Le système solaire

Exercice 1

Le but de cet exercice est de compléter le tableau des distances des 8 planètes à notre Soleil ci-dessous :

Planète	Distance (km)	Distance (UA)
Terre		1

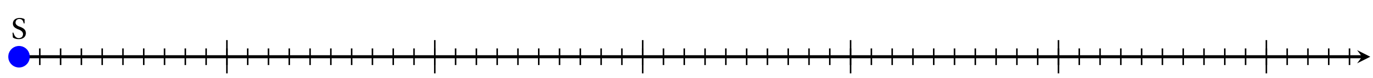
1. À quoi servent les phrases :
   - « *Me Voici Tout Mouillé J'ai Suivi Une Nageuse* ».
   - « *Mets Vite Tes Moufles Je Shampooine Un Nours Polaire* » ?
2. On donne ci-dessous les distances en km des différentes planètes depuis le Soleil dans le désordre :

$23{,}2\times10^7$	$4{,}58\times10^9$	$0{,}002\,92\times10^{12}$	$0{,}8\times10^9$	$111\,000\times10^3$	$1{,}52\times10^8$	$14{,}6\times10^8$	58×10^6
$2{,}32\times10^8$							

   Donner l'écriture scientifique de ces distances puis compléter le tableau ci-dessus.
3. Il n'est pas simple de se rendre compte des distances avec de telles grandeurs.

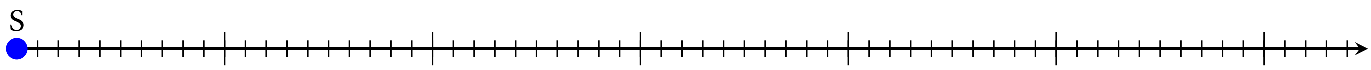
   On définit alors une nouvelle unité, appelée *unité astronomique* (UA) qui est égale à la distance entre le Soleil et la Terre. Ainsi, la **distance Soleil-Terre est égale à 1 UA**.

   Calculer la distance entre le Soleil et les autres planètes en UA (arrondir à 10^{-1} près) puis compléter le tableau ci-dessus.
4. En utilisant les distances en UA, placer sur l'axe ci-dessous les planètes de notre système solaire en choisissant une échelle adaptée.

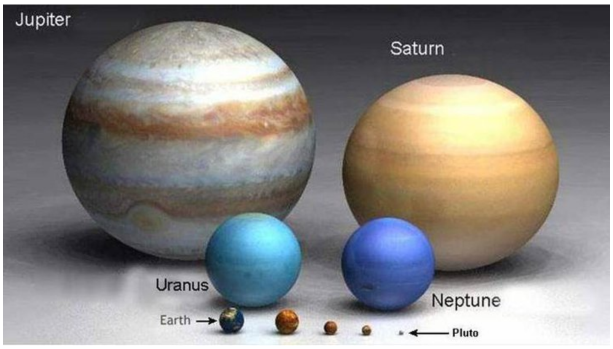


Corrigé

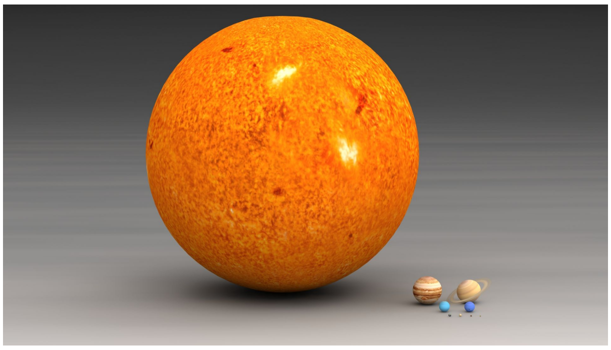
Planètes	**Distance (km)**		**Distance (UA)**
Mercure	58 000 000	$5,8 \times 10^7$	
Vénus	111 000 000	$1,11 \times 10^8$	
Terre	152 000 000	$1,52 \times 10^8$	**1**
Mars	232 000 000	$2,32 \times 10^8$	
Jupiter	800 000 000	8×10^8	
Saturne	1 460 000 000	$1,46 \times 10^9$	
Uranus	2 920 000 000	$2,92 \times 10^9$	
Neptune	4 580 000 000	$4,58 \times 10^9$	



Exercice 2



Comparaison des tailles des planètes entre elles



Comparaison des tailles des planètes avec le Soleil

On cherche à compléter le tableau de données suivant concernant des astres du système solaire :

