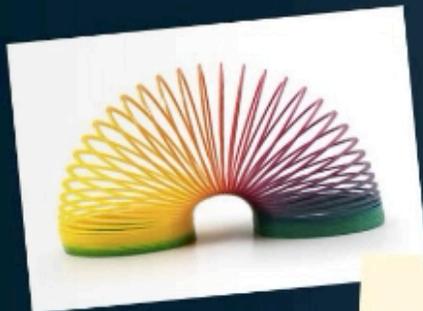




### Esprit scientifique

Observe la propagation d'une onde dans un ressort !

Découvre la suite de l'expérience p. 223



▲ Un ressort de type *Ondamania*.

#### Matériel

- ▶ Un grand ressort.
- ▶ Un complice.



Feux d'artifice à Montréal. Entend-on toujours l'explosion en même temps que l'on voit les bouquets lumineux paraître ?

#### Je sais déjà

1. Comment appelle-t-on un objet qui émet sa propre lumière ?

- a. un soleil.
- b. une source primaire.
- c. une lampe.
- d. du feu.

2. Comment appelle-t-on un objet qui renvoie la lumière qu'il reçoit dans toutes les directions ?

- a. un objet diffusant.
- b. un écran.
- c. une lune.
- d. un disperser.

3. Quelle condition faut-il pour qu'un objet soit vu ?

- a. il faut que l'œil émette de la lumière vers l'objet.
- b. il faut qu'il y ait du soleil.
- c. il faut que la lumière diffusée ou émise par l'objet pénètre dans l'œil.

4. Quelle est la relation entre vitesse, durée et distance ?

a.  $v = \frac{d}{t}$ .    b.  $t = d \times v$ .    c.  $v = \frac{t}{d}$ .

#### Au CYCLE 3, j'ai vu...

- ✓ L'énergie lumineuse
- ✓ Le système solaire
- ✓ Les éclipses

#### Au CYCLE 4, j'ai vu...

- ✓ L'audition et la nature physique du son
- ✓ Les sources de lumière et le mécanisme de la vision
- ✓ Le modèle du rayon de lumière

#### Je vais apprendre à...

- ✓ Retrouver la vitesse de la lumière
- ✓ Retrouver la vitesse du son
- ✓ Utiliser une nouvelle unité de distance
- ✓ Choisir le meilleur signal pour détecter un obstacle



## 1 La lumière a-t-elle une vitesse infinie ?

- Eliot découvre dans une revue scientifique la valeur de la vitesse de la lumière : 300 000 000 m/s.
- Il la trouve stupéfiante et se dit que ça ne fait pas de réelle différence avec une vitesse vraiment infinie.
- 
- 
- 

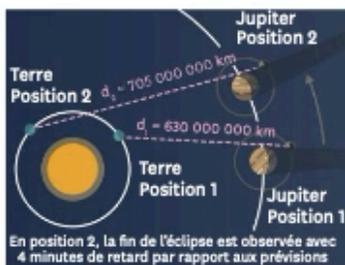
**Comment les scientifiques ont-ils prouvé que la lumière n'a pas une vitesse infinie ?**

La lumière met environ 1 milliardième de seconde pour aller de ce texte à votre œil. À cause de la difficulté à mesurer une durée si courte, les scientifiques ont cru pendant des siècles que la lumière se propageait instantanément. Au début du XVII<sup>e</sup> siècle, Galilée pense le contraire mais n'arrive pas à le prouver. C'est Ole Römer qui y parviendra en 1676. De nos jours on sait que la vitesse de la lumière vaut exactement 299 792 458 m/s.

**Doc. 1** Une vitesse vertigineuse.

En 1676, Ole Römer étudie les **éclipses** d'Io. Ce satellite de Jupiter n'est plus visible lorsqu'il traverse la zone d'ombre de Jupiter. Ces éclipses sont bien connues mais ne respectent bizarrement pas toujours les horaires prévus par les calculs... Römer prouve que ces variations ne peuvent correspondre qu'au temps supplémentaire que met la lumière d'Io pour nous parvenir quand Jupiter et elle sont plus éloignées de la Terre : la lumière a donc une vitesse finie !

**Doc. 2** Ole Römer prouve le caractère fini de la vitesse de la lumière.



**Doc. 3** Des dispositions différentes d'une fin d'éclipse à l'autre.

Römer ne connaissait pas précisément les distances indiquées sur ce schéma et préféra donc ne pas calculer la vitesse de la lumière en risquant d'être imprécis.



### Exploration et analyse des documents

- Doc. 1** Qui est le premier scientifique à avoir voulu prouver que la lumière n'a pas une vitesse infinie ?
- Doc. 2 et 3** En position 2, la lumière diffusée par Io doit parcourir une distance plus grande pour atteindre la Terre. Calcule la différence par rapport à la position 1.
- Calcule la vitesse de la lumière qu'aurait obtenu Römer avec les données disponibles sur le schéma.

### Synthèse

- Quel pourcentage d'erreur sur la vitesse de la lumière aurait fait Römer avec de telles données ?

### Vocabulaire

**Une éclipse** : inobservabilité momentanée d'un astre dans le ciel.

### Pour réussir cette activité

- ✓ J'ai compris l'origine des variations d'horaires des éclipses d'Io.
- ✓ J'ai calculé une valeur approximative de la vitesse de la lumière.



## 2 L'éclair et le tonnerre, à chacun sa vitesse

- Après avoir vu un éclair au loin, Alison entend le tonnerre quelques secondes plus tard. Elle fait remarquer à Lucie que le son doit être beaucoup plus lent que la lumière, étant donné le décalage entre les deux. Lucie lui répond que, pourtant, lorsqu'elles discutent ensemble, elles s'entendent instantanément.
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 



### Formulation d'une hypothèse

- À ton avis, quelle peut être la valeur approximative de la vitesse du son dans l'air ?

