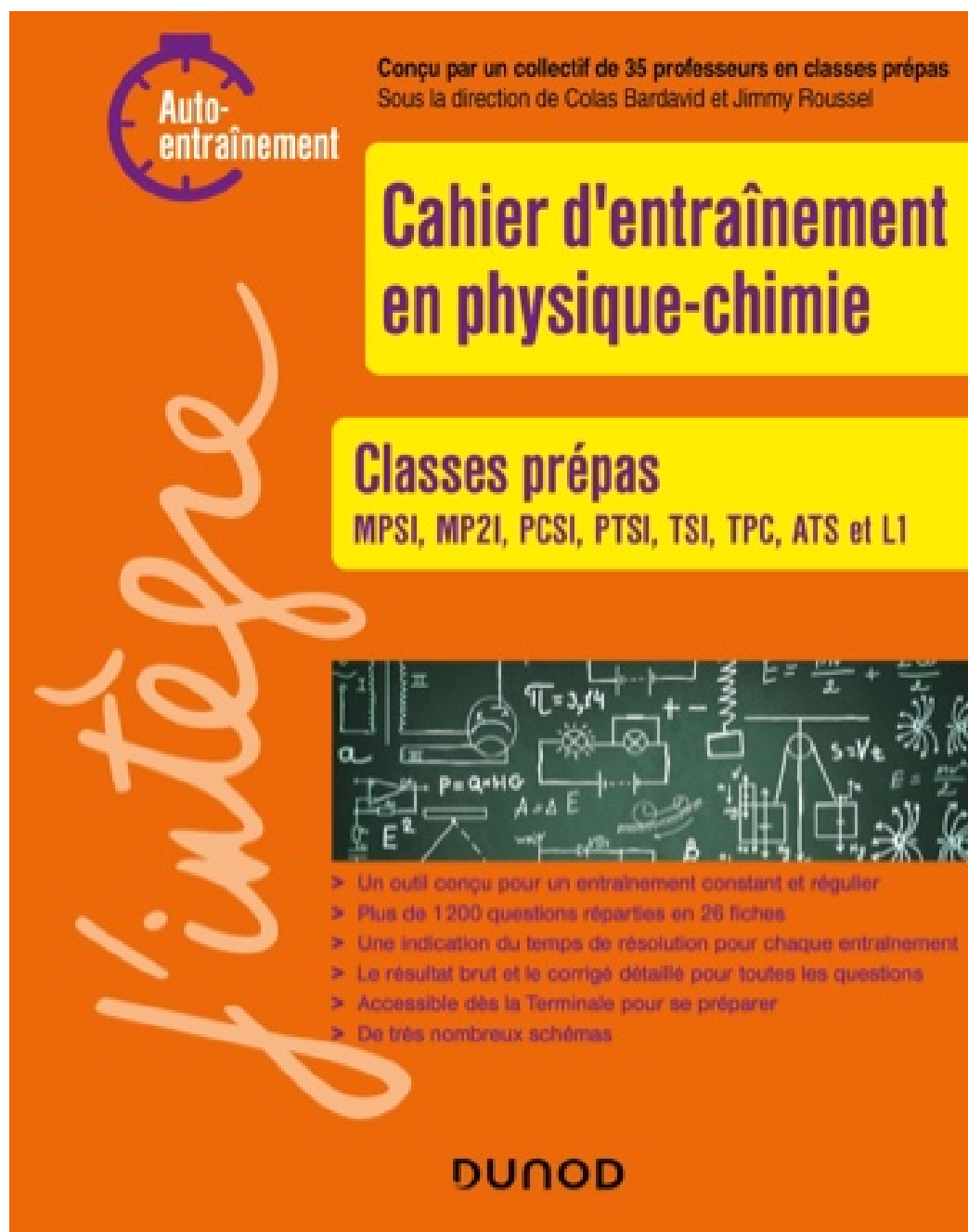


Nous vous proposons d'effectuer les premières pages de ce cahier d'entraînement pour vous familiariser avec certains des calculs élémentaires requis pour les Sciences Physiques en BCPST.

