



# Les distances dans l'Univers



## Travail à la maison

À la maison, pour bien comprendre et apprendre, j'utilise le site de classe où je retrouve mes activités, mes TP, les corrigés ainsi que des vidéos explicatives et des jeux interactifs pour m'améliorer. Pour réussir, je reprends bien mes activités, mes TP, le cours et la fiche de mémorisation active.

## Site de classe

<https://meuret.netboard.me/physiquechimie3e/>



SCAN ME

Activités	Compétences à auto évaluer	Auto évaluation
Activité documentaire 1 : L'Univers et ses distances	Décrire la structure de l'Univers et du système solaire. Aborder les différentes unités de distance et savoir les convertir : du kilomètre à l'année-lumière. Galaxies, évolution de l'Univers, formation du système solaire, âges géologiques.	
Activité documentaire et histoire des sciences 2 : La télémétrie laser	Décrire la propagation de la lumière (source, propagation, vitesse). Aborder les différentes unités de distance et savoir les convertir : du kilomètre à l'année-lumière.	
Activité documentaire 3: Voir loin, c'est voir dans le passé	Définir l'année-lumière. + D5: Se situer dans l'espace et dans le temps Convertir des données du kilomètre à l'année-lumière. Comprendre l'expression « voir loin, c'est voir dans le passé ».	
Exercices d'entraînement en ligne (Évaluations formatives)		
Cours		
Devoir surveillé n°1		

A la fin de la séquence, je dois :

- Savoir aborder les différentes unités de distance et savoir les convertir.
- Savoir utiliser l'unité « année-lumière » comme unité de distance.
- Savoir décrire certaines caractéristiques liées à la lumière : les sources, la propagation, la vitesse de propagation (célérité  $c$ ) et l'année-lumière.
- Savoir décrire les notions suivantes : galaxie, évolution de l'Univers, formation du système solaire, âges géologiques.

Evaluation par contrat de confiance

Pour le contrôle, je dois être capable :

- Savoir que plus un objet est loin, plus la lumière émise par l'objet met du temps pour nous parvenir.
- Donner la définition d'une année-lumière.
- D'indiquer la distance séparant un objet A d'un objet B en année-lumière connaissant le nombre d'année qui les séparent.
- Mettre un résultat en écriture scientifique avec le bon nombre de chiffres significatifs.
- Calculer une vitesse, une durée ou une distance connaissant deux de ces paramètres.
- Donner l'ordre de grandeur d'un objet à partir de sa taille.
- Convertir une distance en kilomètre puis en mètre puis en année-lumière.
- Expliquer l'expression voir loin, c'est voir dans le passé.

# Activité 1: L'Univers et ses distances

Compétences travaillées: Décrire la structure de l'Univers et du système solaire.  
 Aborder les différentes unités de distance et savoir les convertir : du kilomètre à l'année-lumière.  
 Galaxies, évolution de l'Univers, formation du système solaire, âges géologiques.

**Contexte:**

Depuis 13,8 milliards d'années, l'Univers ne cesse de s'étendre dans toutes les directions. La distance maximale observable est donc aujourd'hui de 13,8 milliards d'années. L'année-lumière est la distance parcourue par la lumière en une année, à la vitesse de la lumière de 300 000 000 m/s. Depuis la Terre, l'Univers ressemble à une boule. Sa taille ou son diamètre est donc de deux fois 46 milliards d'années- lumière, soit 92 milliards d'années-lumière.

**Problématique: Quelles sont les différentes échelles dans l'Univers ?**

**Document 1: La formation de l'Univers**

The diagram shows a horizontal timeline with five stages, each with an illustration above it and a text box below. From left to right: 1. Big-Bang: A bright yellow starburst. 2. Voie lactée: A spiral galaxy. 3. Nébuleuse Solaire: A glowing, reddish-orange cloud of gas and dust. 4. Petits corps planétaires: A cluster of small, dark spheres. 5. Planètes: A large planet (Jupiter) and a smaller planet (Earth).

