

D'après l'approximation des petits angles, on a :

$$\theta = \frac{L}{2D}$$

Or on a aussi : $\theta = \frac{\lambda}{a}$

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$$

$$L = \frac{\lambda \times 2D}{a} = \frac{2D\lambda}{a}$$

2. Les points de graphique représentant L en fonction de $\frac{1}{a}$ sont alignés avec l'origine du repère ce qui traduit une situation de proportionnalité d'où l'expression : $L = k \times \frac{1}{a}$ où est le coefficient de proportionnalité ou le coefficient directeur de la droite.

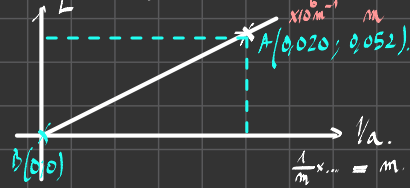
3. D'après 1. $L = \frac{2D\lambda}{a}$

$$L = 2D\lambda \times \frac{1}{a}$$

Par identification avec $L = k \times \frac{1}{a}$
 On a :

$$k = 2D\lambda$$

4. A l'aide du graphique, calculons d'abord k :



$$k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{0 - 0.052 \text{ m}}{0 - 0.020 \times 10^{-6} \text{ m}^{-1}}$$

$$k = 2.6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Or $k = 2D\lambda$

$$\lambda = \frac{k}{2D} = \frac{2.6 \times 10^{-6}}{2 \times 2.00} = 6.5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

5) $\theta_2 = \frac{\lambda}{a_2} = \frac{6.5 \times 10^{-7}}{150 \times 10^{-6}} = 0.0043 \text{ rad}$
 $= 4.3 \times 10^{-3}$

6) On remarque bien que :

$$\theta_1 = 1.7 \times 10^{-2} > \theta_2 = 4.3 \times 10^{-3}$$

7) $v_{\text{son}} = \lambda \times f$ $v_{\text{son}} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times \frac{1}{T}$

$$\lambda = \frac{v_{\text{son}}}{f}$$

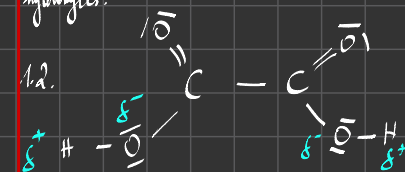
8) $\lambda_1 = \frac{v_{\text{son}}}{f_1} = \frac{340}{200} = 1.70 \text{ m}$

$$\lambda_2 = \frac{v_{\text{son}}}{f_2} = \frac{340}{100 \times 10^3} = 3.40 \text{ m}$$

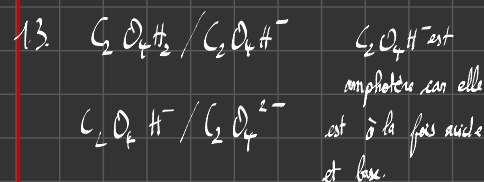
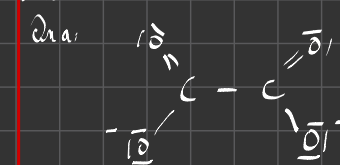
9. D'après la figure 1, on observe que sur la figure 1, il existe des zones d'ombre sur l'écran. Cela signifie que l'observateur n'entend pas certains sons.

L'observation de ce phénomène n'est possible qu'en C. De plus il entend moins bien les sons de haute fréquence donc de basse longueur d'onde. ($\lambda \approx 100 \text{ m}$) Or l'obstacle a bien une dimension du même ordre de grandeur que λ .

1.1 l'acide est une espèce chimique capable de céder au moins 1 proton H^+ . L'acide oxalique a un caractère diacide car il peut perdre deux protons H^+ des groupes hydrogènes.



$\chi(\text{O}) - \chi(\text{H}) \geq 0.4$, ce qui signifie que la liaison hydrogène est polaire. Ainsi cette liaison a tendance à se rompre en libérant un proton H^+ d'où le caractère acide.



**EXERCICE III – PHOTOGRAPHIE DE L'ÉTOILE ALBIRÉO AU TÉLESCOPE 200 MM
(10 points)**

Mots-clés : mesure et incertitudes, diffraction

Albiréo est une étoile double située dans la constellation du Cygne. À l'œil nu, on ne distingue qu'une seule étoile. Cependant, sur le cliché réalisé avec un télescope d'une focale de 200 mm (figure 1), les deux astres qui la constituent sont clairement visibles :

Albiréo A est de couleur jaune et Alibréo B, de couleur bleue.

