

Activités documentaires
Première
Enseignement scientifique



Les éléments chimiques qui composent notre Univers

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Produire et analyser différentes représentations graphiques de l'abondance des éléments chimiques (proportions) dans l'Univers, la Terre, les êtres vivants.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte D'où viennent les éléments chimiques qui nous entourent ? Avant le XXe siècle, aucune explication scientifique ne venait éclairer la genèse de ces éléments.

I. Les éléments chimiques présents autour de nous

Document n° 1 : Les trois premières périodes du tableau périodique des éléments

Première période	1. 1 H							4 2 He
Deuxième période	7 3 Li	9 4 Be	11 5 B	12 6 C	14 7 N	16 8 O	19 9 F	20 10 Ne
Troisième période	23 11 Na	24 12 Mg	27 13 Al	28 14 Si	31 15 P	32 16 S	35 17 Cl	40 18 Ar

Document n° 2 : Abondance des éléments

Le tableau ci-dessous fait apparaître l'abondance relative des principaux éléments chimiques (en % d'atomes) dans certains « objets » de notre environnement :

Élément chimique	univers	soleil	Croûte terrestre	atmosphère terrestre	Eau de mer	Corps humain	végétaux
H	90	93	0,22		66	61	47,9
He	9	6					
O	0,10	0,06	47	21	33	24,1	21,9
C	0,06	0,04	0,19	0,0015	0,0014	12,6	27,9
Ne	0,012	0,004					
N	0,01	0,007		78		1,4	1,1
Mg	0,005	0,004	2,2		0,033	0,008	0,13
Si	0,005	0,005	28				
Fe	0,004	0,003	4,5				
S	0,002	0,001			0,017	0,05	0,1

Construire les diagrammes circulaires représentant la composition :

1.
 - a) de l'Univers
 - b) de l'écorce terrestre
 - c) des êtres humains
 - d) des végétaux

Utiliser les diagrammes pour repérer les éléments les plus abondants dans :

2.
 - a) le soleil (2 éléments)
 - b) la terre (4 éléments)
 - c) Les êtres vivants (4 éléments)

.....

.....

.....

.....

.....

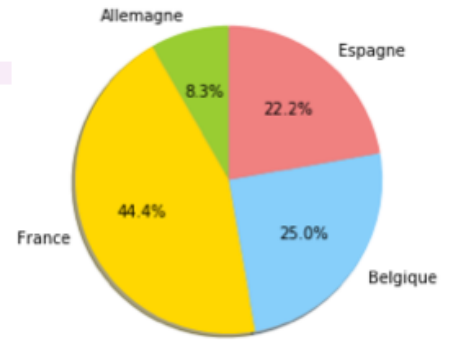
.....

3. Comment modifier ce code Python trouvé sur Internet pour présenter le diagramme circulaire représentant la composition de l'Univers ?

```

1 import matplotlib.pyplot as plt
2
3 labels = 'Allemagne', 'France', 'Belgique', 'Espagne'
4 sizes = [15, 80, 45, 40]
5 colors = ['yellowgreen', 'gold', 'lightskyblue', 'lightcoral']
6
7 plt.pie(sizes, labels=labels, colors=colors,
8         autopct='%1.1f%%', shadow=True, startangle=90)
9
10 plt.axis('equal')
11
12 plt.savefig('PieChart01.png')
13 plt.show()

```



.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Les éléments présents dans le soleil sont-ils « légers » ou « lourds » ?

.....

.....

.....

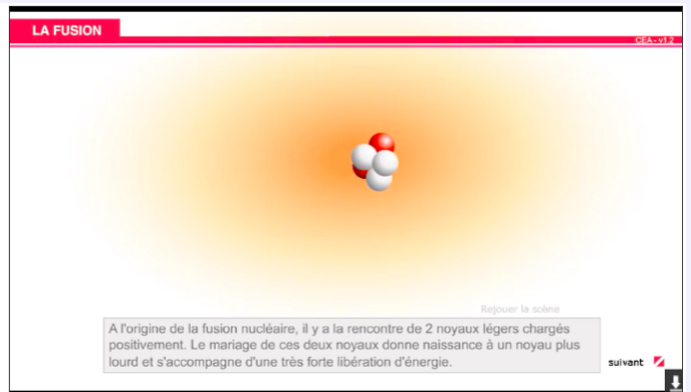
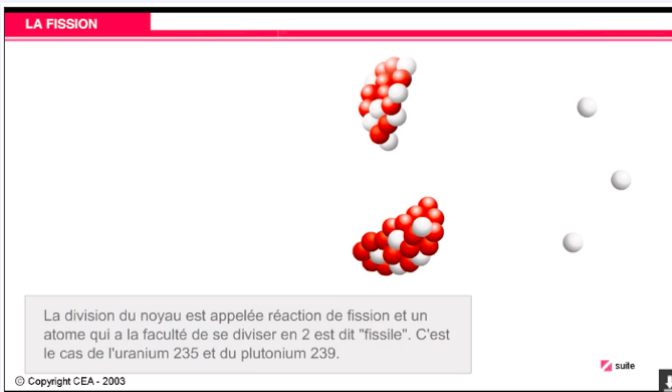
.....

II. Comment ces éléments se sont-ils formés ?

Document n° 3 : La fusion et la fission nucléaire

[Lien vers une application du CEA sur la fission](#)

[Lien vers une application du CEA sur la fusion](#)



Document n° 4 : Les travaux d'Hans Bethe

Hans Albrecht Bethe (2 juillet 1906 à Strasbourg, Allemagne - 6 mars 2005 à Ithaca, État de New York) est un physicien américain d'origine allemande. Il s'exila d'Allemagne en 1933 pour s'installer définitivement aux États-Unis en 1935. Il fut lauréat du prix Nobel de physique de 1967 pour sa contribution à la compréhension de la nucléosynthèse stellaire. En 1939, il expliqua : « Comme toute étoile, le Soleil est un gigantesque réacteur nucléaire : en son cœur, des réactions nucléaires ont lieu, au cours desquelles l'hydrogène est transformé en hélium en libérant de l'énergie. L'hydrogène se transforme en hélium jusqu'à épuisement, puis l'hélium devient combustible à son tour. Il se transformera ainsi en carbone. En suivant ce processus, appelé nucléosynthèse, une série d'éléments : carbone, néon, oxygène, silicium ... est ainsi créée jusqu'à l'obtention du fer. »

1. Définir en quelques mots ce que sont une réaction de fission et une réaction de fusion nucléaire.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. A partir de quel élément initial, tous les autres éléments connus ont-ils été créés. Quel nom donne-t-on à ce phénomène ?

.....
.....
.....
.....
.....

3. A votre avis, les réactions nucléaires évoquées par Hans Bethe lorsqu'il explique la nucléosynthèse sont-elles des réactions de fission ou de fusion nucléaire ? Expliquer.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Rappeler la représentation symbolique d'un atome et donner la composition de l'Azote $^{14}_7\text{N}$.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Qu'est-ce qu'un isotope ? Donner des exemples.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. Proposer une réaction de fusion entre le l'Azote $^{14}_7\text{N}$ et un autre élément du tableau périodique pouvant « donner naissance » à un isotope de l'Oxygène $^{15}_8\text{O}$. Donner l'élément produit à l'issue d'une réaction de fusion entre le Carbone $^{12}_6\text{C}$ et le l'Hydrogène ^1_1H .

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

———— Fin ————



La radioactivité

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : 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.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

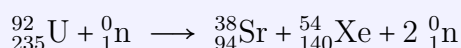
Contexte La radioactivité est le phénomène physique par lequel des noyaux atomiques instables, se transforment spontanément en d'autres atomes (désintégration) en émettant simultanément des particules de matière (électrons, noyaux d'hélium, neutrons, etc.) et de l'énergie (photons et énergie cinétique). La radioactivité a été découverte en 1896 par Henri Becquerel dans le cas de l'uranium, et très vite confirmée par Marie Curie pour le radium.

I. Documents

Document n° 1 : Les centrales électriques

Une centrale électrique est une usine qui produit de l'énergie électrique. Il en existe plusieurs sortes : des centrales thermiques à combustibles fossiles, les centrales thermiques à combustibles nucléaires, les centrales hydrauliques.... Toutes sont basées sur le même principe : faire tourner une turbine couplée à un alternateur qui fabrique de l'électricité.

La différence de fonctionnement se situe au niveau de la production d'énergie mécanique lors de l'entraînement de la turbine. Dans les centrales hydrauliques, l'eau des barrages actionne la turbine. Dans les centrales thermiques classiques, un combustible fossile est brûlé pour transformer de l'eau en vapeur, produisant de l'énergie thermique pour entraîner la turbine. Dans les centrales thermiques nucléaires, les noyaux d'uranium remplacent le combustible fossile. En se scindant, ces gros noyaux libèrent de l'énergie nucléaire, qui sera utilisée pour produire de la vapeur d'eau laquelle peut activer la turbine. Une des réactions nucléaires se déroulant dans le réacteur est la suivante :



Document n° 2 : Les applications de la radioactivité, quels déchets ?

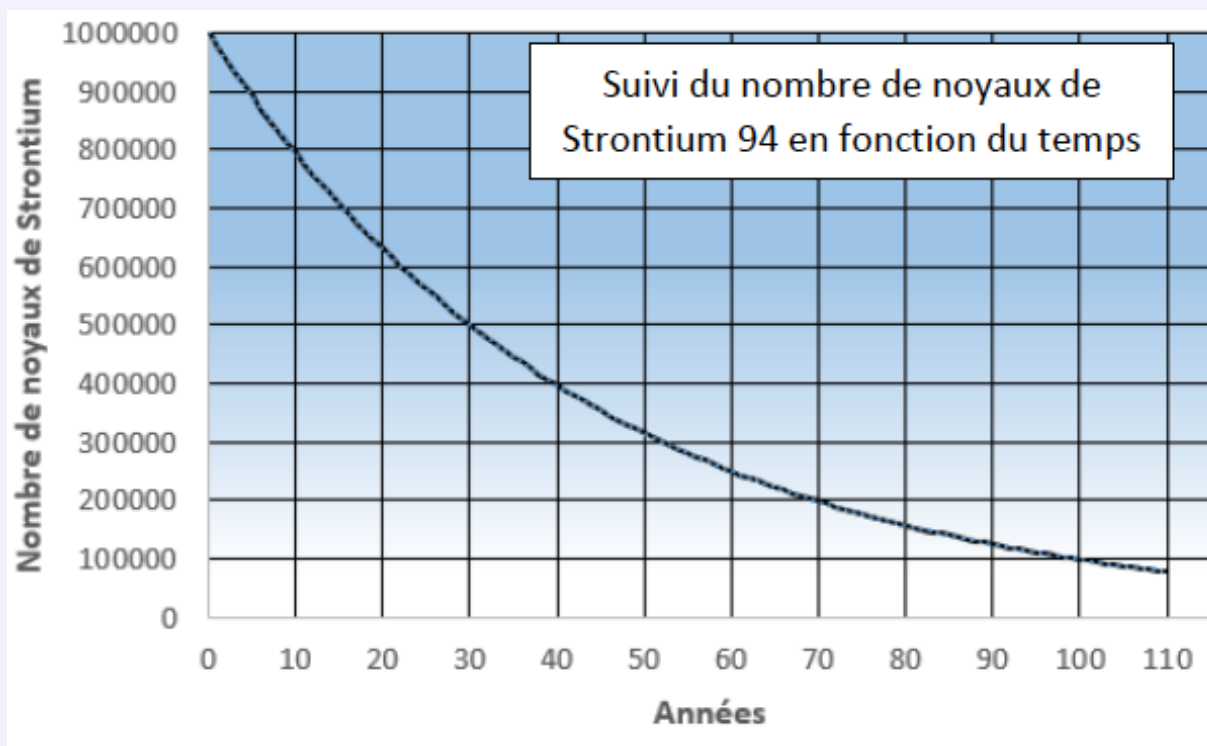
Toute activité humaine produit des déchets. L'utilisation des propriétés de la radioactivité dans de nombreux secteurs engendre chaque année des déchets radioactifs. Ces déchets émettent de la radioactivité et présentent des risques pour l'homme et l'environnement. Ces déchets proviennent pour l'essentiel des centrales nucléaires, des usines de traitement des combustibles usés ainsi que des autres installations nucléaires civiles et militaires qui se sont développées au cours des dernières décennies. On compte également plus de 1000 petits producteurs qui contribuent aussi, à un degré moindre, à la production de déchets radioactifs : laboratoires de recherche, hôpitaux, industries... Les déchets radioactifs sont variés. Leurs caractéristiques diffèrent d'un déchet à l'autre : nature physique et chimique, niveau et type de radioactivité, durée de vie.

Strontium 94 : ??	Cobalt 60 : 5,2 ans	Américium 241 : 432 ans
Radium 226 : 1600 ans	Plutonium 239 : 24 110 ans	Neptunium 237 : 2 140 000 ans

Document n° 3 : Stockage des déchets et décroissance radioactive

De nos jours, le recyclage des déchets radioactifs est une problématique récurrente. Actuellement, les déchets sont stockés dans des endroits sécurisés pendant toute leur durée de rayonnement. Suivant les éléments, le mode de stockage peut différer : bidon métallique, enceinte en béton, enfouissement en terre ...

Le nombre d'atomes radioactifs présents dans un échantillon de matière décroît de façon exponentielle (cf. courbe ci-contre)



Voici des animations en ligne pour mieux visualiser cette décroissance radioactive :

- [Animation du CEA](#)
- [Animation Geogebra](#)

1. Qu'est-ce que la radioactivité? Au regard des documents, Quelles particularités physiques présente la radioactivité?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. D'après la réaction nucléaire donnée dans le document 1, citer 2 déchets nucléaires. En existe-t-il d'autres?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Comment évolue le nombre d'éléments radioactifs présents dans un échantillon au cours du temps?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Rappeler la définition de la demi-vie. Déterminer le temps de demi-vie du Strontium 94.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Un échantillon de matière contient un million d'atomes de Strontium 94. Combien en restera-t-il au bout de 3 demi-vies ? Vérifier graphiquement le résultat.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

On étudie un échantillon de matière contenant du strontium
6. a. Combien de temps faudra-t-il attendre pour que 80 % des atomes de Strontium 94 se soient désintégrés ?
b. Le nombre d'atomes de Strontium 94 sera-t-il nul un jour ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

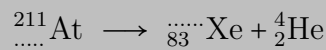
7. Que peut-on dire de la durée de vie de certains déchets radioactifs ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

8. Citer au moins deux difficultés auxquelles fait face l'humanité concernant le stockage des déchets radioactifs.

.....
.....
.....
.....
.....

9. Un noyau d'astate ${}^{211}_{85}\text{At}$ peut se désintégrer en émettant une particule alpha c'est-à-dire un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$. Sachant que lors d'une désintégration radioactive, il y a conservation des nombres de masse et des numéros atomiques, compléter cette équation de désintégration.



.....
.....
.....
.....
.....

10. La réaction principale ayant lieu dans les réacteurs nucléaires est-elle une réaction de désintégration radioactive spontanée ?

.....
.....
.....
.....
.....

II. Compléments : modélisation et simulation

La désintégration d'un noyau radioactif est un phénomène aléatoire. Aucun paramètre extérieur ne joue sur la désintégration d'un noyau radioactif. En particulier, "l'âge" du noyau n'intervient pas. La seule chose que l'on peut donner c'est la probabilité de désintégration du noyau radioactif à une date donnée. Le but de cette partie est de montrer qu'en revanche, la désintégration d'un grand nombre de noyaux radioactifs est un phénomène prévisible. Si on s'intéresse au nombre moyen de noyaux présents dans un échantillon radioactif, ce nombre obéit à une loi mathématique.

