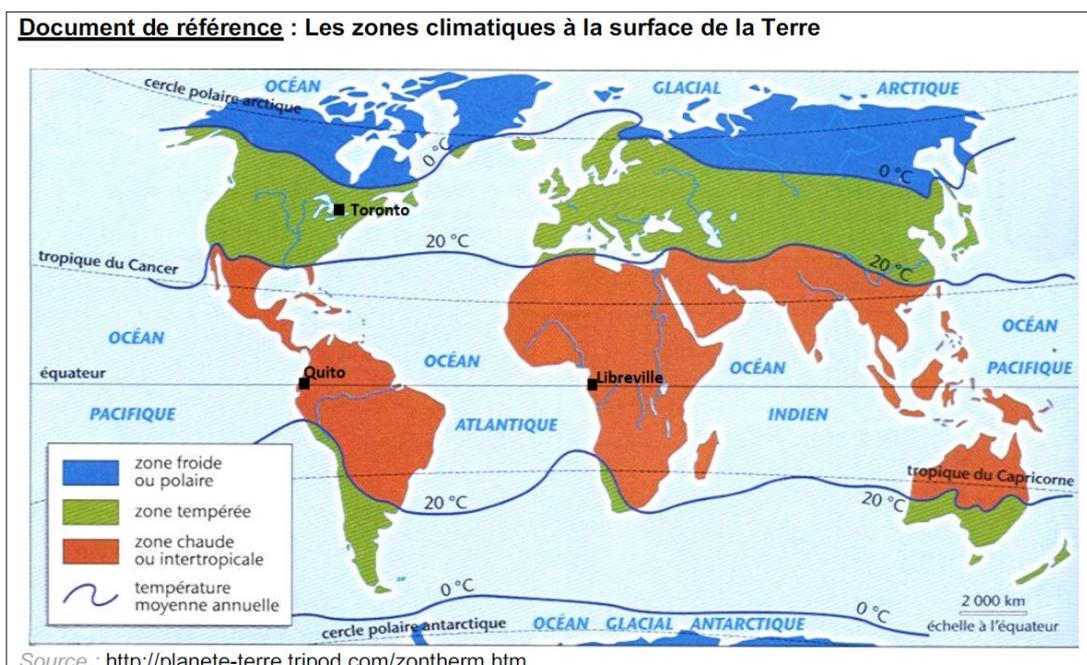
Deux ensembles de mesures ont été réalisés pour la grotte Chauvet.

- 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 %.

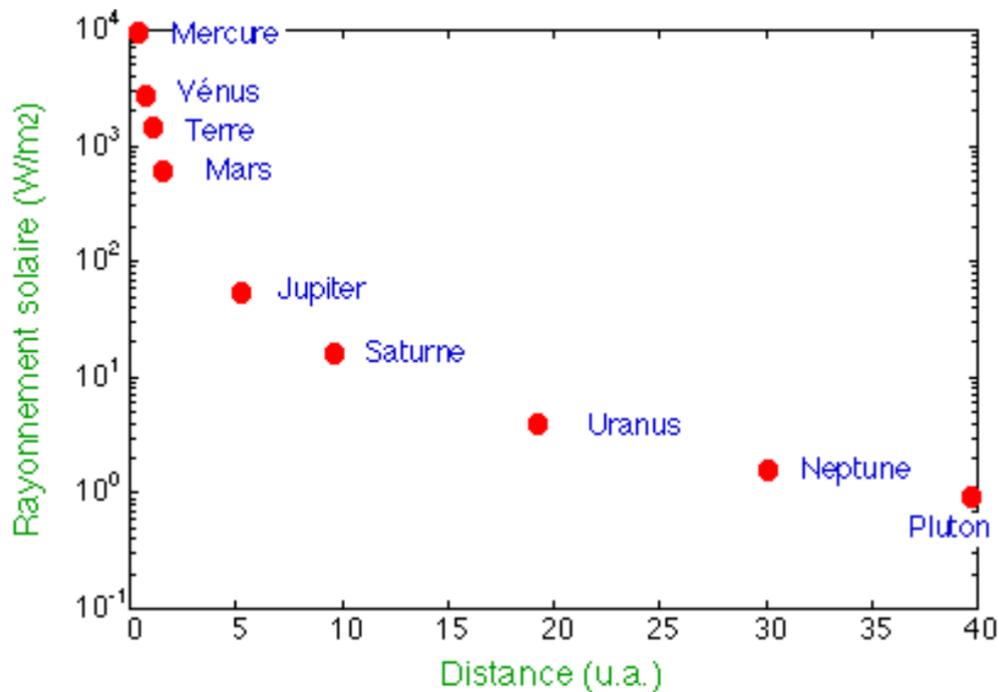
« Expliquer en quelques phrases comment la méthode de datation par le carbone 14 utilisée en archéologie illustre l'intérêt de la coopération entre plusieurs champs disciplinaires scientifiques ».

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. = $1,5 \times 10^8$ 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 / m^2)	420	$420 \times 1 / 1,4 = 300$	$420 \times 1 / 2 = 210$	$420 \times 1 / 57 = 7,36$

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 question 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.

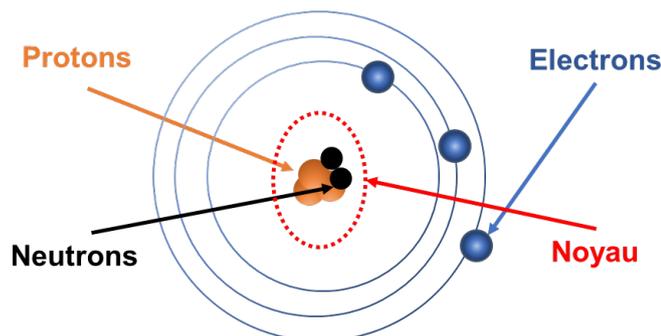


Définitions

- **Atomes (seconde)** : l'atome est le constituant fondamental de la chimie. Il s'agit d'une entité neutre électriquement composée d'un noyau autour duquel gravitent des électrons selon le modèle de Bohr.

Le noyau est lui constitué de nucléons. Au sein des nucléons, on retrouve deux particules. La première, qui est positive d'un point de vue électrique, est le proton ; la seconde, qui est neutre électriquement est le neutron. Les électrons sont, eux, chargés négativement.

Modèle de Bohr de l'atome



L'écriture chimique d'un atome X est :



X : le symbole de l'atome.

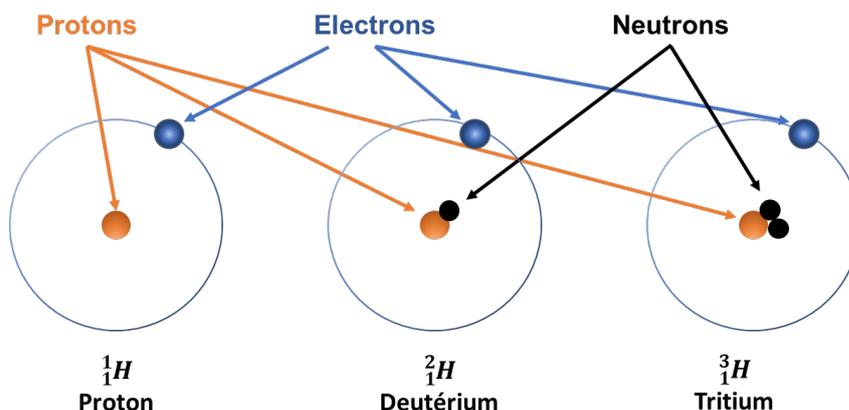
A : le nombre de masse correspondant au nombre de nucléons (nombre de protons + nombre de neutrons).

Z : le numéro atomique correspondant au nombre de protons.

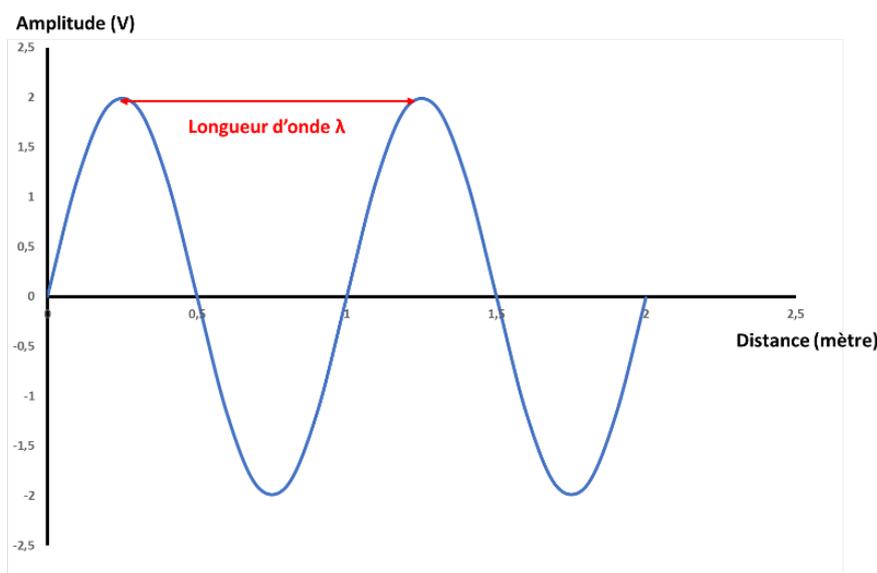
L'atome étant une entité électriquement neutre, le nombre d'électrons est égal au nombre de protons.

- **Isotope (seconde)** : des isotopes sont des atomes ayant le même numéro atomique mais ayant un nombre de masse différent. Ils ont le même nombre de protons, le même nombre d'électrons mais ont un nombre de neutrons différents.

L'hydrogène (H) a par exemple trois isotopes : l'hydrogène (H), le deutérium (D) et le tritium (T).



- **Interaction forte (seconde)** : l'interaction forte est une force de cohésion au sein du noyau qui assure la stabilité de l'entité. Cette force va à l'encontre des forces de répulsions électrostatiques initiées par les protons (de même charges) qui cherchent à se repousser mutuellement.
- **Matière organique vs matière minérale (seconde)** : toute matière comportant au moins un atome de carbone est considérée comme organique. Toute matière n'ayant aucun atome de carbone est de la matière minérale (ou inorganique).
- **Longueur d'onde** : la longueur d'onde est une caractéristique majeure d'une onde. Elle se note à l'aide de la lettre grecque lambda : λ . Elle représente la distance parcourue par l'onde pendant une période d'oscillation. Son unité est le mètre. Plus la longueur d'onde est grande, plus la distance parcourue l'est aussi.



Formulaire

- **Détermination d'une énergie à partir d'une puissance (collège/Seconde) :**

$$E = P \times \Delta t$$

Avec E l'énergie en Joules, P la puissance en Watts et Δt le temps en secondes

Dans ce cours, dans un objectif pédagogique, tous les rayonnements seront étudiés sur une seconde sauf contre-indication. Si Δt vaut une seconde, cela implique dans ce cours que l'énergie et la puissance auront la même valeur.

- **Détermination de la température absolue (seconde)** : La température absolue en Kelvin (K) est la température utilisée par les chimistes. On parle de température absolue puisque 0 kelvin correspond au minimum de température théorique d'un corps. La formule reliant la température absolue et la température en ($^{\circ}\text{C}$) est :

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) + 273,15$$

RAPPELS MATHÉMATIQUES

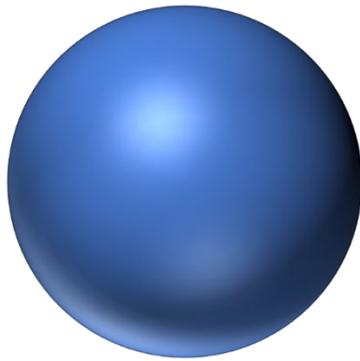
- **Produit en croix (collège)** : un outil mathématique va être beaucoup utilisé dans ce chapitre. Il s'agit du produit en croix. Voici quelques petits rappels de son utilisation.

18	x
25	100

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

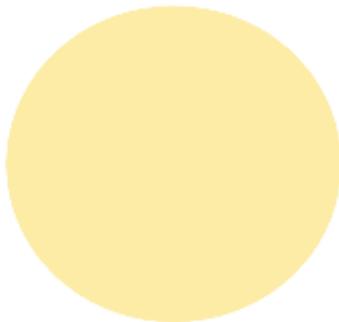
$$x = \frac{100 \times 18}{25} = 72$$

- **Surface d'une sphère (collège)** : $A = 4\pi \times R^2$ avec R le rayon de la sphère



Exemple de sphère

- **Surface d'un disque (collège)** : $A = \pi \times R^2$ avec R le rayon du disque



Exemple de disque

« BIG BANG... »

Une expression... Deux mots... Une théorie... Et des milliers de questions sur lesquelles se penchent les plus éminents scientifiques depuis près d'un siècle... Mais qu'est-ce donc ce « Big Bang » ? A quoi correspond-il exactement et en quoi est-il si important ?

Depuis le début, la théorie « Big Bang », ou « Gros Boom » en français, est décrite auprès du grand public comme l'origine de l'Univers... Mais qu'en est-il exactement ?

Ce modèle décrit l'évolution de l'univers depuis un état initial chaud et concentré jusqu'à aujourd'hui. Cet état initial très dense est proche du point de départ de l'Univers mais rien n'affirme qu'il en soit l'origine absolue. C'est-à-dire que rien ne le précède.

DEPUIS QUAND PARLE-T-ON DE « BIG BANG » ?

En 1927, un homme de foi belge, chanoine catholique, astronome et physicien, passé par l'Université de Cambridge puis par le MIT, s'avance : "Nous pouvons concevoir que l'espace a commencé avec l'atome primitif et que le commencement de l'espace a marqué le commencement du temps."

L'Abbé Georges Lemaître énonce sa « théorie de l'atome primitif », visant à expliquer l'origine de l'univers, qui constituera le fondement de la théorie du Big Bang.

Mais l'Abbé Lemaître ne nous apprend rien de l'origine de cet atome ; uniquement qu'il était extrêmement dense et chaud à un instant t , puis qu'il se serait dilaté et qu'il serait depuis en perpétuelle expansion.

L'idée d'un univers en expansion choque... Albert Einstein lui-même la réfute... L'Univers est statique selon lui, et les calculs prétendant que l'univers se dilate seraient faux.

Pourtant en 1929, le scientifique Edwin Hubble publie ses travaux et démontre un décalage vers le rouge de la lumière émise par les galaxies lointaines prouvant qu'elles s'éloignent les unes des autres. La lumière que l'on observe en effet ne rayonne pas de la même couleur selon que son point d'émission s'éloigne ou s'approche de nous. Tout comme le son : une sirène d'ambulance n'a pas la même tonalité selon qu'elle s'approche ou qu'elle s'éloigne. Les travaux d'Hubble confirment les résultats de Lemaître. L'Univers est donc en mouvement et en perpétuelle expansion. On parle alors « d'atome primitif » pour parler de la théorie de formation de l'Univers.

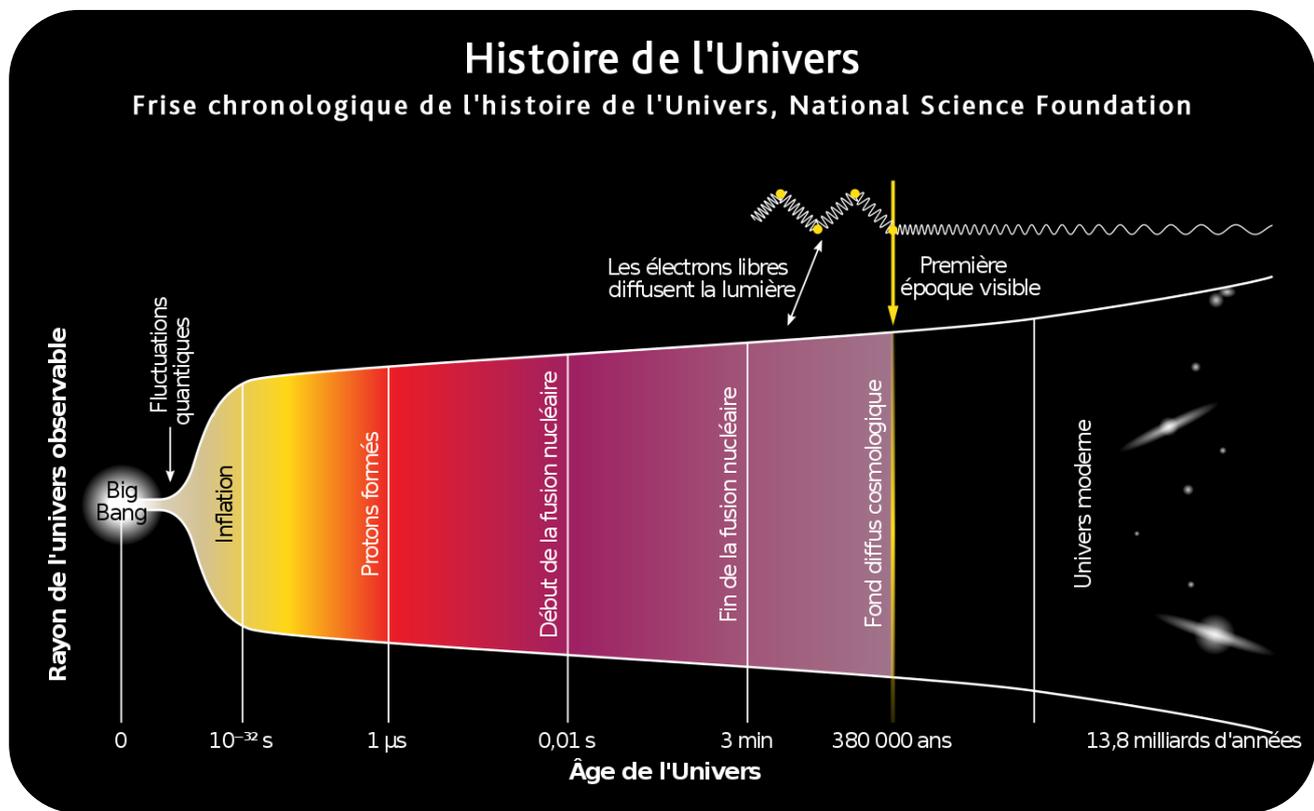
L'expression « Big Bang » a vu le jour le 28 mars 1949 sur les ondes radio de la BBC, dans une émission de vulgarisation scientifique où le physicien Fred Hoyle, pour se moquer de la théorie de « l'atome primitif », invente cette expression ! Un nom qui restera alors gravé à jamais.

