

2
DS 01/Physique

COPIE A

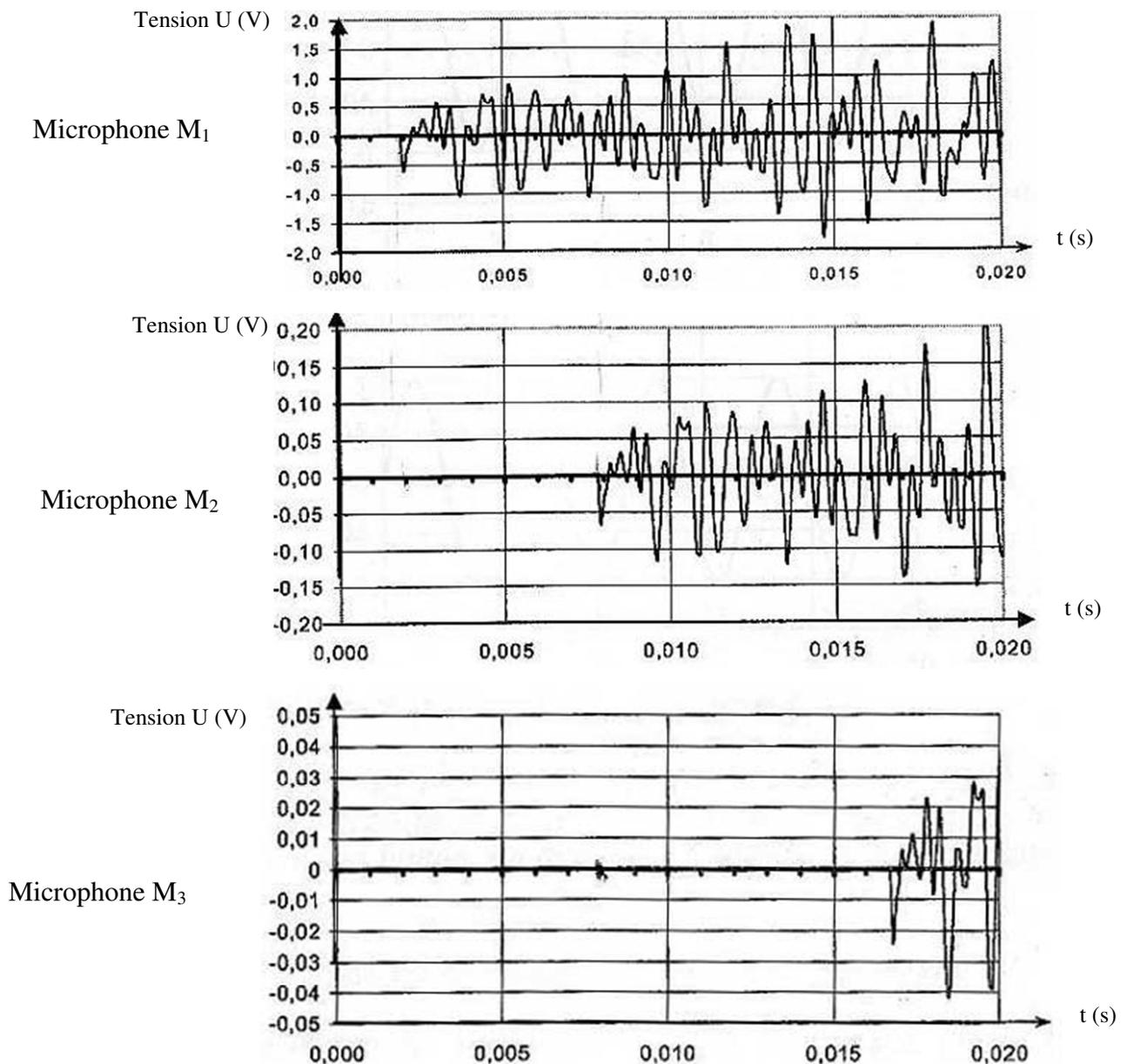
Cette partie est constituée d'un exercice.

Exercice 1 : j'te parie cymbale que je sais l'irriter !

1. Célérité d'une onde sonore : première méthode

Trois microphones M_1 , M_2 et M_3 sont alignés de telle manière que les distances M_1M_2 et M_2M_3 sont respectivement 2,00 m et 3,00 m. Les signaux électriques correspondant aux sons reçus par les microphones sont enregistrés grâce à un ordinateur. L'expérimentateur donne un coup de cymbale devant le premier microphone M_1 en lançant l'enregistrement. La température de la pièce est 18°C .

Les courbes obtenues sont représentées ci-après.