Quatre lignes de lumière sous forme de croix de part et d'autre du centre des étoiles apparaissent sur la photographie de la figure 2. Elles sont appelées aigrettes et font apparaître des couleurs sur toutes leurs longueurs.

Dans cet exercice, on modélise au laboratoire les phénomènes à l'origine des aigrettes pour comprendre leur existence et les colorations qui apparaissent en s'éloignant du centre de l'étoile.



Figure 1. Albiréo A et Alibréo B, photographiées grâce à un télescope 200 mm.

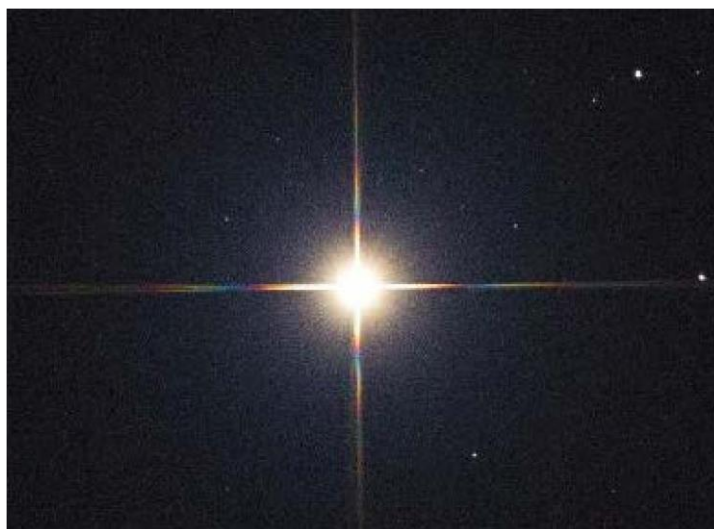


Figure 2. Coloration des aigrettes

Un télescope est un instrument d'optique qui permet d'agrandir la taille apparente des corps célestes. La lumière entre dans le télescope par l'ouverture puis est réfléchi par des miroirs avant l'observation. Une croix métallique, appelée araignée est placée à l'entrée du télescope : elle sert de support à l'un des miroirs de l'instrument (figure 3). L'image de l'astre observée est située à l'infini.



Figure 3. Araignée placée à l'ouverture d'un télescope

Selon le théorème de Babinet, la figure de diffraction de la lumière interceptée par un obstacle plan est identique à celle que l'on observe avec une ouverture complémentaire de cet objet, c'est-à-dire obtenue en découpant et ôtant la forme de l'obstacle dans une plaque.

Au laboratoire, un faisceau laser monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 650 \text{ nm}$ traverse une fente verticale, de largeur a , derrière laquelle est placé, à la distance D de la fente, un écran recouvert de papier millimétré. Le montage est représenté ci-contre (figure 4) tandis que la figure de diffraction obtenue sur l'écran est ci-dessous (figure 5).

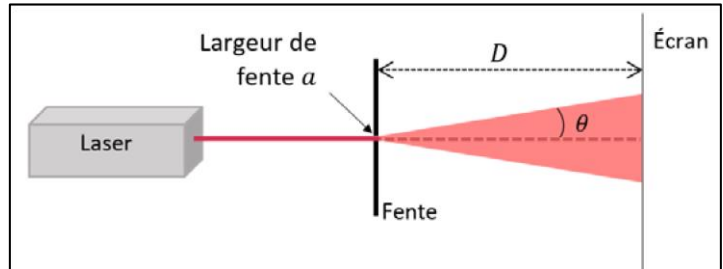


Figure 4. Montage réalisé pour l'expérience



Figure 5. Figure obtenue sur l'écran pour une lumière de longueur d'onde $\lambda = 650 \text{ nm}$.

1. Préciser la nature du phénomène observé sur l'écran et les conditions d'observation.

Données :

- longueur d'onde de la lumière laser : $\lambda = 650 \text{ nm}$ connue avec une incertitude-type $u(\lambda) = 10 \text{ nm}$;
- distance entre la fente et l'écran : $D = 60 \text{ cm}$ mesurée avec une incertitude-type $u(D) = 2 \text{ cm}$;
- largeur de la tache centrale notée L , l'incertitude associée est $u(L) = 0,6 \text{ mm}$.
- sur les figures 5 et 6, deux divisions verticales épaisses successives sont espacées de 1 cm et deux divisions fines de 1 mm (papier millimétré).

