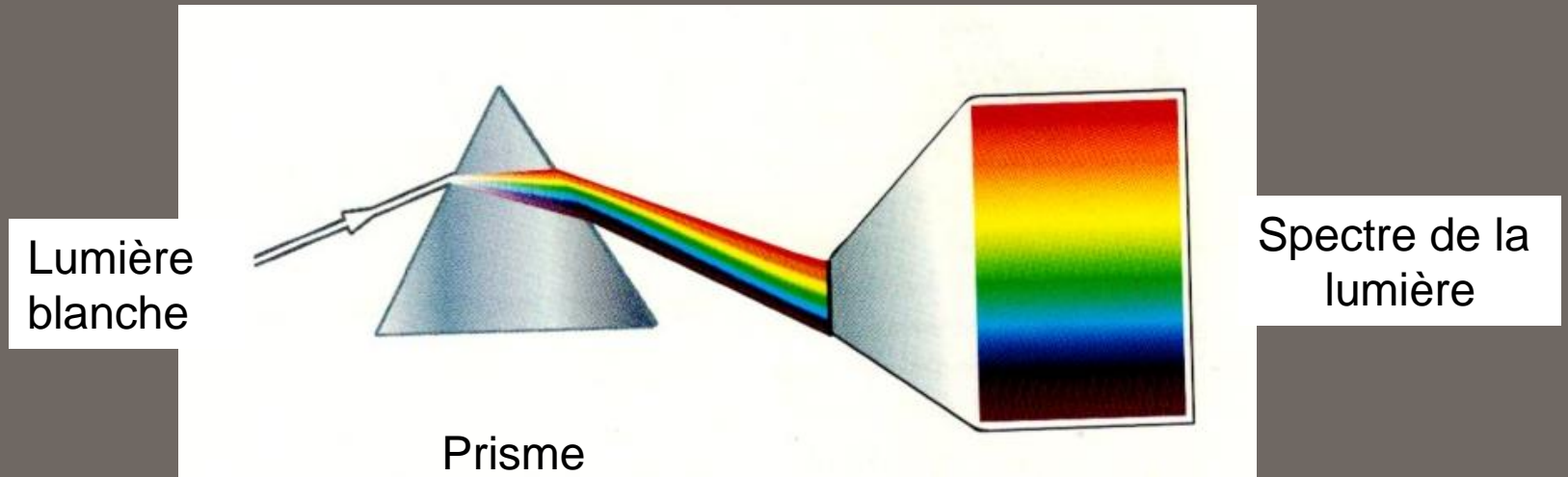


La Lumière blanche.

La lumière blanche est une superposition d'un ensemble de couleurs.



Mise en évidence expérimentale.