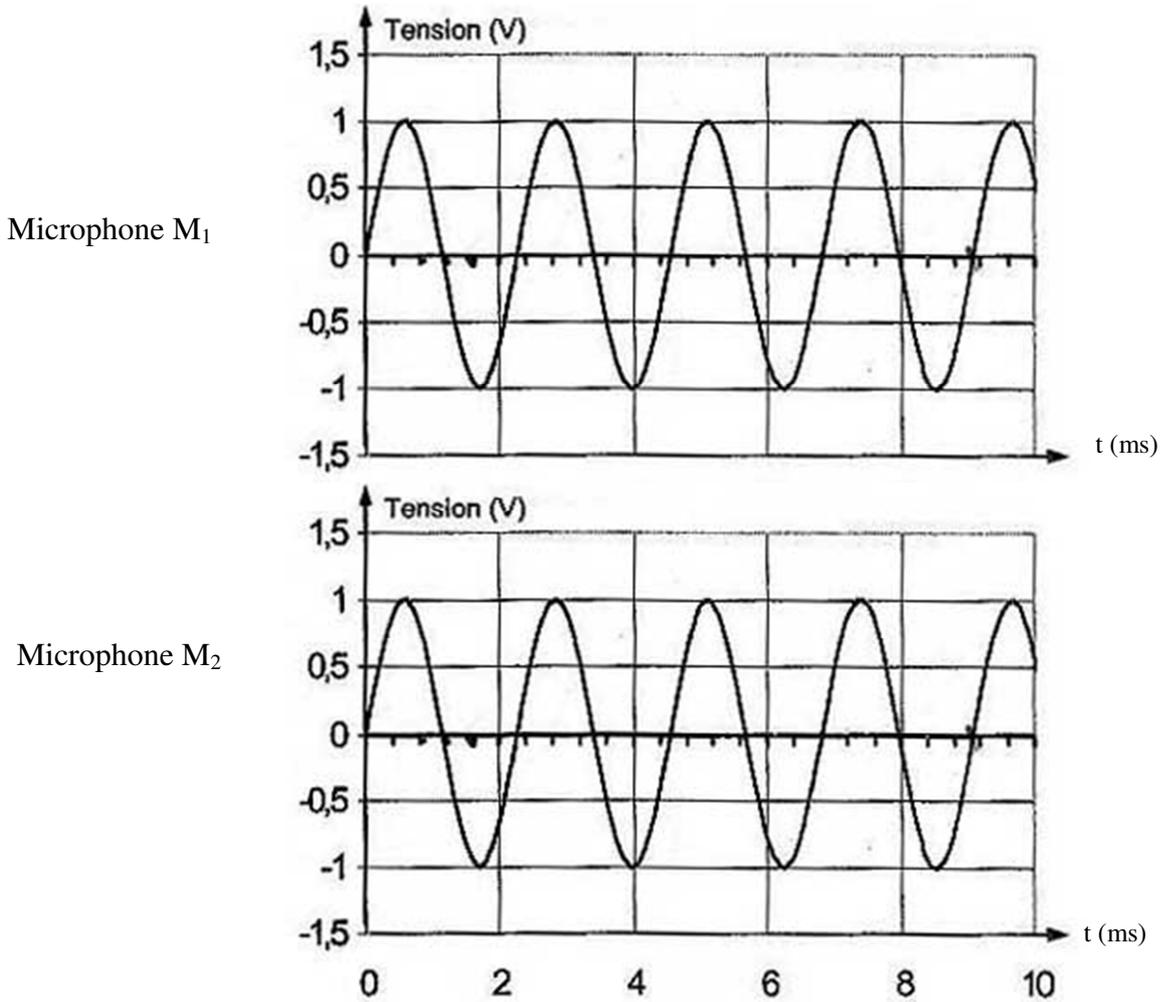
1.1. Expliquer comment déterminer la célérité de l'onde sonore à l'aide des courbes obtenues.

1.2. Déterminer la célérité de l'onde sonore en utilisant la distance M_1M_2 puis la distance M_2M_3 .

1.3. Les résultats obtenus sont-ils cohérents ?

2. Célérité d'une onde : deuxième méthode.

L'expérimentateur dispose maintenant les deux microphones M_1 et M_2 côte à côte et à la même distance d d'un diapason. Il obtient les courbes représentées ci-dessous. On remarque que les signaux sont en phase.



2.1. Déterminer la période puis la fréquence du son émis par le diapason.

L'expérimentateur éloigne le microphone M_2 peu à peu jusqu'à ce que les courbes soient de nouveau en phase. Il réitère l'opération jusqu'à compter au total cinq positions pour lesquelles les courbes sont à nouveau en phase. La distance D entre les deux microphones est alors égale à 3,86 m.

2.2. Pourquoi compte-t-on plusieurs retours de phase plutôt qu'un seul ?

2.3. Définir la longueur d'onde. Déduire sa valeur numérique de l'expérience précédente.

2.4. Calculer alors la célérité de l'onde.

COPIE B

Cette partie est constituée d'un exercice.

Exercice 2 : – pff, encore un exo lambda... – moi je le trouve lumineux et ça, ça n'a pas de prisme !

1. L'onde lumineuse et ses caractéristiques

1.1. Pour une radiation de fréquence ν , donc de période T et de longueur d'onde λ , se propageant dans le vide à la célérité c constante, on propose les relations suivantes :

$$(a) \lambda = \frac{c}{\nu} \qquad (b) T = \frac{c}{\lambda} \qquad (c) \lambda = c \cdot T$$

1.1.1. Donner la définition de la longueur d'onde.

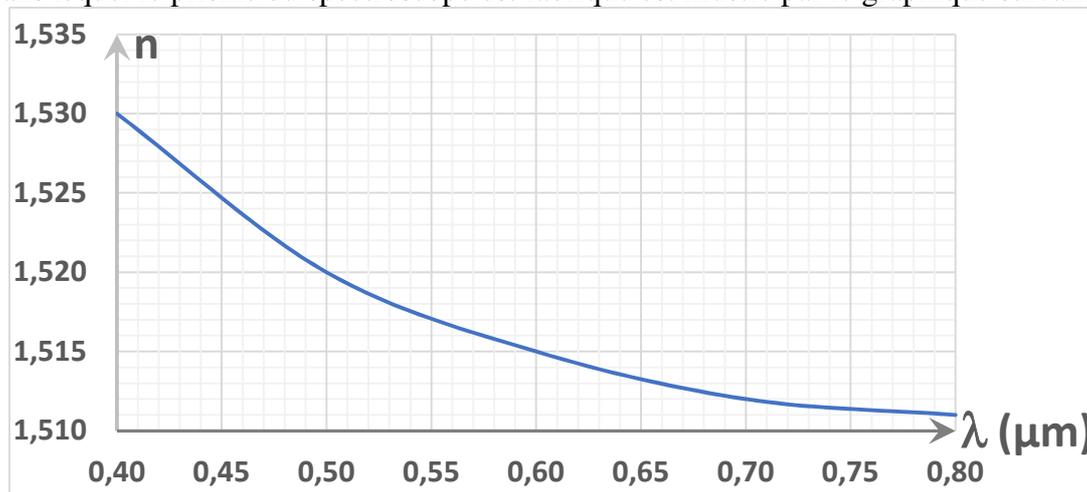
1.1.2. Choisir dans les relations précédentes la (ou les) relation(s) correcte(s).

1.2. Une lampe à vapeur de lithium émet dans le vide une radiation intense de longueur d'onde λ égale à 571 nm. Déterminer la fréquence de cette radiation dans le vide.

1.3. La radiation émise par la lampe à vapeur de lithium traverse un milieu transparent d'indice $n = 1,5$. Critiquer les affirmations suivantes : « la fréquence est inchangée et la longueur d'onde maintenant égale à 380 nm ».