2. En s'appuyant sur la figure 5, calculer la valeur de la largeur de la fente a . On considère que l'angle caractéristique de diffraction θ est suffisamment faible et en radians pour que l'on puisse faire les approximations suivantes $\theta \approx \sin \theta \approx \tan \theta$.

L'incertitude-type associée à a est donnée par la relation

$$u(a) = a \cdot \sqrt{\left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2}$$

Le fabricant de la fente indique sur son catalogue que la valeur de la largeur est : $a_{\text{ref}} = 40 \mu\text{m}$.

3. Calculer l'incertitude-type sur a . Commenter la valeur de a obtenue à la question précédente à l'aide du rapport $\frac{|a_{\text{mes}} - a_{\text{ref}}|}{u(a)}$.

4. Proposer une explication à l'apparition des aigrettes sur la photo de l'étoile double Albiréo.

On recommence l'expérience précédente avec un laser de longueur d'onde $\lambda' = 405 \text{ nm}$; tous les autres paramètres de l'expérience restent inchangés. La figure qui apparaît sur l'écran est reproduite sur la figure 6.

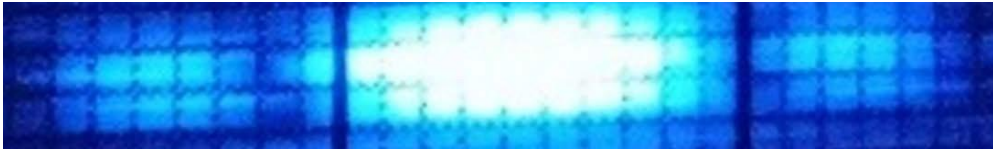


Figure 6. Figure obtenue avec une lumière de longueur d'onde $\lambda' = 405 \text{ nm}$

5. Prévoir, à l'aide d'un calcul, la nouvelle largeur L' de la tache centrale obtenue sur l'écran dans ces conditions et confronter ce résultat à celui mesuré sur la figure 6.
6. En s'appuyant sur les questions précédentes et le spectre de l'étoile Albiréo A (figure 7), expliquer le phénomène d'apparition de la coloration des aigrettes sur les photos des étoiles.