Nom de l'astre	Rayon (en km)	Masse (en kg)	Masse (en 10^{24} kg)
Le Soleil			
Mercure			
Vénus			
La Terre			
Mars			
Jupiter			
Saturne			
Uranus			
Neptune			

Voici quelques données en vrac :

- Rayons (en km) : 695 508 69 911 58 232 25 362 24 622 6 371 6 051 3 389 2 439
- Masses (en kg) : $1,9889 \times 10^{30}$ $0,3302 \times 10^{24}$ $486,85 \times 10^{22}$ $5,9736 \times 10^{24}$ $0,641 \times 10^{24}$ 18986×10^{23} $5,6846 \times 10^{26}$ $86,83 \times 10^{24}$ $102,43 \times 10^{24}$

- Neptune est légèrement plus petite qu'Uranus.
- La Terre est légèrement plus grande que Vénus.

Corrigé

Nom de l'astre	Rayon (en km)	Masse (en kg)	Masse (en 10^{24} kg)
Le Soleil	695 508	$1{,}9889 \times 10^{30}$	$1\,988\,900 \times 10^{24}$
Mercure	2 439	$3{,}302 \times 10^{23}$	$0{,}3302 \times 10^{24}$
Vénus	6 051	$4{,}8685 \times 10^{24}$	$4{,}8685 \times 10^{24}$
La Terre	6 371	$5{,}9736 \times 10^{24}$	$5{,}9736 \times 10^{24}$
Mars	3 389	$6{,}4185 \times 10^{23}$	$0{,}64185 \times 10^{24}$
Jupiter	69 911	$1{,}8986 \times 10^{27}$	$1898{,}6 \times 10^{24}$
Saturne	58 232	$5{,}6846 \times 10^{26}$	$568{,}46 \times 10^{24}$
Uranus	25 362	$8{,}683 \times 10^{25}$	$86{,}83 \times 10^{24}$
Neptune	24 622	$1{,}0243 \times 10^{26}$	$1024{,}3 \times 10^{24}$

Exercice 3

Répondre aux questions suivantes en utilisant les données de l'exercice précédent :

1. Le rayon moyen de la Lune correspond environ à 27% de celui de la Terre. Estimer le rayon de la Lune.
2. La masse de la Lune correspond environ à 1,23% de celle de la Terre. Estimer la masse de la Lune.
3. Déterminer la somme des masses des huit planètes du système solaire puis comparer cette somme à la masse du Soleil.
4. On estime que la masse du Soleil représente environ 99,8% de la masse totale du système solaire. Cela parait-il concordant avec le résultat précédent ? Que penser alors de la masse de l'ensemble du tous les autres objets du système solaire ?

Corrigé

1. Le rayon moyen de la Lune correspond environ à 27% de celui de la Terre. Pour estimer le rayon de la Lune, nous pouvons utiliser la formule suivante :

$$\text{Rayon de la Lune} = 0{,}27 \times \text{Rayon de la Terre}$$

En utilisant le rayon de la Terre à partir du tableau précédent (6 371 km), nous pouvons calculer le rayon de la Lune :

$$\text{Rayon de la Lune} = 0{,}27 \times 6\,371 \text{ km} \approx 1\,720 \text{ km}$$

Donc, le rayon de la Lune est estimé à environ 1 720 km.

2. La masse de la Lune correspond environ à 1,23% de celle de la Terre. Pour estimer la masse de la Lune, nous pouvons utiliser la formule suivante :

$$\text{Masse de la Lune} = 0{,}0123 \times \text{Masse de la Terre}$$

En utilisant la masse de la Terre à partir du tableau précédent ($5\,9736 \times 10^{24}$ kg), nous pouvons calculer la masse de la Lune :

$$\text{Masse de la Lune} = 0{,}0123 \times 5\,9736 \times 10^{24} \text{ kg} \approx 0{,}07348 \times 10^{24} \text{ kg}$$

Donc, la masse de la Lune est estimée à environ $7{,}35 \times 10^{22}$ kg.

3. Pour déterminer la somme des masses des huit planètes du système solaire, nous pouvons additionner les masses des planètes en 10^{24} kg :

Somme des masses des planètes en10^{24}kg $= 0{,}3302+4{,}8685+5{,}9736+0{,}64185+1898{,}9+568{,}46+86{,}83+1024{,}3 =$

La masse du Soleil à partir de l'exercice précédent est $1\,988\,900 \times 10^{24}$ kg.

$$\frac{3\,590{,}30415}{1\,988\,900} \approx 0{,}0018 = 0{,}18\%$$

1 992 490,30415 La somme des masses des huit planètes du système solaire représente environ 0,18% de la masse du Soleil.

