



# De la Terre aux galaxies

## Informations générales

- ★ Niveau scolaire : Secondaire 1 à 5
- ★ Nombre d'élèves par groupe : Activité individuelle ou par équipe de deux
- ★ Durée de l'activité : Une période de 60 minutes
- ★ Lieu : En classe
- ★ Moment : Avant la visite au Planétarium
- ★ Type d'activité : Exploration mathématique
- ★ Mots clés : Système solaire — étoile — galaxie — cercle — rayon — diamètre — circonférence — vitesse — temps — structure de l'Univers — année-lumière — facteur d'échelle
- ★ Habiletés développées : Mesurer, calculer, convertir des unités, concevoir des modèles à l'échelle



## Questionnement

Combien de temps mettrait un rayon de lumière pour franchir la distance qui sépare la Terre de la Lune ? Pour se rendre jusqu'au Soleil ou à Pluton ? Pour atteindre l'étoile la plus proche ? Pour traverser la Voie lactée ? Pour traverser l'Univers ?

## Opinions préconçues

Il est très difficile de se représenter les dimensions réelles du système solaire, de notre Galaxie ou de l'Univers dans son ensemble. Dans la plupart des cas, les dimensions que les élèves conçoivent dans leur tête sont beaucoup plus petites que les dimensions réelles des systèmes dont il est question.

## Concepts de base

Contrairement à l'opinion générale, une année-lumière (abréviation : al) est une mesure de distance, et non de temps. Une année-lumière correspond à la **distance** que franchit un rayon de lumière en une année, à la vitesse de 300 000 km/s. Une année-lumière mesure donc  $300\,000\text{ km/s} \times 60\text{ s/min} \times 60\text{ min/h} \times 24\text{ h/j} \times 365\text{ j/a}$ , soit près de 10 000 000 000 000 (dix mille milliards) de kilomètres !

L'année-lumière est une unité de mesure commode pour représenter les très grandes distances que l'on rencontre en astronomie dès qu'on s'aventure à l'extérieur du système solaire. Par exemple, l'étoile la plus proche du Soleil, Alpha du Centaure, est située à plus de 40 000 000 000 000 km de notre étoile. Il est beaucoup plus facile d'écrire 4 années-lumière ! De la même façon, notre Galaxie, la Voie lactée, mesure 100 000 années-lumière de diamètre. Le même chiffre exprimé en kilomètres aurait dix-huit zéros ! Une distance de 100 000 al signifie qu'un rayon de lumière mettrait 100 000 ans pour traverser la Galaxie d'un bout à l'autre.

Même exprimées en termes d'années-lumière, les chiffres deviennent énormes lorsqu'on considère les distances entre les galaxies. Ainsi, la galaxie voisine de notre Voie lactée, la grande galaxie d'Andromède, est située à près de deux millions et demi d'années-lumière. Une telle distance implique que sa lumière qui frappe notre œil en ce moment a voyagé pendant près de deux millions et demi d'années avant de nous parvenir. Lorsque nous regardons Andromède, nous la voyons donc telle qu'elle était il y a deux millions et demi d'années, avant même que les premiers humains apparaissent sur notre planète !

Si ce qui précède vous semble paradoxal, l'exemple suivant devrait vous aider à comprendre. Imaginez que vous envoyez à un correspondant australien une photo de votre jardin au printemps, mais que pour économiser les frais de poste, vous l'envoyez par bateau. La lettre mettra deux mois à parvenir à son destinataire. Lorsque votre correspondant ouvrira l'enveloppe, il découvrira la photo montrant votre jardin deux mois plus tôt, au moment où le cliché a été pris. Votre correspondant verra donc votre jardin tel qu'il était il y a deux mois, et non tel qu'il apparaît au moment où il reçoit l'enveloppe. Si vous êtes bon jardinier, il y a fort à parier que l'aspect de votre jardin aura beaucoup changé en deux mois !

