

# Exercices de vacances

Pour se dégourdir les jambes avant la rentrée...

Ces petites questions (tirées de **Bardavid.C, Roussel.J Cahier d'entraînement en physique-chimie, Dunod 2023**) ne s'appuient pas strictement sur les connaissances du cours de terminale mais permettent de s'exercer aux conversions d'unités et à la manipulation de fonctions mathématiques utiles aux physiciens.

Les réponses à chaque question sont données de manière désordonnée à la fin de chaque chapitre.

## Conversions

### Prérequis

Unités du Système international. Écriture scientifique.

### Unités et multiples

#### **Entraînement 1.1 — Multiples du mètre.** ⌚⌚⌚⌚

Écrire les longueurs suivantes en mètre et en écriture scientifique.

- |   |   |   |
|---|---|---|
| a) 1 dm ..... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>  | c) 3 mm ..... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>  | e) 5,2 pm .... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> |
| b) 2,5 km .... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> | d) 7,2 nm .... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> | f) 13 fm ..... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> |

#### **Entraînement 1.2 — Multiples du mètre bis.** ⌚⌚⌚⌚

Écrire les longueurs suivantes en mètre et en écriture scientifique.

- |   |   |   |
|---|---|---|
| a) 150 km .... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> | c) 234 cm .... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> | e) 0,23 mm .. <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>  |
| b) 0,7 pm .... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> | d) 120 nm .... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> | f) 0,41 nm ... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> |

#### **Entraînement 1.3 — Vitesse d'un électron.** ⌚⌚⌚⌚


La vitesse d'un électron est  $v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$ , où  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  est la charge d'un électron,  $U = 0,150 \text{ kV}$  est une différence de potentiel et  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-28} \text{ g}$  est la masse d'un électron.

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| a) Calculer $v$ en m/s .....  | <input style="width: 100%; height: 30px;" type="text"/> |
| b) Calculer $v$ en km/h ..... | <input style="width: 100%; height: 30px;" type="text"/> |

#### **Entraînement 1.4 — Avec des joules.** ⌚⌚⌚⌚

On considère la grandeur  $T = 0,67 \text{ kW} \cdot \text{h}$ . On rappelle que  $1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$ .

- Convertir  $T$  en joule, en utilisant le multiple le mieux adapté .....
-

 **Entraînement 1.5 — Valeur d'une résistance.**



La résistance d'un fil en cuivre est donnée par la formule  $R = \frac{\ell}{\gamma S}$ , où  $\gamma = 59 \text{ MS/m}$  est la conductivité du cuivre, où  $\ell = 1,0 \cdot 10^3 \text{ cm}$  est la longueur du fil et où  $S = 3,1 \text{ mm}^2$  est sa section.

*L'unité des résistances est l'ohm, notée «  $\Omega$  ». L'unité notée «  $S$  » est le siemens ; on a  $1 \Omega = 1 \text{ S}^{-1}$ .*

Calculer  $R$  (en ohm) .....

 **Entraînement 1.6 — Ronna, ronto, quetta et quecto.**



En novembre 2022, lors de la 27<sup>e</sup> réunion de la Conférence générale des poids et mesures, a été officialisée l'existence de quatre nouveaux préfixes dans le système international :

Facteur multiplicatif	Préfixe	Symbole
$10^{27}$	ronna	R
$10^{-27}$	ronto	r
$10^{30}$	quetta	Q
$10^{-30}$	quecto	q

On donne les masses de quelques objets :

Soleil	Jupiter	Terre	proton	électron
$1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$	$1,90 \cdot 10^{27} \text{ kg}$	$5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$	$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$9,10 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Convertir ces masses en utilisant ces nouveaux préfixes (en écriture scientifique).