A plaisir de vous rencontrer en septembre,

Vos futurs professeurs



Ce cahier d'entraînement a été écrit collectivement par des professeurs en classes préparatoires scientifiques.

### **Coordination**

Colas BARDAVID et Jimmy ROUSSEL

### **Équipe des participants**

Stéphane BARGOT, Claire BOGGIO, Cécile BONNAND, Alexis BRÈS, Geoffroy BURGUNDER, Erwan CAPITAINE, Caroline CHEVALIER, Maxime DEFOSSEUX, Raphaëlle DELAGRANGE, Alexis DROUARD, Gaele DUMAS, Alexandre FAFIN, Jean-Julien FLECK, Aéla FORTUN, Florence GOUTVERG, Chahira HAJLAOUI, Mathieu HEBDING, Quinot ISABELLE, Lucas HENRY, Didier HÉRISSON, Jean-Christophe IMBERT, Fanny JOSPITRE, Tom KRISTENSEN, Emmanuelle LAAGE, Catherine LAVAINNE, Maxence MIGUEL-BREBION, Anne-Sophie MOREAU, Louis PÉAULT, Valentin QUINT, Alain ROBICHON, Caroline ROSSI-GENDRON, Nancy SAUSSAC, Anthony YIP

Le pictogramme 🕒 de l'horloge a été créé par Ralf SCHMITZER (The Noun Project).

Le pictogramme 🚧 du bulldozer a été créé par Ayub IRAWAN (The Noun Project).

La photographie de la couverture vient de TWITTER. L'illustration est utilisée à des fins pédagogiques et les droits restent réservés.

# Sommaire

*Mode d'emploi du cahier d'entraînement* ..... v

---

## Généralités

fiche 1. Conversions ..... 3

fiche 2. Signaux ..... 9

---

## Électricité

fiche 3. Étude des circuits électriques I ..... 15

fiche 4. Étude des circuits électriques II ..... 21

fiche 6. Énergie et puissance électriques ..... 41

---

## Optique

fiche 8. Sources lumineuses et lois de Snell-Descartes ..... 64

---

## Mécanique

fiche 10. Cinématique ..... 76

fiche 11. Principe fondamental de la dynamique ..... 83

---

---

## Thermodynamique

- fiche 18. Gaz parfaits ..... 133
- fiche 19. Premier Principe ..... 138
- fiche 20. Second principe et machines thermiques ..... 145
- fiche 21. Statique des fluides ..... 152

---

## Chimie

- fiche 22. Fondamentaux de la chimie des solutions ..... 161
- fiche 23. Fondamentaux de la chimie en phase gazeuse ..... 169
- fiche 24. Réactions chimiques ..... 176
- fiche 25. Cinétique chimique ..... 184

---

## Chiffres significatifs et incertitudes

- fiche 26. Chiffres significatifs et incertitudes ..... 193

# Mode d'emploi

## Qu'est-ce que le cahier d'entraînement ?

Le *cahier d'entraînement en physique/chimie* est un outil destiné à renforcer l'acquisition de **réflexes utiles en physique et en chimie**.

*Il ne se substitue en aucun cas aux TD donnés par votre professeur* ; travailler avec ce cahier d'entraînement vous permettra en revanche d'aborder avec plus d'aisance les exercices de physique/chimie.

Pour donner une analogie, on pourrait dire que ce cahier d'entraînement est comparable aux **exercices de musculation** qu'un athlète fait : ils sont nécessaires pour mieux réussir le jour J lors de la compétition ; mais ils ne sont pas suffisants : certes un coureur de sprint fait de la musculation, mais il fait également tout un tas d'autres choses.

Il a été conçu par une large équipe de professeurs en classes préparatoires, tous soucieux de vous apporter un outil utile et qui vous apportera de l'aide.