On comprend mieux ainsi qu'en astronomie, regarder loin, c'est regarder tôt ! Lorsque nos télescopes captent la lumière de galaxies situées à plusieurs milliards d'années-lumière de la Terre, nous les voyons telles qu'elles étaient il y a plusieurs milliards d'années, donc tôt dans leur évolution. C'est pourquoi on parle souvent du télescope comme d'une machine à voyager dans le temps. Ce sont ces concepts qui rendent si utile l'emploi de l'année-lumière comme unité de mesure en astronomie.

## Objectifs

Les élèves découvriront l'organisation de l'Univers en différentes structures hiérarchiques (système Terre-Lune, système solaire, Voie lactée, amas de galaxies), et calculeront les dimensions de ces structures et des objets qu'elles contiennent. Les élèves se familiariseront avec les concepts d'année-lumière, de facteur d'échelle et de calcul de conversion.

## Déroulement de l'activité

### Préparation

Préparez suffisamment de copies de la fiche de l'élève « De la Terre aux galaxies ».

### IMPORTANT

Les navigateurs Internet de même que les logiciels permettant d'afficher et d'imprimer les documents en format pdf réduisent souvent le format des pages au moment de les imprimer (réduction par défaut aux marges imprimables). Si tel est le cas, il faut alors choisir l'option « **aucune mise à l'échelle** » dans la boîte de dialogue au moment d'imprimer. Il est possible que vous deviez réimprimer la fiche de l'élève si vous n'avez pas pris cette précaution lors de la première impression. Pour vérifier que votre impression a le bon format, mesurez à l'aide d'une règle millimétrique la distance entre le centre de la Terre et le centre de la Lune au bas de la première page de la fiche de l'élève. La distance devrait être de 152 millimètres.

**Prenez soin de ne pas agrandir ni réduire la taille des copies que vous fournissez aux élèves.**

Discutez avec les élèves des notions suivantes : architecture de l'Univers (système Terre-Lune, système solaire, Voie lactée, amas de galaxies), distances dans l'Univers, année-lumière, etc. Proposez-leur de revoir toutes ces notions en remplissant la fiche d'activité intitulée « De la Terre aux galaxies ».

### Matériel nécessaire

Pour chaque élève (ou chaque équipe) : Une copie de la fiche de l'élève « De la Terre aux galaxies »  
 Une règle graduée en millimètres  
 Une calculatrice (facultatif)

### Réalisation

- ① Distribuez aux élèves la fiche d'activité en leur décrivant ce qu'ils devront faire. Informez-les du temps qu'ils auront pour compléter le questionnaire. Rappelez-leur que les distances entre les objets doivent être mesurées de centre à centre, sauf dans le cas du diamètre de la Voie lactée et du diamètre de l'Univers observable, où des flèches blanches indiquent la distance à mesurer. Dans ce cas, les élèves devront mesurer la distance entre les pointes des flèches.

## Clôture

Discutez des points suivants avec vos élèves, et mettez en commun vos résultats et vos réflexions. Les télécommunications intercontinentales font de plus en plus appel à des satellites géostationnaires situés à 36 000 km au-dessus de la surface de la Terre. Les ondes radio, qui voyagent aussi à la vitesse de la lumière, doivent donc faire l'aller-retour pour permettre une conversation téléphonique entre deux points de la planète. Quel délai cet aller-retour introduit-il dans la conversation ? Est-ce gênant ? Qu'en est-il d'une conversation entre des astronautes sur la Lune et les contrôleurs de vol sur Terre ? On prévoit lancer une mission habitée vers Mars d'ici une cinquantaine d'années. La distance minimale entre la Terre et Mars est de 55 millions de kilomètres. Quel serait le délai minimum entre l'envoi d'une question depuis la Terre jusqu'à la réception sur Terre de la réponse envoyée par la colonie martienne ?

Au début de 2008, les sondes américaines Voyager 1 et 2 se trouvaient respectivement à plus de 15,7 et 12,6 milliards de kilomètres de la Terre, à l'extérieur du système solaire. Ce sont les objets les plus lointains jamais construits par l'Homme. Elles continuent à explorer l'espace avec leurs instruments, et renvoient sur Terre de précieuses données scientifiques grâce à leurs émetteurs radio. Pendant combien de temps le signal émis par les sondes voyage-t-il avant de nous parvenir sur Terre ?

