

CHAPITRE 1 – LA MATIERE DANS L'UNIVERS

Pré-requis :

- Mélanges, dissolutions, états de la matière
- Modèle particulaire, changements d'états

Objectifs :

- Décrire l'organisation de la matière dans l'Univers
- Appréhender l'évolution de l'Univers, du système solaire et de la Terre.
- Déterminer l'échelle d'un schéma

I. La formation de l'Univers

1. Le Big Bang

Il y a 13,7 milliards d'années, toute la matière de l'Univers était concentrée dans un « petit » espace, dans un état extrêmement dense. Puis survient le Big Bang : une expansion de la matière et de l'espace qui donne naissance aux planètes et aux étoiles, après un long processus (plusieurs millions d'années).

Aujourd'hui, l'Univers est toujours en expansion : les grands corps célestes s'éloignent les uns des autres.

2. Le système solaire

Le système solaire s'est formé il y a 4,6 milliards d'années. Il comporte huit planètes et une multitude de corps irréguliers (astéroïdes, comètes...) qui gravitent autour du Soleil. Les quatre planètes les plus éloignées du Soleil sont des géantes gazeuses.

On utilise l'**unité astronomique (UA)** pour exprimer les distances dans le système solaire. Sa valeur est proche de la distance Terre-Soleil : **1 UA = 150 000 000 km**

II. Les distances dans l'Univers

1. L'année lumière

L'Univers contient d'innombrables **amas** de galaxies. Chacune d'entre elles regroupe plusieurs centaines de milliards d'étoiles. Les seuls **corps célestes** visibles depuis la Terre sont ceux dont la lumière a eu le temps de nous parvenir. La zone observable de l'Univers n'est donc qu'une infime partie de celui-ci.

Pour mesurer les distances au-delà du système solaire, on utilise l'**année-lumière (a.l.)**. C'est la distance parcourue par la lumière en une année terrestre. Sachant que la lumière a une vitesse de **300 000 km/s**, on en déduit 1a.l. = 9 467 280 000 000 km !!

2. La vitesse de la lumière

Dès le XVe siècle, **Galilée** entreprit de mesurer la vitesse de la lumière à l'aide d'une lanterne et d'une clepsydre. La faiblesse de précision de ses instruments n'apporta pas de résultats convaincants.

Plus tard, **Olaüs Römer** observa les éclipses de Io (un satellite de Jupiter) et remarqua un décalage entre l'horaire théorique et réel. Il mesura ainsi la vitesse de la lumière : 212 000 km/s (soit 30% d'erreur).

En 1849, **Hippolyte Fizeau** effectua une mesure de la vitesse de la lumière.



1 Évolution de l'Univers et origines de la Terre

L'humanité s'intéresse aux mouvements des objets visibles dans le ciel depuis des millénaires mais ne les comprend vraiment que depuis le XVI^e siècle. Aujourd'hui, l'astrophysique s'intéresse autant aux plus grands ensembles de matière qu'aux plus petites particules.

Que sait-on de la formation de la Terre et de l'Univers ?

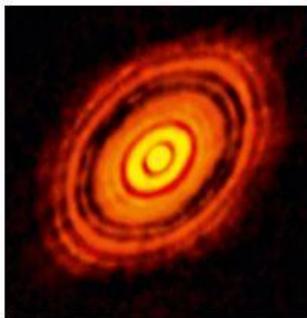
Les grands ensembles de matière du **cosmos** s'éloignent les uns des autres. Cela pose la question des états précédents de l'Univers. L'hypothèse du Big Bang envisage que l'Univers ait été, il y a 13,7 milliards d'années, bien plus dense et plus chaud, mais on ne sait pas encore à quel point. L'astrophysique tente d'expliquer l'origine de la matière par des lois physiques universelles. Les hypothèses sont écartées ou validées petit à petit.

Doc. 1 Le Big Bang, l'hypothèse la plus sérieuse.



Doc. 2 Évolution de l'Univers, du Big Bang à aujourd'hui.

Le fond diffus cosmologique est le nom donné à la première lumière émise par l'Univers telle qu'on l'observe aujourd'hui. Sa découverte en 1964 a rendu crédible l'hypothèse du Big Bang. Sa mesure précise permet d'affiner notre compréhension des étapes de l'expansion de l'Univers.



Doc. 3 Une étoile et ses planètes en cours de formation (radiotélescope ALMA, Chili).

Une nébuleuse est un nuage d'hydrogène mêlé à des débris d'explosion d'étoile. Sous l'effet de la gravitation, l'ensemble se contracte en un disque puis se scinde en une nouvelle **étoile**, au centre, et des **planètes** autour. Notre système solaire s'est probablement formé de la même manière, il y a 4,6 milliards d'années.



Exploration et analyse des documents

1. **Doc. 1 et 3** Quels sont les âges de l'Univers et du système solaire ?
2. Il a fallu 100 millions d'années à la Terre pour se constituer et stabiliser son orbite. Quel pourcentage de l'âge du système solaire cela représente-t-il ?
3. **Doc. 1 et 3** D'où vient la matière qui forme tout ce que nous observons ?