Un puissant flash lumineux, une **détonation** : la foudre n'est pas discrète ! Du fait de la vitesse très élevée de la lumière, l'éclair est perçu instantanément. Le son lui, est bien moins rapide. On évalue à quelle distance (en km) la foudre est tombée en comptant le nombre de secondes qui s'écoulent entre l'éclair et le tonnerre puis en divisant ce nombre par trois.

**Doc. 1** Une astuce pour déterminer la distance d'un éclair.

De nuit, en juin 1822, le physicien Arago a procédé à la mesure de la vitesse du son dans l'air. Il s'est organisé pour chronométrer la durée séparant la perception de la lumière puis celle du son d'un coup de canon éloigné de 18 612 m. Répétée plusieurs fois, l'expérience donna une durée moyenne de 54,6 secondes.

D'après le sujet du bac S, « La nuit du 21 juin 1822 », sept. 2010.

**Doc. 2** Mesure de la vitesse du son dans l'air.

### Recherche de données

- Doc. 2** À quelle distance le chronomètre se trouvait-il du canon, dans l'expérience d'Arago ?
- Doc. 2** Quelle a été la durée de propagation du son du canon jusqu'au porteur du chronomètre ?

### Analyse des données

- Doc. 1 et 2** Pour quelle raison considère-t-on que la lumière de l'éclair ou du canon est perçue instantanément ?
- Calcule en mètres la distance que parcourt le son en une seconde puis convertis-la en kilomètres. Ton hypothèse était-elle exacte ?

### Vocabulaire

**Une détonation** : bruit plus ou moins violent produit par une explosion ou qui rappelle celle-ci.

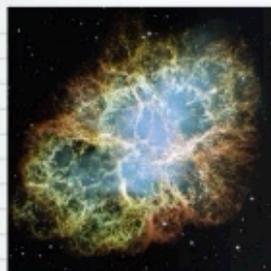
### Conclusion

- Doc. 1 et 2** Pourrait-on reproduire l'expérience d'Arago sur la Lune, qui est dépourvue d'atmosphère ? Explique ta réponse.
- Doc. 1** Montre que l'astuce présentée permet d'estimer la distance d'un orage.

### Pour réussir cette activité

- ✓ J'ai calculé la vitesse du son dans l'air.

### 3 Quelle est la taille de la nébuleuse du Crabe ?



Julien et Émilie font une recherche sur la nébuleuse du Crabe. Ils lisent que cette nébuleuse mesure 100 000 000 000 000 de kilomètres de diamètre.

**Quelle est l'unité la plus adaptée pour exprimer les distances hors du système solaire ?**



Le 4 juillet 1054, une « étoile » apparaît soudainement dans le ciel. Visible en plein jour, elle est 100 fois plus lumineuse que les autres étoiles. Elle perd son éclat en quelques mois, disparaît, et n'est redécouverte que plusieurs siècles plus tard. Il s'agissait en réalité, à 6 500 années-lumière de nous, de l'explosion d'une étoile. Ses restes filamentaires s'étendent sur plusieurs années-lumière et constituent aujourd'hui la nébuleuse du Crabe.

D'après Serge Brunier, « Hubble observe une nébuleuse bien plus jeune que l'humanité », science-et-vie.com, mai 2016.

Doc. 1 La naissance de la nébuleuse du Crabe.

#### Exploration et analyse des documents

1. Doc. 2 L'année-lumière est-elle une unité de distance ou de temps ?
2. Calcule en kilomètres la distance parcourue par la lumière en une année.
3. Quel est le diamètre de la nébuleuse du Crabe en années-lumière ?

#### Synthèse

4. Calcule, en kilomètres, la distance à laquelle nous sommes d'Andromède.
5. Quel est l'intérêt d'utiliser l'année-lumière plutôt que le kilomètre ?

#### Vocabulaire

Une **nébuleuse** : nuage de gaz et de poussières interstellaires.

Dans l'espace, l'unité « kilomètre » fait intervenir des nombres difficiles à manipuler car trop grands. Les distances Terre-Lune ou Terre-Soleil restent à peu près parlantes (400 000 et 150 000 000) exprimées en kilomètres. Hors du système solaire, une distance de référence plus grande devient nécessaire : l'année-lumière.

Malgré son nom, il s'agit bien d'une distance : celle que parcourt la lumière dans le vide en une année. Par exemple, la galaxie Andromède est si lointaine que sa lumière met 2,5 millions d'années à nous atteindre. On dit qu'Andromède est à 2,5 millions d'années-lumière.

Doc. 2 L'année-lumière : unité de temps ou de distance ?



Doc. 3 La galaxie Andromède, à environ 2,5 millions d'années-lumière de nous.

#### Pour réussir cette activité

- ✓ J'ai compris à quelle grandeur correspond l'année-lumière.
- ✓ J'ai calculé la valeur en km d'une année-lumière.
- ✓ J'ai exprimé une distance astronomique en année-lumière.

### 4 Quel signal pour la voiture autonome ?



Mehdi se renseigne sur les voitures autonomes. Il est étonné qu'une voiture puisse rouler sans conducteur. Il se demande comment les capteurs comme le lidar ou le sonar arrivent à repérer les obstacles à temps pour stopper la voiture avant l'accident.

#### TA MISSION

Une voiture roule par temps de pluie à la vitesse de 30 km/h, quand surgit un obstacle à 16 m d'elle. De l'œil humain, du lidar ou du sonar, quel(s) capteur(s) n'est (ne sont) pas en mesure d'empêcher l'accident ? Justifie ta réponse à l'aide de calculs.



Doc. 2 Distance d'arrêt d'un véhicule.

La distance d'arrêt d'un véhicule est la somme de la distance parcourue pendant le temps de réaction et de la distance de freinage. Le temps de réaction est la durée nécessaire pour que le conducteur perçoive et interprète l'information, prenne une décision et agisse. En moyenne, cette durée vaut une seconde. La distance de freinage est la distance parcourue entre le début du freinage et l'arrêt complet du véhicule.