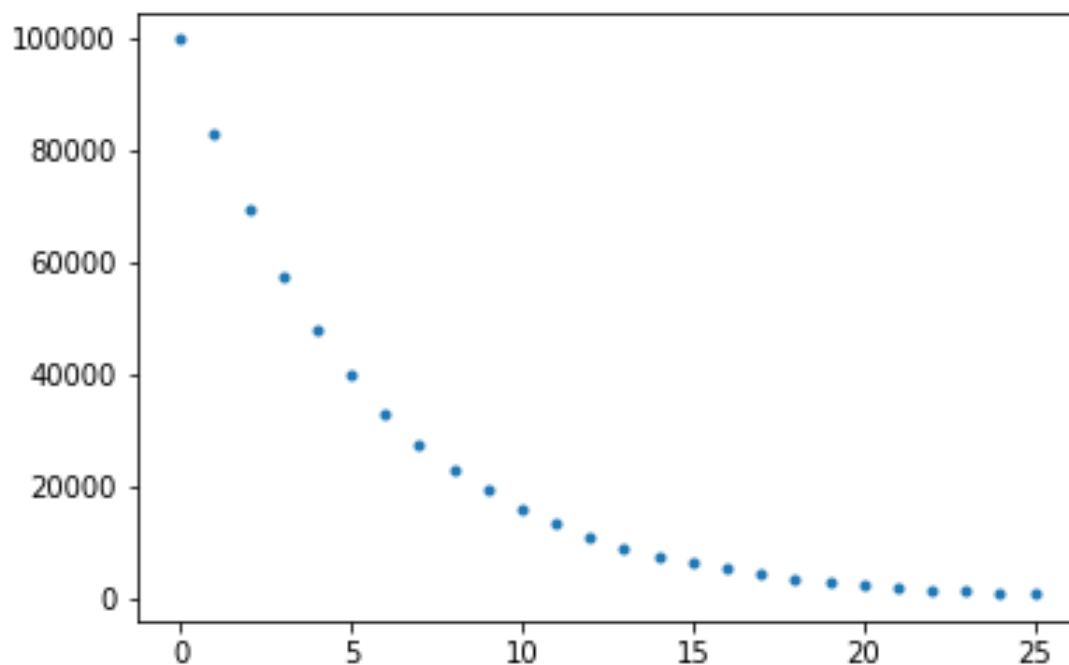
On imagine avoir un nombre N de noyaux radioactifs. On suppose qu'à chaque étape (représentant un intervalle de temps), chaque noyau se désintégrera avec probabilité p , et ce indépendamment des autres noyaux. On représente ensuite le nombre de noyaux restants en fonction du temps.

[Simulations Excel et Python avec Geogebra](#)

```

1 from random import random
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4
5 def compte_noyaux_restants(n, p):
6     N = n
7     for i in range(n):
8         if random() < p:
9             N = N - 1
10    return N
11
12
13 def Liste_nb_noyaux_restants(n, p):
14     L = []
15     N = n
16     while n > 0.01 * N:
17         L.append(n)
18         n = compte_noyaux_restants(n, p)
19     return L
20
21
22 n = 100000
23 L = Liste_nb_noyaux_restants(n, 1 / 6)
24 m = len(L)
25 plt.plot(range(m), L, linestyle='none', marker='.')
26 #plt.show()
27 plt.savefig('graphique.png')

```



— Fin —



La datation au carbone 14

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Utiliser une décroissance radioactive pour une datation (exemple du carbone 14).	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte La datation par le carbone 14, dite également datation par le radiocarbone ou datation par comptage du carbone 14 résiduel, est une méthode de datation radiométrique fondée sur la mesure de l'activité radiologique du carbone 14 contenu dans la matière organique dont on souhaite connaître l'âge absolu, c'est-à-dire le temps écoulé depuis la mort de l'organisme (animal ou végétal) qui le constitue.

Le domaine d'utilisation de cette méthode correspond à des âges absolus de quelques centaines d'années jusqu'à, et au plus, 50 000 ans. L'application de cette méthode à des événements anciens, tout particulièrement lorsque leur âge dépasse 6 000 ans (préhistoriques), a permis de les dater beaucoup plus précisément qu'auparavant. Elle a ainsi apporté un progrès significatif en archéologie et en paléanthropologie.

I. Documents

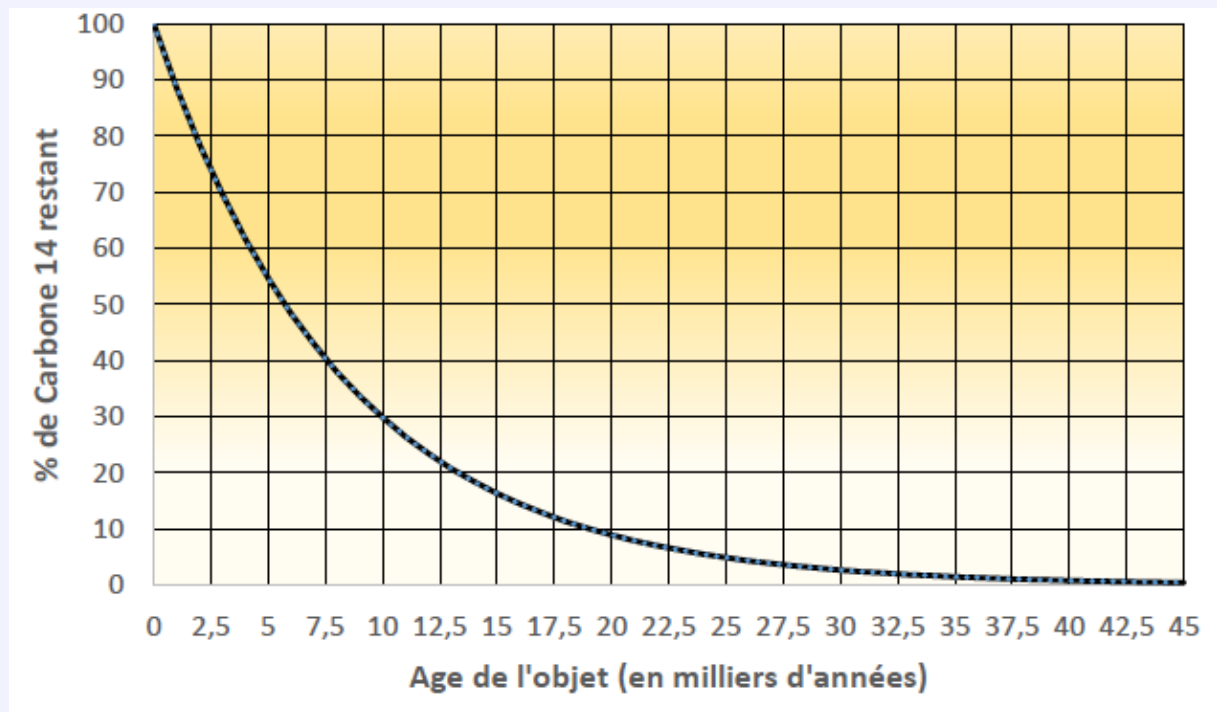
Document n° 1 : Découverte des grottes de Lascaux

La grotte de Lascaux se trouve sur la commune de Montignac en Dordogne, dans la vallée de la Vézère, en France.

C'est l'une des plus importantes grottes ornées par le nombre et la qualité esthétique de ses œuvres. Elle est parfois surnommée « la chapelle Sixtine de l'art pariétal ».

La couleur noire des peintures a été obtenu en utilisant du dioxyde de manganèse MnO_2 . Les peintures et les gravures qu'elle renferme n'ont donc pas pu faire l'objet de datations directes précises : leur âge est déterminé à partir de datations et d'études réalisées sur les objets découverts dans la grotte.

Document n° 2 : Courbe de décroissance radioactive du carbone 14



Document n° 3 : Analyse d'un échantillon de charbon

Lors des premières visites des grottes de Lascaux dans les années 1940, André Glory et son équipe de scientifiques entreprennent quelques relevés. Il y trouve notamment des pointes de sagaies décorées en bois de renne ainsi que du charbon de bois provenant de lampes.

Ces échantillons de charbons ont été analysés expérimentalement. Pour cela, un procédé technique a permis de déterminer que dans un échantillon de 40 g de charbon (constitué uniquement de carbone), $6,05 \times 10^{-12}$ était du carbone 14.

Document n° 4 : Les différents isotopes du carbone

Le carbone est l'élément chimique de numéro atomique 6 et de symbole C. Il possède un isotope stable (Carbone 12 ^{12}C) et un isotope radioactif, le carbone 14 (^{14}C) de demi-vie 5 730 années ce qui permet de dater des éléments utilisant du carbone pour leur structure.

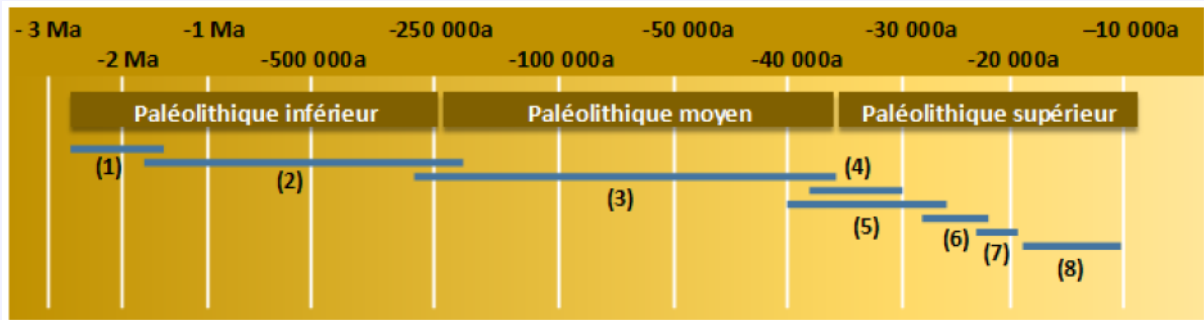
Le carbone 14, étant instable, se désintègre spontanément au cours du temps. Cependant, il est en permanence produit dans la haute atmosphère sous l'effet des rayons cosmique. Il se crée donc un équilibre entre ces deux isotopes tel que le rapport $\frac{\text{Nombre d'atomes de carbone } ^{14}\text{C}}{\text{Nombre d'atomes de carbone } ^{12}\text{C}} = 1,0 \times 10^{-12}$ reste constant. Cela signifie que dans tout être vivant (végétal ou animal), les isotopes du carbone sont dans ces proportions.

Masse atomique en kg :

$$M(^{12}\text{C}) = 1,99 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

$$M(^{14}\text{C}) = 2,23 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

Document n° 5 : Frise chronologique de la préhistoire (période du paléolithique)



Légende : Période préhistorique

- (1) Oldowayen ;
- (2) Acheluléen ;
- (3) Moustérien ;
- (4) Chatelperronien ;
- (5) Aurignacien ;
- (6) Gravettien ;
- (7) Solutréen ;
- (8) Magdalénien

1. Qu'est-ce qu'un élément radioactif ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Que vaut la demi-vie du Carbone 14 ? Vérifier graphiquement cette donnée.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Expliquer pourquoi le nombre d'atomes de carbone 14 dans les organismes morts diminue au cours du temps.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Pourquoi la datation directe au carbone 14 des peintures des grottes de Lascaux n'est-elle pas possible ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

— Fin —



La production de sel et sa structure microscopique

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Relier l'organisation de la maille au niveau microscopique à la structure du cristal au niveau macroscopique.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte On l'appelle communément sel de table. Utilisé depuis l'Antiquité, c'est un de nos minéraux les plus abondants sur Terre. Quel est le lien entre ses propriétés macroscopiques et son organisation microscopique ?

I. Le sel, sa production et sa consommation

Document n° 1 :

Ingrédient indispensable à la vie humaine, le chlorure de sodium (sel) est présent naturellement sous différentes formes. On le retrouve dans les océans ou sous terre, à l'état aqueux ou solide. On en consomme en France près de 400 000 tonnes par an et on en retrouve en moyenne 8 grammes dans son assiette par jour. Le sel peut également servir dans d'autres domaines : on l'exploite considérablement dans l'industrie et en hiver pour le déneigement des routes.

Pour s'approvisionner en sel, on utilise plusieurs techniques :

- L'extraction du sel peut se faire directement par des techniques minières dans des gisements de chlorure de sodium à l'état cristallisé.
- Le sel cristallisé peut être obtenu dans des marais salants dans lesquels on introduit régulièrement de l'eau de mer dans des bassins à l'air libre. L'évaporation de l'eau permet de saturer les bassins en sel et de récupérer le sel qui se forme à sa surface.

1. Proposer une méthode simple pour obtenir du sel de table à partir d'eau de mer. Rédiger votre réponse sous la forme d'un protocole expérimental.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. A l'œil nu, quelle est la différence entre une pierre et un cristal de sel ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Que contient l'eau de mer ? Proposer un schéma à l'échelle microscopique de l'eau de mer.

.....
.....
.....
.....
.....

4. Lorsque le sel cristallise comment s'organise la matière à l'état solide ? Proposer un schéma sur lequel les ions seront assimilés à des sphères.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

II. La structure microscopique du sel

Nous allons désormais utiliser une représentation numérique et schématique de la structure cristalline du chlorure de sodium. On représente dans cette structure les anions chlorures (Cl^-) en vert et les cations sodium (Na^+) en rouge. On utilise le logiciel Geogebra pour représenter ces structures.

[Simulation NaCl simple](#)

[Simulation NaCl avec arêtes](#)

[Simulation des cristaux Cubique face centré et Cubique simple centré](#)

1. Expliquer simplement avec vos mots l'organisation des ions dans un cristal de chlorure de sodium.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. En comparant les deux ions dans la structure, lequel possède un rayon plus grand que l'autre ?

.....

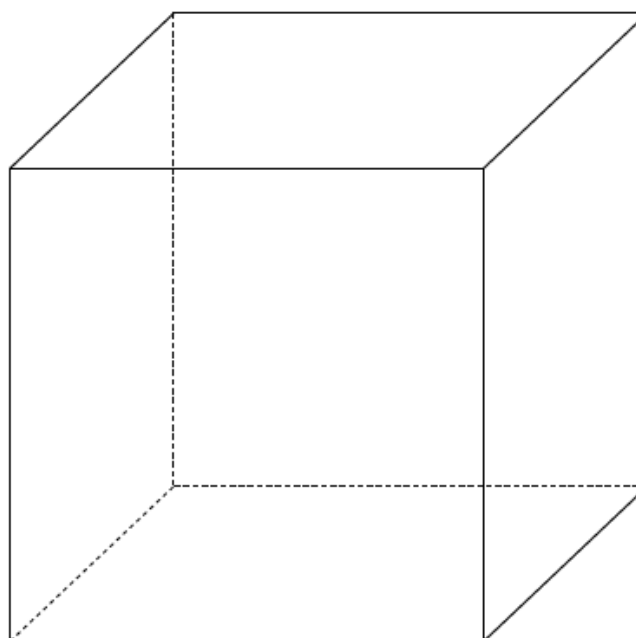
.....

.....

.....

.....

3. Représenter la structure que vous observez sur le logiciel en complétant le cube en perspective cavalière ci-dessous (on appelle cela une maille).



— Fin —



Etude de la maille cristalline de l'aluminium et de ses propriétés macroscopiques

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Représenter la maille en perspective cavalière. Calculer la compacité dans le cas d'entités chimiques sphériques tangentes. Dénombrer les atomes par maille et calculer la masse volumique du cristal.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

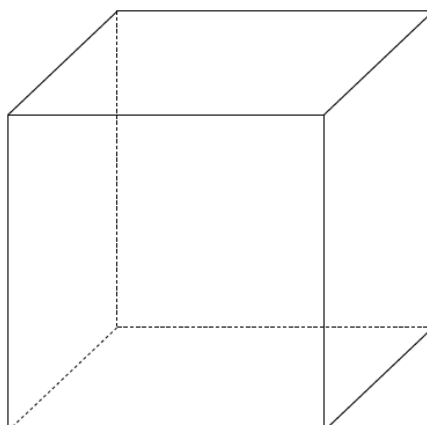
Contexte L'aluminium est un matériau que l'on retrouve partout. Troisième élément le plus abondant sur la planète Terre, l'aluminium est employé dans de très nombreux secteurs industriels. Sa faible masse volumique, sa très bonne conductivité électrique et thermique en font un matériau de choix dans l'industrie automobile, aérospatiale, l'emballage alimentaire, ... Quel est le lien entre ses propriétés macroscopiques et son organisation microscopique ?

I. Description de la maille

L'aluminium cristallise selon une maille cubique à faces centrées comme son nom l'indique, la maille a la forme d'un cube sur lequel on trouve :

1. — un atome d'aluminium à chaque sommet
- un atome d'aluminium au centre de chaque face

En utilisant le lien internet suivant [Simulation des cristaux Cubique face centré et Cubique simple centré](#), représenter cette maille :



II. Masse volumique

À partir de cette maille, il est possible de calculer la masse volumique de l'échantillon. Pour ce faire, il faut procéder en plusieurs étapes.

