Sommaire

Thermodynamique

Chimie

Chiffres significatifs et incertitudes

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** d'un athlète : ils sont nécessaires pour mieux réussir le jour J lors de la compétition, mais ils ne sont pas suffisants. Un coureur de sprint fait de la musculation, mais il fait également tout un tas d'autres exercices.

Ce cahier a été conçu par une large équipe de professeurs en classes préparatoires, tous soucieux de vous apporter l'aide et les outils pour réussir.

Comment est-il organisé ?

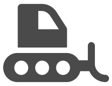
Le cahier est organisé en *fiches d'entraînement*, chacune correspondant à un thème issu du programme de première année d'enseignement supérieur.

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 puissiez identifier 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. Ces entraînements sont donc le gage pour vous d'acquérir un socle solide de savoir-faire.

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 **persévérer** dans votre raisonnement et vos calculs avant d'aller voir le corrigé si vous voulez que ces entraînements soient efficaces.

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`.

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.

Sources lumineuses et lois de Snell-Descartes

Prérequis
Lois de Snell-Descartes. Notions de base sur les ondes lumineuses et leur propagation dans un milieu. Notions de base de géométrie concernant les angles.

Constantes utiles
→ célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00 \times 10^8\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$
→ constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$

Lois de Snell-Descartes

Entraînement 8.1 — Conversions d'angles.

Soit α_{rad} la mesure d'un angle en radians, α_{deg} sa mesure en degrés et α_{min} sa mesure en minutes d'angle.

a) Exprimer α_{rad} en fonction de α_{deg}. ....

b) Exprimer α_{min} en fonction de α_{deg}. ....

Entraînement 8.2 — Conversions d'angles — *bis*.

a) $\alpha = 35{,}65°$. Exprimer α en degrés et en minutes d'angle. ....

b) $\beta = 98°15'$. Exprimer β en radians. ....

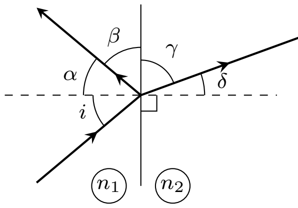
c) $\gamma = 1{,}053\,\mathrm{rad}$. Exprimer γ en degrés et en minutes d'angle. ....

Entraînement 8.3 — Un rayon incident sur un dioptre.

On considère un rayon incident arrivant sur un dioptre séparant deux milieux d'indice respectif n_1 et n_2.

Ce rayon fait un angle i avec la normale au dioptre.

Tous les angles figurant sur le schéma sont non orientés.



Exprimer chacun des angles suivants en fonction de i et/ou de n_1 et n_2 (en radians) :

a) α ....

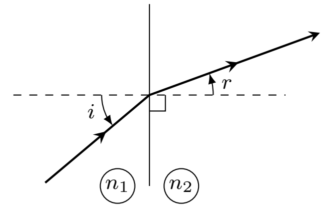
b) β ....

c) δ ....

d) γ ....

Entraînement 8.4 — Un autre rayon incident sur un dioptre.

On considère un rayon incident arrivant sur un dioptre séparant deux milieux d'indice respectif n_1 et n_2. Ce rayon fait un angle i avec la normale au dioptre alors que le rayon réfracté fait un angle r.



On donne $n_1 = 1{,}00$ et $n_2 = 1{,}45$.

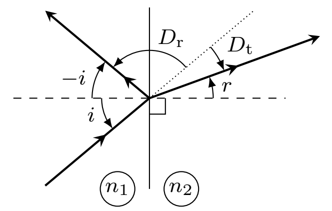
a) Pour $i = 24{,}0°$, que vaut r en degré ? ....

b) Pour $i = 6{,}74 \times 10^{-1}$ rad, que vaut r en degré ? ....

c) Pour $r = 15{,}0°$, que vaut i en degré ? ....

Entraînement 8.5 — Déviation introduite par un dioptre.

On considère un rayon incident arrivant sur un dioptre séparant deux milieux d'indice respectif n_1 et n_2.