## Solution

- Délai des communications avec des satellites géostationnaires (aller-retour) :

$$(2 \times 36\,000 \text{ km}) \div 300\,000 \text{ km/s} = 0,24 \text{ seconde.}$$

Ce délai ne gêne pas les conversations.

- Délai de communications Terre-Lune (aller-retour) :

$$(2 \times 380\,000 \text{ km}) \div 300\,000 \text{ km/s} = 2,53 \text{ secondes.}$$

C'est déjà plus difficile de « converser » avec un tel délai.

- Délai de communications Terre-Mars (aller-retour) :

$$(2 \times 55\,000\,000 \text{ km}) \div 300\,000 \text{ km/s} = 367 \text{ secondes, soit plus de 6 minutes.}$$

On ne parle plus de « conversation », mais plutôt d'échange d'information.

- Délai entre l'envoi d'un signal par les sondes Voyager 1 et 2 et sa réception sur Terre (aller seulement) :

$$\text{Voyager 1 : } 15\,700\,000\,000 \text{ km} \div 300\,000 \text{ km/s} = 52\,333 \text{ secondes, soit 14 heures 32 minutes.}$$

$$\text{Voyager 2 : } 12\,600\,000\,000 \text{ km} \div 300\,000 \text{ km/s} = 42\,000 \text{ secondes, soit 11 heures 40 minutes.}$$



## De la Terre aux galaxies

Nom : \_\_\_\_\_

Groupe : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

*Sais-tu à quelle vitesse voyage la lumière ? Presque 300 000 kilomètres par seconde !*

*Rien dans tout l'Univers ne va plus vite que la lumière. Sers-toi de cette valeur pour répondre aux questions suivantes. Lorsque tu dois mesurer la distance entre deux astres, assure-toi de mesurer de centre à centre.*

*Lorsque des flèches apparaissent sur un dessin, mesure la distance entre les pointes des flèches.*

- Combien de fois un rayon de lumière pourrait-il faire le tour de la Terre en une seconde ?  
Un indice : le diamètre de la Terre mesure 12 756 kilomètres et  $\pi = 3,1416\dots$

---



---

- La constance de la vitesse de la lumière nous permet de créer des unités de longueur pour mesurer de très grandes distances dans l'Univers : par exemple, la seconde-lumière est la distance que franchit un rayon de lumière en une seconde.  
À combien de kilomètres équivaut une seconde-lumière ?

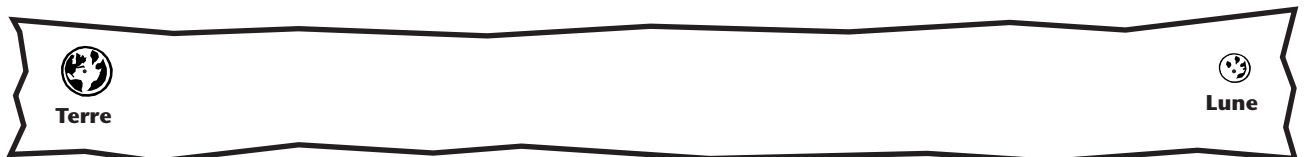
---

- a) Quelle distance en kilomètres sépare la Terre et la Lune ? (sers-toi d'une règle pour mesurer la distance en centimètres entre le centre de la Lune et le centre de la Terre sur le dessin ci-dessous, puis convertis-la en kilomètres en utilisant le facteur d'échelle du dessin).  
Échelle : 1 cm = 25 000 km.

---



---



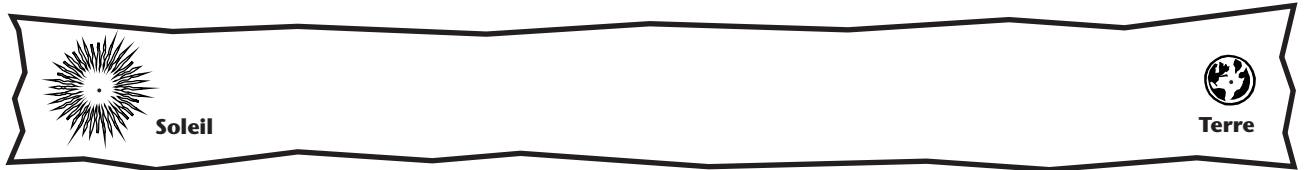
b) Que vaut la distance Terre-Lune exprimée en seconde-lumière ?