1. Chaque atome de la maille élémentaire de la question précédente peut être partagée par plusieurs mailles. Il faut prendre en compte que leur masse est partagée par plusieurs mailles.

— Un atome partagé entre huit mailles compte pour 1/8ème d'atome. Combien d'atome compte pour 1/8ème dans la maille ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

— Pour combien d'atomes compte un atome au centre d'une face ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

— En déduire le nombre d'atomes présents en tout dans une maille élémentaire ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Un atome d'aluminium possède une masse de $4,48 \times 10^{-26}$ kg. Retrouver alors la masse d'une maille élémentaire.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Calculer enfin la masse volumique de la maille en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Expliquer l'intérêt de l'aluminium pour l'aviation.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

III. Compacité

La compacité est une valeur numérique comprise entre 0 et 1 qui permet de trouver quelle proportion de la maille est effectivement occupée par les atomes. Plus la valeur est proche de 1, plus cette proportion est importante. La compacité nous permet de comparer les agencements des atomes et de déterminer lequel est le plus compact. Par exemple, la compacité de la maille du chrome est de 0,68. Cela signifie que les atomes de chrome occupent 68 % du volume de la maille. Il y a donc 32 % occupé par du vide. On le calcule en divisant le volume occupé par les atomes dans la maille par le volume total de la maille.

1. Calculer la compacité de la maille d'aluminium (maille cubique face centrée). Le rayon d'un atome d'aluminium est de 143 pm.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. L'aluminium est-il plus compact que le chrome ?

.....
.....
.....
.....

— Fin —



La structure de l'Or

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Pour chacun des deux réseaux (cubique simple et cubique à faces centrées) : - représenter la maille en perspective cavalière ; - calculer la compacité dans le cas d'entités chimiques sphériques tangentes ; - dénombrer les atomes par maille et calculer la masse volumique du cristal.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte D'abord utilisé pour son éclat en bijouterie, l'or est utilisé dans divers domaines à l'heure actuelle, notamment dans les composants électroniques des téléphones portables. En effet, l'or possède de remarquables propriétés de conduction électrique, c'est un métal précieux, inoxydable, très compact et de masse volumique très élevée.

Ces propriétés découlent entre autres de la structure de l'or métallique, mais quelle est cette structure ? Au Laboratoire de Chimie, le débat fait rage entre Alphonse et Edouard ?

Alphonse : " C'est évident, l'or cristallise selon une maille cubique simple, regarde cette structure est parfaite, c'est sans aucun doute la plus compacte."

Edouard : "Non, l'Or cristallise selon une maille cubique faces centrées. C'est la structure la plus compacte et surtout seule cette structure permet de retrouver la masse volumique de l'Or."

I. Documents

Document n° 1 : Données

Symbole chimique de l'Or : Au

Rayon de l'atome d'or : $R = 141 \text{ pm}$

Masse d'atome : $m_{\text{atome}} = \frac{M_{\text{atome}}}{N_A}$

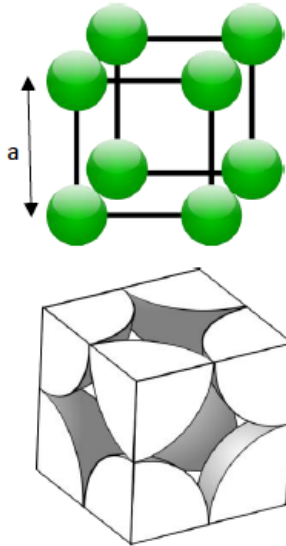
où M_{atome} est la masse molaire de l'atome (classification périodique)

N_A le nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

$1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$

Document n° 2 :

Document 1 : La maille cubique simple



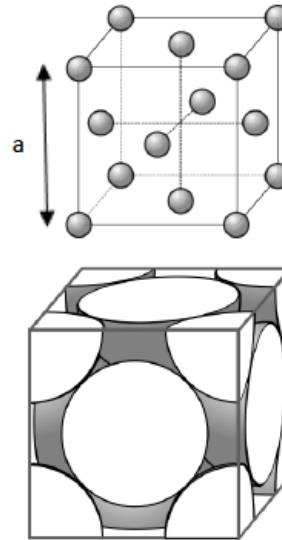
Si l'or cristallise selon une maille cubique simple, le paramètre de maille (arrête du cube) serait :

$$a = 282 \text{ pm}$$

Vous pouvez également vous appuyer sur l'utilisation du logiciel Geogebra : fichier : Maille cubique simple pour visualiser la maille.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cubique_simple_atomes_par_maille.svg

Document 2 : La maille cubique faces centrées



Si l'or cristallise selon une maille cubique faces centrées, le paramètre de maille (arrête du cube) serait :

$$a = 400 \text{ pm}$$

Vous pouvez également vous appuyer sur l'utilisation du logiciel Geogebra : fichier : Maille cubique faces centrées pour visualiser la maille.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cubique a faces centrees atomes par maille.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cubique_a_faces_centrees_atomes_par_maille.svg)

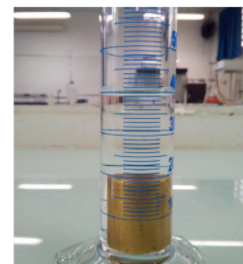
Document n° 3 :



Photographie de la balance



Eprouvette contenant un volume initial d'eau



Photographie de la même éprouvette dans laquelle on a ajouté le cylindre pour déterminer son volume.

.....

———— Fin ————



L'origine de l'énergie dégagée par le Soleil

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Mobiliser et Exploiter ses connaissances : Relation d'équivalence masse-énergie d'Einstein.	A B C D
Réaliser : Déterminer la masse solaire transformée chaque seconde en énergie à partir de la donnée de la puissance rayonnée par le Soleil.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte L'énergie dégagée par les réactions de fusion de l'hydrogène dans les étoiles les maintiennent à température très élevée. Comment expliquer que le Soleil perde de la masse au cours du temps ?

I. Documents

Document n° 1 : La relation d'équivalence entre masse et énergie

C'est peut-être la relation mathématique la plus célèbre du monde de la physique :

$$E = mc^2$$

avec E exprimée en joule, m en kilogramme et c en mètre par seconde.

La relation d'Einstein établit une équivalence entre énergie et masse. La variation de masse observée lors d'une transformation nucléaire est proportionnelle à l'énergie libérée (ou absorbée) avec un facteur de proportionnalité c^2 .

Réciproquement, l'émission d'énergie par un système peut se traduire comme une diminution de la masse de ce système.

Lors d'une réaction nucléaire, la masse des produits est inférieure à la masse des réactifs, c'est ce que l'on appelle la perte de masse :

$$\Delta m = m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}$$

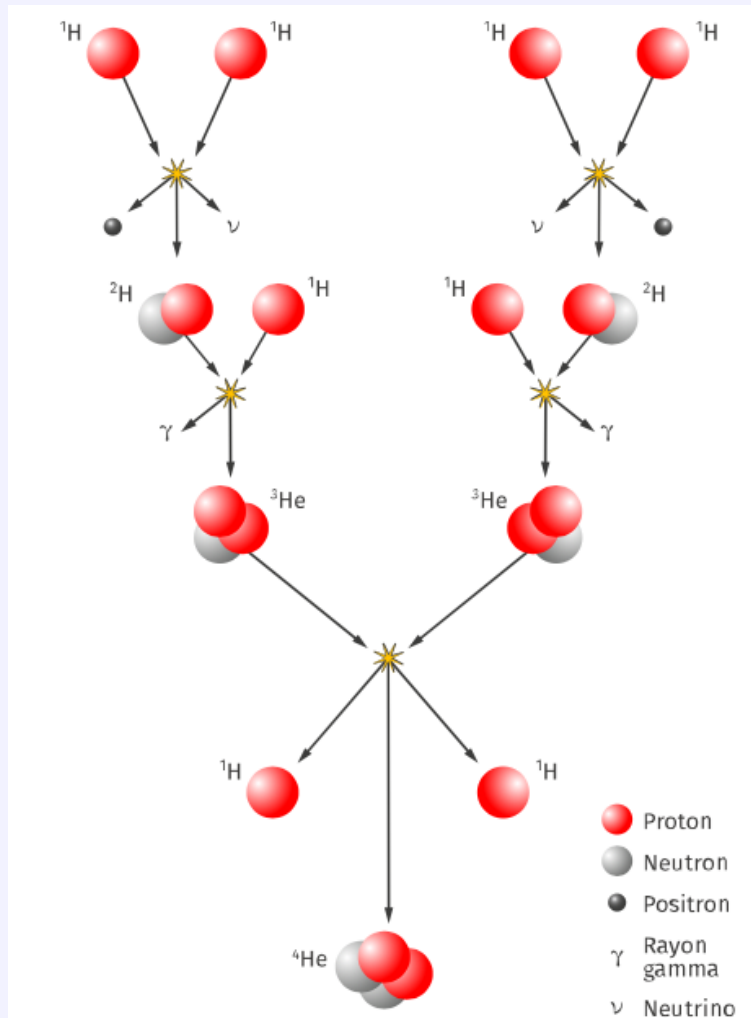
avec $\Delta m < 0$.

Une variation de masse équivaut donc à une valeur d'énergie :

$$E_{\text{libérée}} = \Delta E = |\Delta m| \times c^2$$

Document n° 2 : Le Soleil, un réacteur nucléaire

Dans le Soleil, les conditions de pression et de température permettent aux noyaux d'hydrogène d'effectuer des réactions de fusion nucléaire pour former à terme des noyaux d'hélium ${}^4\text{He}$. Ces fusions nucléaires libèrent une grande quantité d'énergie.



Document n° 3 : Données

- Masse du Soleil : $M_{\text{Soleil}} = 2,0 \times 10^{30}$ kg
- Puissance rayonnée par le Soleil : $P_{\text{Soleil}} = 3,96 \times 10^{26}$ W
- Relation entre puissance et énergie :

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

où E l'énergie en joule (J), P est la puissance en watt (W) et Δt la durée du rayonnement

- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8$ m.s $^{-1}$
- Masses : $m({}_1^1\text{H}) = 1,67262 \times 10^{-27}$ kg, $m({}_2^4\text{He}) = 6,64466 \times 10^{-27}$ kg, $m({}_1^0e) = 9,11 \times 10^{-31}$ kg.

II. Questions

1. Quelle est la nature de l'énergie dégagée par les étoiles ?

.....
.....
.....
.....

2. Ecrire les différentes réactions impliquées dans la chaîne proton-proton. En déduire l'équation de la réaction nucléaire modélisant l'ensemble du processus.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. En déduire l'équation de la réaction nucléaire modélisant l'ensemble du processus.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Pour quelle raison le Soleil perd-il de la masse au cours du temps ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Calculer la masse solaire transformée chaque seconde en énergie.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. Calculer l'énergie par la fusion de 4 noyaux d'hydrogène ${}^1_1\text{H}$.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

7. Combien de réactions se produit-il par seconde dans le noyau du Soleil.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

8. Déterminer la masse d'hydrogène consommée en une seconde au sein du noyau du Soleil.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. Combien de temps le Soleil pourra-t-il encore rayonner son énergie provenant de la fusion nucléaire? Commenter.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —



La température du Soleil

Compétences travaillées

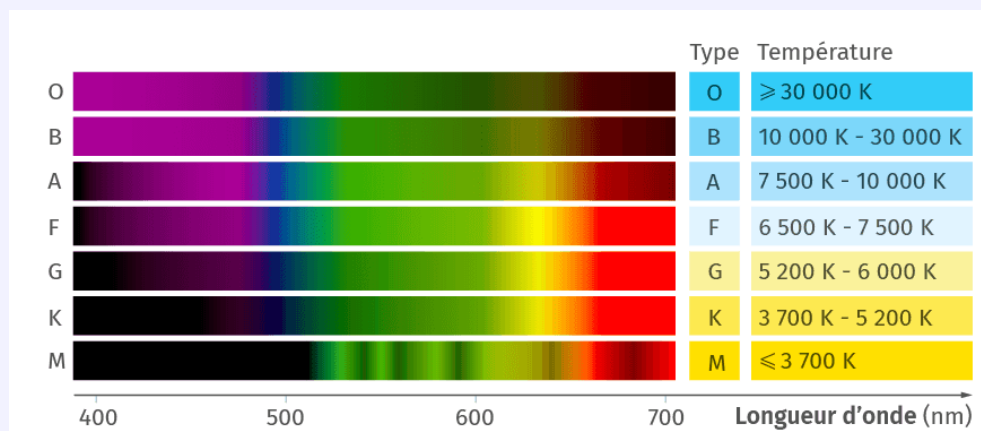
Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : À partir d'une représentation graphique du spectre d'émission du corps noir à une température donnée, déterminer 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.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte Comme tous les corps matériels, les étoiles et le Soleil émettent des ondes électromagnétiques et donc perdent de l'énergie par rayonnement. De quels paramètres dépend le spectre du rayonnement émis ?

I. Documents

Document n° 1 : Classification spectrale des étoiles

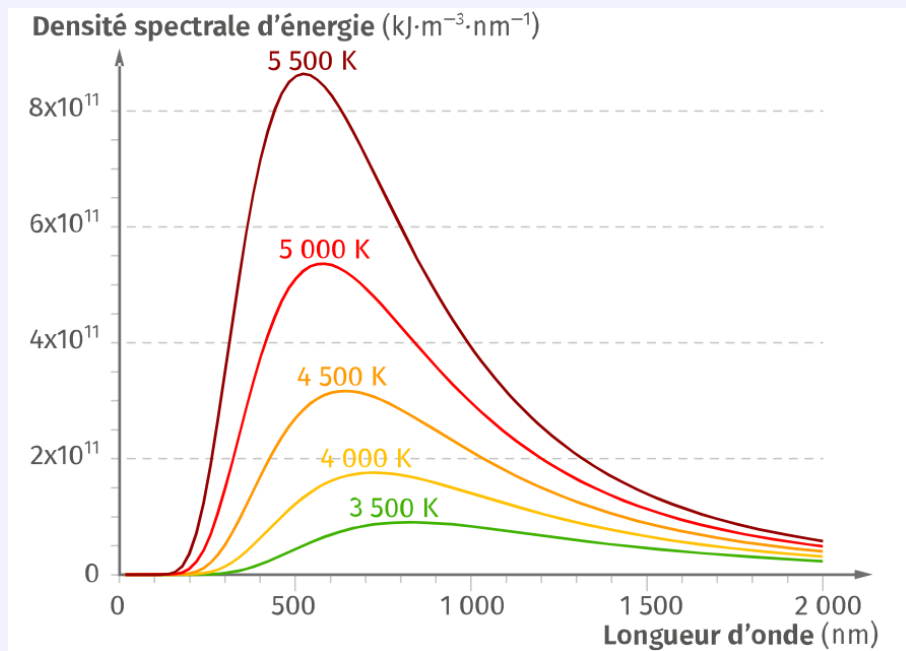
L'étude du spectre d'émission d'une étoile illustre le lien entre sa température de surface et sa couleur. La classification de Harvard, créée au XXe siècle, organise les différentes étoiles selon leur spectre d'émission. Les principaux types spectraux sont notés O, B, A, F, G, K et M ; chaque type spectral possédant lui-même 10 sous-catégories. Au fur et à mesure de la découverte de nouvelles étoiles, la classification a été étendue à 8 autres types.



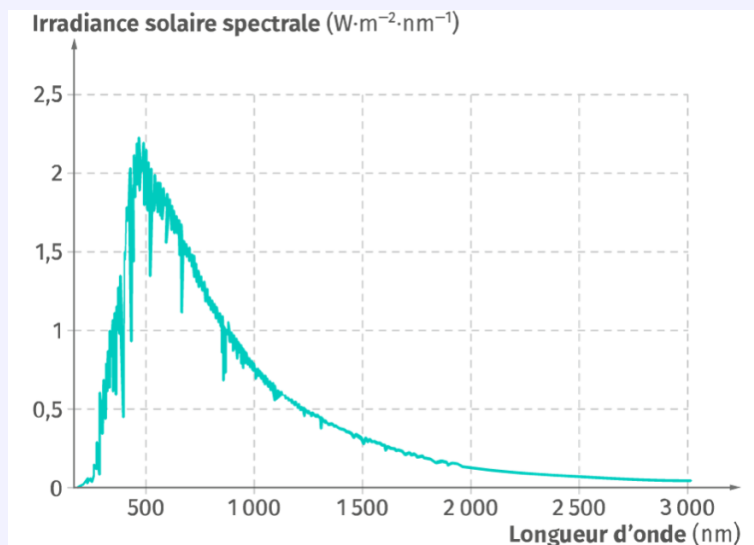
Document n° 2 : Le modèle du corps noir

Le corps noir est un objet idéal et théorique qui absorberait toutes les radiations reçues mais sans les réfléchir ni les transmettre. On peut considérer que les étoiles, le Soleil ou le filament d'une lampe à incandescence, se comportent comme des corps noirs.