## Comment est-il organisé ?

Le cahier est organisé en *fiches d'entraînement*, chacune correspondant à un thème issu du programme de première année d'enseignement supérieur.

Les thèmes choisis sont dans l'ensemble au programme de toutes les CPGE. De rares thèmes sont spécifiques à la filière PCSI, mais les intitulés sont suffisamment clairs pour que vous identifiez facilement les fiches qui vous concernent.

Chaque fiche est composée d'une suite de petits exercices, appelés *entraînements*, dont le temps de résolution estimé est indiqué par une (            ), deux (            ), trois (            ) ou quatre (            ) horloges.

## Les exercices « bulldozer »

Certains entraînements sont accompagnés d'un pictogramme représentant un bulldozer.



Ces entraînements sont **basiques et transversaux**.

Les compétences qu'ils mettent en jeu ne sont pas forcément spécifiques au thème de la fiche et peuvent être transversales.

*Ce pictogramme a été choisi car le bulldozer permet de construire les fondations, et que c'est sur des fondations solides que l'on bâtit les plus beaux édifices.*

## Comment utiliser ce cahier ?

Le cahier d'entraînement ne doit pas remplacer vos TD. Il s'agit d'un outil à utiliser en complément de votre travail « normal » en physique (apprentissage du cours, recherche de TD, recherche des DM).

### Un travail personnalisé.

Le cahier d'entraînement est prévu pour être **utilisé en autonomie**.

Choisissez vos entraînements en fonction des difficultés que vous rencontrez, des chapitres que vous étudiez, ou bien en fonction des conseils de votre professeur.

Ne cherchez pas à faire linéairement ce cahier : les fiches ne sont pas à faire dans l'ordre, mais en fonction des points que vous souhaitez travailler.

### Un travail régulier.

Pratiquez l'entraînement à un rythme régulier : **une dizaine de minutes par jour** par exemple. Privilégiez un travail régulier sur le long terme plutôt qu'un objectif du type « faire dix fiches par jour pendant les vacances ».

### Un travail efficace.

Utilisez les réponses et les corrigés de façon appropriée : il est important de chercher suffisamment par vous-même avant d'aller les regarder. Il faut vraiment **chercher les entraînements** jusqu'au bout afin que le corrigé vous soit profitable.

## Une erreur ? Une remarque ?

Si jamais vous voyez une erreur d'énoncé ou de corrigé, ou bien si vous avez une remarque à faire, n'hésitez pas à écrire à l'adresse [cahier.entrainement@gmail.com](mailto:cahier.entrainement@gmail.com).

Si vous pensez avoir décelé une erreur, merci de donner aussi l'identifiant de la fiche, écrit en gris en haut à gauche de chaque fiche.

## 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 type="text"/> | c) 3 mm .....  | <input type="text"/> | e) 5,2 pm .... | <input type="text"/> |
| b) 2,5 km .... | <input type="text"/> | d) 7,2 nm .... | <input type="text"/> | f) 13 fm ..... | <input type="text"/> |

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

Écrire les longueurs suivantes en mètre et en écriture scientifique.

- |                |                      |                |                      |                |                      |
|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|
| a) 150 km .... | <input type="text"/> | c) 234 cm .... | <input type="text"/> | e) 0,23 mm ..  | <input type="text"/> |
| b) 0,7 pm .... | <input type="text"/> | d) 120 nm .... | <input type="text"/> | f) 0,41 nm ... | <input type="text"/> |

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

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

- |                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| a) Calculer $v$ en m/s .....  | <input type="text"/> |
| b) Calculer $v$ en km/h ..... | <input type="text"/> |

### Entraînement 1.4 — Avec des joules.

On considère la grandeur  $T = 0,67$  kW · 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).