---

4. a) Quelle est la distance moyenne entre la Terre et le Soleil en kilomètres ?  
Échelle : 1 cm = 10 000 000 km

---

---



b) À combien équivaut cette distance en minutes-lumière ?

---

---

5. a) À quelle distance du Soleil en kilomètres est située Pluton, la planète naine ?  
Échelle : 1 cm = 400 000 000 km

---

---



b) À combien équivaut cette distance en heures-lumière ?

---

---

---

6. Pour mesurer des distances au-delà de notre système solaire, on utilise l'année-lumière comme unité de longueur. Une année-lumière est la distance que franchit un rayon de lumière en un an. Combien de kilomètres cela fait-il ?

---



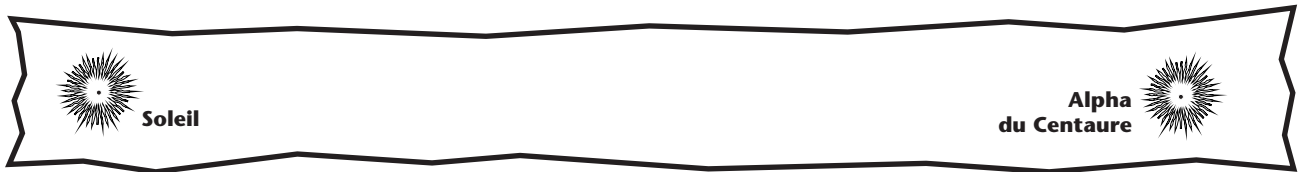
---

7. a) Alpha du Centaure est l'étoile la plus proche de notre Soleil. Quelle est la distance entre ces deux étoiles exprimée en années-lumière ? Échelle : 1 cm = 0,3 al

---



---



- b) Exprime la même distance en kilomètres.

---

8. a) Le Soleil n'est qu'une des centaines de milliards d'étoiles qui peuplent notre Galaxie, la Voie lactée. Quel est le diamètre de la Voie lactée en années-lumière ? (sers-toi de la règle pour mesurer la distance en centimètres entre les pointes des flèches sur le dessin ci-dessous, puis convertis-la en années-lumière en utilisant le facteur d'échelle du dessin.)  
Échelle : 1 cm = 20 000 al

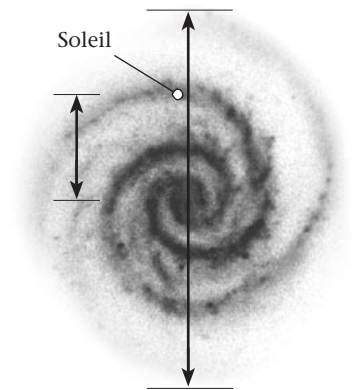
---



---



---



- b) Quelle distance en années-lumière sépare le Soleil du centre de la Galaxie ?

---

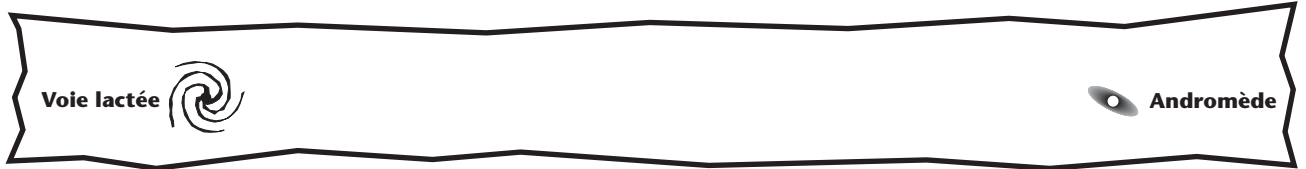


---

9. Notre Voie lactée fait partie d'un petit ensemble d'environ quarante galaxies qu'on appelle le Groupe local. De ce groupe, la galaxie d'Andromède est celle qui ressemble le plus à la nôtre. Quelle distance en années-lumière sépare le centre de la galaxie d'Andromède du centre de la Voie lactée ? Échelle : 1 cm = 200 000 al

