

Lames Séparatrices : Fantômes et Spectres

Corrigé

1 Les fantômes de Pepper

1. (a) (1.5 points) L'image P'_2 de P_2 à travers le miroir plan formé par la lame S s'obtient en traçant le symétrique axial de P_2 par rapport à S . Voir la figure 1 (traits de construction en vert).
(b) (1 point) D'après le tracé de la question précédente, P'_2 se trouve bien dans le champ de vision de la caméra. Le moyen le plus simple pour tracer un rayon partant du personnage P_2 et atteignant C après réflexion sur S est de commencer par tracer le "rayon" entre l'image P'_2 et C (traits de construction en rouge). La portion de ce rayon située entre P'_2 et S est virtuelle, et intersecte S au point r (trait pointillé). La portion allant de r à C est réelle, et correspond à la partie réfléchie du rayon (trait plein). Il suffit ensuite de tracer le rayon entre P_2 et r pour compléter le trajet du rayon réel.
2. (a) (1 point) Si $R = 1$, la lame séparatrice réfléchit toute la lumière et n'en transmet aucune : la caméra ne voit pas P_1 , mais seulement P'_2 . Si $R = 0$, alors la lame séparatrice est parfaitement transparente, et la caméra ne voit que P_1 .
(b) (1 point) Cela signifie que la quantité de lumière réfléchie est proportionnelle au coefficient R . Dit autrement, c'est une fonction affine de R : si l'on note Q_L la quantité de lumière réfléchie, alors on a $Q_L(R) = aR + b$, avec a et b les coefficients de la droite représentant la pente et l'ordonnée à l'origine. Comme on a $Q_L(0) = 0$ on en déduit que $b = 0$. La séparatrice réfléchit donc la moitié de la lumière incidente pour $R = 1/2$.
NOTE : Mettre les points même si le candidat n'explicite pas les coefficients a et b .
(c) (1 point) Si $R = 1/2$, alors la séparatrice réfléchit autant de lumière qu'elle n'en transmet, et donc P'_2 et P_1 apparaîtront avec le même niveau de transparence. Pour que P'_2 apparaisse comme un fantôme translucide aux côtés de P_1 , il faut qu'il y ait moins de lumière réfléchie que transmise vers la caméra. On peut par exemple prendre $R = 0.2$.
NOTE : On accepte toute valeur inférieure à 0.5, tant qu'elle est justifiée.
3. (0.5 points) Si l'angle i augmente, alors par symétrie axiale (cf question 1(a)) on voit que P'_2 va se déplacer vers la gauche du cadre, et vers l'arrière plan.