- |   |  |
|---|--|
| a) Soleil (en Rg) ..... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>  | f) Terre (en Qg) ..... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>    |
| b) Soleil (en Qg) ..... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>  | g) proton (en rg) ..... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>   |
| c) Jupiter (en Rg) ..... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> | h) proton (en qg) ..... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>   |
| d) Jupiter (en Qg) ..... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> | i) électron (en rg) ..... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> |
| e) Terre (en Rg) ..... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>   | j) électron (en qg) ..... <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/> |



# 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  $\text{kg}/\text{m}^3$ ? .....
- b) Quelle est la masse volumique de la farine? .....

**Entraînement 1.17 — Densité.**

La densité d'un corps est le rapport  $\frac{\rho_{\text{corps}}}{1\,000 \text{ kg}/\text{m}^3}$ , 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  $\text{kg}/\text{m}^3$ )?

**Entraînement 1.18 — Un combat de masse.**

On possède un cube de 10 cm en plomb de masse volumique  $11,20 \text{ g}/\text{cm}^3$  et une boule de rayon 15 cm en or de masse volumique  $19\,300 \text{ kg}/\text{m}^3$ . 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)? .....

# Signaux

**Prérequis**

Fonctions trigonométriques.

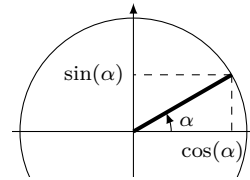
Signaux périodiques (fréquence, période, pulsation, longueur d'onde, phase).

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

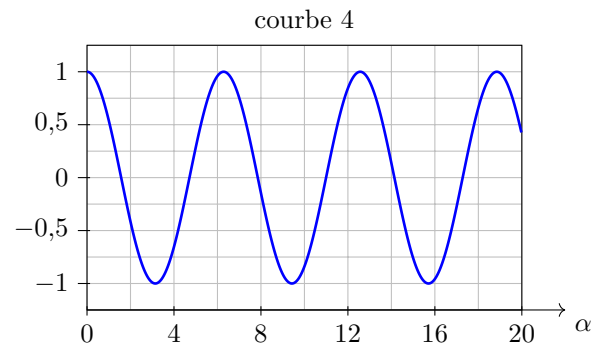
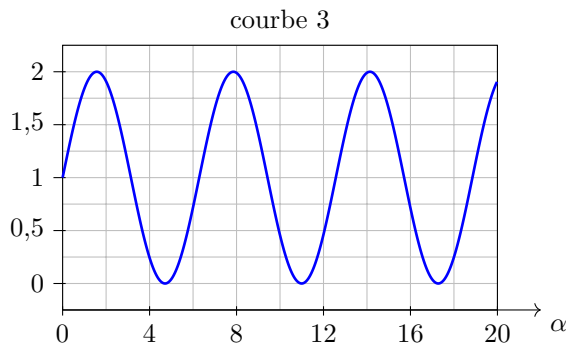
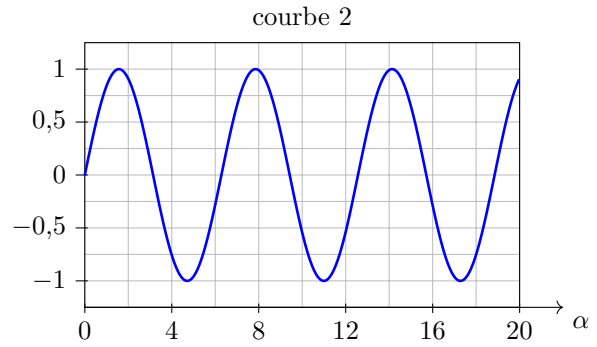
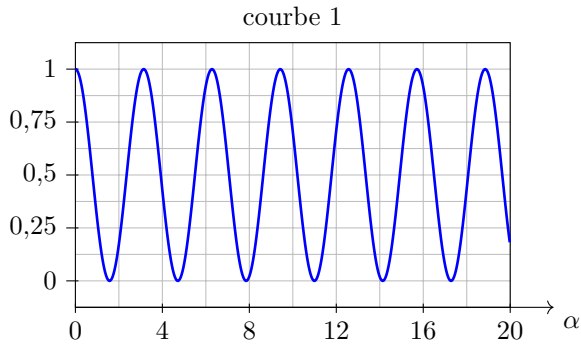
b)  $A \cos(\omega_1 t) - A \cos(\omega_2 t)$  .....