La représentation graphique ci-dessous fournit les profils spectraux d'un corps noir à différentes températures T , c'est-à-dire la répartition de l'intensité lumineuses (exprimée en unités arbitraires UA) des radiations émises par un corps noir, en fonction de la longueur d'onde λ (dans le vide) et selon sa température T .



Document n° 3 : Profil spectral du Soleil



II. Questions

1. On appelle λ_{max} la longueur d'onde correspondant au maximum d'intensité lumineuse. Quelle est approximativement la valeur de λ_{max} pour un corps noir de température 5500 K ? Même question pour un corps noir chauffé à 4500 K.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Ces longueurs d'onde appartiennent-elles au domaine du visible ? Si oui, quelles sont les couleurs correspondant à ces deux longueurs d'onde ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. De manière générale, que peut-on dire de l'évolution de λ_{max} lorsque la température T du corps noir augmente ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Un corps chaud émet-il toutes les radiations avec la même intensité ?

.....

.....

.....

.....

.....

5. Compléter le tableau suivant.

T (K)	3000	5213	8263	9060	11943	14539	15744	18929
λ_{max} (nm)								

6. Tracer sur un graphique λ_{max} en fonction de $\frac{1}{T}$.

7. En déduire une modélisation mathématique simple.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. Pour obtenir la loi de Wien, il faut écrire cette relation sous la forme $\lambda_{max} \times T = \text{constante}$. Déterminer la valeur de cette constante et donner son unité si T est en kelvin et λ_{max} en nm.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. En utilisant la loi de Wien déterminée précédemment, calculer la température de la surface T du Soleil en kelvin et en degrés Celsius.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —



Les variations de la puissance solaire reçue par la Terre

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : 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	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte La puissance radiative reçue du Soleil n'est pas répartie de manière équitable sur la surface terrestre. En outre, l'axe de rotation de la Terre est inclinée de 23° environ par rapport au plan de son orbite autour du Soleil. On se propose, ici, de comprendre l'influence de ces paramètres sur les variations des températures saisonnières et journalières.

I. Documents

Document n° 1 : Surface et distance

Une source lumineuse va émettre une puissance radiative $P_{\text{radiative}}$ exprimée en watt (W). Cette dernière va atteindre une surface plane S .

La puissance surfacique reçue $P_{\text{surfacique}}$ par la surface S est inversement proportionnelle à l'aire de la surface S :

$$P_{\text{surfacique}} = \frac{P_{\text{radiative}}}{S}$$

La puissance totale reçue sur une sphère vaut :

$$P_{\text{surfacique}} = \frac{P_{\text{radiative}}}{4\pi R^2}$$

où R est la distance de la surface sphérique et la source lumineuse.

Document n° 2 : Influence de l'angle d'incidence

En fonction de la position d'une source lumineuse, les rayons émis vont arriver avec un angle d'incidence θ par rapport à la normale à cette surface. Cela va avoir une conséquence sur la quantité

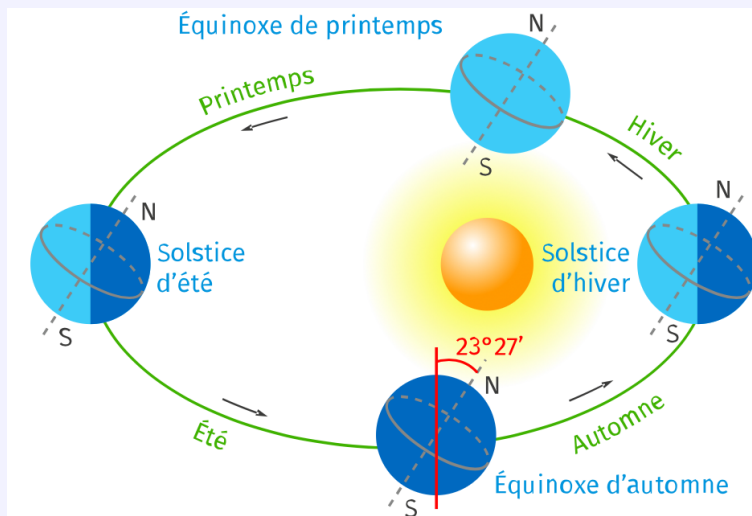
d'énergie reçue : en effet, plus l'angle d'incidence est fort, plus la surface réceptrice est grande, donc plus la puissance reçue est faible. Ainsi, on a la relation suivante

$$P_{\text{reçue}} = P_{\text{totale}} \times \cos \theta$$

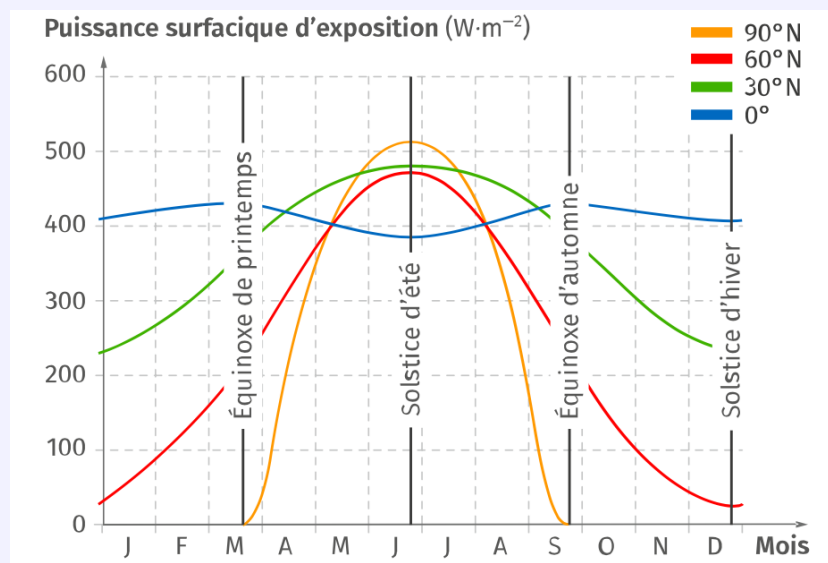
$P_{\text{reçue}}$ la puissance reçue et P_{totale} en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Document n° 3 : Position relative de la Terre et du Soleil au cours d'une année

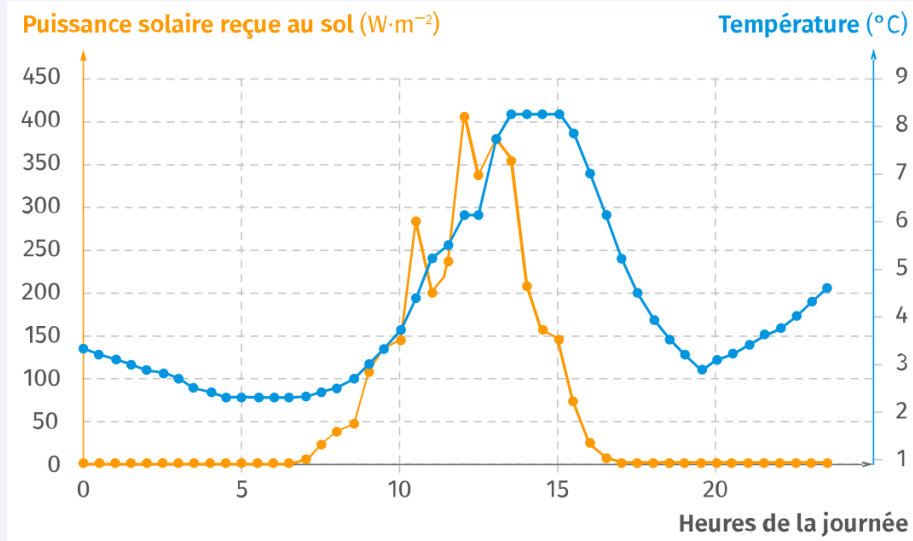
L'axe de rotation de la Terre est incliné d'environ 23° avec le plan de l'orbite terrestre autour du Soleil. Des variations de température en résultent.



Document n° 4 : Evolution de l'insolation des quatre latitudes



Document n° 5 : Évolution de la température et de la puissance solaire reçue suivant l'heure



II. Questions

1. A la distance Terre-Soleil de 150 millions de km, la puissance surfacique reçue du Soleil est de $1361 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Estimer la puissance totale émise par le Soleil, sachant que le Soleil émet son rayonnement dans toutes les directions.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. La puissance reçue par un mètre carré de la Terre est estimée à 345 W.m^{-2} . Calculer la puissance reçue à l'équateur, à Bordeaux, à Lille et au pôle Nord (angle incident par rapport à la normale à la surface des rayons solaires : respectivement 0° , 45° , 50° et 89°). Faire des schémas pour expliquer votre raisonnement.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Identifier sur un schéma, les configurations pour lesquelles la puissance reçue à la surface terrestre est maximale ou minimale. En déduire l'origine des climats.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Expliquer les variations de températures saisonnières et journalières.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



Comment estimer le diamètre de la Terre quand on vit 200 ans av JC ?

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Calculer la longueur du méridien terrestre par la méthode d'Ératosthène.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte Il n'a pas fallu attendre l'exploration spatiale pour se rendre compte de la forme de la Terre : dès l'Antiquité, l'hypothèse selon laquelle la Terre était ronde était admise par plusieurs savants, parmi lesquels Eratosthène. Et pourtant, alors que la forme de la Terre est confirmée par de nombreuses observations, certains doutent encore... Le but de cette activité est de comprendre la démarche d'Eratosthène afin d'estimer le rayon de la Terre puis de la mettre en œuvre.

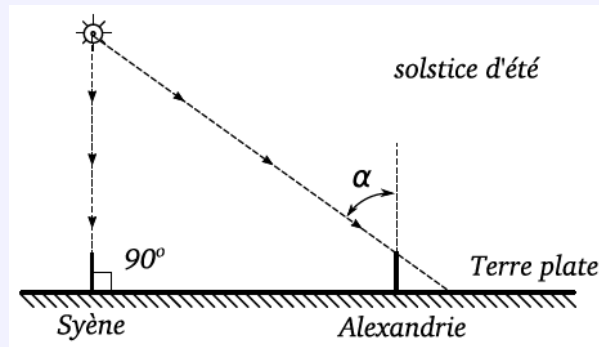
I. Documents

Document n° 1 : Observations

Des observations étaient connues par les voyageurs égyptiens quand on comparait l'ombre de deux objets situés en deux lieux, Syène (aujourd'hui Assouan) et Alexandrie, considérés comme étant sur le même méridien, le 21 juin (solstice d'été) au midi solaire local. On avait remarqué qu'il n'y avait aucune ombre, à cette heure dans un puits à Syène à cette époque. Ainsi, à ce moment précis, le Soleil était à la verticale et sa lumière éclairait directement le fond du puits. On remarqua, cependant, que le même jour à la même heure, un gnomon situé à Alexandrie formait une ombre ; le Soleil n'était donc plus à la verticale.

Document n° 2 : La méthode d'Anaxagore

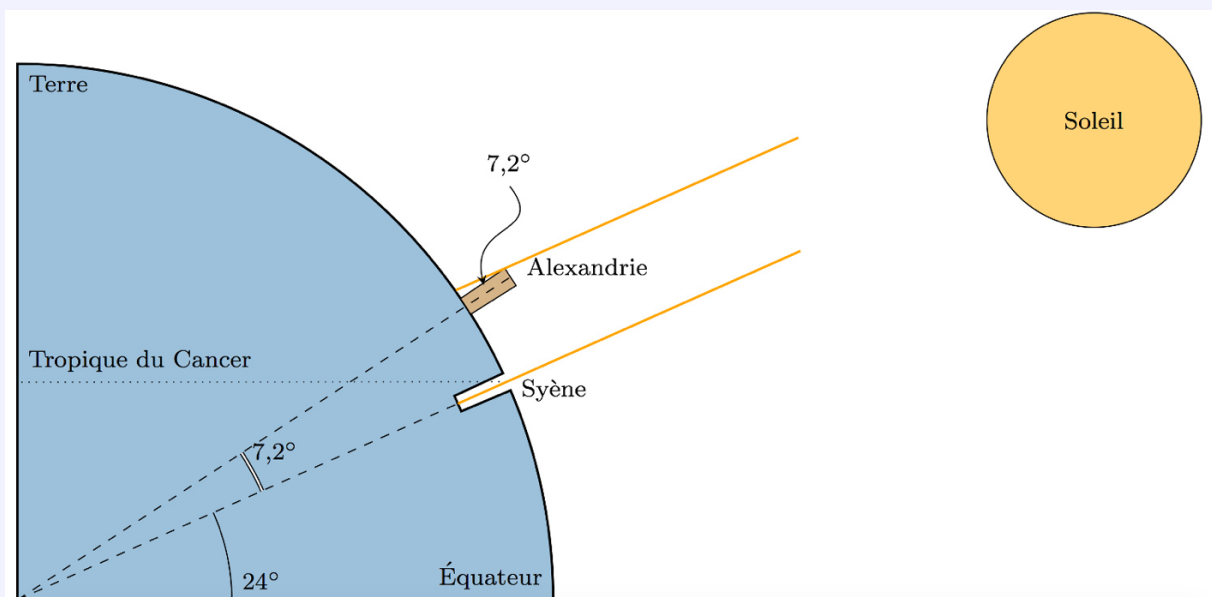
Simulation sur la méthode d'Anaxagore



Anaxagore pensait que la Terre était plate. À partir de cette hypothèse, il propose un calcul permettant d'estimer la distance du Soleil à la Terre grâce aux observations des voyageurs égyptiens (voir figure). Il trouva que le Soleil serait ainsi à une distance $H = 788$ km de la Terre supposée plate. Mais ce modèle n'arrive pas à expliquer d'autres phénomènes comme la variabilité de la durée du jour et de la nuit, la forme de l'ombre de la Terre sur la Lune lors d'une éclipse de Lune, la disparition sous l'horizon des bateaux qui s'éloignent sur la mer.

Document n° 3 : La méthode d'Eratosthène

Simulation sur la méthode d'Eratosthène



Ératosthène déduisit la circonférence de la Terre (ou méridien terrestre) d'une manière purement géométrique. Il considérait comme parallèles les rayons lumineux du Soleil en tout point de la terre. En comparant l'ombre et la hauteur du gnomon, Ératosthène déduisit que l'angle entre les rayons solaires et la verticale était de $1/50$ d'angle plein, soit $7,2$ degrés ($360^\circ/50$). Ératosthène évalua ensuite la distance entre Syène et Alexandrie à environ $5\,000$ stades. Une légende voudrait que les pas des chameaux aient été comptés afin d'obtenir une mesure très précise.

Document n° 4 : Données

Longueur de l'arc entre Syène et Alexandrie	Angle au centre
5 000 stades	$1/50$ ème d'arc plein soit $360/50 = 7,2^\circ$
circonférence C	360°

Aide : La longueur d'un stade est d'environ 158 m

II. Questions

1. Quelle hypothèse Anaxagore a-t-il fait sur la forme de la Terre ? Comment en a-t-il déduit une estimation de la distance entre la Terre et le Soleil ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Pourriez-vous citer deux observations qui réfute les conceptions d'Anaxagore ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Selon vous, pour Eratosthène, le Soleil est-il situé à proximité de la Terre ou bien à une distance très importante ? Justifier.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. A partir des documents et de vos connaissances, calculer la longueur du méridien terrestre passant par Syène et Alexandrie. Indiquer les étapes de votre résolution.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. En déduire le rayon de la Terre et comparer avec la valeur admise actuellement soit $R_T = 6380$ km.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

——— Fin ———



La mesure de la longueur du méridien terrestre par Delambre et Méchain

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Calculer une longueur par la méthode de triangulation utilisée par Delambre et Méchain.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte Avant la Renaissance, l'idée que la Terre est plate est encore largement répandue. Mais comment a-t-on estimé les distances de manière plus précise en découvrant notre planète ?