2. Analyse d'une lumière complexe : le spectromètre à prisme

2.1. Ce spectromètre utilise les propriétés dispersives d'un prisme en verre : lorsqu'une lumière polychromatique est dirigée vers l'une des faces d'un prisme, chaque radiation est déviée d'un angle qui dépend de l'indice et donc de la longueur d'onde dans le vide λ . Le pouvoir dispersif du verre dans lequel le prisme du spectroscope est fabriqué est illustré par le graphique suivant :



2.1.1. Qu'appelle-t-on une lumière polychromatique ?

2.1.2. À l'aide du graphique, déterminer les indices du prisme en verre pour les longueurs d'onde limites du domaine du visible.

2.2. Une lumière émise par une lampe à vapeur de mercure contient trois radiations intenses de longueur d'onde : 440 nm, 550 nm et 580 nm. On place sur le trajet de la lumière un filtre qui ne laisse passer que la radiation de longueur d'onde 440 nm et on l'envoie vers le prisme sous une incidence telle que $i_1 = 45^\circ$ (voir la figure 1 donnée en **annexe**).

Tracer approximativement le rayon réfracté à l'intérieur du prisme sur la figure 1 de l'annexe à rendre avec la copie, puis en sortie du prisme. Faire apparaître, sur la figure 1, la déviation D du prisme (angle entre la direction du rayon incident et celle du rayon émergent du prisme).

2.3. On ôte le filtre. Que visualise-t-on sur un écran placé après le prisme lorsque le prisme reçoit l'ensemble de la lumière émise par la lampe à vapeur de mercure ? Justifier qualitativement.

3. Émission de la lumière

3.1. La radiation la plus intense émise par la lampe à vapeur de mercure est de couleur violette et sa longueur d'onde est $\lambda = 440$ nm. Calculer, en Joule, puis en eV, l'énergie des photons associés.

3.2. Comment interprète-t-on l'émission de photons par les atomes ?

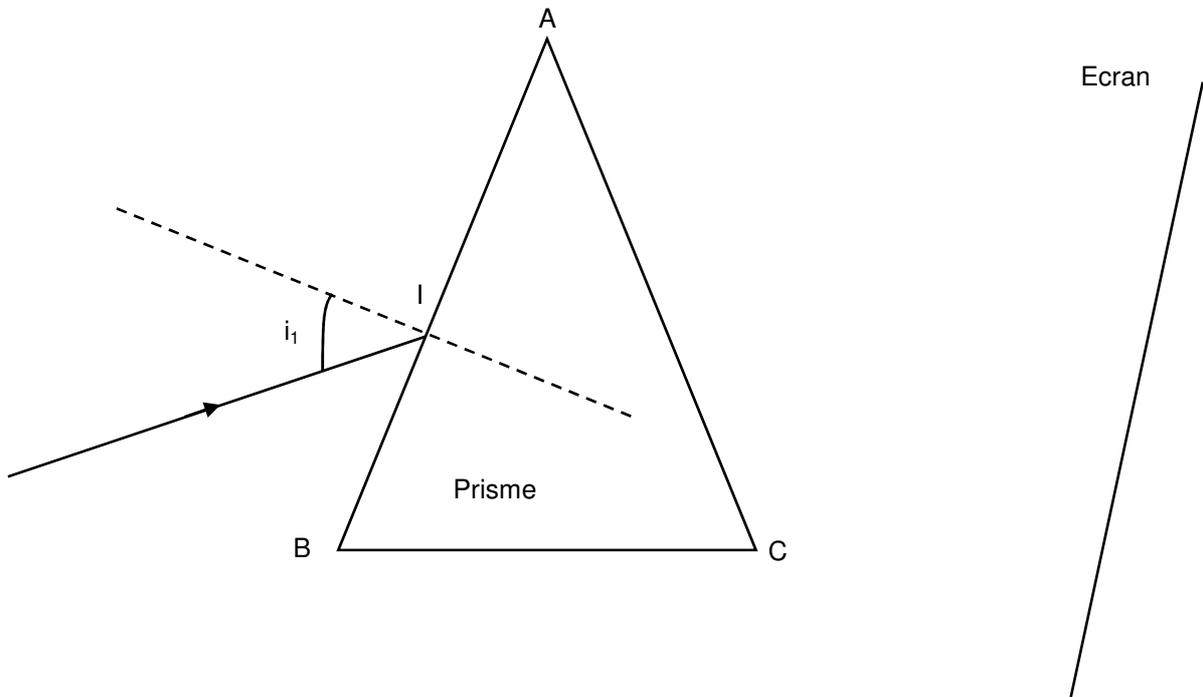
Données

- constante de Planck : $h \approx 6,63 \times 10^{-34}$ J.s
- $1 \text{ eV} \approx 1,60 \cdot 10^{-19}$ J

NOM :

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE B

Figure 1



COPIE C

Cette partie est constituée d'un exercice.

Exercice 3 : Bauernfeind en a assez des torticolis !

Doc. 1 Des lunettes un peu spéciales

Lunettes à prismes pour l'escalade.



Environ 100 €.paire⁻¹

Pour tous ceux qui apprécient de lire en étant allongés sur leur canapé ou dans leur lit [...] il existe une solution grâce aux modèles [de lunettes] avec prisme, qui agissent comme un miroir à 45° (pas d'inversion de l'image rassurez-vous) et vous permettent donc de tenir votre support de lecture normalement, à l'horizontale. Bien que ce ne soit pas la paire la plus glamour de ce comparatif, elles sont très pratiques ! [...] Vous évitez ainsi les douleurs musculaires et pouvez regarder la télé ou lire même si vous êtes couchés.

Conçues pour être ergonomiques, elles sont aussi fournies avec leur boîtier si vous souhaitez les amener sur votre lieu de vacances ou pour ceux qui doivent passer de longues périodes allongés.

www.mes-lunettes-lecture.com



Environ 10 à 20 €.paire⁻¹

A Bauernfeind prism is a type of reflecting prism used to deviate a beam of light by 45° to 60°, depending on its construction, while neither flipping nor rotating the image. It is named for its inventor, the German expert of geodesy Karl Maximilian von BAUERNFEIND.

The beam is reflected twice in the prism.