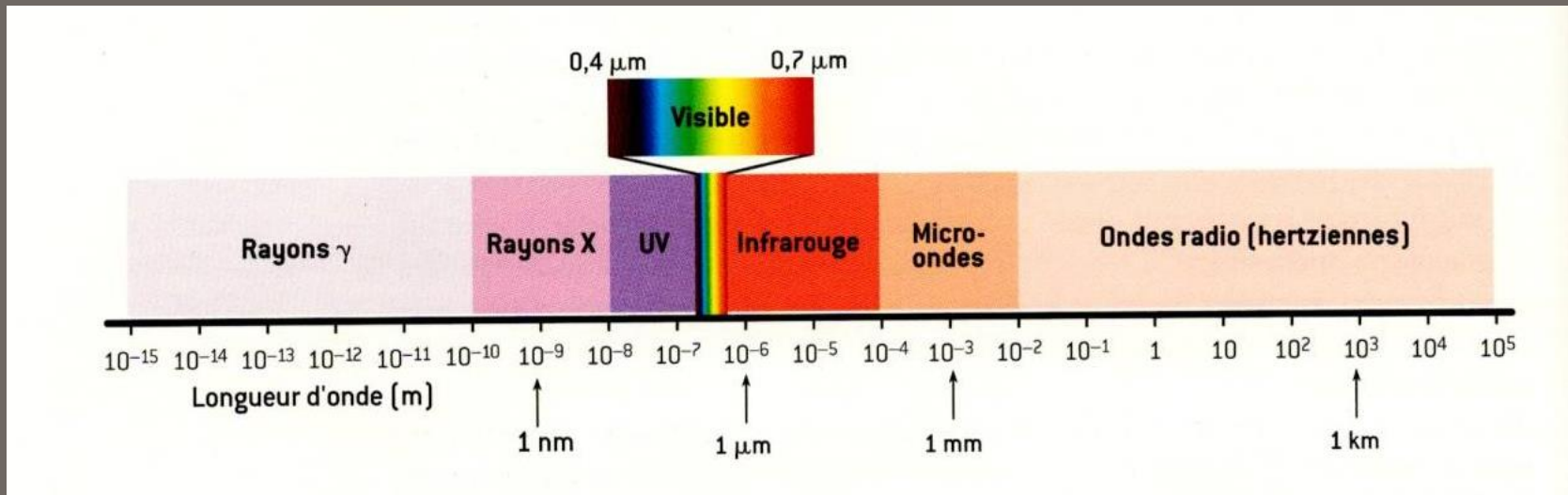


Le blanc n'est pas une couleur !

Pour interpréter ce phénomène il faut admettre que la lumière est une onde. Onde électromagnétique.

Chaque couleur correspond à une longueur d'onde.

Le domaine des ondes visibles est un petit domaine d'un ensemble beaucoup plus vaste



Remarques : $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m} = 0,000001 \text{ m}$

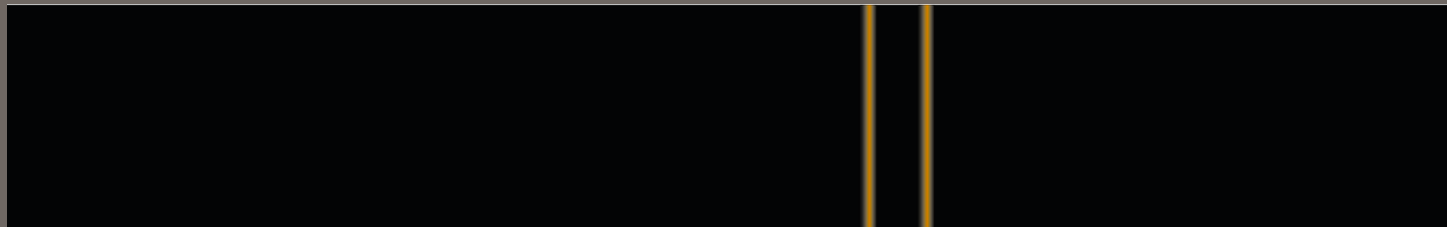
Plus la longueur d'onde est petite plus l'énergie transportée est grande

L'analyse de la lumière émise par une source est le spectre d'émission.

Lumière blanche : spectre continu :



Lampe à sodium : spectre de raies :



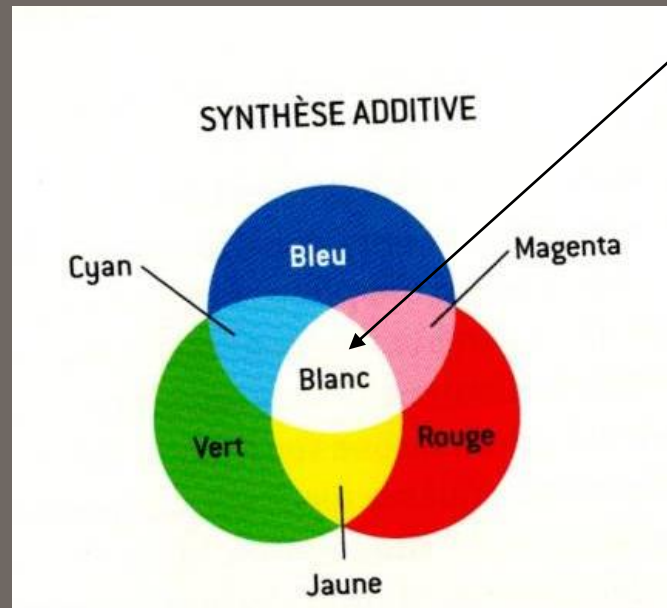
Problème : comment reconstituer ces couleurs.

