

Cahier d'entraînement en physique-chimie

Page web du *Cahier d'entraînement*,
dernières versions



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 CAPITAINÉ, Caroline CHEVALIER, Maxime DEFOSSEUX, Raphaëlle DELAGRANGE, Alexis DROUARD, Gaëlle DUMAS, Alexandre FAFIN, Jean-Julien FLECK, Aéla FORTUN, Florence GOUTVERG, Chahira HAJLAOUI, Mathieu HEBDING, Lucas HENRY, Didier HÉRISSON, Jean-Christophe IMBERT, Fanny JOSPITRE, Tom KRISTENSEN, Emmanuelle LAAGE, Catherine LAVAINNE, Maxence MIGUEL-BREBION, Anne-Sophie MOREAU, Louis PÉAULT, Isabelle QUINOT, 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).

Unités et multiples

Exercice 1 — Multiples du mètre (I).



Écrire les longueurs suivantes en mètres 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"/> |

Exercice 2 — Multiples du mètre (II).



Écrire les longueurs suivantes en mètres 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"/> |

Exercice 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 type="text"/> |
| b) Calculer v en km/h | <input type="text"/> |

Exercice 4 — Avec des joules.



On considère la grandeur $T = 0,67 \text{ kWh}$. On rappelle que $1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$.

Convertir T en joules, en utilisant le multiple le mieux adapté

Exercice 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 « Ω ». L'unité notée « S » est le siemens ; on a $1 \Omega = 1 \text{ S}^{-1}$.

Calculer R (en ohms)

Exercice 6 — Ronna, ronto, quetta et quecto.

En novembre 2022, lors de la 27^e 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)		f) Terre (en Qg)	
b) Soleil (en Qg)		g) proton (en rg)	
c) Jupiter (en Rg)		h) proton (en qg)	
d) Jupiter (en Qg)		i) électron (en rg)	
e) Terre (en Rg)		j) électron (en qg)	

Règle de trois et pourcentages**Exercice 7 — Un peu de cuisine.**

Les ingrédients pour un gâteau sont : 4 ufs, 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 ?		c) sucre ?	
b) beurre ?		d) sel ?	

Exercice 8 — Pourcentages.

Convertir en pourcentage :

a) 0,1		d) $\frac{1}{20}$	
b) 0,007		e) $\frac{9}{5}$	
c) $\frac{1}{2}$		f) un quart de 2%	

Exercice 9 — Énergie en France (I).

Les origines de l'énergie primaire consommée en France (en 2020) sont : 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.) ?

Exercice 10 — Énergie en France (II).

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

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

a) nucléaire

e) charbon

b) pétrole

f) hydraulique

c) gaz

g) éolien

d) biomasse

h) autre

Exercice 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 « parties par million » (notée « ppm »).

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

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

Quel est l'élément le moins abondant ?

Longueurs, surfaces et volumes**Exercice 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) ?

Exercice 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) ?

Exercice 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 km^2 . Un hectare (ha) est la surface d'un carré de 100 m de côté.

Donner les superficies suivantes :

a) un hectare (en m^2)

d) la France (en ha)

b) un hectare (en km^2)

e) Bornholm (en m^2)

c) la France (en m^2)

f) Bornholm (en ha)

Exercice 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**Exercice 16 — Masse volumique.**

Si on néglige la masse du contenant, 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 kg/m^3 ?

b) Quelle est la masse volumique de la farine ?

Exercice 17 — Densité.

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

Exercice 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 ?

Exercice 19 — Prendre le volant ?

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

A-t-on le droit de conduire avec 2 mg dalcool dans $1\,000 \text{ mm}^3$ de sang ?

Autour de la vitesse**Exercice 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 ?

Exercice 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 ?

Exercice 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) ?

Résultats numériques**Exercice 23 — Écriture scientifique.**

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

a) 31,5

e) 2023,9

b) 0,0019

f) 7300

c) 0,8120

g) 330×10^6

d) 1600002

h) $70,22 \times 10^{-4}$

Exercice 24 — Combien de chiffres significatifs ?