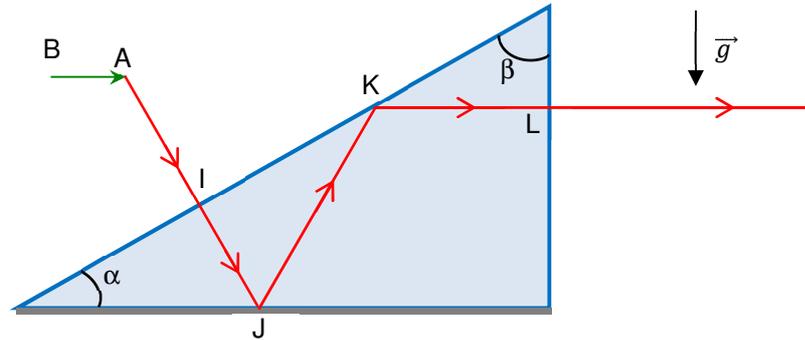
The Bauernfeind prism is commonly used in microscope tubes to deviate the path to the eyepiece in order to make the device more ergonomic.

More recent applications are glasses that deflect the viewing angle either downwards (for relaxed reading or watching TV), or upwards (for watching a climber while belaying).

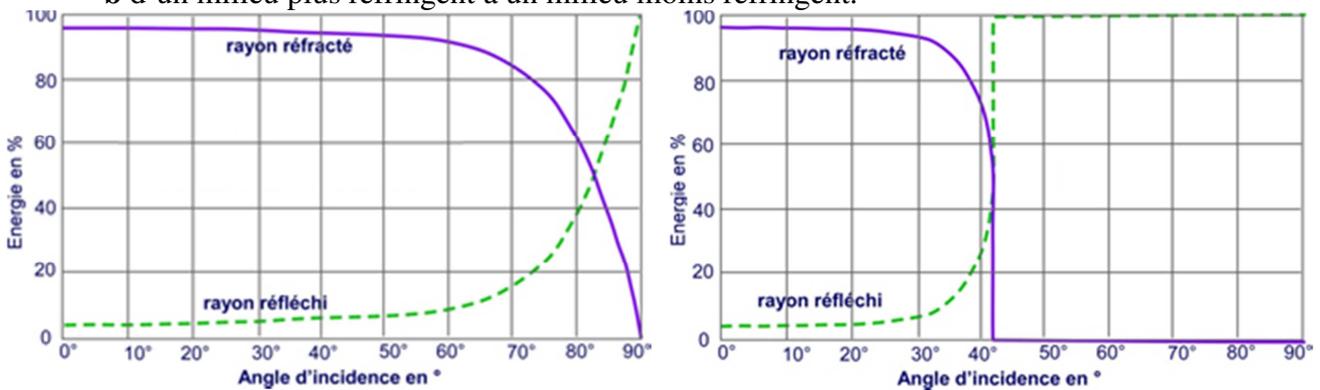
Eyepiece = oculaire, beam = rayon, path = faisceau, to climb = gravir, to belay (climbing) = assurer

wikipedia.org

Doc. 2. Marche d'un rayon lumineux issu de l'une des extrémités d'un objet AB et arrivant perpendiculairement à la face d'entrée d'un prisme de Bauernfeind. Le plan de coupe est vertical, $\alpha = 30^\circ$ et $\beta = 60^\circ$.



Doc. 3. Pourcentage d'énergie de rayonnement lorsque la lumière passe :
a d'un milieu moins réfringent à un milieu plus réfringent ;
b d'un milieu plus réfringent à un milieu moins réfringent.



Doc. 4. Ordre de grandeur de quelques indices optiques

Matériau	n	Remarque
diamant	2,4	
chlorure de sodium NaCl	1,5	
verre de type crown	de 1,5 à 1,7	selon la composition chimique
verre de type flint	de 1,5 à 1,8	selon la composition chimique
Pyrex	1,5	

- Le schéma du **document 2** correspond-il à l'utilisation d'un prisme de Bauernfeind dans des lunettes pour l'escalade ou dans des lunettes pour lecture horizontale ?
- Justifier pourquoi le rayon lumineux tracé au **document 2** n'est dévié ni en I ni en L.
- Pour fabriquer des lunettes à bas coût, expliquer comment le matériau dans lequel le prisme est fabriqué est choisi et donc pourquoi la face inférieure du prisme est recouverte d'une couche réfléchissante, contrairement à la face d'entrée.
 L'argumentation utilisera un vocabulaire scientifique rigoureux et adapté et elle s'appuiera sur des schémas et/ou des calculs. On pourra s'aider de l'ensemble des documents et de ses connaissances.
- L'image A'B' de l'objet AB par ce prisme est-elle située elle aussi dans un plan horizontal ? On pourra s'aider d'un rayon incident parallèle au rayon (AI).
- a.** Que se passerait-il si le rayon arrivait en J avec une incidence nulle ?
b. Montrer que, pour le dioptré air-prisme, l'angle de réfraction en I vaudrait alors α .
c. Quelle condition l'angle d'incidence en I doit-il vérifier pour que le phénomène de la question **5.a.** ne se produise pas ? On prendra $n_{\text{prisme}} = 1,50$ pour les applications numériques.

Fin du sujet.

Deux parties relativement indépendantes, des points à prendre dans toutes les questions en étant rigoureux sur la lecture de l'énoncé et la critique des résultats annoncés.

Exercice

être concis et précis

hyp indispensable pour utiliser cette formule

CON, ANA, COM 1.1. Les courbes montrent que les microphones 2 et 3 captent le son de la cymbale avec du **retard** par rapport au microphone 1. Plus le microphone est loin de la cymbale, plus le son atteint le microphone tardivement. On exploite alors la relation $v = \frac{d}{\tau}$ où v est la célérité supposée constante (milieu de propagation homogène), $d = M_1M_j$ la distance entre les deux microphones considérés et τ le **retard** de perception du son entre les 2 microphones.