Big-Bang	Voie lactée	Nébuleuse Solaire	Petits corps planétaires	Planètes
13 ± 3 milliards d'années : L'univers apparaît	Peu après : formation de la voie lactée	4568 ± 0,5 millions d'années : formation de la nébuleuse solaire	En 3 millions d'années : formation des petits corps planétaires	En 10-30 millions d'années : formation des planètes

**Document 2 : Quelques distances dans notre Univers**

Distance Terre-Lune:  $3,8 \times 10^8$  m — Diamètre du Soleil :  $1,4 \times 10^9$  m — Distance Terre-Soleil:  $1,5 \times 10^{11}$  m — Distance de Proxima du Centaure (étoiles les plus proches du Soleil):  $4 \times 10^{16}$  m

**Document 3 : Des unités utilisées en astronomie**

Dans la vie courante, les plus grandes distances sont mesurées en kilomètre. Les astronomes utilisent d'autres unités pour exprimer les distances. L'unité astronomique qui est la distance moyenne entre la Terre et le Soleil. ( $1 \text{ ua} = 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$ ). L'année-lumière qui est la distance parcourue par la lumière en un an. ( $1 \text{ al} = 9,5 \times 10^{15} \text{ m}$ ).

**Document 4 : Quelques échelles dans l'Univers (Ordre de grandeur des tailles des différents objets en mètre)**

The diagram shows a horizontal scale from  $10^{-14}$  m to  $10^{26}$  m. Objects are placed along this scale: noyau d'atome ( $10^{-14}$  m), microbe ( $10^{-6}$  m), grain de sable ( $10^{-4}$  m), homme ( $10^0$  m), and the Eiffel Tower ( $10^2$  m). Below the scale, larger objects are shown: diamètre de la Galaxie ( $10^{21}$  m), année-lumière ( $10^{16}$  m), and distance entre la Terre et le Soleil ( $10^{11}$  m).

- QUESTIONS:
- 1) Quel **est** l'âge de l'Univers?
  - 2) **Convertir** en unité astronomique et en année-lumière la distance Terre-Lune du document 2 (voir méthode ci-après).
  - 3) **Associer** à chaque distance, l'unité la plus appropriée.
  - 4) **Donner** l'ordre de grandeur des distances du document 2.

## Activité 2: La télémétrie laser

Compétences travaillées: Décrire la propagation de la lumière (source, propagation, vitesse).  
Aborder les différentes unités de distance et savoir les convertir : du kilomètre à l'année-lumière.

### Contexte:

En 1969, lors de la mission Apollo XIV, Neil Armstrong et Edwin Aldrin ont déposé un réflecteur laser à la surface de la Lune. Celui-ci permet de renvoyer vers la Terre des faisceaux d'impulsions laser tirés de centres d'études comme le CERGA, près de Grasse dans les Alpes maritimes, ou la station Mac Donald au Texas. Une impulsion laser est un signal lumineux très bref. On mesure avec une grande précision la durée mise par l'impulsion pour effectuer un aller-retour Terre-Lune. On peut alors déterminer avec une précision de l'ordre du centième la distance entre l'émetteur et le récepteur et ainsi détecter d'infimes variations dans la trajectoire de la Lune par rapport à la Terre. Pour cela, il faut prendre en compte les différents milieux traversés par la lumière.

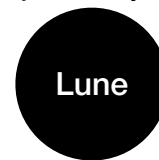
### Problématique: Comment peut-on mesurer des distances dans l'Univers?

#### Document 1 : Les dangers des lasers

Un laser présente un danger pour l'œil. On peut perdre la vue. Le faisceau ne doit donc pas rentrer dans l'œil que se soit directement ou par réflexion dans un miroir. Des lunettes de protection existent.



- 1) Après avoir lu le document ci-dessus, **compléter** le schéma en traçant le trajet du rayon laser.



#### Document 2 : Etude d'un extrait simplifié d'un fichier de mesures du CERGA

Date du tir (1999)	Heure minute	Mesure (en ps)	réflecteur	Incertitude estimée (en ps)	Pression atmosphérique (Pa)	Température Atmosphérique (en °C)	Humidité (en %)
0718	2011	<a href="#">2597478472449,4</a>	0	00077,1	087760	16,0	45
0718	2021	<a href="#">2599912087422,7</a>	3	00041,8	087760	15,6	46
0721	2055	<a href="#">2665753957612,2</a>	3	00047,9	087600	19,6	39
0721	2105	<a href="#">2666643669230,8</a>	3	00048,0	087600	19,3	43

Réflecteur : 0 = Apollo XI ; 2 = Apollo XIV ; 3= Apollo XV ; 4= Lunakhod 2.

