

Physique Chimie



Je travaille seul en silence.

J'aide ou je suis aidé,
seul mon voisin m'entend.Je travaille en équipe sans
déranger personne.

1. Découvrir

Je consulte les ressources :

- Ressources à découvrir sur le site
<http://physchileborge.free.fr>

Vidéo cours du CH07



- livret leborgne CH07

- Cours du livre pages

Je mets en pratique : TP réalisé

2. S' exercer

Je m'entraîne en réalisant les exercices :

Réaliser ces exercices en classe et en devoir du soir. La correction sera distribuée au format papier.

POUR APPRENDRE

page 54 , 25 26 27 28

3. Se tester

Je vérifie que je maîtrise les objectifs du chapitre :

- Identifier, dans un protocole, les étapes de transformation des réactifs, d'isolement, de purification et d'analyse (identification, pureté) du produit synthétisé.
- Justifier, à partir des propriétés physico-chimiques des réactifs et produits, le choix de méthodes d'isolement, de purification ou d'analyse.
- Déterminer, à partir d'un protocole et de données expérimentales, le rendement d'une synthèse.
- Schématiser des dispositifs expérimentaux des étapes d'une synthèse et les légènder.

Devoir surveillé à faire

1. Etapes d'un protocole

Une synthèse au laboratoire de chimie organique se déroule en trois temps :

- 1) la réaction de synthèse
- 2) la séparation et la purification des produits
- 3) l'analyse

1) La réaction de synthèse

C'est l'étape où la réaction chimique a lieu.

Son équation chimique pourrait être, par exemple, $A + B \rightarrow 2P + Q$

Très généralement, l'un des réactifs, A, est un composé organique de haute valeur ajoutée. B est souvent un réactif de moindre valeur, organique ou minéral, introduit en excès plus ou moins large, afin qu'il ne soit pas limitant.

A et B sont souvent dissouts dans un solvant, introduits dans un montage adapté (montage à reflux par exemple), portés à la température requise et on laisse la réaction se dérouler (typiquement de quelques minutes à plusieurs heures...).

2) La séparation et la purification des produits

Elle consiste à isoler le ou les produits que l'on a synthétisés.

Dans notre exemple, le produit organique intéressant est noté P.

En fin de réaction, il faut l'isoler du A qui n'aurait pas réagi, de l'excès de B, des sous-produits Q, des éventuelles impuretés dues à des réactions indésirables... et éliminer le solvant.

Pour cela, de nombreuses techniques sont employées :

on utilise selon les cas l'extraction liquide/liquide,

la filtration (souvent sous vide sur büchner), l'évaporation du solvant grâce à l'évaporateur rotatif...

Après cette séparation, une purification supplémentaire peut être nécessaire.

Si P est un liquide, on peut procéder à une distillation ; si c'est un solide, à une recristallisation...

3) L'analyse

L'analyse a pour but de répondre à deux questions : Quoi ? Combien ?

Quoi ?

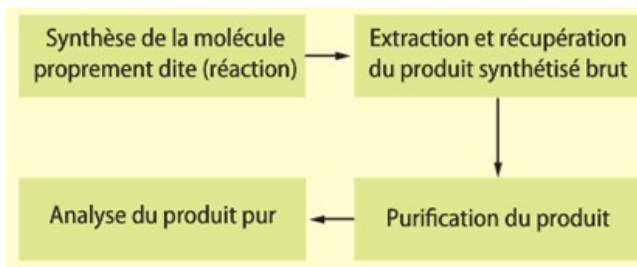
Il faut s'assurer que le produit que l'on obtient est bien le produit attendu et qu'il est pur.

Pour vérifier la pureté d'un produit, on peut mesurer son point de fusion si c'est un solide, son indice de réfraction si c'est un liquide, et comparer les résultats aux données de la littérature.

Par ailleurs, l'analyse spectroscopique (UV-Visible, IR, RMN...) est un outil puissant pour établir la structure d'un produit.

Combien ?

En utilisant une balance de précision, on détermine la quantité de produit isolé. On peut alors calculer le rendement de la synthèse.



2. Rendement d'une synthèse

Rendement

On appelle rendement de la synthèse le rapport entre la quantité de P effectivement obtenue n_p et la quantité maximale théorique n_{MAX} :

$$\rho = \frac{n_p}{n_{max}}$$

N.B. $0 \leq \rho \leq 1$, mais on le multiplie en général par 100 pour donner le résultat sous forme d'un pourcentage.

Dans l'exemple ci-dessus ($A + B \rightarrow 2P + Q$) :

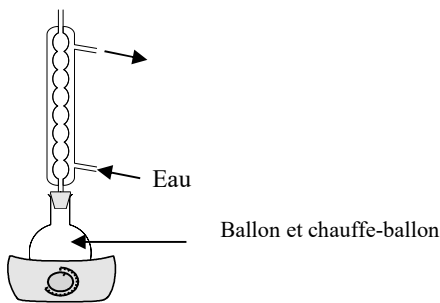
$$\rho = \frac{n_p}{2n_0}$$

Quelques dispositifs expérimentaux

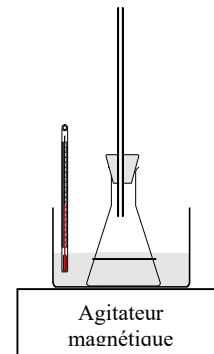
Les techniques mis en œuvre dépendent principalement des caractéristiques physico-chimiques des espèces chimiques présentes.

1. Le dispositif de chauffage à reflux

Il permet d'éviter les pertes de matière par évaporation, les vapeurs se condensent dans le réfrigérant



Montage à reflux avec réfrigérant à eau



Montage à reflux avec réfrigérant à air

2. Les extractions

Isoler du mélange réactionnel le produit brut.

Extraction liquide-liquide : on utilise une **ampoule à décanter**, extraire une espèce dissoute dans un mélange à l'aide d'un solvant extracteur.

La cristallisation : extraire une espèce solide dissoute dans un mélange. Par modification du pH ou de la température, on diminue la solubilité de l'espèce qui précipite. Sa récupération se fait à l'aide du **filtre Büchner**.

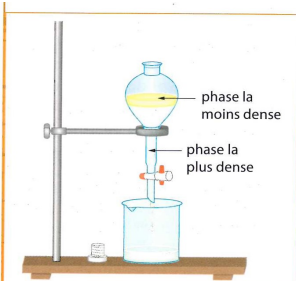


Fig. 3 Extraction dans une ampoule à décanter.

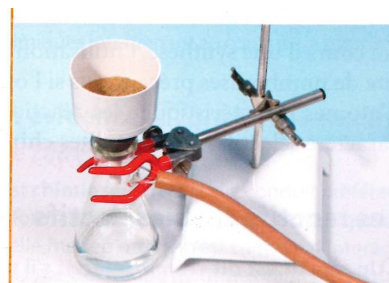


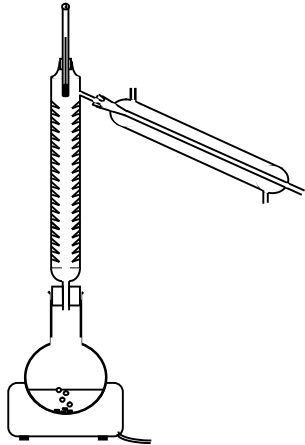
Fig. 4 Filtration sous vide.

3. La purification

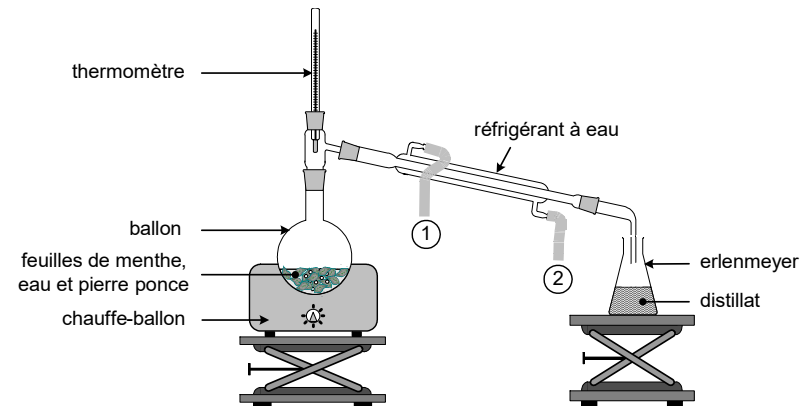
Eliminer les impuretés contenues dans le produit brut afin d'obtenir le produit de synthèse à l'état pur.

Distillation : extraire le produit d'un mélange homogène

Recristallisation : purifier le produit solide en le dissolvant dans un solvant, en refroidissant, le produit pur cristallise, les impuretés restent sous forme liquide dans le solvant.



Distillation fractionnée (colonne de Vigreux)



Distillations simple

4. Les méthodes d'analyse

Identifier l'espèce synthétisée et déterminer son degré de pureté.

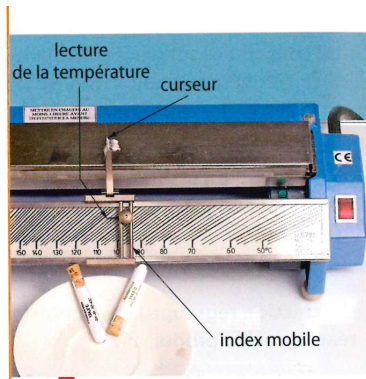
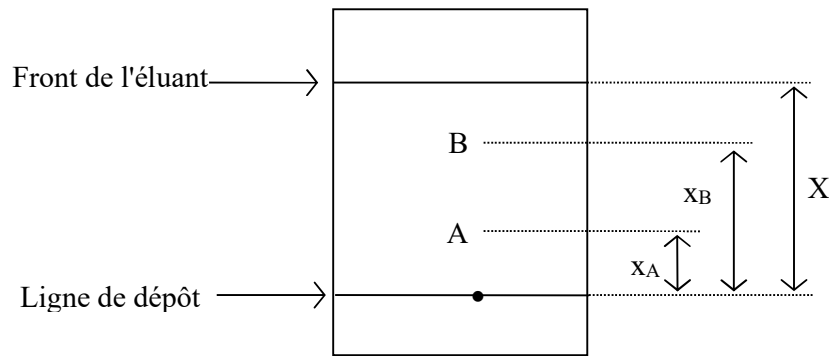
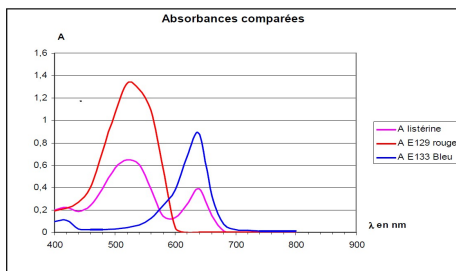


Fig. 6 Détermination d'une température de fusion à l'aide d'un banc Kofler.

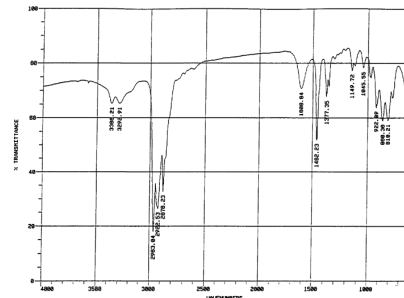
Température de fusion au banc Köfler



Identification par chromatographie sur couche mince CCM



Analyse spectroscopique UV



Analyse spectroscopique IR

C5H13N

Exercice résolu EN AUTONOMIE

19 Synthèse du bénomilate

Le Salipran® est un médicament utilisé contre la douleur. Son principe actif est le bénomilate. Ce composé est obtenu à partir de l'aspirine et du paracétamol. Voici le protocole de sa synthèse : dans un ballon contenant 100 mL d'une solution hydro-alcoolique (mélange à 50 % en volume d'eau et d'éthanol), on introduit $m_1 = 18,0$ g d'aspirine, $m_2 = 15,1$ g de paracétamol, et des gouttes d'acide sulfurique concentré. On chauffe à reflux pendant 30 minutes. Ensuite, on sépare le bénomilate insoluble, puis on le purifie par une méthode appropriée. Après séchage, on obtient une masse $m = 18,8$ g de bénomilate solide.

- Repérer les réactifs de la synthèse.
- Préciser l'intérêt du chauffage à reflux.
- Comment isoler le bénomilate du milieu réactionnel ?
- Proposer une méthode de purification du solide obtenu.

EXEMPLE DE RÉDACTION

- Les réactifs de la synthèse sont l'aspirine et le paracétamol.
- Le chauffage permet de diminuer la durée de la transformation. Le tube réfrigérant évite la perte de matière en permettant le reflux des vapeurs.
- Le bénomilate peut être séparé du milieu par filtration sous vide.
- Le solide obtenu peut être purifié par recristallisation.

LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

Certains verbes d'action permettent de repérer les étapes du protocole expérimental.
L'état physique du produit recherché est donné.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

Repérer : identifier quelque chose grâce à un vocabulaire spécifique ou à des termes qui disent la causalité.
Préciser : indiquer clairement.
Proposer : effectuer un choix, suggérer une solution.

QUELQUES CONSEILS

- Comparer l'état physique du produit recherché et du milieu qui le contient.

EXERCICE SIMILAIRE

20 Synthèse de la benzoïne par la méthode ZININ

La méthode ZININ est une méthode de synthèse de la benzoïne à partir du benzaldéhyde. Les ions cyanure y sont utilisés comme catalyseurs.

Voici le protocole de sa synthèse :

- Dans un ballon à fond rond de 250 mL équipé d'un réfrigérant, introduire environ 20,0 mL d'éthanol, 15,0 mL de benzaldéhyde et 15,0 mL d'une solution aqueuse à 10 % en cyanure de potassium.
- Chauffer à reflux pendant 30 minutes.
- Refroidir le ballon et son contenu dans un mélange (eau + glace + sel) : la benzoïne cristallise.

- Filter sur Büchner.
- Laver le résidu solide avec 50 mL d'eau distillée glacée.
- Essorer et sécher à l'étuve réglée à 100 °C.
- Recristalliser le produit brut dans l'éthanol.
- Filter sur filtre Büchner.
- Essorer et sécher à l'étuve réglée à 100 °C.
- Mesurer la température de fusion et la masse de benzoïne solide obtenue.

Attention

- Travailler sous une hotte aspirante.
- Porter constamment une paire de gants de protection.
- Récupérer les déchets dans un récipient de stockage approprié.

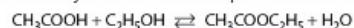
- Au cours de quelle(s) étape(s) la benzoïne est-elle isolée du milieu réactionnel ?
- Justifier la technique employée.
- De quelle façon est purifié le produit recherché ? Justifier.

Espèce chimique	Caractéristiques	Pictogrammes de sécurité
benzaldéhyde	$T_{\text{fusion}} = -26$ °C ; $T_{\text{ébullition}} = 179$ °C Masse volumique à 20 °C : $\rho = 1,04$ g · mL ⁻¹ Légèrement soluble dans l'eau Soluble dans l'éthanol	
benzoïne	$T_{\text{fusion}} = 137$ °C ; $T_{\text{ébullition}} = 344$ °C Masse volumique à 20 °C : $\rho = 1,04$ g · mL ⁻¹ Peu soluble dans l'eau Légèrement soluble dans l'éthanol	-
cyanure de potassium	$T_{\text{fusion}} = 635$ °C ; $T_{\text{ébullition}} = 1 625$ °C Donne des ions K ⁺ (aq) et CN ⁻ (aq) par dissolution dans l'eau Soluble dans l'eau et l'éthanol	

Exercice résolu EN AUTONOMIE

21 Synthèse d'un solvant pour les vernis

L'éthanoate d'éthyle est un liquide utilisé comme solvant pour les vernis à ongles en raison de sa faible nocivité. Sa synthèse est modélisée par la réaction non totale d'équation :



Dans un ballon de 100 mL, on introduit 0,10 mol d'acide acétique et 0,10 mol d'éthanol. On ajoute 0,5 mL d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce. La transformation est réalisée avec un chauffage à reflux. À l'issue de celle-ci, on verse le contenu du ballon dans une ampoule à décanter contenant environ 50 mL d'eau salée. On agite, puis on élimine la phase aqueuse. La phase organique est séchée. Après filtration, elle est recueillie dans un erlenmeyer. Le volume du filtrat est égal à 5,9 mL.

Données :

Espèce chimique	Masse molaire (en g · mol ⁻¹)	Masse volumique (en g · mL ⁻¹)	Solubilité dans	
			l'eau	l'eau salée
acide acétique	60,0	1,05	très grande	très grande
éthanol	46,1	0,79	très grande	très grande
acétate d'éthyle	88,1	0,90	faible	presque nulle

- Justifier l'usage de l'eau salée lors de la phase d'isolement.
- Déterminer l'avancement maximal de la transformation.
- Calculer la quantité de matière de filtrat recueilli.
- En déduire le rendement de cette synthèse.

LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

Les quantités de matière de réactifs introduits sont indiquées.
Les caractéristiques physiques des espèces sont précisées dans le tableau.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

Justifier : donner une explication au choix effectué.
Déterminer : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
En déduire : intégrer le ou les résultats précédents pour répondre.

EXEMPLE DE RÉDACTION

- L'éthanoate d'éthyle formé est insoluble dans l'eau salée, contrairement aux réactifs susceptibles de n'avoir pas réagi totalement. Il va donc constituer une phase distincte de la phase aqueuse.
- Comme l'indiquent la stœchiométrie de la réaction et les quantités de matière en présence, l'avancement maximal de la réaction est 0,10 mol, soit $n_{\text{max}} = 0,10$ mol.
- On trouve la quantité de matière obtenue lors de la synthèse à partir de la masse de solvant obtenue et de sa masse molaire : $n_{\text{obtenue}} = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M} = \frac{0,90 \times 5,9}{88,1}$ soit $n_{\text{obtenue}} = 0,06$ mol.
- Le rendement est défini par le quotient de la quantité de matière obtenue sur la quantité de matière maximale attendue : $R = \frac{n_{\text{obtenue}}}{n_{\text{max}}} \times 100 = \frac{0,06}{0,10} \times 100$ soit $R = 60$ %.

QUELQUES CONSEILS

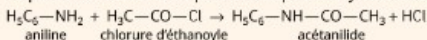
- Se poser la question de la grandeur qui lie le volume à la masse, puis la masse à la quantité de matière.

EXERCICE SIMILAIRE

22 Synthèse de la tyrosine

Les protéines assurent une multitude de fonctions biologiques dans notre organisme. Vingt acides aminés différents participent à l'élaboration des protéines. Parmi eux, on trouve la tyrosine, une molécule présente dans de nombreux aliments.

L'équation de réaction de la première étape de sa synthèse est la suivante :



On réalise cette étape en faisant réagir 10,0 mL d'aniline avec un excès de chlorure d'éthanoyle. La masse d'acétanilide obtenue est de 11,2 g.

- Déterminer la quantité de matière d'aniline introduite.
- En déduire l'avancement maximal de la réaction.
- Calculer la quantité de matière d'acétanilide formée.
- En déduire le rendement de cette première étape de la synthèse de la L-tyrosine.

Données : masse volumique de l'aniline : $\rho = 1,02$ g · mL⁻¹.

Espèce chimique	Masse molaire (en g · mol ⁻¹)	Température (en °C)	
		d'ébullition	de fusion
aniline	93,0	184	-6
chlorure d'éthanoyle	78,5	51	-112
acétanilide	135,0	304	114



Croiser les notions

23 Savon d'Alep

Des savons dits « durs » ont été élaborés dans le Nord de l'actuelle Syrie dès le VIII^e siècle. Par traitement à chaud d'huile d'olive par l'hydroxyde de sodium, le savon d'Alep (oléate de sodium) et du glycérol sont formés. En laboratoire, on peut synthétiser ce savon selon le protocole suivant :

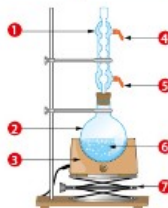


- Dans un ballon, on introduit de l'huile d'olive (que l'on considérera exclusivement constituée d'oléine), une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium à $80 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, de l'éthanol et quelques grains de pierre ponce.
- On chauffe à reflux pendant 30 minutes.
- On verse le tout dans un bœcher contenant une solution aqueuse glacée de chlorure de sodium saturée et, après agitation, on observe l'apparition d'un solide jaunâtre : le savon.
- Il est filtré sur Büchner, puis rincé à l'eau salée glacée.

Données : solubilité des réactifs et produits dans quelques solvants :

Réactifs	Solvants	eau	eau salée	alcool
soude		bonne	bonne	bonne
oléine		très faible	quasi nulle	bonne
savon		faible	quasi nulle	très faible
glycérol		bonne	bonne	bonne

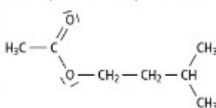
- a. Légendez le montage à reflux ci-contre :
b. Préciser le rôle et l'intérêt des éléments ② et ③ du montage.
- Expliquer le rôle de l'éthanol en s'aidant du tableau des solubilités.
- Donner deux arguments permettant d'expliquer la formation du savon sous forme solide.
- Quel est l'intérêt du dispositif de filtration utilisé ?
- Quelle étape supplémentaire devrait-on effectuer pour terminer la synthèse ?



24 Phéromones d'attaque chez les abeilles



Les abeilles communiquent à l'aide de phéromones. La phéromone d'attaque, l'éthanoate d'isoamyle, est une espèce chimique volatile produite par des cellules bordant la poche à venin. Elle peut être préparée selon le protocole ci-après.

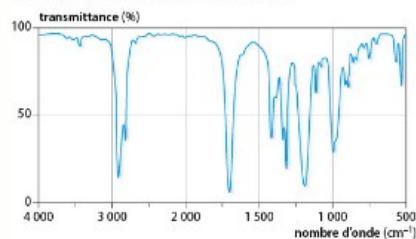


Dans un ballon de 100 mL, on introduit un volume $V_0 = 30 \text{ mL}$ d'acide éthanoïque et une masse $m_0 = 22,0 \text{ g}$ d'alcool isoamylique. On ajoute avec précautions 1 mL d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce. On chauffe à reflux pendant 4 heures. Après extraction par de l'eau salée, la phase organique est récupérée. Son volume est de 25 mL.

Données : table infrarouge en rabat v de couverture :

Espèce chimique	Masse molaire (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)	Masse volumique (en $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	Température d'ébullition (en $^{\circ}\text{C}$)	Solubilité dans l'eau salée
acide éthanoïque	60	1,05	118	très grande
alcool isoamylique	88	0,81	130	faible
éthanoate d'isoamyle	130	0,87	142	très faible

- Quel rôle joue l'acide sulfurique ?
- Montrer que l'alcool est le réactif limitant.
- Faire un schéma légendé de l'extraction réalisée.
- Comment purifier la phase organique récupérée ?
- On réalise un spectre infrarouge du produit obtenu après purification. Celle-ci a-t-elle été efficace ?



25 Phéromones d'alarme chez les abeilles

Une des phéromones d'alarme chez les abeilles est l'heptanone. Cette molécule est émise, entre autres, quand un intrus s'approche de la ruche ou qu'une abeille est agressée. Au laboratoire, l'heptanone peut être préparée à partir de la réaction entre l'acide hypochloreux HClO et l'heptan-2-ol :

On mélange 4,0 g d'alcool et 30 mL d'eau de Javel de concentration en quantité de matière d'acide hypochloreux $1,8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Après transformation, extraction et purification, on obtient 2,4 g d'heptanone.

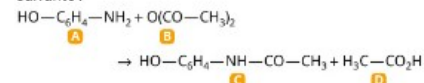
Données : $M(\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}) = 114 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{C}_7\text{H}_{16}\text{O}) = 116 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

- Les couples oxydant/réducteur mis en jeu lors de cette réaction sont HClO (aq)/Cl⁻ (aq) et C₇H₁₄O (aq)/C₇H₁₆O (aq).
a. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction associée à chaque couple en milieu acide.

- En déduire l'équation de la réaction de synthèse de l'heptanone mise en jeu.
- a. Établir le tableau d'avancement de la transformation.
b. Montrer que l'alcool est le réactif limitant.
c. Calculer la masse maximale d'heptanone que l'on peut obtenir par cette transformation.
d. En déduire le rendement de cette synthèse.

26 Synthèse du paracétamol

Le paracétamol est un médicament contre la fièvre. Sa synthèse peut être réalisée à partir du para-aminophénol A et de l'anhydride éthanoïque B selon l'équation de réaction suivante :



Les différentes phases d'un protocole de synthèse sont décrites ci-après :

Phase 1 : dans un erlenmeyer, introduire 2,7 g de para-aminophénol, 25 mL d'eau distillée, 2 mL d'acide éthanoïque et un barreau aimanté. Chauffer à reflux au bain-marie à $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 10 minutes. Ramener la solution à température ambiante, puis ajouter lentement 3,5 mL d'anhydride éthanoïque. Une fois l'addition terminée, chauffer comme précédemment.

Phase 2 : refroidir le mélange réactionnel à température ambiante puis dans un bain d'eau glacée, et attendre la cristallisation complète. Filtrer les cristaux sur Büchner. Rincer le solide avec un minimum d'eau glacée, puis le récupérer dans un erlenmeyer.

Phase 3 : dissoudre le solide dans 20 mL d'eau distillée bouillante. Laisser refroidir lentement jusqu'à cristallisation. Filtrer sous pression réduite les cristaux obtenus, et les récupérer dans une coupelle.

- Donner un nom à chacune des trois phases du protocole expérimental de synthèse.
- À l'aide de vos connaissances et des documents fournis, justifier le choix des techniques utilisées dans les phases 2 et 3 du protocole, en rédigeant un texte précis et concis.
- Rédiger un protocole pour une phase 4 de cette synthèse.
- Déterminer la masse maximale de paracétamol qui peut être obtenue à partir de ce protocole. Expliciter la démarche suivie.

Données :

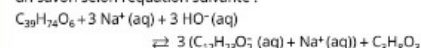
Composé	Masse molaire (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)	Température (en $^{\circ}\text{C}$)	
		de fusion	d'ébullition
A	109	186	284
B	102	-73	136
C	51	168	388
D	60	17	118

PAGE Flashable

Aspect à 25 $^{\circ}\text{C}$ et sous 10^5 Pa	Solubilité dans l'eau	Pictogrammes de sécurité
A solide blanc	$8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ à $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $85 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ à $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Solubilité accrue en solution aqueuse d'acide éthanoïque	
B liquide incolore de masse volumique $1,08 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$	Réagit avec l'eau en donnant l'acide dont il est issu	
C solide blanc	$10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ à $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $250 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ à $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$	
D liquide incolore de masse volumique $1,05 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$	Très grande solubilité de $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ à $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$	

27 L'huile de coprah DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

L'huile de coprah, un des constituants du monoï, est très riche en acides gras saturés. Elle est issue de la chair de la noix de coco. On considère que cette huile est constituée uniquement du laurate de glycérile. Sa réaction avec de la soude produit un savon selon l'équation suivante :



Dans une savonnerie, pour obtenir 1,0 tonne de savon, on utilise une masse $m_1 = 1,3 \text{ tonne}$ (soit $1,3 \times 10^3 \text{ kg}$) de laurate de glycérile, et un volume $V_0 = 2,0 \text{ m}^3$ de solution d'hydroxyde de sodium de concentration en quantité de matière $c_0 = 6,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données :

Espèce chimique	Formule	Masse molaire (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)
laurate de glycérile	$\text{C}_{39}\text{H}_{74}\text{O}_6$	638
laurate de sodium	$\text{C}_{12}\text{H}_{23}\text{O}_2\text{Na}$	222
glycérol	$\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3$	92,0

DÉMARCHE AVANCÉE

Déterminer le rendement de la synthèse.

DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

- a. Calculer les quantités de matière des réactifs introduits. Établir le tableau d'avancement de la transformation.
b. Montrer que l'avancement maximal x_{max} est égal à $2,0 \times 10^3 \text{ mol}$.
- Déterminer la masse maximale m_2 de laurate de sodium attendue.
- Définir le rendement de la synthèse du savon, puis le calculer.

Exercices similaires
aux exercices résolus

■ p. 142 et 143

20 1. La benzoïne est isolée du milieu réactionnel lors des étapes ① à ⑧. Synthèse du produit brut : étapes ① et ② *Séparation* (ou isolement ou extraction) : étapes ③ et ④ *Purification* : étapes ⑤ à ⑨ *Identification* (caractérisation) : étape ⑩.

2. La benzoïne est peu soluble dans l'eau. Sa solubilité est encore moindre dans l'eau salée. D'autre part, la solubilité décroît avec la température.

3. Refroidir le mélange réactionnel dans le mélange d'eau salée glacée va donc conduire à la précipitation de la benzoïne.

$$\begin{aligned} \mathbf{22} \quad 1. n(\text{aniline}) &= \frac{\rho(\text{aniline}) \cdot V(\text{aniline})}{M(\text{aniline})} \\ &= \frac{(1,02 \times 10,0)}{93,0} = 0,110 \text{ mol.} \end{aligned}$$

Au vu de la stœchiométrie de la réaction et dans la mesure où l'aniline est le réactif limitant, $x_m = 0,110$ mol.

$$\begin{aligned} 2. n(\text{acétanilide}) &= \frac{m(\text{acétanilide})}{M(\text{acétanilide})} \\ &= \frac{11,2}{135,0} = 8,30 \times 10^{-2} \text{ mol.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. R &= \frac{n(\text{acétanilide obtenue})}{n(\text{acétanilide attendue})} \\ &= \frac{8,30 \times 10^{-2}}{0,110 \times 100} = 75,4 \%. \end{aligned}$$

Croiser les notions

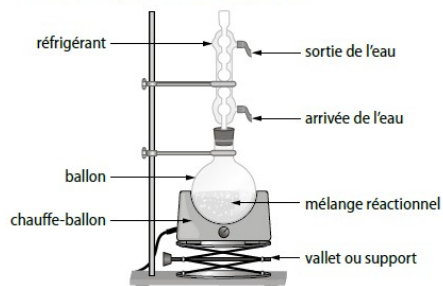
■ p. 144

23 a. Montage du reflux légendé :

Croiser les notions

■ p. 144

23 a. Montage du reflux légendé :



b. Le chauffe ballon permet en élevant la température du milieu réactionnel d'accélérer la réaction. Le réfrigérant à eau permet de condenser les vapeurs formées afin que les réactifs et produits refluent dans le ballon.

2. La soude et l'oléine n'étant pas miscible, la réaction ne peut avoir lieu qu'à leur interface. Rajouter de l'éthanol, miscible aux deux réactifs, permet de

multiplier les lieux de réaction et donc d'accélérer la réaction.

3. Le savon n'est que peu soluble dans l'eau et sa solubilité diminue avec la température et il ne l'est que très peu dans l'eau salée.

4. La filtration Büchner est une filtration sous vide partiel : elle permet d'accélérer le processus.

5. Pour achever cette synthèse, il conviendrait de purifier le savon obtenu.

24 1. L'acide sulfurique n'est pas un réactif de la synthèse, c'est un catalyseur de réaction.

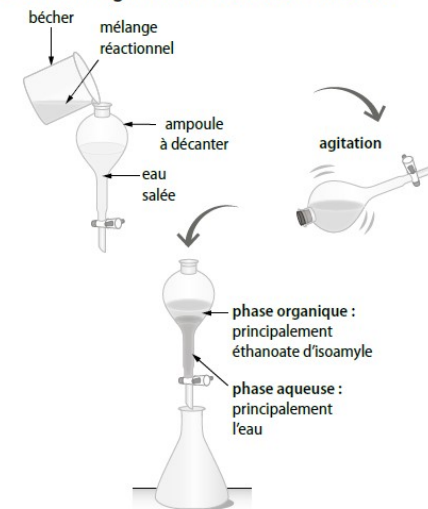
$$2. n(\text{alcool}) = \frac{m(\text{alcool})}{M(\text{alcool})} = \frac{22,0}{88} = 0,25 \text{ mol.}$$

$$n(\text{acide éth.}) = \frac{\rho(\text{acide éth.}) \cdot V(\text{acide éth.})}{M(\text{acide éth.})}$$

$$= \frac{(1,05 \times 30)}{60} = 0,53 \text{ mol.}$$

Relativement à la stœchiométrie de la réaction, l'acide éthanóïque est introduit en excès. L'alcool est bien le réactif limitant. L'acide éthanóïque est soluble dans l'eau salée utilisée pour l'extraction.

3. Schéma légendé de l'extraction réalisée :



4. La phase organique peut être purifiée par distillation.

5. Identification des minima de transmittance des liaisons caractéristiques $\sigma(\text{C}=\text{O}) = 1750 \text{ cm}^{-1}$ et de la bande de liaison $\text{C}-\text{O}$ à 1250 cm^{-1} .

Synthèse de la menthone à partir du menthol (10 points)

Le menthol et la menthone sont deux espèces chimiques organiques présentes dans certaines espèces de menthe.

Le menthol (2-isopropyl-5-méthylcyclohexan-1-ol) est utilisé fréquemment dans les industries agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique.

La menthone (2-isopropyl-5-méthylcyclohexan-1-one) entre dans la composition de certains parfums et arômes naturels ; elle est obtenue par oxydation, en milieu acide, du menthol.

Dans cet exercice, on s'intéresse à la synthèse de la menthone à partir du menthol, réalisable au laboratoire du lycée.

