

EXERCICE 1 L'HISTOIRE DE L'ÂGE DE LA TERRE

« La Terre a un âge et cet âge a une histoire peu banale. Calculé à 4000 ans avant J.-C. à la Renaissance, il sera estimé à quelques dizaines de millions d'années à la fin du XIX^{ème} siècle. Il est maintenant fixé à 4,55 milliards d'années. Comment notre planète a-t-elle pu vieillir de plus de 4 milliards d'années en 400 ans ? ».

Krivine, H. *Histoire de l'âge de la Terre*. En ligne : <http://www.cnrs.fr>

L'exercice consiste à étudier quelques aspects de l'évolution des savoirs scientifiques concernant l'âge de la Terre au cours du XIX^e siècle.

Document 1. Un exemple de destruction d'une falaise due à l'érosion.



Le "Grind of the Navir" correspond à une ouverture faite par la mer dans une falaise des îles Shetland. Cette ouverture est élargie d'hiver en hiver par la houle qui s'y engouffre

Lyell, C. (1833). *Principles of geology*. Sixième édition.

Document 2. L'argument des temps de sédimentation et d'érosion par Charles Darwin, extrait de « L'Origine des espèces » (1859).

“Ainsi que Lyell l’a très justement fait remarquer, l’étendue et l’épaisseur de nos couches de sédiments sont le résultat et donnent la mesure de la dénudation¹ que la croûte terrestre a éprouvée ailleurs. Il faut donc examiner par soi-même ces énormes entassements de couches superposées, étudier les petits ruisseaux charriant de la

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

boue, contempler les vagues rongant les antiques falaises, pour se faire quelque notion de la durée des périodes écoulées [...]. Il faut surtout errer le long des côtes formées de roches modérément dures, et constater les progrès de leur désagrégation. [...] Rien ne peut mieux nous faire concevoir ce qu'est l'immense durée du temps, selon les idées que nous nous faisons du temps, que la vue des résultats si considérables produits par des agents atmosphériques² qui nous paraissent avoir si peu de puissance et agir si lentement. Après s'être ainsi convaincu de la lenteur avec laquelle les agents atmosphériques et l'action des vagues sur les côtes rongent la surface terrestre, il faut ensuite, pour apprécier la durée des temps passés, considérer, d'une part, le volume immense des rochers qui ont été enlevés sur des étendues considérables, et, de l'autre, examiner l'épaisseur de nos formations sédimentaires. [...]

J'ai vu, dans les Cordillères⁴, une masse de conglomérat⁴ dont j'ai estimé l'épaisseur à environ 10 000 pieds [3km] ; et, bien que les conglomérats aient dû probablement s'accumuler plus vite que des couches de sédiments plus fins, ils ne sont cependant composés que de cailloux roulés et arrondis qui, portant chacun l'empreinte du temps, prouvent avec quelle lenteur des masses aussi considérables ont dû s'entasser. [...] M. Croll démontre, relativement à la dénudation produite par les agents atmosphériques, en calculant le rapport de la quantité connue de matériaux sédimentaires que charrient annuellement certaines rivières, relativement à l'étendue des surfaces drainées, qu'il faudrait six millions d'années pour désagréger et pour enlever au niveau moyen de l'aire totale qu'on considère une épaisseur de 1000 pieds [305 mètres] de roches. Un tel résultat peut paraître étonnant, et le serait encore si, d'après quelques considérations qui peuvent faire supposer qu'il est exagéré, on le réduisait à la moitié ou au quart. Bien peu de personnes, d'ailleurs, se rendent un compte exact de ce que signifie réellement un million”.

Darwin, C. *Du laps de temps écoulé, déduit de l'appréciation de la rapidité des dépôts et de l'étendue des dénudations*. L'Origine des espèces. (p. 393 - 398).

Glossaire :

- 1 - La dénudation correspond à l'effacement des reliefs par érosion.
- 2 - Les agents atmosphériques désignent les agents responsables de l'érosion comme la pluie, le gel, le vent.
- 3- Les Cordillères désignent une chaîne de montagnes.
- 4 - Un conglomérat est une roche issue de la dégradation mécanique d'autres roches et composée de sédiments liés par un ciment naturel.



Document 3. L'argument du temps de refroidissement par William Thomson, également appelé Lord Kelvin (1824-1907).

“On constate aujourd’hui que lorsqu’on s’enfonce sous la Terre on gagne en moyenne de l’ordre de 3 °C tous les 100 mètres. À la naissance de la Terre, ce gradient était beaucoup plus élevé, presque infini : on passait très rapidement – c’est-à-dire sur une très courte distance – de la température (basse) de surface à la température (élevée) du cœur ; puis le froid, petit à petit, gagne les profondeurs et le gradient diminue, pour atteindre sa valeur actuelle. La façon dont ce gradient diminue avec le temps peut être déterminée théoriquement grâce à l’équation de Fourier⁵ : [...] on en déduit le temps nécessaire pour faire baisser le gradient de température jusqu’à sa valeur actuelle. [...] Kelvin aboutit en 1863 à la fourchette 20-400 millions d’années. [...] La validité de l’équation de Fourier, toujours testée avec succès, semble impossible à mettre en défaut ; elle avait presque la même autorité que la loi de la gravitation. [...]