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

.....

## Chiffres significatifs et incertitudes

### Prérequis

- Les incertitudes sont à donner avec deux chiffres significatifs.
- Toutes les incertitudes fournies sont des incertitudes-type.

Ainsi, si le résultat d'une mesure de vitesse est de 30 mètres par seconde avec une incertitude-type de 1 mètre par seconde, on notera cette vitesse

$$v = (30,0 \pm 1,0) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

## Résultats numériques

### Entraînement 26.1 — Écriture scientifique.

Réécrire les nombres en utilisant l'écriture scientifique. On veillera à garder les chiffres significatifs.

- |                    |                      |                                 |                      |
|--------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|
| a) 31,5 .....      | <input type="text"/> | e) 2 023,9 .....                | <input type="text"/> |
| b) 0,0019 .....    | <input type="text"/> | f) 7 300 .....                  | <input type="text"/> |
| c) 0,8120 .....    | <input type="text"/> | g) $330 \times 10^6$ .....      | <input type="text"/> |
| d) 1 600 002 ..... | <input type="text"/> | h) $70,22 \times 10^{-4}$ ..... | <input type="text"/> |

### Entraînement 26.2 — Combien de chiffres significatifs ?

Indiquer le nombre de chiffres significatifs des grandeurs mesurées suivantes :

- |   |                      |  |                      |
|---|----------------------|--|----------------------|
| a) une intensité électrique de 0,39 A. .. | <input type="text"/> | c) une vitesse de $12,250 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . .... | <input type="text"/> |
| b) une tension de 12,84 mV. ....          | <input type="text"/> | d) une longueur de 0,0020 m. ....                                | <input type="text"/> |

### Entraînement 26.3 — Opérations et chiffres significatifs.

Effectuer les calculs en gardant le bon nombre de chiffres significatifs.

- a) Combien de kilomètres sont parcourus en 6,0 min par une voiture roulant à une vitesse moyenne  $v = 80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  ? .....
- 
- b) Quel est le périmètre d'un rectangle de largeur 6 mm et de longueur 15 cm ? .....
- 

Le gain d'un pont diviseur de tension vaut  $G = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ . On effectue le montage avec une résistance  $R_1 = 0,9 \text{ k}\Omega$  et d'une résistance  $R_2 = 100 \Omega$ .

- c) Que vaut le gain  $G$  ? .....
-

**Entraînement 26.4** — Incertitude et chiffres significatifs.

Une mesure de focale donne pour résultat  $f' = 12,016\,835\,7$  cm avec une incertitude-type de  $32,316\,648\,2$  mm. Quel sera votre résultat numérique final ?

- (a)  $f' = (12 \pm 3)$  cm                      (c)  $f' = (12,0 \pm 3,2)$  cm  
(b)  $f' = (120 \pm 65)$  mm                    (d)  $f' = (120 \pm 33)$  mm

## Propagation des erreurs

**Prérequis**

On considère deux grandeurs expérimentales indépendantes  $x$  et  $y$ , et  $z = f(x, y)$  une grandeur calculée.

L'incertitude-type  $u(z)$  est reliée à celles de  $x$  et  $y$  via les relations :

$$u(z)^2 = a^2 u^2(x) + b^2 u^2(y) \quad \text{si } z = ax + by$$

$$\left(\frac{u(z)}{z}\right)^2 = a^2 \left(\frac{u(x)}{x}\right)^2 + b^2 \left(\frac{u(y)}{y}\right)^2 \quad \text{si } z = cx^a y^b$$

où  $a$ ,  $b$  et  $c$  sont des paramètres fixés.