4. On estime que la masse du Soleil représente environ 99,8% de la masse totale du système solaire. Cela signifie que la majorité de la masse du système solaire est concentrée dans le Soleil.

Cela est concordant avec le résultat précédent. En effet :

$$\text{Rapport Masse solaire/Masse totale} = \frac{1\,988\,900}{3\,590{,}30415 + 1\,988\,900} = \frac{1\,988\,900}{1\,992\,490{,}30415} \approx 0{,}9982 = 99{,}82\%$$

Par conséquent, la masse de l'ensemble de tous les autres objets du système solaire (les planètes, les lunes, les astéroïdes, les planètes naines etc.) est relativement faible en comparaison avec la masse du Soleil.

Exercice 4

La vitesse de la lumière est d'environ 300 000 km/s.

1. La distance Terre-Soleil est, en moyenne, d'environ 149 millions de km. Combien de temps met la lumière émise par le Soleil pour atteindre la Terre ?
2. La lumière de notre étoile a besoin d'environ de 4 heures et 10 minutes pour atteindre Neptune. Vérifier par calculs cette information.
3. Proxima du centaure est l'étoile la plus proche du Soleil. Elle est située à environ 4,246 années-lumière. Déterminer le nombre de km séparant le Soleil et Proxima du centaure.
4. M87*, qui se trouve à 55 millions d'années-lumière, est l'un des plus grands trous noirs connus. Donner cette distance en km.

Corrigé

1. La vitesse de la lumière est de 300 000 km/s. Pour déterminer le temps que met la lumière pour atteindre la Terre, nous pouvons utiliser la formule de base de la distance, de la vitesse et du temps :

$$\text{Distance} = \text{Vitesse} \times \text{Temps}$$

Nous connaissons la distance (149 millions de km) et la vitesse (300 000 km/s), donc nous pouvons résoudre pour le temps :

$$\text{Temps} = \frac{\text{Distance}}{\text{Vitesse}} = \frac{149\,000\,000 \text{ km}}{300\,000 \text{ km/s}} = 496{,}67 \text{ s}$$

Maintenant, convertissons ce temps en minutes en le divisant par 60 :

$$\text{Temps (minutes)} = \frac{496{,}67 \text{ s}}{60} \approx 8{,}28 \text{ minutes}$$

Donc, la lumière émise par le Soleil met environ 8,28 minutes pour atteindre la Terre.

2. Nous savons que le temps que met la lumière pour atteindre Neptune est de 4 heures et 10 minutes, soit 250 minutes ou encore 15000 secondes. La vitesse de la lumière est toujours de 300000 km/s. Utilisons à nouveau la formule de la distance, de la vitesse et du temps :

$$\text{Distance} = \text{Vitesse} \times \text{Temps}$$

$$\text{Distance} = 300\,000 \text{ km/s} \times 15\,000 \text{ minutes} = 4\,500\,000\,000 \text{ km}$$

Donc, la distance moyenne entre le Soleil et Neptune est d'environ 4,5 milliards de km.

3. Une année-lumière est la distance que la lumière parcourt en une année, donc la vitesse de la lumière est égale à la distance d'une année-lumière divisée par la durée d'une année en secondes.

$$\text{Vitesse de la lumière} = \frac{\text{Distance d'une année-lumière}}{\text{Durée d'une année en secondes}}$$

Nous savons que la vitesse de la lumière est de 300000 km/s, et une année a environ 365,25 jours, soit environ 31557600 secondes.

$$300\,000 \text{ km/s} = \frac{\text{Distance d'une année-lumière}}{31\,557\,600 \text{ s}}$$

Résolvons pour la distance d'une année-lumière :

$$\text{Distance d'une année-lumière} = 300\,000 \text{ km/s} \times 31\,557\,600 \text{ s} \approx 9{,}46728 \times 10^{12} \text{ km}$$

Maintenant, pour déterminer la distance entre le Soleil et Proxima du Centaure, nous multiplions la distance d'une année-lumière par 4,246 (le nombre d'années-lumière) :

$$\text{Distance} = 9{,}46728 \times 10^{12} \text{ km} \times 4{,}246 \approx 4{,}019807088 \times 10^{13} \text{ km}$$

Donc, la distance entre le Soleil et Proxima du Centaure est d'environ 40000 milliards de km.

