



Exercice 1 – Niveau première

Thème « Le Soleil, notre source d'énergie »

Le paradoxe du Soleil pâle

Sur 10 points

Le système solaire s'est formé il y a 4,57 milliards d'années. Le paradoxe du jeune Soleil pâle désigne la contradiction apparente, entre la présence d'eau liquide sur Terre à cette époque et le fait que le Soleil ne brillait qu'à 70 % de son intensité actuelle. La température sur Terre devait être inférieure à 0 °C et donc l'eau aurait dû être présente à l'état solide uniquement.

L'objectif de cet exercice est d'étudier ce paradoxe.

Partie 1 – Caractérisation du Soleil jeune

Actuellement, la puissance surfacique moyenne du rayonnement solaire arrivant à la surface de l'atmosphère terrestre est de $340 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

- 1- Montrer que la puissance surfacique moyenne solaire qui atteignait la surface de l'atmosphère terrestre il y a 4 milliards d'années était d'environ $240 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Document 1 – Loi de Stefan

La puissance émise par unité de surface (P exprimée en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) est proportionnelle à la puissance quatrième de la température (T exprimée en Kelvin).

$$P = \sigma \times T^4$$

avec σ , constante de Stefan-Boltzmann valant $5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$.

Relation entre la température θ (°C) et la température T (K) :

$$T = \theta + 273$$

- 2- À l'aide du document 1, montrer qu'en première approximation, la température de la Terre aurait dû être d'environ -18 °C il y a 4 milliards d'années.



Partie 2 – Première proposition d'explication du paradoxe

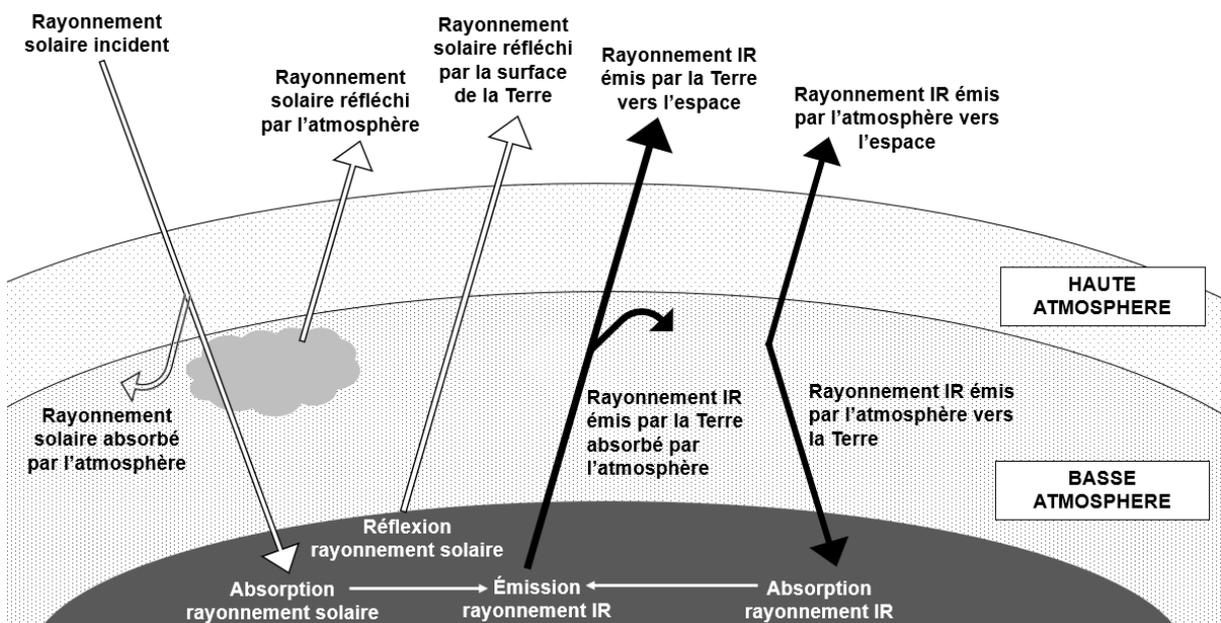
Document 4 – Tableau de la pression partielle atmosphérique en CO₂

Une température de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ est incompatible avec la présence d'eau liquide. Des études ont permis de montrer qu'il y a 4 milliards d'années, un volcanisme très intense rejetait de grandes quantités de dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre.