**Entraînement 26.5** — Pour commencer.

On mesure  $x = (10,0 \pm 0,2)$  m et  $y = (9,1 \pm 0,3)$  m.

Calculer :

- a)  $x + y$  .....   
b)  $x - y$  .....   
c)  $x \times y$  .....   
d)  $\frac{y}{x}$  .....

**Entraînement 26.6** — Dosage d'une solution.

On dose une solution acide de concentration  $c_A$  inconnue. Le volume de solution dosée est  $V_A$ , et la solution utilisée pour le dosage est de concentration  $c_B$ . À l'équivalence, un volume  $V_B$  de base est versée et l'on a

$$c_A = \frac{c_B \times V_B}{V_A}$$

La base est préparée de sorte à avoir  $c_B = (100,0 \pm 2,0)$  mmol · L<sup>-1</sup>.

De plus, on mesure les volumes  $V_A = (20,00 \pm 0,10)$  mL et  $V_B = (11,80 \pm 0,10)$  mL.

Quel résultat obtient-on pour  $c_A$  ? (en mmol · L<sup>-1</sup>) .....



**Entraînement 26.7** — Puissance électrique dans une résistance.

On désire mesurer la puissance dissipée par effet Joule dans une résistance, donnée par  $\mathcal{P} = U \times I = RI^2$ .  
Donner la puissance (exprimée en watts) et son incertitude pour les mesures suivantes :

a)  $U = (2,382 \pm 0,050) \text{ V}$  et  $I = (0,500 \pm 0,010) \text{ A}$  .....

b)  $I = (0,500 \pm 0,010) \text{ A}$  et  $R = (4,70 \pm 0,14) \Omega$  .....

c) Ces deux mesures sont-elles compatibles?

a) Oui

b) Non

.....

**Entraînement 26.8** — Diamètre d'un tube.

On mesure l'épaisseur d'un tube cylindrique au pied à coulisse.

Le diamètre intérieur du tube est  $d = (6,8 \pm 0,1) \text{ mm}$  et le diamètre extérieur  $D = (10,3 \pm 0,1) \text{ mm}$ .

a) Exprimer l'épaisseur  $e$  du tube en fonction de  $d$  et  $D$ .

a)  $\pi(D^2 - d^2)$

b)  $\frac{D-d}{2}$

c)  $\sqrt{D^2 + d^2}$

d)  $\frac{d-D}{2}$

.....

b) En déduire l'expression de l'incertitude-type sur l'épaisseur  $u(e)$  en fonction de  $D$ ,  $d$ ,  $u(d)$  et  $u(D)$ .

a)  $\frac{1}{2}\sqrt{u^2(D) + u^2(d)}$

c)  $\sqrt{u^2(D) + u^2(d)}$

b)  $\sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(d)}{d}\right)^2}$

d)  $\frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(d)}{d}\right)^2}$

.....

c) En déduire le résultat de la mesure de  $e$ .

a)  $e = (1,75 \pm 0,07) \text{ mm}$

c)  $e = (1,8 \pm 0,1) \text{ mm}$

b)  $e = (1,75 \pm 0,10) \text{ mm}$

d)  $e = (1,750 \pm 0,071) \text{ mm}$

.....

**Entraînement 26.9** — Analyse d'une figure de diffraction.

On mesure la figure de diffraction obtenue en interposant un cheveu entre un écran et un laser. La distance entre le cheveu et l'écran est  $D = (3 \pm 10 \times 10^{-3}) \text{ m}$  la longueur d'onde du laser  $\lambda = (632,80 \pm 0,10) \text{ nm}$ , et l'on observe une tache de diffraction de largeur  $\ell = (5,10 \pm 0,30) \text{ cm}$ .