Certainement un des plus grands physiciens de son temps, Kelvin jouissait d’une autorité immense ; de plus son évaluation semblait confirmée, comme nous l’avons vu, par d’autres méthodes indépendantes. Aussi les temps – relativement – courts des physiciens vont être finalement acceptés par la communauté scientifique dans la seconde moitié du XIX^{ème} siècle : après tout, une Terre chaude pouvait avoir accéléré les processus physico-chimiques. Mais Charles Darwin (1809-1882) n’y croyait pas.”

Krivine, H. *L’Âge de la Terre*.

Glossaire :

5 - L'équation de Fourier ou équation de la chaleur est une équation introduite initialement en 1807 par Joseph Fourier qui permet de décrire la propagation de la chaleur dans un corps.

1 - À partir des documents 1 et 2, présenter les arguments sur lesquels se fonde Charles Darwin pour déterminer l’âge de la Terre.

2– Dans le document 2, Darwin cite l’exemple de l’érosion de conglomérats observés dans les Cordillères, une chaîne de montagnes, mais ne calcule pas explicitement la durée nécessaire à cette érosion. Proposer un ordre de grandeur pour cette durée, compte tenu des analyses de M. Croll et justifier votre réponse.

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

3- À partir du document 3, donner l'âge de la Terre proposé par William Thomson et expliquer la façon dont il a abouti à ce résultat (Lord Kelvin).

4 – Aujourd'hui, l'âge de la Terre déterminé par les scientifiques est de plus de $4,5 \cdot 10^9$ ans. Proposer une réponse synthétique à la question posée par H. Krivine : « comment notre planète a-t-elle pu vieillir de plus de 4 milliards d'années en 400 ans ? »

Une rédaction structurée et argumentée est attendue.

EXERCICE 2

LA NUMÉRISATION ET LE STOCKAGE D'UN SON.

Cet exercice s'intéresse à différents aspects de la numérisation d'un son et du stockage du fichier obtenu.

Partie A. Échantillonnage et quantification

1- Une plateforme de service de musique en ligne propose de la musique en qualité « 16-Bit/44.1 kHz ». Expliquer ce que cela signifie.

2- Pour chacune des propositions suivantes, recopier sur la copie la réponse qui convient :

2-a- Pour échantillonner à 20 000 Hz un signal audio analogique, quelle est la durée de l'intervalle de temps entre deux mesures de la tension du signal audio ?

5×10^{-5} s 5×10^{-4} s 5×10^{-3} s 2×10^{-4} s

2-b- Lorsqu'on quantifie un échantillon sur 24 bits, combien de niveaux de tension différents a-t-on la possibilité de coder ?

$2 \times 24 = 48$; $24^2 = 576$; $2^{24} = 16\,777\,216$; 24

2-c- Dans cette question, on s'appuie sur le document 1 fourni en annexe.

Parmi les choix ci-dessous, quelle est la fréquence d'échantillonnage choisie pour le signal audio représenté ?

2 000 Hz ; 12 500 Hz ; 26 000 Hz ; 44 100 Hz



3- Cette question s'appuie également sur le document 1 fourni en annexe.

On procède à la quantification, par codage sur 3 bits, des valeurs de la tension obtenues après l'échantillonnage du signal audio. Après quantification, la tension (exprimée en volt), peut prendre pour valeurs les 8 nombres entiers relatifs compris entre -4 et $+3$, la valeur quantifiée d'une tension étant l'entier le plus proche de cette tension.

Sur le document 1, à rendre avec la copie, représenter la courbe des tensions après échantillonnage et quantification

Partie B. Taille de fichier

La taille T (en bit) d'un fichier audio numérique s'exprime en fonction de la fréquence d'échantillonnage f_e (en Hertz), du nombre n de bits utilisés pour la quantification, de la durée Δt de l'enregistrement et du nombre k de voies d'enregistrement (une en mono, deux en stéréo) selon la relation :

$$T = f_e \times n \times \Delta t \times k$$

Dans un studio d'enregistrement, on enregistre un morceau de musique en stéréo en choisissant un encodage sur 24 bits et une fréquence d'échantillonnage de 192 kHz.

4- Vérifier que l'espace de stockage nécessaire pour enregistrer une seconde de musique avec cette qualité est de 1,152 Mo.

5- Un espace de stockage de 200 Mo est-il suffisant pour enregistrer un fichier contenant un morceau de musique de cinq minutes dans cette qualité ?

6- Le dispositif d'encodage et de compression FLAC (Free Lossless Audio Codec) permet de compresser le fichier obtenu à la question précédente avec un taux de compression de 45 %. Avec 200 Mo de stockage, dispose-t-on de suffisamment d'espace pour enregistrer ce fichier compressé ?

On rappelle que le taux de compression est le quotient de la taille du fichier compressé par la taille du fichier initial.

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

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE 2. LA NUMÉRISATION ET LE STOCKAGE D'UN SON

Document 1 : Signal audio en fonction du temps

En ordonnée, la tension U est exprimée en volt, en abscisse le temps t est exprimé en seconde.

Lors de l'échantillonnage du signal, les mesures sont réalisées aux instants repérés par des lignes verticales.