BONUS utiliser le vocabulaire du cours

ni t_1 ni t_2 ni t_3 ne coïncident avec une graduation. Plus on sera précis sur leur mesure, plus on le sera sur celle de v (mesurande)

REA, VAL 1.2. $v = \frac{M_1M_2}{\tau} = \frac{M_1M_2}{t_2 - t_1}$
 4,9 cm \leftrightarrow 0,020 s
 1,5 cm \leftrightarrow τ s

$$\tau = (1,5 \text{ cm} \times 0,020 \text{ s}) / 4,9 \text{ cm}$$

$$\tau \approx 6,2 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$v \approx \frac{2,00 \text{ m}}{6,2 \cdot 10^{-3} \text{ s}}$$

$$v \approx 3,3 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

calcul effectué avec la valeur non arrondie de τ .

rester raisonnable sur le nb de chiffres significatifs

$$v = \frac{M_2M_3}{\tau'} = \frac{M_2M_3}{t_3 - t_2}$$

$$\tau' \leftrightarrow 2,1 \text{ cm}$$

$$0,020 \text{ s} \leftrightarrow 4,9 \text{ cm}$$

$$\tau' = (2,1 \text{ cm} \times 0,020 \text{ s}) / 4,9 \text{ cm}$$

$$\tau' \approx 8,6 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$v \approx \frac{3,00 \text{ m}}{8,6 \cdot 10^{-3} \text{ s}}$$

$$v \approx 3,5 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

calcul effectué avec la valeur de τ' non arrondie.

obtenir des valeurs sensiblement différentes doit vous interpeller

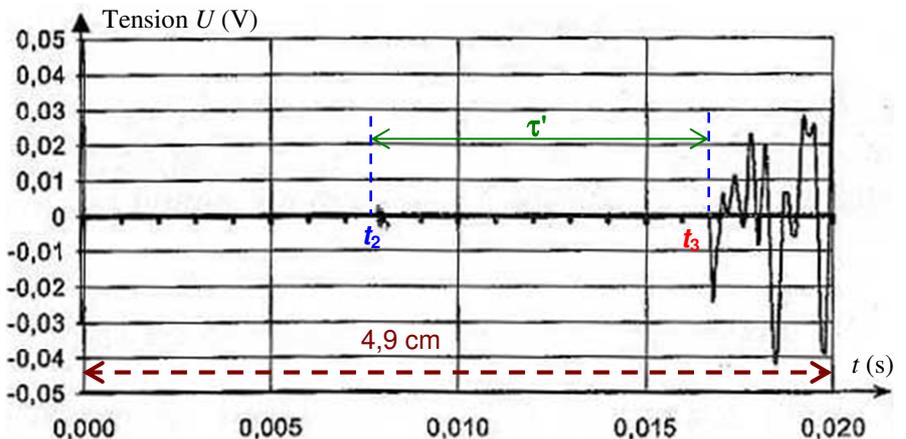
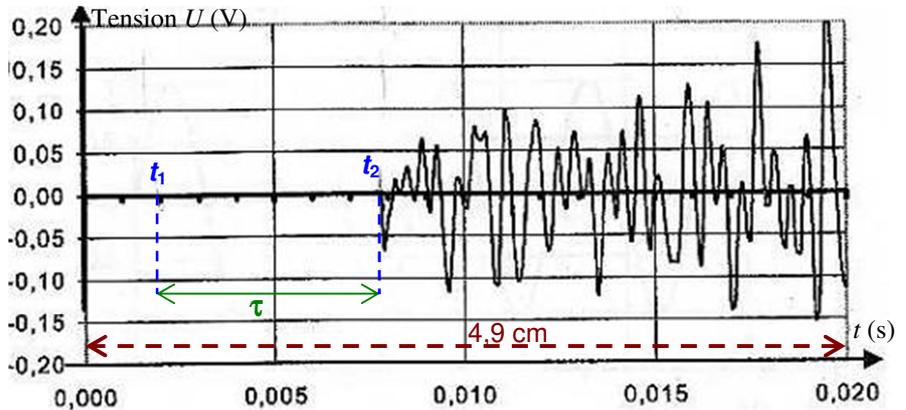
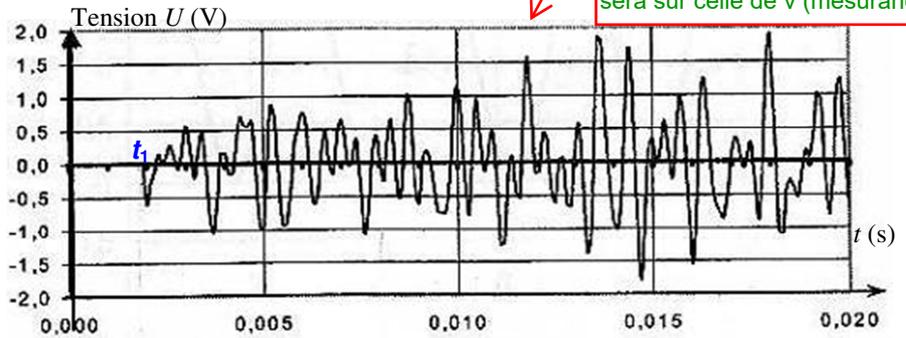
VAL, CON 1.3. Les résultats obtenus sont différents, mais l'écart entre les valeurs obtenues étant faible et ces valeurs étant relativement proches de $345 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, on peut considérer ces deux résultats comme étant cohérents.

La détermination graphique de τ et τ' n'est pas assez précise pour affirmer l'incohérence de ces deux résultats proches.

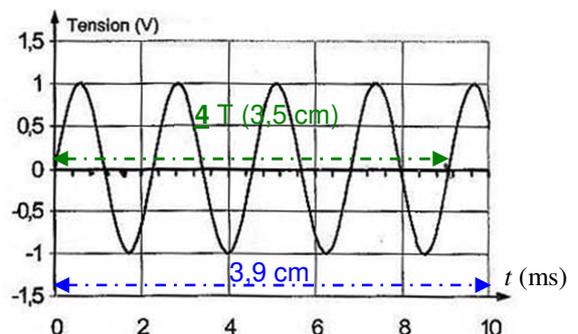
REA, VAL 2.1. En s'aidant de l'oscillogramme :
 10 ms \leftrightarrow 3,9 cm
 $4T \leftrightarrow$ 3,5 cm
 $T \approx (10 \text{ ms} \times 3,5 \text{ cm}) / (3,9 \text{ cm} \times 4)$
 $T \approx 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

l'idéal serait d'évaluer le Z-score entre ces 2 célérités mais cela nécessite d'évaluer les incertitudes-type

mesurer nT permet d'être plus précis (voir 2.3)