---

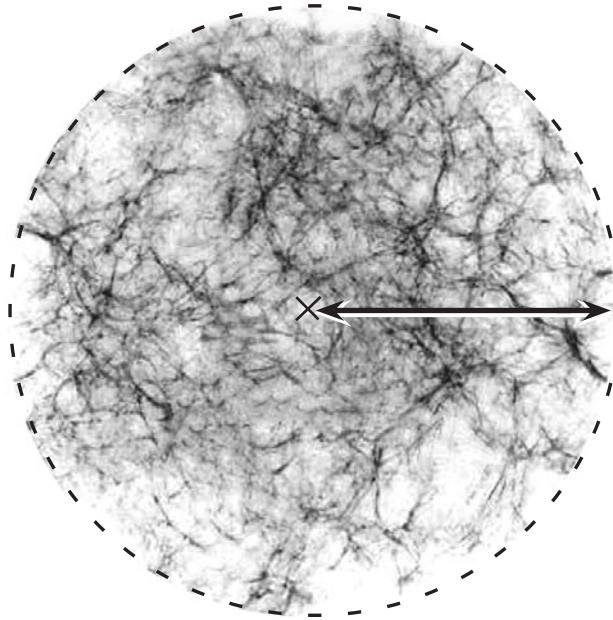
---



10. L'ensemble de l'Univers contient des centaines de milliards de galaxies individuelles, chacune contenant des centaines de milliards d'étoiles. À combien estime-t-on le rayon de l'Univers observable ? Échelle : 1 cm = 15 000 000 000 al

---

---







## De la Terre aux galaxies

Nom : \_\_\_\_\_

Groupe : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

*Sais-tu à quelle vitesse voyage la lumière ? Presque 300 000 kilomètres par seconde !*

*Rien dans tout l'Univers ne va plus vite que la lumière. Sers-toi de cette valeur pour répondre aux questions suivantes. Lorsque tu dois mesurer la distance entre deux astres, assure-toi de mesurer de centre à centre. Lorsque des flèches apparaissent sur un dessin, mesure la distance entre les pointes des flèches.*

- 1.** Combien de fois un rayon de lumière pourrait-il faire le tour de la Terre en une seconde ?  
Un indice : le diamètre de la Terre mesure 12 756 kilomètres et  $\pi = 3,1416\dots$

Circonférence de la Terre =  $\pi \times 12\,756\text{ km} = 40\,074\text{ km}$ .

En une seconde, un rayon de lumière fait  $300\,000\text{ km/s} \div 40\,074\text{ km} = 7,49\text{ tours/s}$ , ou sept tours et demi.

- 2.** La constance de la vitesse de la lumière nous permet de créer des unités de longueur pour mesurer de très grandes distances dans l'Univers : par exemple, la seconde-lumière est la distance que franchit un rayon de lumière en une seconde.  
À combien de kilomètres équivaut une seconde-lumière ?

Une seconde-lumière vaut  $300\,000\text{ km/s} \times 1\text{ s} = 300\,000\text{ km}$ .

- 3. a)** Quelle distance en kilomètres sépare la Terre et la Lune ? (sers-toi d'une règle pour mesurer la distance en centimètres entre le centre de la Lune et le centre de la Terre sur le dessin ci-dessous, puis convertis-la en kilomètres en utilisant le facteur d'échelle du dessin).  
Échelle : 1 cm = 25 000 km.

La distance Terre-Lune mesurée sur la fiche d'activité est de 15,2 cm,

ce qui correspond à  $15,2\text{ cm} \times 25\,000\text{ km/cm} = 380\,000\text{ km}$  en réalité.



Terre



Lune

b) Que vaut la distance Terre-Lune exprimée en seconde-lumière ?