Le diamètre  $d$  du cheveu peut alors se déduire de ces mesures *via* la relation :

$$d = 2 \frac{\lambda D}{\ell}.$$

a) Exprimer l'incertitude  $u(d)$  en fonction de  $d$ ,  $\lambda$ ,  $D$ ,  $\ell$ ,

et de  $u(\lambda)$ ,  $u(D)$  et  $u(\ell)$  .....

b) Quel résultat obtient-on pour  $d$ ? (en  $\mu\text{m}$ ) .....

## Fiche n° 1. Conversions

### Réponses

1.1 a) .....	$1 \cdot 10^{-1} \text{ m}$	1.6 h) .....	$1,67 \cdot 10^6 \text{ qg}$	1.13 a) .....	$4,43 \cdot 10^{16} \text{ m}$
1.1 b) .....	$2,5 \cdot 10^3 \text{ m}$	1.6 i) .....	$9,10 \cdot 10^{-1} \text{ rg}$	1.13 b) .....	$4,33 \cdot 10^{13} \text{ km}$
1.1 c) .....	$3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$	1.6 j) .....	$9,10 \cdot 10^2 \text{ qg}$	1.14 a) .....	$10\,000 \text{ m}^2$
1.1 d) .....	$7,2 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	1.7 a) .....	$250 \text{ g}$	1.14 b) .....	$0,01 \text{ km}^2$
1.1 e) .....	$5,2 \cdot 10^{-12} \text{ m}$	1.7 b) .....	$200 \text{ g}$	1.14 c) .....	$6,72 \cdot 10^{11} \text{ m}^2$
1.1 f) .....	$1,3 \cdot 10^{-14} \text{ m}$	1.7 c) .....	$125 \text{ g}$	1.14 d) .....	$6,72 \cdot 10^7 \text{ ha}$
1.2 a) .....	$1,50 \cdot 10^5 \text{ m}$	1.7 d) .....	$5 \text{ g}$	1.14 e) .....	$5,89 \cdot 10^8 \text{ m}^2$
1.2 b) .....	$7 \cdot 10^{-13} \text{ m}$	1.8 a) .....	$10\%$	1.14 f) .....	$5,89 \cdot 10^4 \text{ ha}$
1.2 c) .....	$2,34 \text{ m}$	1.8 b) .....	$0,7\%$	1.15 a) .....	oui
1.2 d) .....	$1,20 \cdot 10^{-7} \text{ m}$	1.8 c) .....	$50\%$	1.15 b) .....	oui
1.2 e) .....	$2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$	1.8 d) .....	$5\%$	1.16 a) .....	$1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
1.2 f) .....	$4,1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	1.8 e) .....	$180\%$	1.16 b) .....	$625 \text{ kg/m}^3$
1.3 a) .....	$7,3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$	1.8 f) .....	$0,5\%$	1.17 a) .....	$7,87$
1.3 b) .....	$2,6 \cdot 10^7 \text{ km/h}$	1.9 .....	$5,2\%$	1.17 b) .....	$1,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
1.4 .....	$2,4 \text{ MJ}$	1.10 a) .....	$1,03 \times 10^3 \text{ TWh}$	1.18 .....	La boule en or
1.5 .....	$5,5 \cdot 10^{-2} \Omega$	1.10 b) .....	$722 \text{ TWh}$	1.19 .....	non
1.6 a) .....	$1,99 \cdot 10^6 \text{ Rg}$	1.10 c) .....	$406 \text{ TWh}$	1.20 .....	voiture
1.6 b) .....	$1,99 \cdot 10^3 \text{ Qg}$	1.10 d) .....	$113 \text{ TWh}$	1.21 a) .....	$30 \text{ dm/s}$
1.6 c) .....	$1,90 \cdot 10^3 \text{ Rg}$	1.10 e) .....	$64 \text{ TWh}$	1.21 b) ...	$1 \text{ année-lumière/an}$
1.6 d) .....	$1,90 \text{ Qg}$	1.10 f) .....	$62 \text{ TWh}$	1.22 a) .....	$0,017 \text{ tr/min}$
1.6 e) .....	$5,97 \text{ Rg}$	1.10 g) .....	$41 \text{ TWh}$	1.22 b) .....	$0,001\,7 \text{ rad/s}$
1.6 f) .....	$5,97 \cdot 10^{-3} \text{ Qg}$	1.10 h) .....	$134 \text{ TWh}$	1.22 c) ....	$1,90 \cdot 10^{-6} \text{ tr/min}$
1.6 g) .....	$1,67 \cdot 10^3 \text{ rg}$	1.11 .....	l'or	1.22 d) .....	$1,99 \cdot 10^{-7} \text{ rad/s}$
		1.12 a) .....	$1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$		
		1.12 b) ....	$0,000\,000\,000\,1 \text{ m}$		