Données :

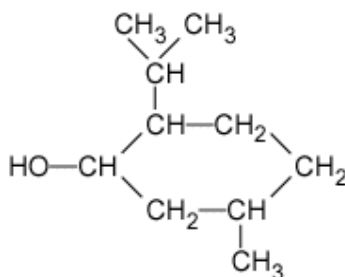
	Menthol	Menthone
Couleur	Blanche	Incolore
Masse molaire (g.mol ⁻¹)	156	154
Température de fusion (°C)	43	- 6,5
Température d'ébullition (°C)	212	209

Solvant	Dichlorométhane	Cyclohexane	Ethanol	Eau
Densité	1,33	0,78	0,79	1
Miscibilité avec l'eau	Non miscible	Non miscible	Miscible	Non miscible
Miscibilité avec l'éthanol	Non miscible	Non miscible	Miscible	Miscible
Solubilité du menthol à 25°C	Très soluble	Peu soluble	Soluble	Non soluble
Solubilité de la menthone à 25°C	Très soluble	Très soluble	Soluble	Non soluble

Tableau de données de spectroscopie infrarouge (IR) :

Liaison	Nombre d'onde (cm⁻¹)	Intensité
O-H libre	3500 - 3700	Forte, fine
O-H liée	3200-3400	Forte, large
O-H acide carboxylique	2500-3200	Forte à moyenne, large
C-H	2800-3000	Forte
C=O aldéhyde et cétone	1650-1730	Forte
C=O acide carboxylique	1680-1710	Forte
C=C	1640-1680	Moyenne

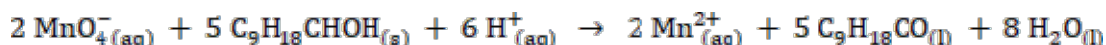
1. La formule semi-développée du menthol est représentée ci-après :



Justifier le fait que le menthol fasse partie de la famille des alcools

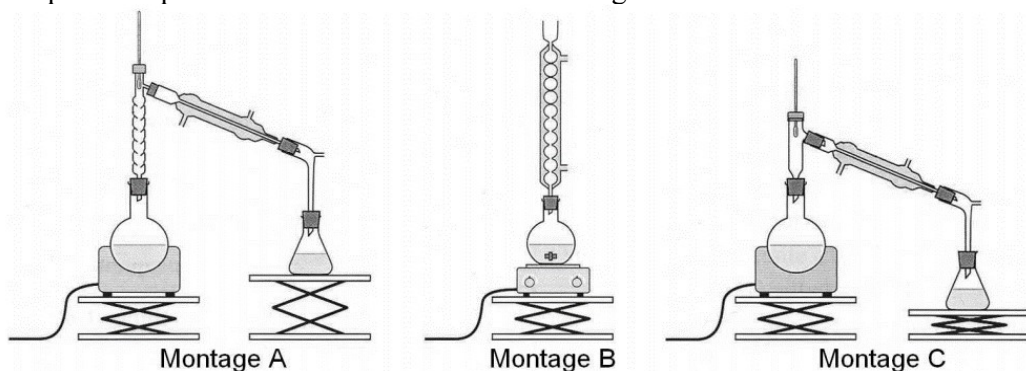
2. Sachant que lors de l'oxydation ménagée du menthol en menthone seul le groupe caractéristique est modifié et que la menthone appartient à la famille des cétones, représenter la formule semi-développée de la molécule de menthone.

3. L'oxydation du menthol en menthone s'effectue en milieu acide par l'ion permanganate MnO_4^- qui appartient au couple oxydant-réducteur $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$. Cette oxydation est modélisée par une réaction dont l'équation est la suivante :



Justifier le fait que le menthol subit une oxydation.

4. On réalise, au laboratoire du lycée, l'oxydation d'une masse $m = 15,6 \text{ g}$ de menthol, par un volume $V = 200 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse acide permanganate de potassium dont la concentration en ions permanganate est $C = 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$. Le mélange est acidifié par quelques millilitres d'acide sulfurique concentré. Le dispositif expérimental utilisé est celui du chauffage à reflux.



4.1. Parmi les montages A, B et C précédents, indiquer celui qu'il convient de choisir pour réaliser le chauffage à reflux.

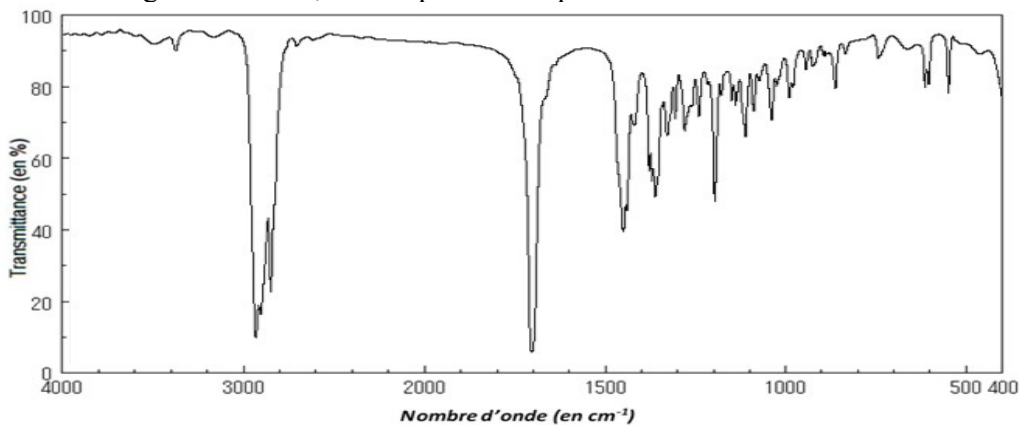
4.2. Expliquer le rôle des différents éléments de verrerie dans le montage à reflux.

4.3. En s'aidant éventuellement d'un tableau d'avancement, montrer que, lors de cette oxydation, le menthol est le réactif limitant.

4.4. Déterminer la masse théorique maximum m_{th} de menthone que l'on peut obtenir.

5. On transvase le contenu du ballon dans une ampoule à décanter et on y ajoute 20 mL d'un solvant extracteur. On agite puis on laisse reposer. On observe la séparation de 2 phases, la phase organique surnageant. Déterminer quel solvant, parmi le dichlorométhane, le cyclohexane, l'éthanol et l'eau, a été utilisé pour extraire la menthone du mélange réactionnel. Justifier.

6. La séparation de la menthone du solvant extracteur se fait en réalisant une distillation. En fin d'opération on obtient une masse $m_{exp} = 10,3$ g de distillat que l'on considère être de la menthone pure. On réalise le spectre infrarouge du distillat ; il est reproduit ci-après.

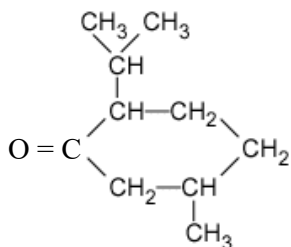


Source : Spectral database for organic compounds (https://sdb.sdb.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/cre_index.cgi)

- 6.1. Justifier que le spectre précédent est compatible avec celui de la menthone.
- 6.2. Déterminer le rendement de cette synthèse. Conclure.

CORRECTION Synthèse de la menthone à partir du menthol (10 points)

1. Le menthol possède le groupe caractéristique hydroxyle OH et appartient donc à la famille des alcools.
2. menthone :



3. On peut justifier que le menthol subit une oxydation en écrivant la demi-équation de cette réaction.

Couple Ox/Réd : Menthone/Menthol
 $C_9H_{18}CO / C_9H_{18}OH$



Réducteur Oxydant

- 4.1. Le montage **B** est celui qui convient.
- 4.2. Le réfrigérant à boules et à eau permet de condenser les vapeurs et ainsi d'éviter une perte de matière. Le ballon sert à contenir le mélange réactionnel.

4.3.

Équation chimique		$2\text{MnO}_4^- + 5\text{C}_9\text{H}_{18}\text{CHOH} + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{C}_9\text{H}_{18}\text{CO} + 8\text{H}_2\text{O}$					
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière					
initial	0	n_1	n_2	excès	État 0	$n_3 = 0$	Solvant
État intermédiaire	x	$n_1 - 2x$	$n_2 - 5x$	excès	2x	$n_3 = 5x$	Solvant
État final	x_{max}	$n_1 - 2x_{\text{max}}$	$n_2 - 5x_{\text{max}}$	excès	$2x_{\text{max}}$	$n_3 = 5x_{\text{max}}$	Solvant

Si l'anion permanganate MnO_4^- est le réactif limitant alors $n_1 - 2x_{\text{max}} = 0$,

$$\text{soit } x_{\text{max}} = \frac{n_1}{2} = \frac{\frac{m}{M}}{2} = \frac{m}{2.M}$$

$$\text{alors } x_{\text{max}} = \frac{15,6}{2 \times 156} = 0,0500 \text{ mol} = 50,0 \text{ mmol}$$

Si le menthol $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{CHOH}$ est le réactif limitant alors $n_2 - 5x_{\text{max}} = 0$, soit $x_{\text{max}} = \frac{n_2}{5} = \frac{c.V}{5}$

$$\text{alors } x_{\text{max}} = \frac{0,5 \times 0,200}{5} = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol} = \mathbf{20,0 \text{ mmol}}$$

Le réactif limitant est bien le menthol car il conduit à la valeur de l'avancement maximal la plus faible.

$$\text{Autre méthode : } \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{m}{M}}{c.V} = \frac{m}{M.c.V}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{15,6}{156 \times 0,5 \times 0,200} = 1,00$$

$$\text{Rapport des coefficients stœchiométriques : } \frac{a}{b} = \frac{2}{5} = 0,4$$

$$\frac{n_1}{n_2} > \frac{a}{b} \text{ donc le réactif limitant est le menthol.}$$

4.4. D'après l'équation de la réaction, la consommation de 5 mol de menthol conduit à la formation de 5 mol de menthone.

Ainsi il se forme autant de menthone que l'on consomme de menthol.

$$n_2 = n_3$$

$$\frac{m}{M_{\text{menthol}}} = \frac{m_{\text{th}}}{M_{\text{menthone}}} \text{ donc } m_{\text{th}} = \frac{m.M_{\text{menthone}}}{M_{\text{menthol}}}$$

$$m_{\text{th}} = \frac{15,6 \times 154}{156} = \mathbf{15,4 \text{ g.}}$$

5. Pour extraire la menthone du milieu réactionnel, il faut un solvant non miscible avec l'eau et qui présente une très bonne solubilité pour la menthone.

Le dichlorométhane et le cyclohexane conviennent.

Le sujet indique que la phase organique surnage, donc le solvant extracteur est moins dense que l'eau. Il s'agit du **cyclohexane** de densité 0,78.

6.1. La menthone comportant une double liaison $\text{C}=\text{O}$ de sa fonction cétone, on doit repérer une bande de forte intensité entre 1650 et 1730 cm^{-1} . Ce qui est bien le cas dans le spectre fourni.

$$\mathbf{6.2.}$$
 Rendement de la synthèse : $\eta = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{th}}}$

$$\eta = \frac{10,3}{15,4} = \frac{103}{154} = 0,669 = 66,9 \%$$

Le rendement est bien inférieur à 100%.

Deux hypothèses pour l'expliquer :

- La transformation du menthol en menthone est limitée (elle n'est pas totale).
- L'extraction par le solvant n'a pas été efficace.

Physique Chimie



Je travaille seul en silence.

J'aide ou je suis aidé,
seul mon voisin m'entend.Je travaille en équipe sans
déranger personne.

1. Découvrir

Je consulte les ressources :

- Capsule
- Ressources à découvrir sur le site
<http://physchileborgne.free.fr>
- Activité du livre

**Je mets en pratique :**

- TP :



2. S' exercer

Je m'entraîne en réalisant les exercices :

Noter les exercices à faire

**Je m'entraîne en ligne :**

- Quiz :



3. Mémoriser

Je mémorise :

- Utiliser les cartes mentales (sur papier, à l'aide de FreeMind ou SimpleMindFree)
- Utiliser les fiches de cours.



Recommencer souvent en espaçant les séances pour une mémorisation à long terme.

4. Se tester

Je vérifie que je maîtrise les objectifs du chapitre :

- Relier intensité d'un courant continu et débit de charges.
- Expliquer quelques conséquences pratiques de la présence d'une résistance dans le modèle d'une source réelle de tension continue.
- Citer quelques ordres de grandeur de puissances fournies ou consommées par des dispositifs courants.
- Définir le rendement d'un convertisseur.

**J'ai réalisé :**

- Un compte rendu de TP
- Une rédaction complète d'exercice
- Un calcul
- Une carte mentale
- Un résumé de cours
- Des exercices du devoir surveillé de la session précédente

1. Intensité et charge électrique

Le courant

Il ne circule que dans un circuit électrique fermé. Il circule de la borne + à la borne - du générateur.

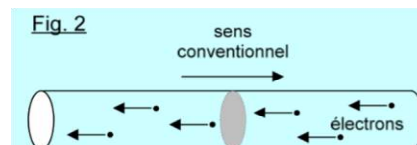
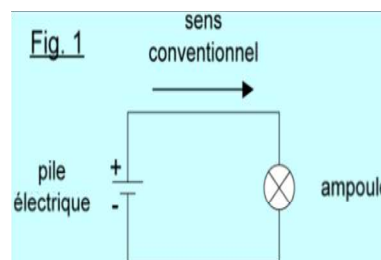
Intensité du courant: quantité d'électricité transportée par unité de temps. Elle se mesure à l'aide d'un ampèremètre.

$$I = \Delta q / \Delta t$$

I est en Ampère (A)

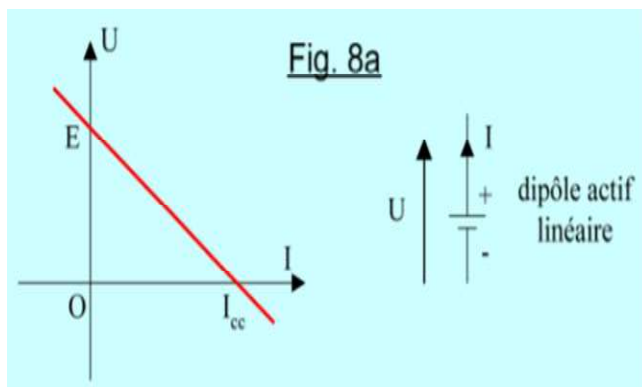
q est en Coulomb (C)

t est en seconde (s)



2. Source réelle de tension

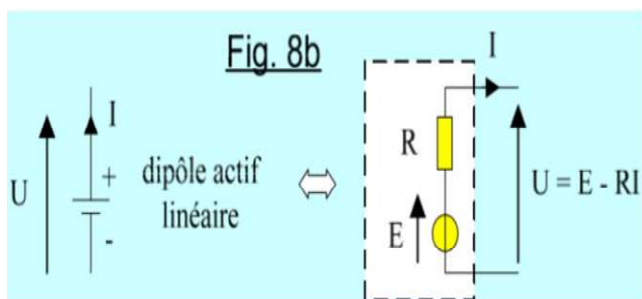
La caractéristique d'une source réelle de source de tension ne passe pas par l'origine.



En maths : modèle affine $y = a.x + b$
avec a le coefficient directeur

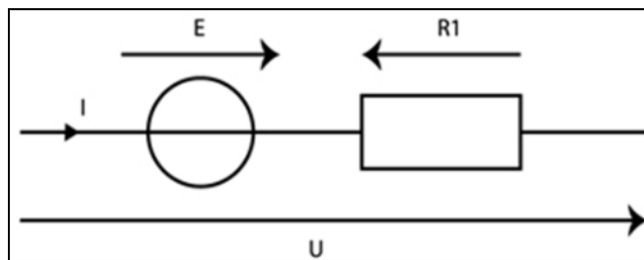
En physique : modèle $U = -R.I + E$
avec $-R$ le coefficient directeur

La présence d'une résistance R dans le modèle d'une source réelle de tension impose le schéma suivant



Loi d'Ohm généralisée

- électromoteur générateur : $U = E - RI$



3. Puissance et énergie

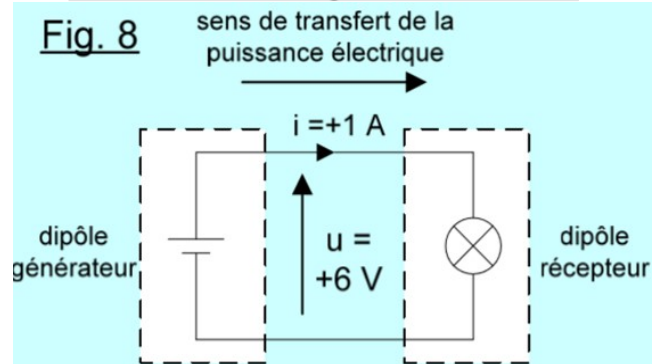
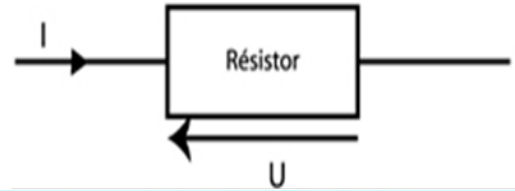
$$\text{Puissance } p = u \cdot i$$

u tension en volt (V)
i intensité du courant en ampère (A)
p puissance en watt (W)

La puissance est mesurée avec un **wattmètre**

Un dipôle générateur est un dipôle qui fournit de la puissance électrique. Cette puissance est consommée par les dipôles récepteurs.

Exemple : le générateur délivre une puissance $p = u \cdot i = 6 \times 1 = 6W$ La puissance consommée par l'ampoule est 6 W.



$$\text{Energie } E = p \cdot \Delta t$$

E énergie en Joules (J) ou kWatt.heure (kW.h)
1kWh = $3,6 \cdot 10^6$ J
P puissance en Watt (W)
 Δt temps d'utilisation du récepteur en seconde (s)

Puissance compteur électrique pour installation domestique
 $9kV \cdot A = 9000V \cdot A = 9000W = 9kW$

Energie consommée

	Relevé début	Relevé fin	Conso kWh	Prix EHT/kWh	Montant EHT	TVA
Consommation						
Heures Creuses - 09kVA - du 17/07/17 au 16/01/18	15827 (Enedis)	16129 (Client)	302	0,0724 (1)	21,85	20,0%
Heures Pleines - 09kVA - du 17/07/17 au 16/01/18	16324 (Enedis)	17264 (Client)	340	0,1006 (2)	34,20	20,0%
Heures Creuses - 09kVA - du 17/01/18 au 26/03/18	16129 (Client)	16352 (Client)	223	0,0718 (3)	16,01	20,0%
Heures Pleines - 09kVA - du 17/01/18 au 26/03/18	17264 (Client)	17658 (Client)	394	0,1007	39,58	20,0%
Heures Creuses - 09kVA - du 27/03/18 au 12/07/18	16352 (Client)	16552 (Enedis)	200	0,0716	14,32	20,0%
Heures Pleines - 09kVA - du 27/03/18 au 12/07/18	17658 (Client)	17849 (Enedis)	191	0,1007	19,23	20,0%
Total Consommation (dont acheminement 52,26 €)			1650		145,29	
Taxes et Contributions						
Taxe sur la Consommation Finale d'Electricité (TCFE)			1650	0,00958	15,80	20,0%
Contribution au Service Public d'Electricité (CSPE)			1650	0,02250	37,13	20,0%
Contribution Taxation d'Acheminement Electricité (CTA)					22,70	5,5%
Total Taxes et Contributions					75,63	
Total Electricité hors TVA					323,66	

Cas de la résistance

Un conducteur parcouru par un courant électrique dégage de la chaleur.

Plus généralement, l'**effet Joule** se traduit par la conversion d'énergie électrique en énergie thermique (chaleur).

Dans le cas des conducteurs ohmiques et des résistances, l'énergie électrique consommée est entièrement transformée en chaleur.

$$p = u \cdot i = R \cdot i \cdot i = R \cdot i^2$$

$$p = u \cdot i = u \cdot \frac{u}{R} = \frac{u^2}{R}$$

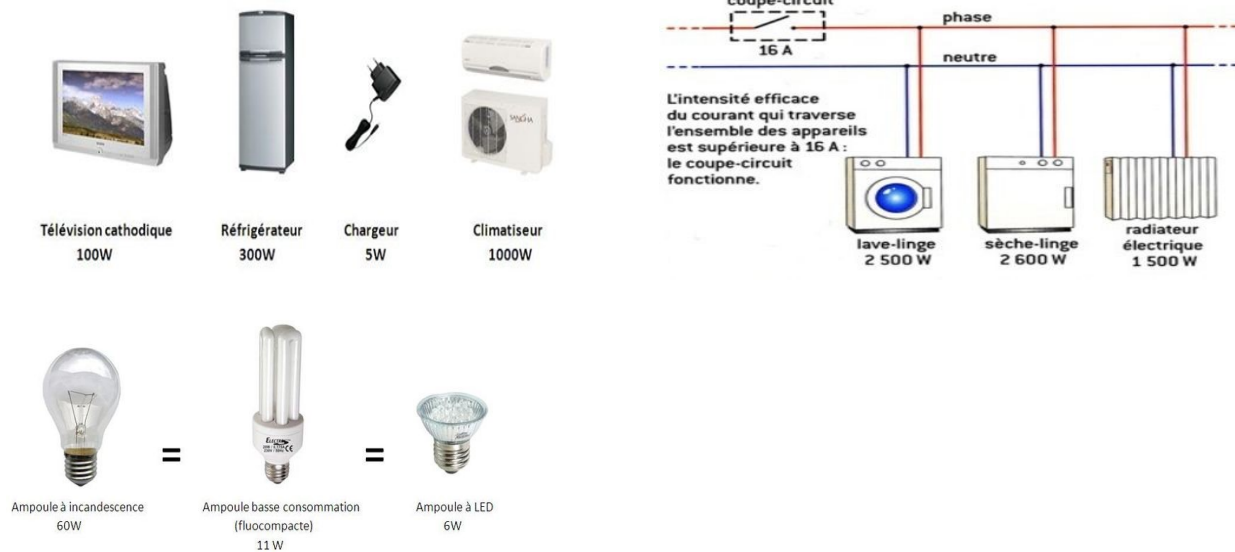
2 expressions de la puissance consommée par une résistance

Conséquences de l'effet Joule

- Applications : Appareil de chauffage : radiateurs, fers à repasser, fours, ...
L'éclairage par incandescence : filament d'une lampe...
Les dispositifs de sécurité : disjoncteur thermique, coupe-circuit...
- Inconvénients : Dans tous les dipôles actifs, l'effet Joule représente une perte.
Il y a pertes quand il s'agit du transport de l'énergie électrique : lignes à haute tension.
Il peut y avoir détérioration lorsque l'échauffement est trop important.

4. Bilan d'énergie

Exemple de puissance d'appareils électriques

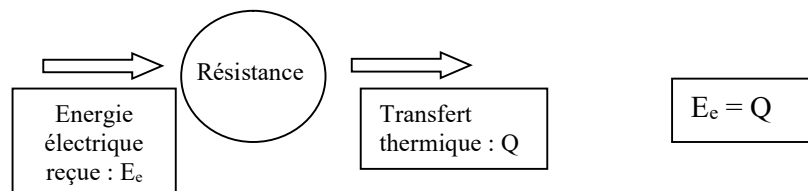


Rendement

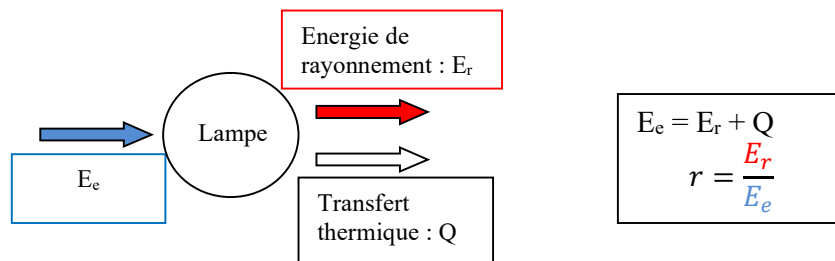
Un récepteur est un dipôle qui **reçoit de l'énergie électrique et qui la convertit** en une autre forme d'énergie.

$$\text{Rendement } r = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie reçue}} \text{ en \%}$$

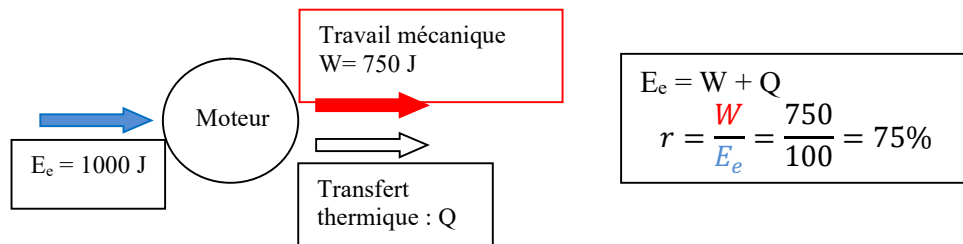
➤ La résistance :



➤ La lampe :


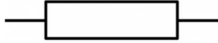



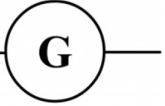
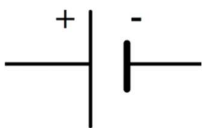

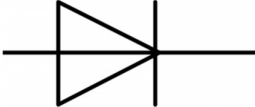
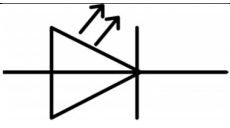


➤ Le moteur :



5. Symboles et schémas normalisés (rappel)

Chaque dipôle peut être représenté par un symbole normalisé international (valable dans tous les pays)

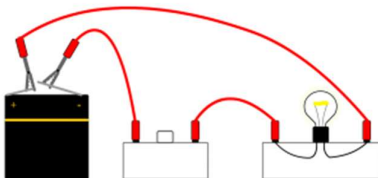
 lampe	 résistance	 fil	 Interrupteur ouvert	 Interrupteur fermé
 générateur	 pile	 moteur	 diode	 DEL

Les schémas normalisés sont réalisés en utilisant les **symboles normalisés** et en suivant des règles précises:

- 1) Le schéma est tracé à la règle et au crayon à papier. On commence toujours par tracer sa forme générale qui est un rectangle.
- 2) Les symboles normalisés des différents dipôles sont placés, de préférence, au milieu de chaque coté.
- 3) L'ordre dans lequel se suivent les différents symboles correspond à l'ordre de branchement des dipôles dans le circuit.

Exemple de schématisation

On souhaite réaliser la **schématisation du circuit** suivant :

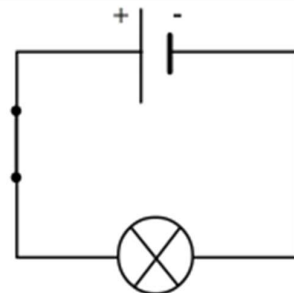


On trace, à la règle et au crayon à papier, un rectangle



Chaque dipôle du circuit (pile, lampe et interrupteur fermé) est représenté par son symbole normalisé placé au milieu d'un coté.

On commence donc par choisir trois emplacements que l'on efface au crayon à papier:



Puis on place les trois symboles.

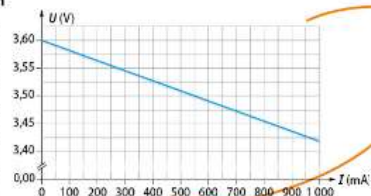
On vérifie l'ordre de branchement. Dans le circuit initial la borne positive de la pile est reliée à la lampe qui est elle-même relié à l'interrupteur et ce dernier est relié à la borne négative de la pile.

Cet ordre est respecté sur le schéma.

Exercice résolu EN AUTONOMIE

28 Batterie lithium-ion

À l'heure actuelle, la batterie lithium-ion est la plus utilisée pour les appareils nomades (téléphones portables, ordinateurs, etc.). La caractéristique intensité-tension d'une telle batterie est représentée ci-contre. La densité énergétique en réactif lithium est de $50 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$.



- Déterminer la tension à vide de la pile ainsi que sa résistance interne.
- a. On considère une batterie contenant $0,97 \text{ g}$ de lithium. Si on néglige sa résistance interne, déterminer l'autonomie de la batterie dans le cas où elle débite un courant de 250 mA .
b. Déterminer la puissance dissipée par effet Joule dans la batterie. En déduire le rendement de la batterie.

EXEMPLE DE RÉDACTION

- D'après le graphique, la tension à vide est de $3,6 \text{ V}$ (pour $I = 0 \text{ A}$, $U = 3,6 \text{ V}$). La résistance interne peut se calculer à partir de deux points de la droite ($0 ; 3,6$) et ($550 ; 3,5$):

$$\frac{3,5 - 3,6}{0,550 - 0} = -0,18 \text{ d'où } r = 0,18 \Omega.$$

- a. L'énergie contenue dans la batterie est de $0,97 \times 50 = 48,5 \text{ kJ}$ pour une puissance $P_0 = 3,6 \times 0,25 = 0,90 \text{ W} = 900 \text{ mW}$. La durée d'utilisation est :

$$\Delta t = \frac{48\,500}{0,9} = 54\,000 \text{ s} = 15 \text{ h}.$$

- b. La puissance dissipée par effet Joule est : $P = r \cdot I^2 = 0,18 \times 0,25^2 = 11 \text{ mW}$. En utilisant la puissance trouvée à la question 2.a, on exprime le rendement de la batterie :

$$\rho = \frac{900 - 11}{900} = 0,99 \text{ d'où } \rho = 99 \%$$

LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- La caractéristique intensité-tension donne toutes les informations sur la source de tension.
- La densité énergétique, d'après son unité, est la quantité d'énergie libérable en kJ pour 1 g de lithium.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

- Déterminer : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- En déduire : intégrer les résultats précédents pour répondre.

QUELQUES CONSEILS

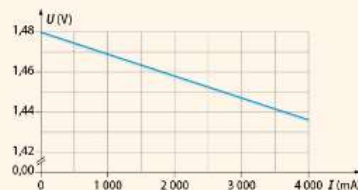
- b. Pour une durée donnée, le rendement peut s'exprimer comme le rapport entre la puissance délivrée par le convertisseur et la puissance fournie au convertisseur.

EXERCICE SIMILAIRE

29 La pile à combustible

La pile à combustible sera peut-être, entre autre, la source d'énergie des voitures du futur. Son énergie provient de la réaction chimique : $\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ qui produit 285 kJ d'énergie par mole de dihydrogène consommé. Sa caractéristique intensité-tension est représentée ci-contre.

- a. Quelle est l'énergie libérée par la réaction chimique pour $1,5 \text{ kmol}$ de dihydrogène ?
b. Pour un véhicule roulant à $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, la batterie fournit une puissance de 45 kW . Combien de temps le véhicule peut-il rouler dans ces conditions ?
- a. Si le courant électrique vaut $2,25 \text{ A}$, déterminer la puissance électrique correspondante au générateur idéal de la pile à combustible.
b. Déterminer la puissance dissipée par effet Joule. En déduire le rendement de la pile à combustible.



Exercice résolu EN AUTONOMIE

30 Électrolyseur pour piscine



L'eau des piscines « à sel » contient 4 g de chlorure de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) par litre d'eau. L'électrolyseur est constitué d'un générateur de tension relié à deux plaques parallèles immergées dans l'eau. Le générateur impose une tension de $4,0 \text{ V}$ entre les plaques. L'eau se trouvant entre les plaques est alors traversée par un courant électrique d'intensité égale à 12 A . Au niveau de l'une des plaques, la production d'une molécule de dichlore produit 2 électrons.

Le dichlore formé sera utilisé pour désinfecter l'eau de la piscine.

Données : Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Charge d'un électron : $e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

- Expliquer pourquoi l'eau de cette piscine permet le passage d'un courant électrique d'intensité aussi importante au niveau de l'électrolyseur.
- a. L'électrolyse dure $5,0 \text{ h}$. Déterminer la charge totale qui a circulé pendant cette durée.
b. En déduire le nombre de moles de dichlore fabriquées.
c. Déterminer l'énergie mise en jeu lors de cette électrolyse.

EXEMPLE DE RÉDACTION

- La présence d'ions $\text{Na}^+(\text{aq})$ et $\text{Cl}^-(\text{aq})$, qui sont des espèces chargées et mobiles, rend l'eau de la piscine conductrice.

- a. $Q = I \cdot \Delta t = 12 \times 5 \times 3\,600 = 2,2 \times 10^5 \text{ C}$.

b. Soit N_e le nombre d'électrons qui ont circulé pendant cette durée : $N_e = \frac{Q}{|e|}$.
Soit n_e le nombre de mole d'électrons : $n_e = \frac{N_e}{N_A} = \frac{Q}{N_A \cdot |e|}$.

Or, une mole de dichlore est fabriquée lorsque deux moles d'électrons ont circulé.

$$\text{Ainsi } n_{\text{Cl}_2} = \frac{n_e}{2} = \frac{Q}{2 \cdot N_A \cdot |e|} = \frac{2,2 \times 10^5}{2 \times 6,022 \times 10^{23} \times 1,60 \times 10^{-19}} = 1,1 \text{ mol}$$

- c. L'énergie mise en jeu est : $E = P \cdot \Delta t = U \cdot I \cdot \Delta t = 4 \times 12 \times 5 \times 3\,600 = 8,6 \times 10^5 \text{ J}$.

LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- Les espèces présentes dans l'eau sont porteurs de charges.
- Les principales grandeurs électriques sont données.
- Le nombre d'électrons mis en jeu par dichlore formé est cité.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

- Expliquer : Donner une justification à une observation ou une affirmation.
- Déterminer : Mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- En déduire : intégrer les résultats précédents pour répondre.