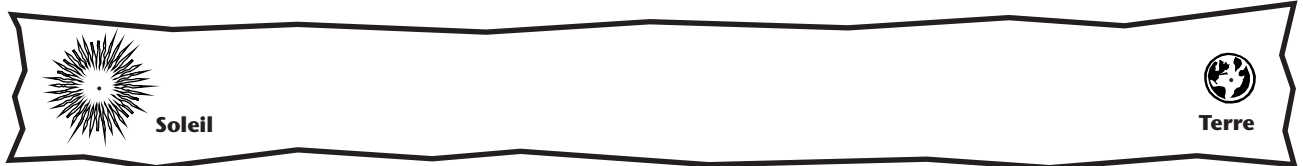
Cette distance équivaut à  $380\,000\text{ km} \div 300\,000\text{ km/s} = 1,27$  seconde-lumière.

4. a) Quelle est la distance moyenne entre la Terre et le Soleil en kilomètres ?

Échelle :  $1\text{ cm} = 10\,000\,000\text{ km}$

La distance Terre-Soleil mesurée sur la fiche d'activité est de  $15\text{ cm}$ ,

ce qui correspond en réalité à  $15\text{ cm} \times 10\,000\,000\text{ km/cm} = 150\,000\,000\text{ km}$ .



b) À combien équivaut cette distance en minutes-lumière ?

Cette distance équivaut à  $150\,000\,000\text{ km} \div 300\,000\text{ km/s} = 500$  secondes-lumière.

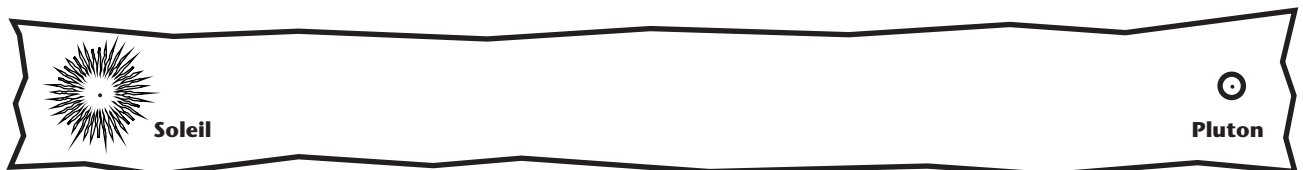
Une minute-lumière vaut  $60$  secondes-lumière, donc  $500\text{ sl} \div 60\text{ s/min} = 8,33$  minutes-lumière.

5. a) À quelle distance du Soleil en kilomètres est située Pluton, la planète naine ?

Échelle :  $1\text{ cm} = 400\,000\,000\text{ km}$

La distance Soleil-Pluton mesurée sur la fiche d'activité est de  $15\text{ cm}$ ,

ce qui correspond en réalité à  $15\text{ cm} \times 400\,000\,000\text{ km/cm} = 6\,000\,000\,000\text{ km}$ .



b) À combien équivaut cette distance en heures-lumière ?

Cette distance équivaut à  $6\,000\,000\,000\text{ km} \div 300\,000\text{ km/s} = 20\,000$  secondes-lumière.

Une heure-lumière vaut  $60$  minutes-lumière (ou  $3\,600$  secondes-lumière). Par conséquent,

$20\,000\text{ sl} \div 60\text{ s/min} = 333,33$  minutes-lumière, et  $333,33\text{ ml} \div 60\text{ min/h} = 5,56$  heures-lumière.

6. Pour mesurer des distances au-delà de notre système solaire, on utilise l'année-lumière comme unité de longueur. Une année-lumière est la distance que franchit un rayon de lumière en un an. Combien de kilomètres cela fait-il ?