#### Pour accomplir ma mission

- ✓ J'ai compris comment la distance d'arrêt est liée aux paramètres qui jouent sur elle.
- ✓ J'ai calculé, en tenant compte des spécificités de chaque capteur, la distance d'arrêt qui lui correspond dans les conditions données.
- ✓ J'ai identifié le(s) capteur(s) incapable(s) d'éviter la collision.

Le lidar et le sonar fonctionnent sur le même principe. Le lidar utilise la lumière (laser) et le sonar le son. Le signal lumineux ou sonore est émis puis réfléchi par l'obstacle lorsqu'il le rencontre et revient jusqu'au capteur.



La mesure du temps mis par la lumière ou par le son pour effectuer l'aller-retour entre la source et l'obstacle permet ensuite de calculer la distance à laquelle se trouve l'obstacle. Si nécessaire, l'ordinateur de bord actionne le freinage en moins d'une milliseconde.

Doc. 1 Le lidar et le sonar.

Vitesse du véhicule (en km/h)	Distance de freinage sur sol sec (en m)	Distance de freinage sur sol humide (en m)
30	10,2	15,5
50	42,1	60,4
90	52,2	76,7

Doc. 3 Les distances de freinage sur sols sec et humide.

# BILAN

■ **COMPÉTENCE** Travailler en autonomie

## 1 La lumière, une vitesse finie

- La lumière ne se propage pas de manière instantanée mais possède une vitesse mesurable.
- La vitesse précise de la lumière dans le vide est presque la même dans l'air et est de 299 792 458 m/s.
- La vitesse de la lumière n'est pas la même dans tous les milieux (par exemple elle vaut 225 000 000 m/s dans l'eau et 124 000 000 m/s dans le diamant).

## 2 Vitesse du son dans l'air

- La vitesse du son dans l'air à 15 °C est de 340 m/s.
- Cette valeur, exprimée en km/s, est proche de 1/3. Diviser la durée qu'un son met à nous parvenir par trois permet de connaître approximativement la distance de sa source.
- Le son ne peut pas se propager dans le vide.

## 3 L'année-lumière

- L'année-lumière (a.l.) est une unité de distance.
- Une année-lumière est la distance parcourue par la lumière en une année, à la vitesse de 299 792 458 m/s.
- 1 a.l. = 10 000 000 000 000 000 m = 10<sup>16</sup> m.
- Les distances dans l'univers sont extrêmement grandes. Exprimées en années-lumière, ces distances correspondent à des nombres faciles à utiliser, alors que l'utilisation du km fait manipuler des nombres si grands qu'ils deviennent difficiles à utiliser.

## 4 Signaux et détection

- La lumière peut être utilisée pour mesurer des distances et transmettre des informations très rapidement.
- Pour calculer une durée, on utilise la relation  $d = v \times t$ 
  - la vitesse  $v$  est exprimée en m/s ;
  - la distance  $d$  est exprimée en m ;
  - la durée  $t$  est obtenue en s.
- Dans le cas des détections par réflexion, le signal parcourt deux fois la distance entre l'émetteur et l'obstacle puisqu'il fait un aller-retour.

### Mot-clé

Une année-lumière : activité 3.

### L'essentiel !

La vitesse de la lumière dans le vide et dans l'air vaut environ 300 000 km/s.

La vitesse du son dans l'air est de 340 m/s.

Les distances dans l'Univers s'expriment en années-lumière. Cette unité correspond à la distance parcourue par la lumière en une année.

La vitesse très importante de la lumière fait de celle-ci un outil de communication et de mesure de distance performant à l'échelle terrestre.

## Je retiens par l'image

**Heure prévue** **Heure observée** → **l'éclipse**

$v_{\text{son}} = 340 \text{ m/s} = \frac{1}{3} \text{ km/s}$

**BROUMMM**

...tictac tictac

$d_{\text{orage}} = v_{\text{son}} \times t = \frac{t}{3} \text{ en km}$

**Unité année-lumière**

Diamètre Galaxie = 140 000 a.l.  
= 140 000 × 10 000 000 000 000 000 m

**Télémetrie SONAR LIDAR**

Source → Signal émis → Récepteur ← Signal réfléchi ← Objet étudié

$2d = v_{\text{signal}} \times t$

### Ce que je dois savoir faire

- ✓ Déterminer la durée de propagation d'un signal si je dispose de la distance et de la vitesse du signal.
- ✓ Utiliser l'année-lumière comme unité de distance.
- ✓ Déterminer la vitesse d'un signal si je dispose de la distance et de la durée du parcours.
- ✓ Déterminer une distance si je dispose de la durée et de la vitesse du signal.

### Activités

1 2  
3  
4  
4

### Exercices

21 22 24 26  
14 15 20 25  
17  
11 18 25

## Je me TESTE



## Je sais

1 L'unité de vitesse du système international est :

- le mètre.
- le mètre par heure.
- le mètre par seconde.
- la seconde.

2 La vitesse du son dans l'air est d'environ :

- 340 m/s.
- 300 000 m/s.
- 340 km/h.
- 100 m/s.

3 La vitesse de la lumière dans le vide est d'environ :

- 340 m/s.
- 300 000 km/s.
- 340 km/s.
- 300 m/s.

4 Pour exprimer les grandes distances de l'univers, on utilise :

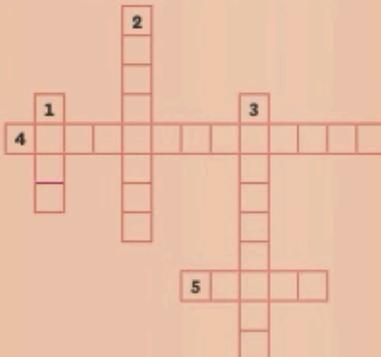
- le kilomètre.
- le mètre.
- l'année-lumière.

5 Ordres de grandeur de quelques vitesses.

- Associe à chacun de ces mobiles ou signaux sa vitesse de déplacement dans l'air.