Synthèse

4. En supposant que les lois physiques soient identiques partout dans l'Univers, qu'apprend-on sur notre système solaire en observant les nébuleuses lointaines ?

Vocabulaire

Le cosmos : synonyme de l'Univers.

Une étoile : astre qui produit de la lumière.

Une planète : astre sphérique assez grand pour avoir nettoyé son orbite autour d'une étoile.

Pour réussir cette activité

- ✓ J'ai calculé un pourcentage.
- ✓ J'ai extrait et compris des informations sur l'histoire de l'Univers et de la Terre.

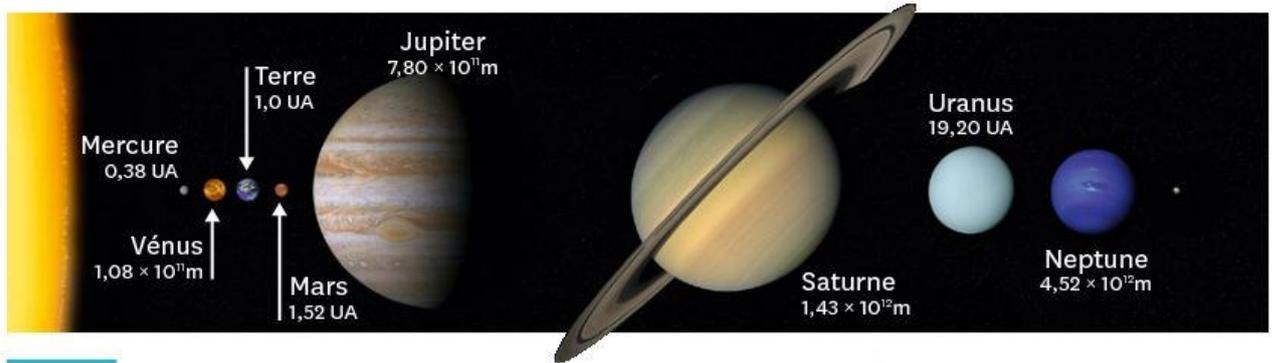
■ **COMPÉTENCE** Mettre en œuvre un raisonnement logique simple pour résoudre un problème

2 Géantes gazeuses loin du Soleil... Pourquoi ?

En observant un poster sur le système solaire, Milo remarque que les 4 **planètes géantes** sont plus éloignées du Soleil que les autres. Son père lui explique que c'est à cause des conditions qui régnaient dans cette région du futur système solaire au moment de sa formation.

Formulation d'une hypothèse

1. À ton avis, quelles sont les conditions particulières dont parle le père de Milo ?



Doc. 1 Les planètes du système solaire et le rayon de leurs orbites.

En se contractant, une nébuleuse fait apparaître des différences de température entre son centre qui chauffe et sa périphérie qui reste froide. Parallèlement, les noyaux des futures planètes se forment par accumulation de matière solide.

Doc. 2 Formation des planètes du futur système solaire.

Plus un noyau de planète est massif, plus la portée de son attraction est importante. Il capture alors de plus grandes quantités de matière. La masse du noyau solide de Jupiter vaut par exemple 15 masses terrestres.

Doc. 3 Des noyaux plus ou moins massifs.

Recherche de données

2. **Doc. 3.** Quelle caractéristique permet à un noyau de planète de capturer de grandes quantités de matière ?
3. **Doc. 2.** Dans quel état est la matière qui se rassemble pour former le noyau d'une planète ?

Analyse des données

4. Dans quelle zone de la nébuleuse en contraction y avait-il le plus de matière à l'état solide ? Explique ta réponse et indique si ton hypothèse est validée.

Conclusion

5. Pour quelles raisons les planètes géantes sont-elles plus éloignées du soleil ?
6. Schématise le système solaire à l'échelle 1 cm pour 1 **unité astronomique**.

Vocabulaire

Une planète géante gazeuse : planète très massive et volumineuse.

Une unité astronomique : distance moyenne Terre-Soleil.
1 UA \approx $1,5 \times 10^8$ km.

Pour réussir cette activité

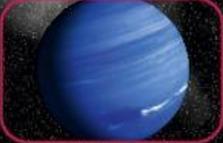
- ✓ J'ai découvert pour quelles raisons les planètes géantes sont loin du Soleil.
- ✓ J'ai fait un schéma respectant une échelle.