- 2) La distance  $d$  parcourue par l'impulsion laser **est-elle** 2 ou 4 fois plus grande que la distance Terre-Lune? La vitesse de la lumière est de 300 000 km/s.
- 3) Quelle **est** la valeur de la vitesse  $c$  de la lumière dans le vide en écriture scientifique en mètre par seconde et exprimée avec deux chiffres significatifs ?
- 4) **Donner** l'expression littérale qui lie la distance  $d$ , la célérité  $c$  et la durée de parcours  $\Delta t$  de la lumière.
- 5) **Déterminer** la valeur de la distance Terre-Lune sachant que la durée du parcours est en moyenne de  $2,6 \times 10^{12} ps = 2,6s$ .
- 6) Entre quelles dates **ont** lieu les quatre tirs ?
- 7) Quels réflecteurs lunaires **ont** été utilisés ?
- 8) Quel **est** l'ordre de grandeur de la précision sur la mesure de la durée ? ( $1ps=10^{-12}s$ )
- 9) Pour chaque point de mesure, il est précisé la pression atmosphérique, la température et l'humidité. En quoi ces grandeurs sont-elles **utiles** ?

### Activité 3: Voir loin, c'est voir dans le passé

Compétences travaillées: Définir l'année-lumière. + D5: Se situer dans l'espace et dans le temps  
 Convertir des données du kilomètre à l'année-lumière.  
 Comprendre l'expression « voir loin, c'est voir dans le passé ».

**Contexte:**

Pour observer des événements sur Terre, un observateur extérieur doit recevoir la lumière provenant de notre planète. Or celle-ci possède une vitesse finie, qui ne peut pas être dépassée. Plus l'observateur se trouve loin de la Terre, plus la lumière voyage longtemps avant de lui apporter des informations.  
 En raison des distances considérables en jeu, les astronomes ont construit une unité de longueur à partir de la vitesse de la lumière: l'année-lumière.  
 L'année-lumière (notée al) correspond à la distance parcourue par la lumière dans le vide en une année. Elle vaut  $9,5 \times 10^{15}$  m.

**Problématique: Quelle unité est utilisée pour les distances dans l'Univers?**

Année lumière (a.l.) : On appelle année lumière la distance parcourue par la lumière en une année.  $1 \text{ a. l.} = 9\,460\,800\,000\,000\,000 \text{ m}$   
 Unité astronomique (U. A.) : On appelle unité astronomique la distance séparant la Terre et le Soleil.  $1 \text{ U.A.} : 149\,597\,870\,700 \text{ m}$   
 Vitesse de la lumière (c pour célérité) :  $c = 300\,000 \text{ km/s} = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$

- 1) **Démontrer** qu'une a.l. est égale à  $9\,460\,800\,000\,000\,000 \text{ m}$ .
  - 2) A combien d'unité astronomique **correspond** une année lumière ?
  - 3) La constellation de la Grande Ourse est constituée d'étoiles dont les plus visibles à l'oeil nu sont représentées ci-après. Ces 7 étoiles sont à des distances très différentes de la Terre.
- A l'aide du tableau ci-après, **déterminer** la distance Mizar-Terre en mètre. **Exprimer** le résultat en écriture scientifique avec le bon nombre de chiffre significatif.



	η	ζ	ε	δ	γ	β	α
	Alkaid	Mizar	Alioth	Megrez	Phekda	Merak	Dubhe
distance à la Terre en année-lumière (al)	100	78	82	82	84	80	130

- 4) En admettant que toutes les étoiles de la Grande Ourse se soient éteintes brutalement en l'an 2000, **dessiner** l'aspect de la Grande Ourse dans le ciel en 2083.
- 5) **Expliquer** en quelques lignes, l'intérêt d'utiliser l'année lumière ou l'unité astronomique ainsi que les puissances de 10 pour mesurer des distances dans l'univers.
- 6) Pourquoi **dit-on** « voir loin, c'est voir dans le passé »?