Période	-4 Milliards d'années	Actuelle
Pression partielle en CO ₂	Entre 0,3 et 0,6 bar	3×10^{-4} bar

Source : d'après <https://planet-terre.ens-lyon.fr>

Document 5 – Bilan radiatif terrestre



Source : d'après l'auteur

- 4- À partir des documents 4 et 5 et de vos connaissances, proposer une explication au paradoxe du Soleil pâle, c'est à dire à la présence d'eau liquide il y a 4 milliards d'années malgré une température terrestre inférieure à 0°C due à la plus faible puissance reçue du Soleil.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



1.1

Partie 3 – Seconde proposition d'explication du paradoxe

D'autres chercheurs ont proposé d'expliquer le paradoxe du Soleil jeune pâle par un albédo moyen très faible.

5- Définir l'albédo.

Document 6 – Quelques valeurs d'albédo

Surface	Océan	Forêt	Nuages	Sable	Neige
Albédo	0,05 – 0,10	0,05 – 0,10	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3	0,8 – 0,9

Albédo moyen terrestre actuel : $\alpha = 0,3$

Albédo moyen terrestre estimé à l'époque du Soleil jeune (4 milliards d'années) :
 $\alpha = 0,05$

Source : d'après l'auteur

- 6- Expliquer pourquoi la valeur de l'albédo à l'époque du jeune Soleil pâle permettrait d'expliquer la présence d'eau liquide sur Terre alors que la puissance surfacique solaire incidente était plus faible qu'actuellement.
- 7- Expliquer en quoi l'étude de paradoxes scientifiques est une composante essentielle de la démarche scientifique. Vous argumenterez en vous appuyant sur l'exemple étudié dans cet exercice et sur vos connaissances personnelles.



Exercice 2 – Niveau première

Thème « Son, musique et audition »

Concert de Rock

Sur 10 points

Ce soir, la salle de concert du Confort Moderne accueille un groupe de rock local, les VV, composé de deux guitaristes, d'un bassiste et d'un batteur. Le groupe joue à guichet fermé. Musiciens et fans attendent ce moment avec impatience.

Un concert de Rock est, par essence, un lieu riche en sons ; des sons dont on veille à adapter la « hauteur » (c'est-à-dire la fréquence) pour obtenir les effets mélodiques souhaités ; mais également des sons que le public aime entendre avec puissance, ce qui n'est pas sans risque pour la santé.

Dans la suite, nous allons explorer ces deux dimensions : hauteur et puissance.

Partie 1 – Accordage d'une guitare

Avant le concert, les guitaristes doivent accorder leur instrument. En effet, des phénomènes tels que les variations de températures et d'humidité modifient les caractéristiques des cordes et altèrent la sonorité de l'instrument : les sons joués n'ont plus la bonne hauteur, ce qui signifie que la fréquence fondamentale émise par la vibration de la corde n'a plus la bonne valeur.

En général, les musiciens professionnels réalisent l'accordage « à l'oreille » : leur grande habitude des sons leur permet de juger si la fréquence est la bonne. Dans certains cas, ils peuvent s'aider d'un diapason pour disposer d'un son de référence.

Lorsque l'on a moins d'expérience, on peut s'aider d'un enregistrement, ce que la plupart des smartphones permettent de faire désormais. C'est ce que nous allons faire dans cette partie pour réaliser l'accordage d'une guitare. Nous allons voir comment des lois scientifiques nous permettent de discuter les gestes à réaliser.

Nous nous intéressons au cas d'un guitariste qui accorde la corde du Ré. Cette corde doit normalement émettre un son de fréquence 147 Hz. Le document 1 propose un enregistrement du son émis par la corde.