Indiquer le nombre de chiffres significatifs des grandeurs mesurées suivantes :

a) une intensité électrique de 0,39 A

c) une vitesse de 12,250 km · h⁻¹

b) une tension de 12,84 mV

d) une longueur de 0,002 0 m

Exercice 25 — 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 une résistance $R_2 = 100 \Omega$.

c) Que vaut le gain G ?

Exercice 26 — Incertitude et chiffres significatifs.

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

(a) $f' = (12 \pm 3) \text{ cm}$

(c) $f' = (12,0 \pm 3,2) \text{ cm}$

(b) $f' = (120 \pm 65) \text{ mm}$

(d) $f' = (120 \pm 33) \text{ mm}$

.....

Propagation des erreurs**Exercice 27 — Pour commencer.**

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

Calculer :

a) $x + y$

b) $x - y$

c) $x \times y$

d) $\frac{y}{x}$

Exercice 28 — Dosage d'une solution.

On dose une solution acide de concentration c_A inconnue. Le volume de la 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 versé et l'on a :

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

La base est préparée de sorte à avoir $c_B = (100,0 \pm 2,0) \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

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

Quel résultat obtient-on pour c_A ? (en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)

Exercice 29 — Puissance électrique dans une résistance.

On désire mesurer la puissance dissipée par effet Joule dans une résistance, donnée par $\mathcal{P} = U \times I = R I^2$.

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

.....

Exercice 30 — 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) $e = (1,750 \pm 0,071) \text{ mm}$

.....

Exercice 31 — 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 $D = (3 \pm 10 \times 10^{-3})$ m, la longueur d'onde du laser $\lambda = (632,80 \pm 0,10)$ nm, et l'on observe une tache de diffraction de largeur $\ell = (5,10 \pm 0,30)$ 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 , λ , D , ℓ ,

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

b) Quel résultat obtient-on pour d ? (en μm)

Incertitudes expérimentales**Exercice 32 — Série de mesures.**

On procède à $n = 10$ mesures d'une tension. Le tableau ci-dessous recense les résultats :

Mesure n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_i (en V)	4,955	5,596	4,271	4,955	5,164	5,371	4,671	4,736	5,393	4,183

a) Que vaut la moyenne arithmétique $m = \frac{1}{n} \sum_i U_i$ de la série?

b) Calculer l'écart-type expérimental de la série $\sigma_U = \sqrt{\frac{\sum_i (U_i - m)^2}{n - 1}}$

L'incertitude-type de m est donnée par $u(m) = \frac{\sigma_U}{\sqrt{n}}$.

c) En déduire le résultat final de la mesure

Exercice 33 — Focométrie.

On procède à des mesures d'une distance focale (notée f') ; le tableau ci-dessous recense les résultats :

f' (en cm)	24,6	24,5	25,1	25,1	25,3	25,4	24,9	24,8	24,9	25,4	25,3	24,9
--------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Donner le résultat final de la mesure

Exercice 34 — Résistances en série.

On dispose de n résistances identiques, dont l'incertitude relative est donnée à 1 %. On les monte en série. Ainsi, la résistance totale est égale à la somme des résistances individuelles.

Quelle est l'incertitude relative pour la résistance totale lorsque $n = 5$?

(a) 0,44 %

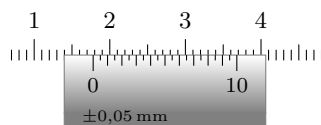
(b) 1 %

(c) 2,2 %

.....

Exercice 35 — Mesure au pied à coulisse.

On mesure le diamètre d d'un fil de cuivre au pied à coulisse (on prendra $u(d) = 0,050 \text{ mm}$) :



a) Que vaut le diamètre ?

b) En déduire la section droite du fil (en mm^2)

Autour du z-score**Exercice 36 — Z-scores et compatibilité.**

Dans chaque situation, deux valeurs d'une même grandeur sont obtenues indépendamment.