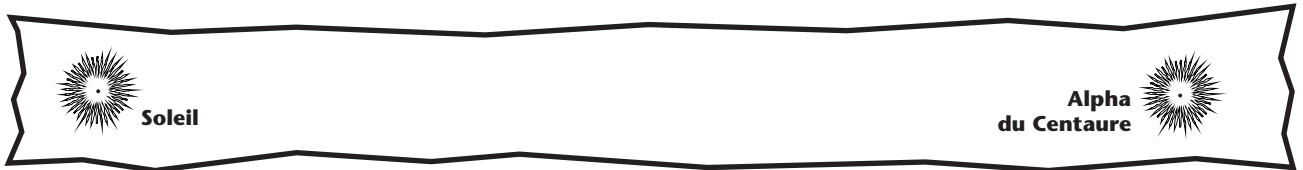
Une année-lumière vaut  $300\,000\text{ km/s} \times 60\text{ s/min} \times 60\text{ min/h} \times 24\text{ h/j} \times 365\text{ j/a}$ ,

soit  $9\,460\,000\,000\,000\text{ km}$ , ou près de dix mille milliards de kilomètres.

7. a) Alpha du Centaure est l'étoile la plus proche de notre Soleil. Quelle est la distance entre ces deux étoiles exprimée en années-lumière ? Échelle :  $1\text{ cm} = 0,3\text{ al}$

La distance Soleil-Alpha du Centaure mesurée sur la fiche d'activité est de  $14,3\text{ cm}$ , ce qui correspond

en réalité à  $14,3\text{ cm} \times 0,3\text{ al/cm} = 4,3\text{ al}$ .



- b) Exprime la même distance en kilomètres.

$4,3\text{ al} \times 9\,460\,000\,000\,000\text{ km/al} = 40\,678\text{ milliards de kilomètres}$  ou  $40\,678\,000\,000\,000\text{ km}$

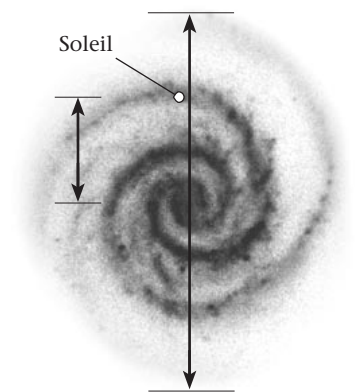
8. a) Le Soleil n'est qu'une des centaines de milliards d'étoiles qui peuplent notre Galaxie, la Voie lactée. Quel est le diamètre de la Voie lactée en années-lumière ? (sers-toi de la règle pour mesurer la distance en centimètres entre les pointes des flèches sur le dessin ci-dessous, puis convertis-la en années-lumière en utilisant le facteur d'échelle du dessin.)

Échelle :  $1\text{ cm} = 20\,000\text{ al}$

Le diamètre de la Voie lactée mesurée sur la fiche

d'activité est de  $5\text{ cm}$ , ce qui correspond en réalité

à  $5\text{ cm} \times 20\,000\text{ al/cm} = 100\,000\text{ al}$ .



- b) Quelle distance en années-lumière sépare le Soleil du centre de la Galaxie ?

La distance entre le Soleil et le centre de la Voie lactée mesurée sur la fiche d'activité est de  $1,4\text{ cm}$ ,

ce qui correspond en réalité à  $1,4\text{ cm} \times 20\,000\text{ al/cm} = 28\,000\text{ al}$ .

9. Notre Voie lactée fait partie d'un petit ensemble d'environ quarante galaxies qu'on appelle le Groupe local. De ce groupe, la galaxie d'Andromède est celle qui ressemble le plus à la nôtre. Quelle distance en années-lumière sépare le centre de la galaxie d'Andromède du centre de la Voie lactée ? Échelle : 1 cm = 200 000 al

La distance entre la Voie lactée et la galaxie d'Andromède mesurée sur la fiche d'activité est de 12 cm,

ce qui correspond en réalité à  $12 \text{ cm} \times 200\,000 \text{ al/cm} = 2,4 \text{ millions al}$ .



10. L'ensemble de l'Univers contient des centaines de milliards de galaxies individuelles, chacune contenant des centaines de milliards d'étoiles. À combien estime-t-on le rayon de l'Univers observable ? Échelle : 1 cm = 15 000 000 000 al

Le rayon de l'Univers observable mesuré sur la fiche d'activité est de 4 cm, ce qui correspond en réalité

à  $4 \text{ cm} \times 15\,000\,000\,000 \text{ al/cm} = 60 \text{ milliards al}$ .