Lumière	• •	340 m/s
Son	• •	25 m/s
Voiture	• •	89 m/s
TGV	• •	10,4 m/s
Usain Bolt	• •	300 000 000 m/s

6 Complète la grille de mots-croisés.



Vertical :

- Milieu dans lequel le son a une vitesse d'environ 340 m/s.
- Grandeur égale au rapport de la distance parcourue et de la durée du parcours. Elle s'exprime en m/s.
- Se dit d'un milieu dans lequel le son peut se propager.

Horizontal :

- Unité de longueur correspondant à la distance parcourue par la lumière en une année.
- Milieu dans lequel la vitesse de la lumière est d'environ 300 000 km/s.

la lumière met-elle pour parcourir la distance entre Rigel et la Terre ?

- 863 siècles.
- 863 jours.
- 863 000 km.
- 863 ans.

9 La lumière met environ 1,28 s pour parcourir la distance Terre-Lune. À quelle distance de la Terre la Lune se situe-t-elle environ ?

- 384 000 km.
- 384 km.
- 350 000 km.
- 128 000 km.

## Je sais faire

7 La lumière met environ quatre ans pour nous parvenir de l'étoile Proxima du Centaure. À quelle distance de la Terre est-elle située ?

- 4 000 000 km.
- 4 a.l.
- 4 ans.
- 1 année-lumière.

8 La distance entre la Terre et l'étoile Rigel est estimée à 863 années-lumière. Combien de temps

## Exercice CORRIGÉ

COMPÉTENCE Pratiquer le calcul numérique et le calcul littéral

10 Télémétrie sonore.

Ben Underwood est un non-voyant qui a la capacité de détecter à distance la présence d'un obstacle sur son chemin. Son attention auditive est telle qu'il perçoit le léger décalage entre le moment où il produit un son (par exemple un claquement de la langue) et celui où l'écho lui revient. L'habitude lui permet de déduire de cette durée la distance à laquelle se trouve l'obstacle qui a généré l'écho. Supposons que Ben entende l'écho de son claquement de langue 47 ms après l'avoir émis.



- Convertis 47 ms en s.
- Calcule en mètres la distance parcourue par ce son.
- Cette distance est-elle celle à laquelle l'obstacle se situe de Ben, sachant que le son fait un aller-retour entre lui et l'obstacle ?
- Calcule en mètres la distance entre le non-voyant et l'obstacle.

## Étapes de la méthode

- Pour convertir des millisecondes en secondes, on peut utiliser le tableau de conversion :

s		ms

- Pour effectuer l'application numérique, on remplace la vitesse  $v$  (en m/s) et la durée du trajet  $t$  (en s) par leurs valeurs.
- Les sons parcourent la distance  $d$  entre Ben et l'objet puis de nouveau la distance  $d$  pour revenir de l'objet à Ben.
- Pour calculer la distance  $d$ , on divise la distance  $d'$  par le nombre de fois que les sons parcourent la distance  $d$ .

## Corrigé :

- $1 \text{ ms} = 0,001 \text{ s}$  donc  $47 \text{ ms} = 0,047 \text{ s}$ .
- La vitesse du son dans l'air est 340 m/s. En notant  $d'$  la distance demandée, on a la relation  $d' = v \times t$ . On peut donc calculer la distance  $d'$  parcourue par le son :  $d' = 340 \times 0,047 = 16 \text{ m}$ . La distance parcourue par le son est 16 m.
- Le son effectue un aller-retour. Il parcourt donc 2 fois la distance  $d$  à laquelle se trouve l'obstacle. D'où  $d' = 2d$ .
- $d' = 2d$  et donc  $d = \frac{d'}{2}$ .  
D'où l'application numérique :  $d = \frac{16}{2} = 8 \text{ m}$ .  
La distance entre Ben et l'obstacle est 8 m.

## Exercice similaire

11 Télémétrie Laser.

Le télémètre laser permet de mesurer des distances. Il mesure la durée nécessaire à la lumière pour faire l'aller-retour entre l'objet réflecteur et lui. Il calcule ensuite la distance qui les sépare. Soit une situation pour laquelle cette durée est de 0,1  $\mu\text{s}$ .

Donnée :  $1 \mu\text{s} = 0,000\,001 \text{ s}$ .

- Convertis 0,1  $\mu\text{s}$  en s.
- Calcule en mètres la distance qu'a parcourue cette lumière.
- Cette distance est-elle celle à laquelle l'objet se situe du télémètre, sachant que la lumière fait un aller-retour entre lui et l'objet ?
- Calcule la valeur en mètres de la distance entre le télémètre et l'objet.

## Je m'ENTRAÎNE



## 12 Grandeurs et unités.

- Quelle relation existe-t-il entre la vitesse  $v$ , la distance  $d$  et la durée de parcours  $t$  ?
- Quelles sont les unités respectives de  $v$ ,  $d$  et  $t$  dans le Système international d'unités ?

## 13 Unités de temps.

L'unité de durée dans le Système international d'unités est la seconde, mais on en utilise d'autres dans la vie quotidienne.

- Combien y a-t-il de secondes dans une minute ?
- Combien y a-t-il de minutes dans une heure ?
- Combien y a-t-il d'heures dans une journée ?
- Combien y a-t-il de secondes dans une journée ?

## 14 Conversions de longueurs.

Convertis les valeurs suivantes :

- 1 a.l. = ... km.
- 5,28 km = ... m.
- 935 882 m = ... km.
- 7,9 a.l. = ... km.
- 0,3 a.l. = ... m.
- 3 000 000 000 000 km = ... a.l.

## 15 L'année-lumière.

L'année-lumière est une unité utilisée pour exprimer les très grandes distances de l'Univers.

- Quelle est la vitesse de la lumière dans le vide ?
- Sachant qu'il y a 86 400 s dans une journée, calcule en kilomètres la distance à laquelle correspond une année-lumière.

