

Devoir maison de Physique - Chimie n°2

- À rendre le vendredi 4 novembre 2015 -

Soignez la présentation de votre copie : les résultats doivent être soulignés ou encadrés à la règle.

Soignez également la rédaction : faites des phrases claires, employez un vocabulaire précis, et justifiez tout ce que vous faites sans pour autant être trop « bavards » (i.e. essayez d'employer le minimum de mots pour faire comprendre vos idées).

Chaque élève rend un devoir, par contre vous êtes bien sûr encouragés à vous réunir pendant les vacances pour chercher ensemble.

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

A – L'air :

L'air est constitué approximativement de 80% de diazote $N_{2(g)}$ et de 20% de dioxygène $O_{2(g)}$ (ces pourcentages sont des pourcentages molaires, c'est à dire qu'une mole d'air contient 0,2 mole de O_2 et 0,8 mole de N_2).

On donne les masses molaires de l'azote et de l'oxygène : $M_N = 14 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.

- 1) Quelle est la masse molaire de l'air ? En considérant l'air comme un gaz parfait, en déduire sa masse volumique ρ à pression atmosphérique pour une température de 25°C .
- 2) Combien y a-t-il (approximativement) de molécules de diazote dans la pièce où vous êtes entrain de travailler ? (vous évalueriez vous-mêmes les dimensions de la pièce).
- 3) Comparez ce nombre au nombre de gouttes d'eau dans la mer méditerranée (vous pouvez chercher ses dimensions sur internet). On considèrera qu'une goutte d'eau a un volume moyen de 0,05 mL.
- 4) Évaluez la distance moyenne entre deux molécules d'air (à pression atmosphérique et à une température de 20°C).

B – L'eau :

On donne (voir figure 1) le diagramme de phase de l'eau. Répondez aux questions suivantes par lecture de ce diagramme.

- a) À quelle température (en $^\circ\text{C}$) l'eau bout-elle à une pression de :
 - 0,1 bar
 - 1 bar
 - 10 bar
- b) Si on chauffe de la glace sous une pression de 0,001 bar, que se passe-t-il ?
- c) Qu'observe-t-on si on comprime de la vapeur d'eau, initialement à 1 mbar, jusqu'à 1 Mbar, tout en maintenant la température constante à 100°C ?
- d) Les chiffres romains dans le domaine du solide correspondent aux différentes variétés cristallines de la glace. Comment appelle-t-on la propriété de certains corps purs d'exister sous plusieurs formes cristallines différentes ?