L'Univers, donc, est en expansion et grossit en volume depuis un « atome primitif ». Mais comment observer son évolution ? Cette quête se fera pas à pas, par des observations, des calculs et des expériences.

Le développement continu de notre technologie nous aide. En effet, la lumière n'a pas une vitesse infinie. Il lui faut un certain temps pour nous arriver. Donc observer loin, c'est voir dans le passé... Or plus nous observons loin dans l'Univers, plus nous voyons ce dernier dans un état ancien, voire primitif. A l'œil nu, l'objet le plus lointain vu est la galaxie d'Andromède. Sa lumière met 2,5 millions d'années pour nous parvenir. Le satellite Hubble permet lui de voir des galaxies situées à près de 13,5 milliards d'années.

Mais pourtant si nous arrivons aujourd'hui à voir « loin » dans le passé, observer « l'atome primitif » sera impossible. C'est donc là que l'expérience intervient et que les recherches dans les accélérateurs nous permettent de nous rapprocher de l'origine du temps et de l'espace.

Maintenant que nous en savons plus sur l'origine de la théorie du « Big Bang » et la manière de l'étudier, qu'y a-t-il derrière ? Qu'est-ce que cette théorie ?



L'Univers est né il y a 13,8 milliards d'années d'une explosion d'origine inconnue qui mis en expansion la matière. Cette explosion a provoqué la dissociation de cette matière et l'émission de particules (électrons, neutrons, protons...) a permis la formation des corps célestes, dont notre planète la Terre.

Mais avant d'en arriver, là de nombreuses choses sont arrivées... 600 millions d'années après le « Big Bang » sont apparues les premières galaxies, ces regroupements d'étoiles de gaz et de poussières telle la Voie Lactée où nous nous situons.

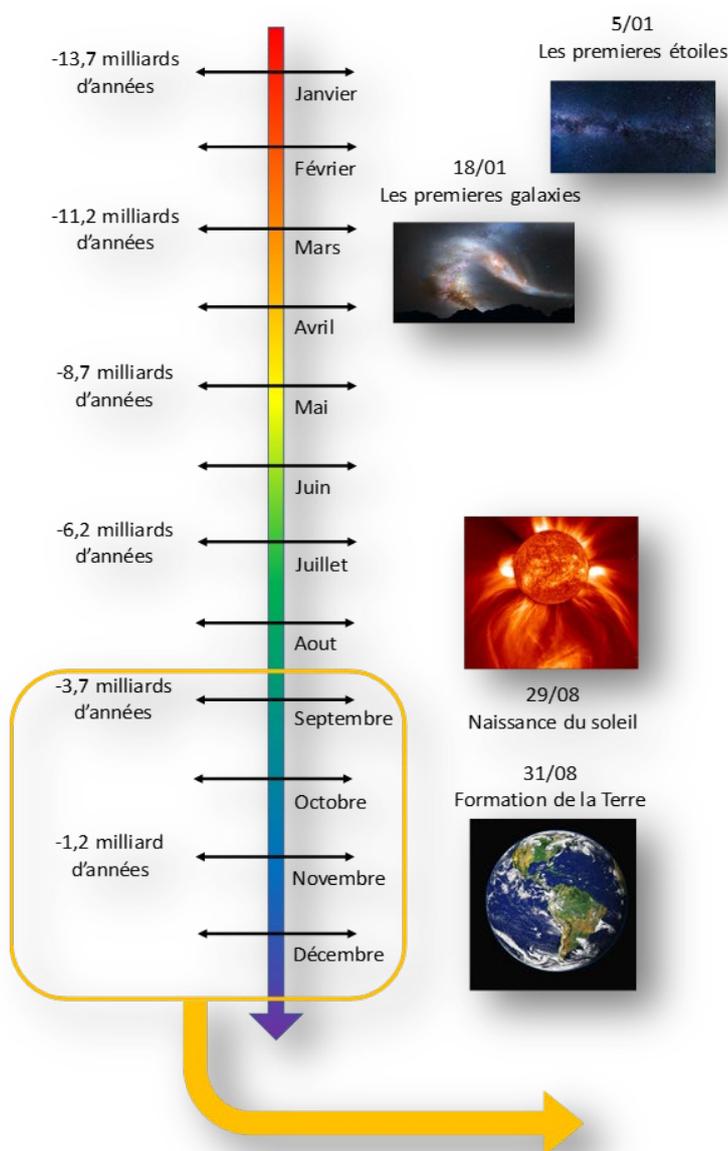
Le Soleil, notre étoile, est lui né il y a environ 4,6 milliards d'années.... Soit près de 10 milliards d'années après le « Big Bang ». Après son apparition, un long mécanisme a permis la formation de matières grâce à des réactions nucléaires.

Puis est apparu le système solaire et enfin la Terre, apparue il y a 4,5 milliards d'années. Le système solaire actuel, tel que nous le connaissons actuellement, est alors formé. Le flux de chaleur du soleil, la situation physique de la Terre face à lui ainsi que sa composition chimique vont alors permettre l'apparition d'une vie terrestre.

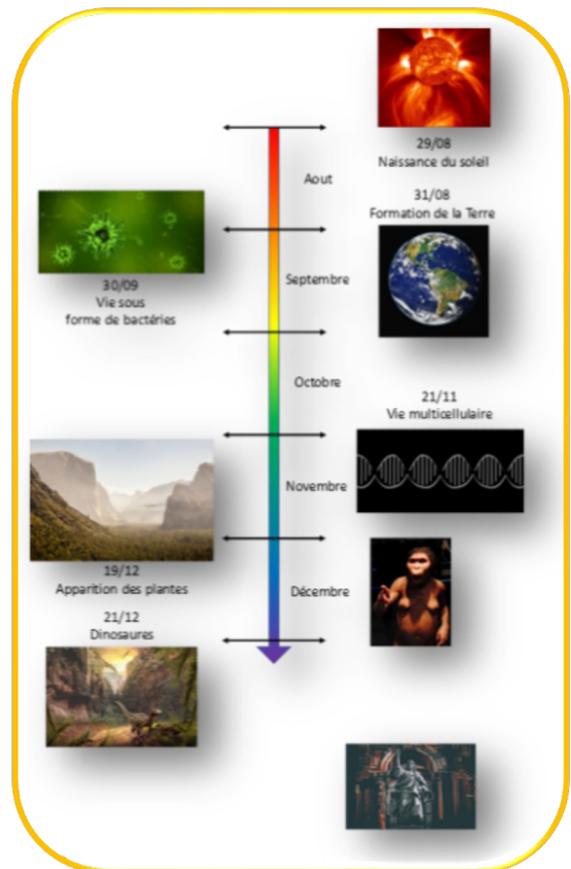
Celle-ci s'est alors épanouie il y a 3,5 milliards d'années sous la forme de bactéries dans l'eau alors que les premiers êtres multicellulaires sont apparus seulement il y a 1,5 milliards d'années. Les premiers êtres aquatiques avec carapaces sont apparus il y a 530 millions d'années. A ce moment-là, toujours pas de vie hors de l'eau. Les plantes sur la terre ferme sont apparues il y a 475 millions d'années environ et les vertébrés il y a 360 millions d'années. Les dinosaures ont vécu il y a 260 millions d'années et ont disparu il y a 65 millions d'années à cause de bouleversements climatiques et écologiques provoqués par l'impact d'une météorite. Les premiers fossiles d'hominidés retrouvés (australopithèques) datent de 2 à 4 millions d'années.

Voyons ça de plus près et imaginons que l'histoire de l'Univers s'étale sur une année.

Le Big Bang a lieu le 1er janvier à minuit et nous sommes aujourd'hui le 31 décembre. Il est 23h 59min 59sec.



De nombreuses interrogations apparaissent. Comment le soleil est-il apparu ? Pourquoi les planètes sont-elles formées si tard ? Qu'est-ce qui fait que la Terre est habitable et non la lune et quels en sont leurs caractéristiques ? Que différencie-t-il d'un point de vue atomiques la Terre de l'ensemble de l'Univers ? Quels sont les procédés qui permettent à la vie d'avoir lieu sur Terre ?



Au cours de ce premier module, nous allons tout d'abord nous intéresser à la formation du soleil, au mécanisme qui lui permet de libérer son énergie, au devenir même de cette dernière sur Terre et à son impact sur la Terre.

LA MATIÈRE ET LA COMPOSITION DE L'UNIVERS



La matière et l'Univers... deux entités si différentes, notamment par la taille, mais pourtant tellement liées entre elles. Ce chapitre va nous permettre de découvrir le mécanisme d'apparition de certains atomes au sein des étoiles et dont le devenir explique la composition de l'Univers et la vie sur Terre.

Nous verrons tout d'abord le processus de création de la matière au sein des étoiles et ses caractéristiques dont certaines exploitées par l'Homme. Puis nous étudierons l'énergie formée par ces étoiles et son impact selon la position de la Terre. Enfin, nous verrons le devenir de cette énergie une fois que celle-ci est arrivée sur Terre et son rôle dans l'équilibre terrestre.

Q COMPÉTENCES VISÉES

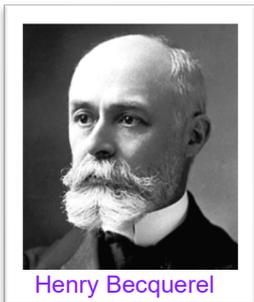
- Produire et analyser différentes représentations graphiques de l'abondance des éléments chimiques dans l'Univers, la Terre, les êtres vivants.
- Reconnaître la réaction de fusion stellaire.
- Différencier une réaction de fusion d'une réaction de fission.
- Calculer le nombre de noyaux restants au bout de n demi-vies.
- Estimer la durée nécessaire pour obtenir une certaine proportion de noyaux restants.
- Utiliser une représentation graphique pour déterminer une demi-vie.
- Utiliser une décroissance radioactive pour une datation (exemple du carbone 14).



Première approche

Histoire de la radioactivité

La radioactivité n'est pas une invention humaine, il s'agit d'une découverte. Son histoire débute en 1895 avec la découverte des rayons X et de leurs propriétés par le physicien allemand Wilhelm Röntgen. En étudiant les rayons cathodiques qui sont des faisceaux d'électrons, Röntgen met en évidence, par hasard, l'émission hors du tube d'un rayonnement capable de rendre fluorescents des sels de baryum, et d'impressionner une plaque photographique. Ce qui rend cette découverte encore plus impressionnante est que ces rayons traversent la peau et les muscles mais sont absorbés par les os. L'application de cette découverte rend possible pour la première fois la vue du squelette humain au travers de corps.



Henry Becquerel

Cette découverte intéresse Henry Becquerel, qui en février 1896 fera une découverte. Il pensait que les sels d'uranium, après avoir été excités par la lumière, émettaient des rayons X. Il plaça des plaques photographiques vierges enveloppées par du carton sur lequel il mit du sulfate d'uranium. En les laissant au soleil, il se rendit compte qu'au bout de quelques heures, ces plaques étaient impressionnées. Un rayonnement invisible, émis spontanément par l'Uranium et différent des rayons X est donc capable de traverser un carton noir et si l'on place des bouts métalliques entre les plaques et le sel d'uranium, leurs silhouettes se forment sur les plaques.

En 1898, Marie Curie découvre que la pechblende, un minerai d'uranium, émet davantage de rayonnements que l'uranium lui-même. Elle en déduit que ce minerai contient, en très petite quantité, un ou plusieurs éléments beaucoup plus actifs que l'uranium. A l'aide de son mari Pierre Curie, et après deux ans d'effort, elle parvient à isoler deux nouveaux éléments : Le Polonium (baptisé ainsi en hommage à la patrie de Marie) et le Radium. A cette occasion, Marie Curie inventa le mot "radioactivité".



Pierre et Marie Curie

En 1899, Ernest Rutherford découvre que le rayonnement issu de l'Uranium est plus complexe que les scientifiques ne le pensent alors. Ayant étudié l'absorption des rayonnements dans un empilement de très minces feuilles d'aluminium, il conclut qu'ils comportent au moins deux types distincts de rayonnements : l'un très facilement absorbable appelé rayonnement alpha, et l'autre de caractère plus pénétrant qui sera dénommé rayonnement bêta.

De nouvelles études se portent sur ces rayonnements et les expériences montrent que le rayonnement bêta le plus pénétrant est composé d'électrons. Ernest Rutherford encore lui découvrira la nature du rayonnement alpha comme une particule massive en 1902 qu'il précisera comme un noyau d'hélium en 1907 après sa découverte d'un noyau dans l'atome.

Parallèlement, en 1900, Paul Villard montre l'existence qu'il existe aussi, dans le rayonnement du radium, des rayons « non déviables » et qui sont très pénétrables. Ce rayonnement de même nature que les rayons X mais de plus grande énergie sera appelé par la suite « rayonnement gamma ».

Toute cette série de découvertes en quelques années montre des réactions physiques naturelles.

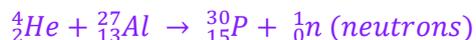
Par la suite, le physicien Ernest Rutherford a réalisé en 1919 la première « transmutation artificielle » (c'est-à-dire la transformation d'un élément chimique en un autre) de matière en bombardant de l'azote avec des noyaux d'hélium, formant ainsi des atomes d'oxygène stables.

Les scientifiques cherchent alors à savoir s'il est possible en bombardant un noyau d'atome stable de faire apparaître un nouveau noyau radioactif alors appelé noyau radioactif artificiel.

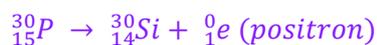
Irène et Frédéric Joliot-Curie (la fille de Marie Curie et son époux) répondront à cette interrogation en bombardant une feuille d'aluminium avec des noyaux d'hélium. Ils observent que des neutrons et des électrons positifs sortent de la feuille. Quand ils retirent la source de rayonnement, l'émission de neutrons cesse mais l'émission d'électrons positifs continue en diminuant dans le temps. On parle alors de radioactivité artificielle, une radioactivité de noyaux fabriqués.

Lors de cette manipulation, deux réactions se passent.

Il y a d'abord à la suite du bombardement de l'aluminium, la création d'un isotope radioactif (instable) artificiel du phosphore.



Le phosphore se transmute alors en silicium par émission d'un proton.



On sait aujourd'hui créer des centaines d'atomes radioactifs artificiels pour de très nombreuses applications. On les fabrique à la demande, selon les besoins médicaux, scientifiques ou industriels. La radioactivité artificielle est régie par les mêmes lois que la radioactivité naturelle.



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

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

- Qu'est-ce qu'un « Prix Nobel » ?

.....

.....

.....

.....

- Parmi les scientifiques cités quels sont ceux qui ont été « Prix Nobel » ?

.....

.....

.....

.....

- Qu'est-ce qu'un rayon X ?

.....

.....

.....

▪ Définissez le terme radioactivité ? D'où vient le terme « radio » qui le compose ?

.....

.....

.....

.....

.....

▪ Quels sont les différences entre la radioactivité naturelle et la radioactivité artificielle ?

.....

.....

.....

.....

.....

▪ Une transformation radioactive est-elle une réaction chimique ? Justifiez.

.....

.....

.....

.....

.....

▪ Définissez « désintégration naturelle ».

.....

.....

.....

.....

▪ Définissez « réaction nucléaire provoquée ».