- 1-** Expliquer comment déterminer la fréquence du son émis par la guitare à l'aide de l'enregistrement.
- 2-** Justifier que la corde n'est pas correctement accordée en précisant si le son est trop grave (fréquence trop faible) ou trop aigu.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



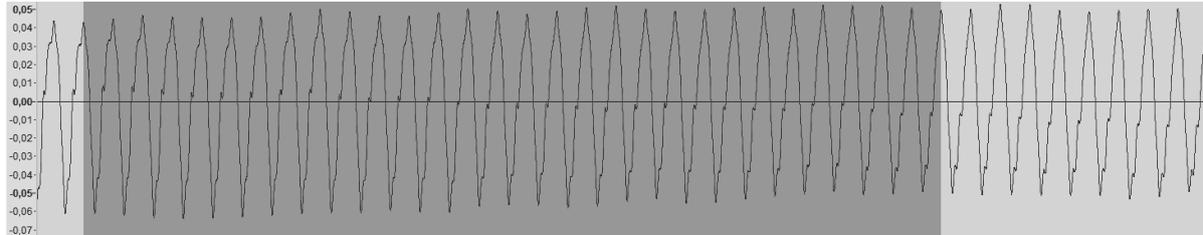
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Document 1 – Enregistrement du son émis par la corde du « Ré »



Partie grisée : durée totale de 189 ms pour 29 périodes.

Pour réaliser l'accordage, le musicien tourne une clé située en haut du manche. Cette clé est reliée à une tige sur laquelle la corde s'enroule (voir document 2). Suivant le sens dans lequel il tourne la clé, il augmente l'enroulement de la corde sur la tige, ou la réduit.

Document 2 – Clés d'une guitare



Source : <https://www.hguitare.com/communaute/blog/materiel/anatomie-guitare>



Une loi physique permet d'expliquer pourquoi cette action altère le son émis. En effet, une modélisation du comportement d'une corde vibrante permet de montrer que la fréquence f du son émis (exprimée en hertz) est reliée aux caractéristiques physiques de la corde par la loi :

$$f = \frac{1}{2L} \times \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Avec les caractéristiques physiques de la corde de guitare :

- L la longueur (en mètre) de la corde entre les deux points de fixation.
- T sa tension (en newton).
- μ sa masse linéique (en kilogramme par mètre).

3- Déterminer si le musicien doit tendre ou détendre la corde pour ajuster la fréquence du son émis sur celle souhaitée (147 Hz).

Partie 2 – Exposition au son

C'est l'heure ! Les musiciens sont en place. Les portes de la salle s'ouvrent et le public commence à entrer. Les premiers rangs se remplissent, les fans veulent être au plus près de leurs idoles.

Lorsque tout le public est entré, il est disposé suivant un demi-disque comme représenté sur le schéma du document 3 page suivante.

Lorsque les musiciens jouent, le son des instruments est amplifié et diffusé par des enceintes. Pour simplifier, on considère que l'ensemble des enceintes équivaut à une unique enceinte positionnée au centre du demi-disque.

Dans ces conditions, le niveau d'intensité sonore L (en décibel) perçue par une personne située à la distance r de l'enceinte est donnée par la relation :

$$L = 10 \times \log\left(\frac{P}{2\pi r^2 I_0}\right)$$

où P est la puissance d'émission du son par l'enceinte ($P = 150 \text{ W}$) et I_0 est l'intensité sonore du seuil d'audibilité ($I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$).

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :

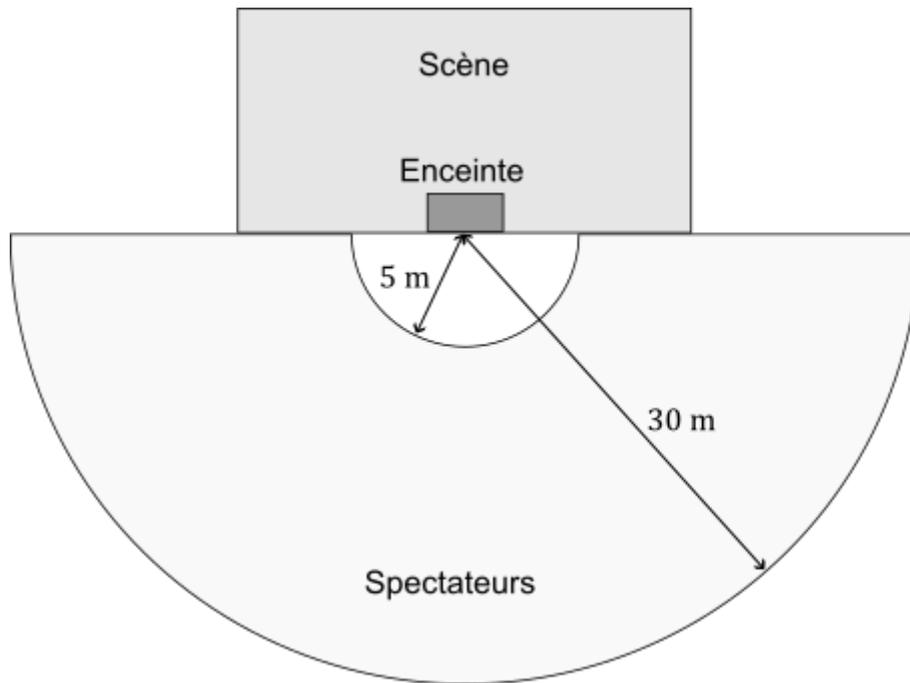


Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Document 3 – Disposition de la salle



- 4- Justifier que cette formule est cohérente avec le fait que l'on perçoive le son plus faiblement en fond de salle qu'à proximité de la scène.

Indication : la fonction logarithme est croissante. Lorsque x augmente, $\log(x)$ augmente.

On mesure les niveaux d'intensité sonore dans la salle pendant que le groupe joue. On trouve un niveau d'environ 115 dB au plus près de la scène (5 m) et environ 100 dB en fond de salle (30 m). Ces niveaux correspondent à une moyenne sur un morceau, avec des variations d'intensité au cours de celui-ci. Par ailleurs, les morceaux joués par le groupe durent environ quatre minutes chacun.

Le document 4 pages suivante présente une analyse des risques que représente l'exposition à des sons intenses.

- 5- Discuter les risques pour la santé auditive des spectateurs suivant qu'ils sont proches ou loin de la scène.

Le document 5 page suivante présente une campagne de sensibilisation aux dangers du bruit proposée par l'Agence Régionale de Santé de Normandie.

- 6- Justifier le deuxième conseil.



Document 4 – Danger du bruit pour les oreilles

Selon le Dr Pascal Foeillet, médecin ORL praticien et Vice-Président de l'association JNA « Contrairement aux yeux, les oreilles ne sont pas constituées de protecteurs naturels et restent réceptives à tous les sons, toxiques ou non ».

Au-delà de 85 dB l'oreille est en danger. La dangerosité va dépendre aussi de la durée d'exposition. Par exemple, il est possible d'être soumis à une exposition de 80 dB pendant huit heures sans danger pour le système auditif. Une fatigue s'en ressentira pour autant.

Un impact soudain à 120 dB (pétard) peut créer autant de dégâts sur le système auditif que cinq minutes de MP3 à 100 dB.

Durée d'exposition au bruit	
Niveau sonore en dB	Durée d'exposition maximale
80	8h
83	4h
86	2h
89	1h
92	30 min.
95	15 min.
98	7 min. 30 sec.
101	3 min. 45 sec.
104	1 min. 22 sec.
107	41 secondes
110	20 secondes

Source : Hearingprotech.com

Source : Extrait d'un dossier de l'association pour la prévention et l'information dans le domaine de l'audition

Document 5 – Campagne gouvernementale de prévention

ÉCOUTE DE MUSIQUE EN CONCERT OU FESTIVAL 4 CONSEILS

- S'éloigner des enceintes
- Faire des pauses régulières dans des zones calmes
- Porter des protections auditives (bouchons d'oreilles, casques)
- Pour les femmes enceintes et jeunes enfants, éviter l'exposition à des niveaux sonores élevés

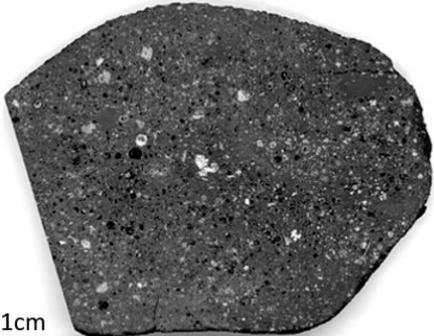
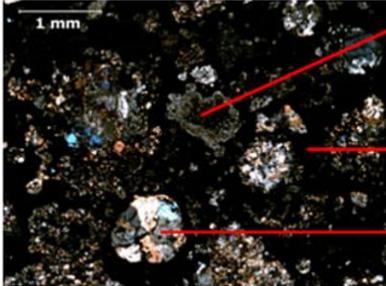