## Fiche n° 2. Signaux

### Réponses

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

2.1 b) .....  $-\sin(\alpha)$

2.1 c) .....  $\cos(\alpha)$

2.1 d) .....  $\cos(\alpha)$

2.2 a) .....  $2 \cos(2t)$

2.2 b) ...  $-2 \sin(t + 4) \cos(t + 4) = -\sin(2t + 8)$

2.2 c) .....  $\cos^2(t) - \sin^2(t) = \cos(2t)$

2.3 a) .....  $2A \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}t\right) \cos\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}t\right)$

2.3 b) .....  $2A \sin\left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2}t\right) \sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}t\right)$

2.4 .....  $A \sin(\varphi) \cos(\omega t) + A \cos(\varphi) \sin(\omega t)$

2.5 a) ..... Courbe 2

2.5 b) ..... Courbe 4

2.5 c) ..... Courbe 3

2.5 d) ..... Courbe 1

2.6 .....  $\textcircled{c}$

## Fiche n° 26. Chiffres significatifs et incertitudes

### Réponses

26.1 a) .....	$3,15 \times 10^1$	26.7 a) .....	$(1,191 \pm 0,035) \text{ W}$
26.1 b) .....	$1,9 \times 10^{-3}$	26.7 b) .....	$(1,175 \pm 0,059) \text{ W}$
26.1 c) .....	$8,120 \times 10^{-1}$	26.7 c) .....	(a)
26.1 d) .....	$1,600\,002 \times 10^6$	26.8 a) .....	(b)
26.1 e) .....	$2,0239 \times 10^3$	26.8 b) .....	(a)
26.1 f) .....	$7,300 \times 10^3$	26.8 c) .....	(d)
26.1 g) .....	$3,30 \times 10^8$	26.9 a) .....	$d \sqrt{\left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(\ell)}{\ell}\right)^2}$
26.1 h) .....	$7,022 \times 10^{-3}$	26.9 b) .....	$(74,4 \pm 4,4) \mu\text{m}$
26.2 a) .....	2	26.10 a) .....	4,9295 V
26.2 b) .....	4	26.10 b) .....	0,472 V
26.2 c) .....	5	26.10 c) .....	$(4,93 \pm 0,15) \text{ V}$
26.2 d) .....	2	26.11 .....	$(25,017 \pm 0,092) \text{ cm}$
26.3 a) .....	8,0 km	26.12 .....	(a)
26.3 b) .....	31 cm	26.13 a) .....	$(1,780 \pm 0,050) \text{ mm}$
26.3 c) .....	$1,0 \times 10^{-1}$	26.13 b) .....	$(2,49 \pm 0,14) \text{ mm}^2$
26.4 .....	(c) et (d)	26.14 a) .....	(b)
26.5 a) .....	$(19,10 \pm 0,36) \text{ m}$	26.14 b) .....	(b)
26.5 b) .....	$(0,90 \pm 0,36) \text{ m}$	26.14 c) .....	(a)
26.5 c) .....	$(91,0 \pm 3,5) \text{ m}^2$		
26.5 d) .....	$0,910 \pm 0,035$		
26.6 .....	$(59,0 \pm 1,4) \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$		