

Images numériques

1 Propriétés de la lumière

Un rayon lumineux est dévié lorsqu'il change de milieu de propagation par exemple quand il passe de l'eau à l'air (on parle de **réfraction de la lumière**), ce qui explique l'**illusion du bâton brisé**

<https://www.youtube.com/watch?v=Nkzy1EPZ10A>)

La lumière peut être vue comme une onde électromagnétique cependant la lumière dite "blanche" est composée de plusieurs couleurs ayant chacune caractérisée par une longueur d'onde précise

1. La lumière rouge ($\lambda = 700 \text{ nm}$)
2. La lumière verte ($\lambda = 546 \text{ nm}$)
3. La lumière bleue ($\lambda = 435 \text{ nm}$)



La décomposition de la lumière "blanche" en son **spectre** (ensemble des couleurs) s'explique aussi par la réfraction, car les grandes longueurs d'onde (rouge) sont moins déviées que les petites (bleue) <https://www.youtube.com/watch?v=yrRkJMHEcYE>

La formation d'un arc en ciel s'expliquent aussi par la réfraction, les gouttelettes d'eau en suspension jouent le rôle de prismes qui décomposent la lumière blanche

La fréquence d'une onde est l'inverse de la longueur d'onde

$$\nu = \frac{1}{\lambda}$$

L'énergie est proportionnelle à la fréquence ce qui explique que les rayons ultra-violet sont plus énergétiques que les rayons infra-rouges

Exercice 1

Calculer les fréquences des longueurs d'onde rouge, verte et bleue

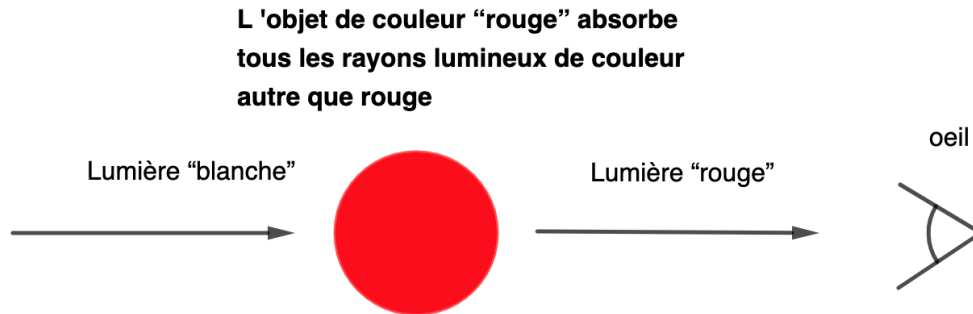
2 Image d'un objet

Que signifie voir un objet de couleur "rouge" ?

Un objet n'est visible que s'il est baigné par la lumière.

Un objet est comme un filtre, il absorbe certaines ondes et réfléchissent d'autres

Ainsi voir une balle de couleur rouge signifie que la balle "renvoie" la lumière "rouge" et absorbe les autres "ondes"



Exercice 2

Pourquoi les villages en Andalousie sont "blancs" ?

Pourquoi les toits des maisons en Europe sont "noirs" ou "gris" ?

3 L'oeil

La lumière entre dans l'oeil par la cornée qui joue le rôle d'une première lentille pour concentrer les rayons lumineux

L'iris réduit ou agrandit la pupille tel un diaphragme

Le cristallin, tel une lentille met au point l'image sur la rétine

La rétine compte à peu près 130 millions de photorécepteurs sur une surface moyenne de 2500 mm²

Il y a deux types de photorécepteurs :

1. Les cônes (une dizaine de millions) sont situés dans le fovéa (axe de la vue) Il existe trois types de cône (sensibles à la lumière rouge, verte, ou bleue) Ce qui permet la vision de la couleur
2. Les bâtonnets (120 millions) sont situés en périphérie de la rétine , sont insensibles à la couleur et sont activés dès qu'il y a peu de lumière permettant ainsi la vision nocturne

Après traitement par la rétine l'information est propagée sous forme de courant électrique par le nerf optique vers le cortex visuel situé dans le lobe occipital (derrière la tête) où est "construit" notre vision du monde

<https://www.reseau-canope.fr/corpus/video/l'oeil-et-la-vision-115.html>

Exercice 3

Il y a plus de cônes verts chez l'Humain . Pourquoi ?

