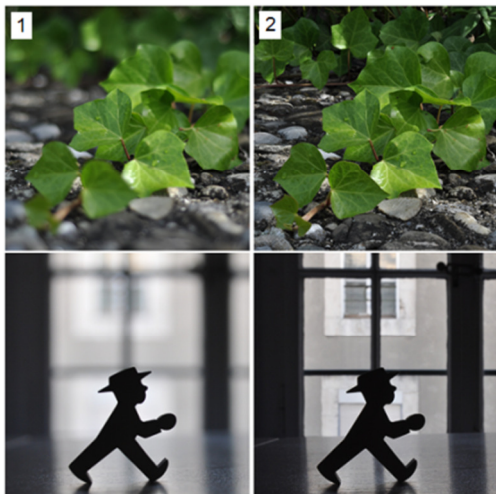


## Prises de vues : complément sur l'approche documentaire

*Diverses questions sont proposées, mettant en jeu les connaissances présentées en approche documentaire.  
Examinez les photographies fournies, et répondez aux questions.*



1. les deux images de gauche ont été réalisées avec une grande ouverture ( $f/2.8$ ) et ont une petite profondeur de champ
2. les deux images de droite ont été réalisées avec une petite ouverture ( $f/16$ ) et ont une grande profondeur de champ

### 1. Exposition :

Deux photographies (1) et (2) sont prises avec la même focale  $f$ , et des nombres d'ouverture  $N$  de valeurs respectives 2,8 et 16.  $N$  est défini comme le rapport  $N = f/D$  où  $D$  est le diamètre d'ouverture de l'appareil.

Les deux photos sont identiquement exposées pour des durées d'exposition  $\tau$  respectives  $1/125$  s et  $1/4$  s. Quelle est la relation entre  $\tau$  et le diamètre d'ouverture  $D$  ? En déduire que la quantité  $\tau/N^2$  gardera ici une valeur quasiment constante. Vérifier numériquement.

*Informations : l'onde lumineuse se caractérise par son éclairement  $E$ , qui est une puissance surfacique (puissance par unité de surface). La qualité de l'exposition est déterminée par l'énergie reçue par pixel lors de la prise de vue. Celle-ci est proportionnelle à la puissance lumineuse qui pénètre dans l'appareil et se répartit sur le capteur, et à la durée d'exposition.*

### 2. Profondeur de champ et diaphragme d'ouverture :

Dans les conditions présentées au (1°), on remarque que l'arrière-plan sur la photo (1) est flou tandis qu'il est net sur la photo (2°).

Expliquer ce résultat par un schéma, en considérant un point objet  $A$  sur lequel la mise au point est parfaite et un point-objet  $B$  situé derrière  $A$  (c'est à dire plus éloigné de l'appareil). On note  $\delta$  le diamètre de la tache-image formée par  $B$ .

A quelle condition l'image  $B'$  de  $B$  pourrait-elle apparaître nette ? Où se forme l'image  $A'$  de  $A$  ? La photographie a été prise à une distance de 1,50m avec une focale  $f = 35$  mm. Montrer que l'on peut considérer que  $OA' \approx f$ .

Expliquer qualitativement ce qui se passe si  $B$  s'éloigne de  $A$  (en s'éloignant de l'objectif). Comment  $B'$  se déplace-t-il ? Quelle conséquence visible cela donne-t-il sur les photos ?

Etablir la relation reliant  $\delta$ ,  $D$  et les distances  $B'A'$  et  $OB'$ ,  $O$  étant le centre optique de l'objectif.

Commenter le résultat, en particulier la relation existant entre  $D$  et  $\delta$ . Comment  $D$  influencera-t-il la profondeur de champ ?

### 3. Diffraction :

Le phénomène de diffraction est-il susceptible de limiter la netteté de l'image pour une faible ouverture du diaphragme ( $N = 16$ ) ?

Indications : focale  $f'$  de l'objectif = 35 mm ; longueur d'onde moyenne du visible :  $\lambda = 550 \text{ nm}$  ; une pupille circulaire met en jeu un angle caractéristique de diffraction  $\theta \approx 1,22\lambda / D$ .

Le capteur CCD est un rectangle de 24 mm x 36 mm comportant 15 Mpixels. Evaluer un ordre de grandeur de la taille des pixels du capteur CCD.

#### 4. Influence de la focale sur le champ angulaire et sur la profondeur de champ :

Deux photos d'une même scène sont prises toutes les deux du même endroit en faisant la mise au point sur le personnage, respectivement avec un objectif grand angle  $f' = 28 \text{ mm}$  et avec un téléobjectif de focale  $f' = 200 \text{ mm}$ .

Le nombre d'ouverture est identique pour les deux.



Courte focale (28 mm)  
Grande profondeur de champ



Longue focale (200 mm)  
Peu de profondeur de champ

Photos prises avec la même valeur de diaphragme et du même point de vue.

- 1) Quel constat fait-on quant aux champs angulaires des deux clichés ?
- 2) On envisage, pour simplifier le problème, le cas d'une mise au point sur l'infini (sur les photos, cette mise au point était à une distance relativement grande, mais pas à l'infini). Evaluer **l'angle d'ouverture du champ de vision**  $\alpha$ , dans un plan horizontal, sur le cas des deux objectifs étudiés.

Le capteur CCD est un rectangle de 36 mm x 24 mm.

- 3) La mise au point étant à distance finie, expliquer qualitativement, par un schéma, pourquoi la profondeur de champ est plus grande pour la focale de 28 mm que pour la focale de 200 mm. Un calcul complet de la profondeur de champ  $Z$ , qui n'est pas demandé ici, fournit l'expression :

$$Z = \frac{2\delta L^2 D f'}{(D f')^2 - (\delta L)^2}$$

Où  $D$  est le diamètre du diaphragme,  $f'$  la focale,  $\delta$  la taille maximale de la tache-image acceptable comme nette et  $L$  la distance entre la position de mise au point et le centre de l'objectif.

Montrer que pour la valeur de nombre d'ouverture  $N = 5,6 = f' / D$  et avec  $\delta = 10 \mu\text{m}$ , l'approximation  $D f' \gg \delta L$  est valide pour  $L = 10 \text{ m}$ . En déduire alors l'expression approchée de  $Z$ , calculer numériquement  $Z$  et commenter ces résultats.

#### 5. Prise de vue en hyperfocale :

La mise au point est faite à l'infini. On cherche la position d'un point objet  $H$  de l'axe optique produisant sur le capteur une tache de diamètre  $\delta_{\text{max}}$  acceptable.

Exprimer  $\delta_{\text{max}}$  en fonction du diamètre  $D$  du diaphragme et des positions  $\overline{F'H'}$  et  $\overline{OH'}$  de l'image géométrique de  $H$  par rapport au foyer  $F'$  et au centre  $O$  de l'objectif.

En déduire la **distance hyperfocale**  $h$ , définie comme la distance minimale à laquelle des objets situés devant l'objectif vont avoir une image nette.

Cette propriété permet de concevoir des appareils très simples sans mise au point : ils prendront des photographies nettes dans l'intervalle situé de  $h$  à l'infini.

Calculer cette distance hyperfocale  $h$  pour  $f' = 3,85 \text{ mm}$  avec  $N = 2,8$  et  $\delta_{\text{max}} = 15 \mu\text{m}$  (smartphone).

Remarque : sur des appareils plus perfectionnés, la mise au point sur la distance hyperfocale, préalablement située par l'opérateur à l'aide d'une mise au point à l'infini, permet d'optimiser ensuite la profondeur de champ sur le cliché.