à connaître en se rappelant que T est une grandeur d'influence sur v



La fréquence est l'inverse de la période :

$$f = 1/T$$

$$f \approx (3,9 \text{ cm} \times 4) / (10 \text{ ms} \times 3,5 \text{ cm})$$

$$f \approx 4,5 \cdot 10^2 \text{ Hz}$$

Résultat cohérent avec les fréquences des sons du **domaine des sons audibles** (20 Hz-20 kHz environ), et pour les musicien(ne)s, avec la fréquence du La3, note obtenue avec un diapason (440 Hz).

formule littérale avant l'application numérique

de nouveau, s'autocontrôler (même si ce n'est pas explicitement demandé dans l'énoncé)

COM

VAL

qui dit "microphone" dit "son" et non "onde électromagn" dont les ondes radio font partie!

APP

culture générale pour ceux qui jouent d'un instrument ou qui font partie d'une chorale

APP, CON 2.2. Pour **plusieurs** retours de phase, la distance mesurée est **plus grande**, alors **l'erreur** sur la mesure de la distance est **plus faible**. Par **propagation**, l'erreur commise sur la détermination de la **longueur d'onde** sera elle aussi **plus faible** que dans le cas de l'exploitation d'un seul retour de phase.

question classique

Bien la lire: elle porte sur l'opposition entre "plusieurs" et "un seul"

APP

APP, CON, ANA 2.3. La longueur d'onde est la **plus faible distance entre deux points dans le même état vibratoire**. C'est aussi la **distance de propagation de l'onde pendant une durée d'une période T**.

$$\text{Pour } D = 5\lambda$$

$$\lambda = D/5$$

$$\lambda \approx 3,86 \text{ m} / 5$$

$$\lambda \approx 0,772 \text{ m}$$

mais à ce stade, la célérité n'est pas connue, on est obligé d'exploiter la 1ère définition donc la mesure de D

cela n'a pas vraiment de sens d'utiliser l'expérience de la partie 1 comme "expérience précédente" car l'onde n'était même pas périodique dans la partie 1 et car on demande le calcul de la célérité à la question suivante...

APP, CON, ANA 2.4. Par définition de la longueur d'onde : $v = \lambda / T$

$$v \approx \frac{3,86 \text{ m}}{5 \times 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ s}}$$

$$v \approx \frac{3,86 \text{ m}}{5 \times 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ s}}$$

$$v \approx 3,4 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (sans arrondir T)}$$

Résultat de nouveau plutôt cohérent avec ce qui précède.

de nouveau, s'autocontrôler (même si ce n'est pas explicitement demandé dans l'énoncé)

VAL

Problème sans réelle difficulté, des points à prendre dans toutes les questions en étant rigoureux sur la lecture de l'énoncé et en justifiant les réponses.

Exercice

CON

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

1.1.2 λ est une distance exprimée en mètre.

On remplace les grandeurs par leurs unités afin de vérifier la cohérence des relations proposées.

- (a) $\lambda = \frac{c}{\nu}$ c en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et ν en Hz i.e. en s^{-1} , alors $\frac{c}{\nu}$ s'exprime en $\frac{\text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{\text{s}^{-1}} = \text{m}$.
Cette relation est **homogène** donc elle peut être **correcte**.
- (b) $T = \frac{c}{\lambda}$ alors $\lambda = \frac{c}{T}$ avec c en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et T en s , alors $\frac{c}{T}$ s'exprime en $\frac{\text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{\text{s}} = \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.
Cette relation est **non homogène** donc elle **n'est pas** correcte.
- (c) $\lambda = c\cdot T$ c en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et T en s , alors $c\cdot T$ s'exprime en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{s} = \text{m}$
Cette relation est **homogène** donc elle peut être **correcte**.

CON, ANA

1.2. D'après la relation (a), $\lambda = \frac{c}{\nu}$, soit :

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\nu \approx \frac{3,00 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{571 \cdot 10^{-9} \text{ m}}$$

$$\nu \approx 5,25 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

cette question sous entend une justification des résultats, ici seule l'homogénéité des formules permet de conclure

ATTENTION A LA MANIPULATION DES PUISSANCES DE 10

soit environ **525 THz**.

REA

1.3. La fréquence reste inchangée car elle est **indépendante du milieu de propagation**. Ce qui n'est pas le cas de la longueur d'onde car elle dépend de la fréquence mais aussi de la célérité de l'onde qui, elle, **dépend** du milieu de propagation.

Posons λ_n la longueur d'onde dans le milieu d'indice n , et λ la longueur d'onde dans le vide.

$$\lambda_n = \frac{v}{\nu}$$

Or, $n = \frac{c}{v}$. Donc $v = \frac{c}{n}$

Ainsi,

$$\lambda_n = \frac{\frac{c}{n}}{\nu} = \frac{c}{n \cdot \nu}$$

trop d'affirmations infondées dans cette question, en utilisant les définitions la réponse est quasi immédiate

Pour le milieu vide, $\lambda = \frac{c}{\nu}$, on obtient :

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$

$$\lambda_n \approx \frac{571 \text{ nm}}{1,5}$$

$\lambda_n \approx \mathbf{381 \text{ nm}}$ ou, en ne conservant que deux chiffres significatifs, $\lambda_n \approx \mathbf{3,8 \cdot 10^2 \text{ nm}}$.

ANA, REA

2.1.1. Une lumière **polychromatique** contient **plusieurs** radiations de fréquences différentes.

2.1.2. Le domaine du visible s'étend du **violet** au **rouge**.

Pour le violet de longueur d'onde $0,4 \mu\text{m}$, on lit $n \approx \mathbf{1,530}$.

Pour le rouge de longueur d'onde $0,8 \mu\text{m}$, on lit $n \approx \mathbf{1,511}$.

question cadeau bien traitée

2.2. Au niveau du premier dioptre (air-verre), l'indice $n_1 \approx 1,00$ est indépendant de λ mais l'indice n_2 dépend de λ : $n_2 \approx 1,526$ (lecture graphique).