Exercice 4

Expliquer ce proverbe populaire : La nuit, tous les chats sont gris"

4 Capteur appareil photo numérique

Pour comprendre les capteurs pour appareil photo numérique ou smartphones il faut connaître l'**effet photoélectrique**

La lumière peut aussi être vue comme un ensemble de particules appelés **photons**
Un métal convenablement éclairé peut émettre un courant électrique

Un capteur de photo numérique est une surface métallique constitué de millions de **photosites** destinés à collecter des photons (la **miniaturisation des transistors** a aussi contribué à la création des capteurs)

A chaque photosite est associé un filtre de couleur de telle sorte que chaque photosite ne traite qu'une couleur parmi le rouge, le vert ou le bleu

Ensuite 4 photosites adjacents (2 verts, 1 rouge et 1 bleu) définissent un **pixel** de l'image numérique

Un capteur , un écran ou une image numérique est caractérisée par :

1. sa **définition** en nombre de pixels (équivalent à une population)
2. sa **résolution** en nombre de pixels par pouces (ppi) (équivalent à une densité de population) 1 pouce ou inch est égal à 2,54 cm

Exemple

Iphone 12 : Définition de l'écran 2535 x 1170 px, Résolution de l'écran 460 ppp, capteur photo principal 12 Mpx

Exercice 5

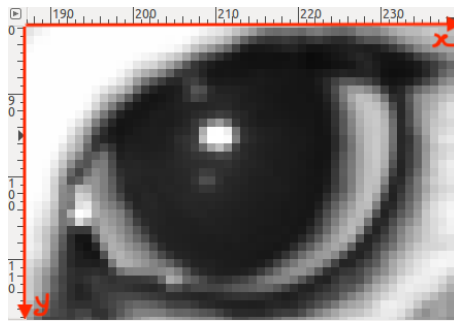
La taille d'un photosite pour le Samsung S21 est de $1,4 \mu\text{m}$, la définition du capteur frontal est de 12 Mpx et la taille de ce capteur est de 5,76 mm x 4,29 mm

Vérifier la cohérence de ces données

5 Caractéristiques d'une image numérique



Une image en nuances de gris comme celle du chat ci-dessus est composée de pixels (picture element) visibles lorsqu'on a fait un zoom (voir ci-dessous) avec l'aide d'un éditeur d'images comme GIMP



L'intensité de gris pour chaque pixel est un entier entre 0 et 255. 0 correspond au noir et 255 au blanc.

Pourquoi 255 ?

Parce que pour coder une intensité de gris de 0 à 255 on n'utilise qu'un octet c'est à dire huit bits

On retiendra que la taille "moyenne" d'une image en nuances de gris est en octets la largeur par la hauteur d'une image en pixels

C'est une moyenne car les images numériques peuvent avoir différents formats suivant qu'elles sont compressées ou pas

Les formats les plus connus sont le format png (Portable Network Graphics)(compression sans pertes) et jpeg (Joint Photographic Expert Group) (compression avec pertes)

Question 1

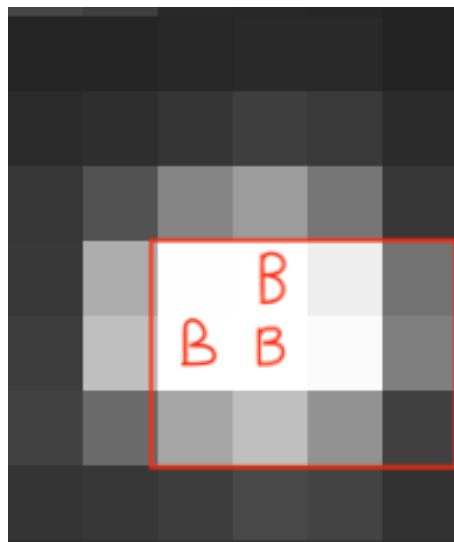
On observe la présence de pixels "blancs" à l'intérieur de l'oeil gauche du chat En repérant les pixels suivant les axes du repère en rouge donner les coordonnées des pixels "blancs"

Nous pouvons observer cela en utilisant la bibliothèque PIL de Python , on fait afficher les intensités des pixels de coordonnées (209,94), (210,94), (209,95) et (210,95)

```
>>> from PIL import Image
>>> image = Image.open("/Users/vallon/Documents/chat.png")
>>> image.getpixel((209,94))
254
>>> image.getpixel((210,94))
255
>>> image.getpixel((209,95))
255
>>> image.getpixel((210,95))
255
>>> image.getpixel((207,91))
36
```