4. Distance d'une année-lumière $= \approx 9{,}46728 \times 10^{12}$ km

Ainsi,la distance entre la Terre et M87* est d'environ :

$$55 \times 10^6 \times 9{,}46728 \times 10^{12} = 520{,}7004 \times 10^{18} = 5{,}207004 \times 10^{20} \text{ km}$$

Exercice 5

Dans la série *The Mandalorian*, le personnage principal dit : **« I'am the best in the parsec ! »**
Sans rentrer dans les détails, un **parsec** est une distance correspondant à 30900 milliards de km environ.

1. Convertir un parsec en années-lumière.
2. En utilisant l'exercice précédent, analyser la phrase du *Mandalorian*.
3. Sagittarius A* est un trou noir super massif localisé au centre de la Voie lactée, à environ 8178 parsecs du Système solaire.

   Quelle est la distance en années-lumière nous séparant du centre de notre galaxie ?

Corrigé

Exercice 6

En 1705, Edmond Halley publia un livre avançant que les comètes qui étaient apparues dans le ciel en 1531, 1607 et 1682 étaient en fait une seule et même comète. Expliquant que la comète voyage sur une orbite elliptique, et prend 76 ans pour faire une révolution complète autour du Soleil, Halley prédit qu'elle reviendrait en 1758.

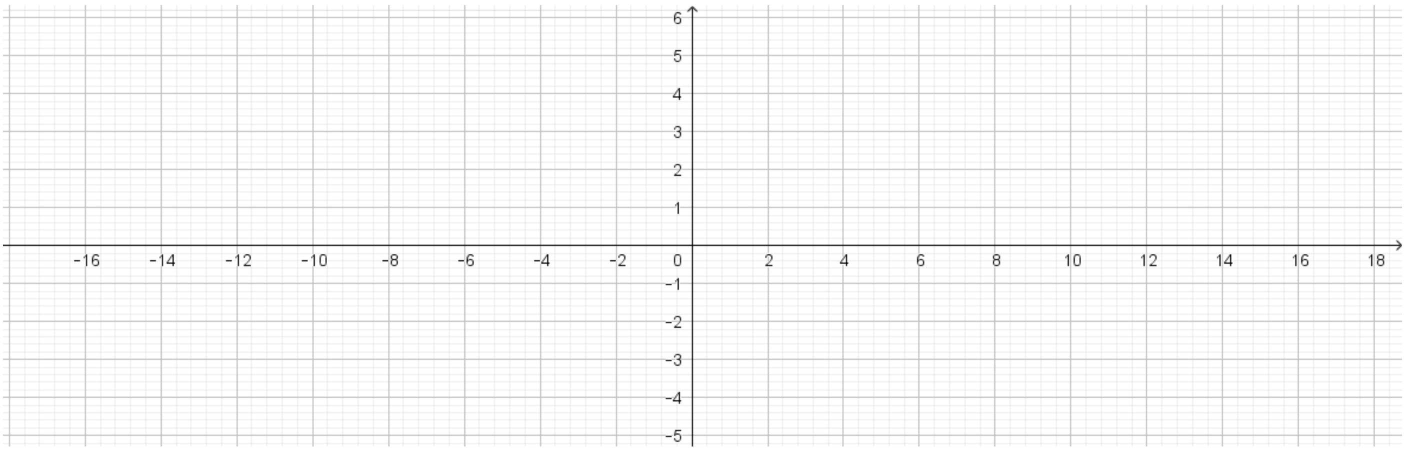
On approche l'orbite de cette comète par la courbe d'équation :

$$0{,}09987x^2 + 1{,}45216y^2 = 32 \quad \text{en UA.}$$

1. Si $x = 0$, quelles sont les valeurs possibles de y dans l'équation ?
2. Compléter le tableau de valeurs suivant à l'aide de l'équation proposée :

x	0	2	4	6	8	10	12	14	16	
y_1	4,69									0
y_2	-4,69									0

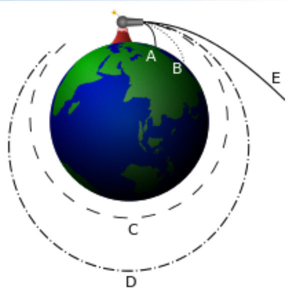
3. Placer les 19 points précédents dans le repère ci-dessous puis tracer l'orbite de la comète :



4. Combien mesure en UA le grand axe de l'orbite ? et le petit axe ?
5. Placer le Soleil de coordonnées (17,31 ; 0).
6. Placer sur l'axe des abscisse les planètes Neptune, Jupiter et la Terre.