I. Documents

Document n° 1 : La définition du mètre

En 1790, l'Assemblée nationale française décide d'établir un système de mesure unique. Il faut une mesure « pour tous les temps et pour tous les peuples ». De nombreux savants sont associés à ce projet. La Terre est alors choisie comme référence et le mètre défini comme la dix millionième partie du quart du méridien terrestre. Mais il faut en faire la mesure puisque précisément le mètre n'existe pas encore ! C'est à Pierre Méchain (1744-1804) et Jean-Baptiste Delambre (1749-1822), astronomes et mathématiciens, qu'est confiée la mission d'effectuer des premières mesures qui débutent en 1792.

Document n° 2 : Mesure du méridien par Delambre et Méchain

Delambre et Méchain mesurent avec précision la longueur d'une portion du méridien terrestre passant par Dunkerque, Paris et Barcelone, en toises, unité de l'époque. Ils partent chacun de Paris dans des directions opposées. C'est par une succession de mesures d'angles qu'ils parviennent à mesurer la distance Dunkerque-Barcelone puis ensuite l'arc du méridien entre ces deux villes. Leurs résultats donnent alors une valeur du mètre fixée à 0,513 074 toise.

Ils rencontrent de nombreuses difficultés, car la période (Terreur) n'est pas propice aux déplacements avec un appareil de mesure inhabituel, un cercle répétiteur (un pied pour des mesures à hauteur d'homme, un cercle gradué et deux lunettes de visée).

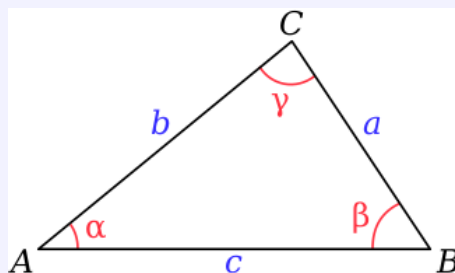
Delambre rencontre des problèmes avec les gardes nationaux locaux, peu coopératifs et intéressés. Pendant une année, il ne peut pas travailler. Méchain a plus de chance au début mais en 1793, l'Espagne déclare la guerre à la France et ses mesures deviennent plus compliquées à réaliser. Il constate au final une anomalie de quelques secondes d'arc qui le poussera à cacher ses mesures.



Document n° 3 : Méthode de triangulation

Dans un triangle quelconque ABC, où les angles sont désignés par des lettres grecques, connaissant la longueur d'un seul côté (par exemple BC) et la valeur de deux angles (β et γ), on peut déterminer la valeur de l'angle α et les deux autres longueurs AC et AB. Pour cela, on utilise la **formule des sinus** :

$$\frac{BC}{\sin \alpha} = \frac{AC}{\sin \beta} = \frac{AB}{\sin \gamma}$$



II. Questions

1. Dans quel contexte historique se trouvait la France à l'époque de Delambre et Méchain ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Pourquoi a-t-il été indispensable de fixer des unités de mesure communes à tous les pays en donnant naissance à un « système international » ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Quelle référence incontestable a-t-on choisie pour définir l'unité internationale de longueur, le mètre ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Quel protocole expérimental ont utilisé Delambre et Méchain pour mesurer la distance Dunkerque ? Barcelone ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. À l'aide de la carte du document n°2, évaluez cette distance en mètres et en toises.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Énoncez et commentez les problèmes qu'ont rencontrés Delambre et Méchain.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

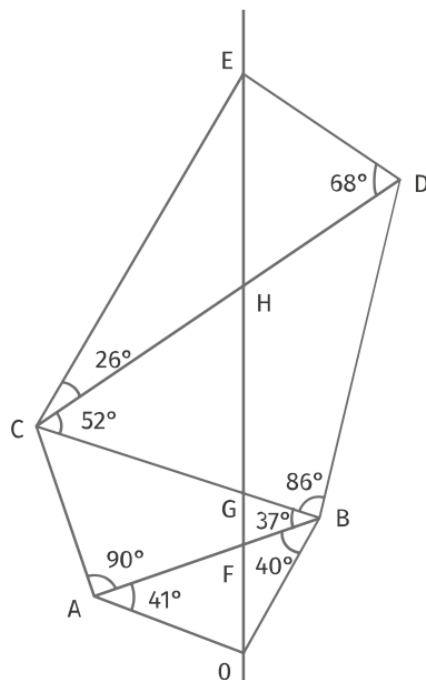
.....

.....

.....

.....

7. Sur le schéma, sachant que l'on connaît la distance $AB = 11$ km, que les angles déterminés par triangulation sont indiqués et les angles manquants à mesurer avec un rapporteur, calculez la longueur OG représentant une portion de méridien.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —



Comment se repérer sur une carte ?

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Calculer la longueur d'un arc de méridien et d'un arc de parallèle. Comparer, à l'aide d'un système d'information géographique, les longueurs de différents chemins reliant deux points à la surface de la Terre.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

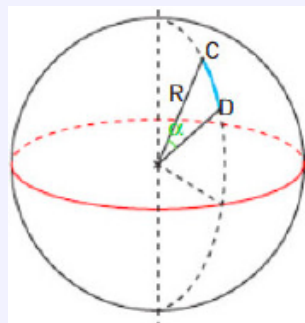
Contexte La Terre est une sphère aplatie aux pôles d'une superficie de 510,1 millions de km². Comment fait-on pour repérer un point à sa surface ? Quel est le chemin le plus court entre deux points de la surface de notre planète ?

I. Documents

Document n° 1 : Longueur d'un arc de méridien :

Les deux points C et D sont à la même longitude. La distance qui les sépare est proportionnelle à la différence d'angle entre leurs deux latitudes. Connaissant la longueur du méridien terrestre : $L = 40\,000$ km, on a donc :

$$CD = \alpha \times \frac{L}{360}$$

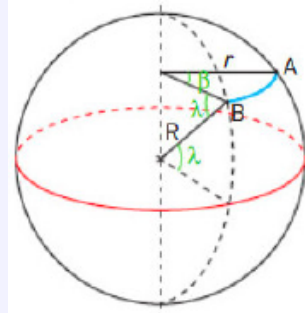


Document n° 2 : Longueur d'un arc de parallèle :

Les deux points A et B sont à la même latitude. La distance qui les sépare est proportionnelle à la différence d'angle entre leurs deux longitudes. Mais le rayon entre l'axe de la Terre et la surface est

plus petit : il est réduit de la valeur $\cos \lambda$ où λ est la latitude.
 La distance entre A et B est donnée par :

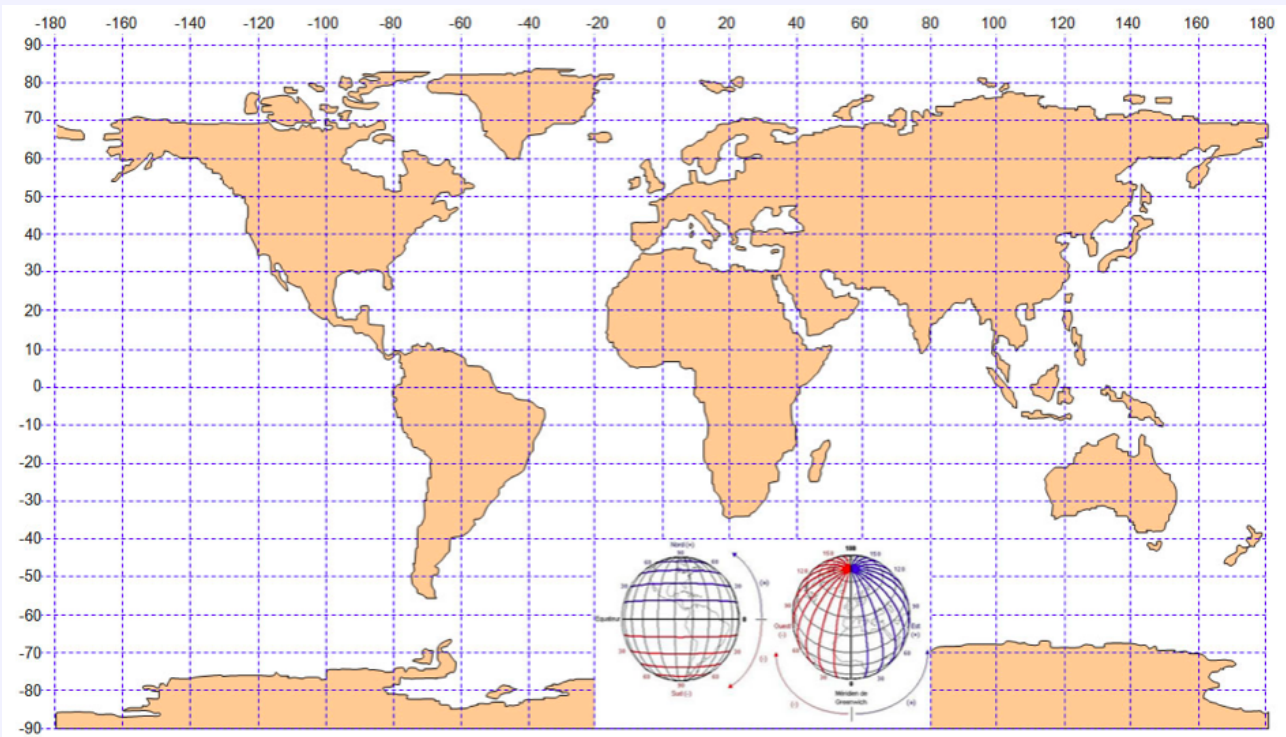
$$AB = \beta \times \frac{L \cos \lambda}{360}$$



Document n° 3 : Coordonnées de différents aéroports

	Aéroport	Lieu	Code OACI	Latitude	Longitude
A	Félix Eboué	Matoury, Guyane Française	SOCA	4° 49' 13" N	- 52° 21' 37" O
B	Orly	Orly, France	LFPO	48° 43' 32" N	2° 21' 34" E
C	Pierre-Elliott-Trudeau	Montréal, Canada	CYUL	45° 28' 8" N	- 73° 44' 16" O
D	Foz do Iguazu	Foz do Iguazu, Brésil	SBFI	- 25° 36' 01" S	- 54° 29' 06" O

Document n° 4 : Planisphère des méridiens et parallèles espacés de 10°



Document n° 5 : Données

Rayon de la Terre : $R_T = 6\,370$ km

Longueur d'un méridien terrestre : $L = 40\,000$ km

Document n° 6 : Matériel et liens internet à disposition

- Globes terrestres, balles ou ballons, boules en polystyrène
- Carte à plat extraite de [Google Maps](#)
- Système d'Information Géographique [Géoportail](#)
- [Simulation GeoGebra](#)

II. Questions

1. Placer, le plus précisément possible, les aéroports A, B, C et D sur le planisphère du document n°4.

2. Quels sont les aéroports situés sur le même arc de méridien ?

.....
.....
.....

3. Quels sont les aéroports situés sur le même arc de parallèle ?

.....
.....
.....

4. Calculer l'angle séparant les aéroports de Félix Eboué et de Foz do Iguaçu. On donnera le résultat à un degré près.

.....
.....
.....
.....
.....

5. Déterminer la longueur de l'arc entre ces deux aéroports.

.....
.....
.....
.....
.....

6. Calculer l'angle séparant les aéroports de Paris Orly et de Montréal. On donnera le résultat à un degré près.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

7. Déterminer la longueur de l'arc entre ces deux aéroports.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

8. Vérifier vos résultats à l'aide de la simulation numérique : **orthodromie et loxodromie.**

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

— Fin —



Du modèle géocentrique au modèle héliocentrique

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Interpréter des documents présentant des arguments historiques pour discuter la théorie héliocentrique.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte Cela ne fait que quelques siècles que le modèle héliocentrique est accepté par la communauté scientifique. Si le modèle géocentrique a perduré si longtemps, c'est qu'il représentait la meilleure explication aux mouvements des astres. On se propose, ici, de voir l'évolution des modèles décrivant la position de la Terre dans l'Univers au regard de l'évolution de la connaissance de notre Univers au fil des siècles. Il s'agit d'une controverse majeure de l'histoire des sciences.

I. Documents

Document n° 1 : La voûte céleste selon Platon et Aristote

Selon Platon (428-348 av. J.C.), le monde est construit par le dieu Démoniurge et est divisé en deux parties :

- la sphère des étoiles qui tourne immuablement autour de l'axe du monde ;
- sept cercles inégaux correspondent aux sept planètes, en mouvement autour de la Terre située au centre.

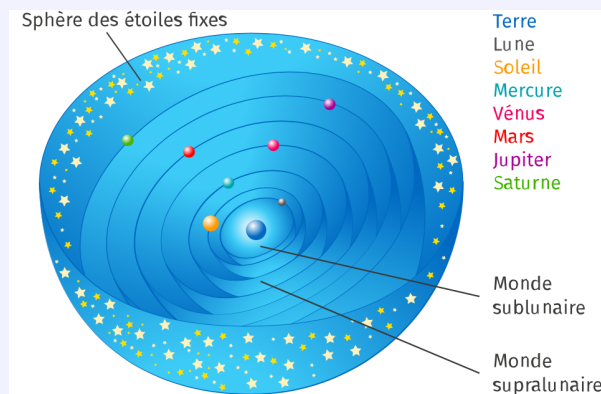
Dans son *Traité du ciel*, Aristote (384-322 av. J.-C.) souhaite décrire le cosmos tel qu'il est réellement. D'après sa théorie des quatre éléments, la Terre doit être au centre car ce qui est lourd va naturellement vers le bas. Ce modèle sera adopté par la majorité des savants de l'Antiquité et du Moyen Âge.

Selon lui :

- en dehors de la sphère ultime, il n'y a rien ;
- la sphère ultime fait tourner la sphère des étoiles autour de l'axe du monde, elle est animée par le premier moteur ;
- le cosmos est divisé en deux régions :
 - le monde sublunaire, celui du mouvement et des quatre éléments : de la Terre jusqu'à la Lune,
 - le monde supralunaire, parfait et immuable : au-delà de la Lune.

Document n° 2 : L'harmonie des sphères selon Pythagore

Selon Pythagore (VI^e siècle av. J.-C.), la Terre est placée au centre du cosmos, et autour d'elle se trouvent les sept planètes, chacune portée par une sphère en rotation. Les planètes ne sont donc pas elles-mêmes en mouvement, mais portées par une sphère en mouvement.



Document n° 3 : Les limites du modèle géocentrique

Platon observe des irrégularités lorsqu'il essaye de déterminer la trajectoire des astres. Les prédictions du modèle géocentrique « simple » ne correspondent pas à la réalité observée.

- Mars et Saturne : pour un observateur terrestre, en prenant comme référence les étoiles très éloignées, Mars semble par moment reculer, pour reprendre ensuite sa trajectoire circulaire. On parle de « rétrogradation ». De même, Saturne semble ralentir, puis accélérer : on parle de « station ».
- Précession des équinoxes : l'orientation de l'axe des pôles par rapport aux étoiles change au fil du temps.
- Variation de l'éclat des planètes : les planètes semblent plus ou moins lumineuses selon le moment d'observation, ce qui indiquerait que leur distance à la Terre varie.
- Variation de l'axe de rotation du monde : les planètes semblent monter ou descendre par rapport à leur plan de rotation.

Document n° 4 : Eudoxe de Cnide

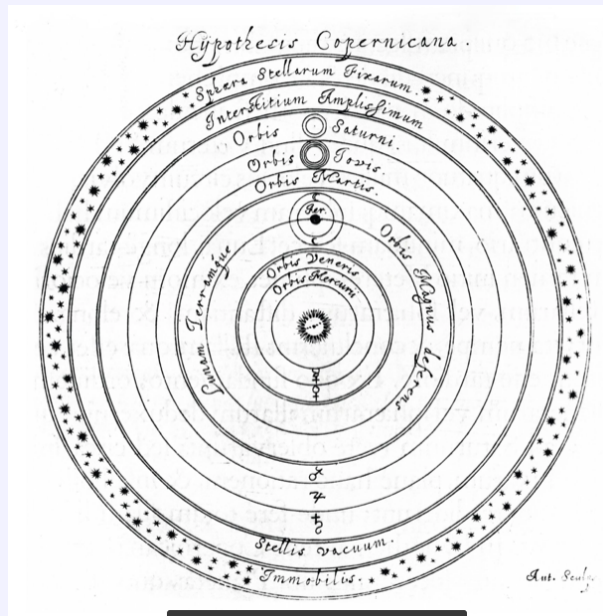
Pour prendre en compte les irrégularités des trajectoires observées, Eudoxe imagine un système dans lequel les mouvements des planètes résultent de l'ensemble des mouvements de sphères emboîtées :

- la sphère extérieure explique l'alternance jour/nuit ;
- la deuxième sphère explique les mouvements des planètes ;
- les sphères intérieures expliquent les stations et rétrogradations.

