

Activité 2 — Trois mondes, trois répartitions

Introduction

L'activité précédente a montré que le Soleil, la Terre et notre corps sont composés des **mêmes** éléments chimiques. Mais dans quelles proportions? Ces valeurs varient de 74 % à 0,04 %, soit un écart de plus de mille fois.

Problématique. Comment représenter graphiquement des proportions aussi différentes pour pouvoir les comparer efficacement?

Savoirs et savoir-faire

Savoirs	Savoir-faire / capacités
- La matière connue de l'Univers est principalement constituée d'hydrogène et d'hélium. - La Terre est surtout constituée d'oxygène, d'hydrogène, de fer, de silicium et de magnésium. - Les êtres vivants sont surtout constitués de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote.	Produire un diagramme en barres à partir d'un tableau de données. Analyser et comparer différentes représentations graphiques de l'abondance des éléments. Choisir et justifier une échelle (linéaire ou logarithmique) adaptée à la dynamique des valeurs. Distinguer une proportion <i>en masse</i> d'une proportion <i>en nombre d'atomes</i>, et identifier le périmètre d'un jeu de données.

D'où viennent ces chiffres — et comment les compte-t-on?

Document 1 — Trois mondes, trois répartitions

Le tableau ci-dessous indique, pour trois « mondes », la fraction massique des éléments les plus abondants, c'est-à-dire le pourcentage de la **masse** que représente chaque élément. Les valeurs sont arrondies et les listes ne sont pas exhaustives (la somme des colonnes « Terre » et « corps humain » n'est pas exploitée dans les questions).

Système solaire — référence pour l'Univers	Terre — croûte + hydrosphère	Corps humain
(fractions massiques, en %)	(fractions massiques, en %)	(fractions massiques, en %)
H 73,9 • He 24,0 • O 1,04 • C 0,46 • Ne 0,13 • Fe 0,11 • N 0,10 • Si 0,07 • Mg 0,06 • S 0,04	O 47 • Si 27 • Al 7,9 • Fe 5,4 • Ca 3,9 • Na 2,3 • Mg 2,2 • K 2,0 • H 0,9	O 65 • C 18,5 • H 9,5 • N 3,2 • Ca 1,5 • P 1,0 • autres 1,2

Sources : Système solaire — K. Lodders, *abondances du Système solaire (photosphère solaire + météorites primitives)*. Terre (croûte + hydrosphère) — composition de l'enveloppe superficielle, d'après USGS, valeurs arrondies. Corps humain — composition élémentaire moyenne du corps humain (valeurs classiques). La somme H + He du Système solaire est exacte au centième près : $73,9 + 24,0 = 97,9$ %.

Lecture critique du tableau. Un pourcentage n'a de sens que s'il est accompagné de deux précisions : *quel périmètre?* et *comment compte-t-on?*

D'où viennent les chiffres de la colonne « Système solaire »?

« Ces valeurs ne sont pas mesurées dans l'Univers entier, car cela est impossible. Elles sont déterminées **dans le Système solaire**, à partir de la lumière émise par la surface du Soleil et de l'analyse de météorites très anciennes. Le Soleil représente à lui seul **99,8 %** de la masse du Système solaire et sa surface n'a pratiquement pas changé de composition depuis sa formation. Ces valeurs sont donc utilisées comme une **bonne approximation** de la composition de la matière ordinaire de l'Univers. »

Le périmètre du mot « Terre ».

« Dans le tableau, « Terre » désigne l'**enveloppe superficielle**, c'est-à-dire la croûte et l'hydrosphère (océans). Si l'on considérait la **Terre entière**, y compris son noyau métallique, le classement changerait radicalement : le **fer** deviendrait l'élément le plus abondant (≈ 32 % de la masse), devant l'oxygène, le silicium et le magnésium, tandis que l'**aluminium** serait bien moins présent. »

Masse ou nombre d'atomes?