Corrigé

Exercice 7



La vitesse de libération (d'échappement) d'un objet est la vitesse minimale que doit atteindre un projectile pour échapper définitivement à l'attraction gravitationnelle d'un astre (planète, étoile, etc.) dépourvu d'atmosphère et s'en éloigner indéfiniment.

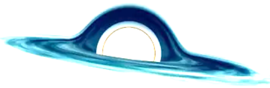
1. La vitesse de libération d'un objet lancé depuis la surface de la Terre est d'environ 11 200 m/s. Donner cette vitesse en km/s puis en km/h.

2. La vitesse de libération d'un objet lancé depuis la surface d'un astre relativement sphérique peut être approchée par la formule suivante :

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Où :

- $G \approx 6{,}67384 \times 10^{-11}\ \mathrm{m^3 kg^{-1} s^{-2}}$: Constante gravitationnelle ;
- M : Masse en kg de l'astre ;
- R : Rayon de l'astre en m ;
- v : Vitesse de libération en m/s.



a) Retrouver la vitesse de libération d'un objet lancé depuis la Terre à l'aide de cette formule.

b) Imaginons un « astre » sphérique ayant la masse du Soleil avec un rayon de seulement 3 km.

Quelle serait la vitesse libération d'un objet lancé depuis la surface de cet « astre » ?

Que peut-on dire de cette vitesse ? Connaissez-vous de tels « astres » ?

Corrigé

1. La vitesse de libération en km/s est $\frac{11{,}200}{1000} = 11{,}2$ km/s.
La vitesse de libération en km/h est $11{,}2 \times 3600 = 40{,}320$ km/h.

2. La vitesse de libération d'un objet lancé depuis la surface d'un astre relativement sphérique peut être approchée par la formule suivante :

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Où :

- $G \approx 6{,}67384 \times 10^{-11}\ \mathrm{m^3 kg^{-1} s^{-2}}$: Constante gravitationnelle ;
- M : Masse en kg de l'astre ;
- R : Rayon de l'astre en m ;
- v : Vitesse de libération en m/s.

a) En utilisant la formule donnée, avec G, M et R pour la Terre, on a :

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 6{,}67384 \times 10^{-11} \times 5{,}9736 \times 10^{24}}{6371 \times 10^{3}}} \approx 11187\,\mathrm{m/s}$$

Ce qui est proche de la valeur donnée pour la vitesse de libération depuis la surface de la Terre.

b) En utilisant la formule, avec G, M et R pour cet astre, on a :

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 6{,}67384 \times 10^{-11} \times 1{,}989 \times 10^{30}}{3 \times 10^{3}}} \approx 2{,}974738 \times 10^{8}\,\mathrm{m/s} \approx 300\,000\,\mathrm{km/s}$$

On approche donc la vitesse de la lumière. Cela signifie que même la lumière ne peut s'échapper de cet « astre » . Peut-on parler de **trou noir** ?

c)

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$
$$v^2 = \frac{2GM}{R}$$
$$Rv^2 = 2GM$$
$$M = \frac{Rv^2}{2G}$$

Cela correspond à la formule donnée pour la vitesse de libération.

d) Quelle devrait être la masse d'un « astre » sphérique d'un rayon de 3 km pour que la vitesse de libération d'un objet lancé depuis sa surface soit égale à la vitesse de la lumière ?

Reconnaissez-vous cette masse ?

Réponse :

En utilisant la formule et en égalant la vitesse v à la vitesse de la lumière (environ 3×10^8 m/s), on peut résoudre pour M :

$$M = \frac{Rv^2}{2G} = \frac{3 \times 10^3 \times (3 \times 10^8)^2}{2 \times 6{,}67384 \times 10^{-11}} \approx 2{,}02 \times 10^{30}\,\text{kg}$$

Cette masse est proche de la masse solaire et correspond à la masse à partir de laquelle un objet nécessiterait une vitesse de libération égale ou supérieure à la vitesse de la lumière pour échapper à son attraction gravitationnelle.