- |  |  |
|--|--|
| <p>a) Soleil (en Rg) ..... <input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/></p> <p>b) Soleil (en Qg) ..... <input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/></p> <p>c) Jupiter (en Rg) ..... <input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/></p> <p>d) Jupiter (en Qg) ..... <input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/></p> <p>e) Terre (en Rg) ..... <input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/></p> | <p>f) Terre (en Qg) ..... <input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/></p> <p>g) proton (en rg) ..... <input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/></p> <p>h) proton (en qg) ..... <input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/></p> <p>i) électron (en rg) ..... <input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/></p> <p>j) électron (en qg) ..... <input style="width: 100%; height: 100%; border: 1px solid black;" type="text"/></p> |
|--|--|

## Règle de trois et pourcentages

### Entraînement 1.7 — Un peu de cuisine.



Les ingrédients pour un gâteau sont : 4 œufs, 200 g de farine, 160 g de beurre, 100 g de sucre et 4 g de sel. On décide de faire la recette avec 5 œufs. Combien de grammes faut-il de

- |                   |                      |                  |                      |
|-------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| a) farine ? ..... | <input type="text"/> | c) sucre ? ..... | <input type="text"/> |
| b) beurre ? ..... | <input type="text"/> | d) sel ? .....   | <input type="text"/> |

### Entraînement 1.8 — Pourcentages.



Convertir en pourcentage :

- |                        |                      |                          |                      |
|------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| a) 0,1 .....           | <input type="text"/> | d) $\frac{1}{20}$ .....  | <input type="text"/> |
| b) 0,007 .....         | <input type="text"/> | e) $\frac{9}{5}$ .....   | <input type="text"/> |
| c) $\frac{1}{2}$ ..... | <input type="text"/> | f) un quart de 2 % ..... | <input type="text"/> |

### Entraînement 1.9 — Énergie en France 1.



La consommation d'énergie primaire en France (en 2020) est : nucléaire 40,0 %, pétrole 28,1 %, gaz 15,8 %, biomasse 4,4 %, charbon 2,5 % hydraulique 2,4 %, éolien 1,6 %.

Quel pourcentage occupent les autres énergies (solaire, biocarburants, *etc.*) ? .....


### Entraînement 1.10 — Énergie en France 2.



La consommation primaire totale en France est de 2 571 TWh.

À l'aide des données de l'entraînement précédent, calculer (en « TWh ») les énergies créées par les sources suivantes :

- |                    |                      |                      |                      |
|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| a) nucléaire ..... | <input type="text"/> | e) charbon .....     | <input type="text"/> |
| b) pétrole .....   | <input type="text"/> | f) hydraulique ..... | <input type="text"/> |
| c) gaz .....       | <input type="text"/> | g) éolien .....      | <input type="text"/> |
| d) biomasse .....  | <input type="text"/> | h) autre .....       | <input type="text"/> |

 **Entraînement 1.11 — Abondance des éléments dans la croûte terrestre.**




L'abondance chimique d'un élément peut être exprimée en « parties par centaine » (notée %, on parle communément de « pourcentage »), en « parties par millier » (notée ‰, on parle aussi de « pour mille ») ou encore en « partie par millions » (notée « ppm »).

Les abondances de quelques éléments chimiques constituant la croûte terrestre sont :

Silicium	Or	Hydrogène	Fer	Oxygène	Cuivre
275‰	$1,0 \cdot 10^{-7} \%$	1,4 ‰	50 000 ppm	46 %	50 ppm

Quel est l'élément le moins abondant ? .....

## Longueurs, surfaces et volumes


 **Entraînement 1.12 — Taille d'un atome.**



La taille d'un atome est de l'ordre de 0,1 nm.

a) Quelle est sa taille en m (écriture scientifique) ? .....

b) Quelle est sa taille en m (écriture décimale) ? .....


 **Entraînement 1.13 — Alpha du centaure.**



La vitesse de la lumière dans le vide est  $c = 3,00 \cdot 10^8$  m/s. Une année dure 365,25 jours. Alpha du centaure est à une distance de 4,7 années-lumière de la Terre.

a) Quelle est cette distance en m (écriture scientifique) ? .....

b) Quelle est cette distance en km (écriture scientifique) ? .....

 **Entraînement 1.14 — Avec des hectares.**



La superficie de la France est de  $672\,051 \text{ km}^2$ . L'île danoise de Bornholm (au nord de la Pologne) a une superficie de  $589 \text{ km}^2$ . Un hectare (ha) est la surface d'un carré de 100 m de côté.