## 16 Conversions de durée.

Convertis les valeurs suivantes :

- 360 s = ... min.
- 4,5 h = ... min.
- 2 h = ... s.
- 8 min 12 s = ... s.
- 1 h 23 min = ... min.
- 2 h 10 min = ... s.

## 17 Vitesse du son.

Dans l'air, un son parcourt 20 400 m en une minute.

- Rappelle la relation entre la vitesse, la distance parcourue et la durée du trajet.
- Calcule la vitesse du son dans l'air en m/s.

## 18 Vitesse de la lumière.

Dans l'eau, la lumière se propage plus lentement que dans le vide : 225 000 km/s.

- Rappelle la relation entre la vitesse, la distance parcourue et la durée du trajet.
- Calcule la distance parcourue par la lumière dans l'eau en 20 ms.

## 19 Unités de vitesse.

- Dans le tableau suivant, précise les unités de distance et de durée pour que le résultat du calcul  $v = \frac{d}{t}$  soit dans l'unité de vitesse indiquée.

Vitesse	Distance	Temps
50 m/s	200 ...	4 ...
78 km/h	202,8 ...	2,6 ...
678 km/s	2 779,8 ...	4,1 ...
45 cm/s	90 ...	2 ...
37 827 m/h	245 875,5 ...	6,5 ...

## 20 Utiliser les puissances de 10.

■ **COMPÉTENCE** Présenter mon résultat avec l'unité adaptée

La Terre est située à environ  $1,5 \times 10^8$  km du Soleil. Cette distance a été choisie pour définir l'unité astronomique U.A.

1 U.A. =  $1,5 \times 10^8$  km.

- L'étoile Rigel est située à environ 860 a.l. de la Terre. Calcule la distance entre la Terre et Rigel en U.A.
- Pour quelle raison l'année-lumière est-elle l'unité la plus adaptée pour exprimer cette distance ?



## Une NOTION, trois EXERCICES

[DIFFÉRENCIATION]

■ **COMPÉTENCE** Conclure, valider ou non l'hypothèse

## 21 Utiliser la relation entre vitesse, distance et durée.



## Des feux d'artifice

Comme pour l'orage, pour savoir à quelle distance un feu d'artifice explose, on compte le nombre de secondes qui séparent la vision de l'explosion et son bruit puis on divise ce nombre par 3 : on obtient alors, en km, la distance qui nous sépare de l'explosion. Vérifions la validité de ce calcul avec un exemple. Une fusée explose à 4 km d'un observateur. La lumière se propage à 300 000 km/s, le son se propage à 340 m/s.

- Rappelle la relation mathématique qui permet de calculer la vitesse de propagation  $v$  en fonction de la distance  $d$  parcourue pendant une durée  $t$ .
- Déduis-en la relation mathématique qui permet de relier la durée  $t$  à la distance  $d$  et la vitesse de propagation  $v$ .
- Identifie et recopie les valeurs des vitesses  $v_{\text{lumière}}$  et  $v_{\text{son}}$ , et de la distance  $d$ . Écris-les sous la forme  $v_{\text{lumière}} = \dots$ ;  $v_{\text{son}} = \dots$ ;  $d = \dots$ .
- Calcule la durée du trajet de la lumière de l'explosion jusqu'à l'observateur.
- Calcule la durée du trajet du son de l'explosion jusqu'à l'observateur.
- Calcule la différence de durée entre  $t_{\text{son}}$  et  $t_{\text{lumière}}$ . Ce résultat est-il très différent de  $t_{\text{son}}$  ?
- Calcule la distance que l'on obtiendrait avec cette durée par la méthode de la division par 3, puis indique si cette méthode te paraît acceptable.



## Le sémaphore

Le sémaphore est un moyen de communication inventé à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle par les frères Chappe. Il consiste en une suite de relais placés les uns après les autres. Les messages sont transmis par le biais de symboles formés par une structure au sommet d'une tour.



En 1792, la première ligne de sémaphores permet de transmettre le premier symbole d'un message en 9 minutes (540 secondes) sur une distance de 193 km par l'intermédiaire de 15 postes-relais. La lumière se propage à 300 000 km/s, le son se propage à 340 m/s.

- Rappelle la relation mathématique qui permet de calculer la durée du trajet  $t$  en connaissant la distance  $d$  et la vitesse de propagation  $v$ .
- Calcule la durée  $t_{\text{son}}$  que mettrait le son à parcourir cette distance.
- Calcule la durée  $t_{\text{lumière}}$  que mettrait la lumière à parcourir cette distance.
- Compare la durée de propagation du symbole à celle du son.
- Formule une hypothèse pour expliquer le fait que la durée de propagation du symbole est inférieure à celle du son.



## La foudre et le tonnerre

Pour estimer en kilomètres la distance à laquelle la foudre tombe de notre position, on compte le nombre de secondes qui séparent la vision de l'éclair et le bruit du tonnerre puis on divise ce nombre par 3. On obtient alors en kilomètres la distance à laquelle est l'orage. Vérifions la validité de cette méthode. La foudre est tombée à 3 km d'un observateur qui a compté 9 s avant d'entendre le tonnerre. On rappelle que la lumière se propage à 300 000 km/s, tandis que le son se propage à 340 m/s.



- Calcule la différence entre les durées mises par la lumière et le son du tonnerre pour parcourir 3 km.
- En utilisant la méthode de la division par 3, quelle distance l'observateur va-t-il trouver pour l'orage ? La méthode de la division par 3 est-elle valide dans ce cas ?

## J' APPROFONDIS



## 22 Attends-moi !

Enzo et Bilal font une balade en vélo. Enzo a pris un peu d'avance. Bilal crie pour qu'il l'attende. Le son de la voix de Bilal met 2 s pour atteindre Enzo.