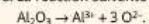
QUELQUES CONSEILS

- b. Pour déterminer le nombre d'électrons, on divise la charge totale par la charge d'un électron. De même, pour déterminer le nombre de moles d'électrons, on divise le nombre total d'électrons par le nombre d'entités contenues dans une mole.

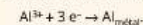
EXERCICE SIMILAIRE

31 Fabrication industrielle de l'aluminium

La fabrication de l'aluminium se fait industriellement à partir d'alumine Al_2O_3 dissoute dans un bain fluoré. La réaction suivante a lieu dans le bain :



La cuve dans lequel se trouve le bain est soumise à une tension de $4,20 \text{ V}$. Elle est traversée par un courant électrique de $3,5 \times 10^5 \text{ A}$. Dans l'usine de Dunkerque, 360 cuves sont alimentées en même temps, multipliant la puissance utilisée. Une énergie de $4,86 \times 10^{10} \text{ J}$ est nécessaire pour fabriquer une tonne d'aluminium, selon la réaction :



- Expliquer pourquoi le bain de la cuve permet le passage d'un courant électrique d'intensité aussi importante au sein de celle-ci.
- a. Déterminer la puissance totale fournie aux 360 cuves.
b. En déduire la durée de la production d'une tonne d'aluminium.
c. Déterminer la charge totale ayant circulé dans une cuve pendant cette durée.



32 Puissance dans un circuit

Une source réelle de tension a pour tension à vide $U_0 = 5,0 \text{ V}$ et pour résistance interne $r = 2,0 \Omega$. Elle alimente un circuit comportant une lampe.

Le courant électrique qui circule dans le circuit a une intensité $I_1 = 2,50 \times 10^2 \text{ mA}$.

JE VÉRIFIE QUE J'AI...

1. Quelle devrait être la puissance délivrée par la source de tension s'il n'avait pas de résistance interne ?

2. Calculer la puissance dissipée par effet Joule par la résistance interne.

3. En déduire la puissance effectivement délivrée par la source.

4. Considérons que le rendement de la source de tension est de 1 en l'absence de résistance interne. Calculer le rendement de la source réelle de tension.

5. On change la lampe ; le courant électrique a maintenant une intensité de 500 mA. Répondre aux questions 1, 2, 3 et 4 pour ce cas.

- ▶ exprimé l'intensité du courant électrique en ampère ;
- ▶ tenu compte du nombre de chiffres significatifs de chaque valeur.

29 1. a. $E = 1,5 \times 10^3 \times 285 \times 10^3 = 4,28 \times 10^8 \text{ J} = 428 \text{ MJ}$

b. $\Delta t = \frac{E}{P} = \frac{4,28 \times 10^8}{45 \times 10^3} = 9\,500 \text{ s} = 2 \text{ h } 37 \text{ min } 48 \text{ s}$

2. a. $P_0 = 1,48 \times 2,25 = 3,33 \text{ W}$

b. $P_{\text{reel}} = 1,455 \times 2,25 = 3,27 \text{ W}$ D'où $P_{\text{joule}} = 0,056 \text{ W}$

et $\Delta = \frac{P_u}{P_f} = \frac{3,27}{3,33} = 0,983 = 98,3 \%$

31 1. La présence de ions Al^{3+} et O^{2-} , charges libres de se déplacer, permet le transport du courant électrique dans la solution.

2. a. $P = 4,20 \times 3,5 \times 10^5 \times 360 = 5,29 \times 10^8 \text{ W} = 529 \text{ MW}$

b. $\Delta t = \frac{E}{P} = \frac{4,86 \times 10^{10}}{5,29 \times 10^8} = 91,8 \text{ s}$

c. $Q = I \cdot \Delta t = 3,5 \times 10^5 \times 91,8 = 3,2 \times 10^7 \text{ C} = 32 \text{ MC}$

32 1. $P_f = U \cdot I = 5,0 \times 0,25 = 1,25 \text{ W}$

2. $P_{\text{joule}} = R \cdot I^2 = 2 \times 0,25^2 = 0,125 \text{ W}$

3. $P_u = P_f - P_{\text{joule}} = 1,25 - 0,125 = 1,125 \text{ W}$

4. $\rho = \frac{P_u}{P_f} = \frac{1,125}{1,25} = 0,9 = 90 \%$

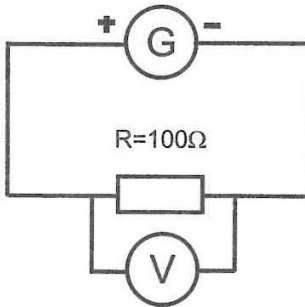
5. $P_f = U \cdot I = 5,0 \times 0,5 = 2,5 \text{ W}$

$P_{\text{joule}} = R \cdot I^2 = 2 \times 0,5^2 = 0,5 \text{ W}$

$P_u = P_f - P_{\text{joule}} = 2,5 - 0,5 = 2,0 \text{ W}$

$\rho = \frac{P_u}{P_f} = \frac{2,0}{2,5} = 0,8 = 80 \%$

1. Intensité du courant



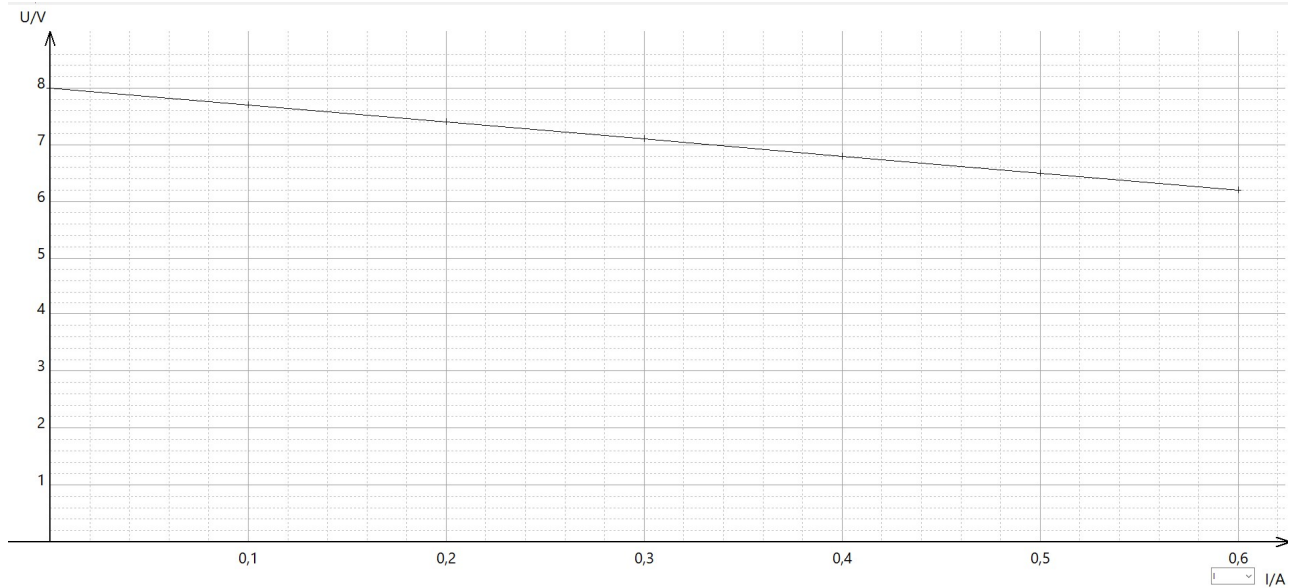
Un générateur de tension à vide $6,00\text{ V}$ est reliée à un conducteur ohmique de résistance $R = 100\Omega$. Un voltmètre branché aux bornes de ce dernier mesure une tension $U_R = 5,75\text{ V}$.

La résistance interne du générateur a pour valeur $3,75\text{ ohms}$

Déterminer l'expression de l'intensité du courant circulant dans le circuit. Calculer sa valeur.

2. Caractéristiques d'un générateur

Déterminer la f.é.m et la résistance interne du générateur dont la caractéristique $U=f(I)$ est représenté ci-dessous :



3. Rendement d'un convertisseur d'énergie

Bilan énergétique dans un circuit

On considère un générateur idéal de force électromotrice $E = 12,0 \text{ V}$. Celui-ci alimente un conducteur ohmique de protection de résistance $R = 10,0 \Omega$ et un moteur qui permet de soulever une charge de masse m . Cependant, on peut remarquer un échauffement au niveau du moteur.

Lors du fonctionnement du circuit, l'intensité du courant est de 100 mA . Le moteur délivre alors une puissance mécanique $P_M = 1,00 \text{ W}$.

1. Réaliser un organigramme présentant les échanges d'énergies au niveau du moteur.
2. Calculer la tension aux bornes du moteur. En déduire la valeur la puissance reçue par le moteur.
3. Exprimer et calculer le rendement de ce moteur.
4. Estimer les pertes totales par effet Joules.

4. Puissance et énergie

fiche technique du grille-pain	fiche technique de la bouilloire	fiche technique de la machine à café
Puissance* : 1500 W	Puissance* : 2200 W Arrêt automatique Capacité : 1,6 L	30 secondes pour faire un expresso
Prix : 29,99 euros	Prix : 19,99 euros	Prix : 99 euros

* puissance moyenne reçue par l'appareil en fonctionnement.

Prix du kW.h TTC : 0,20 euros

- 4.1. Calculer l'énergie dépensée par le grille-pain pour une durée de fonctionnement de 1h32min45s. On exprimera le résultats en kW.h
- 4.2. Calculer le coût global de ce grille pain s'il est sur une période de 300 jours.

BONUS

Photopile et développement durable (10 points)

On appelle « générateur photovoltaïque » un assemblage de modules (ou panneaux) photovoltaïques, eux-mêmes composés de cellules photovoltaïques nommées également photopiles.



<https://www.futura-sciences.com/>

PREMIERE PARTIE : étude de la puissance électrique délivrée par une photopile.

Une photopile fonctionne comme un générateur réel, c'est-à-dire qu'elle peut être modélisée par une source idéale de tension placée en série avec une résistance. On la représente par le symbole de la pile avec deux flèches pointant vers le dipôle ; ces flèches symbolisent la lumière.

On désire tracer la courbe donnant les variations de la valeur de la puissance électrique produite par une photopile en fonction de celle de l'intensité du courant qu'elle débite.

On dispose du matériel suivant : photopile, voltmètre, ampèremètre, interrupteur (noté K), fils de connexion, boîte de résistance réglable et lampe de forte intensité.

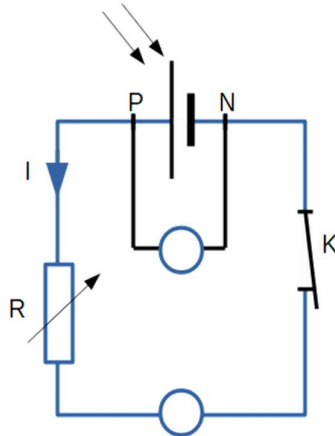
La lampe sert à éclairer la photopile avec un éclairement constant : la puissance lumineuse qui arrive sur la photopile est toujours la même au cours de l'expérience ; elle vaut $P_{lum} = 3,0 \text{ W}$.

1. Quelle est la conversion d'énergie réalisée par une photopile ?

Le montage expérimental nécessaire à l'étude est mis en place.

Son schéma, représenté ci-dessous, est également représenté sur l'**annexe à rendre avec la copie**.

2. Compléter sur l'**annexe à rendre avec la copie** l'emplacement du voltmètre et de l'ampèremètre. Le symbole normalisé de l'ampèremètre est **A** et celui du voltmètre est **V**. On précisera aussi les positions des bornes « COM » de chaque appareil pour assurer la lecture d'une valeur positive.



3. Comment faire varier la valeur de l'intensité I du courant dans le circuit ?

On reporte, dans le tableau ci-dessous, les valeurs expérimentales obtenues pour les mesures de la tension électrique U_{PN} aux bornes de la photopile et de l'intensité du courant électrique débité par la photopile. La dernière ligne du tableau fait apparaître les valeurs correspondantes (sauf une) de la puissance électrique P_{el} ; elles sont calculées par un tableur.

$I \text{ (mA)}$	0,00	10,1	19,9	30,1	39,9	50,0	60,2	70,3	79,8	85,0	90,2	94,7	98,1	99,0	100,0
$U_{PN} \text{ (V)}$	4,98	4,92	4,79	4,72	4,58	4,50	4,33	4,15	3,77	3,51	3,05	2,16	1,22	0,84	0,030
$P_{el} \text{ (mW)}$	0,0	49,7	95,3	142	183		261	292	301	298	275	205	120	83,0	3,0

L'évolution de la puissance électrique produite par la photopile en fonction de l'intensité du courant qu'elle débite a été tracée à partir de ces valeurs expérimentales.

Cette courbe est représentée sur **l'annexe à rendre avec la copie**.

Déterminer, par le calcul, la valeur manquante dans le tableau.

4. Expliquer pourquoi il n'est pas souhaitable que la photopile délivre son courant maximal.
5. Pour quelle valeur de l'intensité du courant la puissance délivrée par la photopile est-elle maximale ? Que vaut alors cette puissance ? Justifier graphiquement la réponse en utilisant la courbe de **l'annexe à rendre avec la copie**.
6. Définir puis évaluer le rendement, noté η .
7. Formuler deux raisons pour lesquelles ce rendement n'est pas égal à 1.

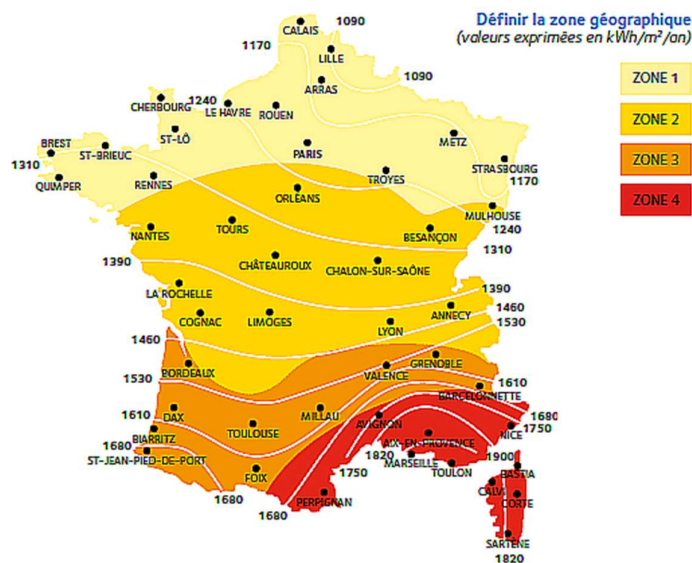
DEUXIEME PARTIE : utilisation de la photopile pour l'alimentation électrique d'un appartement.

L'éclairage en France.

La puissance lumineuse reçue sur la Terre en provenance du Soleil dépend de l'endroit où l'on se trouve sur la planète, de la saison, ainsi que des conditions météorologiques.

La carte ci-contre, tirée du site spécialisé en réglementation thermique et environnementale xpair.com, représente l'énergie lumineuse reçue en moyenne par unité de surface et par année en France métropolitaine :

<https://formation.xpair.com/cours/cartes-solaires.htm>



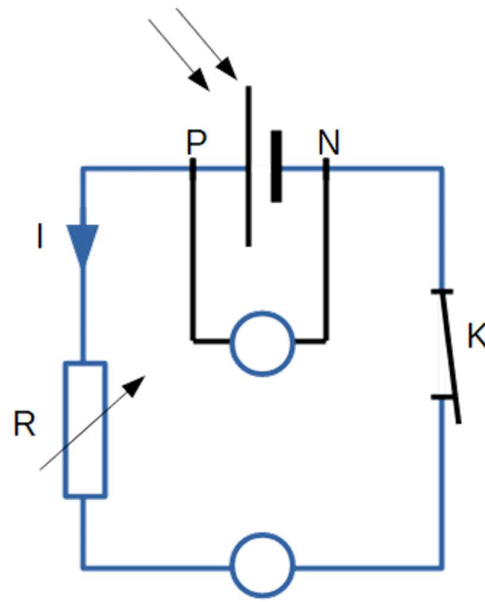
La consommation moyenne en chauffage électrique d'un appartement thermiquement bien isolé est voisine de $5 \cdot 10^3$ kWh par an.

L'étude porte sur un immeuble de 6 appartements thermiquement bien isolés, situé à Valence, dans le sud-est de la France. Sur le toit de l'immeuble est installé un dispositif de panneaux photovoltaïques recouvrant totalement une surface d'aire $S_{\text{panneaux}} = 100 \text{ m}^2$. Ces panneaux sont confectionnés avec des photopiles identiques à celle étudiée ci-dessus ; ils fonctionnent au maximum de la puissance délivrée.

8. Quel est le nombre d'appartements de cet immeuble que cette installation de panneaux photovoltaïques permet d'alimenter en électricité ?
9. En utilisant les questions précédentes pour justifier vos affirmations, expliquer pourquoi le photovoltaïque contribue à faire face au réchauffement climatique, mais que cette technologie doit être associée à d'autres sources d'énergie. La réponse attendue comportera moins de dix lignes.

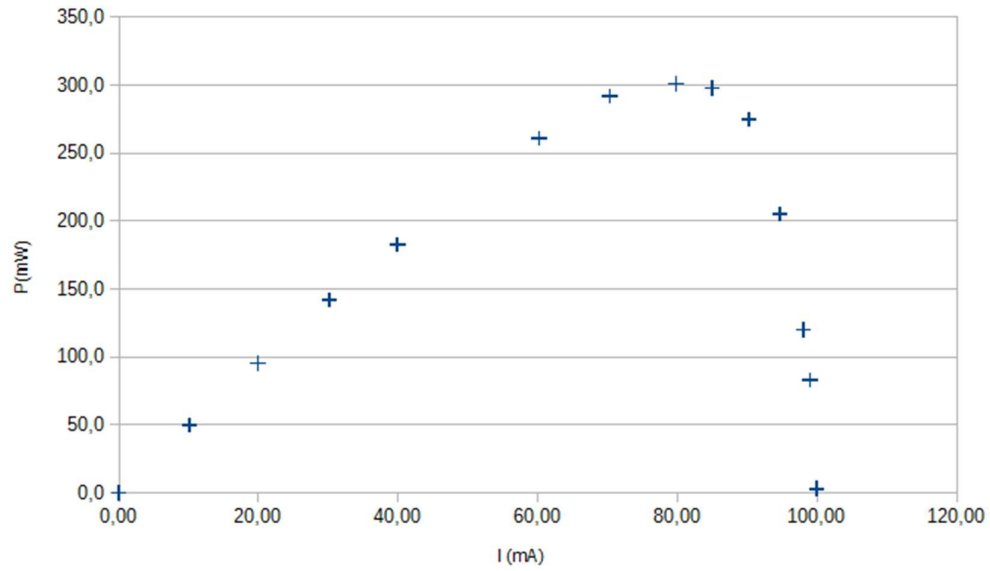
Annexe à rendre avec la copie

Première partie – question 2



Première partie – question 5

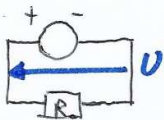
Puissance en fonction de l'intensité



110 pts

1. Intensité du courant

2



$$\begin{cases} U = E - rI \\ U = RI \end{cases} \Rightarrow \boxed{I = \frac{E}{r+R}} \quad I = \frac{6,00}{100 + 5,75} = \underline{\underline{5,67 \cdot 10^{-2} \text{ A}}}$$

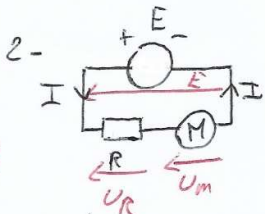
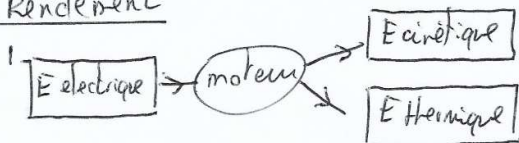
2. Caractéristiques générateur modèle

2

ordonnée à l'origine $E = 8,0 \text{ V}$ $y = ax + b$ maths
 coeff. directeur $-r = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{6,2 - 8,0}{0,6 - 0,0} = -3$ $U = -rI + E$ physique
 donc $\underline{\underline{r = 3 \Omega}}$

3. Rendement

1



1

loi des tensions:

$$E = U_R + U_m$$

$$\boxed{U_m = E - U_R} = 12 - 10,0 \times 0,100 = \underline{\underline{11 \text{ V}}}$$

9,5 Puissance: $P_{\text{reale}} = U_m \cdot I = 11 \times 0,100 = \underline{\underline{1,1 \text{ W}}}$

4. Puissance et énergie

1

$$1. E = P \cdot t = 1500 \times (3600 + \underbrace{32 \times 60}_{5565} + 45) = 8,35 \cdot 10^6 \text{ J} = \underline{\underline{2,3 \text{ kWh}}}$$

car $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$

9,5

2 - $1 \text{ h} \cdot 32 \frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot 5 \text{ s}$ par jour pdr 300 jours : $E' = 300 \times E = 6,96 \cdot 10^2 \text{ kWh}$
 1 kWh est facturé 0,20 € donc le coût est: $\underline{\underline{\text{Prix} = 139 \text{ €}}}$
 $(6,96 \cdot 10^2 \times 0,20) / 1 \text{ kWh}$

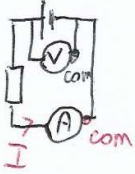
3- $\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{reale}}} \cdot 100 = \frac{1,00}{1,10} \cdot 100 = \underline{\underline{90\%}}$

4. $P_J = P_{\text{moteur perdue}} + P_{\text{résistance}} = P_{\text{reale}} + P_{\text{reale}} \cdot r \cdot I$
 $P_J = (1,10 - 1,00) + 100 \cdot 0,100^2$
 $P_J = 0,10 + 0,1 = \underline{\underline{0,2 \text{ W}}}$

BONUS

1. La photopile convertit l'énergie rayonnante en énergie électrique.

2.



3. I varie si on modifie la valeur de R

$$P = U_{PV} \cdot I = 50,0 \cdot 10^{-3} \cdot 4,50 = 225 \cdot 10^{-3} \text{ W} = \underline{225 \text{ mW}}$$

4. A intensité maximale, la photopile délivre une puissance nulle
(100 mA)
on cherche à obtenir une puissance maximale

5. $P_{\text{maxi}} = 300,0 \text{ mW}$ pour $I = 80,00 \text{ mA}$ (Maximum de la courbe)

$$6. \eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{reçue}}} \cdot 100 = \frac{300,0 \text{ mW}_{100}}{3,0 \text{ W}} = \frac{3,000 \cdot 10^{-1} \text{ W}_{100}}{3,0 \text{ W}} = \boxed{10\%}$$

7. rendement faible car perte par effet Joule
transfert énergie rayonnante aux électrons pas maximal

8. $P = 300,0 \text{ mW}$ sans utilité ici

$$P_{\text{valence}} = 1530 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$$

$$P_{\text{valence}} = 1530 \times 100 = 1,530 \cdot 10^5 \text{ kWh} \cdot \text{an}^{-1}$$

$$P_{\text{panneaux}} = \frac{10}{100} \cdot P_{\text{valence}} = 1,530 \cdot 10^4 \text{ kWh} \cdot \text{an}^{-1}$$

$$P_{\text{appartement}} = 5,0 \cdot 10^3 \text{ kWh} \cdot \text{an}^{-1}$$

$$N = \frac{P_{\text{panneaux}}}{P_{\text{appartement}}} = \frac{1,530 \cdot 10^4}{5,0 \cdot 10^3} = \underline{\underline{3 \text{ appartements}}}$$

pour 100 m^2
seule 10% de cette
puissance est utile

nombre d'appartements

9. L'utilisation de panneaux photovoltaïques ne fait pas appel à l'utilisation d'énergies fossiles émettrices de GES; cela représente donc un impact faible sur le réchauffement climatique.

Mais il faut utiliser beaucoup de panneaux (100 m^2 pour 3 appartements) en raison d'un rendement faible. C'est en cela que cette technologie doit être associée à d'autres sources d'énergie.

Physique Chimie



Je travaille seul en silence.

J'aide ou je suis aidé,
seul mon voisin m'entend.Je travaille en équipe sans
déranger personne.

1. Découvrir

Je consulte les ressources :

- Capsule
- Ressources à découvrir sur le site
<http://physchileborgne.free.fr>
- Activité du livre

**Je mets en pratique :**

- TP :



2. S' exercer

Je m'entraîne en réalisant les exercices :

Noter les exercices à faire

**Je m'entraîne en ligne :**

- Quiz :



3. Mémoriser

Je mémorise :

- Utiliser les cartes mentales (sur papier, à l'aide de FreeMind ou SimpleMindFree)
- Utiliser les fiches de cours.

Recommencer souvent en espaçant les séances pour une mémorisation à long terme.



4. Se tester

- Décrire, dans le cas d'une onde mécanique progressive, la propagation d'une perturbation mécanique d'un milieu dans l'espace et au cours du temps : houle, ondes sismiques, ondes sonores, etc.
- Expliquer, à l'aide d'un modèle qualitatif, la propagation d'une perturbation mécanique dans un milieu matériel.
- Exploiter la relation entre la durée de propagation, la distance parcourue par une perturbation et la célérité, notamment pour localiser une source d'onde.
- Distinguer périodicité spatiale et périodicité temporelle.
Justifier et exploiter la relation entre période, longueur d'onde et célérité.
- Déterminer les caractéristiques d'une onde mécanique périodique à partir de représentations spatiales ou temporelles.

J'ai réalisé :
 Un compte rendu de TP

 Une rédaction complète d'exercice

 Un calcul

 Une carte mentale

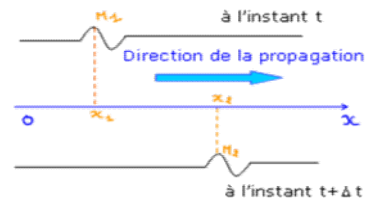
 Un résumé de cours

 Des exercices du devoir surveillé de la session précédente

1. Onde mécanique progressive

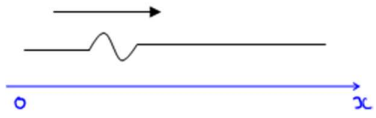
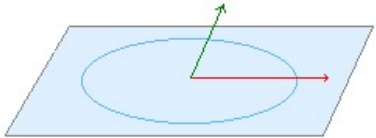
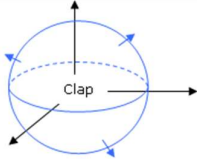
On appelle **perturbation** une modification locale et temporelle des propriétés physiques d'un milieu.

On appelle **onde mécanique progressive** le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de matière.



Remarque :

- Une onde mécanique progressive **transporte de l'énergie** sans transport de matière.
- Les ondes à la surface de l'eau, le son, les ondes sismiques, la houle, sont des ondes mécaniques: ce sont des perturbations qui se propagent dans la matière.

 <p><u>Onde à une dimension</u> l'onde se propageant le long d'une corde.</p>	 <p>deux exemples de directions de propagation de l'onde à la surface de l'eau</p> <p><u>Onde à deux dimensions</u> l'onde qui est engendrée à la surface de l'eau lorsqu'on y jette une pierre</p>	 <p><u>Onde à trois dimensions</u> C'est le cas d'une onde sonore engendrée par deux mains que l'on claque l'une contre l'autre.</p>
---	---	--

2. Célérité d'une onde - Retard

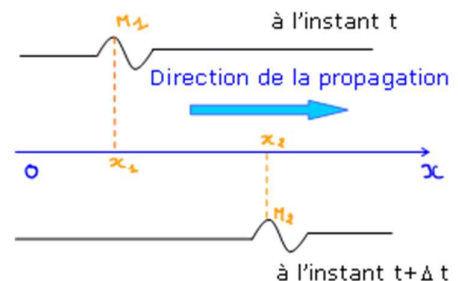
Définition : On appelle célérité v de l'onde la vitesse de propagation de l'onde. C'est le rapport entre la distance d parcourue par l'onde et la durée Δt du parcours.

$$v = \frac{M_1 M_2}{\Delta t}$$

$M_1 M_2$: distance parcourue (m)

Δt : durée du parcours (s)

v : célérité de l'onde (en $m \cdot s^{-1}$)



Remarques :

✗ La célérité de l'onde est une propriété du milieu de propagation et ne dépend pas de la façon dont la source a engendré l'onde. Elle est donc constante dans un milieu donné dans des conditions données.

✗ Par exemple la célérité du son dans l'air dépend de sa température. La célérité d'une onde se propageant sur une corde dépend de sa tension et de sa masse linéique (masse par unité de longueur).

Retard

Définition : le retard est la durée mise par l'onde pour se propager avec la célérité v sur une distance $\Delta x = x_2 - x_1$

$$\Delta t = \Delta x / v$$

3. Onde mécanique périodiques

Mouvement périodique

Définition: Un mouvement périodique est un mouvement qui **se répète à intervalles de temps égaux**.

Définition: La période d'un phénomène périodique est la durée au bout de laquelle le phénomène se répète identique à lui-même. On la note **T et elle s'exprime en secondes (s)**.

Définition: La fréquence d'un phénomène périodique représente le nombre de phénomènes effectués par seconde. On la note généralement f , son unité est le hertz (Hz). La fréquence est l'inverse de la période:

$$f = \frac{1}{T}$$

T: période du phénomène (s)
f: fréquence du phénomène (Hz)

Onde progressive périodique

Une source S impose une perturbation périodique sinusoïdale au milieu de propagation (échelle de perroquet ou corde).



On constate qu'une onde progressive périodique se propage dans le milieu.

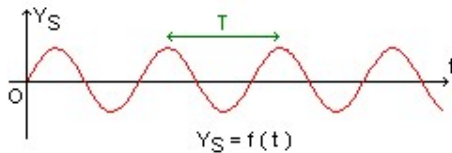
Double périodicité

L'onde présente donc une double périodicité:

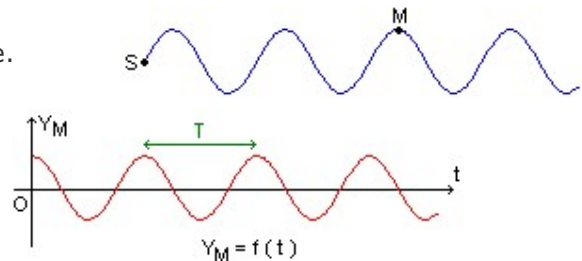
- ✗ une périodicité temporelle de période T (exprimée en secondes).
- ✗ une périodicité spatiale de période λ (exprimée en mètres).

a. Périodicité temporelle

Aspect de la corde à un instant donné. On remarque une périodicité dans le mouvement de chaque point de la corde.



L'élongation de la source S est périodique de période T : fonction sinusoïdale du temps.

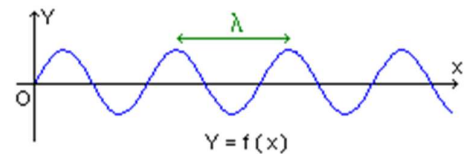


L'élongation du point M est elle aussi périodique de même période T.

b. Périodicité spatiale

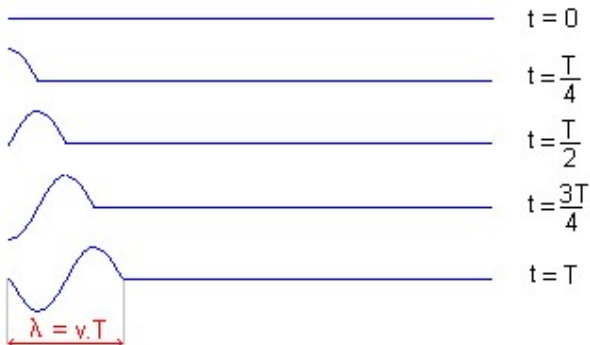
L'aspect de la corde à un instant donné est une fonction sinusoïdale de l'abscisse x de chacun des points du milieu.

Définition: On appelle longueur d'onde (notée λ) la période spatiale de l'onde progressive périodique.



Relation entre période et longueur d'onde

aspect de la corde à l'instant



La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une durée égale à sa période.

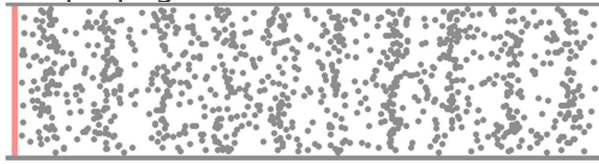
$$\lambda = c \cdot T$$

c: célérité de l'onde ($m \cdot s^{-1}$)
T: période temporelle de l'onde (s)
 λ : longueur d'onde (m)

4. Onde mécanique périodiques

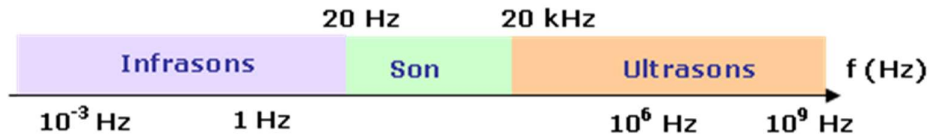
Mesure de distance à l'aide des ultrasons

Une onde acoustique est une perturbation mécanique (onde de compression-dilatation du milieu) qui se propage dans un milieu matériel.