Au total, le système inventé par Eudoxe comporte 27 sphères, mais ce système fonctionne mal dans certains cas, notamment pour la trajectoire de Mars. Aristote améliorera ce système en proposant une version finale composée de 56 sphères.

Document n° 5 : Les travaux de Copernic

Nicolas Copernic (1473-1543) est issu d'une famille de commerçants polonais. Ses travaux en astronomie l'ont rendu célèbre. Après 30 années de mesures, de recherches et de calculs, il finit d'écrire en 1530 "De revolutionibus orbium coelestium", œuvre dans laquelle il explique les mouvements des astres par le modèle héliocentrique.



Le système héliocentrique lui permet de simplifier les trajectoires des astres et donc de se rapprocher de l'harmonie recherchée dans l'Antiquité. Son système n'est cependant pas exempt de problèmes, car les trajectoires des planètes ne sont pas parfaitement circulaires. Il introduira donc des épicycles, comme Ptolémée l'avait fait avant lui. Malgré la présence de ces épicycles, le système créé ici est bien plus élégant que celui de Ptolémée. À l'époque de Copernic, ce modèle n'a guère de succès, principalement pour des considérations physiques :

- si la Terre est en mouvement, comment se fait-il que nous n'en ressentons pas les effets ?
- ce modèle multiplie le volume du cosmos par 8 milliards et induit donc la présence d'immenses espaces vides, ce qui est contraire aux thèses aristotéliennes.

Document n° 6 : Galilée

Au début du XVII^e siècle, Galilée (1564 - 1642) améliore des lunettes réalisées en Hollande. Il parvient notamment à fabriquer une lentille agrandissant 30 fois l'image des objets observés. Il fait alors très rapidement de nouvelles découvertes : l'imperfection de la surface de la Lune, l'existence d'étoiles encore inconnues, les anneaux de Saturne, etc.

Le 7 janvier 1610, Galilée observe Jupiter et découvre trois étoiles proches de la planète. Après quelques jours d'observation, il remarque la présence de quatre étoiles autour de Jupiter. Il s'agit en fait de satellites : Io, Europe, Ganymède et Callisto, que l'on nomme les satellites galiléens. De plus, il arrive à observer les phases de Vénus, qui ne peuvent s'expliquer que dans un modèle héliocentrique.

En 1632, sous la pression de l'Église catholique, il revient sur le modèle héliocentrique. Il est alors assigné à résidence et poursuit son travail scientifique dans le domaine des mouvements. C'est à cette période qu'il résout indirectement un des problèmes majeurs du modèle héliocentrique : nous accompagnons le mouvement de la Terre, nous ne le ressentons donc pas, de la même manière qu'un boulet lâché du haut du mât d'un bateau en mouvement retombe directement au pied du mât et non derrière. Le principe d'inertie est alors posé.

Document n° 7 : Les lois de Newton

Dans *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, Isaac Newton (1642-1727) porte le coup de grâce au modèle géocentrique. Il décrit ses trois lois de la mécanique et les applique au système solaire : les trajectoires des planètes sont mises en équations et elles sont expliquées par la gravitation. Le débat entre les modèles héliocentrique et géocentrique est clos.

II. Questions

1. Quel est le mouvement de la Terre dans les référentiels géocentrique et héliocentrique ?

.....
.....
.....
.....
.....

2. Identifiez l'avantage principal et les problèmes théoriques du modèle héliocentrique de Copernic.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. En quoi l'utilisation de la lunette par Galilée est à l'époque une révolution expérimentale ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Décrivez l'argument décisif de Galilée résolvant un des problèmes majeurs du modèle héliocentrique.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Expliquez comment Isaac Newton a mis fin au débat des modèles héliocentrique/géocentrique.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

— Fin —



L'apparence de la Lune

Compétences travaillées

Compétences

Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.

Réaliser : Interpréter l'aspect de la Lune dans le ciel en fonction de sa position par rapport à la Terre et au Soleil.

Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.

Niveau Validé

A B C D

A B C D

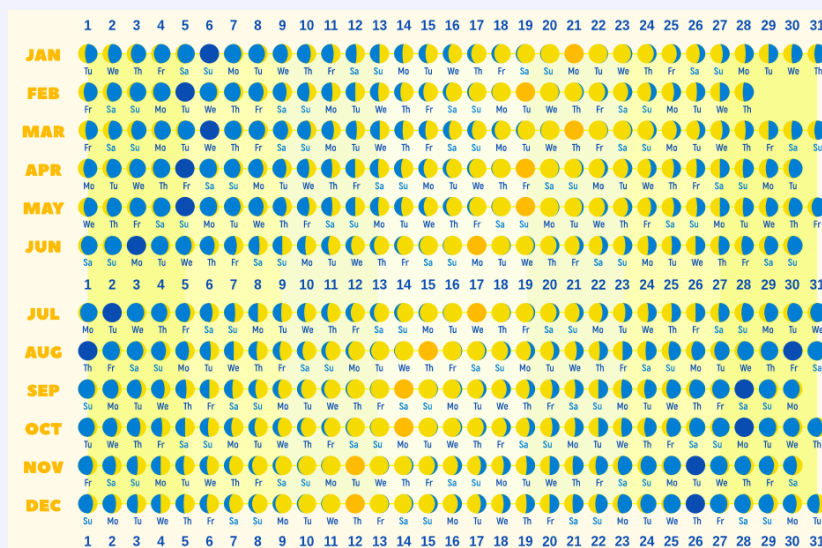
A B C D

Contexte Sin, Tsukiyomi, Thot, Séléné, Luna... Nombreuses sont les civilisations à avoir un dieu lunaire. La Lune, avec le Soleil, est le plus vieil astre connu et ses nombreux changements d'apparence sont à l'origine de nombreux mythes.

Comment peut-on expliquer l'apparence de la Lune ?

I. Documents

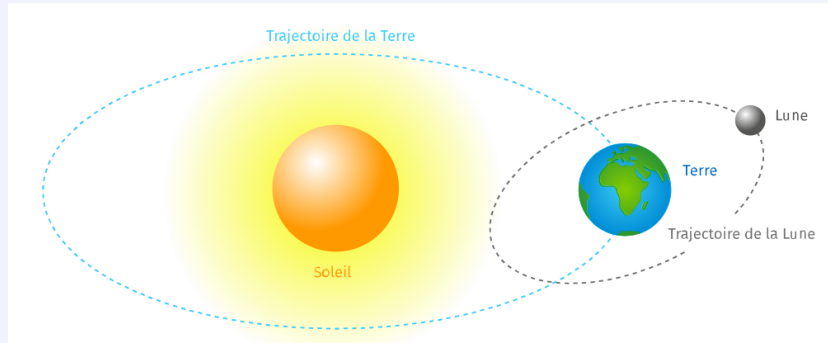
Document n° 1 : Un calendrier lunaire de l'année 2019



La Lune est le seul satellite naturel de la Terre. Tout comme notre planète est en révolution autour du Soleil, la Lune tourne autour de la Terre. Elle décrit autour de celle-ci un mouvement quasi circulaire de rayon moyen 384 400 km. La période de révolution sidérale (durée de parcours de l'orbite) de la Lune autour de la Terre est d'environ 27,3 jours.

L'orbite de la Lune a la particularité d'être inclinée par rapport à l'orbite terrestre autour du Soleil. C'est la raison pour laquelle il n'y a pas d'éclipse à chaque nouvelle Lune.

Document n° 2 : Un schéma du système Terre-Lune-Soleil



Les échelles respectives des objets ne sont pas respectées. Sinon, le Soleil aurait un rayon environ 2 fois supérieur à la distance Terre-Lune.

Document n° 3 : Les phases de la Lune



Les phases lunaires présentées ici s'appellent respectivement : le premier croissant, le premier quartier, la Lune gibbeuse, la pleine Lune, la Lune gibbeuse décroissante, le dernier quartier et le dernier croissant. À cela, il faut rajouter la nouvelle Lune qui est alors complètement sombre.

Document n° 4 : Des croyances autour de la Lune

Il existe de nombreuses croyances concernant l'influence de la Lune sur les êtres vivants : croissance des plantes, mauvaise humeur des êtres humains, vitesse de poussée des cheveux, etc. Jusqu'à présent, aucune de ces croyances n'a été vérifiée expérimentalement. La Lune a néanmoins un effet d'importance primordiale pour notre planète : c'est elle qui est à l'origine du mouvement ascendant et descendant des mers et des océans, les marées. Les mouvements de marée peuvent être expliqués par la force gravitationnelle exercée par la Lune sur les eaux.

II. Questions

1. Calculez la période apparente du mouvement lunaire à partir du calendrier lunaire. Comparez cette valeur avec celle donnée dans le document.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Rappelez la durée mise par la Terre pour effectuer une révolution autour du Soleil. Déduisez-en la part d'orbite parcourue par la Terre autour du Soleil lorsque la Lune a fait un tour autour de la Terre. Expliquez alors la différence observée en question 1.

2.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Décrivez les phénomènes à l'origine de l'apparence des phases de la Lune.

3.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



Le timbre d'un instrument

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Utiliser un logiciel permettant de visualiser le spectre d'un son. Utiliser un logiciel pour produire des sons purs et composés.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

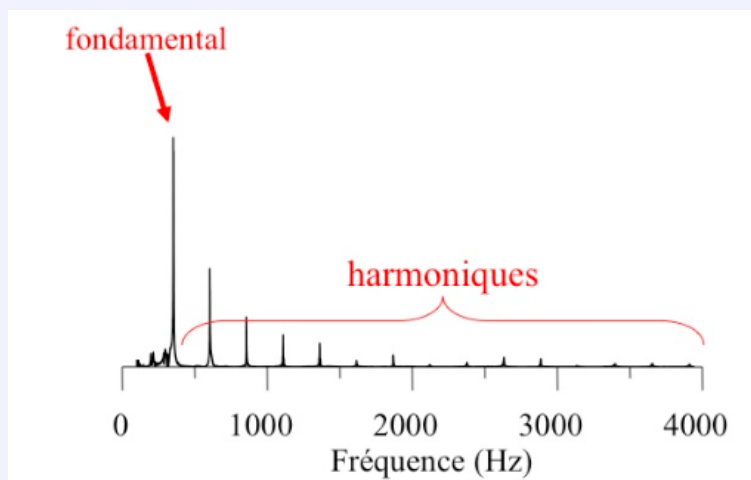
Contexte Qu'est ce qui distingue plusieurs instruments jouant la même note ? Qu'est-ce qui caractérise le timbre d'un instrument en physique ?

I. Documents

Document n° 1 : Analyse spectrale d'un son

Le mathématicien Joseph Fourier a montré qu'un signal $u(t)$ périodique, de fréquence f_1 , peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux $u_n(t)$ appelés harmoniques. La décomposition d'un signal permet d'obtenir son spectre, qui est tout simplement un graphique qui représente l'amplitude relative de chaque fréquence qui compose le son.

Le spectre d'un son est la composition en fréquences de ce son ainsi que l'importance relative de ces fréquences dans le son.



Faire le spectre d'un son est donc un moyen d'obtenir rapidement des informations sur un son et de les comparer entre eux.

II. Le son du diapason : un son pur

1. A l'aide du logiciel Audacity, de la notice fournie et du microphone, ou directement à l'oscilloscope, puis Regressi, enregistrer le son produit par un diapason.
2. Reproduire l'allure du signal obtenu ci-dessous :



3. Afin d'analyser le son et de déterminer les fréquences qui le compose, on peut réaliser le spectre de Fourier du signal (voir la notice pour obtenir le spectre). Reproduire ci-dessous le spectre obtenu et noter la fréquence du fondamental.



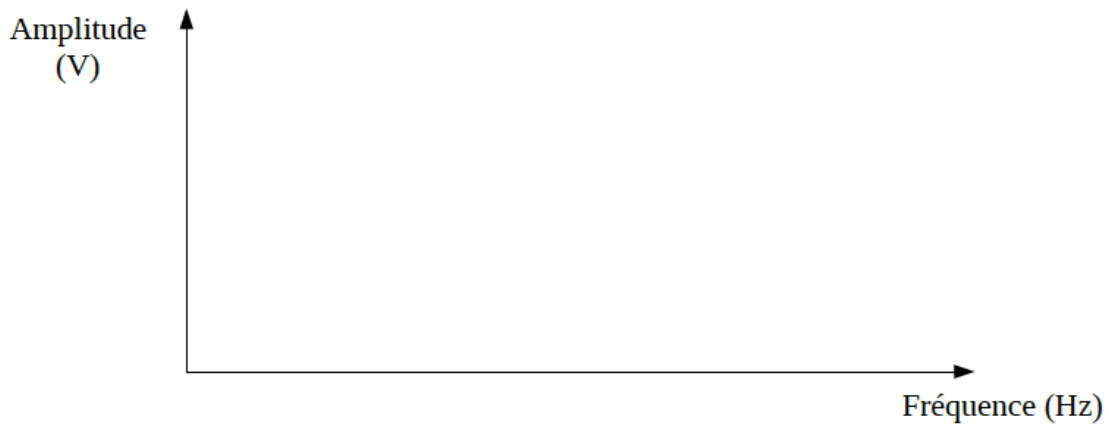
III. Le son de la guitare : un son composé

Importer le fichier son «guitare » ou enregistrer le son de la guitare jouant un La_3 .

Reproduire l'allure du signal obtenu ci-dessous :



Tracer le spectre de Fourier du son de la guitare et le reproduire ci-dessous. Noter les fréquences des trois premiers principaux pics sur le spectre.



IV. Bilan

1. Qu'est-ce que la fréquence fondamentale ?

.....

.....

2. Qu'est-ce qui différencie le signal d'un son pur et d'un son complexe ?

.....

.....

.....

.....

3. Qu'est-ce qui caractérise le timbre d'un instrument ?

.....

.....

.....

4. Si la fréquence du fondamental était de 500 Hz, quelle serait la fréquence du 4ème pic ?

.....

.....

5. Quelle est la relation entre les fréquences des harmoniques (f_n) et la fréquence du fondamental (f_1) ?

.....

.....



Le niveau sonore

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Relier puissance sonore par unité de surface et niveau d'intensité sonore exprimé en décibels.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte Dans la vie quotidienne, on parle de décibels lorsque l'on fait référence au volume d'un son. En physique, cette unité fait référence au niveau sonore, elle même liée à l'intensité sonore. A quoi correspondent ces deux grandeurs ? De quels paramètres dépendent-elles ? A partir de quel niveau sonore nos oreilles sont-elles en danger ?

I. Documents

Document n° 1 : L'intensité sonore

L'intensité sonore (notée I) est la grandeur permettant de quantifier la puissance de l'onde sonore transportée par unité de surface.

$$I = \frac{P}{S}$$

P : Puissance sonore en W (watts)

S : Surface de l'onde sonore en m^2

I : Intensité sonore en $W.m^{-2}$

Comme le son se répartit sur une sphère dont la surface augmente lorsqu'on s'éloigne de la source, l'intensité sonore diminue avec la distance.

La surface de la sphère est donc : $S = 4\pi R^2$ (R désigne le rayon de la sphère en mètre (m), dans notre situation, le rayon correspond à la distance entre l'émetteur et le récepteur du son.)

Document n° 2 : Le niveau d'intensité sonore

Pour comparer les intensités sonores entre elles, on utilise la notion de niveau d'intensité sonore, notée L et exprimée en décibels (dB).

$$L = 10 \times \log \frac{I}{I_0}$$

Ce niveau d'intensité sonore est liée à l'intensité par une échelle logarithmique. La conséquence de l'utilisation de cette échelle est que lorsqu'on double l'intensité sonore (on double le nombre de haut-parleurs), le niveau sonore n'est pas doublé, il n'augmente que de 3 dB. (Après tout, lorsque nous doublons le nombre d'enceintes, nous n'avons pas le sentiment que le son est deux fois plus fort. Nous avons juste la sensation que le son est un peu plus fort).

