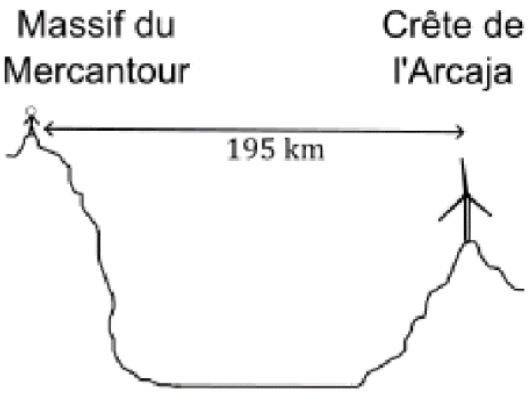
EXERCICE 2 OBSERVATION DISTANTE (6 points)

Par temps clair, il est possible d'apercevoir la crête de l'Arcaja (nord de la Corse) depuis le massif du Mercantour (sud de la France) alors qu'ils sont séparés d'environ 195 km.



Cet exercice étudie les conditions requises pour distinguer les pales d'une éolienne située sur la crête de l'Arcaja depuis le massif du Mercantour. Pour cela, on envisage d'abord une observation à l'œil nu, puis avec une lunette afocale.

Données :

- Distance entre le lieu d'observation et la crête de l'Arcaja : D = 195 km
- Longueur d'une pale d'éolienne : L = 44 m

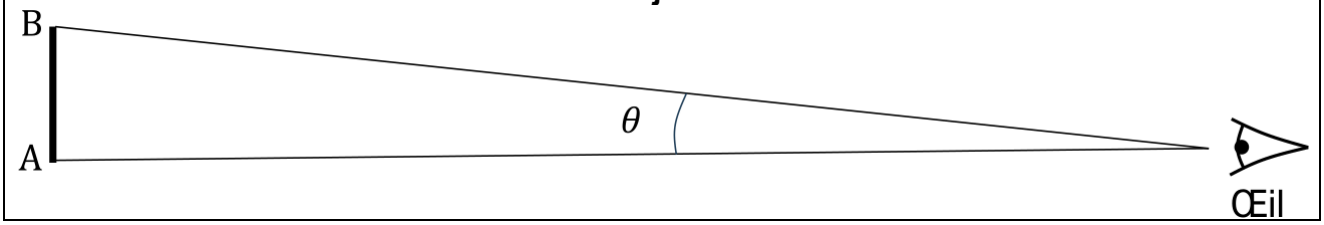
Discernabilité à l'œil nu

Dans un premier temps, on s'intéresse à la possibilité de discerner les pales de l'éolienne à l'œil nu.

La capacité à distinguer à l'œil nu des détails sur des objets éloignés est caractérisée par le pouvoir séparateur de l'œil. Noté ε et exprimé en radian, ce pouvoir séparateur correspond à l'angle minimal devant exister entre les rayons issus de deux objets A et B lorsqu'ils atteignent l'œil d'un observateur éloigné pour qu'il puisse distinguer A et B. En appelant θ l'angle entre ces rayons (voir le document 1), la règle est donc :

- Si $\theta > \varepsilon$, les points A et B sont perçus comme distincts (on perçoit l'extension de l'objet AB).
- Si $\theta < \varepsilon$, les points A et B sont perçus comme un point unique.

Document 1 – Observation à l'œil nu d'un objet distant



Données :

- Pouvoir séparateur de l'œil de l'observateur : $\varepsilon = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad
- Pour des angles très petits, exprimés en radian : $\tan\theta \approx \theta$

Q1- Montrer que la valeur de l'angle θ lorsque l'observateur cherche à observer une pale de l'éolienne à l'œil nu est $2{,}3 \times 10^{-4}$ rad.

Q2- Indiquer si l'observateur parvient à discerner la pale de l'éolienne à l'œil nu.

Recours à une lunette afocale

Pour mieux discerner des objets distants, une des méthodes les plus simples est d'utiliser une lunette de visée, ou lunette afocale. Une telle lunette modifie le trajet des rayons issus des points A et B de sorte qu'ils parviennent à l'œil de l'observateur sous un nouvel angle θ' plus grand que l'angle θ initial. On appelle « grossissement » de la lunette, noté *G*, le rapport entre θ' et θ.