Propagation d'une onde sonore dans l'air

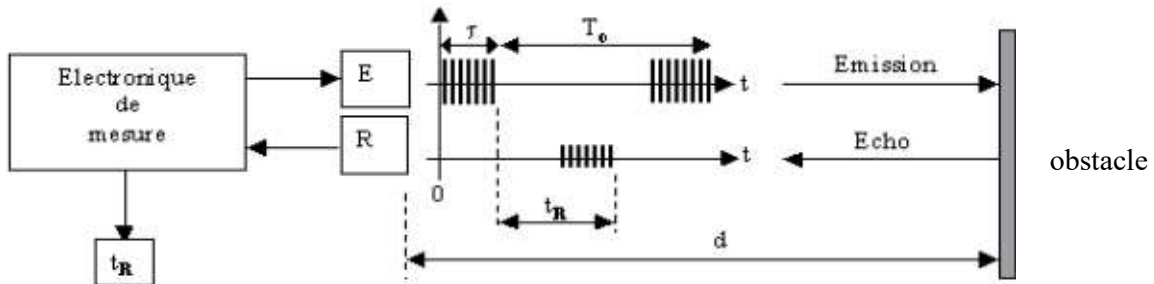
L'être humain peut entendre des sons dont les fréquences s'étalent de 20Hz à 20kHz environ.



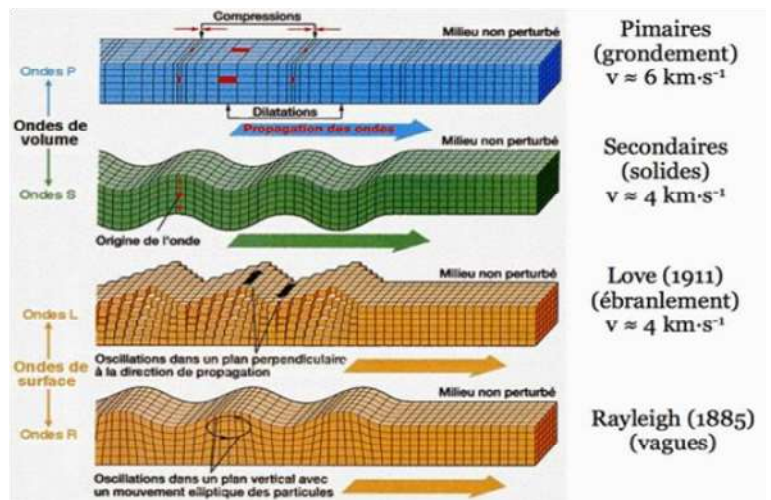
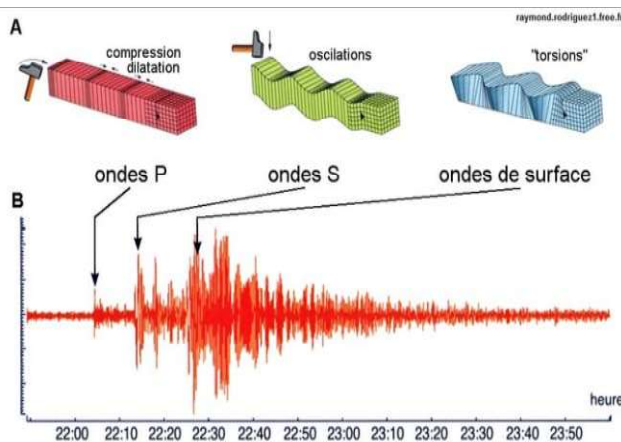
- ✗ Un infrason est une onde acoustique de fréquence inférieure à 20 Hz.
- ✗ Un ultrason est une onde acoustique de fréquence supérieure à 20 kHz.

Pour déterminer la distance à laquelle se trouve un obstacle, un émetteur envoie un train d'onde sinusoïdale pendant le temps τ . On mesure alors le retard d'onde t_R pour recevoir à nouveau ce signal après réflexion sur l'obstacle.

$d = \frac{c \cdot t_R}{2}$ on divise par 2 car t_R correspond au retard pour l'aller-retour, nous cherchons uniquement la distance aller !



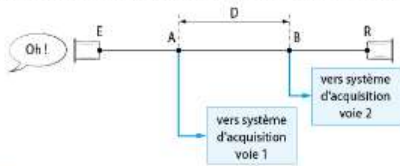
Ondes sismiques



Exercice résolu EN AUTONOMIE

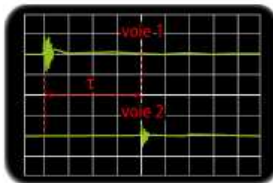
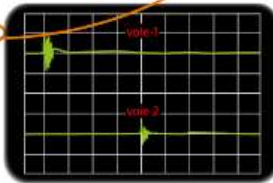
20 Le téléphone « pot de yaourt »

À l'ère du téléphone portable, il est encore possible de communiquer avec un système bien archaïque : deux pots de yaourt reliés par un fil. Afin de mesurer la célérité des ondes mécaniques progressives qui peuvent se propager dans le fil du dispositif, on réalise un montage avec deux capteurs connectés en deux points A et B du fil reliant le pot de yaourt émetteur E au pot de yaourt récepteur R. Ces deux points A et B sont séparés d'une distance $D = 20,0 \text{ m}$. Les capteurs enregistrent l'amplitude de cette perturbation au cours du temps.



- Déterminer avec quel retard τ , par rapport au point A, le point B est atteint.
- Calculer la valeur de la célérité v de l'onde dans le fil.

sensibilité verticale : 1 mV/div
sensibilité horizontale : 5 ms/div



EXEMPLE DE RÉDACTION

- On observe un décalage dans le temps entre les deux signaux enregistrés. Ce décalage correspond au retard.
 $\tau = (4,0 \times 5)$
Donc $\tau = 20 \text{ ms}$.
- On calcule la célérité v :
On prendra $\tau = 0,020 \text{ s}$
 $v = \frac{D}{\tau} = 1000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
C'est une valeur importante mais on est dans de la matière.

LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- La distance parcourue par l'onde mécanique progressive entre les deux points A et B est connue.
- L'enregistrement est donné avec une échelle de temps qui peut renseigner sur le retard.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

- Déterminer : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- Calculer : faire un calcul avec des valeurs pour trouver un résultat numérique.

QUELQUES CONSEILS

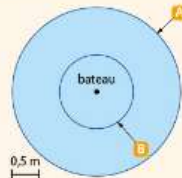
- Pour déterminer le retard, on compte le nombre de divisions qui sépare les deux signaux sur l'enregistrement et on multiplie par la sensibilité horizontale.
- Pour déterminer la célérité en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, il faut exprimer la durée en s. On veillera au nombre de chiffres significatifs (ici 2).

EXERCICE SIMILAIRE

21 Jeter l'ancre

Arrivant dans le port, un bateau jette l'ancre, entraînant ainsi la formation d'ondes circulaires. Le schéma ci-contre représente la position du front de l'onde (début de la déformation de l'eau) à deux instants t_1 et t_2 tels que : $t_2 - t_1 = 3,0 \text{ s}$.

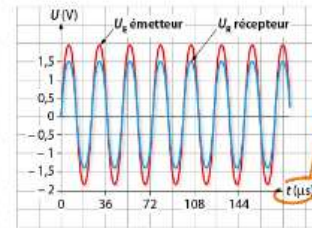
- Associer à chaque position A ou B du front d'onde l'instant t_1 ou t_2 correspondant.
- Déterminer la célérité v de l'onde.



Exercice résolu EN AUTONOMIE

22 Longueur d'onde des ultrasons

Afin de déterminer la longueur d'onde des ultrasons, on visualise, à l'aide d'un oscilloscope, à la fois le signal émis par un émetteur appliqué sur la voie 1 et le signal reçu par un récepteur connecté à la voie 2. On part d'une situation où les signaux délivrés par l'émetteur et par les récepteurs sont en phase. On s'aperçoit que si l'on éloigne le récepteur (tout en restant en face de l'émetteur), la courbe qui correspond au récepteur se décale vers la droite. Les signaux obtenus sont représentés sur la figure ci-contre lorsque les courbes reviennent pour la première fois en phase.

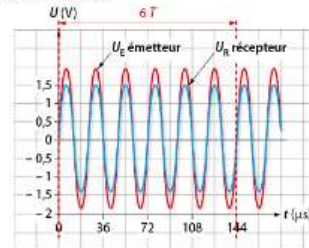


On détermine la distance dont on a déplacé le récepteur lorsqu'on obtient la figure ci-contre, et on mesure $8,2 \text{ mm}$.

- Déterminer la longueur d'onde λ à partir de l'expérience faite. Qu'aurait dû-t-on faire pour augmenter la précision de la mesure ?
- En déduire la célérité v des ondes ultrasonores.

EXEMPLE DE RÉDACTION

- La longueur d'onde λ est la plus petite distance séparant deux points qui vibrent en phase. Donc $\lambda = 8,2 \text{ mm}$.
Pour augmenter la précision, il aurait fallu mesurer la distance correspondant à plusieurs longueurs d'onde.
- On sait que : $v = \frac{\lambda}{T}$
On mesure T .
 $6T = 144 \mu\text{s}$.
Donc $T = 24,0 \mu\text{s}$
On en déduit que :
 $v = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- L'enregistrement est donné avec une échelle de temps qui peut renseigner sur les caractéristiques des sons émis : période du signal et fréquence associée.
- La distance donnée permet d'accéder à une longueur.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

- Déterminer : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- En déduire : intégrer le résultat précédent pour répondre.

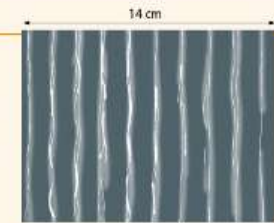
QUELQUES CONSEILS

- La définition d'une longueur d'onde doit être connue.
Pour augmenter la précision sur la mesure d'une longueur d'onde, il faut mesurer la distance correspondant à plusieurs longueurs d'onde.
- On prend un grand nombre de motifs représentés pour mesurer plusieurs T .
Pour déterminer v en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, on exprime λ en m et T en s. On veillera au nombre de chiffres significatifs (ici 2).

EXERCICE SIMILAIRE

23 Cuve à ondes et lame vibrante

À l'aide d'une cuve à ondes et en utilisant une lame vibrante, on crée à la surface de l'eau une onde progressive sinusoïdale de fréquence $f = 23 \text{ Hz}$. On réalise une photographie du phénomène observé. Déterminer, en explicitant la méthode utilisée, la célérité de l'onde progressive sinusoïdale générée par le vibreur.



Croiser les notions

24 Mesure de la vitesse du son HISTOIRE DES SCIENCES

L'une des expériences historiques permettant de déterminer la célérité du son dans l'air a été réalisée en 1822 près de Paris, sur ordre du Bureau des Longitudes. Présenté ci-dessous, l'extrait du *Traité élémentaire de physique* (1836) de Monsieur l'abbé Pinault relate cette expérience.

« Les deux stations que l'on avait choisies étaient Villejuif et Monthéry. À Villejuif, le capitaine Boscary fit déposer, sur un point élevé, une pièce de six⁽¹⁾ avec des gargousses⁽²⁾ de deux et trois livres de poudre.

À Monthéry, le capitaine Pernetty fit déposer une pièce de même calibre avec des gargousses de même poids. Les expériences furent faites de nuit et commencèrent à onze heures du soir [...].

De Villejuif, on apercevait très distinctement le feu de l'explosion de Monthéry et vice versa : le ciel était serein et à peu près calme. La température de l'atmosphère était de 15,9 degrés Celsius. Les coups de canon des deux stations opposées étaient réciproques, de sorte que les résultats ne furent pas influencés par le vent.

Chacun des observateurs nota sur son chronomètre le temps qui s'écoulaient entre l'apparition de la lumière et l'arrivée du son. On peut prendre 54,6 secondes entre le temps moyen que le son mettait à passer d'une station à l'autre. Les deux canons étaient à une distance de 9 549,6 toises⁽³⁾. »

- (1) Charge de poudre
- (2) Pièce de canon
- (3) Unité de longueur ancienne qui correspond à 1,949 m

1. Les ondes sonores sont des ondes mécaniques. Définir ce qu'est une onde mécanique.
2. En utilisant les valeurs mesurées par les observateurs, calculer la valeur de la célérité des ondes sonores, notée v_{exp} .
3. D'après le texte, pour les observateurs de quel(s) paramètre(s) dépend *a priori* la célérité du son ?

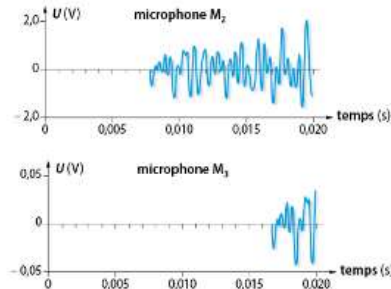
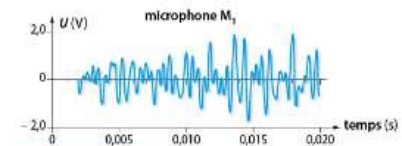
25 Coup de cymbale

Trois microphones M_1 , M_2 et M_3 sont alignés de telle manière que les distances M_1M_2 et M_2M_3 valent respectivement 2,00 m et 3,00 m.

Les signaux correspondant aux sons reçus par les microphones sont enregistrés grâce à un ordinateur.

On donne un coup de cymbale devant le premier micro puis on lance immédiatement l'enregistrement.

Les courbes obtenues sont représentées ci-après :

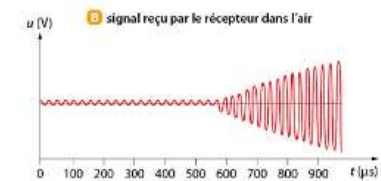


1. Expliquer par quelle stratégie il est possible de déterminer la célérité de l'onde sonore à l'aide des courbes obtenues.
2. a. Effectuer le calcul de la célérité de l'onde sonore sur la distance M_1M_2 , puis sur la distance M_2M_3 .
b. Les résultats sont-ils cohérents ?

26 Vitesse et milieu de propagation

Un émetteur ultrasonore est relié à un générateur de salves. L'émetteur est le siège d'oscillations très brèves. Le récepteur transforme l'onde ultrasonore reçue en signal électrique de même fréquence que cette onde. L'émetteur et le récepteur, placés dans un même milieu, en regard l'un de l'autre et à une distance donnée $L = 20,0$ cm, sont reliés à un oscilloscope à mémoire. Les acquisitions sont transférées vers un tableau grapheur.

Les graphes qui suivent donnent le signal capté par le récepteur. L'origine des dates $t = 0$ s est l'instant de l'émission. Selon les milieux traversés on obtient les deux enregistrements ci-dessous.

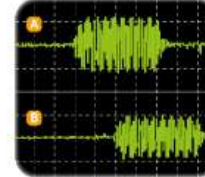


1. Sans faire de calcul, expliquer à l'aide des graphiques dans quel milieu la propagation des ultrasons est la plus rapide.
2. Calculer la vitesse de propagation des ultrasons dans l'eau.

27 Émission et réception ultrasonores

Un émetteur et un récepteur d'ultrasons sont placés côte à côte face à une paroi réfléchissante. L'émetteur émet des salves d'ultrasons.

Les tensions de sortie de l'émetteur A et du récepteur B sont observées sur l'écran d'un oscilloscope et sont données sur la figure ci-contre.



Données :
Échelle de l'axe horizontal des temps : 1,0 ms/div.
Vitesse du son dans l'air à 20 °C est $v_{son} = 340$ m · s⁻¹.

1. En quoi une onde ultrasonore est-elle une onde mécanique progressive ?
2. a. Quel signal observé à l'oscilloscope correspond à l'émetteur ? au récepteur ?
b. Quel est le retard entre le récepteur et l'émetteur ?
3. a. Déterminer la distance qui sépare l'émetteur et le récepteur de la paroi réfléchissante.
b. En déduire une application possible des ultrasons.

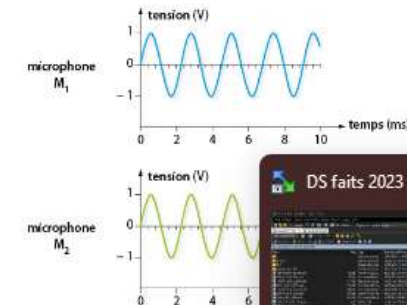
JE VÉRIFIE QUE J'AI...

- tenu compte de l'aller-retour de l'onde ;
- exprimé le retard en s.

28 Être en phase DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

On dispose de deux microphones M_1 et M_2 placés à la même distance d d'un diapason que l'on frappe. On obtient les courbes représentées ci-dessous et l'on remarque que les signaux sont en phase, c'est-à-dire qu'ils sont superposables.

On cherche à calculer la célérité de l'onde. On éloigne le microphone M_2 peu à peu, jusqu'à ce que les courbes soient de nouveau en phase. On répète l'opération jusqu'à compter cinq positions pour lesquelles les courbes sont en phase. Un encadrement de la distance D entre les deux microphones est $3,80$ m < D < $3,90$ m.



DÉMARCHE AVANCÉE

Déterminer la célérité de l'onde en détaillant la méthode utilisée (FICHE MÉTHODE ➔ p. 399).

DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

1. a. Définir la longueur d'onde.
b. Pourquoi compte-t-on plusieurs positions plutôt qu'une seule dans l'expérience décrite ?
c. À partir de l'expérience, calculer la valeur numérique de la longueur d'onde.
2. Déterminer la période du signal en étant le plus précis possible.
3. En déduire la célérité de l'onde.

29 Characteristics of waves

Consider a wave with a wavelength $\lambda = 2,5$ cm traveling at a speed of 10 m · s⁻¹.

1. How long does it take for the wave to travel a distance of one wavelength?
2. a. How many wavelengths are completed in 1 second?
b. What is the value of the wave frequency?
3. What can you conclude regarding the relationship between wavelength and frequency?

30 Cuve à ondes

CALCUL MENTAL

Dans une cuve à ondes, on utilise un vibreur et on visualise des cercles concentriques à un instant t .



1. a. Définir ce qu'on appelle une longueur d'onde.
b. Proposer une stratégie pour déterminer la valeur d'une longueur d'onde λ .

Écrivez la valeur de λ .
Écrivez la période de l'onde mécanique progressive à la surface de l'eau.
Représentez la surface avec des cercles



b. si on double la fréquence, la période est divisée par deux : $T' = \frac{T}{2} = \frac{2,3}{2} = 1,15 \text{ ms}$.

Longueur d'onde

16 1. a. La distance entre les crêtes des vagues est constante.

b. La distance entre deux crêtes s'appelle la longueur d'onde (la plus petite distance entre deux points qui vibrent en phase).

2. a. La durée qui sépare deux vagues successives est constante.

b. Cette durée est la période (le plus petit intervalle de temps au bout duquel le phénomène se reproduit identique à lui-même).

3. La relation qui existe entre la période spatiale λ et la période temporelle T est : $\lambda = v \times T$ (pendant une période, l'onde s'est déplacée d'une longueur d'onde).

17 1. La longueur d'onde est la plus petite distance entre deux points qui vibrent en phase.

2. La relation qui existe entre la longueur d'onde λ et la période temporelle T est : $\lambda = v \times T$ (pendant une période, l'onde s'est déplacée d'une longueur d'onde) donc $\lambda = \frac{v}{f}$.

18 1. a. Pour mesurer le plus précisément la longueur d'onde λ , on cherche à mesurer la longueur correspondant à un maximum de longueurs d'onde présentes sur l'enregistrement.

On a $7 \lambda_1 = 7,1 \text{ cm}$.

Donc $\lambda_1 = 1,0 \text{ cm}$.

b. $v_1 = \lambda_1 \times f = 1,0 \times 8,0 = 8,0 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

2. On a maintenant $9 \lambda_2 = 6,7 \text{ cm}$.

Donc $\lambda_2 = 0,75 \text{ cm}$.

Donc $v_2 = \lambda_2 \times f = 0,75 \times 17 = 13 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

La célérité des ondes varie bien avec la fréquence puisque $v_2 \neq v_1$.

19 On observe que, suivant la profondeur, l'espacement entre les crêtes donc la longueur d'onde n'est pas la même.

Comme la fréquence du vibreur est constante et que $v = \lambda \times f$, on en déduit que la célérité dépend bien de la profondeur.

Exercices similaires

aux exercices résolus p. 308 et 309

21 1. Les ondes circulaires se déplacent du centre où il y a la perturbation vers les extrémités.

Donc le front d'onde est en b à $t = t_1$ et en a à $t = t_2$.

2. $v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{1,0}{3,0} = 3,0 \times 10^1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (environ $30 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$).

23 On cherche la célérité de l'onde sinusoïdale générée par le vibreur.

On visualise à la surface de l'eau, des crêtes qui se forment à intervalle régulier. Cet intervalle est la longueur d'onde.

Pour être précis, on mesure la longueur de plusieurs longueurs d'onde :

On a $9 \lambda = 13 \text{ cm}$.

Donc $\lambda = 1,5 \text{ cm}$.

Or $v = \lambda \cdot f$.

Donc $v = 1,5 \times 23 = 35 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Croiser les notions

p. 310

24 1. Une onde mécanique est une perturbation qui se propage dans un milieu matériel sans transport de matière.

2. On a $d = 9\,549,6 \times 1,949 = 18\,620 \text{ m}$.

$\Delta t = 54,6 \text{ s}$.

$v_{\text{exp}} = \frac{d}{\Delta t} = 341 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3. Pour les observateurs, la célérité du son semble *a priori* dépendre de la température et du sens du vent.

25 1. On peut déterminer la célérité de l'onde sonore avec le plus de précision en déterminant la distance entre les deux micros les plus éloignés, M_1 et M_3 et en déterminant le retard de l'onde sonore entre M_1 et M_3 .

$M_1M_3 = 5,00 \text{ m}$

$T_{M_1M_3} = 0,017 - 0,002 = 0,015 \text{ s}$

Donc $v_{M_1M_3} = 3,3 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2. a. Sur la distance M_1M_2

$M_1M_2 = 2,00 \text{ m}$

$T_{M_1M_2} = 0,008 - 0,002 = 0,006 \text{ s}$

Donc $v_{M_1M_2} = 3,3 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Sur la distance M_2M_3

$M_2M_3 = 3,00 \text{ m}$.

$T_{M_2M_3} = 0,017 - 0,008 = 0,009 \text{ s}$

Donc $v_{M_2M_3} = 3,3 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

b. Les résultats sont cohérents :

$v_{M_1M_3} = v_{M_1M_2} = v_{M_2M_3}$

26 1. Au vu des graphiques, la propagation des ultrasons est la plus rapide dans l'eau car le signal est perçu plus rapidement par le récepteur quand le milieu de propagation est l'eau.

2. On a $d = 20,0 \text{ cm}$.

$\Delta t_{\text{eau}} = 160 \mu\text{s}$.

$v_{\text{eau}} = \frac{0,200}{0,000160} = 1\,250 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

27 1. Une onde ultrasonore est une onde mécanique progressive car elle est une perturbation qui se propage dans un milieu matériel.

2. a. Le signal A correspond à celui de l'émetteur, et celui plus en retard, le signal B, correspond au récepteur.

b. On peut déterminer le retard grâce à l'oscilloscope :
 $\tau = 2 \text{ div} \times 1,0 \text{ ms/div} = 2,0 \text{ ms}$

3. a. $D = v \times \tau$

Et comme l'onde a fait un aller-retour :

$$2d = D = v \times \tau$$

$$\text{Donc } d = \frac{(340 \times 0,002)}{2} = 0,34 \text{ m} = 34 \text{ cm.}$$

b. Les ultrasons peuvent être utilisés pour déterminer des distances « à distance » c'est le cas pour un sonar par exemple.

21 > Démarche avancée

On cherche à déterminer la célérité de l'onde.

Le milieu de l'intervalle proposée pour la valeur de D correspond au meilleur estimateur de la grandeur mesurée, donc on prendra $D = 3,85 \text{ m}$.

On peut déterminer la longueur d'onde qui correspond à la plus petite distance qui sépare deux points qui vibrent en phase :

$$5\lambda = D = 3,85 \text{ m}$$

$$\text{Donc } \lambda = 0,770 \text{ m.}$$

On peut aussi déterminer la période du signal sonore à l'aide des enregistrements. Pour être précis, on détermine plusieurs périodes :

$$4T = 22,5 \text{ div} \times 0,4 \text{ ms/div} = 9,0 \text{ ms}$$

$$4T = 9,0 \text{ ms}$$

Donc $T = 2,25 \text{ ms}$ donc en tenant compte des chiffres significatifs : $T = 2,2 \text{ ms}$.

On en déduit la valeur de la célérité :

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,772}{2,2} = 350 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

$340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, qui est la valeur de référence, est bien comprise dans l'intervalle.

> Démarche élémentaire

1. a. La longueur d'onde est la plus petite distance qui sépare deux points qui vibrent en phase.

b. On compte plusieurs positions pour augmenter la précision de la mesure.

c. Le milieu de l'intervalle proposée pour la valeur de D correspond au meilleur estimateur de la grandeur mesurée, donc on prendra $D = 3,85 \text{ m}$.

$$5\lambda = D = 3,85 \text{ m}$$

$$\text{Donc } \lambda = 0,770 \text{ m.}$$

2. Pour être précis, on détermine plusieurs périodes :
 $4T = 8,8 \text{ ms}$.

$$\text{Donc } T = 2,2 \text{ ms.}$$

$$3. v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,772}{2,2} = 350 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

29 On considère une onde ayant une longueur d'onde $\lambda = 2,5 \text{ cm}$ et qui se propage avec une célérité de $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

1. En combien de temps la vague parcourt-elle une distance d'une longueur d'onde ?

2. a. Combien de longueurs d'onde défile en 1 s ?

b. Quelle est la valeur de la fréquence de l'onde ?

3. Que peut-on conclure quant à la relation entre la longueur d'onde et la fréquence ?

1. L'onde parcourt 10 m en 1 s, elle parcourt donc 2,5 cm en $\frac{2,5 \times 10^{-2}}{1 \times 10} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ s}$.

2. a. En 1 s, l'onde s'est déplacée de 10 m, donc on observe $\frac{10}{0,025} = 400$ longueurs d'onde.

b. La fréquence est le nombre de fois qu'un phénomène se reproduit en 1 s donc la fréquence est ici de 400 Hz.

3. On en déduit que $\lambda = \frac{v}{f}$ puisque $0,025 = \frac{10}{400}$.

30 1. a. La longueur d'onde est la plus petite distance qui sépare deux points qui vibrent en phase.

b. La longueur d'onde correspond à la distance qui sépare deux crêtes claires ou deux crêtes sombres. Pour être précis, on en détermine plusieurs (sur une plus grande longueur).

c. $5\lambda = 6 \text{ cm}$ on en déduit $\lambda = 1,2 \text{ cm}$.

2. Des représentations, on peut dire :

- à l'instant $t + T$; on retrouve la même allure que la photo initiale (centre clair) ;

- à l'instant $t + \frac{T}{2}$; on a une allure complémentaire à celle de la photo initiale (centre sombre).

31 1. a. Figure 1 : $5\lambda = 10 \text{ cm}$ donc $\lambda = 2,0 \text{ cm}$.

Figure 2 : $4\lambda' = 10 \text{ cm}$ donc $\lambda' = 2,25 \text{ cm}$.

b. Figure 1 : $v = \lambda_1 \cdot f = 2,0 \times 20 = 40 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Figure 2 : $v' = \lambda' \cdot f' = 2,25 \times 10 = 22,5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

2. L'eau est un milieu dispersif puisque la célérité d'onde mécanique qui s'y propage dépend de la fréquence : $v \neq v'$.

32 1. a. Avant l'ouverture : $2\lambda = 1,5 \text{ cm}$.

Donc $\lambda = 0,75 \text{ cm}$.

b. Après l'ouverture : $8\lambda' = 6,0 \text{ cm}$.

Donc $\lambda' = 0,75 \text{ cm}$.

2. Comme $\lambda = \lambda'$, on en déduit que le phénomène de diffraction ne modifie pas la valeur de la longueur d'onde.

3. Comme la valeur de la longueur d'onde n'est pas modifiée et que le vibreur vibre à une fréquence constante, la célérité de l'onde n'est pas modifiée lors d'une diffraction.

33 Exemple d'exposé oral :

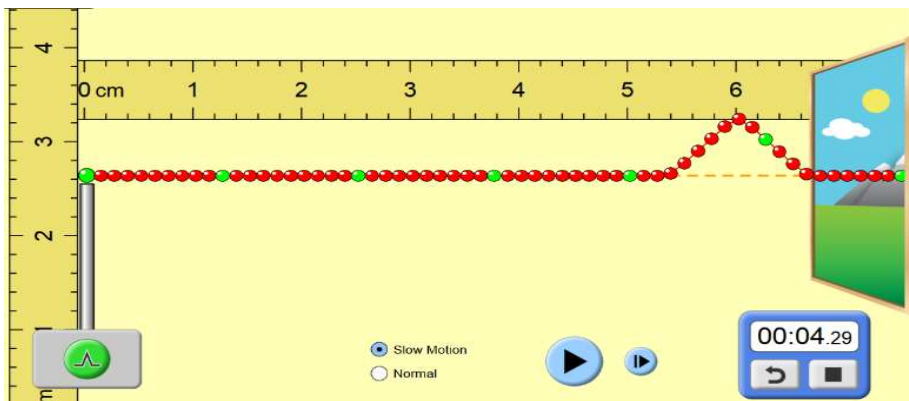
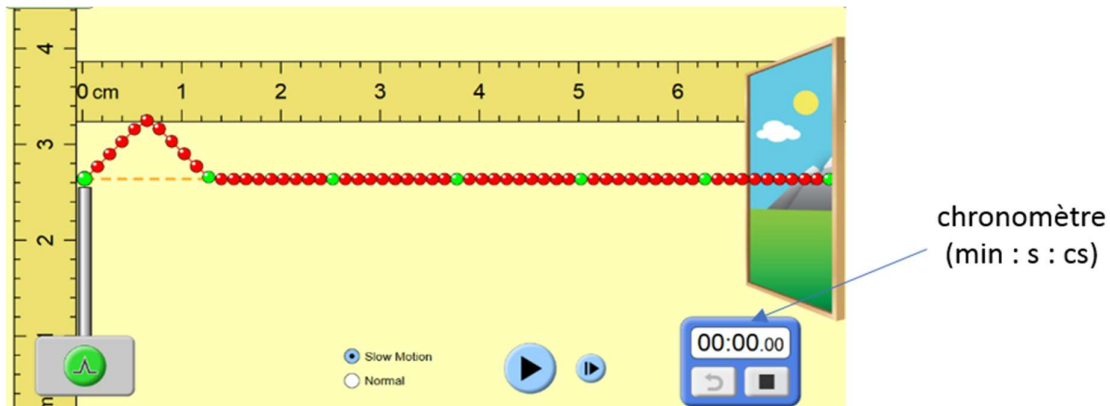
« Une source sonore qui produit un son émet une **onde sonore dans l'air** qui est une **onde mécanique**

DEVOIR SURVEILLE N°14 CH14 ONDES MECANIQUES
PHYSIQUE-CHIMIE

Première Générale

1. Une onde qui se propage est progressive et mécanique. Rappeler la définition d'une onde progressive puis indiquer ce qui permet de la qualifier de mécanique.

Dans une simulation, on modélise une corde sur laquelle se propage une perturbation. Deux captures d'écran de ce logiciel sont données ci-dessous.



D'après <https://phet.colorado.edu/fr/simulations>

2. Déterminer, à l'aide des deux captures ci-dessus la valeur de la vitesse de propagation de l'onde dans la simulation.

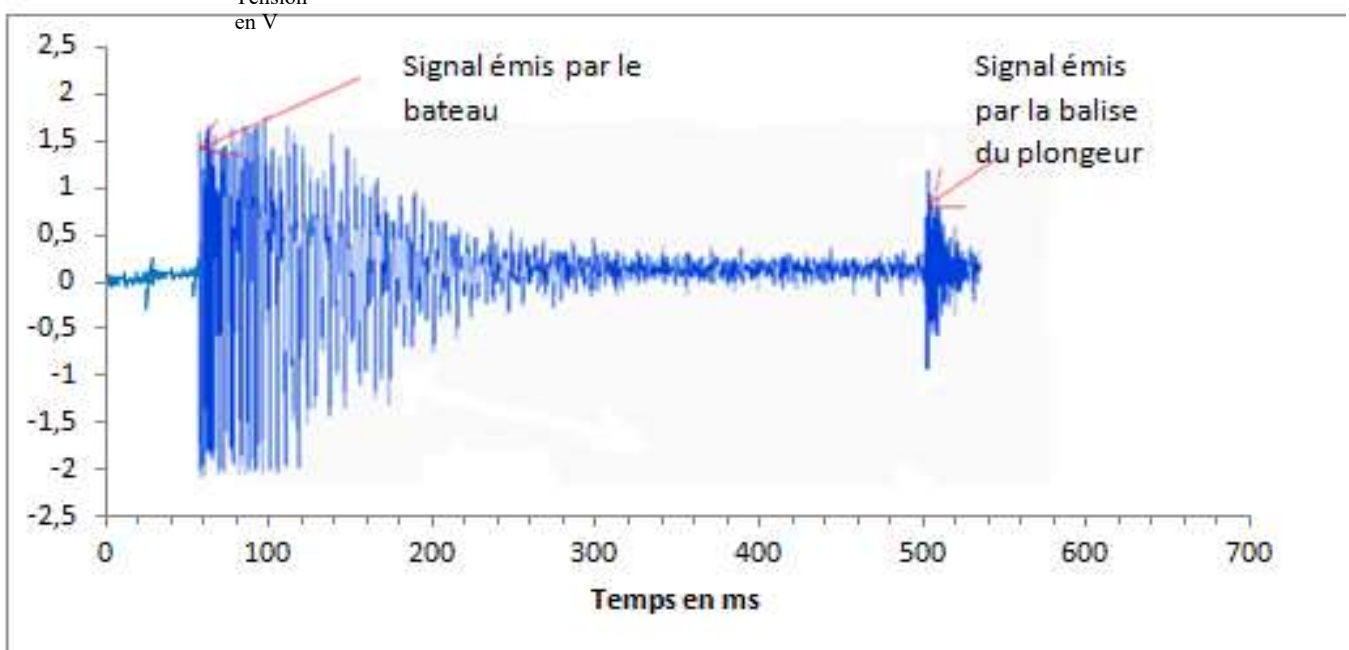
3. Retrouver un plongeur sous l'eau

La technologie qui est actuellement mise au point consiste à utiliser des ondes acoustiques.