Donner les superficies suivantes :

a) un hectare (en  $\text{m}^2$ ) .....

d) la France (en ha) .....

b) un hectare (en  $\text{km}^2$ ) .....

e) Bornholm (en  $\text{m}^2$ ) .....

c) la France (en  $\text{m}^2$ ) .....

f) Bornholm (en ha) .....

**Entraînement 1.15 — Volume.**a) Peut-on faire tenir 150 mL d'huile dans un flacon de  $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ ? .....b) Peut-on faire tenir 1,5 L d'eau dans un flacon de  $7,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ ? .....**Masse volumique, densité et concentration****Entraînement 1.16 — Masse volumique.**

Une bouteille d'eau de 1 L a une masse de 1 kg. Un verre doseur rempli indique, pour la même graduation, eau : 40 cL et farine : 250 g.

a) Quelle est la masse volumique de l'eau en  $\text{kg/m}^3$ ? .....

b) Quelle est la masse volumique de la farine? .....

**Entraînement 1.17 — Densité.**

La densité d'un corps est le rapport  $\frac{\rho_{\text{corps}}}{1\,000 \text{ kg/m}^3}$ , où  $\rho_{\text{corps}}$  est la masse volumique du corps en question.

a) Une barre de fer de volume 100 mL pèse 787 g. Quelle est la densité du fer? .....

b) Un cristal de calcium a une densité de 1,6. Quelle est sa masse volumique (en  $\text{kg/m}^3$ )? .....**Entraînement 1.18 — Un combat de masse.**

On possède un cube de 10 cm en plomb de masse volumique  $11,20 \text{ g/cm}^3$  et une boule de rayon 15 cm en or de masse volumique  $19\,300 \text{ kg/m}^3$ . On rappelle que le volume d'une boule de rayon  $R$  est  $\frac{4}{3}\pi R^3$ .

Lequel possède la plus grande masse? .....

**Entraînement 1.19 — Prendre le volant ?**

Le taux maximal d'alcool dans le sang pour pouvoir conduire est de 0,5 g d'alcool pour 1 L de sang.

A-t-on le droit de conduire avec 2 mg d'alcool dans  $1\,000 \text{ mm}^3$  de sang? .....

## Autour de la vitesse

### Entraînement 1.20 — Le guépard ou la voiture ? ⌚⌚⌚⌚

Un guépard court à 28 m/s et un automobiliste conduit une voiture à 110 km/h sur l'autoroute.

Lequel est le plus rapide ? .....

### Entraînement 1.21 — Classement de vitesses. ⌚⌚⌚⌚

On considère les vitesses suivantes : 20 km/h, 10 m/s, 1 année-lumière/an, 22 mm/ns, 30 dm/s et 60 cm/ms.

a) Laquelle est la plus petite ? .....

b) Laquelle est la plus grande ? .....

### Entraînement 1.22 — Vitesses angulaires. ⌚⌚⌚⌚

La petite aiguille d'une montre fait un tour en 1 h, la Terre effectue le tour du Soleil en 365,25 j.

Quelles sont leurs vitesses angulaires :

a) en tours/min (l'aiguille) ? .....       c) en tours/min (la Terre) ? .....

b) en rad/s (l'aiguille) ? .....       d) en rad/s (la Terre) ? .....

