Correction du DM2 de sciences physiques

Exercice 1 : Quelques propriétés de l'air et de l'eau

A - L'air

1) Compte tenu de la composition de l'air, on peut dire que :

$$M_{air} = 0,8M_{N_2} + 0,2M_{O_2} = 0,8 \times 28 + 0,2 \times 32 = 28,8g/mol$$

Pour trouver la masse volumique de l'air, on utilise la loi des gaz parfaits :

$$PV = nRT = \frac{m}{M_{air}}RT$$

D'où :

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{PM_{air}}{RT} = \frac{1,013.10^5.28,8.10^{-3}}{8,31.298} = 1,18kg/m^3.$$

(on remarque que l'air est environ mille fois moins dense que l'eau dont la densité est de $1000kg/m^3$)

2) Pour une pièce de 3 m de haut, 5 m de long et 5 m de large, le volume vaut : $V = 3 \times 5 \times 5 = 75m^3$. D'où une masse totale d'air : $m_{air} = \rho V = 88,4kg$, soit un nombre de moles : $n_{air} = \frac{m_{air}}{M_{air}} = 3,1.10^3 mol$, d'où un nombre de molécules : $N_{air} = n_{air} \times N_A = 3,1.10^3 \times 6,02.10^{23} \simeq 1,8.10^{27}$ molécules.

3) Selon Wikipédia, le volume d'eau de la méditerranée est $V_m = 3,75.10^6 km^3 = 3,75.10^{15}m^3$.
On en déduit le nombre de gouttes d'eau qu'elle contient :

$$N_{gouttes} = \frac{V_m}{V_{goutte}} = \frac{3,75.10^{15}}{0,05.10^{-6}} = 7,5.10^{22}\ gouttes$$

Il y a donc environ 20000 fois plus de molécules d'air (O_2 ou N_2) dans la pièce que de gouttes d'eau dans la méditerranée !

4) Considérons que les molécules sont toutes séparées de la même distance d et rangées périodiquement (ce qui n'est bien sûr pas le cas pour un gaz : les molécules sont réparties aléatoirement et d n'est qu'une moyenne) :

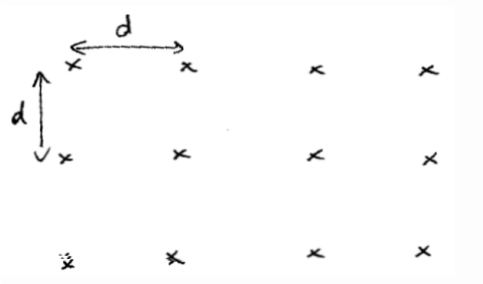

FIGURE 1 – Modélisation du gaz

On a donc : $V_{total} = N \times d^3$ où N est le nombre total de molécules : $N = n \times N_A$ où n est le nombre de moles : $n = \frac{m}{M_{air}}$.

On a donc $V = \frac{m}{M_{air}}.N_A.d^3$, d'où $d = \sqrt[3]{\frac{\rho M_{air}}{N_A}} \simeq 4nm$, soit une dizaine de fois le diamètre d'une molécule.

B - L'eau

a) On lit directement sur le diagramme de phase de l'eau que :

- À 0,1 bar, l'eau bout environ à $50°C$
- À 1 bar, l'eau bou à $100°C$ (comme tout le monde le sait)
- À 10 bar, l'eau bout environ à $175°C$

b) Quand la température atteindra $-20°C$, la glace va se sublimer, c'est à dire qu'elle deviendra directement gazeuse (sans passer par l'état liquide)

c) Quand la pression atteindra 1 bar, la vapeur va se liquéfier, puis, quand la pression atteindra eviron 20 kbar, l'eau va se solidifier.

d) Cette propriété s'appelle l'allotropie.

Exercice 2 : la cascade de Yellowstone

Dans un premier temps, déterminons la taille h de l'image de la cascade qui s'est formée sur le capteur CMOS de l'appareil photo numérique. Il suffit pour cela d'utiliser une "règle de 3" : la hauteur totale de la photo (sur le papier) fait 8,3 cm, ce qui correspond à une dimension de 14,9 mm sur le capteur. Le facteur d'agrandissement entre le capteur et la photo telle qu'elle apparaît dans l'énoncé est donc de $83/14,9 = 5,57$.

Ainsi, puisque la cascade mesure environ 5,5 cm sur la photo, on en déduit que son image sur le capteur mesurait : $h = 5,5/5,57 \simeq 0,99cm$.

De plus, on déduit de la figure 2 (en utilisant l'échelle) que la photo a été prise à une distance $D \simeq 1380m$ de la cascade. Cette distance étant très largement supérieure à la focale de l'appareil, on en déduit que la cascade peut-être considérée comme un objet à l'infini et donc que le capteur CMOS était situé dans le plan focal image de l'objectif lorsque la photo a été prise (donc a une distance $f' = 135\ mm$ de celui-ci).