Présentation du système GPS sous-marin

Le bateau émet un signal ultrasonore qui est capté et renvoyé par la balise que porte à son poignet un plongeur. L'ordinateur de bord du bateau enregistre les deux signaux et détermine la distance entre le plongeur et le bateau.

Amplitude des signaux enregistrés par l'ordinateur situé sur le bateau au cours du temps



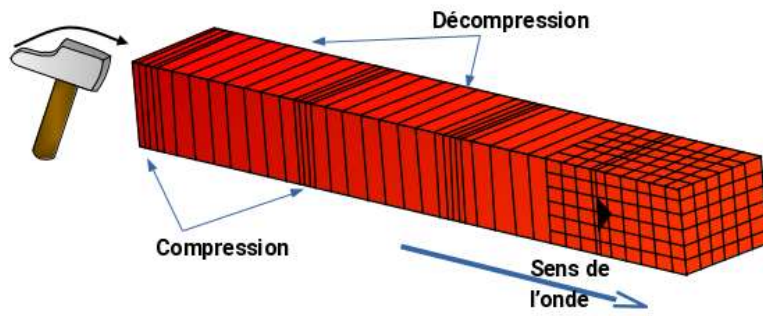
À partir des documents ci-dessus, déterminer à quelle distance du bateau est situé le plongeur. La célérité moyenne du son dans l'eau est de 1520 m.s^{-1} .

4. Séisme : comment localiser son épicentre ? (10 points)

L'objectif de cet exercice est de comprendre comment on peut localiser l'épicentre d'un séisme. Pour répondre à cette question, il faut d'abord s'intéresser aux ondes de différentes natures responsables des secousses sismiques.

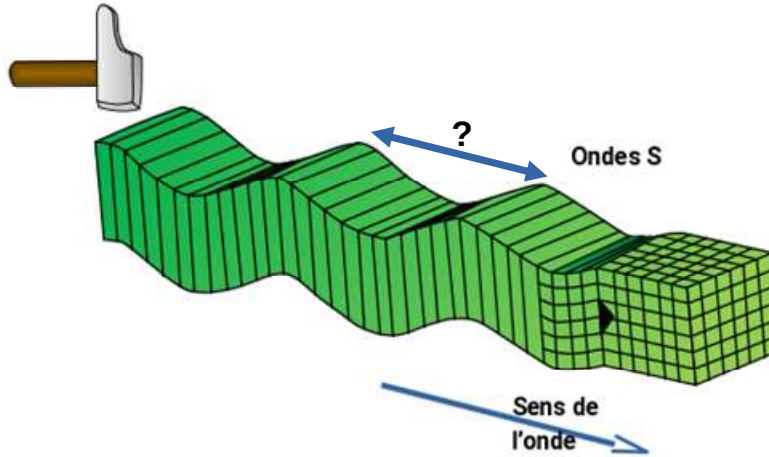
Nature des ondes sismiques

Les ondes P sont aussi appelées ondes longitudinales. La vibration du sol se fait par des dilatations et des compressions successives. Ces perturbations se déplacent parallèlement à la direction de propagation de l'onde. Les ondes P se propagent dans les milieux solides ainsi que dans les liquides.



Représentation des ondes P (d'après C. Allègre «Les fureurs de la Terre »).

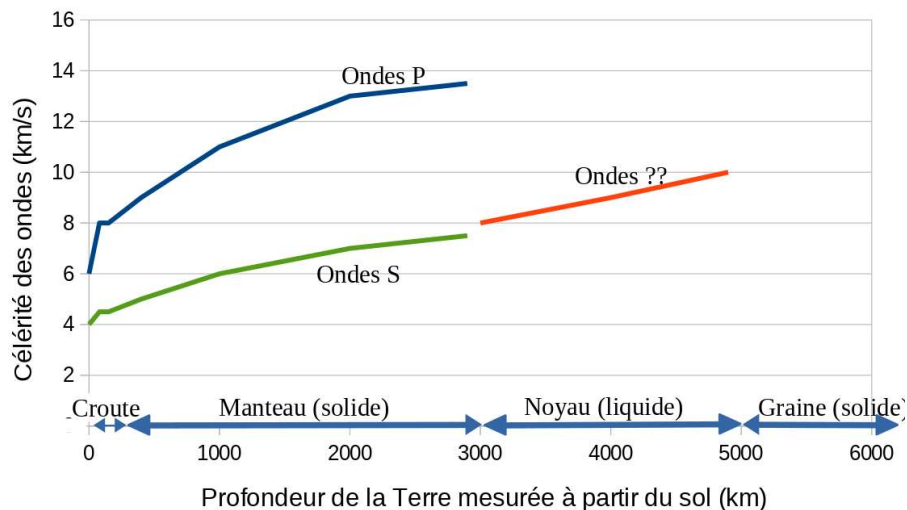
Les ondes S sont aussi appelées ondes transversales. À leur passage, les perturbations du sol s'effectuent perpendiculairement au sens de propagation de l'onde. Les ondes S ne se propagent que dans les milieux solides.



Représentation des ondes S (d'après C. Allègre « Les fureurs de la Terre »).

4.1. Les ondes P et S sont qualifiées d'ondes de type mécanique. Justifier cette affirmation.

4.2. On considère ces ondes comme périodiques. Indiquer quelle est la grandeur représentée par la flèche double sur la représentation précédente des ondes S.



Graph : célérité des différents types d'onde dans la structure terrestre (d'après données planet-terre.ens-lyon.fr)

4.3. Indiquer quel est le type d'onde (P ou S) qui traverse le noyau terrestre. Justifier.

Détection des séismes

Lorsqu'un séisme se produit, les ondes sismiques peuvent être suivies par les nombreux sismographes situés sur la Terre dans des stations de surveillance sismique.

Un sismographe permet de transcrire les secousses enregistrées sous forme d'une courbe tracée comme sur le document en **annexe 1 à rendre avec la copie**.

- 4.4. Déterminer si l'allure du sismogramme fourni (**répondre sur l'annexe 1**) est cohérente avec les informations du graphe précédent.
- 4.5. Représenter par une double flèche sur le document donné en **annexe 1 à rendre avec la copie**, le retard de temps de l'onde S par rapport à l'onde P.

Localisation de l'épicentre

Un séisme se produit généralement à l'intérieur du globe terrestre. L'épicentre du séisme est le lieu de la surface, le plus proche de la source du séisme. C'est le premier endroit de la surface à recevoir les ondes sismiques.

Un séisme dont l'épicentre se situe en Équateur, pays d'Amérique du Sud, s'est produit le 22 février 2019. L'enregistrement du sismographe de la station de surveillance LFCV située au Venezuela, un autre pays d'Amérique du Sud, a permis de mesurer les heures d'arrivée des ondes P et S.

On fera les hypothèses suivantes pour modéliser simplement la situation :

- hypothèse 1 : les ondes P et S se propagent quasiment à la surface de la Terre ;
- hypothèse 2 : le rayon de courbure de la Terre est négligeable ;
- hypothèse 3 : les ondes se déplacent avec des célérités de valeurs constantes.

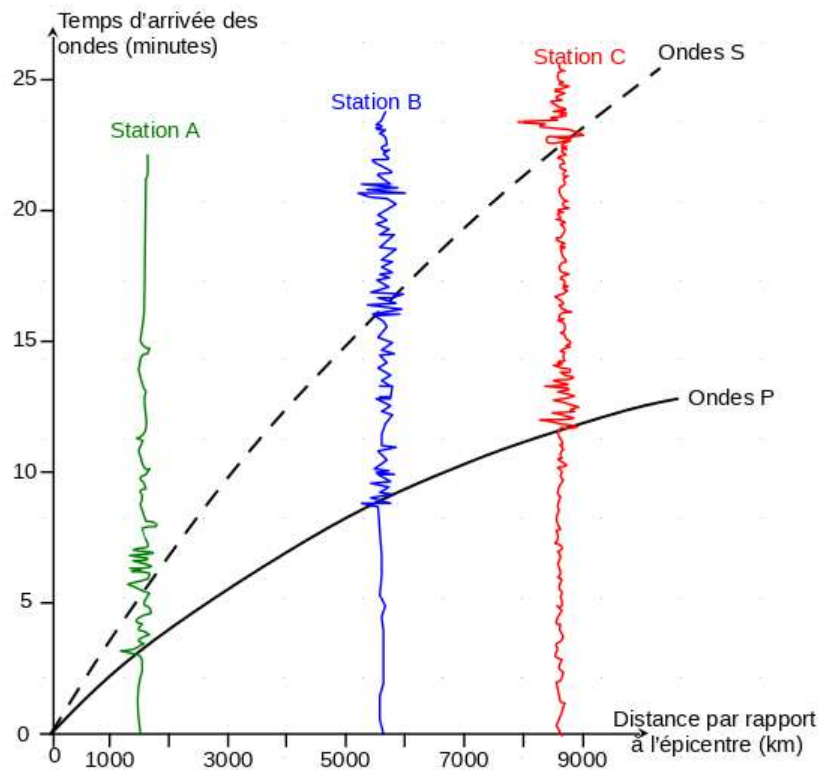
Données :

Type d'onde	Heure d'arrivée à la station LFCV	Célérités moyennes des ondes	Distance parcourue depuis l'épicentre
Ondes P	$H_P = 10 \text{ h } 21 \text{ min } 01 \text{ s}$	$c_P = 8,7 \text{ km.s}^{-1}$	d
Ondes S	$H_S = 10 \text{ h } 24 \text{ min } 03 \text{ s}$	$c_S = 4,7 \text{ km.s}^{-1}$	d

- 4.6. On note d la distance entre l'épicentre du séisme et la station LFCV. En notant t_S et t_P respectivement les durées de propagation de l'onde S et de l'onde P entre l'épicentre et la station LFCV, exprimer $t_S - t_P$ en fonction de d , c_S et c_P .

- 4.7. Exprimer la distance d puis calculer sa valeur.

En réalité, les calculs de localisation d'épicentre prennent en compte le fait que les célérités des ondes P et S ne sont pas constantes. On réalise pour cela une hodochrone (voir ci-dessous) à partir des enregistrements obtenus par plusieurs sismographes situés en divers endroits du globe. Elle représente l'évolution du temps de propagation des ondes sismiques P et S en fonction de la distance à l'épicentre.



4.8. En exploitant l'hodochrone, déterminer la distance L entre l'épicentre et une station de mesure dans le cas où l'onde S arrive avec 5 min de retard par rapport à l'onde P.

L'utilisation de l'hodochrone donne pour trois stations différentes les résultats suivants :

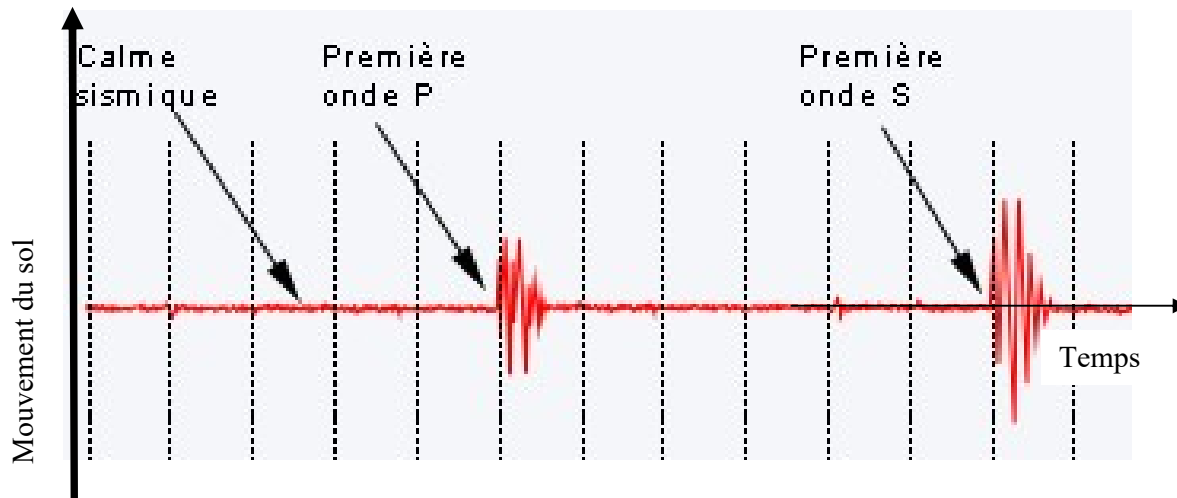
Station	Durée $t_S - t_P$	Distance L de la station à l'épicentre
LFCV (Venezuela)	183 s	$1,93 \cdot 10^3$ km
HPAP (Haïti)	231 s	$2,39 \cdot 10^3$ km
GCAPE (Guadeloupe)	247 s	$2,78 \cdot 10^3$ km

On considère que, pour chaque station, l'épicentre se trouve sur un cercle de rayon L . Pour déterminer graphiquement la position de l'épicentre, on a utilisé un programme informatique en langage Python. Ce programme permet de créer un fond de carte, de positionner les trois stations LFCV, HPAP et GCAPE, de tracer des cercles dont les centres sont les stations. La carte produite figure dans le document en **annexe 2 à rendre avec la copie**.

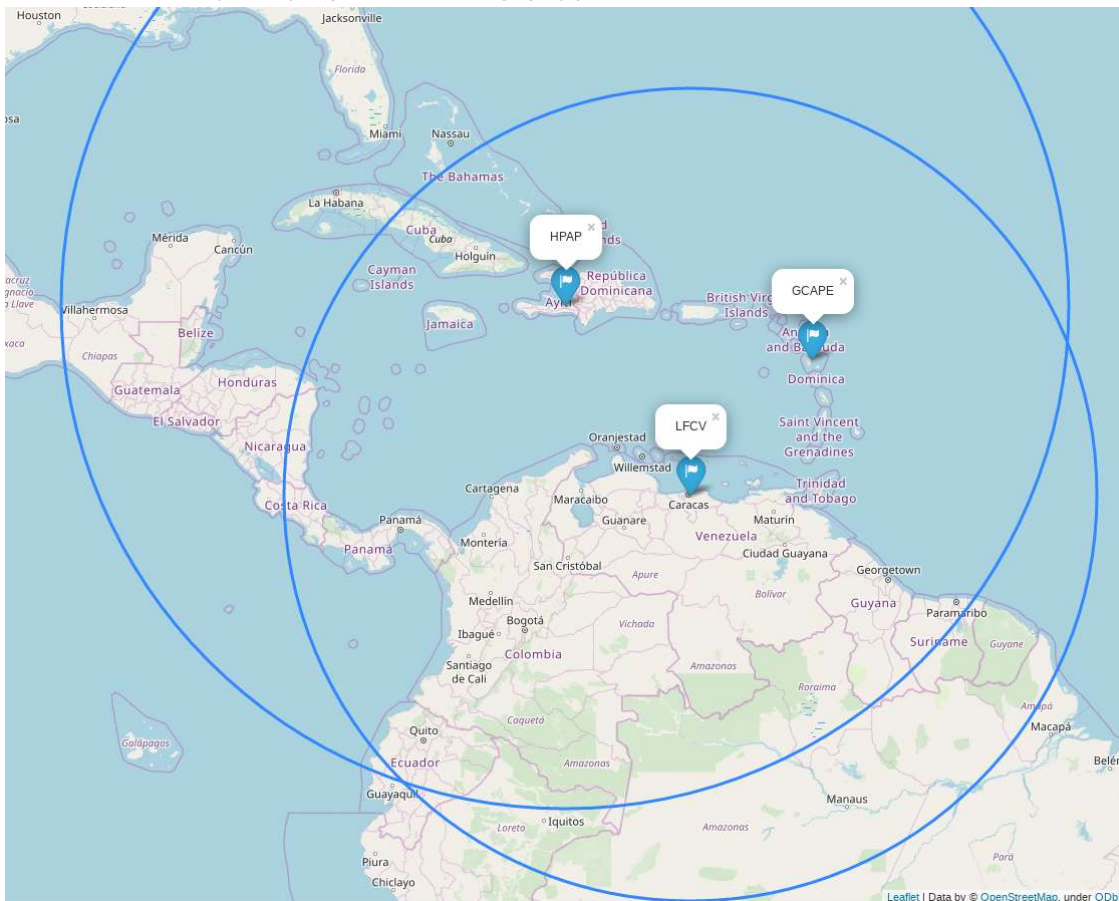
4.9. Indiquer pourquoi le document en **annexe 2 à rendre avec la copie** ne permet pas de positionner précisément l'épicentre du séisme.

4.10. Placer l'épicentre sur **l'annexe 2 à rendre avec la copie** en expliquant votre démarche.

Annexe 1: Enregistrement simplifié des mouvements du sol en fonction du temps lors d'un séisme



Annexe 2 : Carte obtenue par le programme en langage python

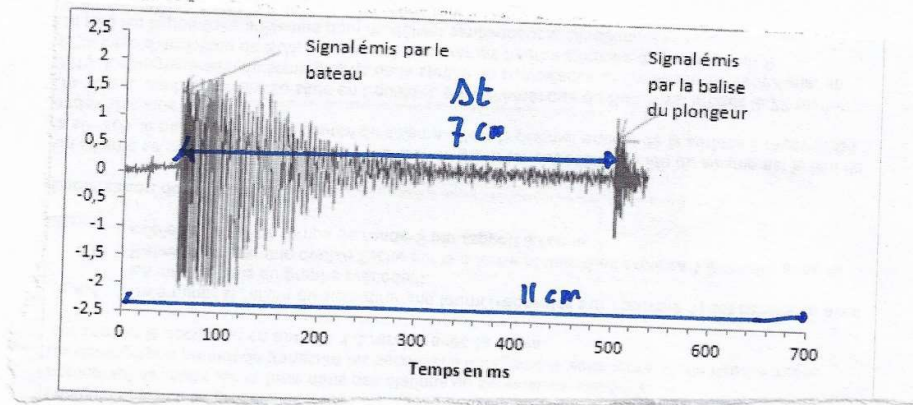


1. Une onde est la propagation d'une perturbation avec transport d'énergie
Elle est mécanique si elle se propage dans un milieu matériel

$$2. v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{6 - 0,6}{4,29} = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$$

$$3. d = \frac{v \cdot \Delta t}{2} = \frac{1520 \cdot \frac{7 \text{ cm} \times 700 \cdot 10^{-3}}{11 \text{ cm}}}{2} = 3,4 \cdot 10^2 \text{ m}$$

↑ on compte que l'aller



4.1. P et S se propagent dans un milieu matériel

4.2. La période spatiale ou longueur d'onde λ est représentée sur schéma

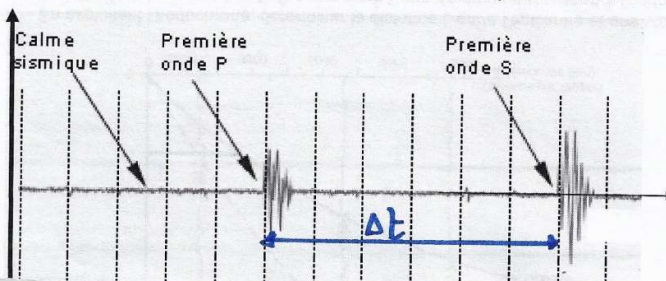
4.3. Les ondes ?? se propagent dans le noyau qui est liquide
ces ondes sont donc les ondes P

4.4. Au niveau de la croûte terrestre les ondes P ont une célérité \oplus élevée que les ondes S. (6 km/s et 4 km/s)

Les ondes P se déplacent donc \oplus vite et sont donc perçues \oplus tôt par le sismographe

4.5.

Annexe 1: Enregistrement simplifié des mouvements du sol en fonction du temps lors d'un séisme



$$4.6. t_s - t_p = \frac{d}{c_s} - \frac{d}{c_p}$$

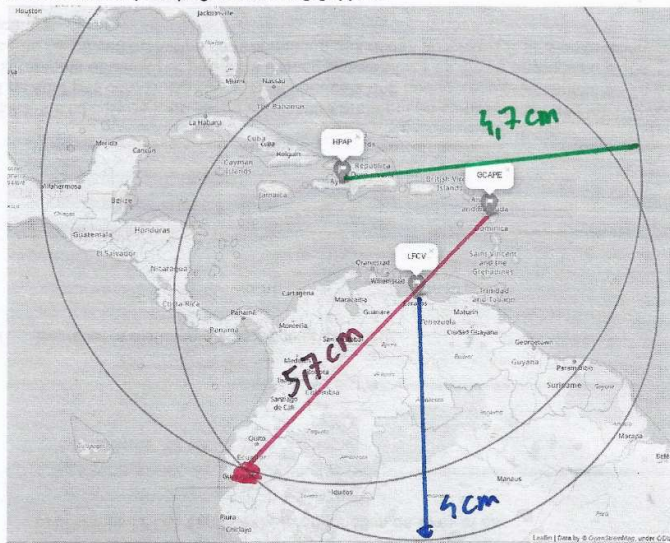
$$4.7. \left| d = \frac{c_s c_p}{c_p - c_s} \cdot (t_s - t_p) \right| = \frac{8,7 \cdot 4,7}{8,7 - 4,7} \left(\overset{182 \text{ s}}{3 \text{ min } 02 \text{ s}} \right) = 1,8 \cdot 10^3 \text{ km}$$

4.8. Si l'onde S arrive avec 5 minutes de retard, on atteint la station A qui est située à ~~4250~~⁴⁰⁰⁰ km de l'épicentre.

4.9. L'intersection des 2 cercles nous fournit 2 points potentiels pour l'épicentre.

4.10. Il faut tracer un troisième cercle de centre GCAPE (le cercle manquant) de rayon $2,78 \cdot 10^3$ km. Ce rayon est le plus important des 3. Des 2 points possibles, on prendra donc le \oplus éloigné de GCAPE.

Annexe 2 : Carte obtenue par le programme en langage python



Physique Chimie



Je travaille seul en silence.

J'aide ou je suis aidé,
seul mon voisin m'entend.Je travaille en équipe sans
déranger personne.

1. Découvrir

Je consulte les ressources :

- Ressources à découvrir sur le site
<http://physchileborgne.free.fr>
- livret leborgne CH15
- Cours du livre pages

Je mets en pratique : TP réalisé

2. S' exercer

Je m'entraîne en réalisant les exercices :

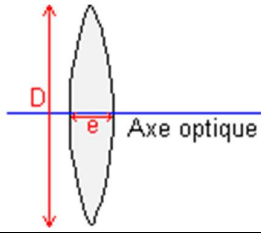
3. Se tester

Je vérifie que je maîtrise les objectifs du chapitre en réalisant le devoir de la session précédente

- Exploiter les relations de conjugaison et de grandissement fournies pour déterminer la position et la taille de l'image d'un objet-plan réel.
- Déterminer les caractéristiques de l'image d'un objet-plan réel formée par une lentille mince convergente.
- Choisir le modèle de la synthèse additive ou celui de la synthèse soustractive selon la situation à interpréter.
- Interpréter la couleur perçue d'un objet à partir de celle de la lumière incidente ainsi que des phénomènes d'absorption, de diffusion et de transmission.
- Prévoir le résultat de la superposition de lumières colorées et l'effet d'un ou plusieurs filtres colorés sur une lumière incidente.

1. Relation de conjugaison : former une image

Les lentilles minces convergentes



Une lentille est un milieu transparent limité par deux surfaces dont l'une au moins n'est pas plane.
 Une lentille est dite mince si son épaisseur e est faible devant son diamètre D .

↑
 ↓
 Symbole d'une lentille mince convergente

<p>Un rayon passant par le centre optique d'une lentille mince n'est pas dévié.</p>	<p>Tout rayon incident parallèle à l'axe d'une lentille convergente émerge en passant par le foyer image F'.</p>	<p>Tout rayon incident passant par le foyer objet F d'une lentille convergente émerge parallèlement à l'axe de cette lentille.</p>
--	--	--

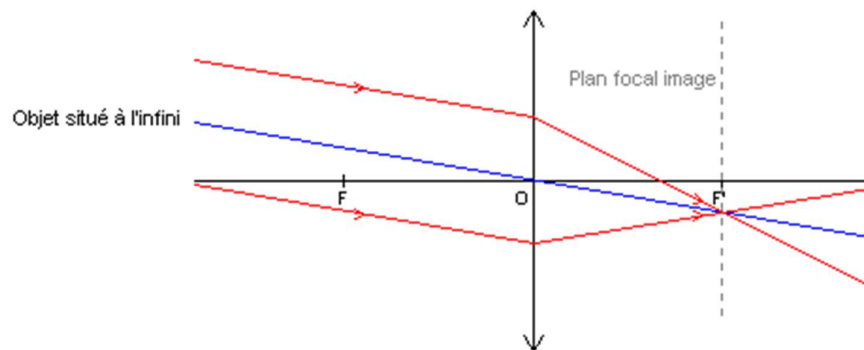
On appelle **distance focale** la grandeur $f' = OF'$ en mètre

On appelle **vergence** C d'une lentille l'inverse de sa distance focale. La vergence s'exprime en

dioptries (δ). $C = \frac{1}{f'}$

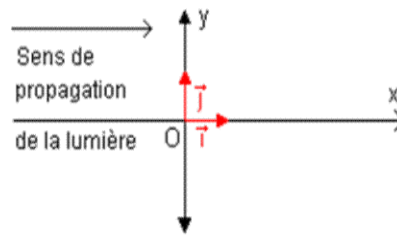
Construction graphique d'une image

<p>Image réelle d'un objet lumineux AB (cas de la webcam)</p>	<p>Image virtuelle d'un objet lumineux AB (cas de la loupe)</p>
---	---



Relation de conjugaison

On utilisera les conventions de signe suivantes



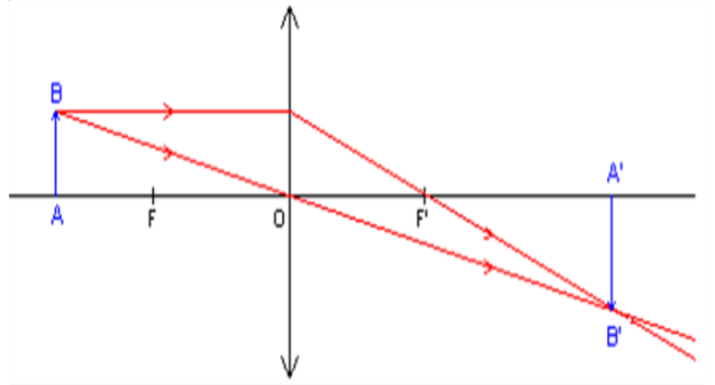
Si l'objet est noté A et l'image A', on montre que:

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

\overline{OA} : position de l'objet

$\overline{OA'}$: position de l'image

$\overline{OF'}$: distance focale de la lentille



Grandissement

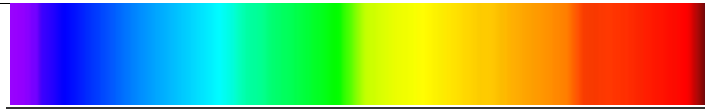
$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

\overline{AB} taille de l'objet $\overline{A'B'}$: taille de l'image

- Si $\gamma > 0$ l'image est droite par rapport à l'objet.
- Si $\gamma < 0$, l'image est inversée par rapport à l'objet.

2. Vision et couleurs

Synthèse additive : pour les sources de lumière



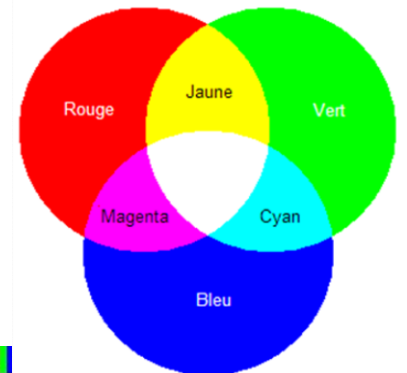
La lumière blanche est constituée de plusieurs lumières (ou radiations) colorées. On dit que la lumière blanche est polychromatique.



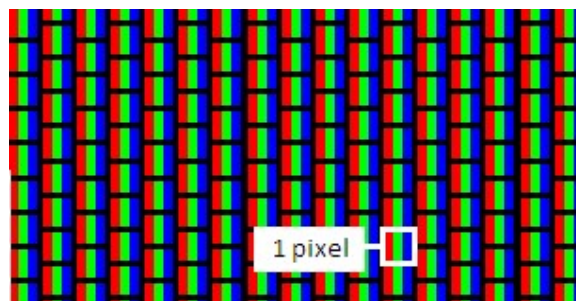
Couleur spectrale : couleur qui correspond à une lumière dont le spectre ne présente qu'une seule radiation (donc une lumière monochromatique).

Les couleurs primaires de la lumière sont : **Rouge, Vert et Bleu.**

C'est donc l'addition de deux ou trois lumières colorées R, V et B qui permet de synthétiser les lumières colorées Jaune, Cyan, Magenta et la lumière blanche.



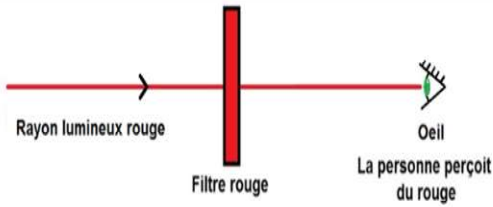
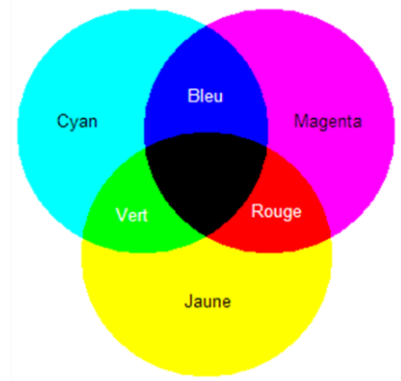
Il est possible de reproduire un très grand nombre de couleurs par synthèse additive. C'est ce procédé, appelé procédé RVB, qui est exploité par les écrans plats.



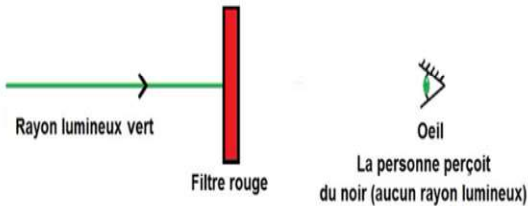
Synthèse soustractive : pour l'impression ou la peinture

Les couleurs primaires sont : **Jaune, Magenta et Cyan.**

La superposition de deux couleurs primaires donne la **couleur complémentaire** du filtre manquant.



Cas 1 : le filtre rouge laisse passer le rouge



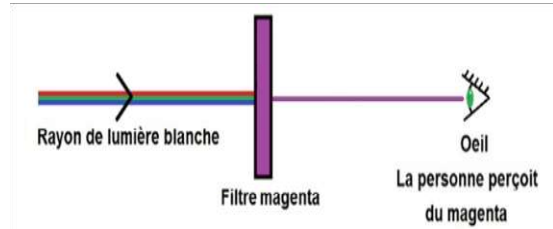
Cas 2 : le filtre rouge absorbe son complémentaire donc le cyan composé de vert et de bleu. Donc le filtre rouge absorbe le vert et le bleu.

Rien ne passe ! La personne perçoit du noir.

Que s'est-il passé ?

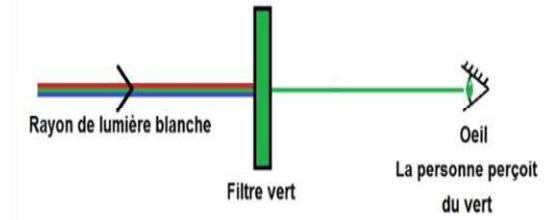
Cas 3 : le filtre magenta laisse passer le magenta (donc le bleu et le rouge) et filtre le complémentaire du magenta donc le vert.

Comme il arrive de la lumière blanche (rouge + bleu + vert), seuls les rayons bleu et rouge traversent le filtre, ce qui donne du magenta de l'autre côté du filtre.



Cas 4 : le filtre vert laisse passer le vert et filtre le magenta composé de bleu et de rouge, donc le filtre absorbe le bleu et le rouge.

Comme il arrive de la lumière blanche (rouge + bleu + vert), seul le rayon vert traverse le filtre, ce qui donne du vert de l'autre côté du filtre.