### Réponses mélangées

10 000 m <sup>2</sup>	30 dm/s	625 kg/m <sup>3</sup>	0,017 tr/min	62 TWh	1 · 10 <sup>-1</sup> m		
oui	1,90 · 10 <sup>3</sup> Rg	7,87	722 TWh	1,99 · 10 <sup>3</sup> Qg	7,2 · 10 <sup>-9</sup> m	1,90 Qg	
134 TWh	0,000 000 000 1 m	406 TWh	7 · 10 <sup>-13</sup> m	4,33 · 10 <sup>13</sup> km	113 TWh		
9,10 · 10 <sup>2</sup> qg	l'or	2,6 · 10 <sup>7</sup> km/h	200 g	9,10 · 10 <sup>-1</sup> rg	1,67 · 10 <sup>6</sup> qg	3 · 10 <sup>-3</sup> m	
5,89 · 10 <sup>4</sup> ha	voiture	1,99 · 10 <sup>6</sup> Rg	4,43 · 10 <sup>16</sup> m	0,001 7 rad/s	2,3 · 10 <sup>-4</sup> m		
180 %	10%	1,20 · 10 <sup>-7</sup> m	250 g	1,50 · 10 <sup>5</sup> m	125 g	6,72 · 10 <sup>7</sup> ha	
La boule en or	5 %	64 TWh	1,67 · 10 <sup>3</sup> rg	0,01 km <sup>2</sup>	1,99 · 10 <sup>-7</sup> rad/s		
5,5 · 10 <sup>-2</sup> Ω	1 · 10 <sup>-10</sup> m	oui	1,6 × 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	5,97 · 10 <sup>-3</sup> Qg	6,72 · 10 <sup>11</sup> m <sup>2</sup>		
1 année-lumière/an	50 %	1,90 · 10 <sup>-6</sup> tr/min	2,34 m	5,2%	1 · 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>		
5,97 Rg	0,7 %	41 TWh	5 g	4,1 · 10 <sup>-10</sup> m	5,2 · 10 <sup>-12</sup> m	0,5 %	non
2,4 MJ	1,03 × 10 <sup>3</sup> TWh	5,89 · 10 <sup>8</sup> m <sup>2</sup>	7,3 · 10 <sup>6</sup> m/s	2,5 · 10 <sup>3</sup> m	1,3 · 10 <sup>-14</sup> m		

# Signaux

**Prérequis**

Fonctions trigonométriques.

Signaux périodiques (fréquence, période, pulsation, longueur d'onde, phase).

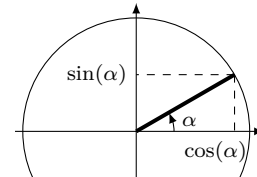
## Autour des fonctions trigonométriques

**Entraînement 2.1 — Cercle trigonométrique.**



Sur le cercle trigonométrique ci-contre,  $\cos(\alpha)$  se lit sur l'axe des abscisses et  $\sin(\alpha)$  se lit sur l'axe des ordonnées.

Exprimer les fonctions suivantes en fonction de  $\cos(\alpha)$  et  $\sin(\alpha)$ .



a)  $\sin(\alpha + \pi)$  .....

c)  $\sin(\alpha + \pi/2)$  .....

b)  $\cos(\alpha + \pi/2)$  .....

d)  $\sin(\pi/2 - \alpha)$  .....

**Entraînement 2.2 — Dérivée de signaux.**



Pour chaque signal ci-dessous, calculer sa dérivée par rapport à  $t$ .

a)  $\sin(2t)$  .....

c)  $\cos(t) \times \sin(t)$  .....

b)  $\cos^2(t + 4)$  .....

**Entraînement 2.3 — Transformer des sommes de signaux en produits.**



On rappelle les formules trigonométriques :

$$\cos(a + b) = \cos(a) \cos(b) - \sin(a) \sin(b)$$

$$\sin(a + b) = \sin(a) \cos(b) + \cos(a) \sin(b)$$

$$\cos(a - b) = \cos(a) \cos(b) + \sin(a) \sin(b)$$

$$\sin(a - b) = \sin(a) \cos(b) - \cos(a) \sin(b)$$

Mettre les signaux suivants sous la forme  $C \cos(\Omega t) \cos(\omega t)$  ou  $C \sin(\Omega t) \sin(\omega t)$  (où les constantes  $C$ ,  $\Omega$  et  $\omega$  s'exprimeront en fonction de  $A$ ,  $\omega_1$  et  $\omega_2$ ).

a)  $A \cos(\omega_1 t) + A \cos(\omega_2 t)$  .....

b)  $A \cos(\omega_1 t) - A \cos(\omega_2 t)$  .....