Indiquer, en calculant leurs z-scores, si ces valeurs sont compatibles :

a) La vitesse du son dans l'air est déterminée expérimentalement à $(349,0 \pm 2,3) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Une table de référence donne $(344,08 \pm 0,69) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

(a) Oui, elles sont compatibles

(b) Non, elles ne le sont pas

.....

b) Une température est mesurée par deux groupes en TP. Le premier groupe obtient $(52,900 \pm 0,060) ^\circ\text{C}$, le second $(53,100 \pm 0,060) ^\circ\text{C}$.

(a) Oui, elles sont compatibles

(b) Non, elles ne le sont pas

.....

c) Une lentille est vendue pour avoir une focale de 25 cm. Lors d'une séance de TP, cette focale est mesurée à $(24,05 \pm 0,85) \text{ cm}$.

(a) Oui, elles sont compatibles

(b) Non, elles ne le sont pas

.....

Réponses

1 a)	$1 \cdot 10^{-1} \text{ m}$	8 c)	50 %	21 b)	1 année-lumière/an
1 b)	$2,5 \cdot 10^3 \text{ m}$	8 d)	5 %	22 a)	0,017 tour/min
1 c)	$3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$	8 e)	180 %	22 b)	0,001 7 rad/s
1 d)	$7,2 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	8 f)	0,5 %	22 c)	$1,90 \cdot 10^{-6} \text{ tour/min}$
1 e)	$5,2 \cdot 10^{-12} \text{ m}$	9	5,2 %	22 d)	$1,99 \cdot 10^{-7} \text{ rad/s}$
1 f)	$1,3 \cdot 10^{-14} \text{ m}$	10 a)	$1,03 \times 10^3 \text{ TWh}$	23 a)	$3,15 \times 10^1$
2 a)	$1,50 \cdot 10^5 \text{ m}$	10 b)	722 TWh	23 b)	$1,9 \times 10^{-3}$
2 b)	$7 \cdot 10^{-13} \text{ m}$	10 c)	406 TWh	23 c)	$8,120 \times 10^{-1}$
2 c)	2,34 m	10 d)	113 TWh	23 d)	$1,600\,002 \times 10^6$
2 d)	$1,20 \cdot 10^{-7} \text{ m}$	10 e)	64 TWh	23 e)	$2,023\,9 \times 10^3$
2 e)	$2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$	10 f)	62 TWh	23 f)	$7,300 \times 10^3$
2 f)	$4,1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	10 g)	41 TWh	23 g)	$3,30 \times 10^8$
3 a)	$7,3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$	10 h)	134 TWh	23 h)	$7,022 \times 10^{-3}$
3 b)	$2,6 \cdot 10^7 \text{ km/h}$	11	l'or	24 a)	2
4	2,4 MJ	12 a)	$1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	24 b)	4
5	$5,5 \cdot 10^{-2} \Omega$	12 b)	0,000 000 000 1 m	24 c)	5
6 a)	$1,99 \cdot 10^6 \text{ Rg}$	13 a)	$4,43 \cdot 10^{16} \text{ m}$	24 d)	2
6 b)	$1,99 \cdot 10^3 \text{ Qg}$	13 b)	$4,33 \cdot 10^{13} \text{ km}$	25 a)	8,0 km
6 c)	$1,90 \cdot 10^3 \text{ Rg}$	14 a)	10 000 m ²	25 b)	31 cm
6 d)	1,90 Qg	14 b)	0,01 km ²	25 c)	$1,0 \times 10^{-1}$
6 e)	5,97 Rg	14 c)	$6,72 \cdot 10^{11} \text{ m}^2$	26	(c) et (d)
6 f)	$5,97 \cdot 10^{-3} \text{ Qg}$	14 d)	$6,72 \cdot 10^7 \text{ ha}$	27 a)	$(19,10 \pm 0,36) \text{ m}$
6 g)	$1,67 \cdot 10^3 \text{ rg}$	14 e)	$5,89 \cdot 10^8 \text{ m}^2$	27 b)	$(0,90 \pm 0,36) \text{ m}$
6 h)	$1,67 \cdot 10^6 \text{ qg}$	14 f)	$5,89 \cdot 10^4 \text{ ha}$	27 c)	$(91,0 \pm 3,5) \text{ m}^2$
6 i)	$9,10 \cdot 10^{-1} \text{ rg}$	15 a)	oui	27 d)	$0,910 \pm 0,035$
6 j)	$9,10 \cdot 10^2 \text{ qg}$	15 b)	oui	28	$(59,0 \pm 1,4) \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$
7 a)	250 g	16 a)	$1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$	29 a)	$(1,191 \pm 0,035) \text{ W}$
7 b)	200 g	16 b)	625 kg/m^3	29 b)	$(1,175 \pm 0,059) \text{ W}$
7 c)	125 g	17 a)	7,87	29 c)	(a)
7 d)	5 g	17 b)	$1,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$	30 a)	(b)
8 a)	10 %	18	La boule en or	30 b)	(a)
8 b)	0,7 %	19	non		
		20	La voiture		
		21 a)	30 dm/s		