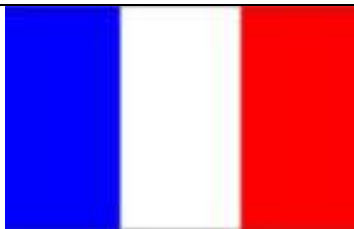
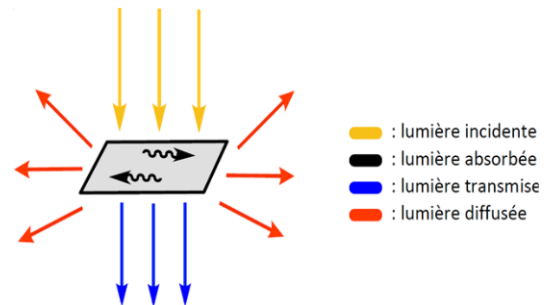


Perception de la couleur d'un objet

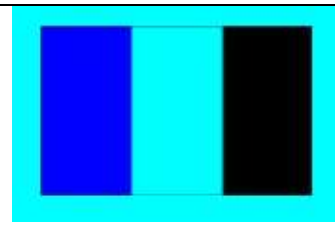
Un objet qui n'est pas absorbant diffuse toutes les radiations visibles: il apparaît blanc.

Un objet qui absorbe tout le rayonnement visible ne diffuse pas de lumière: il apparaît noir.

Un objet coloré absorbe une partie du spectre visible.



Eclairage en lumière blanche.



Eclairage en lumière cyan.

Exercice résolu EN AUTONOMIE

29 Détermination des caractéristiques d'une image

Au cours d'une séance de travaux pratiques, le professeur demande à ses élèves de prévoir les caractéristiques de l'image avant de réaliser l'expérience. L'objet lumineux utilisé, d'une hauteur de 2,0 cm, est placée à 1,2 m d'une lentille convergente de distance focale 30 cm.



Montage expérimental

- Déterminer par le calcul la distance à laquelle il faut placer l'écran pour observer une image nette.
- En déduire les caractéristiques de l'image obtenue.

LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- Les caractéristiques d'une image sont : sa nature (réelle ou virtuelle), son sens (à l'en droit ou à l'envers) et sa taille.
- La taille de l'objet est connue.
- La position de l'objet par rapport à la lentille est connue.
- La distance focale de la lentille est connue.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

- Déterminer** : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- En déduire** : utiliser le résultat obtenu à la question précédente pour répondre.

EXEMPLE DE RÉDACTION

- D'après les données de l'énoncé, on a :

$$\overline{OA} = -1,2 \text{ m} = -1,2 \times 10^2 \text{ cm}; f' = 30 \text{ cm}; \overline{AB} = 2,0 \text{ cm.}$$

On applique la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{-1,2 \times 10^2} + \frac{1}{30} = 0,025 \text{ cm}^{-1}, \text{ soit } \overline{OA'} = 40 \text{ cm.}$$

Il faut positionner l'écran à 40 cm de la lentille.

- La valeur positive de la grandeur algébrique $\overline{OA'}$ nous indique que l'image est bien réelle. Pour déterminer les autres caractéristiques de l'image, on applique les relations de grandissement :

$$\overline{A'B'} = \gamma \times \overline{AB} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \times \overline{AB} = \frac{40}{-1,2 \times 10^2} \times 2,0 \text{ soit } \overline{A'B'} = -0,67 \text{ cm.}$$

L'image est réelle, à l'envers, et mesure 0,67 cm.

QUELQUES CONSEILS

- Extraire les données utiles dans l'énoncé sans oublier d'indiquer le signe des grandeurs algébriques. Pour appliquer les relations de conjugaison et de grandissement, il faut exprimer toutes les grandeurs dans la même unité (en m ou en cm).
- On veillera au nombre de chiffres significatifs (ici 2).

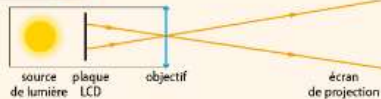
EXERCICE SIMILAIRE

30 Détermination de la taille d'une image projetée sur un écran

Pour étudier le principe d'un vidéoprojecteur, on considérera que celui-ci est constitué d'une source de lumière blanche, d'une plaque LCD (support de l'objet), et d'un objectif de projection assimilable à une lentille convergente de distance focale 17,0 mm.

L'objet à projeter est un texte, dont une des lettres mesure 1,2 mm de hauteur sur la plaque LCD. La distance entre la plaque LCD et l'objectif est fixée à 1,71 cm.

- Déterminer la distance entre l'objectif et l'écran pour que l'image soit nette.



- En déduire la taille de la lettre projetée sur l'écran.
- Dans quel sens doit apparaître le texte à projeter sur la plaque LCD pour que le texte apparaisse à l'endroit à l'écran ? Justifier.

Exercice résolu EN AUTONOMIE

31 Scènes en lumière colorée



Lors du tournage d'un film, une metteuse en scène souhaite voir l'actrice principale vêtue d'un sari de couleur magenta pour une scène en extérieur.

La première prise de vue se déroule en début d'après-midi, lorsque le Soleil est au zénith. Une dernière prise est réalisée au crépuscule, lorsque la lumière qui nous arrive du Soleil est jaune.

- Nommer les trois phénomènes qui peuvent se produire lorsqu'un objet est éclairé.
- Décrire ce qu'il advient de lumières colorées des trois couleurs primaires quand celles-ci éclairent la robe magenta.

- Expliquer pourquoi la couleur de la robe n'est plus la même si la scène est tournée au crépuscule. Préciser la couleur alors perçue.

LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

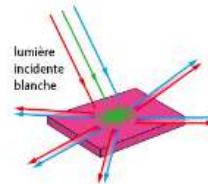
- La couleur magenta résulte de la superposition des couleurs rouge et bleu.
- Dans le cadre de la synthèse additive, la lumière blanche du Soleil peut être considérée, de manière simplifiée, comme la synthèse additive de lumières rouge, verte et bleu.
- La lumière jaune résulte de la synthèse additive du rouge et du vert.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

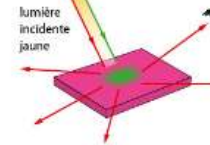
- Nommer** : ici, restituer des mots de vocabulaire scientifique.
- Décrire** : rendre compte observation.
- Expliquer** : donner une justification à une affirmation.

EXEMPLE DE RÉDACTION

- Il peut y avoir absorption, diffusion et/ou transmission de la lumière par l'objet éclairé.
- La lumière jaune résulte de la superposition du rouge et du vert : le tissu ne reçoit donc pas de lumière bleue, et il diffuse seulement le rouge.



Le tissu magenta absorbe la lumière verte. Il diffuse les lumières bleue et rouge.



Seuls les cônes sensibles au rouge sont stimulés : la robe est perçue rouge.

QUELQUES CONSEILS

- Réaliser un schéma de la situation faisant apparaître les rayons de lumière colorée.
- La couleur perçue d'un objet dépend du type de cône qui est stimulé.

EXERCICE SIMILAIRE

32 Défilé en lumière colorée

Lors d'un défilé, un mannequin porte un pantalon rayé dans les tons rouge et jaune. Lors de la traversée du podium, la couleur de la lumière change.

- En raisonnant sur des schémas, déterminer les couleurs absorbées et les couleurs diffusées par les rayures jaune et rouge lorsque la lumière passe successivement du jaune au bleu, puis au rouge.
- En déduire que les rayures du pantalon ne sont pas toujours visibles.



Croiser les notions

33 Principe d'une loupe

Pour examiner les détails d'un timbre de collection, un philatéliste utilise une lentille de distance focale 4,0 cm et de diamètre 3,0 cm. Il observe, sur un cliché, un détail de 1,2 mm de hauteur placé à 2,5 cm de la lentille.



- Réaliser un schéma à l'échelle de la situation.
- Extraire les données de l'énoncé pour exprimer les grandeurs algébriques utiles.
- À l'aide de la relation de conjugaison, déterminer la position de l'image.
- Utiliser les relations de grandissement pour calculer la taille de l'image A'B', et préciser ses caractéristiques.

34 Panne de cartouche

On souhaite imprimer le texte ci-dessous sur papier avec une imprimante couleur équipée de 4 cartouches d'encre : cyan, magenta, jaune et noire.

LA PHYSIQUE C'EST FANTASTIQUE !

- Quelles cartouches seront utilisées pour colorer respectivement les lettres rouges, jaunes et bleues ?
- Pas de chance ! La cartouche « jaune » est vide. De quelles couleurs vont apparaître les mots du texte ?
- Quel modèle de synthèse des couleurs est mis en œuvre pour ce type d'impression ?

35 Sous les drapeaux

Voici les drapeaux tricolores de quatre États :



Justifier les réponses aux questions suivantes en schématisant les phénomènes mis en jeu, et en faisant apparaître les radiations lumineuses transmises ou diffusées.

- Quels drapeaux pourrait-on confondre sous un éclairage bleu ?
- Quel éclairage coloré permet de percevoir de manière identique les quatre drapeaux ?
- Quelle est la couleur du filtre au travers duquel on voit le drapeau belge lorsqu'on regarde le drapeau français ?

36 Prises de vue

On souhaite photographier un arbuste qui mesure 3,0 m de hauteur à l'aide d'un appareil dont l'objectif peut être assimilé à une lentille convergente de distance focale $f = 50$ mm. L'arbuste se situe à 1,8 m de l'objectif.

- Sans souci d'échelle, reproduire le schéma ci-après, et y faire apparaître les rayons lumineux.

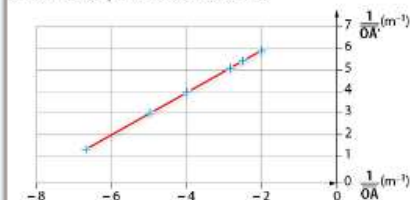
- Montrer, par le calcul, que l'image se forme à une distance de 5,3 cm de l'objectif.



- Calculer le grandissement de l'appareil ainsi réglé.
 - En déduire la taille A'B' de l'image de l'arbuste qui se forme sur le capteur.
- On souhaite maintenant photographier les sommets enneigés qui apparaissent à l'arrière-plan du paysage. On considère qu'ils sont situés à l'« infini ».
- Dans quel sens et de quelle distance faut-il déplacer l'objectif par rapport au capteur pour que l'image des sommets enneigés soit nette sur le capteur ?

37 Distance focale d'une lentille convergente

Au cours d'une séance de travaux pratiques, les élèves ont été amenés à relever différents couples de valeurs (OA, OA') qui correspondent à l'observation d'une image nette sur l'écran. Ils ont ensuite utilisé un tableur-grapheur pour tracer la courbe présentée ci-dessous :



La modélisation des points par une droite affine donne l'équation suivante :

$$\frac{1}{OA'} = 0,956 \times \frac{1}{OA} + 7,87.$$

- La relation de conjugaison est-elle vérifiée ? Justifier.
- En déduire la valeur de la distance focale f de la lentille étudiée.

D'autres groupes d'élèves ont réalisé la même expérience avec la même lentille. L'ensemble des résultats est consigné dans un tableau :

Groupe	1	2	3	4	5	6
f' (en cm)	12,3	13,1	12,7	12,1	12,5	12,9

- Utiliser le menu statistique de la calculatrice pour calculer la moyenne \bar{f}' des valeurs mesurées pour f' et l'écart-type expérimental.

Donnée : la théorie statistique montre que la meilleure estimation de l'incertitude-type dans le cas d'une répétition de la mesure de la grandeur X est : $u_x = \sigma/\sqrt{n}$, où n est le nombre de mesures effectuées et σ l'écart-type.

- En déduire une estimation de la valeur f' de la distance focale et l'incertitude-type associée.

38 Ombres colorées

La photographie ci-contre montre une balle blanche éclairée. Deux « ombres » colorées de la balle apparaissent sur un écran blanc situé en arrière-plan.



DÉMARCHE AVANÇÉE

Sachant que l'expérience photographiée ci-dessus a été réalisée avec deux sources de lumières colorées, interpréter la couleur des ombres observées.

DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

- Combien de sources de lumière ont été utilisées pour éclairer la balle ? Préciser leur couleur.
- Quel modèle de synthèse des couleurs permet d'interpréter la couleur de l'écran ?
- Réaliser un schéma vu de dessus de la situation pour justifier la couleur des ombres. On modélisera les sources de lumière par un point.

39 Vision d'un œil hypermétrope

Le cristallin d'un œil hypermétrope, qui est assimilé à une lentille, n'est pas assez convergent. Lorsqu'il « regarde » un objet à l'infini, l'image se forme à 0,50 mm derrière la rétine, laquelle se trouve à 15,2 mm du cristallin. Pour l'œil sans défaut optique, en revanche, l'image se forme sur la rétine pour tout objet placé entre 25,0 cm et l'infini.

- Réaliser un schéma optique annoté de l'œil hypermétrope au repos.
- En déduire la valeur de la distance focale du cristallin de l'œil hypermétrope au repos.
- En supposant que l'œil hypermétrope puisse diminuer la distance focale de son cristallin de 1,0 mm s'il accommode au maximum, déterminer la distance minimale à laquelle un objet peut être vu net.

40 Fonctionnement d'un vidéoprojecteur

Un vidéoprojecteur est un dispositif permettant de projeter une image numérique sur un écran blanc.



Pour étudier le principe d'un vidéoprojecteur, on considère que celui-ci est constitué d'une source de lumière blanche, d'une plaque LCD de 3,0 cm de hauteur (support de l'objet)

et d'un objectif de projection. Ce dernier est un système convergent, constitué de plusieurs lentilles, que l'on assimile à une unique lentille convergente.

Afin que l'image observée sur le mur soit nette, on peut faire tourner une molette de réglage.

- Réaliser un schéma optique permettant de comprendre le principe de la projection.
- La plaque LCD est située à 2,20 cm de l'objectif de projection. Le mur se trouve à 7,00 m de la lentille. Calculer la valeur de la distance focale de l'objectif de projection lorsqu'on observe une image nette sur le mur.
- La distance focale de l'objectif de projection vaut, au minimum : $f_{\min} = 20,9$ mm.
 - À quelle distance minimale de l'objectif est-il possible de projeter l'image ?
 - Quelle sera la hauteur de l'image dans ces conditions d'observation ?

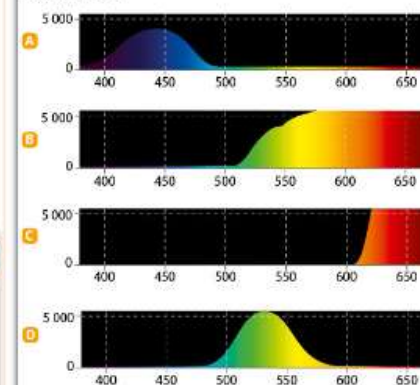
JE VÉRIFIE QUE J'AI...

- bien pris en compte le signe des grandeurs algébriques.
- exprimé toutes les grandeurs dans la même unité.

41 Profil spectral d'une lumière transmise par des filtres

Le profil spectral d'une lumière est la courbe qui représente l'évolution de son intensité lumineuse relative (sans unité) en fonction de la longueur d'onde (en nm).

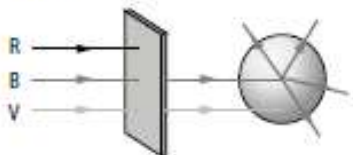
Voici les profils spectraux de la lumière transmise par quatre filtres colorés :



- Associer à chacun des filtres A, B, C et D la couleur qui lui correspond. Justifier à chaque fois.
- Proposer une explication à l'adjectif « soustractif » utilisé pour caractériser la synthèse des couleurs qui résulte de la superposition de filtres colorés.
- Quelle serait l'allure du profil spectral de la lumière transmise par un filtre magenta ? Justifier.

3. La lumière blanche résulte de la synthèse additive de bleu, rouge et vert.

4. a. Couleurs primaires des lumières incidente, transmise et diffusée :



b. L'objet diffuse les lumières rouge et verte qui produisent le jaune par synthèse additive. L'objet jaune ne recevant pas de lumière rouge (absorbée par le filtre cyan), il diffuse seulement la lumière verte vers l'œil de l'observateur : l'objet est perçu vert.

25 1. Le cyan est un mélange de bleu et de vert : un objet cyan diffuse donc le bleu et le vert.

2. La lumière magenta est composée de bleu et de rouge, l'objet cyan absorbe le rouge et diffuse le bleu seulement car la lumière incidente ne contient pas de vert. L'objet est donc perçu bleu.

Éclairé en lumière verte, l'objet cyan diffuse toute la lumière qu'il reçoit : il est perçu vert.

26 1. The complementary color of the green is magenta.

2. a. The chameleon diffuses green color.

b. It absorbs red and blue.

3. Under a cyan light the chameleon should be green because it absorbs blue.

27 1. En considérant la couleur qui correspond au maximum de sensibilité, on en déduit que la courbe a correspond au cône bleu ; la courbe b au cône vert et la courbe c au cône rouge.

2. On parle de vision trichromatique car la détection par 3 types de cônes seulement permet de reconstituer une large palette de couleurs.

3. a. Le graphique nous indique qu'une longueur d'onde de 430 nm correspond à la couleur bleue.

b. À cette longueur d'onde, les courbes b et c ont une intensité relative proche de 0 %, seuls les cônes bleus sont stimulés.

c. La couleur perçue est donc bleue.

4. Lorsque l'œil perçoit la couleur jaune, les courbes b et c ont une intensité relative proche de 100 %, les cônes rouges et verts sont donc stimulés.

28 1. Lorsque la pupille de l'œil est plus large que le centre de la lentille, une partie de la lumière qui pénètre dans l'œil sera absorbée par la lentille colorée ce qui modifiera la perception des couleurs.

2. Une lentille de couleur cyan absorbera sa couleur complémentaire : le rouge.

Exercices résolus – exercices similaires

■ p. 330 et 331

1. D'après les données de l'énoncé, on a :

$$\overline{OA} = -1,71 \text{ cm} ; f' = 17,0 \text{ mm} = 1,70 \text{ cm} ;$$

$$\overline{AB} = 1,2 \text{ mm.}$$

On applique la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{-1,71} + \frac{1}{1,70} = -0,00344 \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{soit } \overline{OA'} = 291 \text{ cm} = 2,91 \text{ m.}$$

Il faut positionner l'écran à environ 2,90 m de l'objectif.

2. On applique les relations de grandissement :

$$\begin{aligned} \overline{A'B'} &= \gamma \times \overline{AB} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \times \overline{AB} = \frac{291}{-1,71} \times 1,2 \\ &= -2,1 \times 10^2 \text{ mm} = -21 \text{ cm} \end{aligned}$$

La lettre projetée à l'écran a une hauteur de 21 cm.

3. Le grandissement γ étant négatif, l'image sera renversée par rapport à l'objet, le texte doit donc être écrit à l'envers sur la plaque LCD.

32 1. Une rayure rouge diffuse seulement le rouge : elle apparaît rouge en lumière jaune et rouge et apparaît noire en lumière bleue.

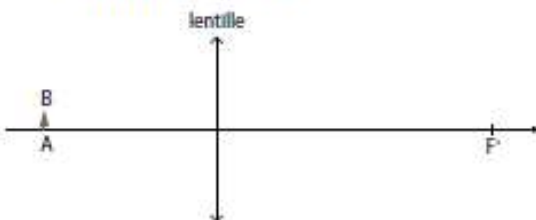
Une rayure jaune diffuse le vert et le rouge : elle apparaît jaune en lumière jaune, rouge en lumière rouge et apparaît noire en lumière bleue.

2. On peut donc distinguer les rayures lorsque l'éclairage est jaune mais pas en lumière rouge (le pantalon est perçu uni rouge) ni en lumière bleue (le pantalon est perçu uni noir).

Croiser les notions

■ p. 332

33 1. Schéma de la situation :



$$2. f' = 4,0 \text{ cm} ; \overline{OA} = -2,5 \text{ cm} ; \overline{AB} = 1,2 \text{ mm.}$$

$$3. \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{-2,5} + \frac{1}{4,0} = -0,15 \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{soit } \overline{OA'} = -6,7 \text{ cm.}$$

L'image est virtuelle, elle est située à 6,7 cm avant la lentille.

$$4. \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

$$\text{donc } \overline{A'B'} = \frac{\overline{AB} \times \overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{1,2 \times -6,7}{-2,5} = 3,2 \text{ mm.}$$

L'image est virtuelle à l'endroit et agrandie.

34 1. La couleur rouge est obtenue par mélange de magenta et de jaune : utilisation des cartouches magenta et jaune.

La couleur jaune nécessite l'utilisation de la cartouche jaune.

3. Il s'agit de la synthèse soustractive.

35

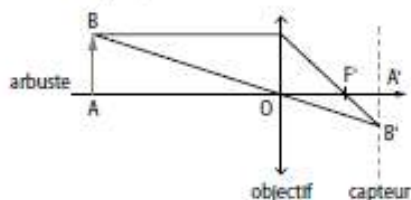
	Belgique			France			Italie			Mali		
Couleurs primaires diffusées par le drapeau éclairé en lumière blanche	-	R V	R	B	R V B	R	V	R V B	R	V	R V	R
Couleur perçue sous éclairage bleu	N	N	N	B	B	N	N	B	N	N	N	N
Couleur perçue sous éclairage rouge	N	R	R	N	R	R	N	R	R	N	R	R
Couleur perçue à travers un filtre jaune	N	∪	R	N	∪	R	V	∪	R	V	∪	R

1. Les drapeaux malien et belge apparaissent identiques sous un éclairage bleu : ils seraient perçus entièrement noirs.

2. Tous les drapeaux semblent identiques sous un éclairage rouge : noir/rouge/rouge.

3. À travers un filtre jaune, le bleu absorbe le jaune et apparaît noir, le blanc diffuse le rouge et le vert et apparaît jaune et le rouge absorbe le vert et apparaît rouge.

36 1. Schéma optique :



2. J'extrais les grandeurs algébriques utiles : $f' = 50 \text{ mm} = 5,0 \times 10^{-2} \text{ m}$ et $\overline{OA} = -1,8 \text{ m}$.

J'applique la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{-1,8} + \frac{1}{5,0 \times 10^{-2}} \approx 19 \text{ m}^{-1}$$

soit $\overline{OA'} = 5,3 \times 10^{-2} \text{ m} = 5,3 \text{ cm}$.

L'image réelle de l'objet se forme à environ 5,3 cm de l'objectif.

3. $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{5,3 \times 10^{-2}}{-1,8} \approx -0,029$.

4. $\overline{A'B'} = \gamma \times \overline{AB} = -0,029 \times 95 \approx 2,8 \text{ cm}$.

La couleur bleue est obtenue par mélange de magenta et de cyan : utilisation des cartouches magenta et cyan.

2. Sans cartouche jaune, « LA PHYSIQUE » apparaîtra en magenta, « C'EST » en blanc et « FANTASTIQUE ! » en bleu.

5. L'objet à photographier est situé à une très grande distance de l'objectif, on peut donc considérer que $\frac{1}{\overline{OA}} \approx 0$.

La relation de conjugaison devient donc : $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'}$ soit $\overline{OA'} = f' = 5,0 \text{ cm}$ ce qui revient à diminuer la distance entre l'objectif et le capteur de 0,3 cm.

37 1. L'équation de la droite obtenue montre que le coefficient directeur de la droite est approximativement égal à 1. L'équation s'écrit alors :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + 7,87. \text{ La distance focale étant constante, cette équation est compatible avec la relation de conjugaison } \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'}$$

2. On en déduit que l'ordonnée à l'origine correspond à l'inverse de la distance focale :

$$f' = \frac{1}{7,87} = 0,127 \text{ m}$$

La distance focale de la lentille étudiée vaut $f' = 12,7 \text{ cm}$.

3. L'écart type vaut $\sigma_f = 0,374 \text{ cm}$.

Le nombre de mesures effectuées vaut $n = 6$.

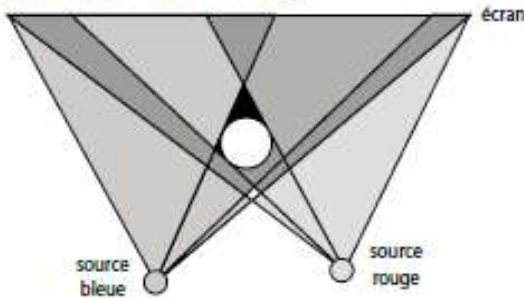
On en déduit une incertitude-type $u_f = 0,2 \text{ cm}$ (en conservant un seul chiffre significatif pour l'incertitude)

4. La distance focale mesurée vaut donc $f' = 12,7 \text{ cm}$ avec une incertitude-type $u_f = 0,2 \text{ cm}$.

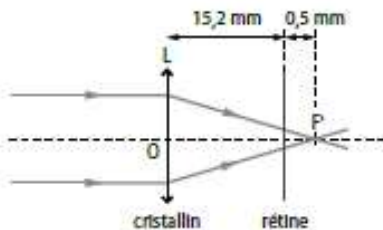
38

► Démarche élémentaire

1. On observe deux ombres sur l'écran ; il y a donc deux sources de lumière. La couleur de l'écran étant magenta, on en déduit que les sources de lumière sont rouge et bleue (idem pour la démarche avancée).
2. La couleur de l'écran résulte de la synthèse additive des deux lumières émises par les sources (idem démarche avancée).
3. (idem démarche avancée)



39 1. Schéma optique de l'œil hypermétrope :



2. Sur le schéma, on peut lire : $f' = OF' = 15,7 \text{ mm}$.

3. Pour une accommodation maximum, $f' = 15,7 - 1,0 = 14,7 \text{ mm}$.

La distance cristallin-rétine étant fixe :

$$OA' = 15,2 \text{ mm}$$

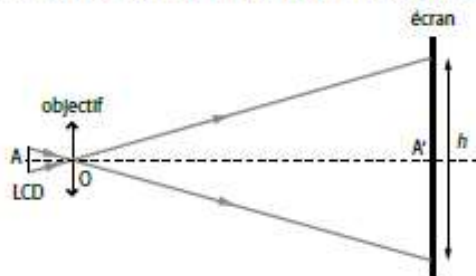
En appliquant la relation de conjugaison, il vient :

$$\frac{1}{OA} = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{f'} = \frac{1}{15,2} - \frac{1}{14,7} \approx -2,24 \times 10^{-3} \text{ mm}^{-1}$$

$$\text{soit } \overline{OA} = -446 \text{ mm}$$

L'œil hypermétrope peut voir net un objet situé à 44,6 cm.

40 1. Schéma optique du principe de projection :



Les distances OA et OA' étant fixées, la molette permet de modifier la distance focale de l'objectif. En pratique, on modifie la géométrie de l'association de plusieurs lentilles qui compose l'objectif.

2. J'extrais les grandeurs algébriques utiles :

$$\overline{OA} = -2,20 \text{ cm} = -2,20 \times 10^{-2} \text{ m} \text{ et } \overline{OA'} = 7,00 \text{ m}$$

J'applique la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{7,00} - \frac{1}{-2,20 \times 10^{-2}} \approx 45,6 \text{ m}^{-1}$$

$$\text{soit } f' = 2,19 \times 10^{-2} \text{ m}$$

La distance focale de l'objectif vaut alors 2,19 cm.

3. a. J'extrais les grandeurs algébriques utiles :

$$\overline{OA} = -2,20 \text{ cm} \text{ et } f' = 20,9 \text{ mm} = 2,09 \text{ cm}$$

J'applique la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{OA'} = \frac{1}{OA} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{-2,20} + \frac{1}{2,09} \approx 0,0239 \text{ cm}^{-1} \text{ soit}$$

$$\overline{OA'} = 41,8 \text{ cm}$$

La distance entre l'objectif et l'écran ne pourra pas être inférieure à 40 cm.

$$\text{b. } \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

$$\text{donc } \overline{A'B'} = \frac{\overline{AB} \times \overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{3,0 \times 41,8}{-2,2} \approx -57 \text{ cm}$$

La hauteur de l'image ne pourra pas être supérieure à 57 cm dans ces conditions d'observation.

41 1. Le filtre A transmet les radiations de couleur bleue, il est donc bleu.

Le filtre B transmet les radiations de couleurs verte, jaune et rouge : la lumière qu'il transmet résulte de la synthèse additive de ces trois couleurs : il est jaune.

Le filtre C transmet les radiations de couleur rouge, il est donc rouge.

Le filtre D transmet les radiations de couleur verte, il est donc vert.

2. Un filtre supprime toutes les radiations qui ne compose pas sa couleur. Lorsqu'on superpose des filtres, chacun soustrait une partie de la lumière émise.

3. Le magenta résulte de la synthèse additive du bleu et du rouge, le profil spectral d'un filtre magenta sera une superposition des profils spectraux A et C.

42 1. Il s'agit du daltonisme.

2. Le fond du panneau est jaune : les cônes rouges et verts sont stimulés.

L'intitulé de la conférence est indiquée en rouge : les cônes rouges sont stimulés.

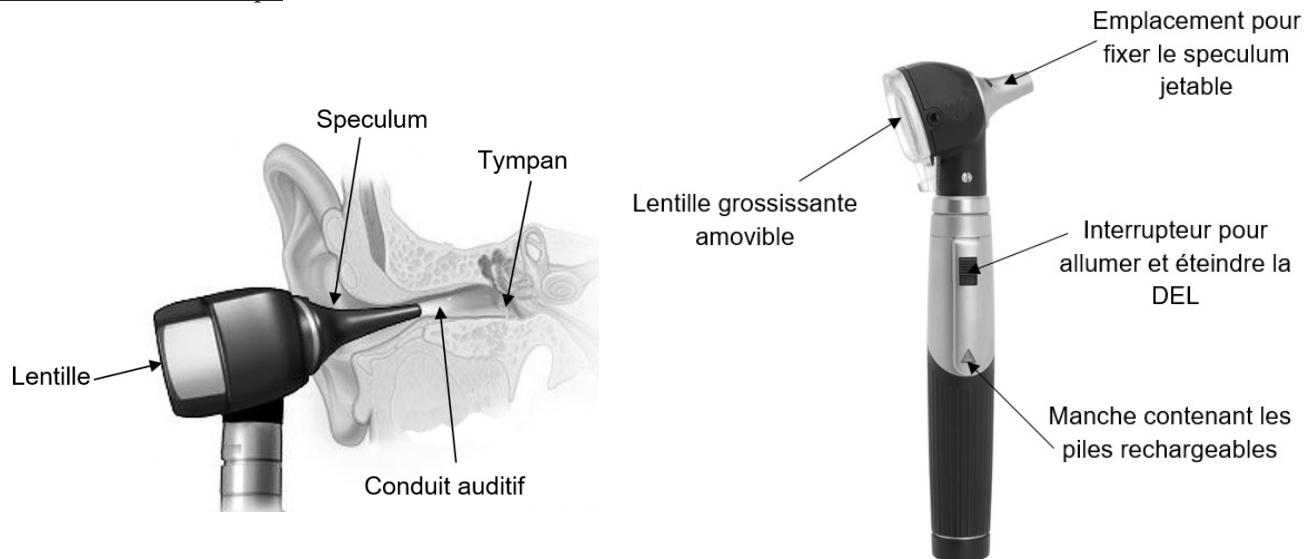
Le numéro de la salle est indiquée en vert : les cônes verts sont stimulés.

L'otoscope (10 points)

L'otoscope est un des instruments les plus utilisés lors de la pratique de la médecine générale. Cet outil médical permet d'observer le conduit auditif externe et le tympan. Le premier otoscope a été inventé par le médecin français Jean-Pierre Bonnafont en 1834. Actuellement, les otoscopes sont constitués d'un manche contenant une alimentation électrique et d'une tête munie d'un système lumineux, d'une lentille grossissante et d'un speculum¹ jetable.

¹ Pièce en forme de cône ouverte à ses deux extrémités qui permet d'explorer le conduit auditif en maintenant ses parois écartées.

Schémas d'un otoscope :



Sources : d'après <https://makemehear.com> (schéma de gauche) et <https://www.distrimed.com> (schéma de droite)

Extrait d'une brochure d'un catalogue médical :

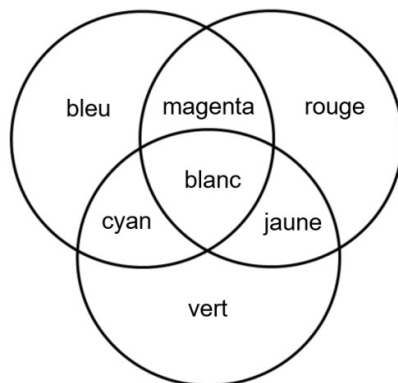
- Caractéristiques de l'otoscope :
- Masse de l'otoscope : 130 g avec les piles
 - Éclairage DEL fibre optique : 2,5 V - 250 mA
 - Température de couleur : 4000 K
 - Éclairement : 8500 lux
 - Grandissement $\times 3$
 - Autonomie de fonctionnement : 10 h

Source : d'après <https://www.distrimed.com>

Données :

- Relation de conjugaison : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$
- Relation du grandissement : $\gamma = \frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB}$

- Cercle chromatique :



Partie 1 : étude de la lentille de l'otoscope

Après avoir démonté la lentille de l'otoscope, on souhaite déterminer la valeur de sa distance focale.

1.1. Proposer une méthode expérimentale simple permettant de vérifier expérimentalement le caractère convergent de la lentille.

Afin de déterminer la valeur de la distance focale de la lentille, on procède à une série de mesures sur un banc d'optique. Pour cela, on place la lentille de centre optique O à différentes distances OA d'un objet lumineux AB perpendiculaire à l'axe optique (le point A de l'objet lumineux, et le centre optique O de la lentille se trouvent sur l'axe optique). Pour chaque valeur de la distance OA, on mesure la valeur de la distance OA' entre l'écran et le centre optique O de la lentille lorsqu'on observe une image A'B' nette sur l'écran placé perpendiculairement à l'axe optique (le point A' image du point A à travers la lentille se trouve également sur l'axe optique). Les résultats sont regroupés dans le tableau fourni **en annexe 1 à rendre avec la copie**.