Les angles définis sur le schéma ci-contre sont tous orientés.

On définit D_r la déviation entre le rayon incident et le rayon réfléchi, et D_t la déviation entre le rayon incident et le rayon réfracté.

a) Exprimer D_t en fonction de i et r. ....

b) Déterminer D_r. ....

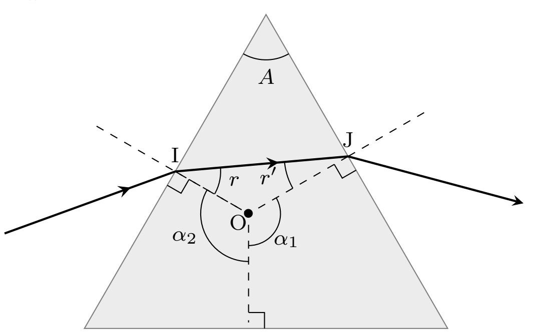
Entraînement 8.6 — Un peu de géométrie dans un prisme.

On considère un prisme d'angle au sommet A, représenté ci-contre suivant une de ses faces triangulaires.

Un rayon incident en I sur une face du prisme émerge en J.

On définit les angles α_1, α_2, r et r' sur le schéma.

Dans cet entraînement, les angles ne sont pas orientés.



On rappelle que la somme des angles dans un quadrilatère est égale à 2π.

a) Exprimer l'angle A en fonction de α_1 et α_2 ....

b) Exprimer l'angle A en fonction de r et de r' ....

Autour des réflexions totales

Entraînement 8.7

On considère un dioptre séparant deux milieux d'indices respectifs $n_1 = 1{,}5$ et $n_2 = 1{,}3$. Un rayon lumineux arrive sur ce dioptre en formant un angle i par rapport à sa normale.

On rappelle qu'il y a réflexion totale si $\dfrac{n_1}{n_2}\sin(i) > 1$.

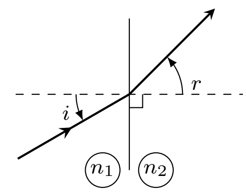
a) Pour $i = 44°$, y a-t-il réflexion totale ? ....

b) Donner, en degrés, l'angle i_ℓ tel qu'il y a réflexion totale si $i > i_\ell$. ....

Entraînement 8.8

On considère un rayon lumineux incident sur le dioptre n_1/n_2, faisant un angle i avec la normale à ce dioptre et le rayon réfracté un angle r.

On donne $n_1 = 1{,}37$ et on rappelle qu'il y a réflexion totale si $\dfrac{n_1}{n_2}\sin(i) > 1$.



a) Pour $i = 20{,}0°$ et $r = 22{,}0°$, que vaut n_2 ? ....

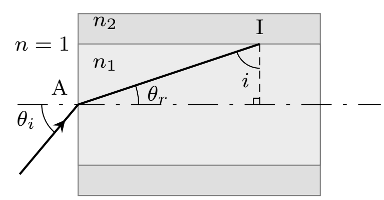
b) Pour $i = 60{,}0°$, quelle est la valeur maximale de n_2 donnant lieu à une réflexion totale ? ...

c) On suppose que $i = 40{,}0°$. Peut-on observer un phénomène de réflexion totale ? ....

Entraînement 8.9 — Condition de propagation dans une fibre optique.

Un rayon lumineux arrive sur un dioptre séparant l'air d'un milieu d'indice n_1 au point A (voir schéma ci-contre). On a donc :

$$\sin(\theta_i) = n_1 \sin(\theta_r). \qquad (1)$$



Le rayon se propagera dans la fibre à condition qu'il y ait réflexion totale au point I situé à l'intersection du rayon lumineux et du dioptre n_1/n_2 (avec $n_1 > n_2$).

On donne la relation correspondante :

$$\frac{n_1 \sin(i)}{n_2} > 1 \qquad (2)$$

a) À l'aide de (1), exprimer $\cos(\theta_r)$ en fonction de n_1 et de $\sin(\theta_i)$. ....

b) À quelle condition portant sur $\cos(\theta_r)$ équivaut (2) ? ....

c) En déduire à quelle condition sur $\sin(\theta_i)$ équivaut (2). ....