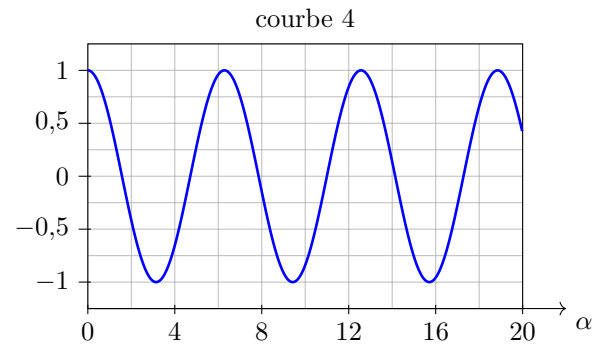
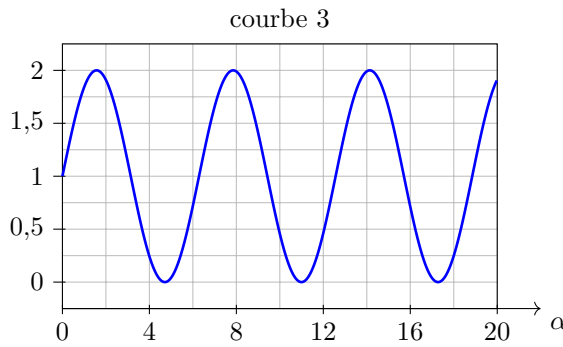
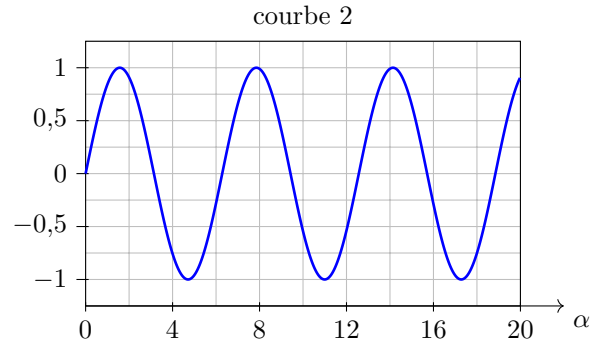
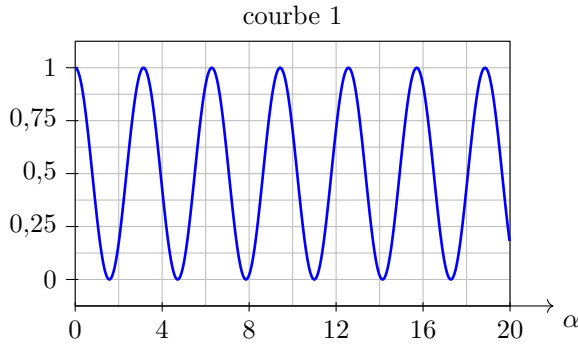
**Entraînement 2.4 — Formules d'addition.**



Mettre le signal  $A \sin(\omega t + \varphi)$  sous la forme  $B \cos(\omega t) + C \sin(\omega t)$ , où  $B$  et  $C$  sont des constantes à exprimer en fonction de  $A$  et  $\varphi$ .

.....

**Entraînement 2.5 — Représentations graphiques.**



Pour les quatre graphiques ci-dessus,  $\alpha$  est exprimé en radians.

Associer chaque fonction à sa courbe représentative.

a)  $\sin(\alpha)$  .....

c)  $1 + \sin(\alpha)$  .....

b)  $\cos(\alpha)$  .....

d)  $\cos^2(\alpha)$  .....

**Entraînement 2.6 — Formules trigonométriques.**



Le signal  $\cos(\omega t) + \sin(\omega t)$  peut s'écrire sous la forme :

(a)  $\cos^2(\omega t + \pi/4)$

(b)  $2 \cos(\omega t + \pi/4)$

(c)  $\sqrt{2} \sin(\omega t + \pi/4)$

.....