1.2. Compléter le tableau de l'annexe 1 à rendre avec la copie et placer le point correspondant sur le graphique représentant l'évolution de $\frac{1}{OA'}$ en fonction de $\frac{1}{OA}$ en annexe 1.

1.3. Exploiter le graphique de l'annexe 1 à rendre avec la copie pour déterminer la valeur de la distance focale de la lentille.

Un médecin utilise un modèle d'otoscope équipé d'une lentille convergente de distance focale $\overline{OF'} = 7,5$ cm pour observer le tympan d'un patient adulte. Lorsque l'instrument est introduit dans le conduit auditif du patient, la lentille de l'otoscope se trouve à une distance OA = 5,0 cm du tympan. Ce dernier a une taille AB = 1,0 cm.

1.4. Compléter, sur l'annexe 2 à rendre avec la copie, le schéma à l'échelle modélisant la situation puis construire l'image A'B' du tympan à travers la lentille de l'otoscope.

1.5. Déterminer graphiquement les caractéristiques de l'image obtenue : position, taille, sens et nature.

1.6. À partir de la relation de conjugaison, retrouver la position de l'image construite.

1.7. Calculer le grandissement de cette lentille et commenter le résultat par rapport aux données de la brochure.

Partie 2 : étude de la DEL de l'otoscope

2.1. Le médecin a équipé son otoscope de deux piles alcalines associées en série de type AA-LR6 d'une capacité de 2850 mA.h chacune pour alimenter la lampe de l'otoscope. Vérifier, en détaillant le raisonnement suivi, si une autonomie d'une durée de 10 h, valeur annoncée dans la brochure, est possible.

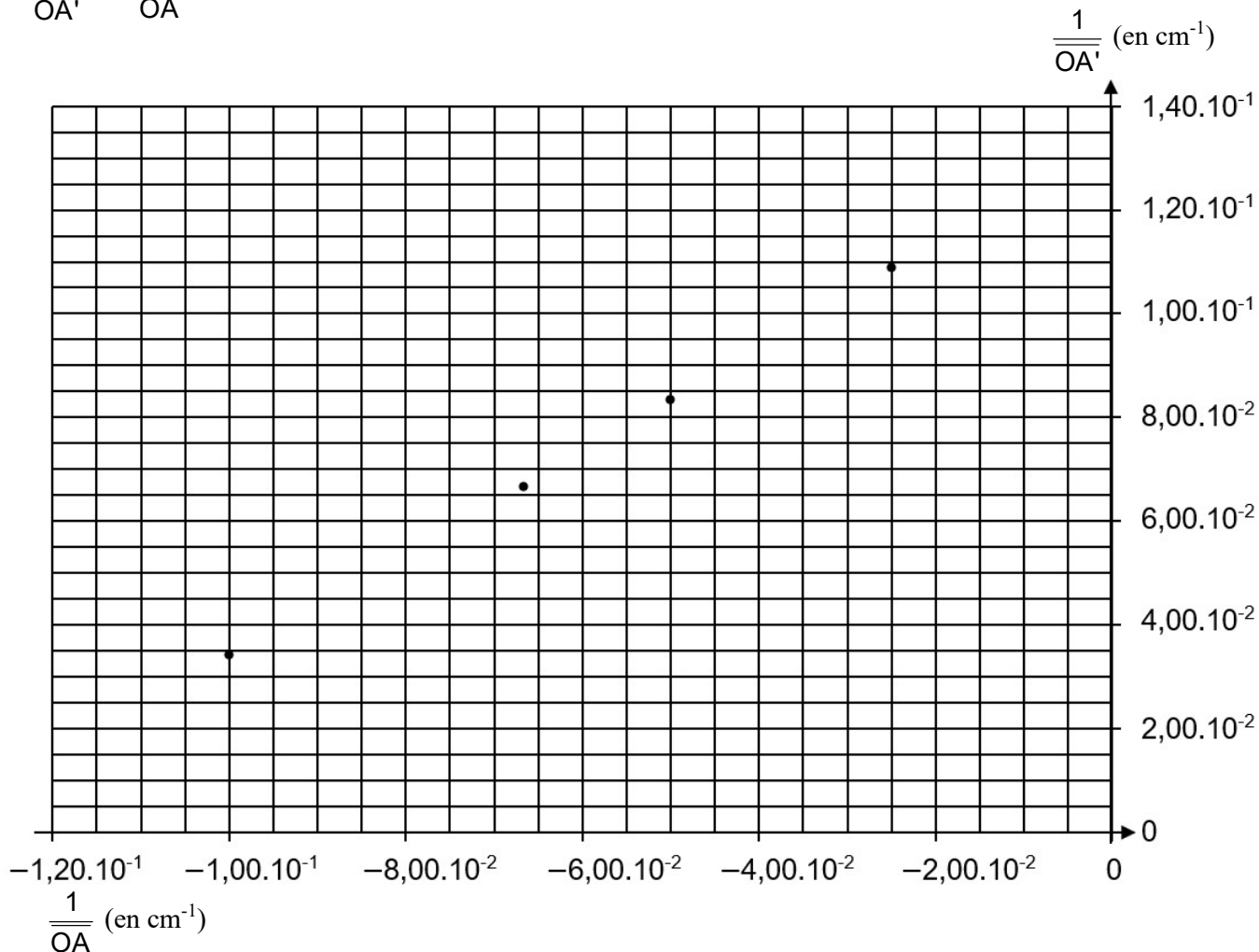
2.2. Lorsqu'on observe un tympan sans anomalie, il est perçu de couleur grise. En cas d'otite, le tympan apparaît rouge. Indiquer la ou les couleurs absorbées et diffusées par le tympan en cas d'otite. Dans un souci de simplification, on supposera que la DEL émet une lumière blanche.

Annexe 1 à compléter et à rendre avec la copie (questions 1.2. et 1.3.)

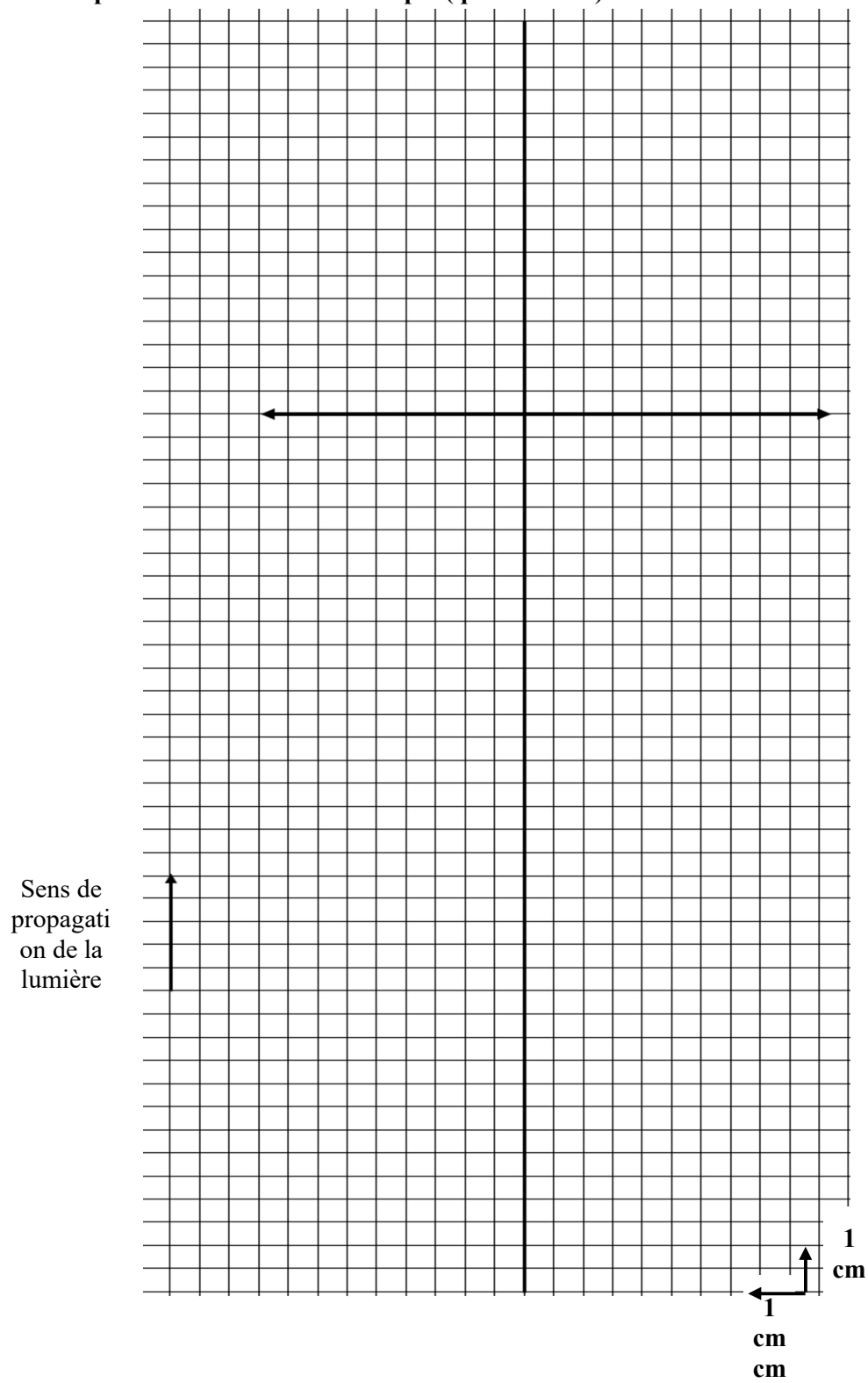
\overline{OA} (en cm)	- 10,0	- 15,0	- 20,0	- 30,0	- 40,0
$\overline{OA'}$ (en cm)	29,3	15,0	12,0	10,0	9,20
$\frac{1}{\overline{OA}}$ (en cm^{-1})	$- 1,00 \times 10^{-1}$	$- 6,67 \times 10^{-2}$	$- 5,00 \times 10^{-2}$	$- 2,5 \times 10^{-2}$
$\frac{1}{\overline{OA'}}$ (en cm^{-1})	$3,41 \times 10^{-2}$	$6,67 \times 10^{-2}$	$8,33 \times 10^{-2}$	$1,09 \times 10^{-1}$

Graphique représentant l'évolution de $\frac{1}{\overline{OA'}}$ en fonction de $\frac{1}{\overline{OA}}$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = f\left(\frac{1}{\overline{OA}}\right)$$



Annexe 2 à compléter et à rendre avec la copie (question 1.4.)



L'otoscope

Partie 1 : étude de la lentille de l'otoscope

1.1. Proposer une méthode expérimentale simple permettant de vérifier expérimentalement le caractère convergent de la lentille

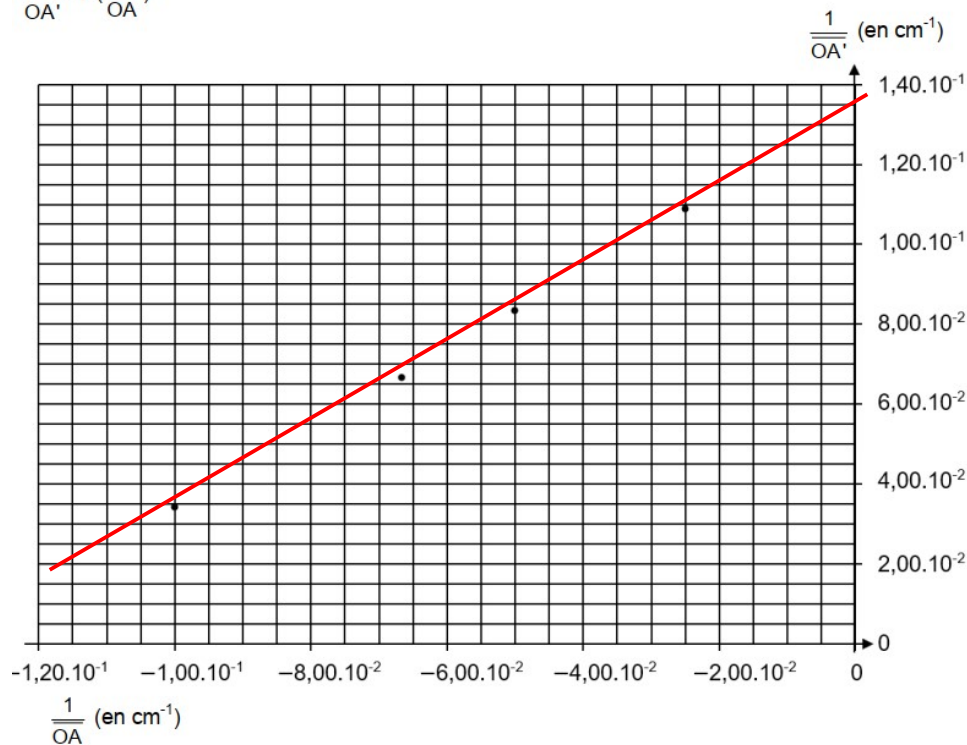
- Tenir la lentille entre ses doigts. Si elle semble bombée, il s'agit d'une lentille convergente.
- regarder un objet proche à travers la lentille : s'il semble être grossi, c'est une lentille convergente.
- regarder un objet lointain : si l'image est renversée, c'est une lentille convergente.

1.2. Compléter le tableau de l'annexe 1 à rendre avec la copie et placer le point correspondant sur le graphique représentant l'évolution de $\frac{1}{OA'}$ en fonction de $\frac{1}{OA}$ en annexe.

\overline{OA} (en cm)	- 10,0	- 15,0	- 20,0	- 30,0	- 40,0
$\overline{OA'}$ (en cm)	29,3	15,0	12,0	10,0	9,20
$\frac{1}{\overline{OA}}$ (en cm^{-1})	$- 1,00 \times 10^{-1}$	$- 6,67 \times 10^{-2}$	$- 5,00 \times 10^{-2}$	$-3,33 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$
$\frac{1}{\overline{OA'}}$ (en cm^{-1})	$3,41 \times 10^{-2}$	$6,67 \times 10^{-2}$	$8,33 \times 10^{-2}$	$1,00 \times 10^{-1}$	$1,09 \times 10^{-1}$

Graphique représentant l'évolution de $\frac{1}{OA'}$ en fonction de $\frac{1}{OA}$

$$\frac{1}{OA'} = f\left(\frac{1}{OA}\right)$$



1.3. Exploiter le graphique de l'annexe 1 à rendre avec la copie pour déterminer la valeur de la distance focale de la lentille.

La relation de conjugaison est $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$, soit $\frac{1}{OA'} = \frac{1}{OA} + \frac{1}{OF'}$.

Analogie : $y = a.x + b$

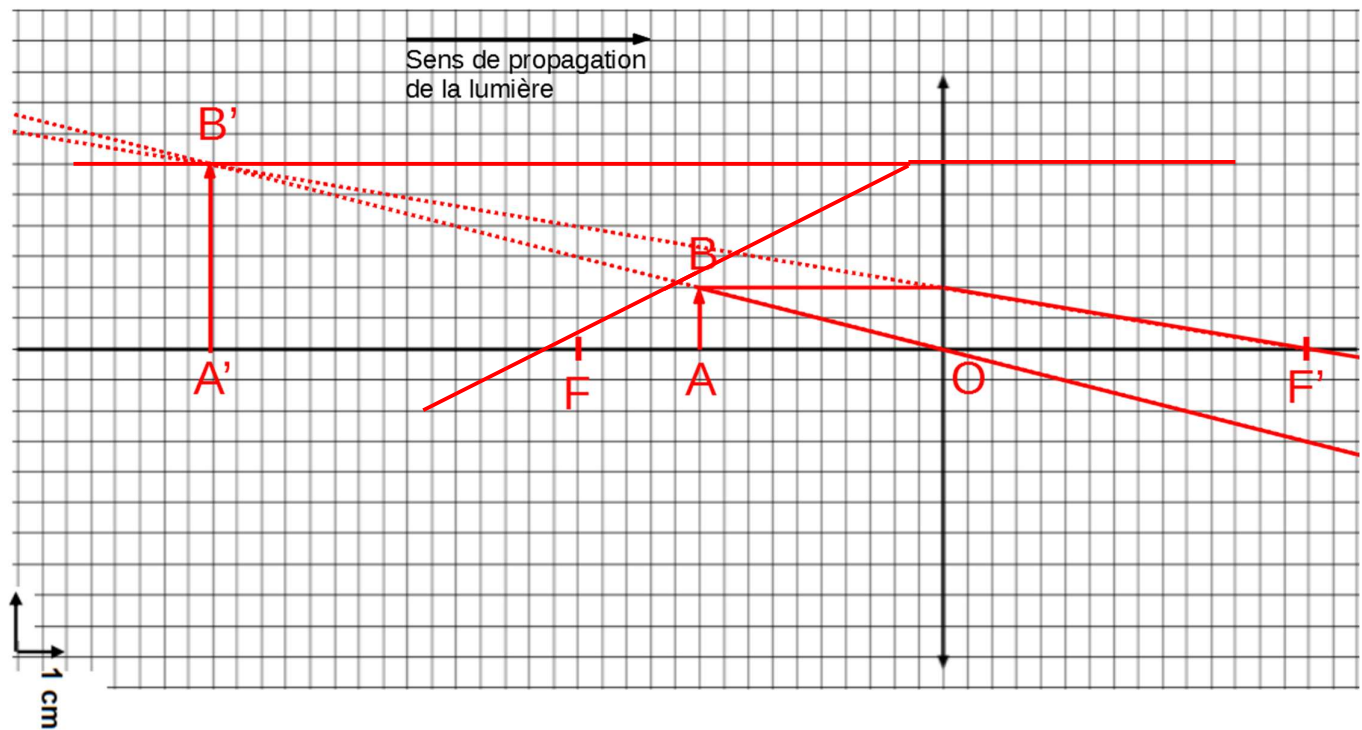
Par rapport au graphique, cela signifie que $\frac{1}{OF'}$ correspond à l'ordonnée à l'origine b de la droite,

soit $\frac{1}{OF'} = 1,35 \times 10^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

Finalement, $\overline{OF'} = \frac{1}{1,35 \times 10^{-1}} = 7,4 \text{ cm}$.

Remarque : on pouvait deviner cette distance focale directement depuis le tableau : lorsque $\overline{OA'} = -\overline{OA}$, alors c'est que $\overline{OA'} = 2 \times \overline{OF'}$.

1.4. Compléter, sur l'annexe 2 à rendre avec la copie, le schéma à l'échelle modélisant la situation puis construire l'image A'B' du tympan à travers la lentille de l'otoscope



1.5. Déterminer graphiquement les caractéristiques de l'image obtenue : position, taille, sens et nature.

On obtient une image en avant la lentille, on ne peut pas la recueillir sur un écran. Cette image est de nature virtuelle.

L'image est dans le même sens que l'objet, elle est droite.

Graphiquement on mesure la taille de l'image : $A'B' = 3,0 \text{ cm}$ et sa position $\overline{OA'} = -15,0 \text{ cm}$.

1.6. À partir de la relation de conjugaison, retrouver la position de l'image construite.

La relation de conjugaison est $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$

$$\text{soit } \frac{1}{OA'} = \frac{1}{OA} + \frac{1}{OF'}$$

$$\text{puis } \frac{1}{OA'} = \frac{OF' + OA}{OA \times OF'}$$

$$\text{et enfin } \overline{OA'} = \frac{\overline{OA} \times \overline{OF'}}{\overline{OF'} + \overline{OA}}$$

$$\text{Application numérique : } \overline{OA'} = \frac{-5,0 \times 7,5}{7,5 + (-5,0)} = -15 \text{ cm.}$$

1.7. Calculer le grandissement de cette lentille et commenter le résultat par rapport aux données de la brochure.

$$\text{Le grandissement est défini par } \gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{-15}{-5,0} = 3,0$$

Ce qui permet de conclure sur la conformité du grandissement " x3 " indiqué dans les données.

Partie 2 : étude de la DEL de l'otoscope

2.1. Vérifier, en détaillant le raisonnement suivi, si une autonomie d'une durée de 10 h, valeur annoncée dans la brochure, est possible.

Les piles en série ont une capacité totale de 2850 mAh, l'intensité consommée par l'otoscope est de 250 mA.

$$\text{L'autonomie maximale de la lampe est } \Delta t_{\max} = \frac{Q(\text{mAh})}{I(\text{mA})}$$

$$\Delta t_{\max} = \frac{2850}{250} = 11,4 \text{ h}$$

L'autonomie annoncée de 10h est donc réaliste.

2.2. Indiquer la ou les couleurs absorbées et diffusées par le tympan en cas d'otite.

Si le tympan apparaît rouge sous un éclairage blanc, c'est qu'il diffuse majoritairement les couleurs proches du rouge et absorbe les autres, notamment les couleurs allant du bleu au vert.

Physique Chimie



Je travaille seul en silence.

J'aide ou je suis aidé,
seul mon voisin m'entend.Je travaille en équipe sans
déranger personne.

1. Découvrir

Je consulte les ressources :

- Ressources à découvrir sur le site
<http://physchileborgne.free.fr>
- livret leborgne CH16
- Cours du livre pages

Je mets en pratique : TP réalisé

2. S' exerce

Je m'entraîne en réalisant les exercices :

3. Se tester

**Je vérifie que je maîtrise les objectifs du chapitre
en réalisant le devoir de la session précédente**

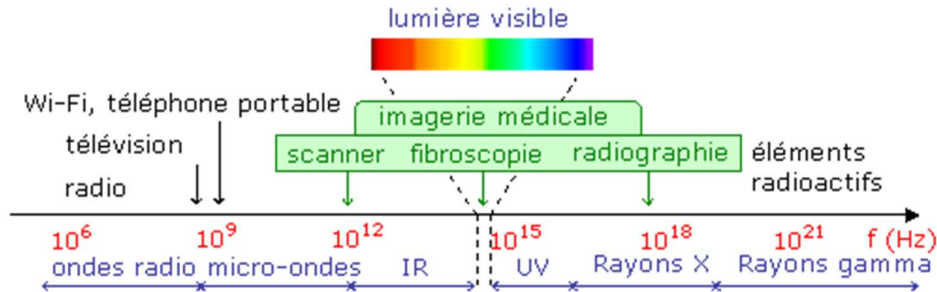
- Utiliser une échelle de fréquences ou de longueurs d'onde pour identifier un domaine spectral..
- Citer l'ordre de grandeur des fréquences ou des longueurs d'onde des ondes électromagnétiques utilisées dans divers domaines d'application (imagerie médicale, optique visible, signaux wifi, micro-ondes, etc.).
- Utiliser l'expression donnant l'énergie d'un photon
- Exploiter un diagramme de niveaux d'énergie en utilisant les relations $\lambda = c / \nu$ et $\Delta E = h\nu$.

1. La lumière est une onde électromagnétique

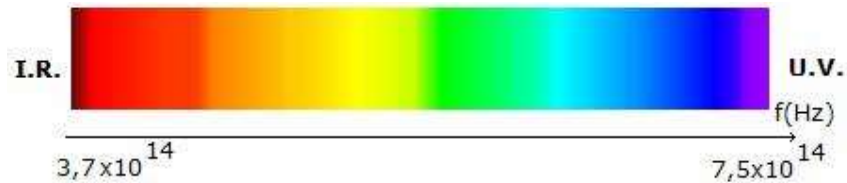
On appelle **longueur d'onde** (notée λ) la distance parcourue par l'onde pendant une période.

$$\lambda = c \times T \Leftrightarrow \lambda = \frac{c}{f} \qquad c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

On appelle lumière le domaine des ondes électromagnétiques visible par l'œil humain.



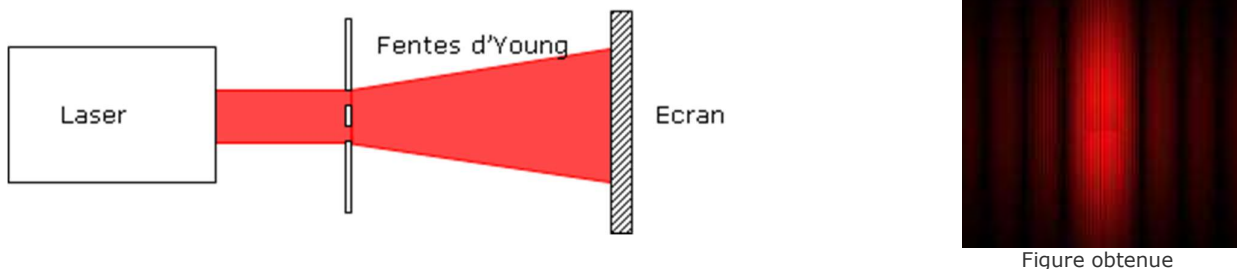
L'œil humain peut percevoir uniquement les ondes électromagnétiques lumineuses.



Pour Maxwell (1831-1879) la lumière est un cas particulier d'ondes électromagnétiques de longueurs d'onde comprises entre 400 et 800 nm.

Les phénomènes de diffraction ou d'interférences sont des manifestations du comportement ondulatoire de la lumière.

Exemple : Interférences obtenues à l'aide de fentes d'Young.

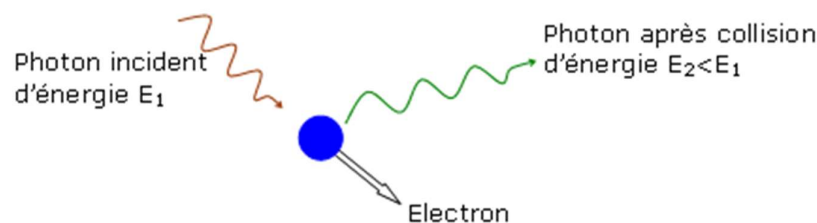


2. La lumière est une particule : le photon

Pour Newton (1643-1727), la lumière est composée de petites particules massiques et rapides. C'est une conception particulière de la lumière.

Au début du XX^{ème} siècle, Einstein (1879-1955) propose le modèle du photon, qu'on peut considérer comme une particule transportant un quantum d'énergie.

Exemple : L'effet Compton est une manifestation de ce comportement particulaire de la lumière.



Cette expérience est interprétée comme une collision, dite élastique, entre un photon et un électron. Après la collision, le photon voit son énergie diminuer au profit de l'électron.

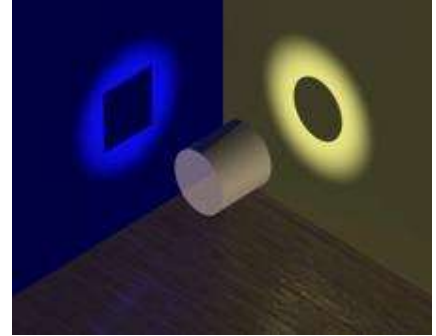
Dualité onde-particule de la lumière

Les concepts classiques d'onde et de particule pris isolément sont insuffisants pour interpréter complètement la nature de la lumière.

Exemple : métaphore du cylindre

Suivant les conditions d'observation, le cylindre se comporte tantôt comme un cercle, tantôt comme un rectangle. La nature du cylindre est pourtant différente de ces deux éléments pris isolément.

Nature de la lumière : La lumière se comporte tantôt comme une onde, tantôt comme une particule: ce sont les conditions de l'expérience qui orientent son comportement. Pour désigner ce double comportement, on utilise l'expression de dualité onde-particule.



L'hypothèse de de Broglie

En 1924, Louis de Broglie propose de généraliser la dualité onde-particule, admise pour la lumière, à tous les objets microscopiques: il émet ainsi l'hypothèse que ce double comportement est observable chez tous les objets microscopiques de la matière (électrons, protons, neutrons...) (hypothèse est confirmée en 1927).

Les objets microscopiques de la matière (électrons, protons...) présentent, comme la lumière, un double aspect ondulatoire et particulaire.



Louis de Broglie

La relation de de Broglie

À chaque particule en mouvement est associée une onde de matière de longueur d'onde λ liée à la quantité de mouvement p de la particule par la relation de de Broglie:

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

h : constante de Planck ($h=6,62 \times 10^{-34}$ J.s)

p : quantité de mouvement (kg.m.s⁻¹)

λ : longueur d'onde (m)

$$p = m.v$$

Condition d'observation du comportement ondulatoire

Le comportement ondulatoire des objets microscopiques est significatif lorsque la dimension a de l'obstacle ou de l'ouverture est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde de matière λ .
Remarque : La constante de Planck étant extrêmement faible, les objets de notre quotidien ont un comportement ondulatoire indécélable.

Exemple : Les élèves (de masse moyenne 60 kg) qui passent le portail du lycée (de largeur 5,0 m) avec une vitesse de 2,0 m.s⁻¹ n'auront pas de comportement ondulatoire.

En effet, la longueur d'onde de matière associée aux élèves est $\lambda = \frac{h}{p}$

On en déduit $\lambda = \frac{6,62 \times 10^{-34}}{60 \times 2} = 5,5 \times 10^{-36}$ m $\lambda = 6,62 \times 10^{-34} / 120 = 5,5 \times 10^{-36}$ m ce qui est très largement inférieur à 5,0 m.

Une onde est peu affectée par la rencontre d'objets de dimension très supérieure à sa longueur d'onde.

Exercice résolu EN AUTONOMIE

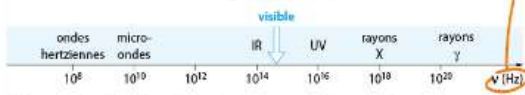
CALCUL MENTAL

25 Les rayons T

Les rayons térahertz ou rayons T sont des ondes électromagnétiques. Les fréquences des rayons térahertz sont comprises entre 0,1 THz et 30 THz. Les rayons T sont étudiés pour remplacer les rayons X dans les scanners. En effet, les rayons T sont moins énergétiques que les rayons X donc présentent moins de risques pour la santé.

Données : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$
 $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Les domaines d'ondes électromagnétiques se répartissent ainsi :



1. Entre quels domaines d'ondes électromagnétiques se situent les rayons T ?
2. Calculer le domaine de longueurs d'onde dans le vide associé.
3. Interpréter la phrase en italique à partir du modèle particulaire de la lumière appliqué aux ondes électromagnétiques.

LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- ▶ Une **conversion** est donnée.
- ▶ Les domaines d'ondes électromagnétiques sont classés en fonction de leurs **fréquences** puisque l'axe est gradué en Hz.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

- ▶ **Calculer** : déterminer une valeur numérique en appliquant une formule mathématique.
- ▶ **Interpréter** : justifier la phrase à l'aide d'une démonstration, en utilisant une formule mathématique.

EXEMPLE DE RÉDACTION

1. Les ondes térahertz ont une fréquence comprise entre 0,1 THz et 30 THz. En ordre de grandeur, ces ondes ont une fréquence comprise entre $10^{11} \text{ Hz} = 10^{11} \text{ Hz}$ et $30 \text{ THz} = 10^1 \times 10^{12} \text{ Hz} = 10^{13} \text{ Hz}$.
Les rayons T se situent entre les micro-ondes et les rayons infrarouges.
2. On a la relation $c = \lambda \nu$ donc $\lambda = c/\nu$.
 Pour $\nu = 0,1 \times 10^{12} \text{ Hz}$, $\lambda = \frac{3,00 \times 10^8}{0,1 \times 10^{12}} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}$.
 Pour $\nu = 30 \times 10^{12} \text{ Hz}$, $\lambda = \frac{3,00 \times 10^8}{30 \times 10^{12}} = 1,0 \times 10^{-5} \text{ m}$.
Les longueurs d'onde dans le vide des rayons T se situent entre $1,0 \times 10^{-5} \text{ m}$ et $3 \times 10^{-3} \text{ m}$.
3. Dans le modèle particulaire, une onde de fréquence ν est un ensemble de photons d'énergie $E = h\nu$. Or, $\nu_X > \nu_T$ donc $E_X > E_T$, h étant constante.
L'énergie des rayons X est bien supérieure à l'énergie des rayons T.

QUELQUES CONSEILS

1. Il faut trouver l'ordre de grandeur des fréquences du domaine des rayons T.
1. et 2. Rappels de calculs sur les puissances de 10 :
 $10^2 = 10^{0+2}$; $10^9 \times 10^3 = 10^{9+3}$
 10^6
3. Si besoin, on peut choisir une fréquence de rayon X et une fréquence de rayon T et calculer l'énergie de chaque rayon.

EXERCICE SIMILAIRE

26 Les UV

On peut classer les rayons ultraviolets (UV) en trois catégories :
 - les UVA pour $320 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$: ils sont responsables du bronzage ;
 - les UVB pour $280 \text{ nm} < \lambda < 320 \text{ nm}$: ils provoquent rougeurs et brûlures ;
 - les UVC pour $10 \text{ nm} < \lambda < 280 \text{ nm}$: ce sont les plus dangereux mais ils sont arrêtés par la couche d'ozone.

1. Une crème solaire absorbe les rayonnements situés entre $10 \times 10^{14} \text{ Hz}$ et $10 \times 10^{15} \text{ Hz}$. Cette crème évite-t-elle le bronzage ?
2. Expliquer par un calcul pourquoi les UVC sont plus dangereux que les UVB.

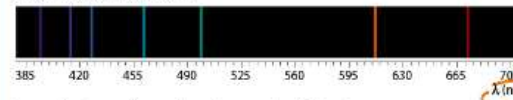


Exercice résolu EN AUTONOMIE

LA RESERVE D'IDENTIFICATION

27 Raie d'émission du lithium

On obtient le spectre ci-dessous en décomposant la lumière émise par une lampe à vapeur de lithium.