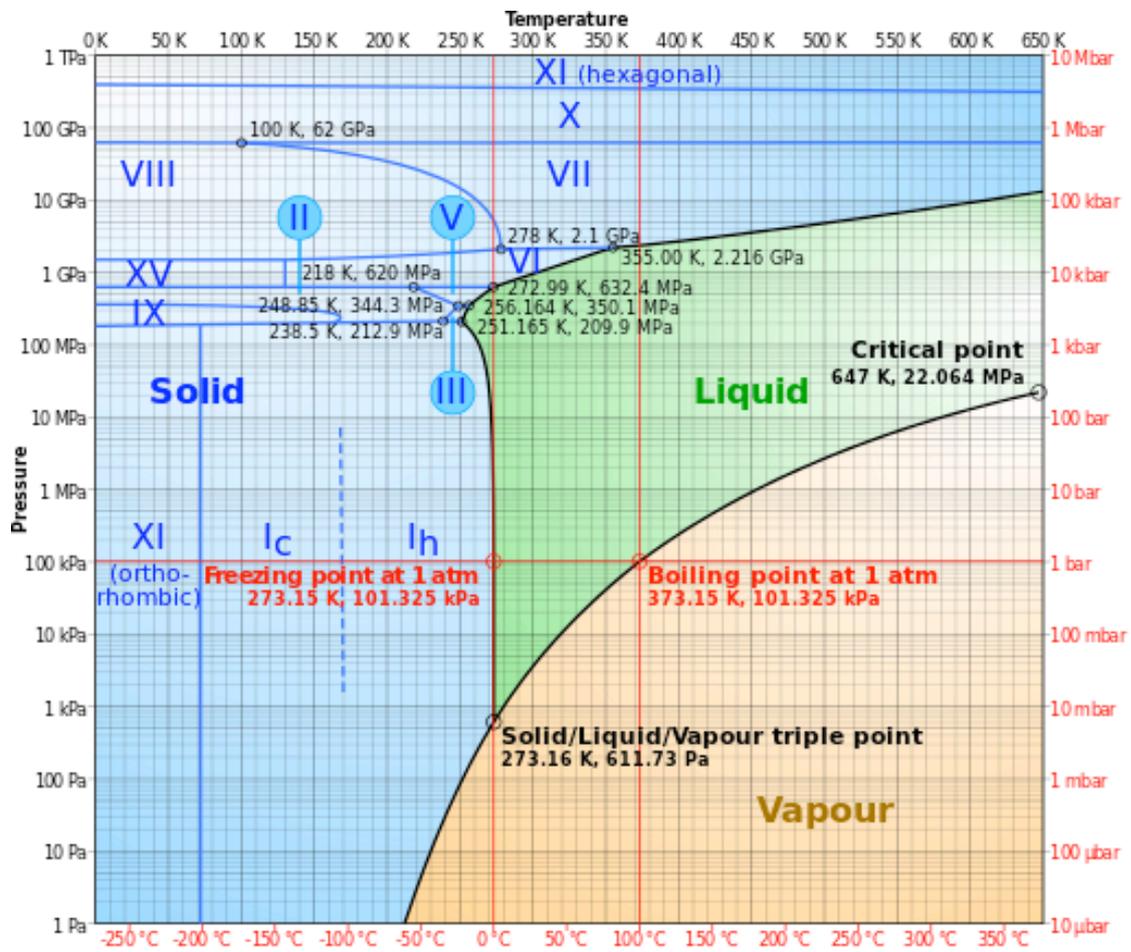


Figure 1 : Diagramme de phase de l'eau.

Exercice 2 : La cascade de Yellowstone :



Figure 1 : photographie de la cascade inférieure de la rivière Yellowstone

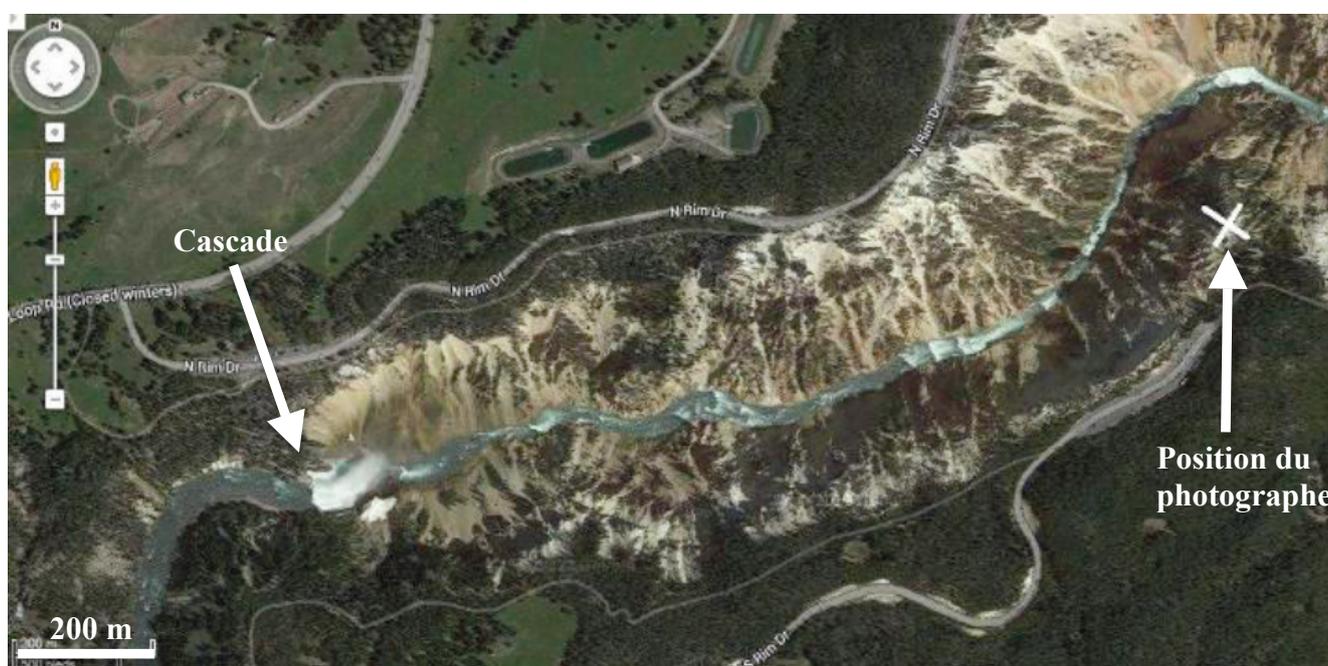


Figure 2 : Position du photographe par rapport à la cascade au moment de la prise de vue (image Google Map)

La figure 1 présente une photographie de la cascade inférieure de la rivière Yellowstone (située au parc national de Yellowstone, le plus ancien parc national des Etats-Unis). Cette photographie a été

prise avec un appareil photographique numérique, en utilisant un objectif de focale $f' = 135 \text{ mm}$ et dont le capteur (capteur CMOS) a pour dimensions $(22,2 \text{ mm} \times 14,9 \text{ mm})$.