Document n° 3 : Echelle des décibels

Source de bruit	Nombre de décibels (dB)
Feux d'artifice	162
Sirène	140
Coup de feu à l'oreille du chasseur	130
Boîtes de nuit, stéréo d'auto	120
Spectacle de musique, arcade achalandée	110
Motoneige	105
Scie à chaîne, perceuse	100
Gymnase, baladeurs	95
Méto, tondeuse, camion lourd	90
Restaurant bruyant	85
Rue achalandée	80
Conversation à 2 mètres, aspirateur	70
Conversation entre deux personnes à 1 mètre	55
Pièce tranquille	40
Voix chuchotée à 1 mètre	20

Zone allant du
bruit léger au
seuil de la
douleur

II. Quelques expériences

1. Dans la vie quotidienne, on utilise le décibels (dB) pour caractériser le volume sonore. Il s'agit de l'unité du niveau d'intensité sonore, on mesure cette grandeur à l'aide d'un sonomètre. Mesurer l'intensité sonore dans la salle de classe :

.....

.....

.....

2. Afin d'étudier l'évolution du niveau d'intensité sonore, nous allons mesurer l'intensité sonore lorsque que un seul haut-parleur est allumé puis lorsque deux hauts-parleurs sont allumés. Lorsque nous doublons de nombre de haut-parleurs, le niveau d'intensité sonore est-il doublé ?

.....

.....

.....

.....

Un son continu est émis par le haut-parleur présent sur le bureau de votre professeur.

3. Éloignez vous progressivement du bureau.

Qualitativement, comment évolue l'intensité sonore lorsque vous vous éloignez du haut-parleur ?

.....
.....
.....
.....

III. Des bouchons d'oreilles sont-ils nécessaires lors du décollage de la fusée Ariane ?

Marie et Camille sont toutes deux sensibles des oreilles. Pour le décollage de la fusée Ariane, elles se demandent si elles doivent porter des bouchons d'oreilles où si ce n'est pas nécessaire.

Marie observera le décollage de la fusée depuis de la place des Amandiers à Cayenne tandis que Camille a obtenu une invitation pour observer le décollage depuis le site Colibri qui se trouve dans le centre spatial Guyanais.

Document n° 4 : Données

Puissance sonore de la fusée au décollage : $P = 12 \times 10^7$ W

Distance du site d'observation Colibri par rapport au pas de tir de la fusée : 7 km

Distance entre le pas de tir et Cayenne par rapport au pas de tir de la fusée : 60 km

1. Déterminer l'intensité sonore perçue par Camille et Marie lors du décollage.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. En déduire le niveau sonore perçu par chacune.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Conseillez-vous à Marie et Camille de porter des bouchons d'oreille lors du décollage ?

.....
.....
.....
.....
.....

—— Fin ——



Les sons émis par la guitare et la flûte de paon

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Relier qualitativement la fréquence fondamentale du signal émis et la longueur d'une corde vibrante.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte Les instruments de musique sont des machines à fabriquer des sons. Quels sont les critères qui permettent de les regrouper dans différentes familles ? Quels sont les paramètres dont dépendent chacun de ces instruments ?

I. Le fonctionnement de la guitare

Une guitare est un instrument de musique composée généralement de 6 cordes différentes et d'une caisse de résonance. On estime l'apparition des premiers instruments analogues vers 3700 avant J.C. La guitare moderne a fait son apparition au milieu du XIX^{ème} siècle. Comment expliquer que l'on puisse produire une telle diversité de sons ? Ecouter la vidéo d'un guitariste jouant un morceau pour les amener à réfléchir aux gestes du musiciens et de l'influence sur le son produit. Si vous êtes doués, jouez vous-même un morceau.

De quels paramètres peut dépendre le son entendu ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

II. Influence de la longueur de la corde sur la fréquence du fondamental

Afin de quantifier l'influence de la longueur de la corde sur la fréquence du son produit, nous allons réaliser une série de mesure du son produit par une corde en fonction de sa longueur. Si vous ne disposez pas du matériel nécessaire, il est possible de faire l'acquisition en amont et de travailler sur des extraits sonores.

Montage :

- Relier un microphone à la carte d'acquisition et/ou une oscilloscope.
- Ouvrir le logiciel Latispro, Audacity et/ou Regressi.
- Placer le microphone devant la caisse de résonance de la guitare.

1. Le son est-il pur ou composé ?

.....
.....
.....

2. Quelle est la fréquence du fondamental ?

.....
.....
.....

3. Quel est le lien entre la fréquence de la corde entière et celle raccourcie de moitié ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

III. Extension aux instruments à vent : cas de la flûte de pan

La flûte de pan est un instrument à vent utilisé depuis 2000 ans avant J.C. On retrouve cet instrument sous différentes variantes dans de nombreuses civilisations. Cet instrument repose sur un principe simple : on souffle dans un tube creux, ce qui produit une vibration de celui-ci. Cette vibration permet d'émettre un son.

1. Pourquoi est-ce qu'une flûte de pan est composé d'une multitude de tubes ?

.....
.....
.....
.....

2. De quoi dépend la fréquence du son émis ?

.....
.....
.....
.....

3. Que peut-on dire du son en fonction de la longueur du tube ?

.....
.....
.....

4. Expliquer alors par analogie avec la flûte de paon, comment un joueur de flûte à bec peut-il moduler le son émis alors qu'il ne possède qu'un seul tube ?

.....
.....
.....
.....

—— Fin ——



Les gammes musicales

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Calculer des puissances et des quotients en lien avec le cycle des quintes. Mettre en place un raisonnement mathématique pour prouver que le cycle des quintes est infini. Utiliser la racine douzième de 2 pour partager l'octave en douze intervalles égaux.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte La légende raconte que le mathématicien grec Pythagore, passant près d'une forge, entendit différents marteaux émettre des sons différents en frappant la même enclume. Certaines combinaisons de sons étaient harmonieuses, d'autres moins. Intrigué, Pythagore examina les marteaux et se rendit compte que deux sons étaient harmonieux lorsque les masses des deux marteaux étaient dans un rapport simple de nombres entiers. Ce mathématicien et philosophe a été convaincu tout au long de sa vie que la Nature était intégralement régie par des rapports de nombres. La perception simultanée de plusieurs notes peut donner l'impression que les notes « sonnent bien ensemble » (notes consonantes) ou qu'elles ne « sonnent pas ensemble » (notes dissonantes). En fait notre oreille est sensible au rapport des fréquences de deux notes. Ainsi, il y a eu dans l'histoire de nombreuses constructions de gammes pour ordonner les notes. Les premières furent appelées naturelles, pythagoricienne... La gamme tempérée est la gamme majoritairement utilisée aujourd'hui. Quel est le principe général de ces gammes ?

I. Documents

Document n° 1 : Les harmonies

L'oreille humaine est sensible au rapport entre les fréquences de deux notes jouées simultanément. Lorsqu'un instrument émet un La₃, de fréquence fondamentale $f_1 = 440$ Hz, l'oreille perçoit un son de fréquence f_1 et, suivant l'instrument, des harmoniques de fréquence $f_2 = 2f_1$, $f_3 = 3f_1$, etc. Quand une deuxième note est émise, un La₄ de fréquence fondamentale $f'_1 = 880$ Hz, l'oreille entend déjà ce son dans les harmoniques du La₃. Il en est de même du deuxième harmonique du La₄ de fréquence :

$$f'_2 = 2f'_1 = 1760 \text{ Hz} = 4 \times 440 = 4f_1$$

Comment construire une gamme de notes ? Plus les harmoniques de deux notes ont des fréquences

communes, plus ces notes sont harmonieuses à l'oreille. Elles sont consonantes.
 On parlera d'harmonie entre deux notes lorsque le rapport des fréquences de leur fondamental est « simple ». Le rapport le plus simple est celui qui a pour valeur 2. Les deux notes sont dites à l'octave. Jouées simultanément, ces deux notes semblent n'en faire qu'une.

Document n° 2 : La gamme de pythagore

Elle correspond à des notes obtenues par des cordes vibrantes dont les rapports de longueurs, égaux à $\frac{3}{2}$. Ces notes, dont les rapports de fréquences sont aussi de $\frac{3}{2}$, forment des quintes. Le rapport de fréquences entre deux notes consécutives de fréquences respectives f_1 et f_2 est constant :

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{3}{2}$$

Document n° 3 : La gamme tempérée

Dans la gamme tempérée, douze notes sont placées sur une octave qui est alors divisée en douze intervalles appelés demi-tons ou degrés chromatiques.
 Ces notes sont Do, Do#, Ré, Mib, Mi, Fa, Fa#, Sol, Sol#, La, La et Si. Le rapport de fréquences entre deux notes consécutives de fréquences respectives f_1 et f_2 est constant :

$$\frac{f_2}{f_1} = 2^{\frac{1}{12}}$$

II. Définitions

En acoustique, qu'appelle-t-on intervalle, octave, quinte et gamme.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

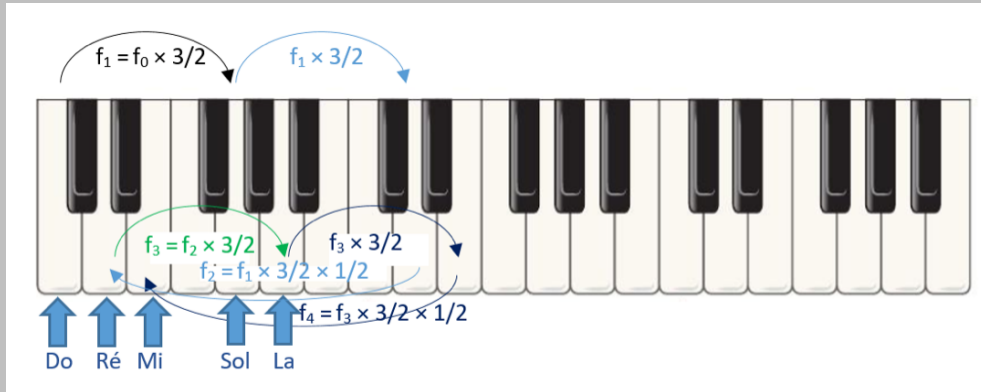
.....

.....

III. La gamme pythagoricienne

Comment Pythagore a-t-il construit sa gamme ramenée à l'octave ? On pourra s'appuyer sur ce schéma :

1.



.....

.....

.....

.....

.....

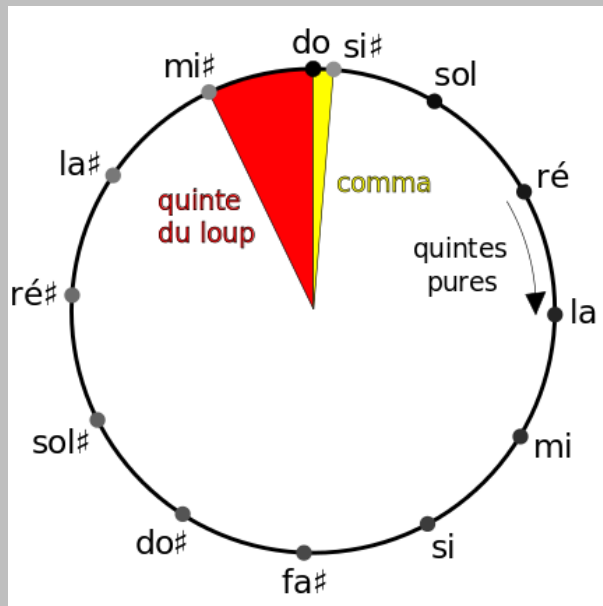
.....

.....

.....

Quel est le défaut de cette gamme ? Qu'appelle-t-on quinte du loup ?

2.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

IV. La gamme tempérée

Comment construit-on la gamme tempérée ? On pourra s'appuyer sur ce schéma

1.

Rapport de fréquence du demi-ton constant : $t_{1/2} \approx 1,059$

→ Cette suite de rapports s'écrit :

$$t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2}$$

$$t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} = (t_{1/2})^{12}$$

Rapport de fréquence : $t_{octave} = 2$

→ Ce rapport s'écrit $t_{octave} = 2$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Pourquoi utilise-t-on la gamme tempérée plutôt que la gamme pythagoricienne ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

— Fin —



Numérisation analogique d'un signal sonore

Compétences travaillées

Compétences	Niveau Validé
Analyser : Exploiter les informations extraites dans des documents, ou issues de ses connaissances. Identifier les paramètres influençant un phénomène.	A B C D
Réaliser : Justifier le choix des paramètres de numérisation d'un son. Estimer la taille d'un fichier audio. Calculer un taux de compression. Comparer des caractéristiques et des qualités de fichiers audio compressés.	A B C D
Valider : Confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. Analyser les résultats de manière critique.	A B C D

Contexte Claude Shannon (1916-2001), ingénieur en génie électrique et mathématicien, est considéré comme l'un des pères de la théorie de l'information dont l'une des problématiques consiste à représenter, compresser, stocker, communiquer des informations.

Vues du côté de l'utilisateur, ces informations peuvent prendre la forme de textes, d'images, de sons, de vidéos. On peut donc s'interroger sur la manière dont un ordinateur, dont la mémoire est constituée d'un très grand nombre de circuits électroniques, peut traiter des informations aussi sophistiquées. La numérisation des sons permet d'appréhender cette problématique.

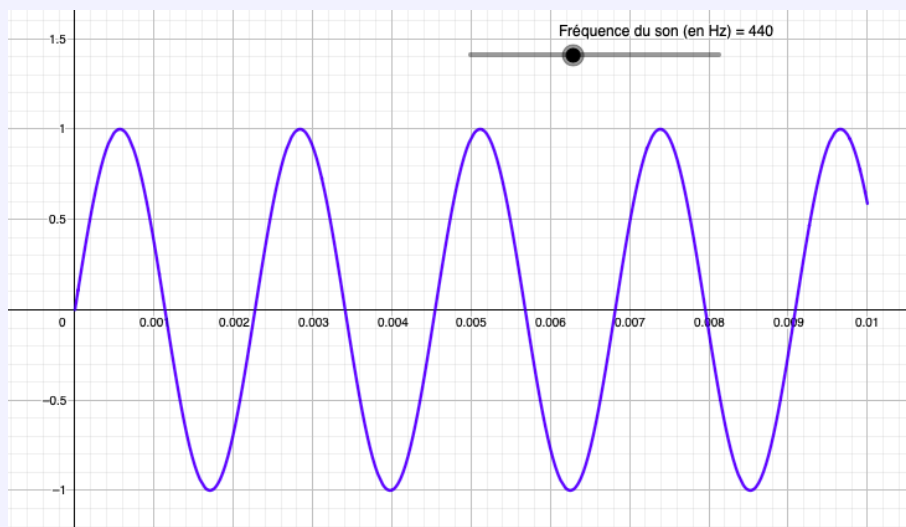
Dans un sens plus général, une théorie de l'information est une théorie visant à quantifier et qualifier la notion de « contenu en information » présent dans un ensemble de données. À ce titre, il existe une autre théorie de l'information : la théorie algorithmique de l'information, créée par Kolmogorov, Solomonov et Chaitin au début des années 1960.

Au plan sociétal, la compression de données et la transmission en flux (streaming) ont fait évoluer les pratiques culturelles d'écoute de la musique. On se propose, ici, d'étudier le problème de la numérisation analogique d'un signal sonore.