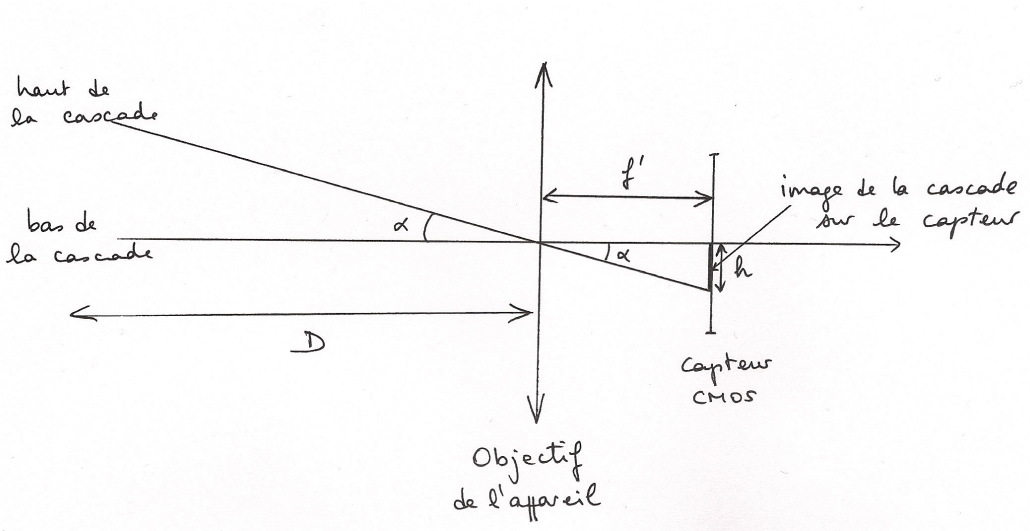

FIGURE 2 – Cascade et son image sur le capteur de l'appareil photo

On en déduit le diamètre apparent α de la cascade vue depuis l'objectif (voir figure 2) : $\alpha = \frac{h}{f'} = 7,3.10^{-2} rad$ (en utilisant l'approximation des petits angles).
On en déduit enfin la taille réelle H de la cascade, puisque $\alpha = \frac{H}{D}$ donc $H = D \times \alpha \simeq 100m$.

Remarque : Sur Wikipedia, on peut lire que la cascade fait 94 m de haut. Notre résultat est donc tout à fait satisfaisant (d'autant plus que la hauteur de la cascade n'est pas facile à mesurer car on ne sait pas vraiment où est le bas à cause des projections d'eau).

Exercice 3 : Etude d'un appareil photographique numérique

Question 1 :

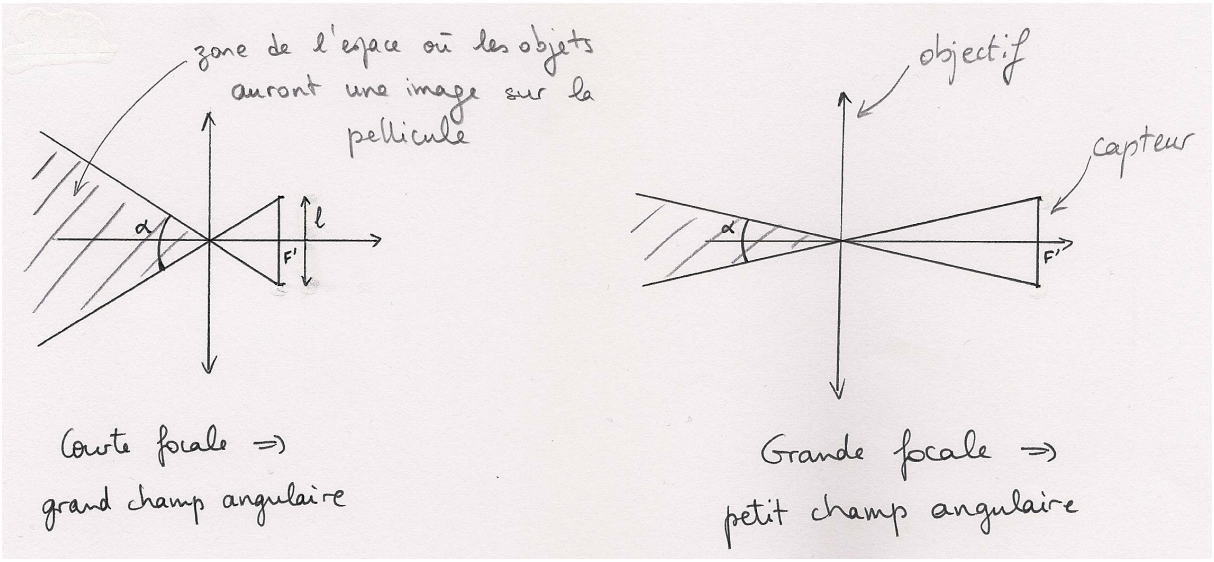

FIGURE 3 – Illustration de l'influence de la focale sur le champ angulaire

On voit sur le schéma que le champ angulaire α est donné par :