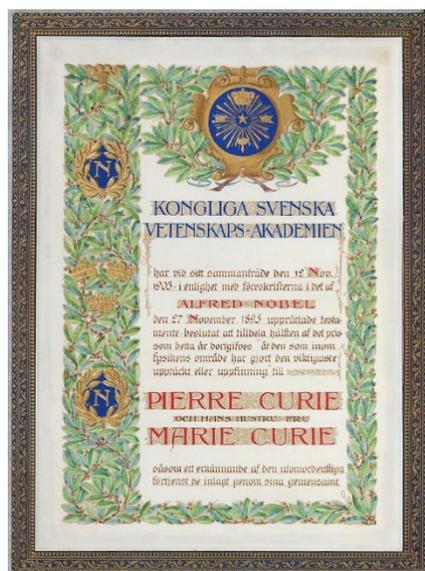
.....

.....

.....

Depuis 1901, le « Prix Nobel » est une récompense internationale donnée chaque année à une personnalité ayant marqué sa discipline. Il y a des prix Nobel de chimie, de physique, de médecine, de littérature et de la paix. Les mathématiques sont l'un des grands absents de cette récompense : la légende voudrait que la femme d'Alfred Nobel, l'inventeur du prix, l'ait quittée pour un mathématicien...

Parmi les récipiendaires de renom du prix Nobel en physique et en chimie sur les questions de radioactivité, c'est le physicien allemand Wilhelm Conrad Röntgen qui ouvre le bal en recevant le premier prix Nobel de physique en 1901, pour sa découverte des rayons X, un rayonnement électromagnétique à haute fréquence capable de traverser la matière et de mettre en évidence les pièces métalliques.



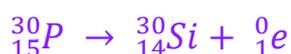
Peu de temps après, Marie Curie devient la première femme à obtenir deux prix Nobel. Elle obtient avec son mari Pierre celui de physique en 1903, qu'ils partagent avec le physicien Henri Becquerel, à qui l'on doit la découverte de la radioactivité. Huit ans plus tard, en 1911, c'est en chimie qu'est récompensée Marie Curie, pour ses travaux sur le radium et le polonium, deux éléments radioactifs. Entre temps, Ernest Rutherford, physicien et chimiste néo-zélandais, obtient le prix Nobel de chimie en 1908 pour sa mise en évidence de la désintégration des éléments chimiques dans le processus de radioactivité. En 1935, la famille Curie s'illustre à nouveau lorsque la fille et le gendre de Marie et Pierre, Irène et Frédéric Joliot-Curie, obtiennent à leur tour le prix Nobel de physique, pour leurs travaux de synthèse de nouveaux éléments radioactifs.

Mais au fait qu'est-ce que la radioactivité et pourquoi tant d'intérêt porté à ce phénomène ?

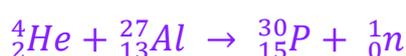
La radioactivité est un phénomène physique durant lequel des noyaux atomiques instables vont se désintégrer afin de gagner en stabilité. Durant cette réaction, des particules ont été émises, sous forme de matière ou d'énergie : c'est un rayonnement, d'où l'étymologie du mot « radioactivité », qui signifie « émettre des rayons ». Dans la mesure où la réaction a lieu au niveau du noyau atomique, on ne parle plus de réaction chimique ; il s'agit de physique nucléaire (du latin nucleus = noyau).

On distingue la radioactivité naturelle de la radioactivité artificielle. La radioactivité naturelle est un processus naturel dans lequel le noyau d'un atome va se désintégrer seul, sans intervention de l'Homme.

C'est le cas par exemple dans la désintégration naturelle du Phosphore en Silicium avec émission d'un positron :



Si la radioactivité artificielle est issue d'une manipulation de l'Homme, on ne parle plus de désintégrations mais de réactions nucléaires, qui peuvent être de deux types : la réaction de fusion, où deux noyaux vont fusionner, et la réaction de fission, où un noyau va être brisé en plusieurs autres noyaux. Dans ce cas artificiel, il est nécessaire d'apporter de l'énergie pour que la réaction puisse avoir lieu : on parle d'une réaction nucléaire provoquée. C'est le cas par exemple lorsque que l'on bombarde un noyau d'Aluminium à l'aide d'un atome d'Hélium :



Une des premières radiographies, prise par Wilhelm Röntgen.

Les réactions nucléaires sont très utilisées en France dans la fabrication d'électricité. En 2017, près de 72% de l'électricité française était produite par la réaction de fission nucléaire.

Et au niveau de la santé ?

La radioactivité est un phénomène naturel que l'on côtoie quotidiennement sans aucun risque : des atomes se désintègrent sans cesse autour de nous et au niveau du corps. C'est d'ailleurs le phénomène utilisé pour la datation au carbone 14. Toutefois, comme souvent, les risques encourus pour l'organisme dépendent de la concentration et de la durée d'exposition aux rayons. La famille Curie en subit les conséquences dramatiques : Marie et Irène meurent toutes les deux d'une leucémie, provoquée par la surexposition aux substances radioactives.

S'il est donc prudent d'éviter tout contact prolongé avec des sources radioactives abondantes, ces sources peuvent parfois soigner l'organisme. Par exemple, la scintigraphie permet d'étudier des anomalies au niveau des os ou du cerveau. Ce sont bien évidemment des analyses sans risques et très répandues puisqu'en 2017, près de 1,5 millions de personnes l'ont utilisé. On utilise également la radioactivité pour essayer de détruire les tumeurs cancéreuses à l'aide d'un rayonnement ; c'est la radiothérapie. Ce traitement n'est pas anodin et les risques encourus sont à prendre en compte, notamment en fonction de l'état du patient.

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og

* Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
** Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

- Éléments qui contiennent au moins un isotope stable.
- Éléments radioactifs : l'isotope le plus stable possède une demi-vie de plus de 4 millions d'années.
- Éléments radioactifs : l'isotope le plus stable possède une demi-vie de 800 à 34000 ans/
- Éléments radioactifs : l'isotope le plus stable possède une demi-vie de 1 jour à 103 ans.
- Éléments très radioactifs : l'isotope le plus stable possède une demi-vie entre quelques minutes et un jour.
- Éléments extrêmement radioactifs : l'isotope le plus stable a une demi-vie de moins de quelques minutes.



LA MATIÈRE ET LA COMPOSITION DE L'UNIVERS

Une diversité d'atomes et d'abondances

Il existe plus d'une centaine d'atomes actuellement dans l'Univers. Certains sont naturels, d'autres ont été synthétisés en laboratoire par l'Homme, on dit qu'ils sont artificiels.



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

En faisant des recherches, déterminez quels sont les cinq atomes les plus présents dans l'Univers, dans le système solaire et sur terre.

Le terme « Abondance » renvoie à la proportion en pourcentage.

Univers		Système solaire		Terre (croûte terrestre)	
Nom	Abondance	Nom	Abondance	Nom	Abondance

Cependant, les analyses ont montré que les compositions chimiques en différents endroits de l'Univers étaient différentes.

Ces recherches menées vous montrent l'hétérogénéité de l'abondance atomique des atomes en différents lieux de l'Univers. Les abondances atomiques sur Terre sont très différentes de celles dans l'Univers.

Ces recherches vous montrent peut-être aussi que les données diffèrent suivant les sources. Nous avons choisi de nous baser sur les données du site www.elementschimiques.fr, développé au sein de l'Université Pierre et Marie Curie : une référence ! En suivant [Accueil](#) > [Propriétés](#) > [Abondances](#), vous accéderez à une représentation dynamique des données.

Univers		Système solaire		Terre	
Nom	Abondance	Nom	Abondance	Nom	Abondance
Hydrogène	92,0%	Hydrogène	91,0%	Oxygène	49,1%
Hélium	7,1%	Hélium	8,9%	Silicium	25,5%
Oxygène	0,05%	Oxygène	0,078%	Aluminium	7,5%
Azote	0,015%	Carbone	0,033%	Fer	4,6%
Carbone	0,0081%	Azote	0,0102%	Calcium	3,3%

Mais le plus frappant est l'omniprésence dans l'Univers et dans notre système solaire de l'hydrogène et de l'hélium. Ces deux atomes sont présents à plus de 99%. Autrement dit, les autres atomes ne sont présents que sous forme de traces.



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Comparons maintenant la composition chimique d'espèces vivantes. Recherchez quelles sont les compositions chimiques principales de l'humain et des plantes.

Être humain		Plantes	
Nom	Abondance	Nom	Abondance

Ces recherches vous montrent l'hétérogénéité de l'abondance atomique des atomes en différents lieux de l'Univers. Les abondances atomiques sur terre sont très différentes de celles dans l'Univers.

Les espèces vivantes sur Terre ont une composition chimique très différente de celles de la Terre et de l'Univers. L'hydrogène est par exemple, en quantité beaucoup plus faible comme le montre le tableau suivant :

Être humain		Plantes	
Nom	Abondance	Nom	Abondance
Oxygène	65,4	Oxygène	43,0
Carbone	18,1	Carbone	42,5
Hydrogène	10,1	Hydrogène	6,5
Azote	3,0	Azote	2,0

Le taux de carbone et d'oxygène est beaucoup plus élevé au sein des espèces vivantes sur Terre. Ce taux de carbone est caractéristique des espèces dites organiques (Homme, plantes, animaux).



L'ESSENTIEL

La composition chimique au sein de l'Univers n'est pas homogène. Elle varie selon le lieu et l'objet.

L'Univers tout comme notre système solaire, est composé à **92% d'hydrogène** et **7% d'Hélium** alors que les autres atomes ne sont qu'à l'état de traces en proportion.

A une échelle plus petite, la Terre est quant à elle différente, car surtout constituée d'oxygène, de silicium, d'aluminium, de fer et de calcium.

Les espèces vivantes sur terre ont enfin une composition faite majoritairement d'oxygène et de carbone, caractéristiques de la matière organique.



POUR ALLER PLUS LOIN

ATOME – série documentaire en 3 épisodes

N°1 Le Clash des Titans / N°2 L'illusion de la Réalité / N°3 La Clef du Cosmos

Jim Al-Khalili, professeur de physique, conférencier et producteur TV pour la BBC, nous montre comment, dans notre quête pour la compréhension de l'atome, nous avons démêlé le mystère de la création de l'univers.

Une série passionnante à voir pour celles et ceux qui souhaitent approfondir l'histoire des découvertes et des chercheurs.

[ATOME – à retrouver sur Dailymotion et YouTube](#)

On dénombre aujourd'hui plus de 100 atomes. Cette diversité d'éléments chimiques montre la richesse de la matière. Les êtres vivants, la Terre et l'Univers ont une multitude d'atomes différents et dans des proportions différentes. Cependant, l'étude de la composition des éléments met en avant deux éléments principaux que sont l'hydrogène et l'hélium au sein de l'Univers.

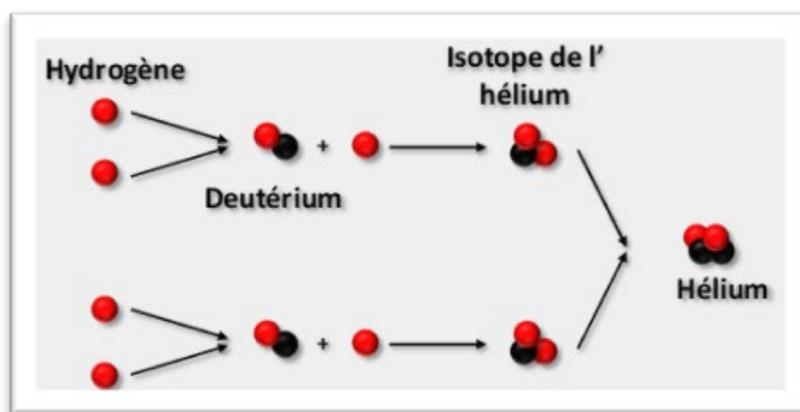


LA MATIÈRE ET LA COMPOSITION DE L'UNIVERS

L'hydrogène, ou la brique des autres éléments

Pour trouver des réponses à ces questions, il faut revenir quelques secondes après le Big Bang. L'Univers est alors une sorte de « soupe » de particules telles que les protons, neutrons et d'électrons. La température est tellement intense qu'aucun assemblage d'atomes n'est possible. Mais plusieurs centaines de milliers d'années après, l'Univers a grossi. La température a baissé. Protons, neutrons et électrons s'associent alors pour former plusieurs atomes lors d'une étape que les scientifiques appellent la « nucléosynthèse primordiale ».

L'atome le plus formé est l'hydrogène 1_1H et son isotope majoritaire le deutérium 2_1D . Puis s'en suit la formation de noyaux d'hélium 4_2He par réaction de fusion nucléaire.



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

A partir de recherches, donnez ici l'équation de la réaction de fusion nucléaire.

.....

.....

.....

.....

Cette réaction de fusion nucléaire est la réaction qui forme l'hélium 4 (le chiffre 4 renvoie à l'isotope 4 de l'hélium puisqu'il existe aussi l'hélium 3) à partir d'isotopes de l'hydrogène que sont le deutérium et le tritium).

Cette réaction est donc :





RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

A partir de recherches personnelles, donnez ici la composition en proton, neutron et électron de l'atome d'hydrogène (1_1H), et de deux de ses isotopes le deutérium (2_1H) et le tritium (3_1H).

Les atomes sont composés d'un noyau (lui-même constitué de protons et de neutrons) autour duquel gravitent un ou plusieurs électrons.

A_ZX est l'écriture chimique des atomes avec A le nombre de masse correspondant à la somme du nombre de protons et de neutrons. Z qui est le numéro atomique correspond au nombre de protons. Un atome étant neutre, le nombre de protons est égal au nombre d'électrons.

Dans nos cas :

- HYDROGENE : 1_1H : 1 proton, 0 neutron et 1 électron.
- DEUTERIUM 2_1H : 1 proton, 1 neutron et 1 électron.
- TRITRIUM 3_1H : 1 proton, 2 neutrons et 1 électron.

A ce moment-là, l'Univers est alors uniquement composé de gaz et d'atomes d'Hydrogène et d'Hélium en proportion respective 75% et 25%. Deux autres noyaux que sont le lithium et le béryllium sont formés à l'état de traces par de nouvelles réactions de fusions nucléaires. C'est la nucléosynthèse primordiale.



L'ESSENTIEL

La nucléosynthèse primordiale peut se traduire mathématiquement comme suit :

Sous l'effet de la pression et de la température (15 000 000 de degrés), les isotopes de l'atome d'Hydrogène (le deutérium 2_1H et le tritium 3_1H) fusionnent afin de former de l'Hélium (4_2He) et un neutron (1_0n) par la réaction de fusion suivante :



JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

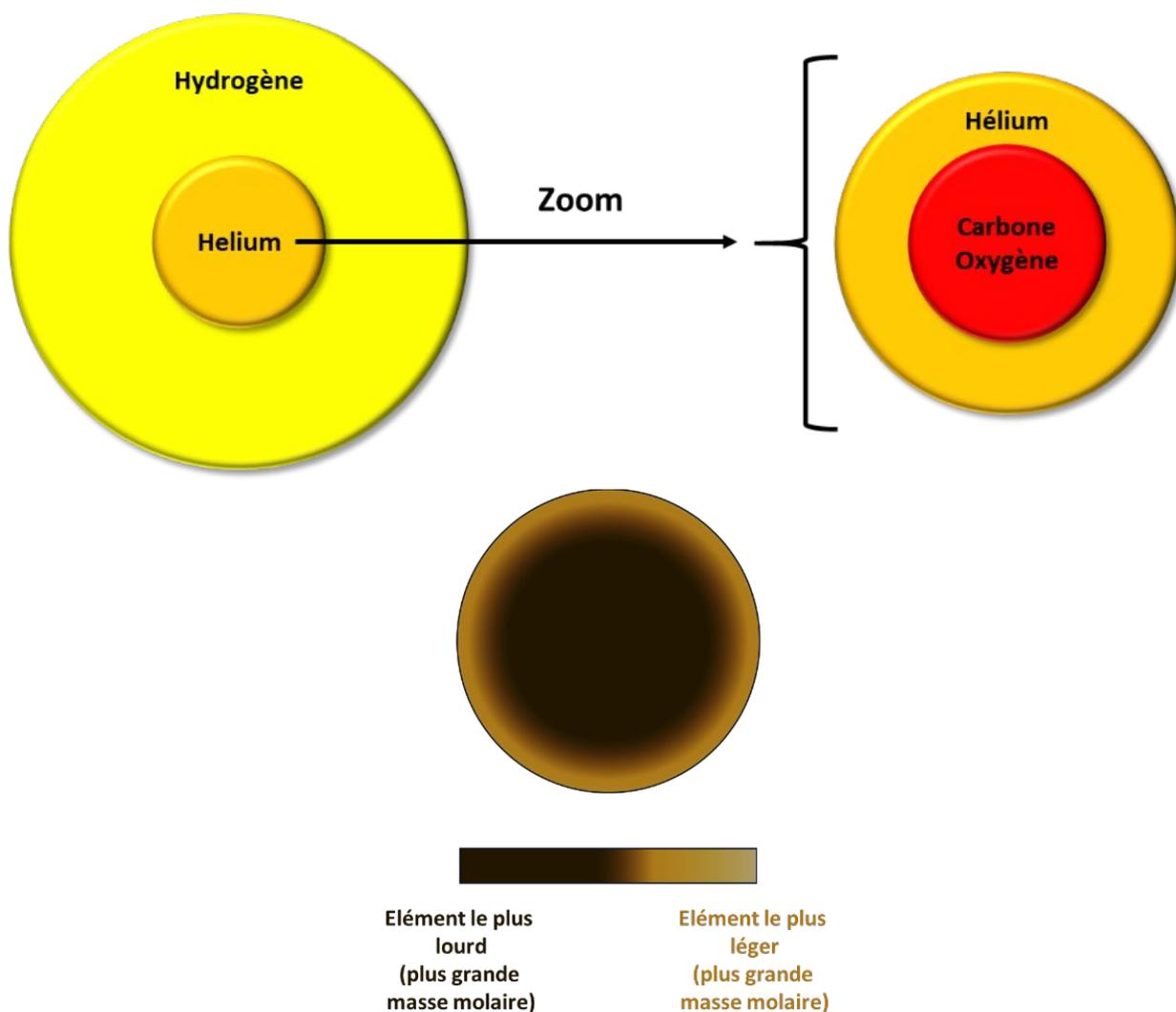
A l'issue de la « nucléosynthèse primordiale », quels sont les atomes formés au sein des étoiles ?