On souhaite expliquer la présence des différentes raies colorées à partir du diagramme d'énergie de l'atome de lithium représenté ci-contre.

Données : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

1. **Déterminer**, en joule, l'énergie du photon émis lorsque l'atome de lithium passe du premier état excité à l'état fondamental.
2. **Calculer** la longueur d'onde associée.
3. **Identifier** la raie correspondante sur le spectre en estimant l'incertitude-type sur la mesure.



LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- ▶ Le spectre est gradué en nm. L'axe indique donc la **longueur d'onde** des raies. L'axe est gradué de 5 nm en 5 nm.
- ▶ L'énergie est indiquée en eV sur le diagramme d'énergie. Il faudra donc la convertir en joule dans les calculs.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

- ▶ **Déterminer** : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- ▶ **Calculer** : déterminer une valeur numérique en appliquant une formule mathématique.
- ▶ **Identifier** : trouver, reconnaître une valeur, un grandeur, un résultat... parmi plusieurs possibilités.

EXEMPLE DE RÉDACTION

1. L'état fondamental correspond à l'énergie la plus basse donc $E_1 = -5,39 \text{ eV}$. Le premier état excité est le premier niveau au-dessus de l'état fondamental : il a une énergie de $E_2 = -3,54 \text{ eV}$.
 L'énergie du photon est : $E_{\text{photon}} = |E_2 - E_1| = |-3,54 - (-5,39)| = 1,85 \text{ eV}$.
 Or $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ donc $E_{\text{photon}} = 1,85 \times 1,60 \times 10^{-19} = 2,96 \times 10^{-19} \text{ J}$.
2. $\lambda = \frac{hc}{E_{\text{photon}}} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{2,96 \times 10^{-19}} = 6,72 \times 10^{-7} \text{ m}$.
3. $\lambda = 6,72 \times 10^{-7} \text{ m} = 672 \text{ nm}$.
 La raie du spectre qui a la longueur : $670 \text{ nm} \approx \lambda_{\text{rouge}} \approx 674 \text{ nm}$.
 Le milieu de cet intervalle correspond au meilleur estimateur de la grandeur mesurée : $\lambda_{\text{rouge}} = 672 \text{ nm}$.
 La demi-largeur de l'intervalle définit, en première approximation, un estimateur de l'incertitude-type : $u_{\lambda_{\text{rouge}}} = 2 \text{ nm}$.
 Aux incertitudes de mesures près, la raie correspondant à la transition d'énergie étudiée est la **raie rouge sur le spectre**.

QUELQUES CONSEILS

3. Une graduation sur l'axe vaut 5 nm. Il faut évaluer l'incertitude sur la lecture d'une graduation pour pouvoir comparer la longueur d'onde mesurée et la longueur d'onde calculée.

EXERCICE SIMILAIRE

28 Transition d'énergie de l'atome de lithium

On utilisera dans cet exercice le spectre et le diagramme d'énergie de l'exercice précédent.

Données : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

Incertitude sur la lecture d'une graduation : $0,6 \times 0,5 \text{ graduation}$.

1. Mesurer la raie d'émission orange sur le spectre de l'atome de lithium.
2. En déduire l'énergie d'un photon correspondant émis.
3. a. Identifier la transition d'énergie de l'atome de lithium correspondante sachant que l'atome de lithium se trouve initialement dans son 4^e état d'excitation.
 b. Reproduire le diagramme d'énergie et représenter cette transition.



EXERCICES

NIVEAU 1 NIVEAU 2 NIVEAU 3 NIVEAU 4

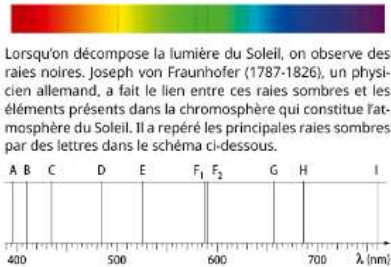
NIVEAU 1 NIVEAU 2 NIVEAU 3 NIVEAU 4

Croiser les notions

DONNÉES

- ▶ Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.
- ▶ $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

29 Spectre du Soleil



Il a aussi comparé ce spectre avec celui d'une autre étoile, Sirius, et a constaté qu'il y avait des raies en commun mais que le spectre de Sirius présentait des raies sombres supplémentaires.

1. Quelles propriétés des atomes et de la lumière permettent d'expliquer la présence de raies sombres.
2. Que peut-on conclure de la présence de raies sombres supplémentaires sur le spectre de Sirius ?
3. On considère un extrait du diagramme d'énergie de l'hydrogène ci-contre.
 - a. Qu'illustre la flèche bleue sur le schéma ?
 - b. Peut-on dire qu'il y a de l'hydrogène dans la chromosphère du Soleil ? Justifier.



JE VÉRIFIE QUE J'AI...

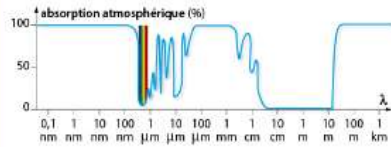
- ▶ bien converti les eV en J ;
- ▶ exprimé la longueur d'onde en nm pour comparer à celle mesurée.

30 Rayonnements ionisants

On considère qu'un rayonnement est ionisant si l'énergie qu'il transporte est supérieure à 13,6 eV. Cette énergie est suffisante pour transformer les atomes en ions. Les rayonnements ionisants peuvent être nocifs pour les organismes vivants.

1. Déterminer la fréquence et la longueur d'onde d'un photon dont l'énergie a pour valeur 13,6 eV.
2. Quelles sont les familles d'ondes électromagnétiques ionisantes ?
3. À l'aide d'une recherche, éventuellement sur Internet, rechercher l'impact des rayonnements ionisants sur la santé.

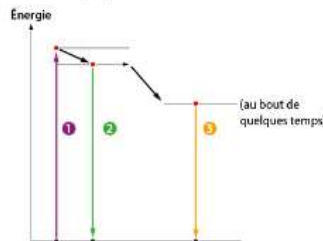
4. À l'aide du document ci-dessous, expliquer pourquoi l'atmosphère terrestre protège les êtres vivants de ces rayonnements.



31 Fluorescence et phosphorescence



On parle de fluorescence et de phosphorescence lorsqu'un objet absorbe de la lumière ultraviolette puis émet de la lumière visible. L'émission de lumière est quasiment instantanée pour la fluorescence contrairement à la phosphorescence pour laquelle la lumière peut-être émise beaucoup plus tard. Le schéma ci-dessous illustre les phénomènes de fluorescence et phosphorescence.



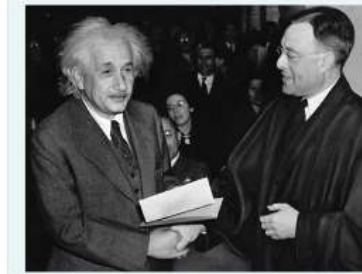
1. Que peuvent représenter les traits horizontaux sur le schéma ?
2. Attribuer à chaque numéro présent sur le schéma sa légende parmi les possibilités suivantes :
 - émission d'un photon par phosphorescence ;
 - émission d'un photon par fluorescence ;
 - absorption d'un photon.
3. a. Dire si les photons 1, 2 et 3 appartiennent au domaine des UV ou du visible.
b. L'énergie des photons émis par fluorescence ou par phosphorescence est-elle supérieure, inférieure ou égale à celle du photon absorbé ?

32 Effet photoélectrique HISTOIRE DES SCIENCES

L'effet photoélectrique est la propriété des matériaux d'émettre des électrons lorsqu'ils sont éclairés par la lumière. On constate qu'il existe une fréquence seuil notée ν_0 , à partir de laquelle ce phénomène se produit. Cette fréquence dépend du matériau étudié. Si on éclaire le matériau avec une onde de fréquence inférieure à la fréquence seuil, aucun électron n'est éjecté du matériau même en augmentant l'intensité de la lumière. Le modèle ondulatoire de la lumière ne permet pas d'expliquer ce phénomène. Albert Einstein (1879-1955) propose une explication en utilisant le modèle particulaire de la lumière. Cette explication lui valut le prix Nobel de physique de 1921.

Césium	$4,6 \times 10^{14} \text{ Hz}$
Potassium	$5,6 \times 10^{14} \text{ Hz}$
Baryum	$6,0 \times 10^{14} \text{ Hz}$
Zinc	$8,1 \times 10^{14} \text{ Hz}$
Cuivre	$1,0 \times 10^{15} \text{ Hz}$

Dans le tableau ci-contre sont consignées les fréquences seuil de différents métaux.



1. Préciser ce que l'on entend par modèle ondulatoire et modèle particulaire de la lumière.
2. On envoie un rayonnement de longueur d'onde 450 nm. Pour quels métaux va-t-on observer un effet photoélectrique ? Justifier.
3. Quel métal nécessite le photon le plus énergétique ? Le moins énergétique ? Justifier.

33 Réseaux sans fil CALCUL MENTAL

Il existe trois catégories de réseaux sans fil qui sont décrites dans le tableau ci-dessous.

WPAN Wireless Personal Area Network	Portée d'une dizaine de mètres.	Réseau sans fil d'une faible portée, sert à relier des périphériques entre eux. Par exemple : - Bluetooth 2,4GHz - ZigBee 868 MHz
WLAN Wireless Local Area Network	Portée d'une centaine de mètres.	Réseau local sans fil, relie l'ensemble d'un réseau d'entreprise par exemple. Technologie Wi-Fi à 2,4 GHz et 5,0 GHz

PAGE Flashable

WWAN Wireless Wide Area Network	Portée supérieure à une centaine de mètres.	Réseau cellulaire sans fil. 2G : 900-1 800 MHz 3G : 1 900-2 000 MHz 4G : 500-3 800 MHz
---	---	---

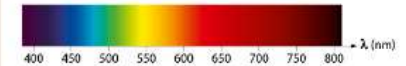
- a. Quelle grandeur caractérise les réseaux cités ?
 - b. Donner un ordre de grandeur des valeurs pour chaque réseau sans fil.
 - c. Dans quel domaine d'ondes électromagnétiques se situent les ondes utilisées pour les réseaux sans fil ?
2. Les antennes d'émission et de réception ont une dimension de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde utilisées par les différents réseaux. Évaluer l'ordre de grandeur de la taille des antennes pour chaque réseau sans fil.
 3. À l'aide d'une recherche, éventuellement sur Internet, expliquer les avantages que présentent l'utilisation d'ondes électromagnétiques pour la télécommunication.

34 Laser

Le laser utilisé pour mesurer la distance Terre-Lune a initialement une longueur d'onde de 1 064 nm. Mais un dispositif permet de doubler sa fréquence, de sorte que le laser émet une radiation de longueur d'onde deux fois plus petite à la sortie du télescope. Chaque impulsion émet une énergie $E = 200 \text{ mJ}$.



Un spectre de la lumière visible avec les longueurs d'onde associées est donné ci-dessous.



1. Justifier à l'aide d'une relation mathématique que le fait de doubler la fréquence implique de diviser la longueur d'onde par deux.
2. a. Déterminer la longueur d'onde du faisceau laser en sortie du télescope.
b. Justifier la couleur du faisceau sur la photographie.
3. Calculer le nombre de photons émis à chaque impulsion.

JE VÉRIFIE QUE J'AI...

- ▶ converti la longueur d'onde en nm pour déterminer la couleur ;
- ▶ converti les mJ en J.

b. Le photon a émis une énergie de :
 $|-5,77 - (-5,55)| = 0,22 \text{ eV}$.

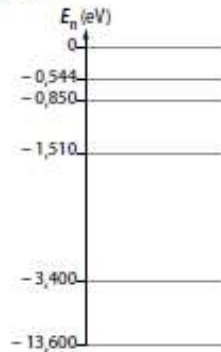
23 1. Il s'agit d'un spectre d'émission.

2. $E = \frac{hc}{\lambda}$ donc pour $\lambda = 589,0 \text{ nm}$, $E = 3,38 \times 10^{-19} \text{ J}$
 $= \frac{3,38 \times 10^{-19}}{1,602 \times 10^{-19}} = 2,11 \text{ eV}$.

pour $\lambda = 589,6 \text{ nm}$, $E = 3,32 \times 10^{-19} \text{ J} = \frac{3,32 \times 10^{-19}}{1,602 \times 10^{-19}} = 2,11 \text{ eV}$.

3. Les deux photons absorbés par l'atome de sodium auront une énergie de 2,11 eV.

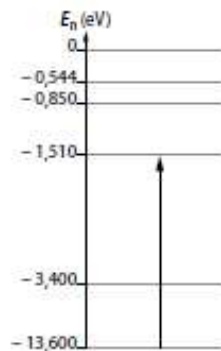
24 1. Voir schéma.



2. Dans l'état fondamental, l'énergie vaut 13,6 eV.

3. a. $\Delta E = 13,6 - 1,51 = 12,1 \text{ eV}$.

b. Voir schéma.



$c \cdot \lambda = \frac{hc}{\Delta E}$ avec $\Delta E = 12,1 \times 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$; $\lambda = 103 \text{ nm}$.

Exercices résolus - exercices similaires

■ p. 352 et 353

26 1. Pour $\nu = 10 \times 10^{14} \text{ Hz}$, $\lambda = \frac{c}{\nu} = 300 \text{ nm}$.

Pour $\nu = 10 \times 10^{15} \text{ Hz}$, $\lambda = \frac{c}{\nu} = 30 \text{ nm}$.

Non la crème ne protège pas car elle absorbe entre 30 nm et 300 nm.

2. On choisit $\lambda = 100 \text{ nm}$ pour les UVC et $\lambda = 300 \text{ nm}$ pour les UVB.

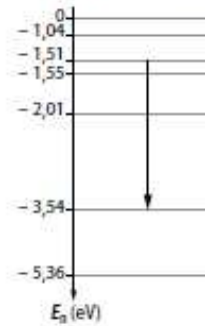
$E_{\text{UVC}} = 2,00 \times 10^{-18} \text{ J} > E_{\text{UVB}} = 6,63 \times 10^{-19} \text{ J}$. Les UVC sont plus énergétiques que les UVB.

28 1. $\lambda = 612 \text{ nm}$.

2. $E = \frac{hc}{\lambda} = 3,25 \times 10^{-19} \text{ J}$.

3. a. $E = 2,03 \text{ eV} = 3,54 - 1,51$ correspondant à la transition du 4^e état excité vers le 1^{er} état excité.

b. 0 ; - 1,04 ; - 1,51 ; - 1,55 ; - 2,01 ; - 3,54 ; - 5,36



Croiser les notions

■ p. 354

29 1. L'énergie de l'atome est quantifiée. La lumière est un ensemble de photons qui transportent des valeurs précises d'énergie.

2. a. Elle illustre l'absorption d'un photon.

b. $\Delta E = |-1,51 - (-3,40)| = 1,89 \text{ eV} = 3,03 \times 10^{-19} \text{ J}$.
 $\lambda = 656 \text{ nm}$ ce qui correspond à une raie rouge sur le spectre (la raie H) donc il y a bien de l'hydrogène.

30 1. $E = h\nu$ donc $\nu = \frac{E}{h} = \frac{13,6 \times 1,602 \times 10^{-19}}{6,63 \times 10^{-34}} = 3,29 \times 10^{15} \text{ Hz}$.

$\lambda = \frac{c}{\nu} = 9,12 \times 10^{-8} \text{ m}$.

2. Les domaines d'ondes ionisantes sont celles qui sont telles que $E > 13,6 \text{ eV}$ donc $\lambda < 9,12 \times 10^{-8} \text{ m}$ donc les ultraviolets, les rayons X et les rayons γ .

3. Les rayonnements ionisants provoquent des brûlures, des mutations génétiques.

4. On constate sur le schéma que l'absorption de l'atmosphère est maximale pour les ondes de longueurs d'onde inférieure à 10^{-7} m donc les rayonnements ionisants sont absorbés par l'atmosphère terrestre.

31 1. Les traits horizontaux représentent les valeurs de l'énergie permises pour l'atome.

2. Émission d'un photon par phosphorescence : 3

Émission d'un photon par fluorescence : 2

Absorption d'un photon : 1

3. a. Selon la définition de la fluorescence et de la phosphorescence le photon absorbé est un photon UV, les deux photons émis sont dans le visible.

b. L'énergie des photons émis par fluorescence et phosphorescence est inférieure à celle du photon absorbé, on le constate sur le schéma.

32 1. La lumière est une onde électromagnétique et un transport de particules appelées photons.

$$2. \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \times 10^8}{405 \times 10^{-9}} = 7,41 \times 10^{14} \text{ Hz.}$$

On observe donc l'effet photoélectrique pour les matériaux tels que $\nu_s < 7,41 \times 10^{14}$ Hz donc le césium, le potassium et le baryum.

3. $E = h\nu$ donc plus la fréquence nécessaire à l'effet photoélectrique est grande et plus le matériau nécessite un photon énergétique. Le métal qui nécessite le photon le plus énergétique est le cuivre, celui qui nécessite le photon le moins énergétique est le césium.

33 1. a. Il s'agit de la fréquence qui s'exprime en Hz.
b. WPAN : 10^9 Hz ; WLAN : 10^9 Hz et 10^{10} Hz ; WWAN : 10^9 Hz.
c. Cela appartient au domaine des micro-ondes.

2. $\lambda = \frac{c}{\nu}$. WPAN : 10^{-1} m ; WLAN : 10^{-1} m et 10^{-2} m ; WWAN : 10^{-1} m.

3. Ces ondes sont à très longue portée et peu absorbée par l'atmosphère.

34 1. On a $\nu\lambda = c$, c étant une constante donc multiplier la fréquence par 2 nécessite de diviser la longueur d'onde par 2.

$$2. \text{a. } \frac{\lambda}{2} = \frac{1064}{2} = 532 \text{ nm.}$$

b. Sur le spectre de la lumière blanche on constate que 532 nm correspond dans le vide (et dans l'air) à une couleur verte ce qui est bien ce que l'on observe sur la photographie.

3. L'énergie d'un photon est telle que $E_{\text{photon}} = \frac{hc}{\lambda} = 3,74 \times 10^{-19}$ J, avec $\lambda = 532$ nm.

Le nombre de photon N se calcule ainsi :

$$N = \frac{E_{\text{impulsion}}}{E_{\text{photon}}} = \frac{200 \times 10^{-3}}{3,75 \times 10^{-19}} = 5,35 \times 10^{17} \text{ photons.}$$

35 Depuis 1967, le bureau international des poids et mesures définit la seconde de la manière suivante :

« La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133. Il en résulte que la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium est égale à 9 192 631 770 Hz ».

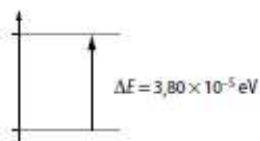
Dans les horloges atomiques on fait passer une onde de fréquence 9 192 631 770 Hz dans une cavité contenant des atomes de césium 133. Si la valeur de la fréquence est bien réglée, les atomes de césium 133 absorbent cette onde.

1. La fréquence est de 9 192 631 770 Hz donc d'ordre de grandeur 10^{10} Hz ce qui correspond au domaine des micro-ondes.

2. C'est la propriété de quantification des niveaux d'énergie de l'atome qui est utilisée.

$$3. E = h\nu = 6,09 \times 10^{-24} \text{ J} = \frac{6,09 \times 10^{-24}}{1,602 \times 10^{-19}} = 3,80 \times 10^{-5} \text{ eV.}$$

4.

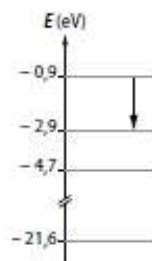


36 La démarche avancée consiste à réaliser les étapes de la démarche élémentaire sans questionnement.

$$1. E = \frac{hc}{\lambda} = 3,20 \times 10^{-19} \text{ J} = 2,00 \text{ eV.}$$

2. a. Cette énergie correspond à l'écart entre le niveau d'énergie - 0,9 eV et celui d'énergie - 2,9 eV.

b.



37 ■ Animations et vidéos

(→ disponibles par l'application Bordas Flashpage, ainsi que sur les manuels numériques enseignant et élève.)

► **Radiographie** p. 356
Cette animation explique le principe de la radiographie.

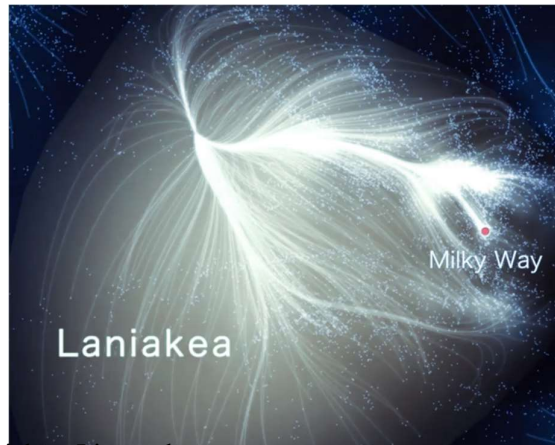
► **Scintigraphie** p. 356
Cette animation explique le principe de la scintigraphie.

specialite

Le superamas Laniakea (10 points)

Ce sujet traite de la cosmographie qui est la science de la description de l'Univers.

Depuis 2014, une équipe de chercheurs a pu établir une carte dynamique de la région où nous sommes dans l'Univers : elle se nomme « Laniakea » (horizons célestes immenses en Hawaïen). Notre galaxie, la Voie lactée (Milky Way en anglais), appartient à un immense continent extragalactique, le Laniakea, dont le diamètre est d'environ 500 millions d'années-lumière. La Voie lactée, qui se déplace à une vitesse de 630 km/s, est située sur le bord de cette grande structure qui contient environ 100 000 galaxies comme la nôtre.



Laniakea. Lien web :

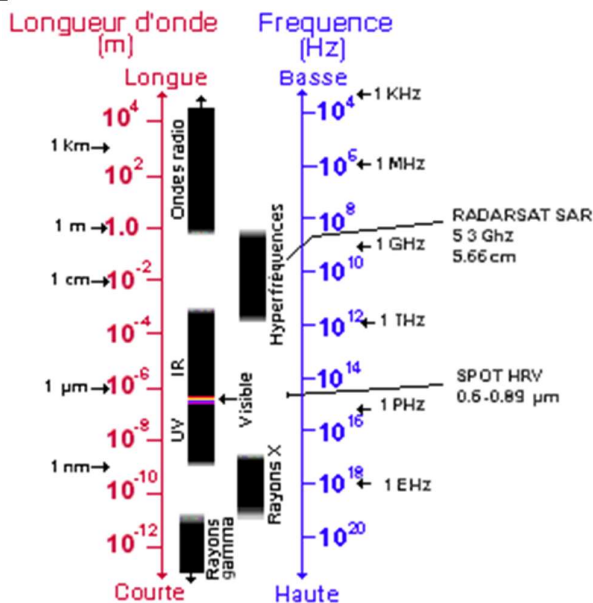
www.tributecrucible.org/new-blog/laniakea

Données :

- un gigahertz : $1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$;
- constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$;
- un électron-volt : $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$;
- la valeur de la célérité c de la lumière dans le vide est supposée connue du candidat.

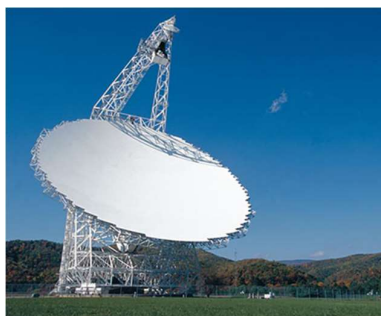
Partie 1 : différents télescopes pour différents types de photons de lumière

Pour identifier et mesurer les vitesses des galaxies de Laniakea, les cosmographes utilisent des télescopes qui peuvent recueillir les photons émis par ces galaxies lointaines. Les photons de différentes longueurs d'ondes se propagent à travers le cosmos, à la vitesse de la lumière dans le vide. Le télescope Canada-France-Hawaï (TCFH) et son miroir de 3,60 m de diamètre est situé au sommet du Mauna Kea à Hawaï à une altitude de 4 204 m. C'est un télescope optique qui est sensible aux lumières visible et infrarouge du cosmos.



Ressources naturelles Canada.
Lien web : www.rmcan.gc.ca

- 1.1. À partir de la lecture du document ci-dessus, le TCFH peut-il capter des photons d'énergie de haute ou basse fréquence ?
- 1.2. Quel est l'ordre de grandeur de la longueur d'onde des photons que peut capter le TCFH ? Justifier votre réponse.



Le Green Bank Telescope (GBT) (États-Unis) est un radiotélescope de 110 m de diamètre qui permet de capter des photons invisibles pour nos yeux. Le rayonnement radio s'étend du millimètre au kilomètre. À titre d'exemple, le GBT est sensible aux ondes de longueur d'onde de 10 cm, comme celles utilisées pour les téléphones portables. C'est pour cette raison qu'il est interdit d'utiliser un téléphone portable (ou même un four micro-onde) dans un environnement proche du GBT.

<https://techcrunch.com>

- 1.3. Le GBT peut-il capter des photons dont la longueur d'onde est plus courte ou plus longue que le TCFH ? Justifier votre réponse.
- 1.4. Quelle est la valeur de la fréquence des ondes radio utilisées par les téléphones portables ?
- 1.5. Expliquer pourquoi on ne peut pas utiliser un téléphone portable dans un environnement proche du GBT.

Partie 2 : énergie d'un photon galactique

- 2.1. Calculer la valeur de l'énergie d'un photon de longueur d'onde 10 cm, en Joule, puis en électronvolt (eV).
- 2.2. Pourquoi le télescope TCFH ne peut-il pas capter ce photon ? Justifier votre réponse.

Partie 3 : la mesure de la vitesse de rotation des galaxies à partir des photons émis par l'hydrogène

L'exploitation des données recueillies par le GBT permet de mesurer la valeur de la vitesse de rotation sur elle-même d'une galaxie spirale. Plus précisément, on peut mesurer la vitesse de rotation des nuages de gaz d'hydrogène présents à la périphérie de galaxie. En effet, ces nuages de gaz d'hydrogène émettent de la lumière dont la longueur d'onde varie avec la vitesse de rotation de galaxie spirale. Plus les galaxies tournent vite, plus elles sont riches en étoiles ; elles émettent alors davantage de lumière.



la
la

On considère dans un premier temps un photon émis par un atome d'hydrogène qui passe du niveau d'énergie $n = 3$ au niveau d'énergie $n = 2$.

- 3.1. Quelle est la valeur de la longueur d'onde du photon émis ?
- 3.2. À quel domaine du spectre électromagnétique appartient cette longueur d'onde ? Justifier.
- 3.3. Ce photon peut-il être capté par le GBT ? Justifier.
- En fait, la mesure de la luminosité d'une galaxie lointaine s'effectue à partir de la raie d'émission de longueur d'onde 21 cm de l'atome d'hydrogène.
- 3.4. Calculer la valeur de la variation d'énergie à laquelle correspond cette émission ?

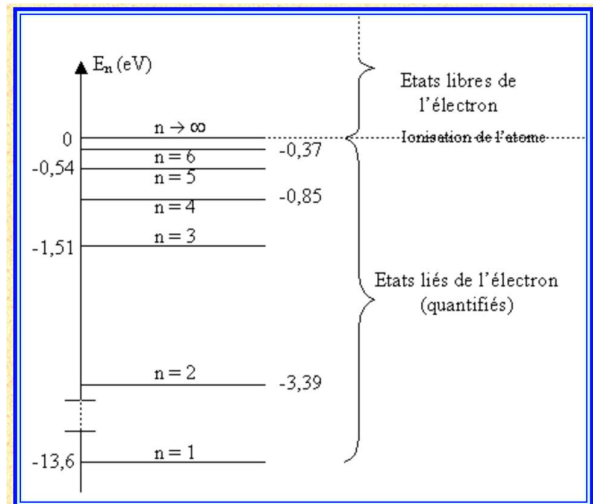


Diagramme de niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène
<http://e.m.c.2.free.fr/niveaux-energie-hydrogene-emission-absorption.htm>

Correction DEVOIR SURVEILLE N°14 SESSION 2023

Le superamas Laniakea (10 points)

Partie 1 : différents télescopes pour différents types de photons de lumière

1.1. À partir de la lecture du document ci-dessus, le TCFH peut-il capter des photons d'énergie de haute ou basse fréquence ?

Le TCFH est sensible aux lumières visible et infrarouge, donc aux photons de fréquence comprise entre 1 THz (=10¹² Hz) et 1 PHz(10¹⁵ Hz), donc des **fréquence hautes**.

1.2. Quel est l'ordre de grandeur de la longueur d'onde des photons que peut capter le TCFH ? Justifier votre réponse.

Le visible est compris entre 400 nm = 0,4 μm et 800 nm = 0,8 μm. De plus le TCFH est également sensible au Infrarouges λ > 0,8 μm. L'ordre de grandeur le plus proche de ces valeurs est **1 μm = 10⁻⁶ m**.

1.3. Le GBT peut-il capter des photons dont la longueur d'onde est plus courte ou plus longue que le TCFH ? Justifier votre réponse.

Le GBT est sensible à des longueurs d'onde de l'ordre de 10 cm, on peut donc écrire que $\lambda_{GBT} > \lambda_{TCFH}$.

1.4. Quelle est la valeur de la fréquence des ondes radio utilisées par les téléphones portables ?

On sait que $\lambda = \frac{v}{\nu}$, or les photons se déplacent à la célérité c donc $\lambda = \frac{c}{\nu}$, soit $\nu = \frac{c}{\lambda}$.

$$\nu = \frac{3,0 \times 10^8}{10 \times 10^{-2}} = 3,0 \times 10^9 \text{ Hz} = 3,0 \text{ GHz}$$

1.5. Expliquer pourquoi on ne peut pas utiliser un téléphone portable dans un environnement proche du GBT.

Le GBT étant sensible aux ondes émises par un téléphone portable, son utilisation parasiterait le signal reçu du ciel par le radiotélescope, de la même manière que si l'on essayait de regarder les étoiles en étant placé sous un lampadaire allumé.

Partie 2 : énergie d'un photon galactique

2.1. Calculer la valeur de l'énergie d'un photon de longueur d'onde 10 cm, en Joule, puis en électronvolt (eV).

On sait que $E_{\text{photon}} = h \cdot \nu$

$$E_{\text{photon}} = 6,63 \times 10^{-34} \times 3,0 \times 10^9 = 2,0 \times 10^{-24} \text{ J}$$

Comme $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$,

$$\text{on a finalement } E_{\text{photon}} = \frac{1,989 \times 10^{-24}}{1,6 \times 10^{-19}} = 1,24 \times 10^{-5} \text{ eV}$$

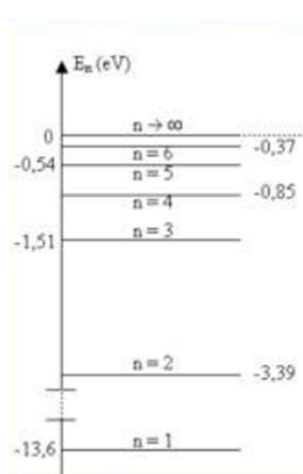
$$\frac{6.63E-34 * 3E9}{1.6E-19} = 1.243125E-5$$

2.2. Pourquoi le télescope TCFH ne peut-il pas capturer ce photon ? Justifier votre réponse.

Le TCFH est un télescope optique, qui est sensible à des photons dont la longueur d'onde est proche de la lumière visible (soit un ordre de grandeur de 10^{-6} m). Un photon de 10 cm de longueur d'onde (ordre de grandeur 10^{-1} m) est bien trop éloigné de la longueur de la lumière visible pour pouvoir être capté par un télescope optique.

Partie 3 : la mesure de la vitesse de rotation des galaxies à partir des photons émis par l'hydrogène

3.1. Quelle est la valeur de la longueur d'onde du photon émis ?



Le photon porte une énergie de $\Delta E = E_3 - E_2$.

Le schéma nous indique que $\Delta E = -1,51 - (-3,39) = 1,88 \text{ eV}$.

On convertit cette énergie en J, $E = 1,88 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

$$\text{Comme } \Delta E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \text{ alors } \lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E}$$

$$\lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,0 \times 10^8}{1,88 \times 1,6 \times 10^{-19}} = 6,6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 661 \text{ nm}$$

$$\frac{6.63E-34 * 3E8}{1.88 * 1.6E-19} = 6.612367021E-7$$

3.2. À quel domaine du spectre électromagnétique appartient cette longueur d'onde ? Justifier

On a $400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$, cette longueur d'onde fait donc partie du domaine visible.

3.3. Ce photon peut-il être capté par le GBT ? Justifier

Ce photon ne peut pas être capté par le GBT car le radiotélescope ne fonctionne que pour des ondes radio, dont la longueur d'onde minimale est de 1mm, 1000 fois plus grande que la longueur d'onde dont il est question.

3.4. Calculer la valeur de la variation d'énergie à laquelle correspond cette émission ?

$$\text{On a } \Delta E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$$\Delta E = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,0 \times 10^8}{21 \times 10^{-2}} = 9,5 \times 10^{-25} \text{ J}$$

$$\Delta E = 5,9 \times 10^{-6} \text{ eV}$$

$$\frac{6.63E-34 * 3E8}{21E-2} = 9.47142857E-25$$

$$\frac{9.47142857E-25}{1.6E-19} = 5.919642856E-6$$