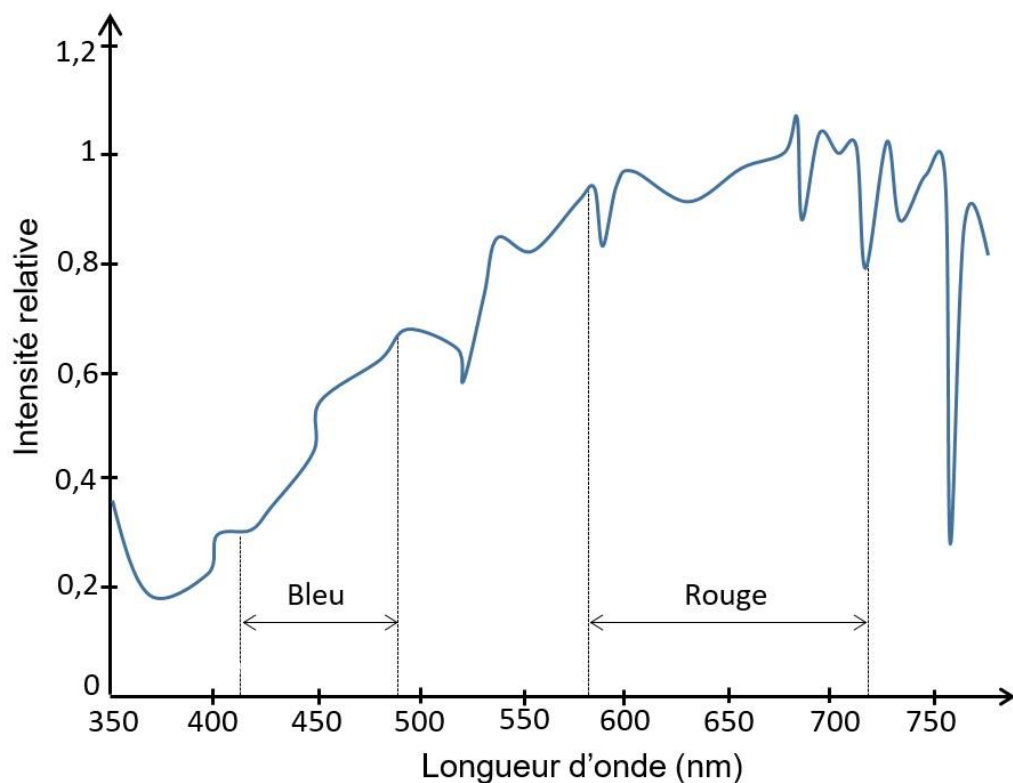
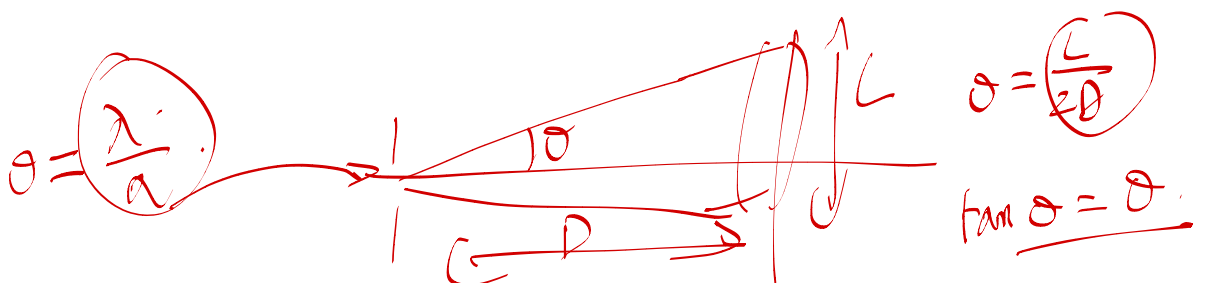


Figure 7. Spectre de l'étoile Albiréo A. Intensité relative en fonction de la longueur d'onde.



Diffraction : changement de direction de propagation de la lumière lorsqu'elle rencontre un petit obstacle ou une petite fente

EXERCICE C - ACOUSTIQUE D'UNE SALLE (5 points).

Mots-clés : ondes lumineuses et sonores, angles caractéristiques de diffraction

Dans les salles de spectacle, il existe des places appelées « places aveugles ». Installé à ce type de place, un élève se rend compte que la qualité sonore du concert ne le satisfait pas.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la diffraction des ondes lumineuses puis de montrer comment le phénomène de diffraction des ondes sonores permet de retrouver l'emplacement de l'élève dans la salle.

Étude de la diffraction des ondes lumineuses

En rentrant du concert, l'élève consulte une activité expérimentale sur la diffraction des ondes lumineuses dont voici un extrait : « On dispose d'un laser de longueur d'onde inconnue λ face à une fente de largeur a réglable et d'un écran situé à une distance D égale à 2,00 m de la fente. On observe sur l'écran une figure de diffraction de tâche centrale de largeur L . Le schéma de la figure 1 modélise le montage réalisé. »

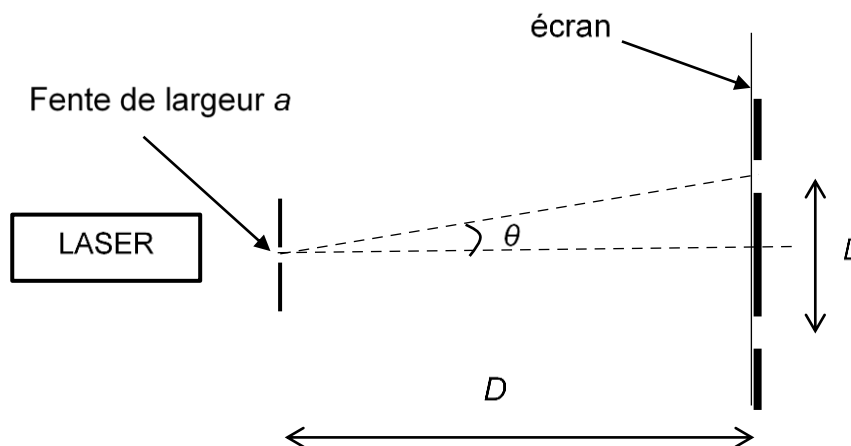


Figure 1. Schéma du montage expérimental

L'angle caractéristique de diffraction θ , en radian, a pour expression : $\theta = \frac{\lambda}{a}$. L'angle θ étant petit, on peut considérer que la valeur de la tangente de l'angle θ est égale à l'angle θ : $\tan \theta = \theta$.