A l'issue de cette première étape de création de la matière, seulement deux atomes sont formés : l'hydrogène et l'hélium (issue de la réaction de fusion de l'hydrogène). Quelques isotopes de ces atomes sont aussi présents. Il existe bien des traces de lithium et de béryllium mais ces nouveaux atomes sont tellement peu présents que l'on considère que seuls l'hydrogène et l'hélium sont formés au cours de cette nucléosynthèse primordiale.

Tant que de l'hydrogène est présent en masse, cette réaction de fusion est la seule possible. Aujourd'hui, il s'agit de la réaction qui régit notre soleil. La présence importante des atomes d'hydrogène et d'hélium au sein des étoiles explique la présence ultra-majoritaire de ces atomes dans les proportions atomiques de l'Univers.

Une fois que cette fusion n'est plus possible, la température au sein des étoiles augmente suffisamment pour permettre aux noyaux d'hélium de fusionner pour former du carbone et de l'oxygène. C'est le début de la « Nucléosynthèse stellaire ». Les atomes les plus lourds alors de l'étoile se situent au centre et les plus légers en périphérie. Schématiquement, voici la répartition atomique de l'étoile.

Composition atomique de l'étoile au moment de la nucléosynthèse



Mais les réactions ne sont pas encore finies. Une fois que l'hélium n'est plus suffisamment disponible, la température de l'étoile continue de monter et des réactions de fusion du carbone et de l'oxygène apparaissent.

Finalement, de nombreux atomes se forment comme le phosphore, le silicium et le Fer. L'étoile présente alors un profil semblable au schéma précédent.

Mais que se passe-t-il après l'apparition du Fer ?

Le Fer est trop lourd pour fusionner, l'étoile sous l'effet de la chaleur et de la pression s'effondre sur elle-même et explose. On appelle ce phénomène une **supernova**. Cette explosion est tellement intense que cela provoque la fusion des atomes déjà présents en nouveaux atomes beaucoup plus lourds comme l'or, l'argent, le plomb et l'uranium.

C'est ainsi que génération après générations, les étoiles enrichissent le cosmos d'une importante diversité d'atomes qui s'associent en molécules de plus en plus complexe à l'origine de la vie primitive sur Terre.



L'ESSENTIEL

L'Hydrogène est l'atome fondamental à l'origine de la diversité atomique de l'Univers.

Sous l'effet de la chaleur et de la pression, les atomes fusionnent petit à petit afin de créer l'hélium mais aussi une multitude d'atomes. On parle de nucléosynthèse.



JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

Qu'est-ce qu'une supernova ?

Four horizontal dashed lines for writing the answer to the question.



POUR ALLER PLUS LOIN

Découvrir & Comprendre : les étoiles et les réactions nucléaires.

L'espace web de culture scientifique du CEA

Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) est un organisme public de recherche à caractère scientifique, technique et industriel qui propose sur son site de balayer des sujets et de revenir sur les notions essentielles en vidéo et en synthèse.

www.cea.fr/comprendre/Pages/matiere-univers/essentiel-sur-les-etoiles.aspx

Au cours de cette partie, le terme « fusion » a été évoqué à de nombreuses reprises. Mais quelles sont les différences avec la réaction de « fission » nucléaire que nous utilisons quotidiennement dans nos centrales nucléaires ?

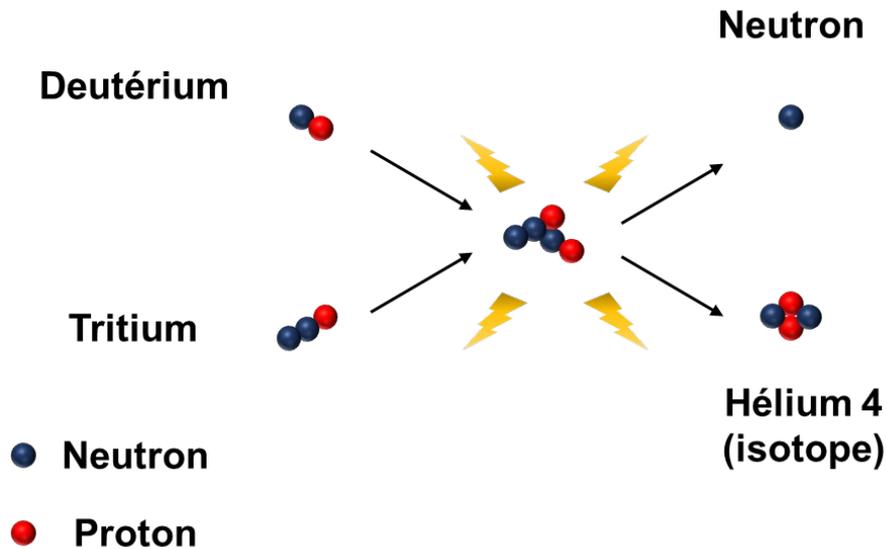


LA MATIÈRE ET LA COMPOSITION DE L'UNIVERS

Fusion vs fission

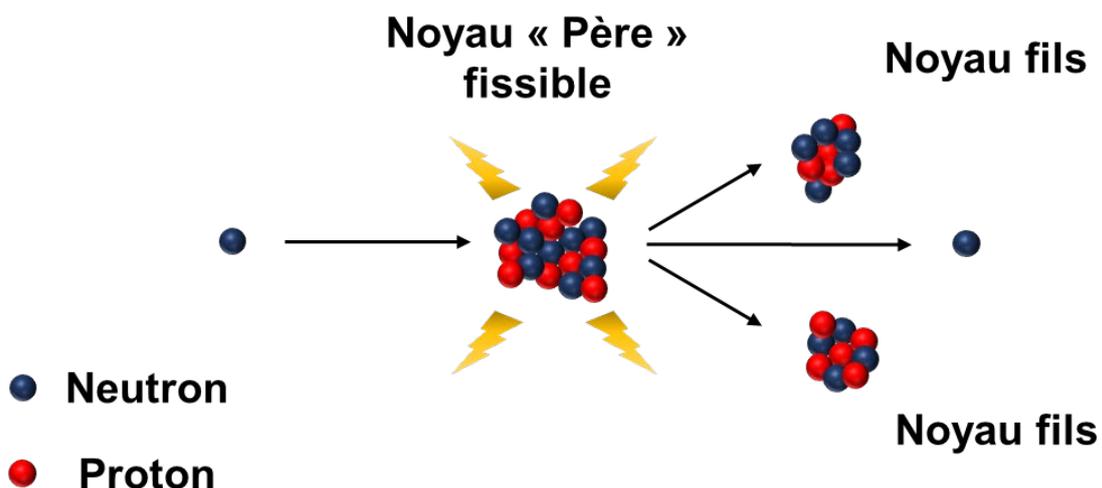
La réaction de fusion nucléaire met jeu des atomes qui vont sous l'effet de la température et de la pression du milieu, fusionner pour donner un seul nouvel atome.

C'est donc une réaction qui se fait au niveau du noyau de l'atome, d'où le terme « nucléaire ». Par définition, l'élément formé a un nombre de masse $A = Z + N$ supérieur à chacun des deux atomes initiaux.



Il s'agit donc d'une réaction nucléaire forcée puisqu'elle nécessite de hautes températures et de pressions. A température ambiante et pression atmosphérique, cette réaction de fusion est impossible. Or il existe une autre réaction nucléaire où un besoin d'énergie initial est nécessaire : la fission nucléaire.

La réaction de fission est une réaction au cours de laquelle un noyau atomique lourd (dit « Noyau Père ») va être scindée en plusieurs noyaux plus légers (appelé « Noyaux fils »). Cette réaction ne se produit que si le noyau père est bombardé par un neutron envoyé à très grande vitesse. L'énergie de celui-ci va au moment de l'impact fissurer l'atome en des entités dont le nombre de masse est plus petit. Il s'agit aussi d'une réaction qui se passe au niveau du noyau de l'atome, d'où le terme « nucléaire ».



L'exemple le plus connu de fission est la réaction nucléaire qui est utilisée dans les 58 réacteurs nucléaires français :



L'ESSENTIEL

Les réactions de fission et de fusion sont des réactions nucléaires qui ont lieu grâce à un apport d'énergie initial. Elles ne sont pas naturelles.

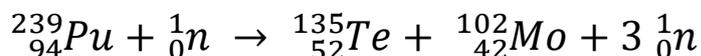
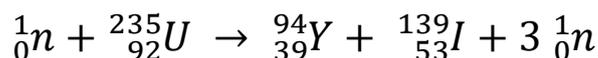
La fission actuellement maîtrisée par l'Homme vise à scinder un noyau père grâce à l'impact d'un neutron en deux noyaux fils. L'énergie libérée est alors utilisée.

La fusion vise à faire fusionner deux atomes en les mettant à des températures et des pressions proches de celles mesurées au niveau du soleil. Cette réaction de fusion n'est pas encore maîtrisée par l'Homme à grande échelle et consiste à l'un des plus grands défis du 21ème siècle.



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

D'après vous, à quel type de réaction nucléaire appartiennent chacune de ces 3 formules ? Fusion ou fissions ?

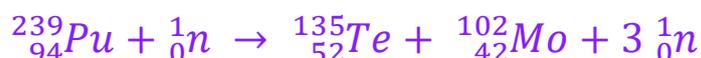


L'atome produit à partir d'une réaction de fusion a un nombre de masse A supérieur de ceux des réactifs (Pour rappel, un atome s'écrit de la manière suivante : A_ZX).

La réaction de fusion nucléaire est donc la suivante :



Les réactions de fission nucléaires sont les deux autres :



Certains noyaux sont définis comme stables et d'autres instables. Mais derrière ce terme, que se cache-t-il ? Le terme stabilité renvoie aux changements de structures que peuvent subir certains atomes. Certains atomes stables vont garder leurs compositions au niveau du noyau. D'autres, instables, vont évoluer en des isotopes ou même d'autres atomes plus stables en émettant des rayonnements.

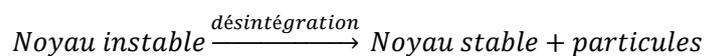


RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

D'après vos recherches, donnez la définition de l'isotopie et citez 2 atomes présentant des isotopes.

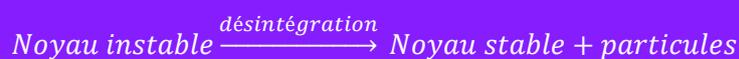
Deux atomes A_ZX sont isotopes s'ils présentent un même numéro atomique mais un nombre de masse différent. De nombreux atomes présentent des isotopes comme le carbone qui en présente trois le ${}^{12}_6C$, le ${}^{13}_6C$ et le ${}^{14}_6C$. Parmi les autres atomes connus présentant des isotopes, on peut citer l'Hydrogène (1_1H , 2_1H et 3_1H), l'hélium (3_2He et 4_2He) voir l'iode.

Ces évolutions naturelles afin de former des isotopes ou des atomes plus stables s'appellent des désintégrations. Elles s'accompagnent toujours d'une émission de particules (électron, positon, noyau 4_2He , rayonnement gamma).



L'ESSENTIEL

La radioactivité est un processus de réactions nucléaires spontanées (sans intervention de l'Homme) où un noyau va chercher à gagner en stabilité en se désintégrant en un de ses isotopes ou en un autre atome.



Cette réaction s'accompagne de l'émission de particules.
Les différents types de désintégrations ne sont pas à connaître.

Un atome peut être instable, c'est-à-dire que les forces de répulsion qui s'appliquent au niveau du noyau entre ses protons sont supérieures à l'interaction forte qui lie le noyau. Cet atome va donc chercher à gagner en stabilité en formant un atome stable et en éjectant une ou des particules.



LA MATIÈRE ET LA COMPOSITION DE L'UNIVERS

Evolution du nombre de noyaux radioactifs dans le temps

Autant les atomes qui peuvent se désintégrer par radioactivité sont connus, autant savoir si tel ou tel atome au sein d'un même paquet d'entité chimique est impossible.

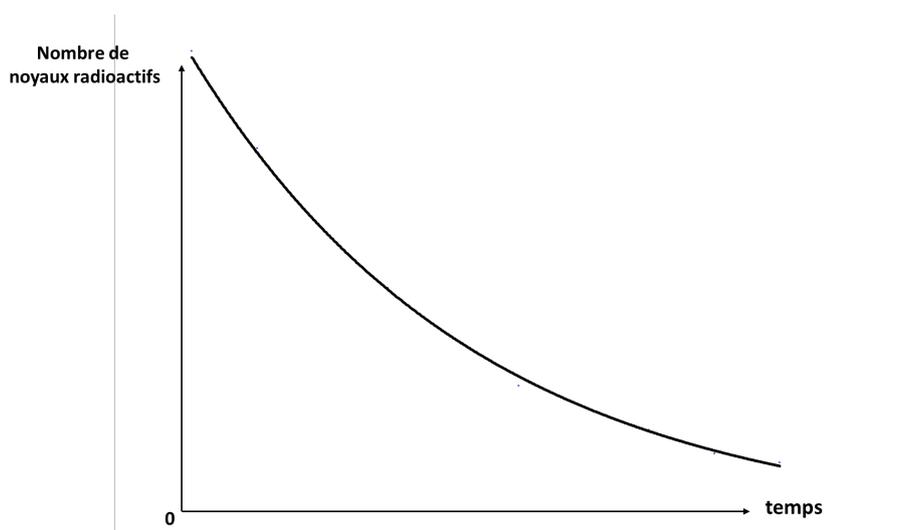


L'ESSENTIEL

Le moment de désintégration d'un noyau radioactif individuel n'est pas prédictible : ce phénomène est en totalement aléatoire.

Cependant il est possible de prédire statistiquement le comportement d'un grand nombre de noyaux radioactifs instables dans le temps. Il est donc nécessaire de quitter une vision physique de la matière et d'utiliser une vision mathématique.

Quelle que soit la nature du groupe d'atomes radioactifs étudié, le nombre d'atomes radioactifs diminue de la même manière. On parle de courbe de décroissance radioactive dont voici l'apparence.



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

D'après vous, le nombre d'atomes radioactifs diminue-t'il avec le temps ? Argumentez.

.....

.....