Loi de Snell-Descartes de la réfraction :

$$n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$$

$$\sin i_2 = \frac{n_1 \cdot \sin i_1}{n_2}$$

$$i_2 = \arcsin\left(\frac{n_1 \cdot \sin i_1}{n_2}\right)$$

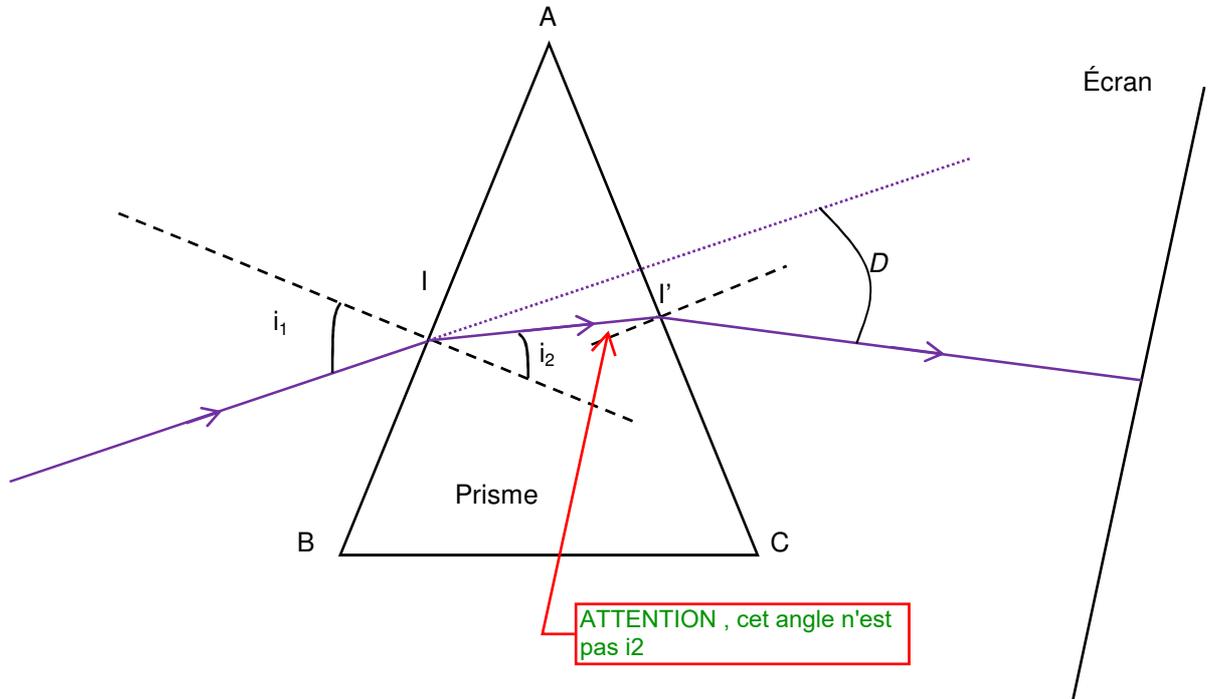
toute réponse doit être justifiée qualitativement ou quantitativement, ne pas se limiter au schéma, poser au moins une fois la loi de S-D

CON, ANA, REA

$$i_2 \approx \arcsin\left(\frac{1,00 \times \sin(45^\circ)}{1,526}\right)$$

Si on conserve deux chiffres significatifs $i_2 \approx 28^\circ$.

On complète le schéma par le rayon réfracté en sortie du deuxième dioptre, l'angle réfracté y est plus grand que l'angle d'incidence (passage d'un milieu **plus réfringent** à un milieu **moins réfringent**).



CON, REA

2.3. Si on ôte le filtre, comme l'indice de réfraction du verre **varie** selon la **longueur d'onde** de la radiation incidente, les différentes radiations sont déviées avec des angles D **différents**.

Sur l'écran, on visualise **trois raies colorées** correspondant aux trois radiations présentes dans la lumière émise par la lampe à vapeur de mercure. Il y a **décomposition (dispersion)** de la lumière polychromatique par le prisme.

essayer d'utiliser un vocabulaire rigoureux dans ce type de questions

3.1. L'énergie d'un photon s'exprime par :

$$\mathcal{E} = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

$$\mathcal{E} \approx 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times \frac{3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{440 \cdot 10^{-9} \text{ m}}$$

$$\mathcal{E} \approx 4,52 \cdot 10^{-19} \text{ J} \text{ i.e. } 2,83 \text{ eV environ.}$$

quelques erreurs sur les puissances de 10 à nouveau

CON, REA

3.2. L'énergie des atomes est **quantifiée** : elle ne peut prendre que certaines valeurs bien précises. Lorsqu'il se **désexcite**, un atome passe d'un état d'énergie **supérieure** à un état d'énergie **inférieure** en émettant un photon dont l'énergie est égale à la différence d'énergie entre les deux niveaux. On parle de **transition électronique**.

CON

Exo alternant le facile et le moins facile, en termes de stratégie, essayer de tout balayer pour ne perdre les points faciles sans pour autant tomber dans l'excès inverse qui serait de ne pas réfléchir dès que la réponse n'est pas

Exercice

immédiate

MALUS: une réponse sans aucune justification est considérée comme réponse au hasard et vous perdez les points

APP,
ANA,
COM

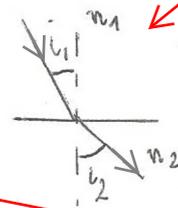
1. Le rayon qui parvient à l'observateur provient du point A. Il a traversé la face IK pour atteindre l'œil. Au vu de la position de l'observateur par rapport au prisme, l'objet observé est situé plutôt au-dessous de lui. Les photographies confirment cela. Le schéma correspond donc à l'utilisation du prisme dans des lunettes pour l'escalade.

s'aider de toutes les infos disponibles: texte(s), photos, schémas, graphiques

ANA,
VAL

2. En I et en L, le rayon arrive avec une incidence nulle. La loi de la refraction s'écrit $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ donne $i_2 = 0$ si $i_1 = 0$ (incidence nulle).

expliciter les notations, comme ici à l'aide d'un schéma



COM

Le rayon n'est pas dévié ni en I ni en L.