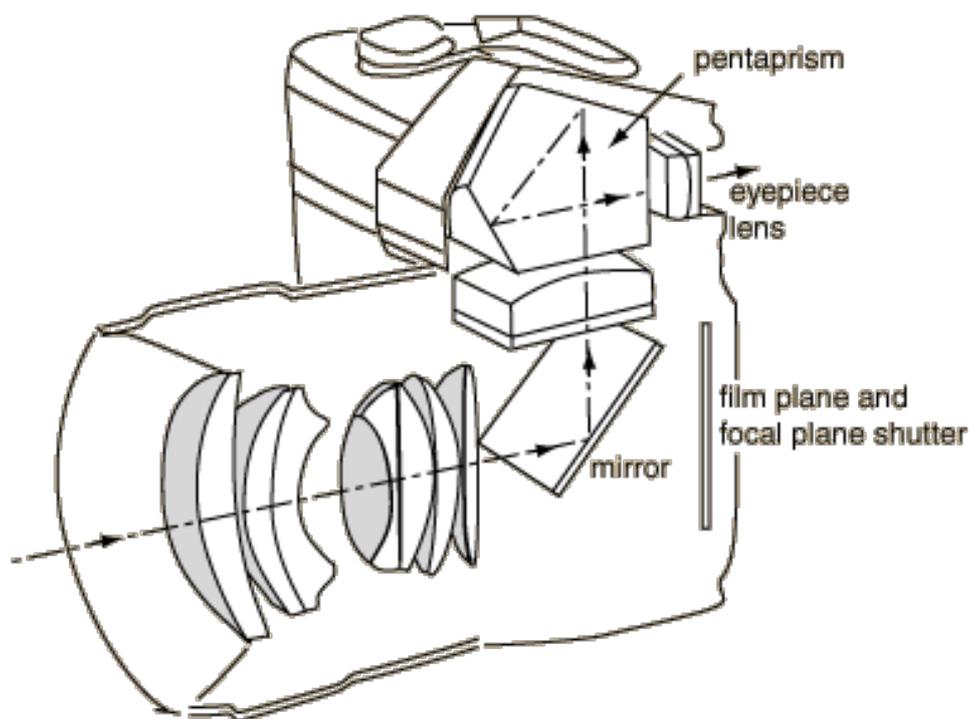
La figure 2 indique l'endroit depuis lequel la photographie a été prise.

Question : À l'aide de ces informations et des deux figures, déterminer le plus précisément possible la hauteur de la cascade.

Exercice 3 (Approche documentaire) : Etude d'un appareil photographique numérique :

Les photos de cet exercice ont été prises avec le Nikon D5000, qui est un appareil photographique :

- numérique : il utilise donc un capteur électronique CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) plutôt qu'une pellicule argentique
- reflex : un miroir (incliné à 45°) et un prisme situés à l'intérieur de l'appareil permettent à l'utilisateur de voir dans le viseur exactement l'image qui se formera sur le capteur (le nom « reflex » vient de la réflexion qui a lieu sur le miroir)