Sources lumineuses

Entraînement 8.10 — Propagation de la lumière.

Un laser vert émet une radiation lumineuse de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 532\,\text{nm}$. Calculer :

a) La fréquence de l'onde ....

b) L'énergie d'un photon ....

Entraînement 8.11

Une radiation lumineuse de longueur d'onde λ_0 passe du vide vers un milieu transparent d'indice n.

Quelles quantités sont inchangées ?

- (a) La longueur d'onde
- (b) L'énergie d'un photon
- (c) La vitesse de propagation
- (d) La fréquence de l'onde

....

Entraînement 8.12 — Propagation dans un milieu.

Un laser de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 532\,\text{nm}$ se propage dans de l'eau, assimilée à un milieu transparent d'indice optique $n = 1{,}33$.

Donner la valeur numérique dans l'eau de :

a) La vitesse de la lumière. ....

b) La longueur d'onde. ....

Réponses mélangées

$60 \times \alpha_{\text{deg}}$ $\quad$ $\sin(\theta_i) < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ $\quad$ $35°39'$ $\quad$ $\dfrac{\pi}{2} - i$ $\quad$ $22{,}0°$ $\quad$ $\cos(\theta_r) > \dfrac{n_2}{n_1}$ $\quad$ $1{,}25$

Non $\quad$ Non $\quad$ $16{,}3°$ $\quad$ $25{,}5°$ $\quad$ $(\alpha_1 + \alpha_2) - \pi$ $\quad$ $2{,}26 \times 10^8\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ $\quad$ $400\,\text{nm}$ $\quad$ $r - i$

$\dfrac{\pi}{2} - \arcsin\left(\dfrac{n_1}{n_2}\sin(i)\right)$ $\quad$ $564\,\text{THz}$ $\quad$ $1{,}18$ $\quad$ $60°20'$ $\quad$ $\sqrt{1 - \dfrac{\sin^2(\theta_i)}{n_1^2}}$ $\quad$ $60°$ $\quad$ $\dfrac{\pi}{180} \times \alpha_{\text{deg}}$

$3{,}74 \times 10^{-19}\,\text{J}$ $\quad$ (b) et (d) $\quad$ $1{,}715\,\text{rad}$ $\quad$ $\arcsin\left(\dfrac{n_1}{n_2}\sin(i)\right)$ $\quad$ $\pi - 2i$ $\quad$ $r + r'$ $\quad$ i

▶ Réponses et corrigés page 242

Réponses et corrigés

Fiche n° 8. Sources lumineuses et lois de Snell-Descartes

Réponses

8.1 a) .... $\boxed{\dfrac{\pi}{180} \times \alpha_{\text{deg}}}$

8.1 b) .... $\boxed{60 \times \alpha_{\text{deg}}}$

8.2 a) .... $\boxed{35°39'}$

8.2 b) .... $\boxed{1{,}715\,\text{rad}}$

8.2 c) .... $\boxed{60°20'}$

8.3 a) .... $\boxed{i}$

8.3 b) .... $\boxed{\dfrac{\pi}{2} - i}$

8.3 c) ..... $\boxed{\arcsin\left(\dfrac{n_1}{n_2}\sin(i)\right)}$

8.3 d) .. $\boxed{\dfrac{\pi}{2} - \arcsin\left(\dfrac{n_1}{n_2}\sin(i)\right)}$

8.4 a) .... $\boxed{16{,}3°}$

8.4 b) .... $\boxed{25{,}5°}$

8.4 c) .... $\boxed{22{,}0°}$

8.5 a) .... $\boxed{r - i}$

8.5 b) .... $\boxed{\pi - 2i}$

8.6 a) .... $\boxed{(\alpha_1 + \alpha_2) - \pi}$

8.6 b) .... $\boxed{r + r'}$

8.7 a) .... $\boxed{\text{Non}}$

8.7 b) .... $\boxed{60°}$

8.8 a) .... $\boxed{1{,}25}$

8.8 b) .... $\boxed{1{,}18}$

8.8 c) .... $\boxed{\text{Non}}$

8.9 a) .... $\boxed{\sqrt{1 - \dfrac{\sin^2(\theta_i)}{n_1^2}}}$

8.9 b) .... $\boxed{\cos(\theta_r) > \dfrac{n_2}{n_1}}$

8.9 c) .... $\boxed{\sin(\theta_i) < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}$