Synthèse additive : on mélange des lumières colorées.

Toutes les couleurs peuvent être obtenues en superposant dans des proportions convenables trois lumières monochromatiques. Elles sont appelées couleurs primaires.

Leur choix est arbitraire.

On choisit souvent rouge vert bleu.

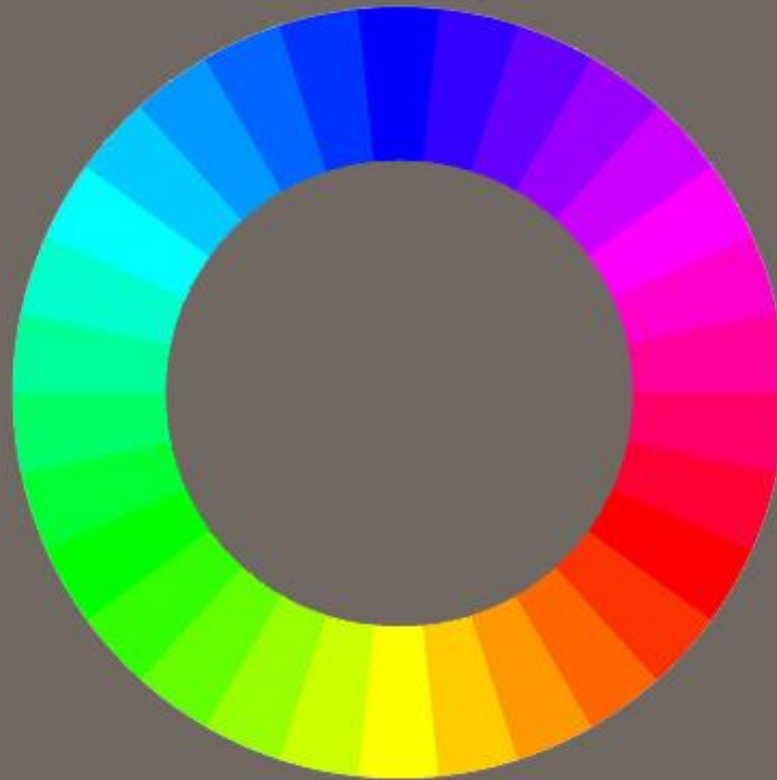


Le blanc contient toutes les couleurs.

Le cyan le magenta et le jaune sont appelées couleurs complémentaires.

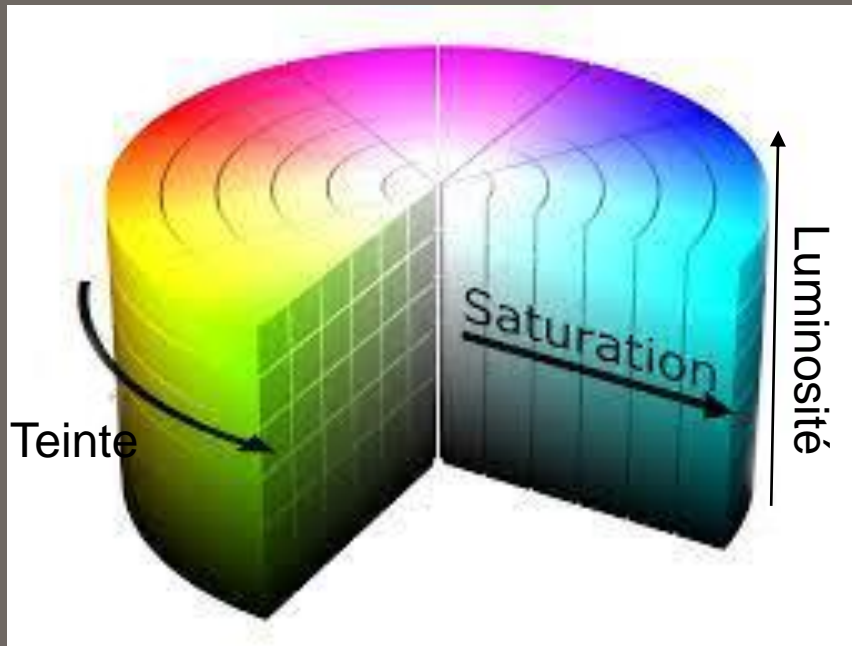
Le schéma ci-dessus suppose que chaque couleur contribue pour le même pourcentage.