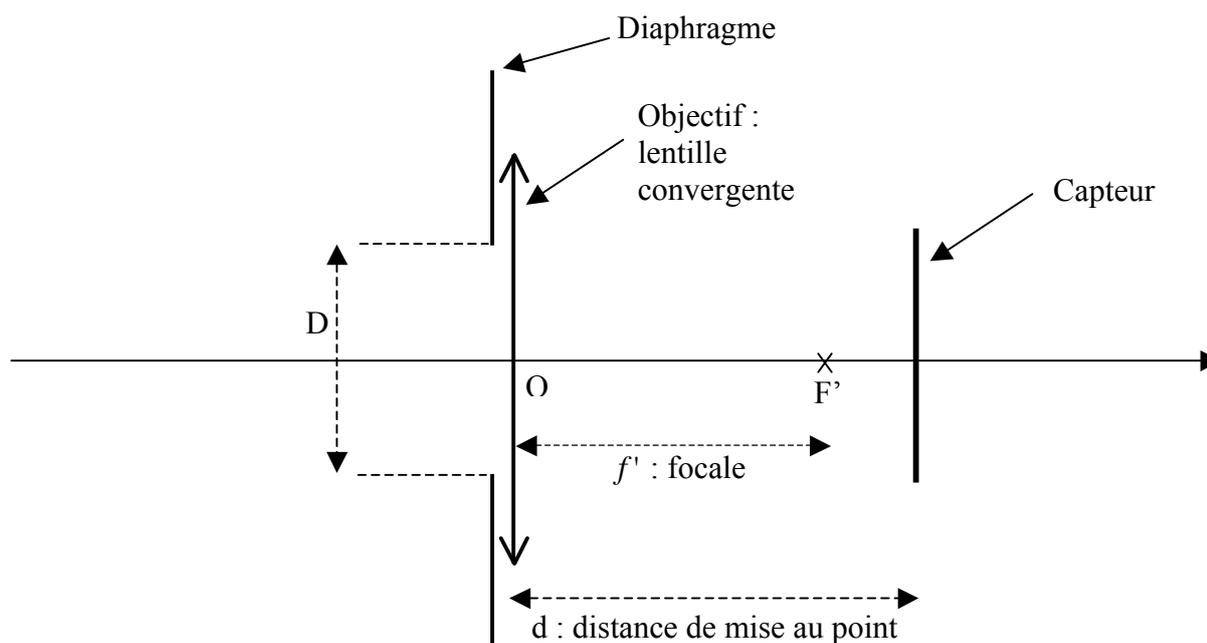


Principe de l'appareil photo reflex, qui permet de voir dans le viseur l'image exacte qui se formera sur le capteur (notez la présence du miroir et du prisme). Le miroir doit se décaler quand on prend la photo, ou bien être semi-réfléchissant (c'est à dire réfléchir une partie de la lumière et en laisser passer une autre partie).

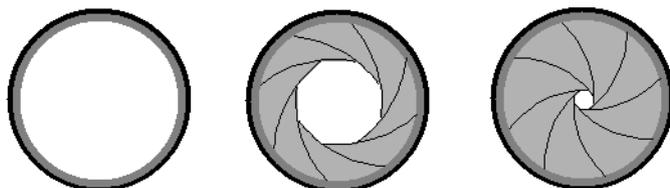
- entièrement débrayable : tous les paramètres sont réglables par l'utilisateur en mode manuel (on peut quand même passer en mode automatique si on veut que l'appareil se règle automatiquement, mais ça ne permettra pas de faire des « effets artistiques » : flous...)

Modélisation :

On peut modéliser simplement l'appareil comme ceci :



- La lumière entrant dans l'objectif doit traverser le diaphragme : ouverture circulaire de diamètre D variable.



Diaphragme d'ouverture, plus ou moins ouvert

- Elle rencontre ensuite l'objectif proprement dit, que l'on modélisera par une lentille convergente unique de distance focale image f' (en pratique, pour limiter le plus possible les aberrations géométriques et chromatiques, les objectifs des « bons » appareils photos sont constitués de plusieurs lentilles placées les unes à la suite des autres).

- La lumière arrive ensuite sur le capteur, situé à une distance d réglable de la lentille, où l'image est enregistrée (le signal lumineux est transformé en signal électrique). En pratique, la lumière arrive sur le capteur pendant une durée réglable τ appelée durée d'exposition.

Pour obtenir une image correcte, il faut que l'image de l'objet photographié se forme sur le capteur et que la quantité de lumière reçue par le capteur soit convenable (s'il n'y a pas assez de lumière la photo est sous-exposée, s'il y en a trop, elle est surexposée).

On va maintenant étudier précisément l'influence de trois réglages sur la qualité de la photographie :

- la focale f'
- la durée d'exposition τ
- l'ouverture du diaphragme D

Influence de la focale :



Les quatre photos ci-dessus ont été prises exactement du même endroit en visant la même direction mais en faisant varier la focale : de gauche à droite et de haut en bas on a pris : $f' = 18 \text{ mm}$, $f' = 46 \text{ mm}$, $f' = 100 \text{ mm}$, $f' = 300 \text{ mm}$.