30 c) d

31 a)

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

31 b) (74,4 ± 4,4) μm

32 a) 4,929 5 V

32 b) 0,472 V

32 c) (4,93 ± 0,15) V

33 (25,017 ± 0,092) cm

34 a

35 a) (1,780 ± 0,050) mm

35 b) (2,49 ± 0,14) mm²

36 a) b

36 b) b

36 c) a

Corrigés

- 3 a) Il faut bien penser à garder le bon nombre de chiffres significatifs (deux ici car les données en possèdent également deux) :

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \times 150 \text{ V}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 7,3 \cdot 10^6 \text{ m/s}.$$

- 3 b) On a $v = 7,3 \cdot 10^6 \text{ m/s} = 7,3 \cdot 10^3 \text{ km/s} = 7,3 \cdot 10^3 \times 3\,600 \text{ km/h} = 2,6 \cdot 10^7 \text{ km/h}$.

- 4 On a $1 \text{ Ws} = 1 \text{ J}$ donc $1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J}$ donc $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$.

Ainsi, on trouve $T = 0,67 \text{ kWh} = 2,4 \cdot 10^6 \text{ J} = 2,4 \text{ MJ}$.

- 5 On calcule $R = \frac{10 \text{ m}}{59 \cdot 10^6 \text{ S/m} \times 3,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 5,5 \cdot 10^{-2} \Omega$.

- 11 Pour comparer ces abondances et trouver la plus petite, on peut les convertir dans la même unité, par exemple en ppm :

Silicium	Or	Hydrogène	Fer	Oxygène	Cuivre
$2,75 \cdot 10^5 \text{ ppm}$	$1 \cdot 10^{-3} \text{ ppm}$	$1,4 \cdot 10^3 \text{ ppm}$	$5,0 \cdot 10^4 \text{ ppm}$	$4,6 \cdot 10^5 \text{ ppm}$	50 ppm

- 13 a) Une année lumière est la distance que parcourt la lumière en une année. Elle vaut donc :

$$1 \text{ an} \times 365,25 \text{ jours/an} \times 24 \text{ h/jour} \times 3\,600 \text{ s/h} \times 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 9,47 \cdot 10^{15} \text{ m}.$$

La distance entre Alpha du centaure et la Terre est donc $4,7 \times 9,47 \cdot 10^{15} \text{ m} = 4,4 \cdot 10^{16} \text{ m}$.

- 14 a) On a $1 \text{ ha} = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 1 \times 10^4 \text{ m}^2$.

- 14 b) On a $1 \text{ ha} = 0,1 \text{ km} \times 0,1 \text{ km} = 0,01 \text{ km}^2$.

- 14 c) On a $672\,051 \text{ km}^2 = 672\,051 \cdot 1 \times 10^6 \text{ m}^2 = 6,72 \cdot 10^{11} \text{ m}^2$.