Les 3 pixels "blancs" sont visibles sur le zoom suivant :

Ensuite à l'aide d'un programme Python on fait afficher les intensités des pixels du rectangle rouge



```
from PIL import Image

#on charge l'image du chat
image1 = Image.open("/Users/vallon/Documents/chat.png")

for y in range(94,97):
    print()
    for x in range(209,213):

        print(image1.getpixel((x,y)),end=' ')

```

On obtient :

```
254 255 238 114
255 255 251 127
165 191 146 64
```

6 Exemples d'algorithmes de traitement des images

Dans la suite une image numérique, une fois chargée en mémoire **vive** est vue comme un tableau 2D de nombres étiquetée par une variable **img**

La variable **largeur** nous renseigne sur le nombre de **colonnes** du tableau et la variable **hauteur** nous renseigne sur le nombre de **lignes** du tableau

On dispose d'une fonction **lirePixel((x,y))** qui permet d'obtenir l'intensité du pixel situé en (x,y) dans le tableau et d'une fonction **ecrirePixel((x,y),valeur)** qui va remplacer l'intensité en (x,y) en nuances de gris par **valeur**

Quand on écrit **valeur** \leftarrow **img.lirePixel(x,y)** cela signifie que l'on récupère l'intensité en nuances de gris de l'image **img** pour le pixel de coordonnées (x,y) et que ce nombre est ensuite **affectée** à la variable **valeur**

6.1 Négatif d'une image

Dans le premier algorithme qui suit à partir d'une image en nuances de gris on obtient le négatif de l'image

Algorithme 1 : Négatif d'une image en nuances de gris

Données : une image en nuances de gris **img**

Résultat : **img** étiquette le négatif de l'image de départ

```
1 début
2   pour  $y \in \llbracket 0; hauteur \rrbracket$  faire
3     pour  $x \in \llbracket 0; largeur \rrbracket$  faire
4       valeur  $\leftarrow$  img.lirePixel(x,y)
5       img.ecrirePixel((x,y), 255 - valeur)
6     fin
7   fin
8   afficher(img)
9 fin
```

1. En Français on parcourt le tableau de la première ligne à la dernière (deux boucles pour imbriquées : **lignes 2 et 3**) et à chaque fois on récupère l'intensité du pixel situé en (x,y) (**ligne 4**) puis on remplace cette valeur par le complémentaire à 255 (**ligne 5**)
2. A la sortie des deux boucles on affiche l'image (**ligne 8**)



Exercice : Exécuter l'algorithme avec l'image **img** = $\llbracket [200,150,100], [50,60,70] \rrbracket$

6.2 Quantification d'une image

Quantifier est le contraire de **nuancer**. Une image est un ensemble de nuances et il s'agit de diminuer leur nombre. A l'extrême on ne garde que deux nuances, le noir codé par 0 et le blanc codé par 255.

Proposer un algorithme pour cela



6.3 Détection de contours dans une image

Un contour dans une image est un ensemble de pixels où "a lieu une différence de nuances relativement importante". Par exemple dans l'image du chat, les pixels constituant les moustaches ont des intensités proche de 255 alors que les pixels "voisins" ont des intensités proches de 0, ainsi à l'endroit des moustaches il y a une différence d'intensité relativement importante

Pour détecter les contours on va procéder ainsi :

1. On parcourt l'image comme d'habitude
2. Pour chaque pixel (x,y) on relève l'intensité du pixel en (x,y) int_{NB} , l'intensité du voisin "en dessous" int_{NBB} et "à droite" int_{NBD} **dans le repère de l'image**. Quel sont les coordonnées des voisins en dessous et à droite ?
3. On calcule les valeurs absolues des différences $int_{NB} - int_{NBB}$ et $int_{NB} - int_{NBD}$
4. Si l'une ou l'autre de ces différences est plus grande qu'une valeur fixée au préalable **SEUIL** alors on attribue au pixel (x,y) l'intensité 255 sinon on attribue l'intensité 0

Traduire cette procédure en algorithme



SEUIL = 64

7 Différents formats d'images et compression

8 Impression d'images

9 Histoire

1. 1826 : Naissance de la photographie argentique
2. 1900 : Photographie en couleurs
3. 1969 : Arrivée des premiers capteurs CDD (Charge Coupled Device)
4. 1975 : Apparition des premiers appareils numériques
5. 2007 : Arrivée du smartphone

10 Enjeux sociétaux

à suivre ...