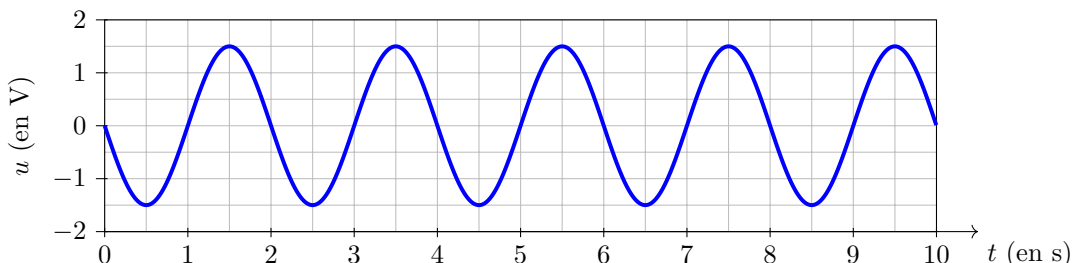


## Étude graphique

### Entraînement 2.7 — Paramètres d'un signal sinusoïdal.



En travaux pratiques, vous faites l'acquisition d'une tension sinusoïdale  $u(t) = U_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$  et obtenez l'oscillogramme ci-dessous.



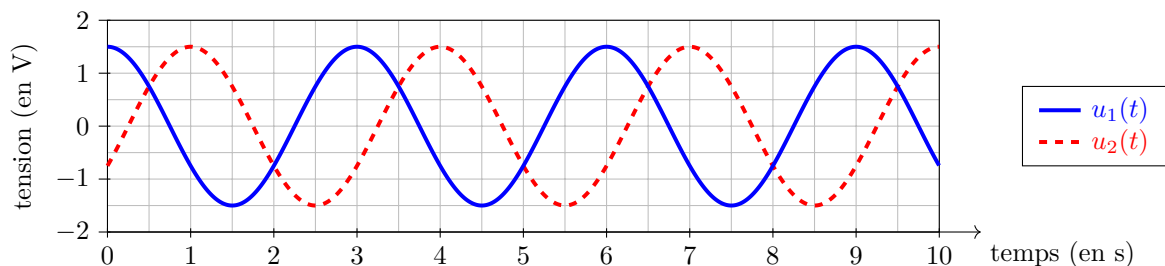
Par lecture graphique ou par le calcul, déterminer :

- |   |                      |                                  |                      |
|---|----------------------|----------------------------------|----------------------|
| a) l'amplitude $U_0$ .....              | <input type="text"/> | d) la fréquence $f$ .....        | <input type="text"/> |
| b) la phase à l'origine $\varphi$ ..... | <input type="text"/> | e) la pulsation $\omega$ . ..... | <input type="text"/> |
| c) la période $T$ .....                 | <input type="text"/> |                                  |                      |

### Entraînement 2.8 — Différence de phase.



La figure ci-dessous donne les représentations graphiques de deux signaux : le signal  $u_1(t) = U_0 \cos(\omega t)$  et le signal  $u_2(t) = U_0 \cos(\omega t + \varphi)$ , où on a  $\omega = \frac{2\pi}{3} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ .



- |  |                      |
|--|----------------------|
| a) Le signal $u_2(t)$ est-il en avance ou en retard sur $u_1(t)$ ? ..... | <input type="text"/> |
| b) En déduire le signe de $\varphi$ . .....                              | <input type="text"/> |
| c) Déterminer graphiquement $\varphi$ . .....                            | <input type="text"/> |