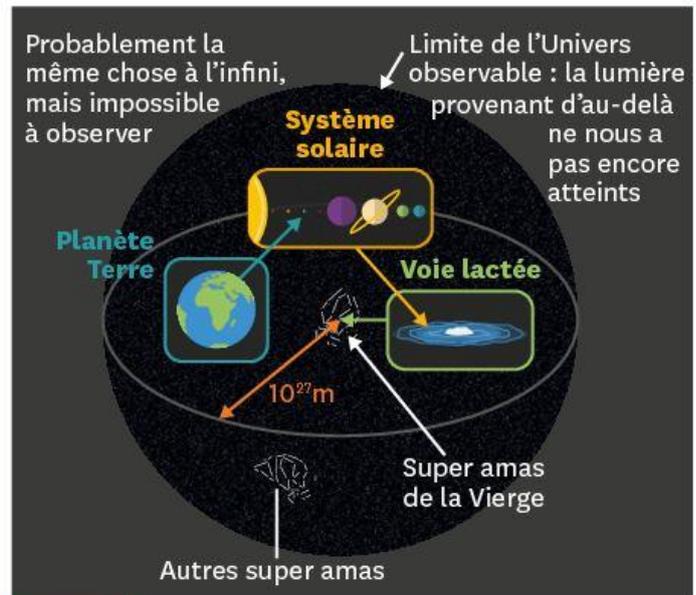
3 Dans le cosmos, qui fait quelle taille ?

Par une belle nuit d'été étoilée, Luc et Léa se demandent comment repérer ce qui est plus ou moins proche d'eux. Cela leur semble impossible sans savoir de quel **corps céleste** il s'agit.

Quelles structures l'Univers contient-il ? Quelles tailles ont-elles ?

<p>Planète Neptune orbite : $4,52 \times 10^{12}$ m diamètre : $4,92 \times 10^4$ m</p> 	<p>Étoile Canopus distance : $2,9 \times 10^{18}$ m diamètre : $9,9 \times 10^{10}$ m</p> 
 <p>L'amas de galaxies Eridan distance : $7,16 \times 10^{23}$ m</p>	 <p>Galaxie Andromède distance : $2,43 \times 10^{22}$ m diamètre : $1,3 \times 10^{21}$ m</p>

Doc. 1 Quelques objets et distances célestes.



Doc. 2 L'Univers observable.

L'Univers réel est peut-être infini. Ce que l'on peut observer de lui est contenu dans une sphère centrée sur la Terre. La lumière provenant de ce qui se trouve au-delà n'a pas eu le temps de nous parvenir, en 13,7 milliards d'années.

Exploration et analyse des documents

1. Doc. 1 Réécris la distance Terre-Canopus en mètres, sans utiliser les puissances de dix.
2. Explique l'utilité des puissances de dix pour écrire des distances astronomiques.
3. Doc. 1 Convertis les distances en UA (unité astronomique, cf. activité 2) et en **années-lumière**.
4. Quelle est l'unité la plus adaptée aux distances qui séparent les objets célestes dans le système solaire ? Et dans l'Univers ?

Synthèse

5. Classe les objets suivants du plus petit au plus grand, en précisant comment les uns composent les autres : *Univers - étoile - galaxie - système solaire - planètes*.

Vocabulaire

- Une année-lumière** : distance que la lumière parcourt en une année. $1 \text{ a.l.} = v \times t$ c'est-à-dire $3,0 \times 10^8 \times 365,25 \times 24 \times 3\,600 = 9,5 \times 10^{15}$ m.
- Un corps céleste** : tout objet se déplaçant dans l'espace.
- Une galaxie** : regroupement très vaste d'étoiles et de matière interstellaire.
- L'Univers** : ensemble de tout ce qui existe.

Pour réussir cette activité

- ✓ J'ai converti des distances d'astronomie dans des unités adaptées.
- ✓ J'ai identifié les différentes échelles de structuration de l'Univers.

4

Le défi des schémas en astronomie !

Quand on étudie certains phénomènes astronomiques (éclipses, phases de la Lune, etc.), il est souvent utile de réaliser des schémas pour se représenter les positions des différents astres en présence. Mathis a trouvé un article intéressant qui explique comment on procède pour mesurer la distance Terre-Lune. Il se demande si le schéma qui accompagne l'article est à l'échelle. Il rassemble quelques informations sur la Terre et la Lune.



TA MISSION

Le schéma explicatif est-il à l'échelle ? Ta réponse devra s'appuyer sur des mesures et des calculs.



Doc. 1 Réflecteur déposé sur la Lune lors de la mission Apollo 15 par des astronautes américains.

Un tir de **laser** est effectué depuis la Terre en direction de la Lune. Les réflecteurs qui s'y trouvent renvoient une partie de la lumière reçue à son point de départ. Des chronométrages très précis donnent en moyenne une durée $t = 2,56$ s pour un aller-retour de la lumière dont la vitesse est $300\,000$ km/s. On calcule alors la distance Terre-Lune grâce la relation : $d = v \times t$.

Doc. 3 Article sur la mesure de la distance Terre-Lune.

	Terre	Lune
Diamètre (en km)	12 742	3 474

Doc. 4 Les diamètres de la Terre et de la Lune.

Vocabulaire

Un laser : appareil fournissant un rayonnement lumineux produit par amplification de la lumière.



Doc. 2 Observatoire de la Côte d'Azur (site de Calern) permettant un tir laser vers la Lune.

Pour accomplir ma mission

- ✓ J'ai utilisé les données de l'article pour déterminer la distance Terre-Lune.
- ✓ J'ai déterminé l'échelle des éléments du schéma de plusieurs manières (mesures et calculs).
- ✓ J'ai vérifié si les résultats sont compatibles entre eux.