Activité 2 — Trois mondes, trois répartitions

« Tous ces pourcentages sont des **fractions massiques** : ils comparent des **masses**. Or, un atome d'hydrogène est **16 fois plus léger** qu'un atome d'oxygène. Si l'on comptait les **atomes** plutôt que la masse, l'hydrogène — principalement présent dans l'**eau** — représenterait environ **13 %** des atomes de l'enveloppe superficielle (contre **1 %** en masse). Il deviendrait alors le **troisième** élément le plus abondant, après l'oxygène et le silicium. »

Deux représentations graphiques à compléter

Documents 2 et 3 — Échelle linéaire et échelle logarithmique

On se concentre sur les six éléments les plus abondants du Système solaire : **H, He, O, C, Ne, Fe**. Complétez les deux trames ci-dessous **à la règle**, en traçant pour chaque élément un rectangle plein, comme le montrent les barres-exemples déjà tracées. La trame A utilise une échelle **linéaire**, tandis que la trame B utilise une échelle **logarithmique**.

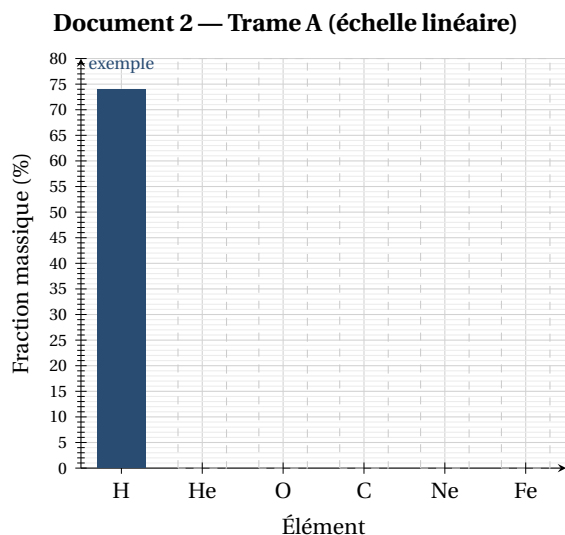


FIGURE 1 — Trame A — échelle linéaire (0 à 80 %). La barre de l'hydrogène (H) est déjà tracée à titre d'exemple.

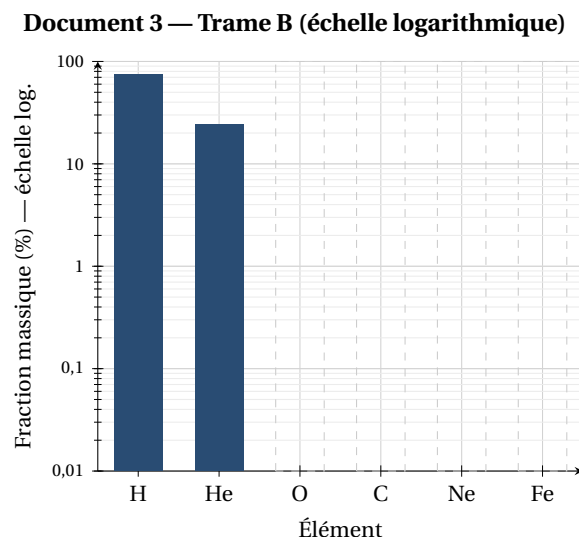


FIGURE 2 — Trame B — échelle logarithmique (0,01 à 100 %). Les barres de H et He sont déjà tracées à titre d'exemples.

Sur cette échelle, chaque graduation principale correspond à une multiplication par 10.

La Terre (surface) et le corps humain

Document 4 — Deux diagrammes déjà tracés

Les deux diagrammes ci-dessous représentent les données du Document 1 pour la Terre (surface) et pour le corps humain. Les valeurs sont indiquées au-dessus de chaque barre. Pour la Terre, seuls les **neuf** éléments les plus abondants sont représentés (valeurs arrondies). Pour le corps humain, ce sont les **six** principaux, plus la rubrique « autres ».

Activité 2 — Trois mondes, trois répartitions

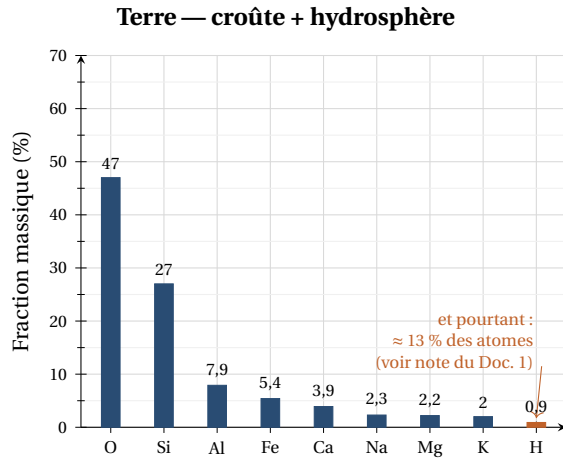


FIGURE 3 – Terre (surface) : les neuf éléments les plus abondants en masse. La barre d'hydrogène (en orange) est minuscule en masse, *et pourtant* elle représente environ 13 % des atomes (voir la note du Document 1).