$$\tan(\frac{\alpha}{2}) = \frac{l}{2f'}$$

Donc :

$$\alpha = 2\arctan(\frac{l}{2f'})$$

Ainsi, plus la focale f' est petite, plus le champ angulaire est grand.

Etudions à présent l'influence de la focale sur la taille des images.

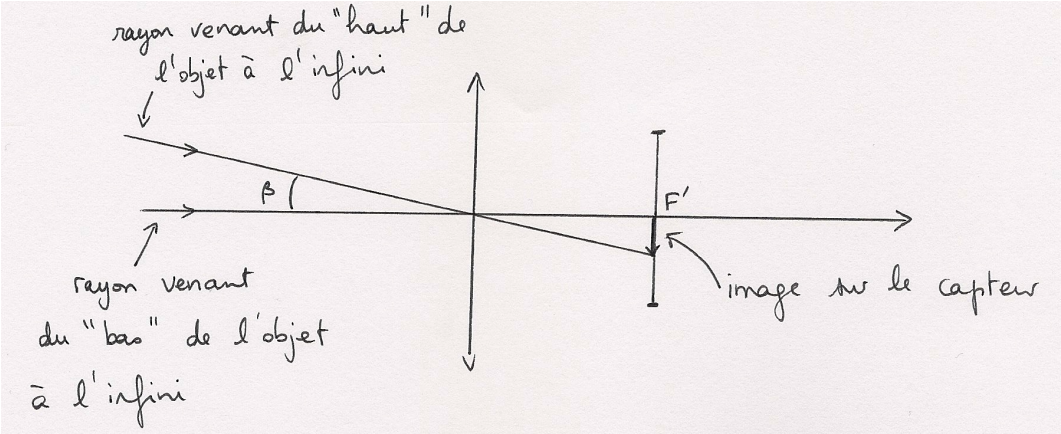

FIGURE 4 – Illustration de l'influence de la focale sur la taille des images

On voit que sur le schéma que pour un objet à l'infini de taille angulaire β, la taille de l'image sur la pellicule sera donnée par :

$$h = f' \times \tan(\beta)$$

Ainsi, l'image apparaît d'autant plus grande que la focale est grande.

Conclusion : Plus la focale utilisée est grande, plus les objets sont grossis mais plus le champ angulaire est petit.

On utilisera donc une courte focale lorsqu'on veut avoir un grand champ mais qu'on ne veut pas voir les objets en détail (par exemple pour une photo de paysage, ou une photo panoramique) et on utilisera au contraire une grande focale lorsqu'on veut "zoomer" sur un objet (par exemple pour prendre la photo d'un animal au loin).

Question 2 :

On voit que :

- si la durée d'exposition est trop grande, la photo est trop claire (on dit qu'elle est *surexposée*) car le capteur a reçu trop de lumière
- si la durée d'exposition est trop courte, la photo est trop sombre (on dit qu'elle est *sous-exposée*) car le capteur n'a pas reçu assez de lumière.

La luminosité de la photo dépend également de l'ouverture du diaphragme puisque, bien évidemment, plus le diaphragme est ouvert, plus le capteur recevra de lumière. Ainsi, si on augmente l'ouverture du diaphragme, il faut penser à diminuer la durée d'exposition (on verra cela plus précisément à la question 4).

Question 3 :

Quand la durée d'exposition est grande, le capteur reçoit la lumière pendant un temps assez long et un objet qui se déplace va donc former plusieurs images sur le capteur, ce qui conduit à des effets de "flou" ou à des trainées lumineuses (comme on le voit sur la photo avec les phares de voiture).

Si on veut éviter cet effet quand on prend en photo des objets en mouvement, il faut diminuer la durée d'exposition (quitte à augmenter la sensibilité ISO ou l'ouverture du diaphragme pour que la photo ne soit pas trop sombre).