1. Montrer que la largeur L de la tâche centrale de diffraction a pour expression :
- $$L = \frac{2\lambda D}{a}.$$

Lors de l'activité expérimentale, des mesures de la largeur L de la tâche centrale de diffraction sur l'écran ont été effectuées en faisant varier la taille a de la fente. L'élève a ensuite obtenu le graphique de la figure 2.

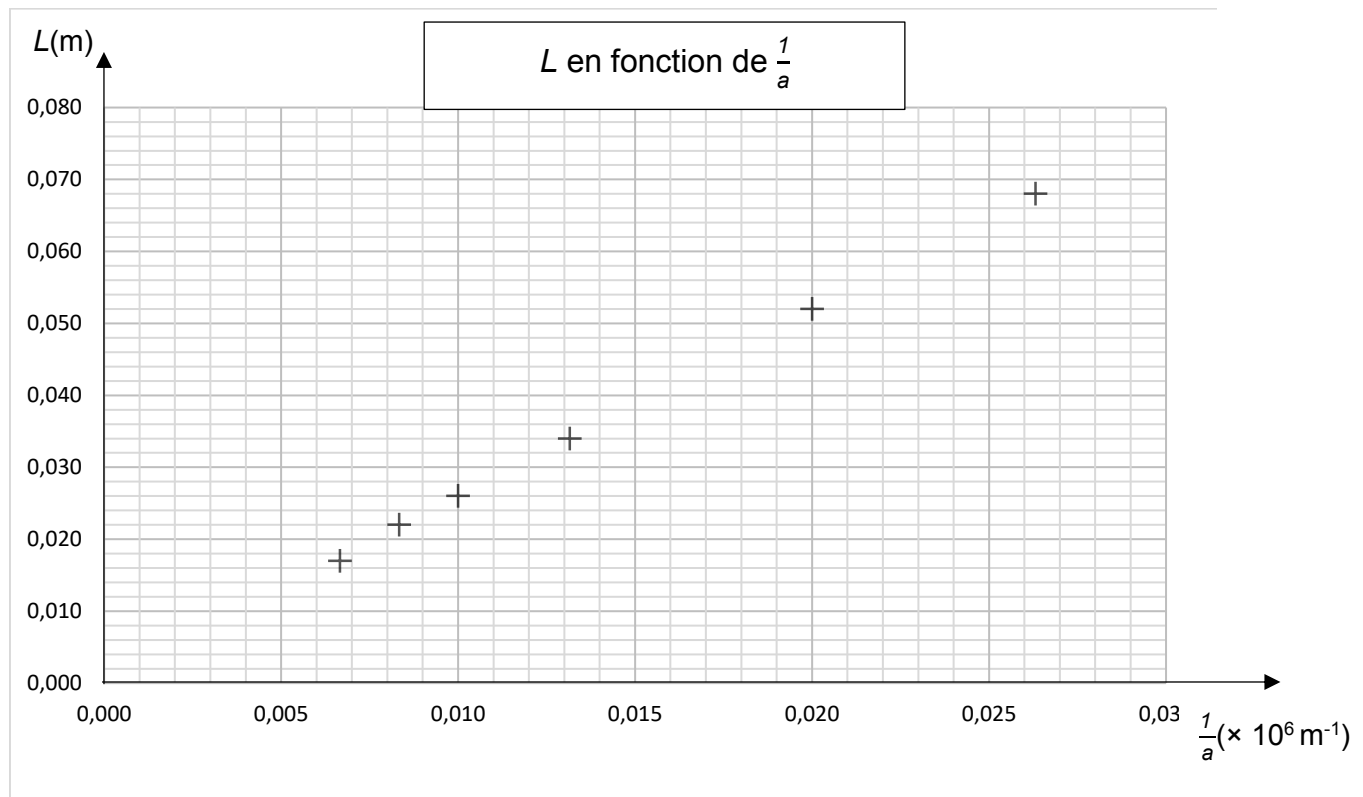


Figure 2. Graphique représentant la largeur de la tâche centrale L en fonction de $\frac{1}{a}$

- À l'aide de la figure 2, montrer que la relation entre L et $\frac{1}{a}$ est du type $L = k \times \frac{1}{a}$.
- En utilisant la relation donnée question 1. indiquer l'expression de k en fonction de λ et D .
- Montrer que la valeur de la longueur d'onde λ est égale à $6,5 \times 10^{-7} \text{ m}$.