8.10 a).............. $\boxed{564\,\text{THz}}$

8.10 b)........ $\boxed{3{,}74 \times 10^{-19}\,\text{J}}$

8.11 .... $\boxed{\text{b et d}}$

8.12 a) .... $\boxed{2{,}26 \times 10^8\,\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$

8.12 b)............... $\boxed{400\,\text{nm}}$

Corrigés

8.2 a) On a $\alpha = 35° + 0{,}65 \times 60' = 35°39'$.

....

8.2 b) L'angle β vaut 98° et 15 minutes d'angle, c'est-à-dire $\beta = 98 + 15/60 = 98{,}25°$.

En radians, on a $\beta = 98{,}25° \times \dfrac{\pi}{180°} = 1{,}715\,\text{rad}$ (on garde 4 chiffres significatifs, comme la donnée de départ).

....

8.2 c) On a $\gamma = 1{,}053 \times \dfrac{180°}{\pi} = 60{,}33°$. Or, 0,33° correspondent à $0{,}33 \times 60 = 20'$. Donc $\gamma = 60°20'$.

....

8.3 a) On a $\alpha = i$. Il s'agit de la loi de Snell-Descartes pour la réflexion.

....

8.3 b) On a $\alpha + \beta = \dfrac{\pi}{2}$ et $\alpha = i$, donc $\beta = \dfrac{\pi}{2} - i$.

....

8.3 c) Loi de Snell-Descartes pour la réfraction donne : $n_1 \sin(i) = n_2 \sin(\delta)$. Donc $\delta = \arcsin\left(\dfrac{n_1}{n_2}\sin(i)\right)$.

....

8.4 a) Loi de Snell Descartes pour la réfraction donne : $n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r)$. On obtient pour r :

$$r = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2}\sin(i)\right) \text{ et donc } r = \arcsin\left(\frac{1}{1{,}45} \times \sin(24{,}0)\right) = 16{,}3°.$$

Attention à bien régler la calculatrice en degré ou à convertir l'angle en radians.

....

8.4 b) Si la calculatrice est réglée en degré, on a : $r = \arcsin\left(\dfrac{1}{1{,}45}\sin(0{,}674 \times \dfrac{180}{\pi})\right) = 25{,}5°$.

....

8.4 c) On a $i = \arcsin\left(\dfrac{n_2}{n_1}\sin(r)\right)$ donc $i = \arcsin\left(\dfrac{1{,}45}{1}\sin 15{,}0\right) = 22{,}0°$.

....

8.5 a) On a $D_t = r - i$. Attention, i et r sont orientés dans le sens trigonométrique, alors que D_t est orienté dans le sens horaire.

....

8.5 b) On a $D_r - (-i) + i = \pi$ donc $D_r = \pi - 2i$.

....

8.6 a) On utilise le fait que la somme des angles d'un quadrilatère est égale à 2π dans OIAJ. Donc, on a

$$2\pi = A + \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} + (2\pi - (\alpha_1 + \alpha_2))\ ;$$

ainsi, on a $A = (\alpha_1 + \alpha_2) - \pi$.

....

8.6 b) On utilise le fait que la somme des angles d'un triangle est égale à π dans IAJ. Donc, on obtient $\pi = A + (\dfrac{\pi}{2} - r) + (\dfrac{\pi}{2} - r')$, et ainsi $A = r + r'$.

....