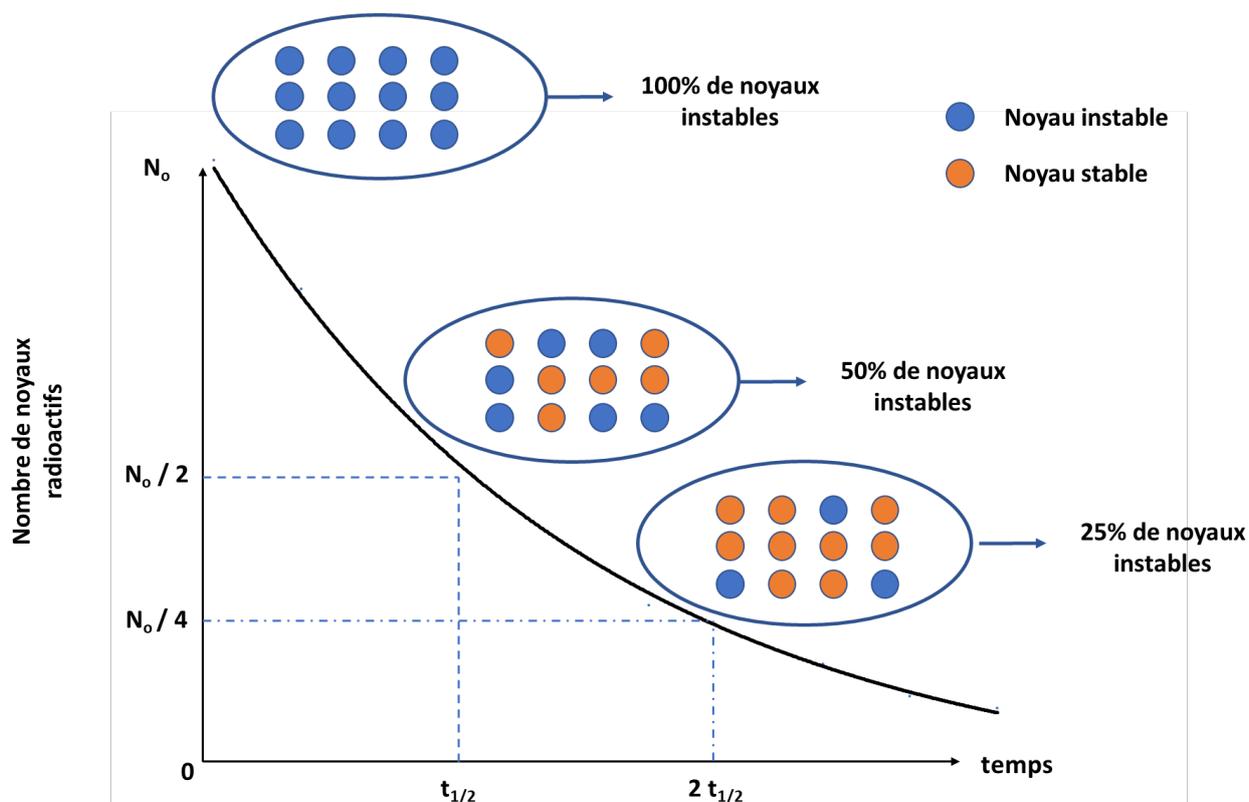
.....

.....

.....

L'étude de la courbe de décroissance radioactive montre une décroissance non linéaire puisque ce n'est pas une droite. La courbe est de type « exponentiel », c'est-à-dire une forte décroissance au début de l'étude qui diminue au cours du temps.

Or si l'allure de la courbe est la même quel que soient les atomes, il est donc possible de prédire le temps au bout duquel il ne restera que la moitié des noyaux qui sont instables. Cette durée est la demi-vie ($t_{1/2}$) et est une caractéristique des noyaux radioactifs étudiés.



A $t_{1/2}$, il ne reste que la moitié des noyaux qui sont radioactifs. A $2 \times t_{1/2}$, il n'en reste plus qu'un quart. Il est donc possible de prévoir mathématiquement la quantité de noyaux radioactifs à partir du temps de demi-vie.



L'ESSENTIEL

La demi-vie (ou période) d'un atome radioactif est le temps au bout duquel la moitié des noyaux radioactifs présents se sont désintégrés. :

$$N_{t_{1/2}} = \frac{N_0}{2}$$

Avec N_0 la quantité initiale de noyaux radioactifs.

Il est possible de prévoir le nombre de noyaux restants au bout de 2, 3 ou n demi-vie :

Temps (s)	t_0	$t_{1/2}$	$2 \times t_{1/2}$	$3 \times t_{1/2}$	$4 \times t_{1/2}$	$n \times t_{1/2}$
Nombre de noyaux radioactifs	N_0	$\frac{N_0}{2}$	$\frac{N_0}{2^2} = \frac{N_0}{4}$	$\frac{N_0}{2^3} = \frac{N_0}{8}$	$\frac{N_0}{2^4} = \frac{N_0}{16}$	$\frac{N_0}{2^n}$



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Recherchez la demi-vie des isotopes radioactifs du carbone ^{14}C , de l'iode ^{123}I et de l'Uranium ^{238}U .

.....

.....

.....

.....

.....

Voyons la demi-vie des isotopes radioactifs suivants :

- le carbone (utilisé pour la datation) ^{14}C : 5700 ans
- l'iode (utilisée en imagerie médicale) ^{123}I : 13,2 heures
- l'uranium (utilisé dans le nucléaire). ^{238}U : 4,5 milliards d'années



UN PEU DE CALCULS

Si la demi-vie du carbone 14 est de 5700 ans, au bout de combien de temps un matériau aura 6,25% d'isotopes de carbone 14 ?

Pour déterminer cette durée, prenons un nombre d'atomes initial N_0 égal à 100.

On souhaite avoir 6,25% d'isotopes radioactifs. $6,25\% \times 100 = 6,25$. Déterminons le nombre de demi-vie pour obtenir cette valeur.

Temps (s)	t_0	$t_{1/2}$	$2 \times t_{1/2}$	$3 \times t_{1/2}$	$4 \times t_{1/2}$
Nombre de noyaux radioactifs	100	$\frac{100}{2} = 50$	$\frac{100}{2^2} = 25$	$\frac{100}{2^3} = 12,5$	$\frac{100}{2^4} = 6,25$

Le matériau aura 6,25% d'isotopes de carbone 14 au bout de 4 demi-vies, soit $4 \times 5\,700 = 22\,800$ ans.

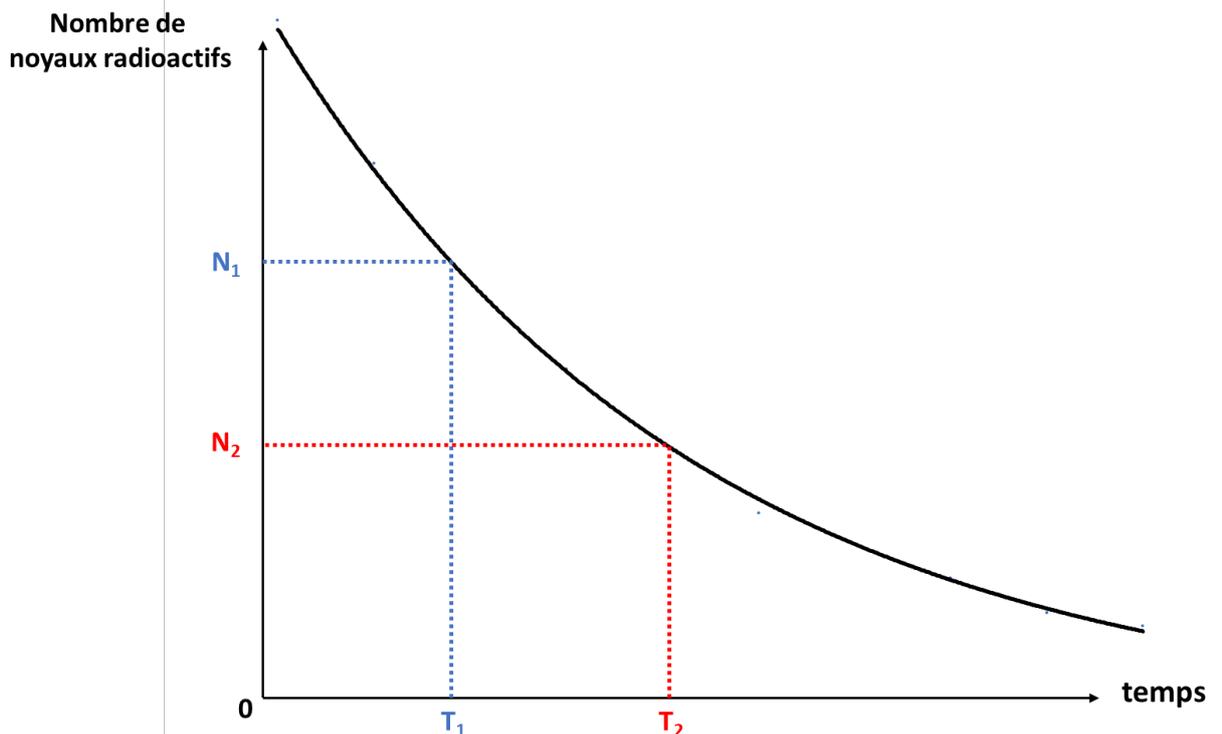
Mais quelle est la notion physique qui caractérise cette décroissance radioactive ? Il s'agit de l'activité.

L'activité correspond au nombre de désintégration par unité de temps d'un noyau instable. Ses unités sont le « Becquerel » mais aussi « désintégrations/seconde » ou « désintégrations/minute ». Cette activité diminue au cours du temps. En effet lorsqu'il y a beaucoup de noyaux radioactifs, le nombre de désintégrations par unité de temps est élevé. Si ce nombre de noyaux radioactifs diminue, le nombre de désintégration par unité de temps diminue aussi.

L'activité A d'un échantillon radioactif correspond aux nombres de désintégrations de noyaux (ou isotopes) instables par seconde.

$$A = - \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{(N_2 - N_1)}{(T_2 - T_1)}$$

L'unité de l'activité est le becquerel (Bq) : 1 Bq correspond à une désintégration par seconde.



JE VÉRIFIE MES CONNAISSANCES

Donnez une définition de l'activité ? Comment évolue-t-elle au cours du temps ?

L'activité correspond au nombre de désintégrations par unité de temps d'un noyau instable. Ses unités sont le « Becquerel » mais aussi « désintégration/seconde » ou « désintégration/minute ». Cette activité diminue au cours du temps. En effet lorsqu'il y a beaucoup de noyaux radioactifs, le nombre de désintégrations par unité de temps est élevé. Si ce nombre de noyaux radioactifs diminue, le nombre de désintégration par unité de temps diminue aussi.



POUR ALLER PLUS LOIN

COMPRENDRE LA RADIOACTIVITE AVEC UN TUBE DE DENTIFRICE

Une courte vidéo d'Etienne Klein,

La radioactivité, tout le monde connaît. Mais sait-on vraiment comment elle fonctionne ? Etienne Klein, physicien et directeur de recherche au Commissariat à l'énergie atomique, en détaille les grands principes en prenant l'exemple de la radioactivité bêta.

Attention vidéo réservée aux fondus de l'atome.

Etudions maintenant une application particulière de cette désintégration qui est utilisée quotidiennement par l'Homme : la datation au carbone 14.



LA MATIÈRE ET LA COMPOSITION DE L'UNIVERS

Un exemple de datation : le carbone 14

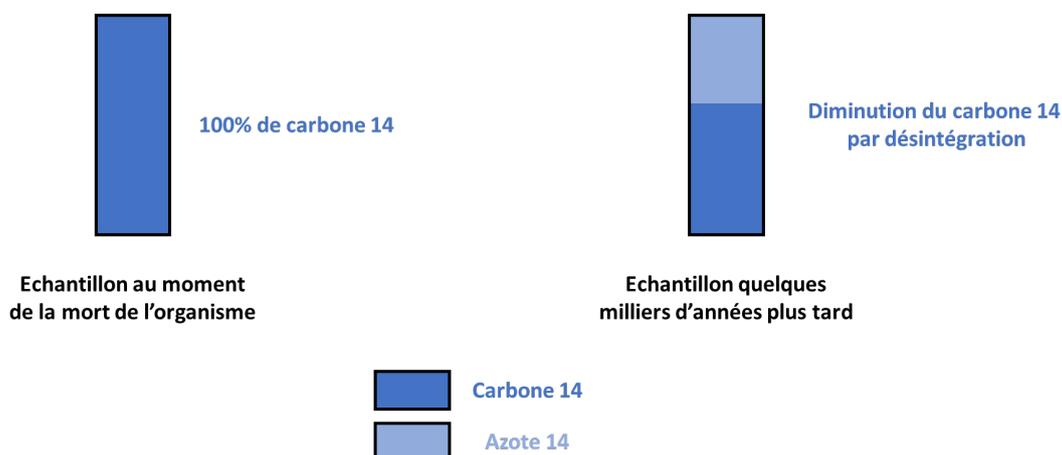
Il est aujourd'hui possible de dater des fossiles ou documents grâce à la datation « carbone 14 ». Cette méthode est la datation radiométrique (dite « par radiochronologie »), une méthode de datation basée sur la décroissance et les demi-vies des isotopes radioactifs connus comme le carbone 14.

Mais pourquoi le carbone 14 et pas un autre ?

Comme vu précédemment, le carbone a trois isotopes : ^{12}C , ^{13}C et ^{14}C . L'isotope ^{14}C est régénéré en permanence par les rayons cosmiques qui frappent l'atmosphère. Son taux dans l'atmosphère ne varie pas et il est donc respiré par tous les autres vivants. Espèces végétales, animales et Hommes avons tous un même taux de carbone 14 dans l'organisme, sans cesse renouvelé par la respiration. Ce taux est considéré comme le N_0 au cours de ce manuel.

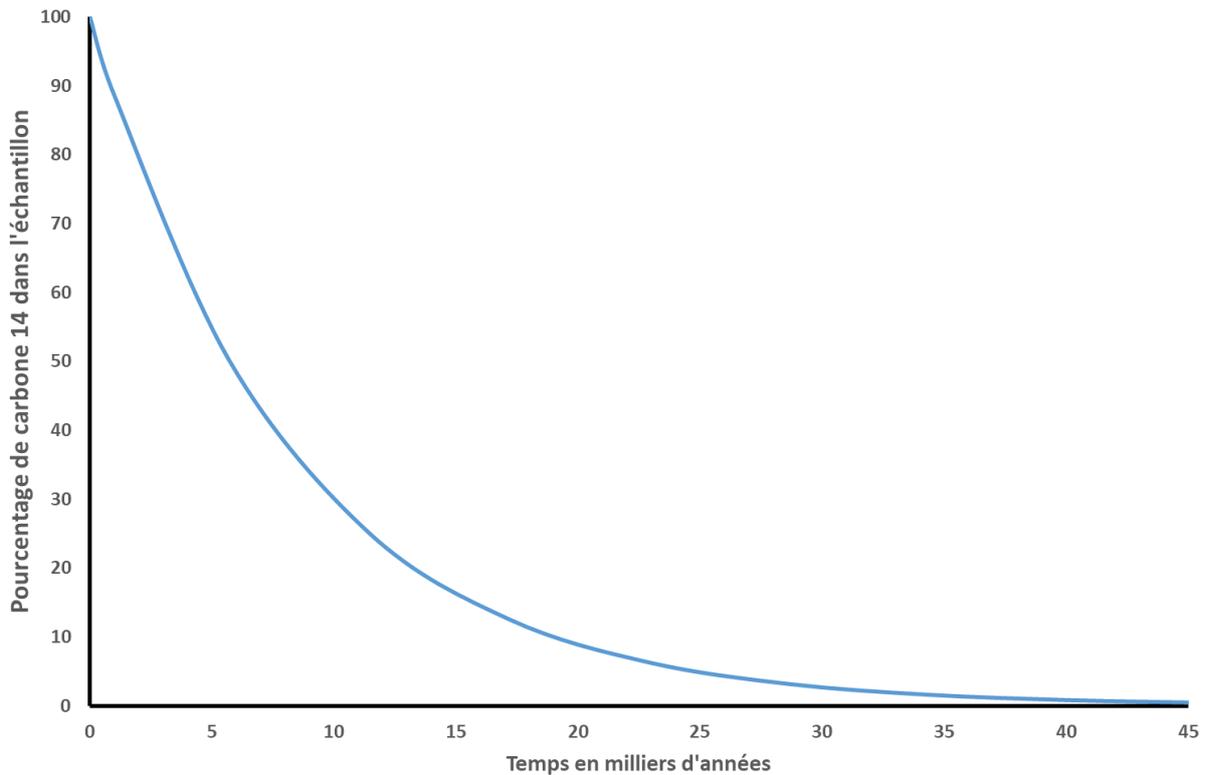
À la mort d'un organisme vivant, l'isotope ^{14}C radioactif n'est plus absorbé et sa proportion, décroît avec le temps puisqu'il se désintègre sous forme d'un des isotopes de l'azote ^{14}N .

Echantillon à deux âges différents



Comment se passe la datation ?

Prenons un échantillon d'âge inconnu. Il suffit de mesurer la quantité de ^{14}C qu'il contient et de la comparer au taux initial. Le pourcentage obtenu permet de déterminer l'âge de l'échantillon, par extrapolation de la courbe suivante.



RÉFLÉCHISSONS ENSEMBLE

Prenons un fossile dont le taux de ^{14}C N_0 est de 1000 ppm (Parties Par Millions). Souhaitant le dater, nous dénombrons aujourd'hui un taux de 200 ppm ($N_{\text{mesuré}}$). Quel est l'âge approximatif du fossile ?