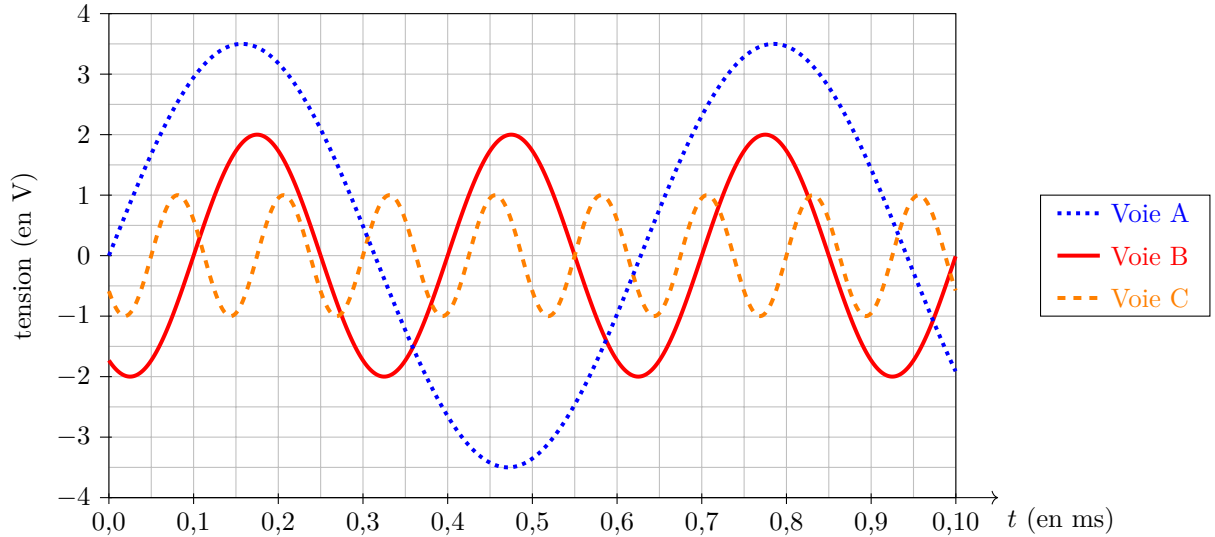
**Entraînement 2.9 — Qui est qui ?**



En travaux pratiques, vous faites l'acquisition de trois signaux périodiques :  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$  et  $u_3(t)$ .

Malheureusement, vous ne vous souvenez pas quelle voie d'acquisition vous avez utilisée pour chaque signal !

Vous savez que la tension  $u_1(t)$  a pour période 300  $\mu\text{s}$ , que la tension  $u_2(t)$  a pour fréquence 8,0 kHz et que la tension  $u_3(t)$  a pour pulsation  $1 \times 10^4 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ .



Attribuer chacun des graphes au signal qui lui correspond.

- a) Voie A .....       b) Voie B .....       c) Voie C .....

**Valeur moyenne et valeur efficace**

La valeur moyenne  $U_{\text{moy}}$  et la valeur efficace  $U_{\text{eff}}$  d'un signal  $u(t)$  périodique de période  $T$  sont définies par les formules :

$$U_{\text{moy}} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt \quad \text{et} \quad U_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u(t)^2 dt}.$$

**Entraînement 2.10 — Signal sinusoïdal.**



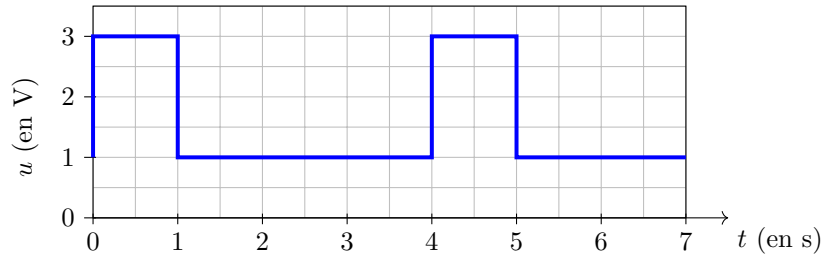
On considère le signal sinusoïdal  $u(t) = U_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$ .

- a) Calculer la valeur moyenne de  $u(t)$  .....
- b) Calculer la valeur efficace de  $u(t)$  .....

**Entraînement 2.11 — Un signal carré.**



On considère le signal périodique carré dissymétrique  $u(t)$  représenté ci-dessous.



Calculer :

- a) la valeur moyenne de  $u(t)$  .....       b) la valeur efficace de  $u(t)$  .....

**Entraînement 2.12 — Un signal carré, sans son dessin.**



On considère le signal périodique carré défini par  $u(t) = \begin{cases} U_0 & \text{si } 0 < t \leq T/2 \\ 0 & \text{si } T/2 < t \leq T. \end{cases}$

Calculer :

- a) la valeur moyenne de  $u(t)$  .....       b) la valeur efficace de  $u(t)$  .....

## Propagation d'un signal

Une onde progressive se propageant dans le sens des  $x$  croissants est un signal  $s(x, t)$  qui peut se mettre sous la forme

$$s(x, t) = f\left(t - \frac{x}{c}\right),$$

où  $f$  est une fonction mathématique quelconque. La grandeur  $c$  est la célérité de l'onde, c'est-à-dire sa vitesse de propagation.