tous les angles sont mesurés entre un rayon et la normale (et pas entre rayon et dioptre)

question type "résolution de problème"

APP,
ANA,
REA,
VAL,
COM

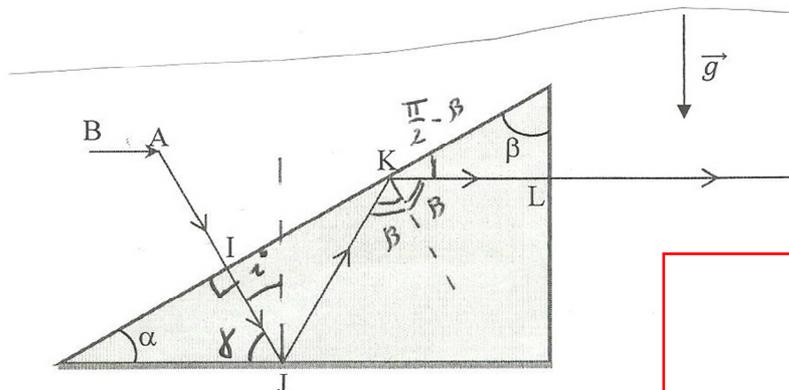
3. Le dispositif proposé doit permettre de "récupérer" la lumière émise par l'objet A sans perte importante d'énergie de rayonnement.

Le rayon issu de A arrive en I sans y être dévié, il atteint le point J où il subit une réflexion et une refraction en l'absence de couche réfléchissante, le rayon étant majoritairement réfracté (doc 3.b)

mentionner les docs d'où vous tirez des infos/arguments

Pour éviter cette refraction, on cherche une valeur d'indice du matériau permettant une réflexion totale en J.

faire l'économie d'un schéma est TOUJOURS une mauvaise idée et vous pénalisera à un moment donné



COM

ona $d + \delta + \frac{\pi}{2} = \pi$ et $\delta + i = \frac{\pi}{2}$ donc $i = d$.

L'angle d'incidence en J est α .

Calculons l'angle i_p de condition de réflexion totale :

$$n \sin i_p = n_{\text{air}} \sin \frac{\pi}{2}$$

$$\sin i_p = \frac{n_{\text{air}}}{n}$$

Il y a réflexion totale en J si $\alpha = \alpha > i_p$

$$\text{soit } \sin \alpha > \sin i_p$$

$$\text{ou } \sin \alpha > \frac{n_{\text{air}}}{n}$$

$$\text{ainsi } \left[n > \frac{n_{\text{air}}}{\sin \alpha} \right]$$

on ramène la condition sur le paramètre caractéristique du matériau à savoir son indice de réfraction.

$$\text{A.N } n > \frac{1,00}{\sin 30} = 2,00$$

seul le diamant convient, inimaginable d'un point de vue du coût.

VAL Ainsi l'utilisation du matériau réfléchissant permet d'éviter le problème du coût.

qu'en est-il en K ?

ne surtout pas oublier l'étude en ce point.

L'angle d'incidence en K est β .

Il y a réflexion totale si $\beta > i_{Kp}$, soit $\sin \beta > \sin i_{Kp}$

$$\text{ainsi } \sin \beta > \frac{n_{\text{air}}}{n}$$

$$\text{ainsi } \left[n > \frac{n_{\text{air}}}{\sin \beta} \right]$$

$$\text{A.N } n > \frac{1,00}{\sin 60} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1,15.$$

cette condition beaucoup moins restrictive est compatible avec un verre courbant.

VAL conclusion : L'utilisation du matériau réfléchissant permet une fabrication à

moindre coût.

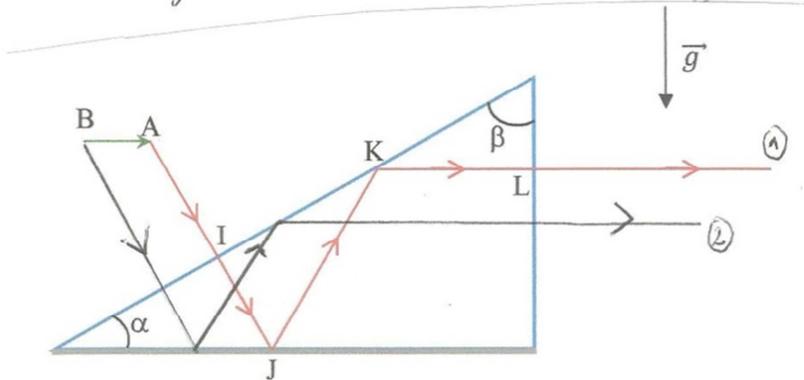
conclusion générale

COM

4. Le point A' image de A se trouve sur la droite ①



L'image A'B' n'est pas dans un plan horizontal.



on ne peut pas conclure qu'elle est verticale car nous n'avons étudié qu'un rayon issu de chaque point. Pour déterminer la position de l'image, il faudrait au moins deux rayons issus de A et deux issus de B. VAL

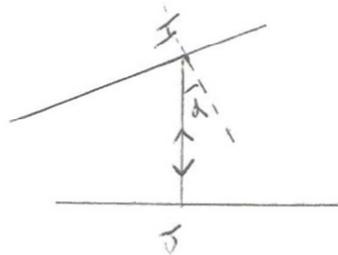
5.a ANA

si l'incidence est nulle en J, le rayon rebrousse chemin.

cf. incidence nulle et loi de la réflexion

ANA, REA

b. Le rayon arrive en I avec une incidence d (cf. schéma ci-dessous).



D'après le principe du retour inverse de la lumière, le rayon incident en I sur le dioptré air - verre se réfracte avec un angle r.

c. soit r l'angle d'incidence en I;

attention à l'ordre des milieux

si $r > 0$ on a alors $n < d$ où n est l'angle de refraction en I

soit $\sin r < \sin d$.

La loi de Snell-Descartes en I s'écrit $n \sin r = n_{air} \sin i$.

d'où $\frac{n_{air} \sin i}{n} < \sin d$; $\sin i < \frac{n}{n_{air}} \sin d$

A.N $\sin i < \frac{1,50}{1,00} \sin 30$; $i < 49^\circ$

L'angle d'incidence doit rester inférieur à 49° .

conclusion générale