I. Documents

Document n° 1 : Principe général du codage au son

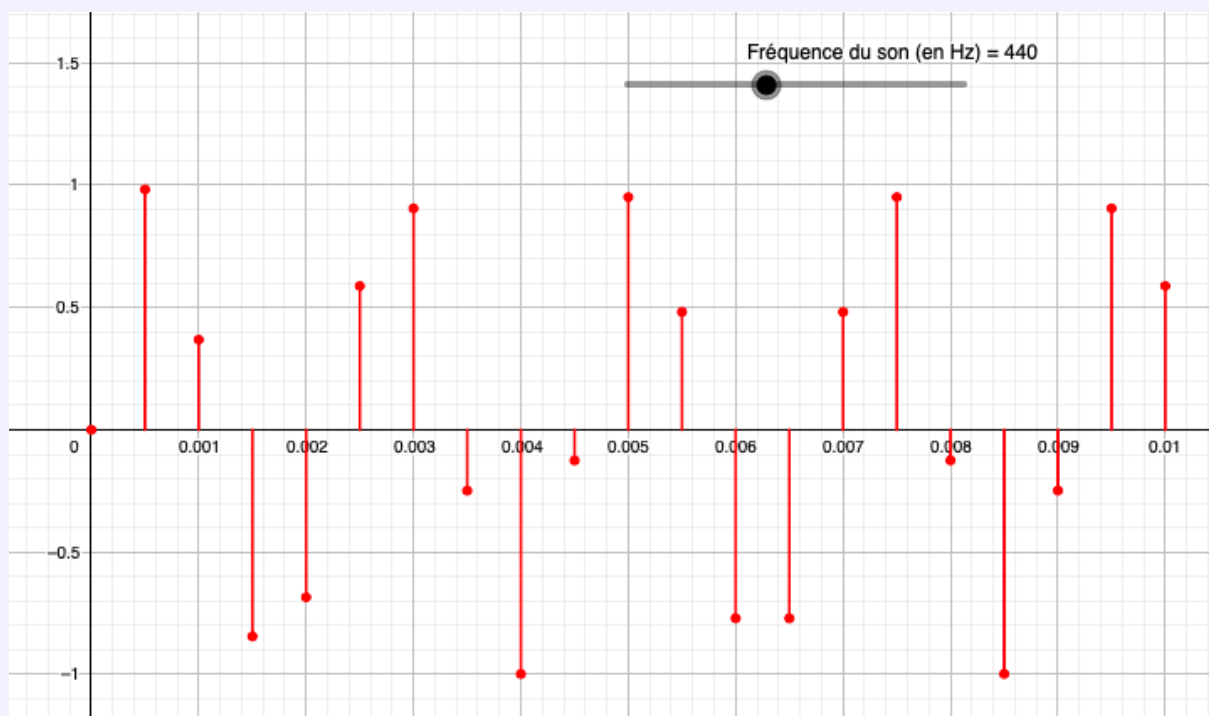
Un son est une vibration mécanique se propageant dans l'air ou dans un autre milieu (fluide, solide). À l'aide d'un micro, un son peut être capté et converti en un signal analogique modélisé mathématiquement par une fonction représentant par exemple une tension en fonction du temps.



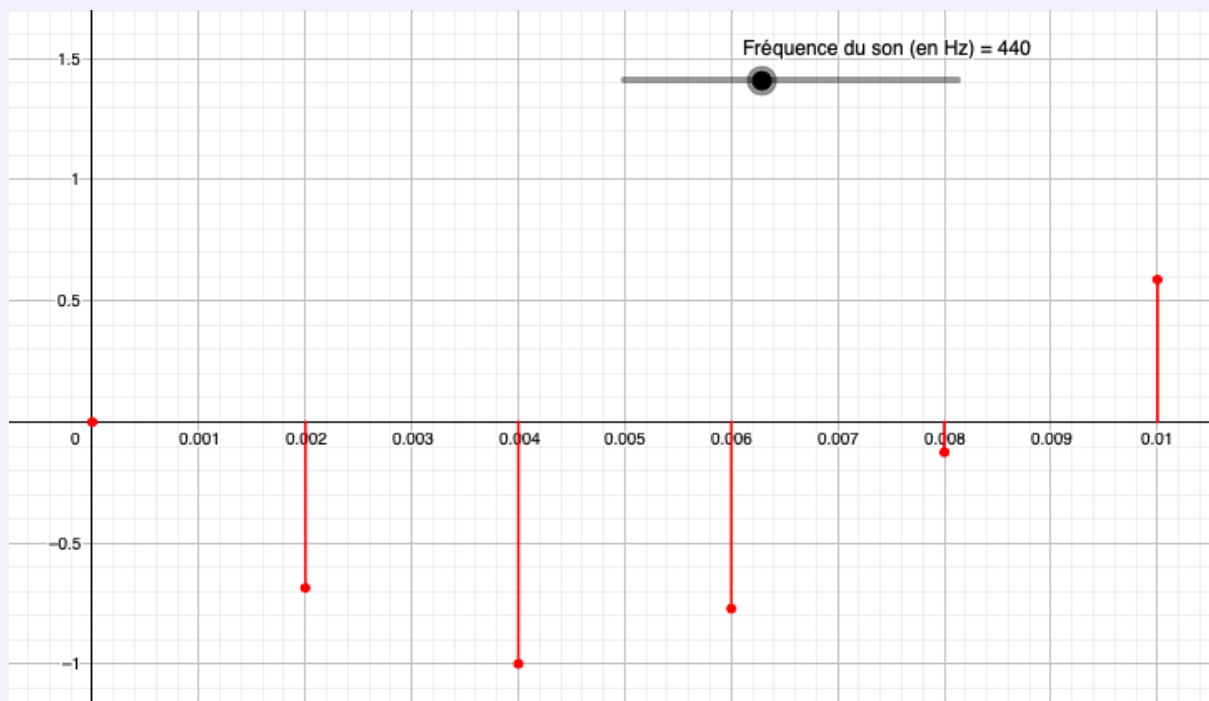
Le traitement numérique de ce signal analogique, réalisé à l'aide d'un convertisseur analogique/numérique, consiste à discrétiser cette fonction en abscisse et en ordonnée pour en extraire un nombre fini de données. L'échantillonnage consiste à relever différentes valeurs de la tension à intervalles de temps réguliers. La quantification, quant à elle, revient à associer à chaque valeur de l'échantillon un nombre dont la longueur de l'écriture binaire est décidée par avance.

Document n° 2 : Echantillonnage

Considérons la représentation graphique en fonction du temps de la tension électrique correspondant au signal analogique du La du diapason (La3), son pur de fréquence 440 Hz. On effectue un échantillonnage en prélevant des mesures de cette tension toutes les 5×10^{-4} s (période d'échantillonnage), comme l'illustre le graphique ci-dessous. La fréquence d'échantillonnage vaut $\frac{1}{5 \times 10^{-4}} = 2000$ Hz.



Un échantillonnage à la fréquence 500 Hz fournit quant à lui l'échantillon suivant :



On conjecture que le premier échantillon permettra une reconstitution du son analogique initial plus fidèle que le second.

Le **théorème de Shannon** stipule, en effet, que la reproduction fidèle d'un signal analogique à partir d'un échantillon nécessite d'avoir échantillonné avec une fréquence au moins double de la fréquence initiale.

$$f_e \geq 2f_{max}$$

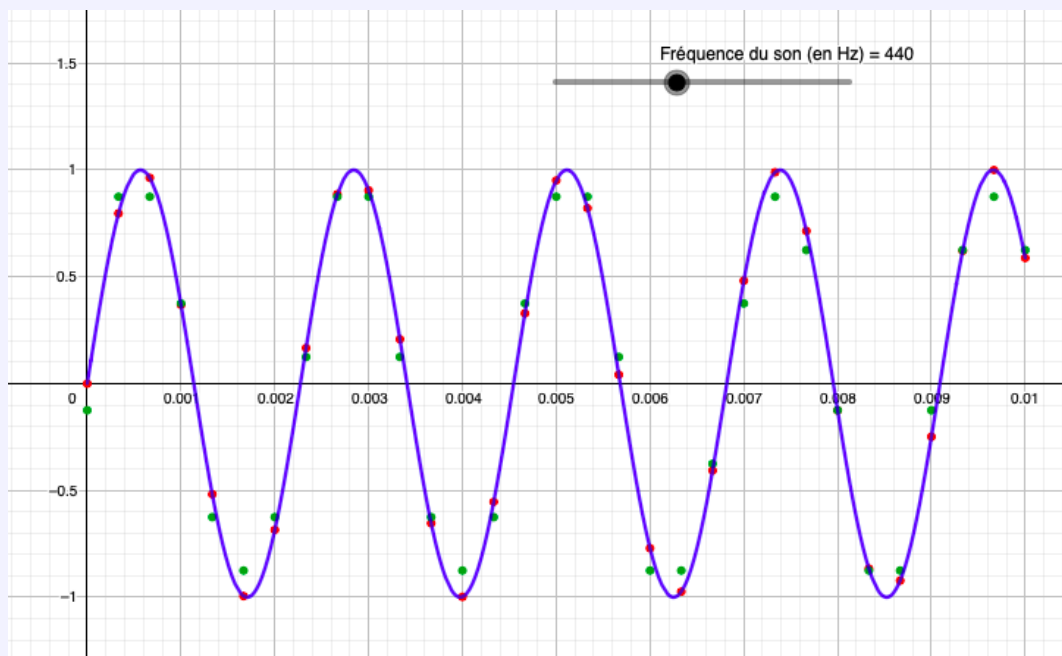
Ce théorème, démontré par Shannon en 1949, utilise des outils mathématiques en lien avec la théorie de Fourier (1768 -1830). Il est à la base de la numérisation de l'information.

Document n° 3 : Quantification

Les valeurs des tensions, en nombre fini, obtenues après échantillonnage sont des nombres réels. Il faut les coder en mots uniquement formés de 0 et de 1 sur le nombre de bits utilisés pour le codage. La quantification consiste alors à approcher au mieux les valeurs des tensions échantillonnées par des nombres, dont la taille de l'écriture binaire est fixée par le nombre de bits retenu.

Si on choisit une quantification sur bits, alors on peut coder 2^p nombres différents.

Ainsi, si on choisit de coder sur trois bits, il y a seulement huit valeurs possibles. L'amplitude des tensions doit alors être découpée en huit intervalles de même longueur. Toutes les valeurs issues de l'échantillonnage situées dans un même intervalle sont quantifiées par le même nombre écrit en binaire sur trois bits.



Document n° 4 : Compression

Pour réduire les difficultés liées au stockage et à la transmission de fichiers audio, on effectue des compressions des données. Il existe des techniques de compression sans perte et d'autres avec perte. Une compression est dite sans perte d'information si elle permet de récupérer, après décompression, l'intégralité des sons produits. Elle est réalisée par des algorithmes exploitant les redondances et la prévision de ces redondances dans les fichiers audio. Ainsi, le format FLAC permet de réduire de 30 % à 70 % la taille d'un fichier audio sans perte d'information.

Dans le cas contraire, la compression est dite avec perte. La compression avec perte supprime les sons peu audibles. La compression est effectuée par des algorithmes. Un format très connu de compression de ce type est le MP3.

Les services de musique en ligne proposent en streaming ou en téléchargement des fichiers MP3 à 128 kbit/s. Cela signifie que, pour un tel fichier, une seconde de musique nécessite 128 kbit de données.

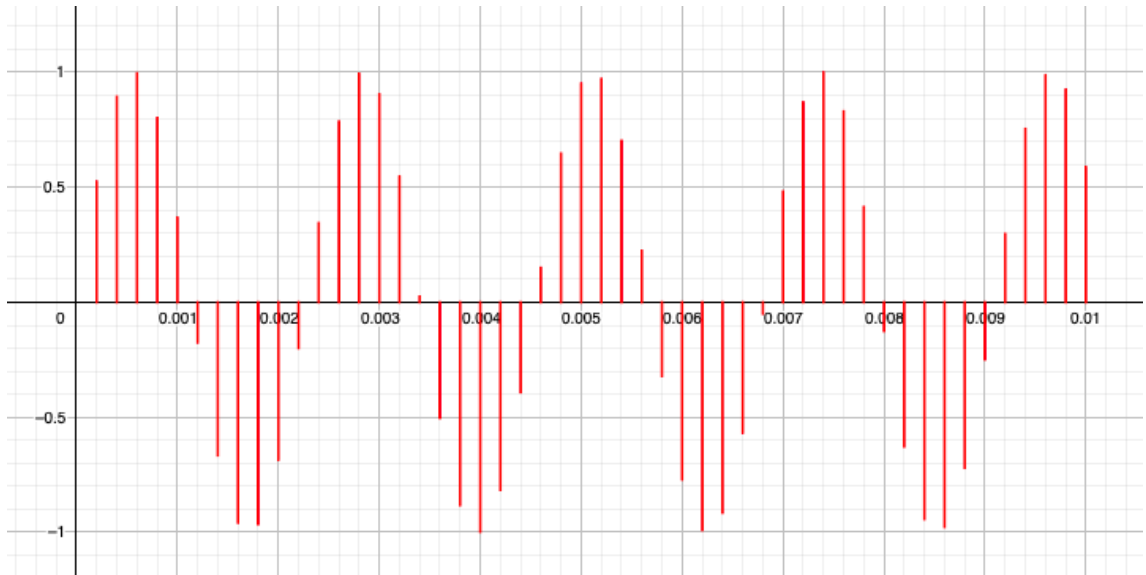
Comme pour un CD audio, une seconde de musique nécessite 1411 kbit de données. On en déduit que le taux de compression d'un CD audio vers un fichier MP3 à 128 kbit/s est égal à $\frac{128}{1411} \approx 0,091$. Le taux de compression est d'environ 9 % ou encore dans le ratio de 1 :11 puisque $0,09 \approx \frac{1}{11}$.

II. Questions

II.1. Lecture de courbes illustrant l'échantillonnage et la quantification

S'appuyer sur la simulation GeoGebra [Echantillonnage et quantification d'un son](#)

1. On considère un ensemble de valeurs obtenues par échantillonnage d'un son pur. L'unité portée sur l'axe des abscisses est la seconde. Déterminer la fréquence du son échantillonné, puis la fréquence d'échantillonnage.



.....

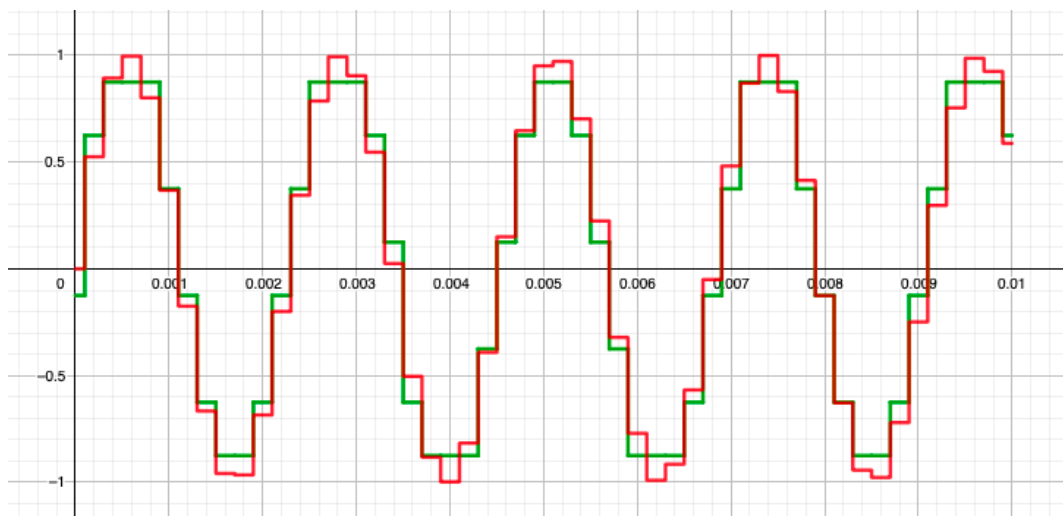
.....

.....

.....

.....

2. À partir de la courbe d'échantillonnage, déterminer la fréquence d'échantillonnage et indiquer sur combien de bits sont codées les valeurs quantifiées.



.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

II.2. Taille de fichiers audio et débit binaire

Les services de musique en ligne proposent en téléchargement de la musique en diverses résolutions. L'un d'eux propose des fichiers « haute résolution » correspondant à un échantillonnage à 96 kHz, un codage sur 24 bits et un enregistrement stéréo. On fait l'hypothèse totalement irréaliste que les fichiers proposés ne sont pas compressés.

1. Quel est l'espace de stockage nécessaire pour enregistrer une seconde de musique de cette qualité ?

.....
.....
.....
.....

2. Quelle est la taille d'un fichier pouvant contenir un enregistrement de cette qualité des six suites pour violoncelle de Bach, d'une durée totale de 2 h 15 min ?

.....
.....
.....
.....
.....

II.3. Fichiers compressés

Un fichier audio, stéréo, échantillonné à 44,1 kHz et codé sur 16 bits, contenant les six suites pour violoncelle de Bach d'une durée totale de 2 h 15 min est compressé en un fichier MP3 à 320 kbit/s.

1. Combien de données sont utilisées pour coder 1 seconde de musique sur le fichier avant compression ?

.....
.....
.....

2. Calculer le taux de compression pour passer d'un fichier à l'autre.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Combien de temps faut-il pour télécharger ce fichier avec une connexion Internet de 8 Mbit/s ?

.....
.....
.....
.....
.....

—— Fin ——