- 14 d) On a $672\,051 \text{ km}^2 = 672\,051 \cdot 1 \times 10^2 \text{ ha} = 6,72 \cdot 10^7 \text{ ha}$.

- 14 e) On a $589 \text{ km}^2 = 589 \times 1 \times 10^6 \text{ m}^2 = 5,89 \cdot 10^8 \text{ m}^2$.

- 14 f) On a $589 \text{ km}^2 = 589 \times 1 \times 10^2 \text{ ha} = 589 \cdot 10^2 \text{ ha} = 5,89 \cdot 10^4 \text{ ha}$.

- 15 a) On peut convertir : $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 250 \text{ mL}$.

- 15 b) On peut convertir : $7,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 = 75 \text{ L}$.

- 16 b) La masse volumique de la farine est $\frac{0,25 \text{ g}}{0,4 \text{ cL}} = 0,625 \text{ kg/L} = 625 \text{ kg/m}^3$.

- 18 Le volume du cube est $(10 \text{ cm})^3 = 1\,000 \text{ cm}^3$. Sa masse est donc :

$$11,20 \text{ g/cm}^3 \times 1\,000 \text{ cm}^3 = 11,20 \cdot 10^3 \text{ g} = 11,2 \text{ kg}.$$

Le volume de la boule est $\frac{4}{3}\pi(15 \text{ cm})^3 = 14 \cdot 10^3 \text{ cm}^3 = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$. Sa masse est alors :

$$19\,300 \text{ kg/m}^3 \times 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 = 270 \text{ kg}.$$

19 On a $\frac{2 \text{ mg}}{1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ L}} = 2 \text{ g/L}$.

20 On a $110 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$.

21 a) On résume les calculs dans le tableau suivant :

20 km/h	10 m/s	1 année-lumière/an	22 mm/ns	30 dm/s	60 cm/ms
5,56 m/s	10 m/s	$3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	$2,2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$	3,0 m/s	600 m/s

21 b) Voir les vitesses indiquées dans le corrigé précédent.

22 a) On a $1 \text{ tour}/60 \text{ min} = 0,017 \text{ tour/min}$.

22 b) On a $1 \text{ tour}/60 \text{ min} = 2\pi \text{ rad}/3600 \text{ s} = 0,0017 \text{ rad/s}$.

22 c) On a $1 \text{ tour}/1 \text{ an} = 1 \text{ tour}/(1 \text{ an} \times 365,25 \text{ j/an} \times 24 \text{ h/j} \times 60 \text{ min/h}) = 1,90 \cdot 10^{-6} \text{ tour/min}$.

22 d) On a $1 \text{ tour}/1 \text{ an} = 2\pi \text{ rad}/(1 \text{ an} \times 365,25 \text{ j/an} \times 24 \text{ h/j} \times 60 \text{ min/h} \times 60 \text{ s/min}) = 1,99 \cdot 10^{-7} \text{ rad/s}$.

23 a) Pour passer en écriture scientifique, on garde une puissance de 10 et un préfacteur compris entre 1 (inclus) et 10 (exclu). On réécrit alors 31,5 sous la forme $3,15 \times 10^1$.

23 b) On écrit $0,0019 = 1,9 \times 10^{-3}$.

23 c) On écrit $0,8120 = 8,120 \times 10^{-1}$.

23 d) On écrit $1\,600\,002 = 1,600\,002 \times 10^6$.

23 e) On écrit $2\,023,9 = 2,0239 \times 10^3$.

23 f) On écrit $7\,300 = 7,300 \times 10^3$.

23 g) On écrit $330 \times 10^6 = 3,30 \times 10^8$.

23 h) On écrit $70,22 \times 10^{-4} = 7,022 \times 10^{-3}$.

24 a) C'est le nombre de chiffres de 0,39 qu'il faut regarder, il y a 2 chiffres à partir du premier non nul, le nombre de chiffres significatifs est 2.

24 b) C'est le nombre de chiffres de 12,84 qu'il faut regarder, il y a 4 chiffres à partir du premier non nul, le nombre de chiffres significatifs est 4.