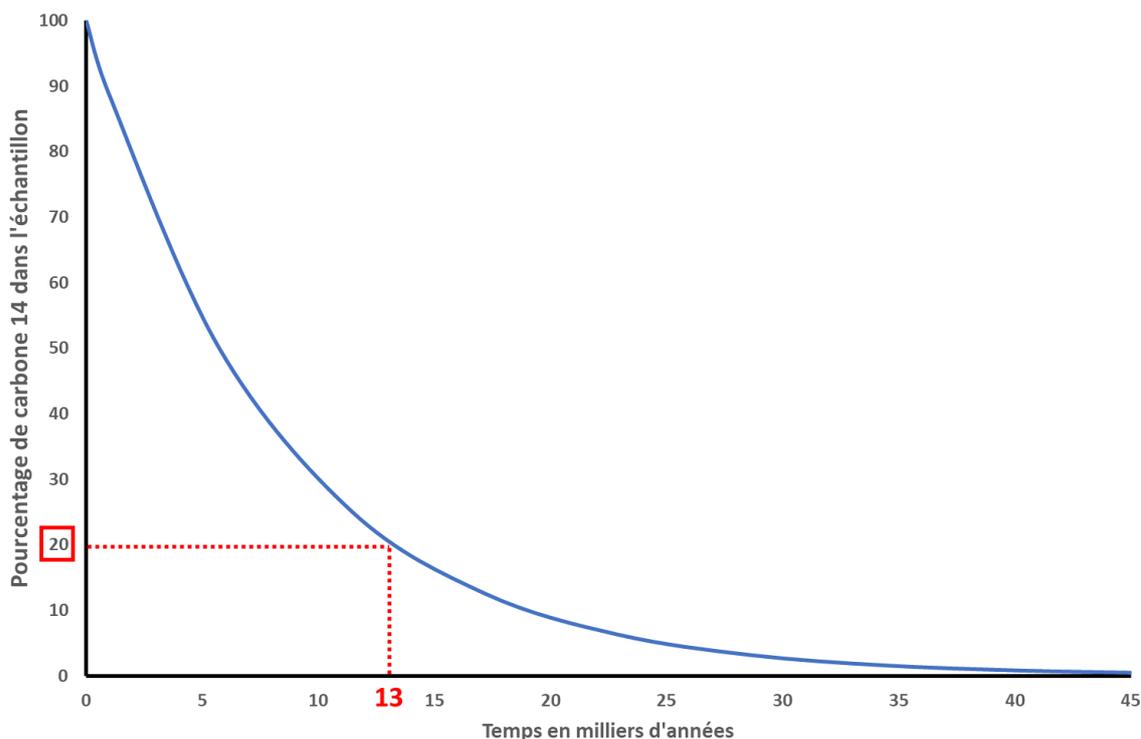
Pour résoudre ce problème, il est nécessaire de déterminer le pourcentage de carbone 14 résiduel dans l'échantillon aujourd'hui. Le pourcentage est déterminé de la manière suivante :

$$\% = \frac{N_{\text{mesuré}}}{N_0} \times 100$$

Dans notre cas, nous obtenons :

$$\% = \frac{200}{1000} \times 100 = 20\%$$

Il suffit alors d'extrapoler sur le graphique la valeur de 20% pour déterminer l'âge de l'échantillon sur les abscisses.



L'âge du fossile étudié, est approximativement de 13 000 ans.



L'ESSENTIEL

La datation au carbone 14 est une technique basée sur la désintégration de l'isotope carbone 14 (^{14}C).

Elle permet de dater l'âge d'un fossile ou d'un matériau à partir du taux de carbone 14 présent dans l'échantillon par rapport au taux initial (c'est-à-dire du décès si c'est une espèce vivante ou de la constitution du matériau) et de la courbe de décroissance radioactive du carbone 14.

L'âge limite de datation est de 50 000 ans (soit 8 périodes de datation) car au-delà, le taux de carbone 14 est trop faible pour être quantifié.

Cette technique ne peut être utilisée que sur des matériaux ayant du carbone (on parle de matériaux organiques). On ne peut dater donc pas dater les oxydes métalliques par exemple ou les matériaux minéraux.

Il existe d'autres techniques de datation que celle au carbone 14. Celles-ci permettent de dater des fossiles beaucoup plus anciens. La méthode de datation Potassium/Argon permet de dater des échantillons très anciens, datant de 100 000 à 500 000 ans. Une seconde méthode Uranium/Thorium permet de dater des échantillons datant entre 10 000 et 350 000 ans.

LE TEMPS DU BILAN

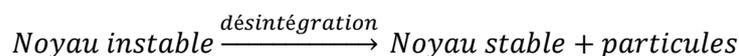
- Il existe plus d'une centaine d'atomes formés naturellement dans l'Univers. Ceux-ci sont tous issus d'un atome initial, l'hydrogène. L'ensemble de ces atomes ont été formés par fusion nucléaire dont la première étape est la réaction de fusion stellaire :



- L'ensemble des noyaux sont formés lors du phénomène de nucléosynthèse. On appelle « nucléosynthèse primordiale » le moment où se forme l'hélium par fusion de l'hydrogène. La formation des noyaux plus lourds comme l'oxygène, l'azote, le phosphore ou le fer a lieu lors de la nucléosynthèse stellaire.
- On parle de supernova le moment où à la suite de la fusion du fer, l'étoile explose et dégage l'ensemble de sa matière dans toutes les directions de l'Univers.
- Les taux de présence des atomes, appelés aussi abondance, varient que l'on soit dans l'espace tels que :

Univers		Être humain		Terre	
Nom	Abondance	Nom	Abondance	Nom	Abondance
Hydrogène	92,0%	Oxygène	65,4	Oxygène	49,1%
Hélium	7,1%	Carbone	18,1	Silicium	25,5%
Oxygène	0,05%	Hydrogène	10,1	Aluminium	7,5%
Azote	0,015%	Azote	3,0	Fer	4,6%

- Il existe 2 types de réactions nucléaires : la fusion nucléaire et la fission nucléaire. La fission (actuellement maîtrisée par l'Homme) vise à scinder à noyau père grâce à l'impact d'un neutron en deux noyaux fils. L'énergie libérée est alors utilisée. La fusion vise à faire fusionner deux atomes en les mettant à des températures et des pressions proches de celles mesurées au niveau du soleil.
- La radioactivité est un processus de réactions nucléaires spontanées (sans intervention de l'Homme) où un noyau instable va chercher à gagner en stabilité en se désintégrant en un de ces isotopes ou en un autre atome.



- La demi-vie d'un atome radioactif est le temps au bout duquel la moitié des atomes radioactifs a été divisée par deux :

$$N_{t_{1/2}} = \frac{N_0}{2}$$

Avec N_0 la quantité initiale de noyaux radioactifs. Il est possible de prévoir le nombre de noyaux restants au bout de 2, 3 ou n demi-vie :

Temps (s)	t_0	$t_{1/2}$	$2 \times t_{1/2}$	$3 \times t_{1/2}$	$4 \times t_{1/2}$	$n \times t_{1/2}$
Nombre de noyaux radioactifs	N_0	$\frac{N_0}{2}$	$\frac{N_0}{2^2} = \frac{N_0}{4}$	$\frac{N_0}{2^3} = \frac{N_0}{8}$	$\frac{N_0}{2^4} = \frac{N_0}{16}$	$\frac{N_0}{2^n}$

- L'activité est le nombre de désintégrations par seconde d'un atome radioactif. L'unité est le Becquerel.
- La datation au carbone est une technique liée à la désintégration de l'isotope carbone 14 (^{14}C). Elle permet de dater l'âge d'un fossile ou d'un matériau à partir du taux de carbone 14 présent dans l'échantillon par rapport au taux initial. L'âge limite de datation est de 50 000 ans (soit 8 périodes de datation) car au-delà, le taux de carbone 14 est trop faible pour être quantifié. Cette technique ne peut être utilisée que sur des matériaux ayant du carbone (on parle de matériaux organiques). On ne peut dater donc pas dater les oxydes métalliques par exemple ou les matériaux minéraux.

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 multiples.

1. Les atomes les plus présents dans la composition atomique de l'Univers sont :
 - a. Le carbone et l'oxygène.
 - b. L'hydrogène et le carbone.
 - c. L'hydrogène et l'hélium.
 - d. L'hélium et le carbone.
2. Les atomes les plus présents dans la composition des espèces vivantes sur Terre sont :
 - a. Le carbone et l'oxygène.
 - b. L'hydrogène et le carbone.
 - c. L'hydrogène et l'hélium.
 - d. L'hélium et le carbone.
3. La nucléosynthèse correspond :
 - a. A l'enchaînement de réactions de fusion nucléaire au sein des étoiles qui permettent l'apparition de nouveaux atomes.
 - b. A une désintégration.
 - c. Au nom d'un atome.
 - d. A un type de rayonnement gamma.
4. L'âge maximum de datation d'un fossile au carbone 14 est de :
 - a. 5730 ans.
 - b. 50 000 ans.
 - c. Pas de limite.
 - d. Cela dépend du fossile.
5. La demi-vie d'un isotope est :
 - a. Le temps nécessaire à un atome pour se désintégrer.
 - b. Le temps au bout duquel le matériau sur lequel on fait l'analyse s'est décomposé pour moitié.
 - c. Une date de péremption de l'isotope.
 - d. Le temps au bout duquel la moitié des isotopes initiaux se sont décomposés.
6. La radioactivité est :
 - a. Un processus de réactions nucléaires spontanées (sans intervention de l'Homme) où un noyau va chercher à gagner en stabilité en se désintégrant.
 - b. Une réaction nucléaire possible uniquement par un apport d'énergie fourni par l'être humain.
 - c. Un processus de réactions nucléaires avec un apport d'énergie fourni par l'Homme où un noyau va chercher à gagner en stabilité en se désintégrant.
 - d. Un phénomène découvert par Isaac Newton.

7. Il est possible de déterminer le nombre de noyaux radioactifs au bout de n demi-vie grâce à la formule :

- $\frac{N_0}{n^2}$.
- $\frac{N_0}{2^n}$.
- $\frac{N_0}{n}$.
- $\frac{n}{2^n}$.

8. Pour déterminer le pourcentage de carbone 14 mesuré aujourd'hui au sein de l'échantillon, il faut appliquer la formule :

- $\frac{N_{mesuré}}{N_0} \times 100$.
- $N_0 \times N_{mesuré} \times 100$.
- $\frac{N_0}{N_{mesuré}} \times 100$.
- $\frac{N_{mesuré}}{N_0 \times 100} \times 100$.

9. Aujourd'hui, nos centrales nucléaires fonctionnent :

- Aux réactions de fission.
- Aux réactions de fusion.
- A un mixte de réactions de fission et de fusion.
- A la radioactivité.

10. Une courbe de décroissance radioactive est :

- Une fonction linéaire.
- Une fonction affine.
- Non linéaire selon le temps.
- Une ligne droite.

EXERCICE

02

Vrai ou Faux ?

	V / F
1) La radioactivité au carbone 14 permet de dater n'importe quels matériaux même ceux sans carbone.	
2) La réaction de fusion est basée sur un noyau père qui après contact avec un neutron se retrouve fissuré en deux noyaux fils.	
3) Seuls les atomes ou isotopes qui se désintègrent, ont une demi-vie.	
4) La demi-vie du carbone 14 est de 5730 ans.	
5) Une réaction de fusion est une réaction qui se fait à condition de températures et de pressions ambiantes.	
6) Au sein d'une étoile, les éléments les plus légers se retrouvent toujours au centre de l'étoile.	
7) L'élément le plus présent dans l'Univers est l'hydrogène, devant l'hélium.	
8) On trouve les mêmes atomes dans les mêmes proportions au sein de l'Univers et dans un être vivant.	
9) Tous les atomes ont des isotopes.	
10) Tous les atomes sont radioactifs.	

EXERCICE

06

Expliquez en quelques lignes l'origine de la radioactivité ?

EXERCICE

07

Quels sont les points communs et les différences entre les réactions de fusion et de fission nucléaire ?

EXERCICE

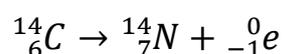
08

Expliquez la phrase « L'instant de désintégration d'un noyau radioactif individuel est aléatoire ».

EXERCICE

09

L'isotope ^{14}C du carbone se décompose selon le processus suivant :



Pour rappel, la « période » (ou la demi-vie) de cet isotope est $t_{1/2} = 5,73 \cdot 10^3$ ans. Dans la nature, l'isotope ^{14}C est présent en très petite quantité mais est constant. Au moment du décès de l'organisme vivant, son activité est de 13,5 Becquerels. On cherche à dater un fossile. Son activité actuelle est de 2,2 Becquerels. Le but de l'exercice est de dater ce fossile. Données : La courbe de désintégration du ^{14}C au cours du temps.

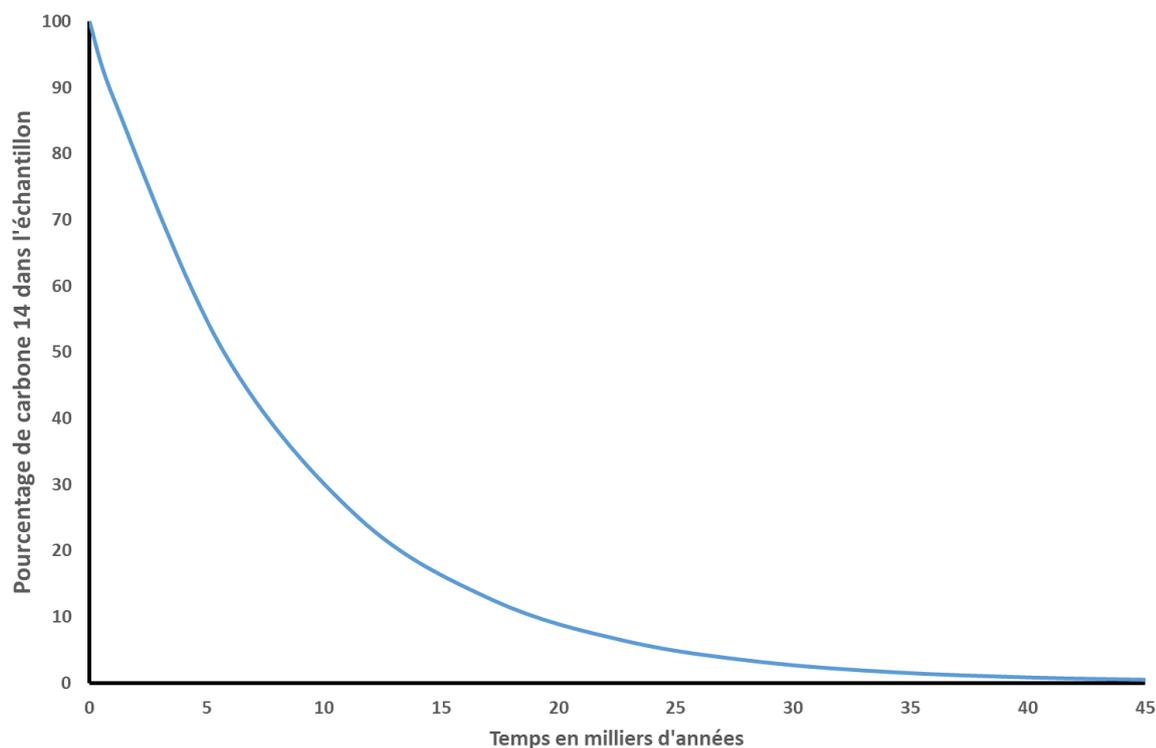
1) L'isotope du ^{14}C est-il stable ? Justifiez d'après l'énoncé.

2) Rappelez la définition de la demi-vie d'un isotope ?

3) Rappelez la définition de l'activité ? Quelles sont les unités que l'on peut utiliser ?

4) Calculez le pourcentage de ^{14}C encore présent dans l'échantillon ?

5) Déterminez l'âge de l'échantillon ?