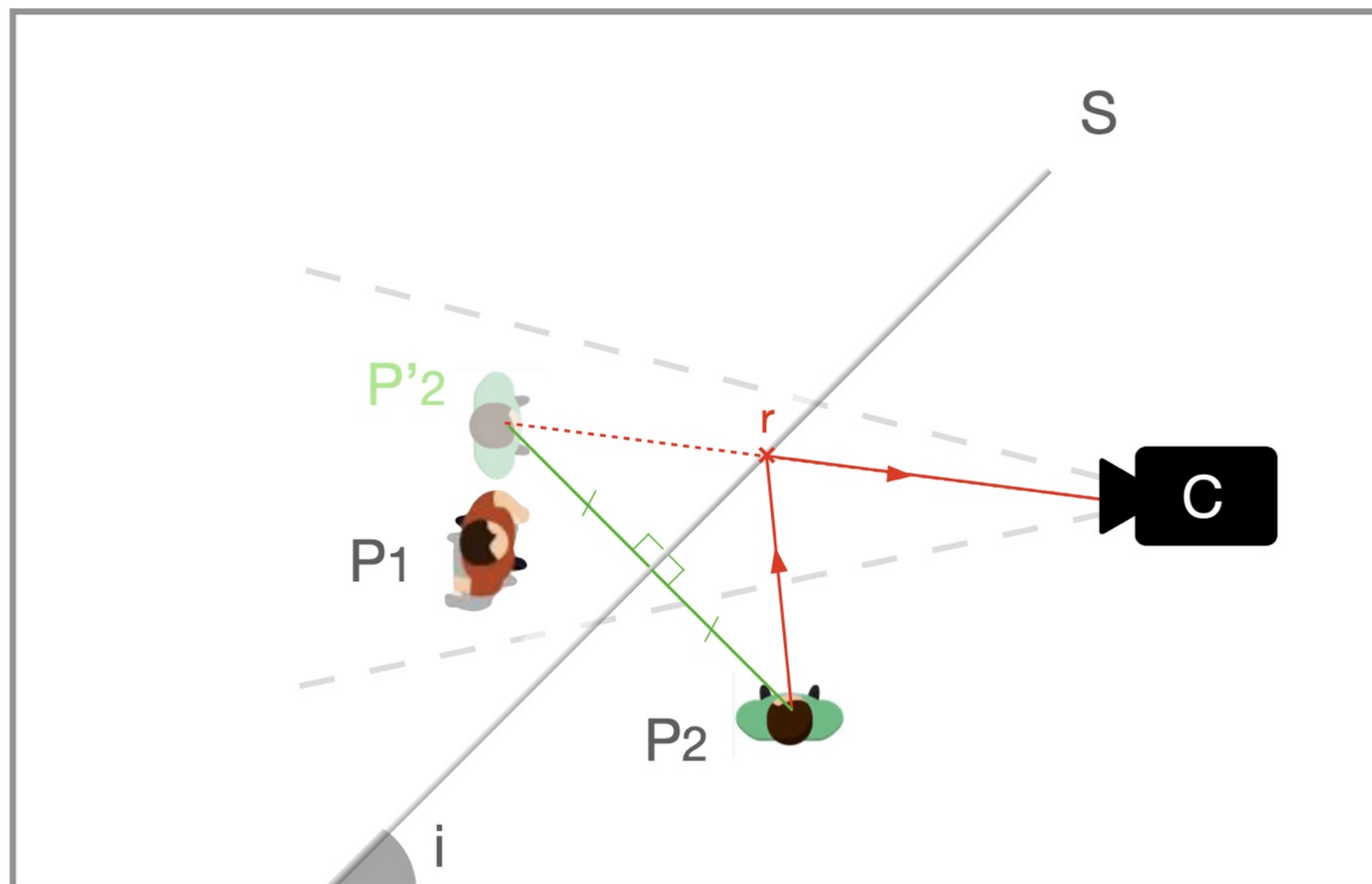


FIGURE 1 – Configuration du plateau de tournage vu de haut, avec C la caméra, P_1 et P_2 les personnages et S la lame séparatrice. L'angle que forme S avec le mur est noté i .

2 Fond jaune

1. (a) (0.5 points) Physiquement, la lumière peut soit être décrite comme une onde électromagnétique (vision ondulatoire), soit comme un flux de particules qu'on appelle "photons" (vision corpusculaire).
- (b) (1 point) Dans la description ondulatoire, la couleur de la lumière correspond à sa longueur d'onde, c'est-à-dire à la période d'oscillation spatiale du champ électromagnétique. Par exemple, une onde plane monochromatique de longueur d'onde 800nm correspond à une lumière de couleur rouge.
2. (a) (0.5 points) L'unité de la grandeur en abscisses de la figure 3 est le "nm", ce qui signifie "nanomètre", soit un milliardième de mètre (10^{-9}m).
- (b) (1 point) L'axe des abscisses ne couvre pas tout le spectre de la lumière visible, qui s'étend grosso-modo de 400nm à 800nm.
- (c) (0.5 points) Sur la figure 3, on voit que le spectre de la lampe à vapeur de sodium qui éclaire le fond est très piqué, ce qui signifie que le fond apparaîtra d'une seule couleur. Ce pic est situé entre 575nm et 590nm, ce qui correspond au domaine du jaune.

NOTE : même si le candidat n'a qu'une vague idée des domaines spectraux, il peut déduire que cette plage correspond au jaune grâce aux différents éléments de contexte du sujet.