8.7 a) On a $\dfrac{n_1}{n_2}\sin(i) = \dfrac{1{,}5}{1{,}3}\sin(44°) = 0{,}8 < 1$. Il existe un rayon réfracté, il n'y a donc pas réflexion totale.

....

8.7 b) Comme n_1 est supérieur à n_2, il existe un tel angle limite, qui est $i_\ell = \arcsin\left(\dfrac{n_2}{n_1}\right) = \arcsin\left(\dfrac{1{,}3}{1{,}5}\right) = 60°$.

....

8.8 a) D'après la loi de Snell-Descartes, on a $n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r)$. Donc,

$$n_2 = n_1 \frac{\sin(i)}{\sin(r)} = 1{,}37 \times \frac{\sin(20{,}0°)}{\sin(22{,}0°)} = 1{,}25.$$

....

8.8 b) On observe une réflexion totale si $\dfrac{n_1}{n_2} \times \sin(i) > 1$ donc si $n_2 < n_1 \times \sin(i) = 1{,}37 \times \sin(60{,}0°) = 1{,}18$.

....

8.8 c) L'angle limite au-delà duquel il y a réflexion totale est $i_\ell = \arcsin\left(\dfrac{n_2}{n_1}\right)$. Un milieu ne peut pas avoir un indice plus petit que 1 (cela signifierait que la lumière s'y propage plus rapidement que dans le vide, ce qui n'est pas possible). Donc, pour $n_1 = 1{,}37$, le plus petit angle limite de réflexion totale est

$$i_{\ell,min} = \arcsin\left(\frac{1}{1{,}37}\right) = 46{,}9° > 40{,}0°.$$

Donc : non, il n'existe aucun milieu 2 qui permette d'observer une réflexion totale dans ces conditions.

....

8.9 a) On a $\cos(\theta_r) = \sqrt{1 - \sin^2(\theta_r)} = \sqrt{1 - \dfrac{\sin^2(\theta_i)}{n_1^2}}$.

....

8.9 b) Il s'agit d'un triangle rectangle, donc $i = \dfrac{\pi}{2} - \theta_r$. Donc la relation équivaut à $\dfrac{n_1 \sin(\frac{\pi}{2} - \theta_r)}{n_2} > 1$, c'est-à-dire à $\dfrac{n_1 \cos(\theta_r)}{n_2} > 1$ et donc à $\cos(\theta_r) > \dfrac{n_2}{n_1}$.

....

8.9 c) On a $\sqrt{1-\dfrac{\sin^2(\theta_i)}{n_1^2}} > \dfrac{n_2}{n_1}$ donc $1-\dfrac{\sin^2(\theta_i)}{n_1^2} > \left(\dfrac{n_2}{n_1}\right)^2$ dont on déduit

$$\sin^2(\theta_i) < n_1^2\left(1-\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2\right) = n_1^2 - n_2^2.$$

Ainsi, on a $\sin(\theta_i) < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$.

8.10 a) On a $f = \dfrac{c}{\lambda_0} = \dfrac{3{,}00\times 10^8\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}}{532\ \mathrm{nm}} = 5{,}64\times 10^{14}\ \mathrm{Hz} = 564\ \mathrm{THz}$.

8.10 b) On a $E = hf = 6{,}63\times 10^{-34}\ \mathrm{J\cdot s}\times 5{,}64\times 10^{14}\ \mathrm{Hz} = 3{,}74\times 10^{-19}\ \mathrm{J}$.

8.11 Au passage d'un dioptre, la fréquence et l'énergie d'un photon sont inchangées. En revanche, la vitesse de propagation de la lumière et la longueur d'onde dépendent de l'indice optique.

8.12 a) On a $v = \dfrac{c}{n} = \dfrac{3{,}00\times 10^8\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}}{1{,}33} = 2{,}26\times 10^8\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

8.12 b) On a $\lambda = \dfrac{v}{f} = \dfrac{c}{nf} = \dfrac{\lambda_0}{n} = \dfrac{532\ \mathrm{nm}}{1{,}33} = 400\ \mathrm{nm}$.