1. Quelle est la valeur moyenne de la vitesse du son dans l'air ?
2. Calcule la distance qui sépare Enzo et Bilal.

## 23 Le mur du son.

Lorsqu'un avion vole à une vitesse supérieure à la vitesse du son dans l'air, on dit qu'il franchit le mur du son ». On entend alors un bang supersonique.

1. À quelle vitesse minimale en m/s l'avion doit-il voler pour franchir le mur du son dans l'air ?
2. Quelle distance en mètres l'avion parcourt-il en 1 h à cette vitesse ?
3. Convertis cette distance en km.
4. Déduis-en la vitesse minimale en km/h d'un avion en vol supersonique.

## 24 Sirius.

L'étoile Sirius est l'étoile la plus brillante lorsqu'on observe le ciel. Elle est située à environ 86 000 000 000 000 km de la Terre.

1. À combien d'années-lumière Sirius est-elle située de la Terre ?
2. Quelle durée la lumière de Sirius met-elle pour nous parvenir ?

## 25 Jupiter.

Jupiter peut être confondue avec une étoile lorsqu'on observe le ciel nocturne à l'œil nu. Pourtant, il s'agit bien d'une planète qui nous renvoie la lumière du Soleil. La distance maximale entre la Terre et Jupiter est d'environ 965 000 000 km.

1. Quelle durée en minutes la lumière met-elle pour nous parvenir de Jupiter ?
2. Calcule la distance entre la Terre et Jupiter en années-lumière.
3. L'année-lumière te semble-t-elle être une unité bien adaptée pour exprimer la distance entre la Terre et Jupiter ?

## 26 Mesure de la distance Terre-Lune.

Lors des missions Apollo et Lunokhod, des réflecteurs ont été déposés à la surface de la Lune. Ils permettent de déterminer la distance Terre-Lune en dirigeant un faisceau laser sur eux. L'expérience est réalisée, entre autres, à l'observatoire de la Côte d'Azur.



1. Rappelle la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide.
2. La durée nécessaire à la lumière pour effectuer l'aller-retour Terre-Lune est en moyenne de 2,5 s. Calcule la distance parcourue par la lumière puis la distance Terre-Lune.

## 27 Exoplanète.

Une exoplanète est une planète située en dehors de notre système solaire, en orbite autour d'une étoile autre que le Soleil.

La planète Kepler-438b est située à 470 a.l. de la Terre.

1. Combien d'années faudrait-il pour se rendre sur Kepler-438b depuis la Terre en voyageant à la vitesse de la lumière ?
2. Quelle est la distance en kilomètres séparant la Terre de Kepler-438b ?

## 28 Parsec.

**COMPÉTENCE** Pratiquer le calcul numérique et le calcul littéral

Les astronomes ont une autre unité à leur disposition, pour exprimer les très grandes distances de l'Univers. Cette unité est le parsec. Son nom vient de la méthode de mesure historiquement utilisée pour déterminer les distances entre la Terre et les astres lointains étudiés. 1 parsec (pc) vaut environ 3,26 années-lumière.

1. L'étoile Proxima du Centaure est située à 4,22 a.l. de la Terre. Convertis cette distance en parsecs.
2. Rappelle la valeur d'une année-lumière en kilomètres.
3. Exprime un parsec en kilomètres.

## 29 Astronomique !

Lorsque les astronomes ont commencé à étudier le système solaire, ils ont utilisé une unité adaptée à l'expression des distances rencontrées : l'unité astronomique (notée U.A.). Une unité astronomique est égale à la distance Terre-Soleil.

**Donnée :** distance maximale entre la Terre et Jupiter  $d = 965\ 000\ 000$  km

1. Sachant que la lumière met 8 min 12 s pour parcourir la distance Terre-Soleil, calcule la valeur d'une unité astronomique en mètres.
2. Convertis cette valeur en kilomètres.
3. Exprime la distance maximale entre la Terre et Jupiter en U.A.

## 30 Sonar.

Joachim accompagne son père, pêcheur, sur son bateau qui est équipé d'un sonar. C'est un dispositif utilisé pour repérer les bancs de poissons. Le sonar émet un son dans l'eau qui se réfléchit sur le banc de poissons puis repart vers le dispositif. La mesure de la durée du trajet du son permet de calculer la distance entre le bateau et le banc de poissons. Ce jour-là sur le bateau du père de Joachim, la durée mesurée est de 5 ms.

**Donnée :** vitesse du son dans l'eau = 1 500 m/s.

1. Convertis cette durée en s.
2. Calcule la distance parcourue par le son pour effectuer l'aller-retour entre le sonar et le banc de poissons.
3. Calcule la distance entre le bateau et les poissons.

## 31 Feux d'artifice.

**COMPÉTENCE** Émettre des hypothèses

Le soir du 14 juillet, Kelly a décidé de regarder les feux d'artifice de chez elle. Malgré la colline qui sépare sa maison du stade d'où sont tirés les feux, elle peut en voir la plus grande partie.

1. Kelly constate que la détonation des feux d'artifice lui parvient 4 s après qu'elle a vu la lumière. On considère que les feux sont tirés à la verticale du stade. Calcule en km la distance entre le stade et la maison de Kelly.
2. À un moment, Kelly ne voit pas de lumière mais entend le crépitements des feux. Elle suppose que ce sont des feux qui tourbillonnent au niveau du sol. Pourquoi Kelly ne peut-elle plus voir les feux d'artifice à ce moment-là ?

## Je résous un PROBLÈME

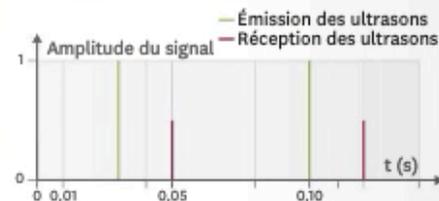
**COMPÉTENCE** Lire et comprendre des documents scientifiques pour en extraire des informations

Les dauphins utilisent l'écholocation pour se repérer dans leur milieu aquatique. Détermine à quelle distance du fond se trouve un dauphin, sachant que le son se déplace à environ 1 500 m/s dans l'eau.