24 c) C'est le nombre de chiffres de 12,250 qu'il faut regarder, il y a 5 chiffres à partir du premier non nul (il faut prendre en compte le zéro final), le nombre de chiffres significatifs est 5.

24 d) Les zéros avant le premier chiffre non nul ne comptent pas dans le décompte des chiffres significatifs, ceux après si : le nombre de chiffres significatifs est 2.

25 a) Les deux données ont deux chiffres significatifs, on garde donc deux chiffres significatifs lors de la multiplication : on a $d = vt = 80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} \times 0,10 \text{ h} = 8,0 \text{ km}$.

25 b) Il faut additionner la longueur et la largeur puis multiplier par deux. On a :

$$p = 2 \times (6 \text{ mm} + 15 \text{ cm}) = 31,2 \text{ cm}.$$

Dans la somme, la précision est limitée par la longueur (précise au centimètre près). Il faut donc arrondir au centimètre près : on écrit $p = 31 \text{ cm}$.

25 c) Déjà, on a $R_1 + R_2 = 0,9 \text{ k}\Omega + 100 \Omega = 1,0 \text{ k}\Omega$, avec deux chiffres significatifs.

On calcule alors le gain par une division, en gardant le plus petit nombre de chiffres significatifs entre le numérateur (trois chiffres significatifs) et le dénominateur (deux chiffres significatifs) :

$$G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100 \Omega}{1,0 \text{ k}\Omega} = 1,0 \times 10^{-1}.$$

26 L'incertitude-type est exprimée dans le résultat final avec deux chiffres significatifs, avec un arrondi par valeur supérieure, ou au plus près (les deux options sont acceptées). Le résultat numérique est ensuite arrondi au niveau du dernier chiffre significatif de l'incertitude-type, donc ici au millimètre. On en déduit $f' = (120 \pm 33) \text{ mm}$ ou $f' = (120 \pm 32) \text{ mm}$.

27 a) On a $z = x + y = 19,1 \text{ m}$ et $u(z) = \sqrt{0,2^2 + 0,3^2} = 0,36 \text{ m}$. En arrondissant l'incertitude à deux chiffres, on obtient $(19,10 \pm 0,36) \text{ m}$.

27 b) On a $z = x - y = 0,9 \text{ m}$ et $u(z) = \sqrt{0,2^2 + 0,3^2} = 0,36 \text{ m}$. En arrondissant l'incertitude à deux chiffres, on obtient $(0,90 \pm 0,36) \text{ m}$.

Lorsque l'on soustrait deux grandeurs physiques proches, le résultat est en général moins précis que la donnée la moins précise.

27 c) On a $z = x \times y = 91 \text{ m}^2$ et $u(z) = 91 \times \sqrt{(0,2/10)^2 + (0,3/9,1)^2} = 3,51 \text{ m}^2$. En arrondissant l'incertitude à deux chiffres, on obtient $(91,0 \pm 3,5) \text{ m}^2$.

27 d) On a $z = y/x = 0,91$ et $u(z) = 0,91 \times \sqrt{(0,2/10)^2 + (0,3/9,1)^2} = 0,035$. En arrondissant l'incertitude à deux chiffres, on obtient $(9,10 \pm 0,35) \times 10^{-1}$.

28 On commence par calculer le résultat avant de s'intéresser aux incertitudes :

$$c_A = \frac{c_B \cdot V_B}{V_A} = \frac{100,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 11,8 \text{ mL}}{20 \text{ mL}} = 59 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

On propage l'incertitude pour ce produit de grandeurs indépendantes :

$$\frac{u(c_A)}{c_A} = \sqrt{\left(\frac{u(c_B)}{c_B}\right)^2 + \left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_B)}{V_B}\right)^2}.$$

Numériquement, cela donne :

$$u(c_A) = 59 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \sqrt{\left(\frac{2,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}}{100,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}}\right)^2 + \left(\frac{0,10 \text{ mL}}{20,00 \text{ mL}}\right)^2 + \left(\frac{0,10 \text{ mL}}{11,80 \text{ mL}}\right)^2}.$$

On obtient $u(c_A) = 1,4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, et finalement $c_A = (59,0 \pm 1,4) \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

29 a) On calcule la puissance : $\mathcal{P} = U \times I = 2,382 \text{ V} \times 0,500 \text{ A} = 1,191 \text{ W}$.