Source : USGS, composition de l'enveloppe superficielle (valeurs arrondies).

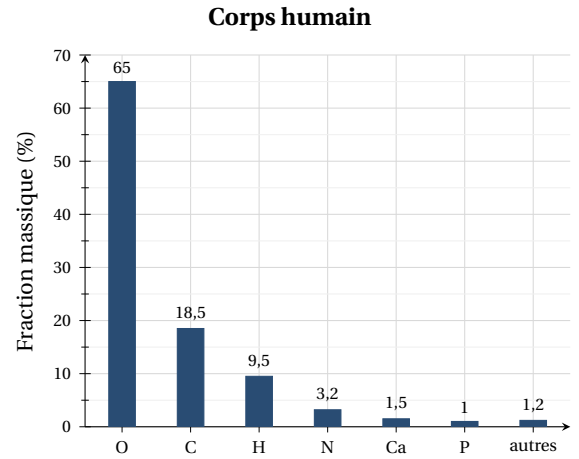


FIGURE 4 – Corps humain : les six éléments les plus abondants en masse, plus la rubrique « autres ».

Source : composition élémentaire moyenne du corps humain (valeurs classiques).

Questions

1. À l'aide du Document 1, relevez les deux éléments les plus abondants du **Système solaire** et leurs pourcentages en masse. Calculez leur part totale. Pourquoi peut-on utiliser ces valeurs pour décrire la composition de l'**Univers**?

2. Complétez la **trame A** (échelle linéaire) en traçant les barres des cinq éléments manquants. Que constatez-vous pour l'oxygène, le carbone, le néon et le fer?

Activité 2 — Trois mondes, trois répartitions

3. Complétez la **trame B** (échelle logarithmique) avec les **mêmes** valeurs. Comparez les deux représentations : laquelle permet de comparer **tous** les éléments entre eux? Justifiez votre réponse.

4. À l'aide du Document 4, relevez les **quatre** éléments les plus abondants **en masse** de la Terre (surface) puis du corps humain. Citez ensuite un élément très abondant dans le Système solaire mais pratiquement absent sur Terre, puis un élément peu abondant dans le Système solaire mais très présent dans le corps humain.

5. Les éléments C, H, O et N du corps humain ont-ils été **fabriqués par les êtres vivants**? Justifiez votre réponse en vous appuyant sur l'activité 1.

Activité 2 — Trois mondes, trois répartitions

6. Le programme indique que la Terre est principalement constituée d'**oxygène**, d'**hydrogène**, de **fer**, de **silicium** et de **magnésium**. Or, le Document 4 place l'**aluminium devant le fer** et n'attribue à l'**hydrogène** que 0,9 % de la masse. À l'aide de la note du Document 1, expliquez **ces deux écarts** : **(a)** celui concernant le fer et l'aluminium ; **(b)** celui concernant l'hydrogène.

♥ À retenir

Activité 2 — Trois mondes, trois répartitions

Pour aller plus loin — Masse, atomes et hélium

7. Dans une molécule d'eau H_2O , il y a **deux** atomes d'hydrogène pour un atome d'oxygène. Pourtant, l'hydrogène ne représente que **11 %** de la masse de l'eau. **Retrouvez ce pourcentage par le calcul**, sachant qu'un atome d'oxygène est 16 fois plus lourd qu'un atome d'hydrogène. En quoi ce calcul éclaire-t-il la réponse donnée à la question 6?

8. L'hélium représente 24 % de la masse de la matière ordinaire de l'Univers, mais il est extrêmement rare dans l'atmosphère terrestre. Celui que l'on exploite provient de gisements de gaz naturel, où il est produit par la **désintégration de noyaux radioactifs** présents dans les roches. Proposez une explication à sa rareté dans l'atmosphère, et indiquez ce que cela suggère sur la nature de certains noyaux du sous-sol.