La valeur de l'angle θ_1 correspondant à la fente de largeur $a_1 = 38 \text{ } \mu\text{m}$ est égale à $1,7 \times 10^{-2} \text{ rad}$.

- Déterminer la valeur de l'angle θ_2 , en radian, correspondant à la fente de largeur a_2 égale à $150 \text{ } \mu\text{m}$.
- En déduire que la diffraction est la plus marquée pour la fente de largeur a_1 .

Étude de la diffraction des ondes sonores

On rappelle que les caractéristiques de diffraction des ondes sont les mêmes pour les ondes lumineuses et les ondes sonores.

Lors du concert, l'élève constate qu'il perçoit mieux les sons graves de fréquence f_1 égale à 200 Hz que les sons aigus de fréquence f_2 de valeur $1,00 \text{ kHz}$.

Donnée :

➤ Vitesse du son dans l'air à la température de 20°C : $V_{\text{son}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

7. Exprimer la longueur d'onde λ d'une onde sonore en fonction de la vitesse du son V_{son} et de sa fréquence f .
8. Montrer que les longueurs d'onde λ_1 et λ_2 correspondant aux sons de fréquence f_1 et f_2 ont pour valeurs $\lambda_1 = 1,70 \text{ m}$ et $\lambda_2 = 0,340 \text{ m}$.

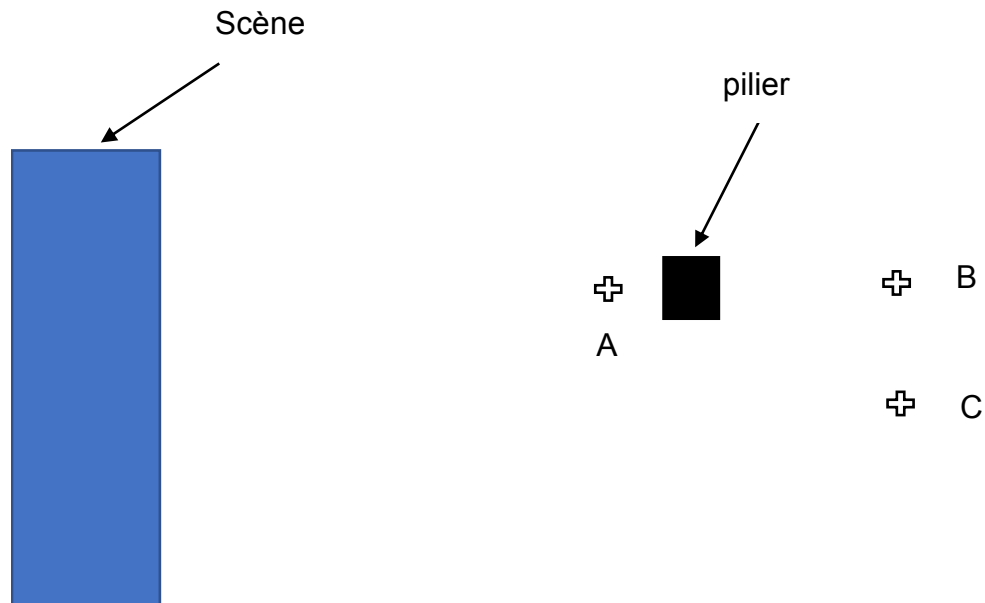


Figure 3. Schéma de la situation

La figure 3 ci-dessus représente la scène, un pilier de largeur voisine de 70 cm et les positions possibles de l'élève lors du concert, repérées par les lettres A, B et C. On admettra que la diffraction par le pilier est identique à celle créée par une fente de même largeur.

9. En se référant à la figure 1 et à la réponse apportée à la question 8, choisir, en justifiant qualitativement, parmi les positions A, B ou C celle qui correspondrait le mieux à la situation décrite par l'élève lors du concert.