Question 4 :

La luminosité de la photo est proportionelle à :

— la durée d'exposition T

— la surface du diaphragme $\pi(\frac{D}{2})^2$ (puisque la lumière qui arrive sur le capteur doit traverser cette surface)

Elle est donc proportionnelle au produit TD^2, soit $\frac{T}{N^2}$ (puisque D est proportionnel à $1/N$).
Ainsi, si on veut que la photo garde toujours la même luminosité, il faut que :

$$\frac{T'}{N'^2} = \frac{T}{N^2}$$

donc :

$$T' = T\frac{N'^2}{N^2} = 3,92\ ms \simeq \frac{1}{250}\ s$$

Question 5 :

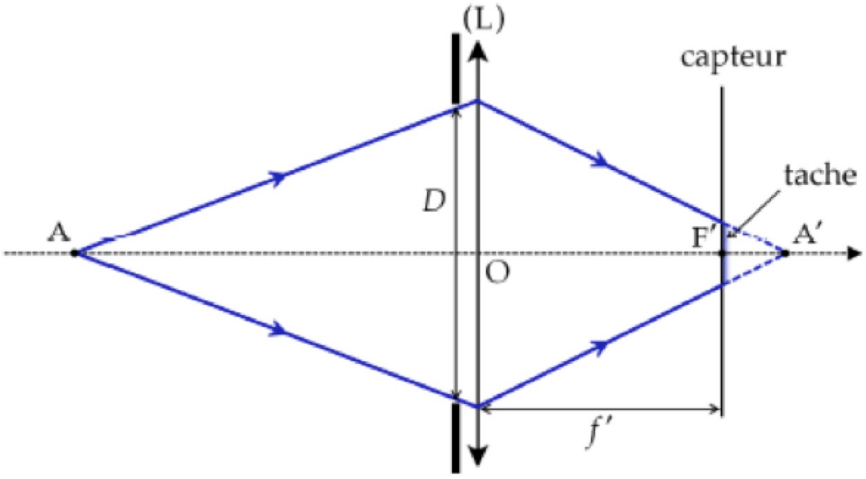

FIGURE 5 – Schéma pour calculer la distance hyperfocale

La mise au point étant faite à l'infini et l'objet A étant à distance finie, l'image de A sur le capteur sera une tâche et pas un point. Cependant, l'objet A pourra apparaître tout de même net à condition que cette tâche soit plus petite qu'un pixel du capteur.

Calculons donc la taille t de la tâche se formant sur le capteur, correspondant à l'objet A.

D'après le théorème de Thalès (en notant D le diamètre du diaphragme), on a :

$$\frac{t/2}{D/2} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{OA'}} = \frac{\overline{F'O} + \overline{OA'}}{\overline{OA'}} = 1 - \frac{f'}{\overline{OA'}}$$

De plus, d'après les relations de conjugaison de Descartes :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

Donc :

$$\frac{t}{D} = 1 - \frac{f'}{\overline{OA'}} = \frac{f'}{\overline{OA}}$$

Ainsi $OA = \frac{f'D}{t}$. La distance hyperfocale H est la distance minimale à partir de laquelle l'objet apparaîtra comme net. Elle correspond donc à une tâche qui fait la même taille que la largeur d'un pixel, soit $t = \delta$. On en déduit que :

$$H = \frac{f'D}{\delta} = \frac{f'^2}{N\delta}$$

puisque $D = \frac{f'}{N}$.

Ainsi, si N est grand, H est petit, ce qui signifie que la profondeur de champ sera grande (puisqu'on verra nets les objets compris entre une distance H et l'infini).

Question 6 :

La photo 1 a un champ angulaire beaucoup plus grand que la photo 2, c'est donc celle qui a été prise avec la plus courte focale. On a donc $f' = 50\ mm$ pour la photo 1 et $f' = 135\ mm$ pour la photo 2.

Les photos 3, 4 et 5 ont toutes trois été prises avec la même focale (puisque le champ angulaire est le même pour les trois) en faisant la mise au point sur la fleur (qui est nette sur les trois photos).

Ainsi, celle qui a le plus de profondeur de champ (c'est à dire la 5, pour laquelle l'arrière plan est net) est celle qui a été prise avec le diaphragme le moins ouvert (i.e. avec le nombre d'ouverture le plus grand). On en déduit que la photo 5 a été prise avec une ouverture $f/36$, la photo 4 avec une ouverture $f/20$ et la photo 3 (la moins nette) avec une ouverture $f/5,6$.

Barême pour la correction :

Exercice1 :

A - 1) 2 points

A - 2) 1 point

A - 3) 1 point

A - 4) 2 points

B - a) 0,5 points

B - b) 0,5 points

B - c) 0,5 points

B - d) 0,5 points

Exercice 2 :

4 points (mettez une partie des points si une partie de la démarche est correcte)

Exercice 3 :

Question 1 : 2 points

Question 2 : 1 point.

Question 3 : 1 point.

Question 4 : 1 point.

Question 5 : 2 points.

Question 6 : 2 points.