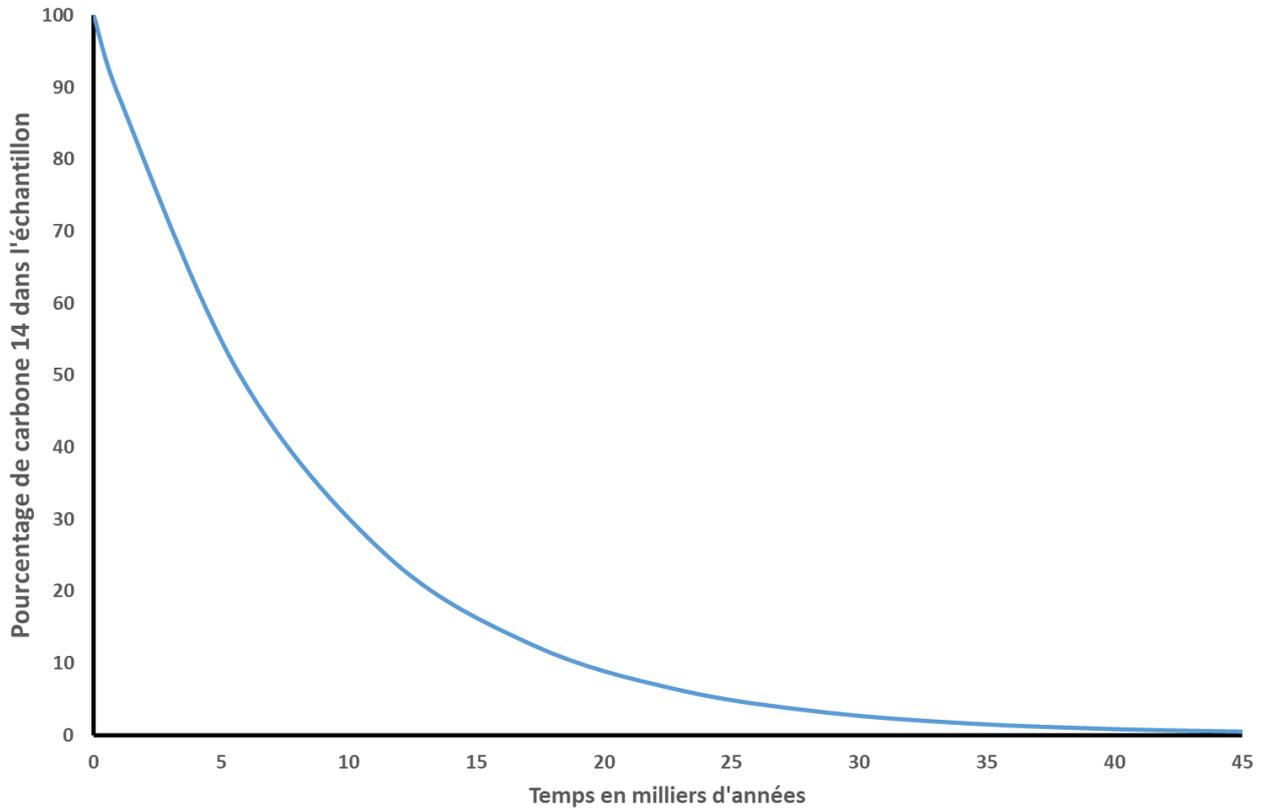
EXERCICE

10

En 1983 fut découverte l'épave d'un drakkar dans la vase du port de Roskilde (à l'ouest de Copenhague). Pour valider l'hypothèse indiquant que ce navire est d'origine viking, une datation au carbone 14 est réalisée sur un échantillon de bois prélevé sur sa coque. L'activité A mesurée pour cet échantillon est de 12,0 désintégrations par minute et par gramme de carbone. Or l'activité pour 1 gramme de carbone participant au cycle du dioxyde de carbone de l'atmosphère est égale à $A_0 = 13,6$ désintégrations par minute. Données : La courbe de désintégration du ^{14}C au cours du temps. - Tiré du Bac – Session Maroc 2004

1) Calculez le pourcentage de ^{14}C encore présent dans l'échantillon ?

2) Calculez l'âge du bateau ?



3) La période Viking s'étend du VIII^{ème} siècle au XI^{ème} siècle (entre 700 et 1000 ans). L'hypothèse faite précédemment est-elle vérifiée ?

EXERCICE

11

Tiré des sujets 0 en Physique-Chimie de l'éducation nationale en 2002

La Terre est bombardée en permanence par des particules très énergétiques venant du cosmos. Ce rayonnement cosmique est composé notamment de protons très rapides. Les noyaux des atomes présents dans la haute atmosphère « explosent » littéralement sous le choc de ces protons très énergétiques et, parmi les fragments, on trouve des neutrons rapides. Ces neutrons rapides peuvent à leur tour réagir avec des noyaux d'azote de la haute atmosphère. Lors du choc, tout se passe comme si un neutron rapide éjectait un des protons d'un des noyaux d'azote et prenait sa place pour former un noyau Y_1 . Ce noyau Y_1 est un isotope particulier du carbone, le carbone 14, qui est radioactif : en émettant un électron et une particule non observable, l'antineutrino, il se décompose en un noyau Y_2 . La période ou demi-vie du carbone 14 est 5 570 ans. Comme le rayonnement cosmique bombarde la Terre depuis longtemps, un équilibre s'établit entre la création et la décomposition du carbone 14 : il y a autant de production que de décomposition si bien que la teneur en carbone 14 de tous les organismes vivants reste identique au cours du temps. Ce carbone s'oxyde en dioxyde de carbone qui se mélange à celui de l'atmosphère, à celui dissous dans l'eau, etc. et sera métabolisé par les plantes et à travers elles par tous les organismes vivants. Dans chaque gramme de carbone de l'atmosphère ou des organismes vivants, les atomes de carbone sont en très grande majorité des atomes de carbone 12, mais il y a $6,8 \cdot 10^{10}$ atomes de carbone 14.

D'après I. Berkès « La physique du quotidien »

1) **Donnez la définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$.**

.....

.....

2) **Comment expliquer que la quantité moyenne de carbone 14 par kilogramme de matière (ou teneur) reste constante pour tous organismes en vie ?**

.....

.....

.....

.....

.....

3) **Comment évolue la teneur en carbone 14 quand un organisme meurt ? Justifier la réponse.**

.....

.....

.....

On date par la méthode du carbone 14 un morceau de sarcophage en bois trouvé dans une tombe de l'Egypte ancienne. Dans cet échantillon, on mesure en moyenne 10 désintégrations par minute et par gramme de carbone alors que le taux initial était de 16 désintégrations par minute par gramme de carbone. Données : La courbe de désintégration du ^{14}C au cours du temps.

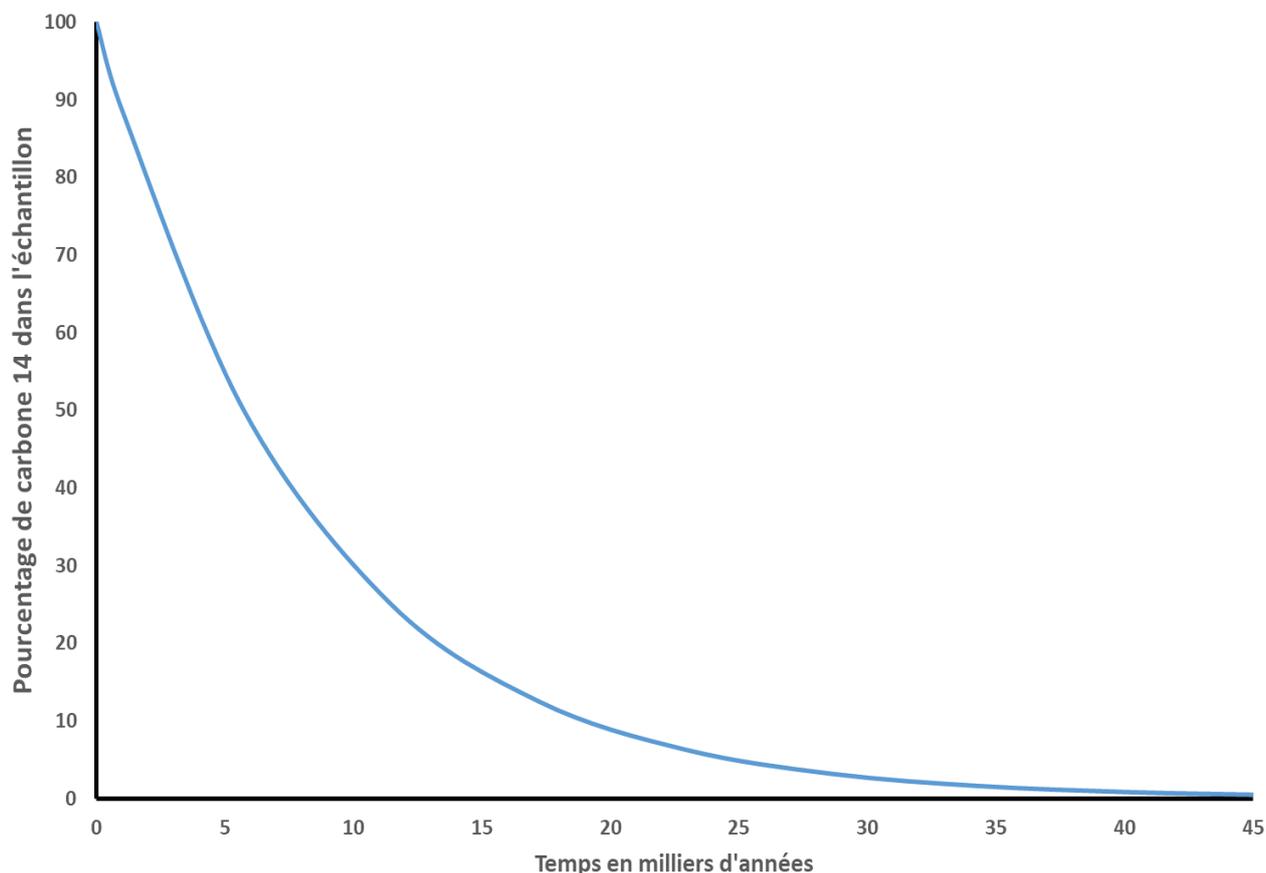
4) **Déterminez l'âge du sarcophage en vous appuyant sur la courbe en page suivante ?**

.....

.....

.....

.....



EXERCICE

12

Les avantages de la fusion :

« **Une énergie abondante** : A masse égale, la fusion d'atomes légers libère une énergie près de quatre millions de fois supérieure à celle d'une réaction chimique telle que la combustion du charbon, du pétrole ou du gaz, et quatre fois supérieure à celle des réactions de fission nucléaire. La fusion peut fournir l'énergie de base nécessaire pour satisfaire les besoins en électricité de nos villes et de nos industries.

Pérennité : Les combustibles de fusion sont universellement disponibles et quasiment inépuisables. Le deutérium peut être obtenu à partir de l'eau ; le tritium sera produit pendant la réaction de fusion lorsque les neutrons issus de la fusion des noyaux interagiront avec le lithium des modules placés dans la chambre à vide. (Les réserves de lithium dans la croûte terrestre permettraient l'exploitation de centrales de fusion pendant plus de 1 000 ans ; celles des océans pourraient répondre aux besoins pendant des millions d'années.)

Aucune émission de CO₂ : La fusion ne génère pas de dioxyde de carbone ou d'autres gaz à effet de serre. Le sous-produit principal est l'hélium, un gaz inerte non toxique.

Aucun déchet radioactif de haute activité à vie longue : Les réacteurs de fusion nucléaire ne produisent pas de déchets radioactifs de haute activité à vie longue. L'activation des composants d'un réacteur de fusion est suffisamment faible pour que les matériaux puissent être recyclés ou réutilisés dans les 100 ans qui suivent la mise à l'arrêt de l'installation.

Aucune prolifération : La fusion n'utilise pas de matières fissiles comme l'uranium et le plutonium (le tritium radioactif n'est ni un matériau fissile ni fusionnable). Un réacteur de fusion ne contient pas d'éléments susceptibles d'être utilisés pour fabriquer des armes nucléaires.

Aucun risque de fusion du cœur : Un accident nucléaire de type Fukushima ne peut pas se produire dans un réacteur de fusion. Les conditions propices aux réactions de fusion sont difficiles à atteindre ; en cas de perturbation, le plasma se refroidit en l'espace de quelques secondes et les réactions cessent. En outre, la quantité de combustible présente dans l'enceinte est insuffisante pour alimenter les réactions au-delà de quelques secondes et une « réaction en chaîne » est inconcevable du point de vue de la physique. »

D'après le site www.iter.org



ÉTAT DES LIEUX D'UN DOCUMENT

Un des objectifs de cette matière est l'exploitation de documents scientifiques. Derrière cette désignation réside l'étude et la compréhension de documents afin de confirmer ou infirmer (contredire) une hypothèse scientifique.

Cet exercice, assez simple en apparence, est souvent mal réussi par les élèves, et ce, quelle que soit la matière... De nombreux pièges résident dans cet exercice où les élèves tombent régulièrement comme la paraphrase, l'oubli d'informations essentielles, le manque de précision ou un manque de méthodologie...

Pour préparer cet exercice, les Cours Pi proposent une méthodologie progressive qui permettra à un élève d'analyser, commenter et exploiter n'importe quel document. Cette méthode sera travaillée de manière progressive au fur et à mesure des chapitres.

Ces points fondamentaux seront travaillés dans chaque chapitre et seront testés à chaque DS.

Mais que se cache-t-il derrière l'expression « L'état des lieux d'un document » ?

« L'état des lieux d'un document » est une série de questions auxquelles doivent répondre les élèves. A l'issue de ces questions, l'élève aura recueilli l'ensemble des informations nécessaires au résumé d'un document pouvant faire office par la suite d'analyse ou de support d'exploitations d'un document.

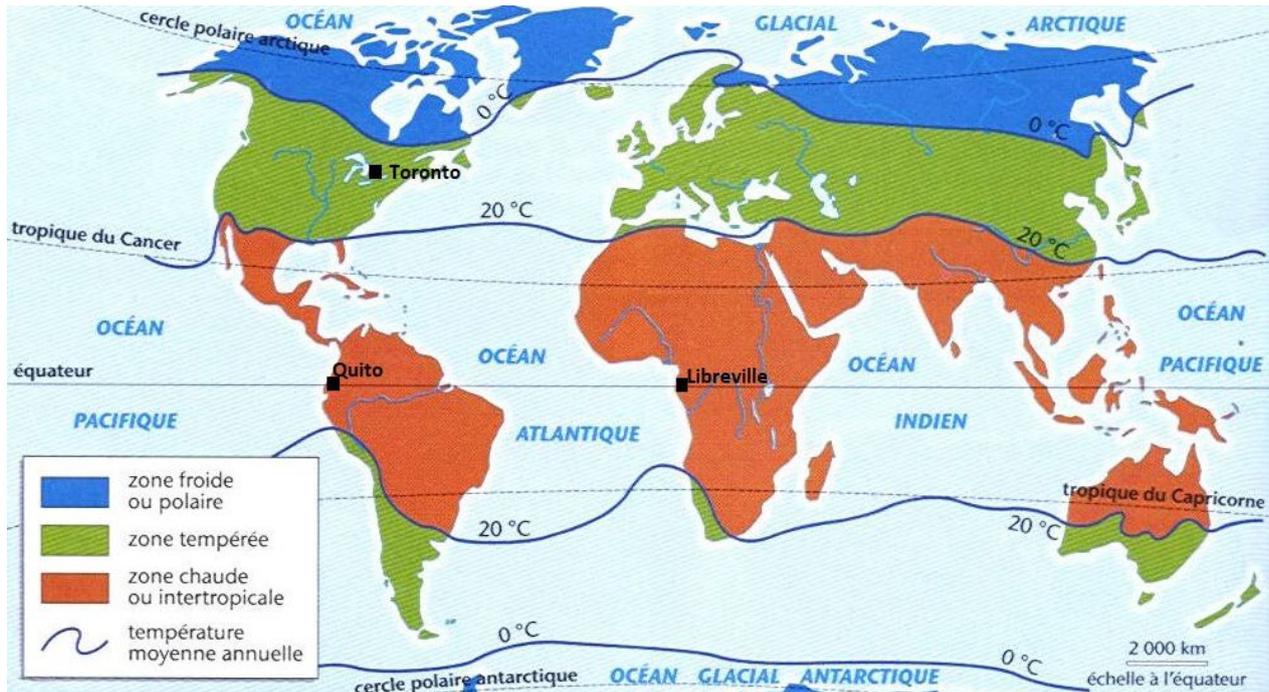
Cet état des lieux sera à faire le jour de l'épreuve mentalement ou sur votre brouillon afin d'extraire toutes les informations nécessaires et devra durer le jour du bac un temps maximum de 5 minutes. L'objectif est une simple description du document sans commentaire, sans analyse. Ces questions permettront par la suite à l'élève de décrire un document ou d'utiliser cette description pour confirmer ou infirmer une hypothèse.

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

- **Type de document :**
Graphique, texte, carte, photographie, coupe géologique, protocole.
 - **Auteur du document :**
Noms de l'auteur, fonction, métiers, s'il s'agit d'une personne connue. Attention toutes ces données ne sont pas forcément présentes.
 - **Origine du document :**
Texte tiré d'un livre, d'une biographie, de mémoires ; Site internet ; Encyclopédie. Attention toutes ces données ne sont pas forcément présentes.
 - **Date du document :**
Document contemporain d'une découverte ou à posteriori. Attention toutes ces données ne sont pas forcément présentes.
 - **Grossissement de la photos, nature des axes du graphique :**
S'il s'agit d'un graphique, il faut indiquer la nature des axes avec les unités. S'il s'agit d'une coupe géologique ou biologique, il faut indiquer l'échelle voire le grossissement. Ces données ne sont présentes que sur des documents purement scientifiques.
 - **Légende du document :**
S'il s'agit d'une carte, il est nécessaire de décrire la légende.
 - **Idée principale du document :**
Dans cette partie, il faut décrire l'objectif du document. Cela peut être d'expliquer la courbe observée, le choix d'une légende sur un schéma, sortir l'idée principale d'un texte etc.
 - **Tendance dégagée par le document :**
Cette partie est une des plus importantes. Il faut expliquer l'idée principale du document. Quel est le phénomène décrit par l'auteur ? Quels sont les mots-clés ? Comment se compose la carte ? Comment évolue le graphique ?
Il s'agit tout simplement de décrire le phénomène principal du document, sans en prendre parti.
- Si des éléments de réponses ne sont pas donnés, n'hésitez pas de le marquer afin de ne pas les oublier.