## Fiche bilan

### 1) Sources lumineuses (Rappels)

Il existe deux types de sources de lumière: les **sources primaires** qui produisent la lumière qu'elles envoient (Soleil, lampe, laser...) et les **objets diffusants** qui renvoient dans toutes les directions une partie de la lumière qu'ils reçoivent (Lune, planète, écran de cinéma...). Lors de la propagation de la lumière, il y a **transfert d'énergie**.



### 2) Milieu de propagation de la lumière (Rappels)

Les milieux traversés par la lumière sont appelés **milieux transparents** (vide, air, eau...).

### 3) La propagation rectiligne de la lumière (Rappels)



La lumière se propage en ligne droite dans un milieu transparent et homogène : on dit qu'il y a **propagation rectiligne de la lumière**. On modélise le trajet de la lumière par un **rayon lumineux**. Il est représenté par un **segment fléché** qui indique le **sens de propagation de la lumière**.



### 4) Vitesse de propagation de la lumière

La vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air est d'environ **300 000 km/s** ou  **$3 \times 10^8$  m/s**. Dans les solides et les liquides transparents, la vitesse de la lumière est inférieure à sa valeur dans le vide.

### 5) L'année-lumière

On utilise l'**année-lumière** comme unité de **distance**.

**L'année-lumière est égale à la distance parcourue par la lumière dans le vide en une année.** Elle est égale à  **$9,5 \times 10^{15}$  m**.

Ex: L'étoile Véga est située à 25 al de la Terre. La lumière de Véga met donc 25 ans pour parvenir jusqu'à nous. Nous observons Véga comme elle était il y a 25 ans.



### 6) Calculer une distance à l'aide de la lumière

Le laser est une source lumineuse qui produit un **faisceau très fin et très directif**.

Pour calculer une distance  $d$  à l'aide de la lumière, on utilise la formule suivante :  **$d = v \times \Delta t$**  avec la distance  $d$  en mètre, la vitesse  $v$  en m/s et le temps  $t$  en seconde.

Une lumière, comme celle émise par un télémètre laser, est un signal car elle transporte une information, permettant ici de déterminer indirectement une distance.



Pour l'évaluation, je dois être capable :

- De savoir si un objet est plus ou moins éloigné de la Terre. (La Lune est proche de la Terre, le Soleil est très éloigné de la Terre, la galaxie voisine est encore plus loin).
- De donner la définition d'une année-lumière (Attention, par exemple, la partie « dans le vide » est régulièrement oubliée par les élèves).
- De savoir que si on regarde une planète à 4 al de la Terre, on voit 4 ans dans le passé de la planète.
- De savoir que si on voit un événement qu'il a eu lieu il y a 100 ans sur une planète alors elle est située à 100 al de la Terre.
- D'expliquer l'expression « voir loin, c'est voir dans le passé ».
- De calculer une distance connaissant la durée et la vitesse.
- D'écrire un nombre en écriture scientifique avec le bon nombre de chiffre significatif.
- Donner l'ordre de grandeur d'un objet connaissant la dimension de ce dernier.
- De convertir une distance de kilomètre en mètre.
- De convertir une distance de mètre en année-lumière (la valeur d'une année-lumière étant fournie).

## Fiche méthodologique

### 1) Les puissances de 10

$10^0 = 1$ ;  $10^1 = 10$ ;  $10^2 = 100$  (2 zéros derrière le 1);  $10^{-1} = 0,1$  (1 zéro devant le 1);  $10^{-2} = 0,01$  (2 zéros devant le 1).

Remarque:  $10^a \times 10^b = 10^{a+b}$  et  $\frac{10^a}{10^b} = 10^{a-b}$

### 2) L'écriture scientifique

Donner un nombre en notation scientifique, c'est l'écrire sous la forme  $a \times 10^x$  avec x, un nombre entier positif ou négatif et a, un nombre compris entre 1 et 9 inclus.

Exemple:  $175 = 1,75 \times 10^2$ ;  $6 = 6 \times 10^0$ ;  $0,0014 = 1,4 \times 10^{-3}$ .