$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

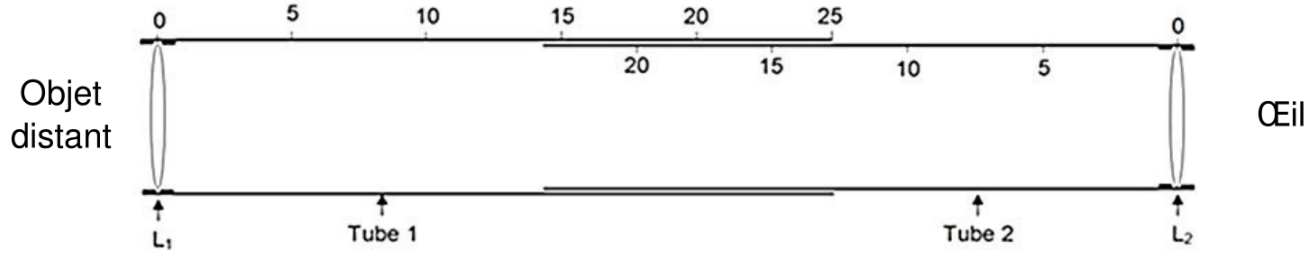
Le critère pour pouvoir distinguer les détails d'un objet éloigné au travers de la lunette afocale devient alors :

$$\theta' > \varepsilon$$

L'observateur souhaite fabriquer une lunette afocale pour pouvoir discerner les pales de l'éolienne. Pour cela, il a besoin de connaître la relation qui lie le grossissement de la lunette aux grandeurs caractéristiques des éléments qui la constituent.

Il choisit de réaliser la lunette en utilisant deux lentilles convergentes L_1 et L_2 fixées à l'extrémité de tubes pouvant coulisser l'un dans l'autre (voir document 2). La lentille L_1 est orientée vers l'objet distant que l'on veut observer et l'œil est positionné après la lentille L_2.

Document 2 – Schéma de la lunette astronomique artisanale (les graduations sont en centimètres)



Dans la suite, on étudie ce dispositif afin d'identifier comment positionner les lentilles pour assembler une lunette afocale, puis de caractériser le grossissement de la lunette obtenue.

Pour mener cette étude, on s'appuie sur le schéma de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE. Il s'agit d'un schéma de principe ; il n'est pas à l'échelle.

On note :

- F_1 , F_1' , F_2 et F_2' respectivement les foyers objets et images des lentilles L_1 et L_2.
- f_1' et f_2' les distances focales de ces lentilles.

Q3- Sur le schéma de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, associer aux lentilles les termes d'objectif et d'oculaire.

Le principe d'une lunette afocale est de former l'image à l'infini d'un objet situé à l'infini.

Q4- En expliquant le raisonnement suivi, indiquer comment doit être positionné le foyer objet de l'oculaire par rapport au foyer image de l'objectif pour former une lunette afocale.

Q5- Placer sur le schéma de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE les foyers F_2 et F_2' de la lentille L_2.

Q6- En déduire l'expression de la distance $d = O_1O_2$ devant séparer les lentilles L_1 et L_2, en fonction de f_1' et f_2', pour que la lunette soit afocale.

Pour déterminer l'expression du grossissement, on doit étudier le trajet de rayons provenant d'un point B lointain et hors axe optique.

Q7- Sur le schéma de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, tracer la marche des deux rayons lumineux issus du point B lointain au travers de la lunette, en faisant apparaître l'image intermédiaire A_1B_1 qui se forme dans la lunette.

Q8- Sur le schéma de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, positionner les angles θ et θ'.

Q9- En exploitant le schéma obtenu, montrer que le grossissement G peut être exprimé en fonction des distances focales des lentilles par la relation :

$$G = \frac{f_1'}{f_2'}$$

Pour assembler la lunette, l'observateur dispose d'un ensemble de lentilles dont les distances focales sont listées ci-dessous.

Données :

- Distances focales des lentilles disponibles :

  5,0 cm ; 10,0 cm ; 12,5 cm ; 20,0 cm ; 30,0 cm.

- Distance entre le lieu d'observation et la crête de l'Arcaja : D = 195 km
- Longueur d'une pale d'éolienne : L = 44 m
- Pouvoir séparateur de l'œil de l'observateur : $\varepsilon = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad

<u>Important - critère d'observation :</u>

On fixe comme critère que l'observateur pourra distinguer les pales « confortablement » si l'angle θ' est au-moins quatre fois plus grand que le pouvoir séparateur de l'œil nu.

Q10- Proposer un choix de lentilles pour l'objectif et l'oculaire permettant à l'observateur de distinguer confortablement les pales de l'éolienne.

Pour répondre à cette question, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et doit être correctement présentée.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Schéma de la lunette afocale

Indiquer la fonction de chaque lentille (objectif ou oculaire) dans les cadres sous les lentilles.