On applique ici la propagation des incertitudes à $\mathcal{P} = U \times I$ en écrivant :

$$\frac{u(\mathcal{P})}{\mathcal{P}} = \sqrt{\left(\frac{u(U)}{U}\right)^2 + \left(\frac{u(I)}{I}\right)^2}.$$

Numériquement, cela donne :

$$u(\mathcal{P}) = 1,202 \text{ W} \times \sqrt{\left(\frac{0,050 \text{ V}}{2,382 \text{ V}}\right)^2 + \left(\frac{0,010 \text{ A}}{0,500 \text{ A}}\right)^2} = 0,035 \text{ W}.$$

Finalement, on obtient $\mathcal{P} = (1,191 \pm 0,035) \text{ W}$.

29 b) On calcule la puissance : $\mathcal{P} = R \times I^2 = 4,7 \Omega \times (0,500 \text{ A})^2 = 1,175 \text{ W}$.

On applique ici la propagation des incertitudes à $\mathcal{P} = R \times I^2$. On a :

$$\frac{u(\mathcal{P})}{\mathcal{P}} = \sqrt{\left(\frac{u(R)}{R}\right)^2 + 2^2 \left(\frac{u(I)}{I}\right)^2}.$$

Numériquement, cela donne :

$$u(\mathcal{P}) = 1,175 \text{ W} \sqrt{\left(\frac{0,14}{100}\right)^2 + 4 \times \left(\frac{0,010 \text{ A}}{0,500 \text{ A}}\right)^2} = 0,059 \text{ W}.$$

Finalement, on obtient $\mathcal{P} = (1,175 \pm 0,059) \text{ W}$.

29 c) Les mesures sont $\mathcal{P} = (1,191 \pm 0,035) \text{ W}$ et $\mathcal{P} = (1,175 \pm 0,059) \text{ W}$. Les deux intervalles se recoupent : les mesures sont compatibles.

30 a) L'épaisseur du tube est la différence entre le rayon extérieur du cylindre et le rayon intérieur. Le rayon étant la moitié du diamètre, on trouve $e = \frac{D}{2} - \frac{d}{2}$.

30 b) On applique la formule donnée dans les prérequis de cette section avec $a = \frac{1}{2}$ et $b = -\frac{1}{2}$. On trouve :

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

30 c) On a $e = \frac{10,3 \text{ mm} - 6,8 \text{ mm}}{2} = 1,75 \text{ mm}$, et $u(e) = \frac{1}{2} \sqrt{(0,1 \text{ mm})^2 + (0,1 \text{ mm})^2} = 0,071 \text{ mm}$. Finalement, on a donc $e = (1,750 \pm 0,071) \text{ mm}$.

31 a) On a, pour ce produit de grandeurs indépendantes :

$$\frac{u(d)}{d} = \sqrt{\left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(\ell)}{\ell}\right)^2}.$$

31 b) On commence par calculer le résultat avant de s'intéresser aux incertitudes :

$$d = 2 \frac{\lambda D}{\ell} = 2 \times \frac{632,8 \text{ nm} \times 3 \text{ m}}{51 \text{ mm}} = 74,447 \mu\text{m}.$$

Le nombre de chiffres conservés ici n'est pas significatif, juste assez grand pour pouvoir être ajusté ensuite. On calcule ensuite numériquement l'incertitude :

$$u(d) = 74,447 \text{ nm} \times \sqrt{\left(\frac{0,10 \text{ nm}}{632,8 \text{ nm}}\right)^2 + \left(\frac{10 \times 10^{-3} \text{ m}}{3,000 \text{ m}}\right)^2 + \left(\frac{0,30 \text{ cm}}{5,1 \text{ cm}}\right)^2} = 4,4 \mu\text{m}.$$

Finalement, on obtient $d = (74,4 \pm 4,4) \mu\text{m}$.