Source : <https://www.normandie.ars.sante.fr/prevention-des-risques-auditifs-lies-au-bruit>



Document 2 - Les matériaux constitutifs de la météorite Allende

La météorite Allende est une météorite non différenciée de type chondrite. Les chondrites sont constituées de chondres, un mélange de silicates et de métal, et des inclusions CAI (Calcium Aluminium Inclusions), le tout englobé dans une matrice qui "cimente" l'ensemble. Les inclusions réfractaires CAI sont riches en uranium. Formées à très hautes températures, elles sont considérées comme les plus vieux objets du système solaire.

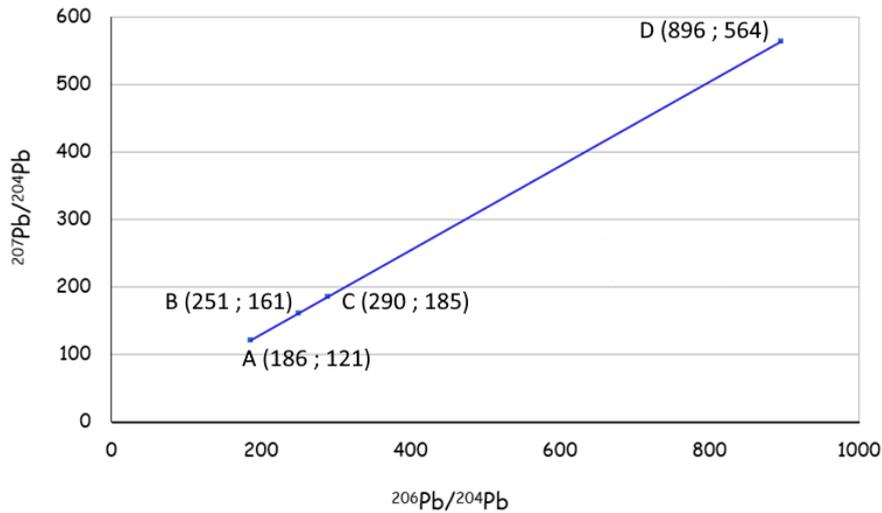
Observation à l'œil nu	Observation au microscope polarisant
 <p>1cm (Hawaii Institute of Geophysics and Planetology)</p>	 <p>1 mm</p> <p>Inclusion réfractaire (CAI) riche en uranium</p> <p>Matrice</p> <p>Chondre</p>

Source : <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/limites/Temps/datation-isotopique/enseigner/les-meteorites-temoins-de-la-formation-du-systeme-solaire>

- 1- À l'aide du document 1, présenter sous la forme d'une frise chronologique simplifiée (sans date) les principales étapes de la formation du système solaire.
- 2- À l'aide du document 2, placer sur la frise chronologique réalisée la période possible de formation de la météorite Allende. Justifier la réponse.



Document 4 - Isochrone des inclusions réfractaires CAI



Document 5 - Correspondance entre la pente de la droite isochrone et l'âge (en milliards d'années ou Ga) de l'échantillon obtenue après calibrage numérique

Pente de la droite isochrone	Âge (en Ga)	Pente de la droite isochrone	Âge (en Ga)
0,6210	4,558	0,6262	4,570
0,6215	4,559	0,6266	4,571
0,6219	4,560	0,6271	4,572
0,6223	4,561	0,6275	4,573
0,6228	4,562	0,6279	4,574
0,6232	4,563	0,6284	4,575
0,6236	4,564	0,6288	4,576
0,6240	4,565	0,6292	4,577
0,6245	4,566	0,6297	4,578
0,6249	4,567	0,6301	4,579
0,6253	4,568	0,6305	4,580
0,6258	4,569	0,6310	4,581

Source : <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/limites/Temps/datation-isotopique/enseigner/les-meteorites-temoins-de-la-formation-du-systeme-solaire>

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : **N° d'inscription** :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



1.1

6- L'équation de la droite isochrone présentée dans le document 4 est $y = 0,6245x + 4,3495$.

Utiliser le document 5 pour en déduire l'âge de la météorite d'Allende.

7- Expliquer en quoi le résultat précédent permet d'estimer l'âge du système solaire.