Les dauphins sont des mammifères de la famille des cétacés. Ils sont capables d'émettre et de capter des sons afin de sonder leur environnement : c'est l'écholocation. Cela leur permet de localiser leurs proies. Les dauphins n'émettent pas les sons en continu mais par salves, c'est-à-dire pendant un bref instant et plusieurs fois de suite à intervalles de temps réguliers. Le temps entre chaque émission et la durée de la salve dépendent de la situation (chasse ou localisation).

Sujet Bac S, « Les sons chez les dauphins », Liban, 2005.

## Doc. 1 Écholocation des dauphins.



## Doc. 2 Émission et réception des sons par un dauphin.

L'émission de la salve est repérée en vert, la réception est repérée en rouge. On peut donc lire sur le graphique la durée du trajet des ultrasons.

## 32 Proxima b.

Proxima b est la planète la plus proche de la Terre en dehors de notre système solaire. Cette planète est remarquable car elle se trouve dans la zone habitable de l'étoile autour de laquelle elle gravite. Proxima b est située à 4,2 a.l. de la Terre.

La vitesse maximale d'une navette spatiale est actuellement d'environ 28 000 km/h.

1. Calcule en km la distance entre la Terre et Proxima b, en utilisant les puissances de 10.
2. Combien d'années faudrait-il actuellement à une navette spatiale pour aller de la Terre à Proxima b si elle pouvait maintenir sa vitesse maximale tout au long du trajet ?

## 33 Fibre optique.

L'utilisation d'internet nécessite des flux de données de plus en plus importants. La fibre optique est en cours de déploiement dans de nombreuses villes.

Une fibre optique est constituée de plusieurs couches. Au centre, on trouve un tube de verre très fin dans lequel se propage le signal lumineux.

**Données :**

- vitesse de la lumière dans le verre de la fibre optique = 200 000 km/s ;
- distance entre Paris et Lyon : environ 470 km.

1. Calcule la durée nécessaire à un signal pour être transmis par fibre optique de Paris à Lyon.
2. Un courriel met environ 10 secondes pour être transmis entre deux utilisateurs situés respectivement à Paris et à Lyon.
  - a. Compare cette durée à celle de la transmission du signal calculée à la question précédente.
  - b. La durée de transmission des informations est-elle limitée par celle du traitement des données ou par celle de la transmission du signal ?



Retrouve d'autres exercices sur [www.lelivrescolaire.fr](http://www.lelivrescolaire.fr)

## PARCOURS DE COMPÉTENCES

## Émettre des hypothèses

Un 14 juillet, à la tombée du jour, un pilote de chasse curieux passe au-dessus du site d'un feu d'artifice. Une bombe d'artifice éclate juste derrière son avion. Son supérieur lui reproche par radio de prendre des risques, mais le pilote estime qu'il n'était pas si proche, car bien qu'ayant vu l'éclat il n'a pas entendu la bombe.

➤ Quelle hypothèse permet d'expliquer que le pilote n'a pas entendu le son de la détonation ?

## Niveau 1

Je sais ce qu'est une hypothèse.

**Coup de pouce :** Pourquoi le supérieur a-t-il fait des reproches au pilote ?

## Niveau 2

Je comprends l'hypothèse qui m'est proposée.

**Coup de pouce :** Pour expliquer qu'il n'a pas entendu l'explosion, quelle hypothèse le pilote fait-il à propos du niveau sonore perçu et de la distance entre l'émetteur et le récepteur du son ?

## Niveau 3

Je propose une hypothèse en lien avec le problème.

**Coup de pouce :** Propose une hypothèse impliquant le fait que l'avion se déplace pour expliquer que le pilote n'ait pas entendu l'explosion tout en étant très proche d'elle.

## Niveau 4

Je formule clairement l'hypothèse que j'ai émise pour me permettre de la valider.

**Coup de pouce :** Utilise la comparaison de la vitesse d'un signal avec celle du récepteur de ce signal pour proposer une explication aux observations du pilote.



## Interpréter des résultats et en tirer des conclusions

## Je sais faire si :

- ✓ J'utilise des connaissances déjà acquises dans le même domaine que celui de l'expérience ou dans un autre domaine.
- ✓ Je peux visualiser le résultat de l'expérience, ou en faire une représentation simple et visuelle (schéma, courbe, etc.).
- ✓ Je peux analyser la signification d'une courbe et comprendre l'influence de la grandeur en abscisse sur celle en ordonnée. En particulier, je comprends que :
  - la seconde augmente ou diminue ou reste constante quand la première augmente ;
  - la variation de la seconde est proportionnelle à la variation de la première.
- ✓ J'utilise une règle connue ou je la déduis de l'expérience en généralisant mes résultats.
- ✓ Je propose une conclusion pertinente et liée à l'expérience et à ses résultats.

## Un exercice pour S'ENTRAINER

## Aide à la résolution

## Communication des baleines.

Deux baleines munies de balises GPS sont suivies par des scientifiques. Éloignées de 150 km, elles se dirigent subitement l'une vers l'autre. La première entame son trajet 1 minute et 40 secondes avant l'autre.

1. La lumière étant absorbée après quelques centaines de mètres de propagation dans l'eau, quel autre signal les baleines peuvent-elles avoir utilisé ?

2. Utilise la relation  $v = \frac{d}{t}$ .

3. Pour la question concernant les durées, utilise la relation entre la vitesse, la distance et le temps. Tiens aussi compte du fait que les deux baleines se déplacent.

4. Pour comprendre l'éventuel problème rencontré par les cétacés, pense à ce qui se passe lorsque tu discutes avec des amis et que quelqu'un met de la musique très fort à côté de vous.