EXEMPLE D'ÉTAT DES LIEUX DU DOCUMENT

Document de référence : les zones climatiques à la surface de la Terre

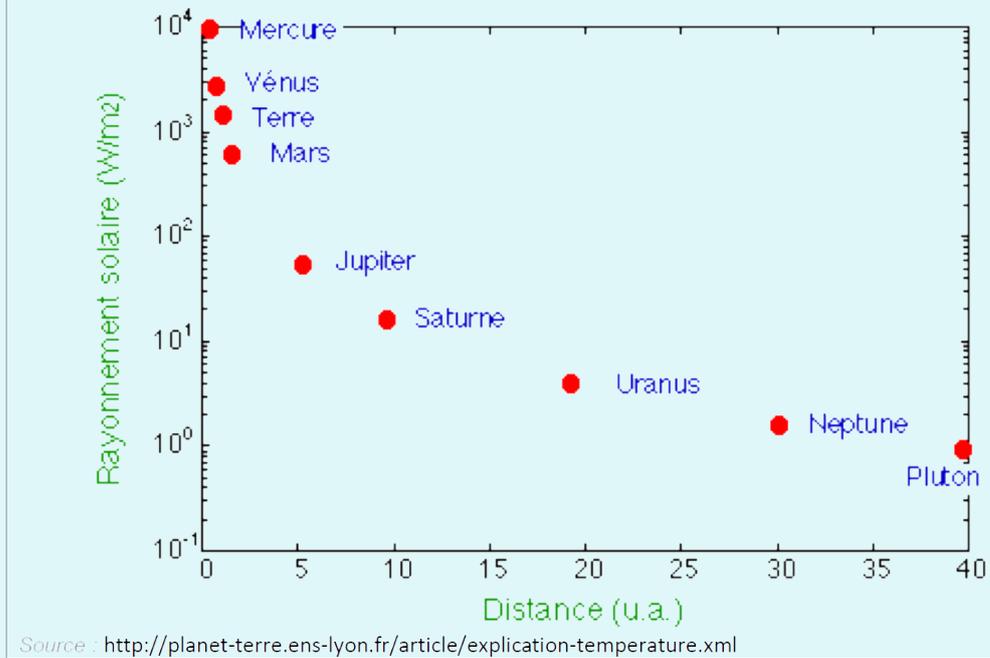


Source : <http://planete-terre.tripod.com/zontherm.htm>

- **Type de document :**
Ce document est une carte de type planisphère qui représente l'ensemble du globe terrestre.
- **Auteur du document :**
Pas d'auteur indiqué.
- **Origine du document :**
Cette carte est tirée d'un site internet : <http://planete-terre.tripod.com/zontherm.htm>
- **Date du document :**
Le document ne comporte pas de date mais semble contemporain (villes existantes).
- **Grossissement de la photo, nature des axes du graphique :**
Ne concerne pas notre carte.
- **Légende du document :**
Cette carte décrit les différentes zones climatiques présentes sur Terre. Elles sont au nombre de trois : zone froide ou polaire, zone tempérée et zone chaude ou intertropicale. Quatre lignes isothermes sont présentées : une ligne isotherme à 0°C dans l'hémisphère nord, une ligne isotherme à 20°C dans l'hémisphère nord, une ligne isotherme à 0°C dans l'hémisphère sud et une ligne isotherme à 20°C dans l'hémisphère sud.
Cinq parallèles sont présents : les deux cercles polaires, les deux tropiques (cancer et capricorne) et l'équateur.
- **Idée principale du document :**
L'objectif de cette carte est de montrer l'évolution géographique des trois principaux climats sur Terre et des températures moyennes en différents endroits du globe terrestre.
- **Tendance dégagée par le document :**
Les trois zones climatiques sont disposées de manière symétrique par rapport à l'équateur qui le parallèle à mi-distance des pôles. Plus on s'éloigne de l'équateur, plus la température semble diminuer puisque autour de chaque tropique, il y a une ligne isotherme de 20°C et au niveau des cercles polaires une ligne isotherme de 0°C.
Cette observation est confirmée par le texte sous la carte qui nous apprend que Quito et Toronto, qui sont sur la même longitude, ont deux températures différentes. Quito, situé sur l'équateur a une température plus élevée que Toronto situé en Amérique du Nord (aux Etats-Unis).

À VOTRE TOUR : PAS À PAS

Document 3 : Puissance solaire reçue en fonction de la distance au Soleil (en unités astronomiques u.a. 1u.a. = $1,5 \times 10^8$ km)



Etats des lieux du document :

- **Type de document :**

- **Auteur du document :**

- **Origine du document :**

- **Date du document :**

Corrigé

- Type de document :

Ce document est un graphique qui représente l'évolution de la puissance solaire reçue par l'ensemble de planète solaire. La courbe représente le rayonnement reçu par 1 m^2 en fonction de la distance au Soleil.

- Auteur du document :

Pas de nom d'auteur.

- Origine du document :

Document tiré d'un site internet : <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/explication-temperature.xml> Si vous savez que l'ENS (Ecole Normale Supérieure) est une école d'ingénierie française, vous pouvez le mentionner.

- Date du document :

Pas de date.

- Grossissement de la photo, nature des axes du graphique :

Ce graphique comporte en ordonnée le rayonnement solaire reçu par les planètes en (W/m^2) et en abscisse la distance au Soleil pour chaque planète du système solaire.

L'ordonnée présente une caractéristique. Il s'agit d'une échelle logarithmique puisque les valeurs de l'ordonnée sont sous forme de puissance de 10.

- Légende du document :

Une unité astronomique est une unité de distance : $1 \text{ u.a.} = 1,5 \times 10^8 \text{ km}$. Si vous savez que cette distance correspond à la distance Terre-Soleil, vous pouvez le signaler.

- Idée principale du document :

L'objectif de ce graphique a pour but de montrer l'évolution du rayonnement en fonction de la distance des planètes au Soleil.

- Tendances dégagées par le document :

Le graphique met en évidence une diminution du rayonnement lorsque la distance augmente. Le rayonnement évolue de 10^4 (pour Mercure la planète la plus proche du Soleil) à $10^0 \text{ W}/\text{m}^2$ (pour Pluton la planète la plus éloignée du Soleil). Cette diminution est non-linéaire puis que la courbe n'est pas une droite. Il s'agit d'une décroissance exponentielle.



A series of horizontal dashed lines for writing, spanning the width of the page.

EXERCICE

16

**Etude de documents****Principe de la datation au carbone 14**Une hypothèse déterminante

Le principe repose sur l'hypothèse suivante : la radioactivité naturelle du $^{14}_6\text{C}$ est restée constante au cours des 40 000 dernières années. Cela implique que l'activité du carbone $^{14}_6\text{C}$ présente dans les organismes vivants actuellement est identique à celle des mêmes organismes ayant vécu dans le passé.

Cette hypothèse n'est pas exacte car l'activité du carbone 14 n'est pas constante dans le temps. La teneur en $^{14}_6\text{C}$ dans l'atmosphère a subi des fluctuations qui sont aujourd'hui bien déterminées. Elles servent à corriger et à calibrer de âges obtenus par datation.

Principe de la datation au carbone 14

Le principe de la méthode de datation par le $^{14}_6\text{C}$ consiste à mesurer la nouvelle valeur du rapport $r = \frac{^{14}_6\text{C}}{^{12}_6\text{C}}$ des populations des deux isotopes, soit indirectement par la mesure de l'activité de l'échantillon ou soit directement par spectrométrie de masse. La dernière méthode est souvent privilégiée parce qu'elle permet de dater des échantillons beaucoup plus petits et ceci beaucoup plus rapidement.

Connaissant la loi de décroissance radioactive et la constante de désintégration du carbone 14, on peut en déduire le temps écoulé depuis la mort de l'organisme sur lequel l'échantillon a été prélevé, c'est-à-dire son âge. On peut procéder soit par une détermination graphique soit par un calcul.

Résultat et incertitude

Depuis la révolution industrielle, le taux de dioxyde de carbone atmosphérique a beaucoup augmenté suite au recours massif aux combustibles fossiles. C'est pourquoi, les résultats d'une datation au carbone 14 sont donnés en années BP (before present). Le point zéro à partir duquel est mesuré le temps écoulé depuis la mort de l'organisme correspond donc à 1950.

L'âge obtenu sera exprimé avec une certaine incertitude. Cela est dû à l'incertitude concernant la période de demi-vie, à l'incertitude liée à la calibration et l'incertitude liée à la mesure du rapport de population.

D'après l'Institut Français de l'éducation, lien <http://acces.ens-lyon.fr>, lecture Juillet 2019



A series of horizontal dashed lines for writing, spanning the width of the page.

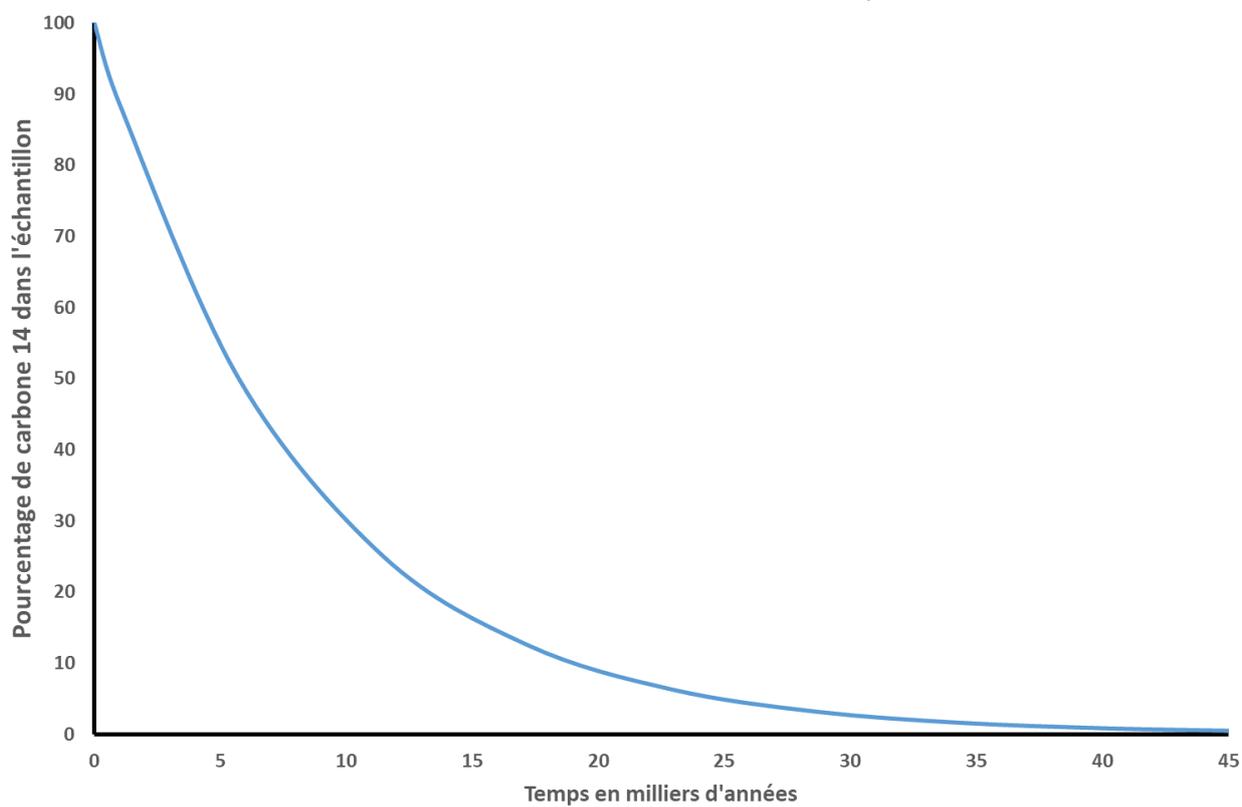
EXERCICE

18



Etude de documents

Courbe-étalon de décroissance radioactive du carbone 14 au cours du temps



Handwriting practice area consisting of 25 horizontal dashed lines.



Etude de documents

[Document 1 : durée de réactions de fusion au sein d'une étoile et température de l'étoile](#)

Etat	Atome formé	Durée de la réaction	Température en Kelvin
Fusion de l'Hydrogène	Hélium	$7 \cdot 10^6$ ans	$4 \cdot 10^7$
Fusion de l'Hélium	Carbone	$5 \cdot 10^5$ ans	$2 \cdot 10^8$
Fusion du Carbone	Oxygène	600 ans	$6 \cdot 10^8$
Fusion de l'Oxygène	Silicium	6 mois	$1,5 \cdot 10^9$
Fusion du Silicium	Fer	1 jour	$2,7 \cdot 10^9$

A l'issue de la formation du fer, le cœur de l'étoile va s'effondrer sur lui-même en un quart de seconde. Cet effondrement provoque l'explosion de l'étoile, une supernova.

[Document 2 : de la matière en énergie... La température cause du rayonnement](#)

« Etant donné la température et la densité énorme du plasma qui règne en leur cœur, les étoiles sont des machines à fusion thermonucléaire. Pendant la plus grande partie de leur existence, elles utilisent des protons, c'est-à-dire des noyaux d'hydrogène, pour produire finalement de l'hélium. Au cours de la réaction, une petite fraction de la matière est convertie en énergie qui sert à créer une pression suffisante pour empêcher l'étoile de s'effondrer sur elle-même sous l'effet de sa propre masse. Une partie de cette énergie est évacuée par le rayonnement électromagnétique dont nous percevons la partie visible, la lumière. C'est pour cette raison qu'à nos yeux, le soleil et les étoiles brillent. »

D'après Questions clés de Sciences, Juin 2019, p.47

[Document 3 : « Du Fer dans les Supernova »](#)

« La source principale de fer ne se trouve pas dans les épinards, mais dans les étoiles ! Le célèbre légume vert est d'ailleurs bien moins riche que ce qu'on pense en fer alimentaire même si une légende tenace (appuyée par le célèbre personnage de Popeye) entretient le mythe. En revanche, le fer et d'autres éléments dits lourds et qui nous composent n'étaient pas présents lors de la naissance de l'univers, ce qui pose la question de leur existence aujourd'hui. Lors du Big Bang, les premiers atomes se sont certes formés, mais les « briques » ainsi obtenues se limitaient à l'hydrogène (et son isotope le deutérium) à l'hélium et au lithium. Comment explique-t-on alors la présence d'atomes bien plus complexes comme le carbone ou le fer sans lesquels nous n'existerions pas ainsi que notre environnement ?

Pour cela, nous pouvons remercier les étoiles : les réactions de fusion nucléaire dont elles sont le siège ont, au fil des millions puis milliards d'années et des générations successives de soleils, fabriqué des atomes de plus en plus lourds. Le procédé est appelé « nucléosynthèse stellaire » par les spécialistes et explique pourquoi on dit que nous sommes composés de poussières d'étoiles. En effet, lorsqu'un soleil « meurt », il disperse ses éléments dans l'espace qui sont par la suite repris lors de la formation d'une nouvelle étoile et de son cortège de planètes... et des éventuelles formes de vie qui se développent. C'est en tout cas ce qui nous est arrivé !

Même si cette théorie est aujourd'hui bien documentée, les scientifiques ne prennent rien pour acquis et aiment à confirmer plusieurs fois par l'observation leurs modèles, ce qui permet d'affiner notre compréhension de l'univers. Et récemment, une équipe de chercheurs qui inclut des membres de l'IRAP de Toulouse (Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie – CNRS – Université Paul Sabatier) a confirmé que les éléments lourds dont nous sommes faits, et en l'occurrence le fer, viennent bien des étoiles. Les scientifiques se sont basés sur des mesures réalisées avec l'observatoire spatial INTEGRAL (INTERNational Gamma RAY Laboratory) lancé en 2002 et qui associe l'Agence Spatiale Européenne (ESA), l'agence russe et la NASA. Conçu pour étudier les rayonnements gamma (qui sont très énergétiques), il a été orienté vers la supernova SN 2014J découverte en janvier 2014 au sein de la galaxie M82 à 12 millions d'années-lumière de nous. Les données récoltées montrent que lors de son explosion, cette supernova a « fabriqué » du nickel

Handwriting practice area consisting of 20 horizontal dashed lines.



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