**POUR PASSER LA CALCULATRICE CASIO EN MODE SCIENTIFIQUE, IL FAUT EFFECTUER LE CALCUL PUIS CLIQUER SUR « SECONDE » OU « SHIFT » ET « X ».**

### 3) Ordre de grandeur

L'ordre de grandeur est la puissance de 10 la plus proche du nombre.

Pour donner l'ordre de grandeur d'un nombre, il faut mettre ce nombre en écriture scientifique et regarder le chiffre des unités.

**Si le chiffre des unités est inférieur à 5 alors on ne change pas la puissance de 10.**

Exemple:  $4,3 \times 10^3 \rightarrow 10^3$  (ordre de grandeur)

**Si le chiffre des unités est compris entre 5 et 9 inclus alors on rajoute +1 à la puissance de 10.**

Exemples:  $5,1 \times 10^3 \rightarrow 10^4$  (ordre de grandeur)

ATTENTION:  $9,8 \times 10^{-3} \rightarrow 10^{-3+1} = 10^{-2}$  (ordre de grandeur).

### 4) Réaliser un tableau de proportionnalité (ou produit en croix)

Mètre (A)	Année-Lumière (A)
$9,5 \times 10^{15}$ (B)	1 (B)
$3 \times 10^3$ (C)	

Exemple: On veut convertir  $3 \times 10^3$  m en année-lumière (1 al =  $9,5 \times 10^{15}$  m)

A) Trouver les deux grandeurs ou unités concernées et les mettre en haut d'un tableau à 3 lignes et 2 colonnes.

Exemple: Les deux unités sont le mètre et l'année-lumière ici.

B) Compléter la double information que vous avez, c'est-à-dire la relation entre les deux unités ou grandeurs.

Exemple: 1 al =  $9,5 \times 10^{15}$  m

C) Compléter le tableau avec votre dernière valeur.

D) Afin de trouver le nombre recherché, multiplier les deux cases remplies en diagonales et diviser ce nombre par celui en face de la case blanche. **ATTENTION: Il faut mettre des parenthèses autour du nombre que l'on va diviser sur la calculatrice ou utiliser la division (touche avec les deux rectangles).**

Exemple:  $\frac{1 \times 3 \times 10^3}{(9,5 \times 10^{15})} \approx 3 \times 10^{-13}$  al.

### 5) Les chiffres significatifs (CS)

Les chiffres sont tous les nombres sauf les zéros à gauche.

Exemple: 325 (3 CS), 0,25 (2 CS), 0,20 (2CS), 3,24 (3 CS),  $2,13 \times 10^1$  (3 CS).

Combien faut-il mettre de chiffres significatifs au résultat d'un calcul?

**Cas n°1: Division ou multiplication**

On doit mettre le plus petit nombre de chiffre significatif et arrondir le nombre.

$0,23$  (2 CS)  $\times$   $0,2$  (1 CS) =  $5 \times 10^{-2}$  (1 CS)

$\frac{2,3(2CS)}{0,001230(4CS)} = 1,9 \times 10^3$  (2CS)

Remarque: Si vous utilisez une donnée exacte, on ne regarde pas le nombre de chiffre significatif qui est alors infini.

Exemple: Théo achète 2 bonbons à 0,13 €. Combien a-t-il payé?  
 $2 \text{ (Infini CS)} \times 0,13 \text{ (2CS)} = 0,26 \text{ € (2CS)}$ .

**Cas n°2: Addition ou soustraction**

Lors d'une addition ou d'une soustraction, le résultat doit avoir autant de chiffres après la virgule que le nombre qui en comporte le moins.

Exemple:  $0,1 \text{ (1CS)} + 0,11 \text{ (2CS)} = 0,2 \text{ (1CS)} = 2 \times 10^{-1}$

$0,10 \text{ (2CS)} + 0,11 \text{ (2CS)} = 0,21 \text{ (2CS)} = 2,1 \times 10^{-1}$

$123 \text{ (3CS)} + 0,01 \text{ (1CS)} = 123 \text{ (3CS)} = 1,23 \times 10^2$

---