Question 1 : A l'aide de constructions géométriques, montrez comment la valeur de la focale influence :

- le champ angulaire α . Vous ferez un schéma et exprimerez α en fonction de l et f' (où $l = 16 \text{ mm}$ est la largeur du capteur) dans le cas où la distance de mise au point est $d = f'$ (c'est à dire que l'objet est à l'infini).
- la taille des images sur le capteur : vous considèrerez un objet à l'infini caractérisé par sa taille angulaire β et vous exprimerez la taille h' de l'image qui se forme sur le capteur en fonction de f' et de β .

Influence de la durée d'exposition τ :

τ est l'intervalle de temps pendant lequel l'obturateur de l'appareil photo laisse passer la lumière lors d'une prise de vue. τ correspond donc au temps pendant lequel la lumière va arriver sur le capteur.

Les photos suivantes ont été prises avec trois durées d'exposition différentes (toutes avec la même sensibilité ISO 200 et la même ouverture du diaphragme).



Exposition : 1/15 s

1/2 s

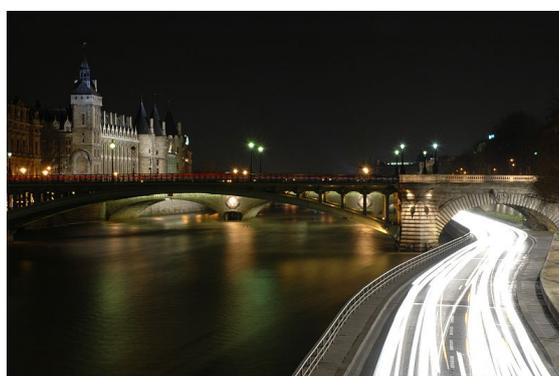
3 s

Question 2 : Commentez brièvement l'influence de la durée d'exposition sur la qualité de l'image. Expliquez aussi pourquoi l'ouverture du diaphragme influe elle aussi sur la luminosité de l'image.

Remarque : En plus de la durée d'exposition et de l'ouverture du diaphragme, on peut également jouer sur un troisième paramètre pour influencer la luminosité de l'image : il s'agit de la « sensibilité ISO », qui correspond à la sensibilité du capteur à la lumière.

Avec une sensibilité ISO grande, le capteur est très sensible à la lumière, et donc il n'est pas nécessaire que beaucoup de lumière arrive sur le capteur pour que la photographie soit claire.

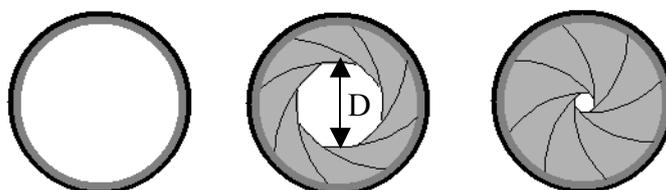
Jouer sur la durée d'exposition permet aussi de faire apparaître des « trainées » sur la photo, qui donnent une impression de mouvement, comme sur cette photo de Paris la nuit :



Question 3 : Expliquez brièvement cet effet.

Influence du diaphragme d'ouverture sur la profondeur de champ :

On rappelle qu'avant d'arriver sur la lentille convergente, la lumière rencontre le diaphragme d'ouverture, placé juste avant, dont on peut faire varier le diamètre D (c'est en quelque sorte l'équivalent de la pupille dans l'œil humain).



On appelle « nombre d'ouverture » la grandeur sans dimension définie par $N = \frac{f'}{D}$. Les valeurs successives de N prédéfinies sur les appareils numériques constituent une suite géométrique de raison $\sqrt{2}$. Les valeurs les plus courantes sont :

N	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11	16	22	32
---	-----	---	-----	---	-----	---	----	----	----	----

Sur les objectifs des appareils photographiques, c'est en réalité le diamètre du diaphragme qui est porté par l'indication f/N : on trouvera donc sur un objectif d'appareil numérique les indications f/8 (correspondant à un nombre d'ouverture N = 8), f/11, etc...

On voit que pour diminuer le diamètre du diaphragme, il faut augmenter le nombre d'ouverture N (ce qui peut paraître troublant de prime abord).



Exemples d'ouvertures du diaphragme

Voyons sur des exemples l'influence du nombre d'ouverture sur la qualité de l'image :



Les trois photos ci-dessus ont été prises du même endroit avec la même focale $f = 46$ cm.

Les deux photos du haut ont été prises avec le même nombre d'ouverture $N = 5,6$ et la même durée d'exposition $\tau = 1/250$ s, en faisant la mise au point d'abord sur les gens dans la cour puis sur la bouteille d'eau.