3. (a) (2 points) D'après la courbe du coefficient de réflexion (figure 3(d)), la séparatrice réfléchit la quasi-totalité de la lumière correspondant au pic d'émission de la lampe à vapeur de sodium. La couleur jaune du fond ne sera donc pas transmise par la séparatrice, contrairement au reste du spectre (large) qui éclaire le personnage. Par conséquent, le fond apparaîtra entièrement noir à la caméra C_1 , qui voit l'image correspondant à la figure 2(d). La caméra C_2 , au contraire, ne voit que les composantes jaunes de la scène qui sont réfléchies par la séparatrice. Elle voit donc essentiellement le fond, et la composante jaune de la lampe à LED éclairant le personnage. Cela correspondant à la figure 2(c)
- (b) (2 points) TYPE DE REPONSE COURTE VALANT 1 POINT : On voit bien que l'intérêt de cette technique est de séparer l'image du fond (caméra C_2) et l'image du personnage (caméra C_1). On peut donc exploiter cette séparation des images pour incruster le personnage dans un décor arbitraire.
 REPONSE PLUS PRECISE VALANT 2 POINTS : L'image obtenue par la caméra C_2 peut être utilisée pour obtenir un masque sombre délimitant les contours du personnage. En superposant ce masque sur un décor arbitraire, on obtient une "ombre" du personnage dans ce décor. Il ne reste plus qu'à ajouter l'image obtenue par C_1 , pour venir combler cette "ombre", sans affecter le décor en arrière-plan, et sans que les images du personnage et du décor ne se mélangent.
4. (a) (1 point) D'après la figure 3(c), la lampe à vapeur de sodium haute pression émet un spectre large en longueur d'onde. Si on s'en sert pour éclairer le fond, une grande partie de cette lumière sera transmise par S au lieu d'être réfléchi, ce qui rendra impossible de séparer les images du personnage et du fond. La lampe à vapeur de sodium haute pression n'est donc pas adaptée.
- (b) (0.5 points) Pour l'éclairage public, on va favoriser des lampes avec un spectre large, pour se rapprocher d'un éclairage blanc. Voilà pourquoi, dans ce cas, on préférera les lampes à vapeur de sodium à haute pression par rapport aux lampes à basse pression.

3 Fond jaune : la caméra

1. (a) (1.5 points) La barre verticale indique que l'on travaille avec des distance algébriques. Cela signifie que la distance $\overline{OP}$ est comptée positivement si la lumière se propage de O vers P , et négativement sinon. Dans notre cas, la lumière part du personnage vers la caméra : elle se propage de P vers O (vers la droite), et donc $D = \overline{OP} < 0$. L'image P' du personnage va se former derrière l'objectif (à droite de O) car ce dernier est un système convergent, on a alors $d = \overline{OP'} > 0$. De même, on a $L > 0$ et $l > 0$.
- (b) (1 point) Relation de conjugaison des lentilles minces avec origine au centre : $\frac{1}{OP'} -$

$\frac{1}{\overline{OP}} = \frac{1}{f'}$, et donc avec les notations de l'énoncé : $\frac{1}{d} - \frac{1}{D} = \frac{1}{f'}$.

- (c) (1 point) Pour que l'image P' du personnage se forme sur la pellicule, il faut satisfaire : $\overline{OP'} = \overline{ON_1} \iff \overline{OP'} = \overline{OM} + \overline{MN_1} \iff d = L + l$
- (d) (0.5 points) Il faut écrire un code qui calcule d en fonction de D et f' (question 1.(b)), puis qui vérifie que $d = L + l$ (question 1.(c)). Voir un exemple de réponse ci-dessous.

```
def Image_sur_pellicule(fprime,D,L,l):  
    d = 1/((1/fprime)+1/D) #où se forme l'image? (question 3.1.b)  
    if d==L+l: #l'image est-elle sur la pellicule? (question 3.1.c)  
        return 1  
    else:  
        return 0
```

2. (1 point) Une séquence de 5s avec 24 images par seconde correspond à un nombre d'images $N_i = 5 \times 24 = 120$. Le format de pellicule impose une longueur d'image $l_i = 37\text{mm}$, donc la taille d'un ruban de pellicule est de $N_i \times l_i = 4440\text{mm}$. Mais comme cette caméra utilise deux rubans à la fois, alors la longueur totale de ruban nécessaire est $4440 \times 2 = 8880\text{mm}$, soit 8m et 88cm.

NOTE : Mettre la moitié des points si le calcul est correct, mais que le candidat oublie la facteur 2 final.