32 a) On peut faire le calcul à l'aide d'un tableur (fonction `MOYENNE()` souvent), d'une calculatrice ou de Python (fonction `mean()` de la bibliothèque `numpy` par exemple). On obtient $m = \sum_{i=1}^{10} U_i = 4,9295 \text{ V}$.

32 b) Le calcul est fait par une fonction prédéfinie du tableur (`ECARTYPE()` souvent), de la calculatrice ou de Python (fonction `std()` de la bibliothèque `numpy` par exemple). On obtient $\sigma_U = 0,472042429825493 \text{ V}$, soit $0,472 \text{ V}$ en gardant trois chiffres significatifs.

32 c) On obtient alors $u(m) = \frac{0,472}{\sqrt{10}} = 0,149 \text{ V}$, que l'on arrondit en gardant deux chiffres significatifs.

L'incertitude-type sur la valeur moyenne est donc finalement $u(m) = 0,15 \text{ V}$.

Il faut exprimer la moyenne au centième de volt, ce qui donne le résultat suivant : $m = (4,93 \pm 0,15) \text{ V}$. Cette valeur moyenne est la meilleure estimation de la « valeur vraie » que l'on peut faire à partir de cette série de mesures répétées.

33 On calcule une valeur moyenne de 25,017 cm et un écart-type des mesures de 0,301 cm, ce qui donne une incertitude-type sur la valeur moyenne de 0,087 cm.

L'incertitude-type est, avec deux chiffres significatifs, au centième de millimètre, il faut donc garder les chiffres jusqu'à cette décimale : on obtient $(25,017 \pm 0,087) \text{ cm}$.

34 Pour une résistance, on a $u(r) = r \times \frac{u(r)}{r}$.

Pour les $n = 5$ résistances, on a $R = nr$, et $u(R) = \sqrt{n u^2(r)}$, donc :

$$\frac{u(R)}{R} = \frac{\sqrt{n}}{n} = \frac{1}{\sqrt{n}}.$$

Pour $n = 5$, on obtient $\frac{u(R)}{R} \approx 0,44 \%$.

La réduction de l'incertitude vient du fait que les incertitudes sur les composants sont indépendantes les unes des autres. On retrouve ici le facteur « $\frac{1}{\sqrt{n}}$ » qui permet de passer de l'incertitude sur une mesure (une résistance) à celle sur la moyenne d'une série de n mesures (les n résistances en série).

35 a) Le zéro de l'échelle mobile est entre 1,7 mm et 1,8 mm. Il y a 20 graduations dans l'échelle mobile, le pied à coulisse a donc une précision affichée de $\frac{1 \text{ mm}}{20} = 0,05 \text{ mm}$. La graduation qui est alignée avec une graduation fixe est la 16^e de l'échelle mobile, on lit donc :

$$d = 1,7 \text{ mm} + 16 \times 0,05 \text{ mm} = 1,78 \text{ mm}.$$

Le résultat de la mesure est alors $d = (1,780 \pm 0,050) \text{ mm}$, puisque, conventionnellement, les incertitudes sont données avec deux chiffres significatifs.

35 b) La section droite est un disque de diamètre d . Sa mesure vaut donc $s = \pi(d/2)^2$. Numériquement, on obtient :

$$s = \pi \times \left(\frac{1,78 \text{ mm}}{2} \right)^2 = 2,4885 \text{ mm}^2.$$

La section étant reliée au diamètre par une fonction puissance, on a :

$$\frac{u(s)}{s} = 2 \frac{u(d)}{d} = 2 \times \frac{0,05 \text{ mm}}{1,78 \text{ mm}} = 5,6 \%.$$

Finalement, on obtient $u(s) = 0,14 \text{ mm}^2$ et le résultat s'écrit $s = (2,49 \pm 0,14) \text{ mm}^2$.