La photo du bas a été prise avec un nombre d'ouverture $N = 32$ et une durée d'exposition $\tau = 1/13$ s (mise au point sur la bouteille).

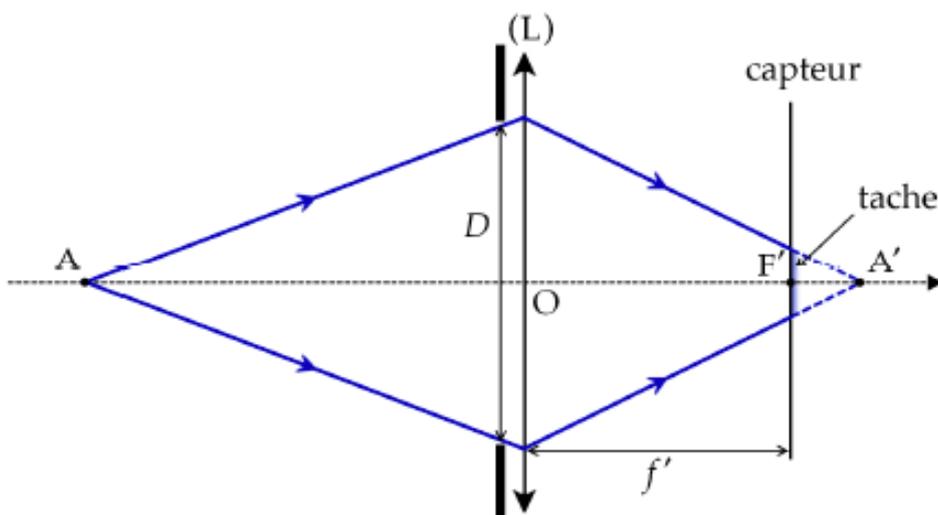
Question 4: Notre appareil est initialement réglé avec un nombre d'ouverture $N = 4$ (soit un diamètre du diaphragme $D = f'/4$) et un temps d'exposition $T = \frac{1}{500} s$.

On change le nombre d'ouverture pour passer à $N' = 5,6$. Quelle doit être la nouvelle valeur T' du temps d'exposition que l'on doit choisir si on veut que notre photographie garde toujours la même luminosité ?

On constate sur les photographies précédentes que le réglage du nombre d'ouverture permet de modifier la « profondeur de champ ». La profondeur de champ correspond à l'intervalle de distances où des objets donneront des images nettes sur la photographie. Ainsi, sur la photographie du bas, on a une grande profondeur de champ puisque la bouteille (très proche de l'appareil) ainsi que les gens dans la cour (loin de l'appareil) apparaissent tous deux nets en même temps. Par contre la profondeur de champ est plus faible dans les deux photos du dessus puisque le premier plan et l'arrière plan n'y sont pas nets en même temps.

On se propose d'expliquer pourquoi l'ouverture du diaphragme influe sur la profondeur de champ.

Pour simplifier l'étude, on suppose que l'appareil photographique est réglé pour que les objets à l'infini donnent des images nettes (donc le capteur CMOS est situé au niveau du plan focal image de l'objectif) et on se demande quelle est la distance minimale H (appelée « distance hyperfocale ») qui doit séparer un objet A de l'objectif pour que l'image A' de A apparaisse nette sur la photographie.



Question 5 (plus difficile) : Montrer que la distance hyperfocale H s'écrit comme :

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

où f' est la distance focale, N le nombre d'ouverture et δ la taille d'un capteur de l'appareil CCD.

Cette formule montre clairement que plus N est grand (i.e. plus le diaphragme est peu ouvert), plus la profondeur de champ est grande.

Question 6 : Identification de photographies :



Photo 1



Photo 2

Ces deux photographies ont été prises du même endroit. Indiquer laquelle a été prise avec une focale $f = 135$ mm, et laquelle a été prise avec une focale $f = 50$ mm.



Photo 3



Photo 4



Photo 5

Ces trois photos ont été prises avec les ouvertures et durées d'exposition suivantes :

a) ouverture : $f/5,6$ (soit un nombre d'ouverture $N = 5,6$), durée d'exposition : $\frac{1}{320}$ s

b) ouverture : $f/36$ ($N = 36$), durée d'exposition : $\frac{1}{125}$ s

c) ouverture : $f/20$ ($N = 20$), durée d'exposition : $\frac{1}{160}$ s

Associez chaque photo à chaque couple de valeurs.