## Questions

1. Quel signal ces animaux marins peuvent-ils avoir utilisé pour « se donner rendez-vous » tout en étant si éloignés l'un de l'autre ?
2. Quelle est la vitesse du signal que les baleines ont utilisé pour communiquer ?
3. Une baleine voyage à une vitesse d'environ 25 km/h. Combien de temps faudra-t-il aux baleines pour se retrouver ?
4. L'activité humaine en mer est souvent très bruyante (moteurs, sonars, etc.). Quel risque cela peut-il avoir pour les animaux qui utilisent l'écholocation ?

## Numérique

Des fiches AP supplémentaires et des exercices d'entraînement sur [www.lelivrescolaire.fr](http://www.lelivrescolaire.fr)

# LA PHYSIQUE-CHIMIE

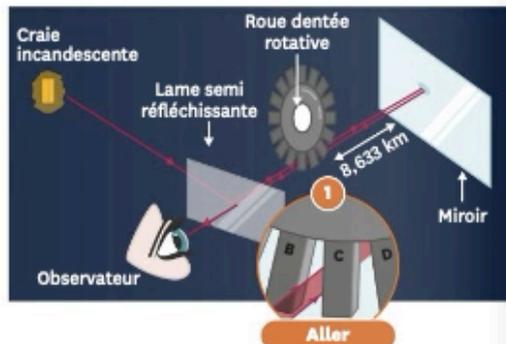
## Histoire des sciences

### Fizeau mesure la vitesse de la lumière

En 1849, on sait depuis bientôt deux siècles que la vitesse de la lumière n'est pas infinie, mais on échoue à la mesurer avec précision. Pour tenter de la déterminer, le jeune Hippolyte Fizeau met au point une méthode innovante, sans recourir à des observations astronomiques.

Fizeau organise l'aller-retour de la lumière d'une bougie entre son balcon de Suresne et Montmartre situé à 8 km de là. Au départ et à l'arrivée, il fait passer la lumière par les encoches d'une roue dentée. Il fait alors tourner cette roue de plus en plus vite. Lorsqu'elle atteint la bonne vitesse, la lumière se trouve bloquée à son retour, l'encoche empruntée à l'aller ayant été remplacée par la dent voisine.

#### Doc. 1 L'expérience mise au point par Fizeau.



Fizeau a obtenu l'extinction de l'éclat du faisceau lorsque la roue tournait à 12,6 tours/s, une dent de la roue prenant alors exactement la position de l'encoche qui la précède en  $54,76 \mu\text{s}$  ( $0,00005476 \text{ s}$ ). La distance entre la roue et le miroir était estimée à 8,633 km : Fizeau en a conclu que la vitesse de la lumière valait 315 300 km/s.

#### Doc. 2 Les résultats de Fizeau.



#### Doc. 3 Schéma de l'expérience mise au point par Fizeau.

### Questions

1. Pour vérifier que tu as compris l'expérience, tu peux expliquer le trajet suivi par le faisceau lumineux, depuis la source jusqu'à l'œil de Fizeau.
2. Seras-tu capable de retrouver le calcul qui permet à Fizeau de déterminer que la vitesse de la lumière vaut environ 315 000 km/s ?
3. Selon toi, quelles peuvent être les sources d'imprécision dans cette expérience ?
4. Un physicien contemporain de Fizeau proposa une autre méthode pour mesurer la vitesse de la lumière : son ami Léon Foucault. Tu peux chercher sur internet quel est le principe de sa méthode.

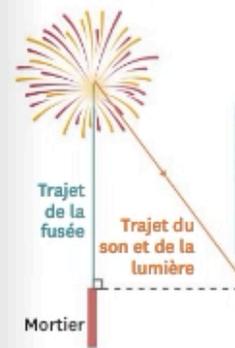
# AUTREMENT

Retrouve la suite sur [www.lelivrescolaire.fr](http://www.lelivrescolaire.fr)

## Objet d'étude

### Feux d'artifice : géométrie et distance de sécurité

Pendant un feu d'artifice, Louise se demande si elle s'est installée assez loin des mortiers de lancement.



Entre le moment où je vois le feu d'artifice et le moment où je l'entends, j'ai chronométré 0,5 s. J'en conclus que je suis à 170 m environ du mortier.

#### Doc. 1 Position de Louise admirant le feu d'artifice.

Feu d'artifice du 14 juillet - village de Prébon :

- Hauteur moyenne atteinte par les fusées : 150m
- Rester loin des mortiers. Distance minimale : 100m

#### Doc. 2 Consigne de sécurité du feu d'artifice.

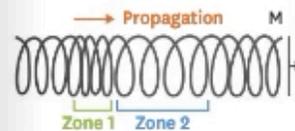
### Questions

1. Comment Louise a-t-elle trouvé la distance de 170 m ? Pourquoi n'est-ce pas réellement la distance qui la sépare des mortiers ?
2. Utilise le théorème de Pythagore pour montrer que Louise est trop proche des mortiers.



## La Physique-Chimie au quotidien

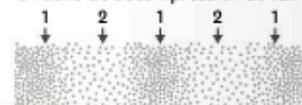
### Observe la propagation d'une onde dans un ressort !



#### Doc. 1 Propagation d'une onde de compression dans un ressort.

Zone 1 : compression des spires.  
Zone 2 : « décompression », écartement des spires.

1 : Zone de compression de l'air  
2 : Zone de décompression de l'air



#### Doc. 2 Représentation de la propagation d'une onde sonore dans l'air.

#### > Étapes de la fabrication :

- Retrouve la liste du matériel nécessaire p. 206.
- Après avoir étiré le ressort, comprime quelques spires comme sur le Doc. 1 puis lâche-les d'un coup.
- Observe la propagation de l'onde.

#### > Une question à se poser :

1. D'après les Doc. 1 et 2, quel point commun il y a-t-il entre une onde de compression dans un ressort et une onde sonore ?

### Explication scientifique

À l'image de ce qui se produit pour le ressort, la compression d'une tranche d'air se répercute sur la tranche d'air voisine en « appuyant » sur elle. La zone de compression se propage ainsi de proche en proche.