**Entraînement 2.13 — Éclair et tonnerre.**



La foudre est une décharge électrique qui se produit pendant les orages et qui entraîne une lumière intense (l'éclair) et un grondement sourd (le tonnerre).

La lumière se propage à la vitesse  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  et le son se propage à la vitesse  $c_s = 344 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Vous mesurez à l'aide d'un chronomètre la durée entre le moment où vous voyez l'éclair et le moment où vous entendez le tonnerre : vous trouvez  $\Delta t = 5,0 \pm 0,5 \text{ s}$ .

- a) On considère que la lumière se propage instantanément entre le lieu de l'éclair et votre position.

Déterminer la distance à laquelle la foudre a frappé .....

- b) En déduire la durée de propagation de la lumière entre l'endroit où la foudre a frappé et votre position.

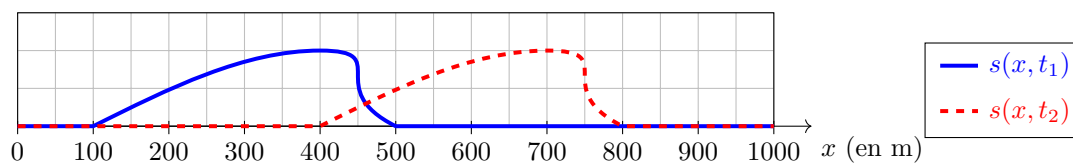
.....

- c) L'hypothèse faite à la première question est-elle justifiée? .....

**Entraînement 2.14 — Vitesse de propagation.**



Une vague  $s(x, t)$  se propage en direction des côtes. Ci-dessous, on représente l'allure de la surface de l'eau aux instants  $t_1 = 0$  min et  $t_2 = 1$  min.



Déterminer la vitesse de propagation de la vague en km/h. ....

**Entraînement 2.15 — Onde progressive sinusoïdale.**



Une onde progressive sinusoïdale a pour expression, en  $x = 0$

$$s(0, t) = 2 \sin(3,9 t + 0,3 \pi),$$

le temps  $t$  étant exprimé en secondes.

Elle se propage dans le sens des  $x$  croissants à la vitesse  $c = 30 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ .

a) Déterminer la période  $T$  du signal. ....

b) Déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  du signal. ....

c) Donner l'expression générale de  $s(x, t)$ . ....

**Réponses mélangées**

©	5,7 $\mu\text{s}$	$-\sin(\alpha)$	$-\frac{2\pi}{3}$ rad	En retard	$\frac{\pi}{2}$ rad	48 cm	$\varphi < 0$	oui
	$2A \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t\right)$	$\cos\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t\right)$	$\frac{U_0}{2}$	$u_2(t)$	$A \sin(\varphi) \cos(\omega t) + A \cos(\varphi) \sin(\omega t)$			
	0	$\cos(\alpha)$	1,5 V	$2A \sin\left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t\right)$	$\sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t\right)$	$u_1(t)$	$2 \cos(2t)$	
	Courbe 1	$-2 \sin(t + 4) \cos(t + 4)$	$= -\sin(2t + 8)$	Courbe 4	$\frac{U_0}{\sqrt{2}}$	$\cos(\alpha)$	2 s	
	$\cos^2(t) - \sin^2(t) = \cos(2t)$	18 km/h	$2 \sin(3,9t - 13x + 0,3\pi)$	1,5 V	$\sqrt{3}$ V	$u_3(t)$		
	1,7 km	Courbe 3	$-\sin(\alpha)$	0,5 Hz	Courbe 2	1,6 s	$\frac{U_0}{\sqrt{2}}$	$\pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

Pour les plus acharnés qui souhaiteraient se rassurer avec des révisions compliquées, vous pouvez suivre le cours en ligne : Physique : préparation à l'entrée dans l'enseignement supérieur disponible à l'adresse suivante :

<https://www.fun-mooc.fr/fr/cours/physique-preparation-a-lentree-dans-lenseignement-superieur/>

Le niveau du cours est élevé et dépasse souvent les attendus de fin de terminale.