Mais il est possible de faire des mélanges plus subtils. Une infinité de couleurs peut être obtenue.

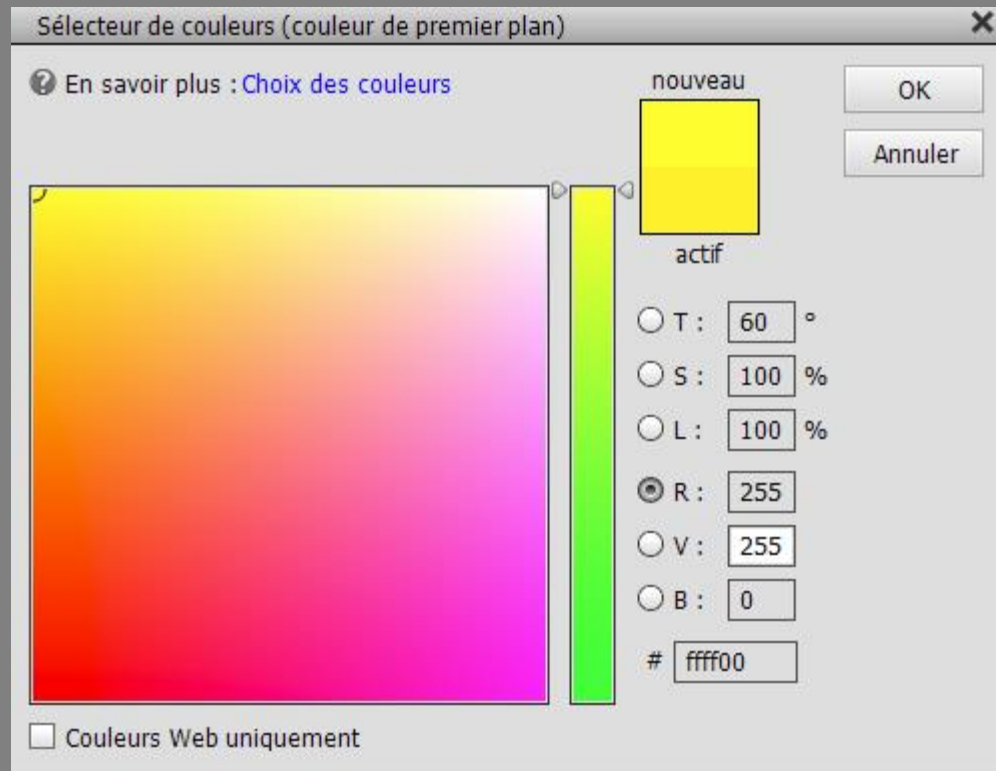


Application 1 : la couleur en photographie.

Un autre système très utilisé de repérage des couleurs est le TSL.
La teinte caractérise une couleur.
Il faut ajouter deux autres paramètres :
Sa saturation : pureté d'une teinte,
Sa luminosité qui éclaircit ou assombrit une teinte.



application 1 : la couleur en
photographie



Application 1 : La couleur en
photographie.

Comparaison des deux systèmes.

Exemple : obtention de jaune plus ou moins lumineux plus ou moins saturé :



R 255

V 255

B 0



T 60°

S 100%

L 100%

On souhaite un jaune moins saturé :

application 1 : la couleur en
photographie.



R 255
V 255
B 0



T 60°
S 100%
L 100%



R 255
V 255
B 128



T 60°
S 50%
L 100%

On souhaite un jaune plus sombre :

Application 1 : la couleur en
pohotographie.



R 255
V 255
B 0



T 60°
S 100%
L 100%



R 255
V 255
B 128



T 60°
S 50%
L 100%



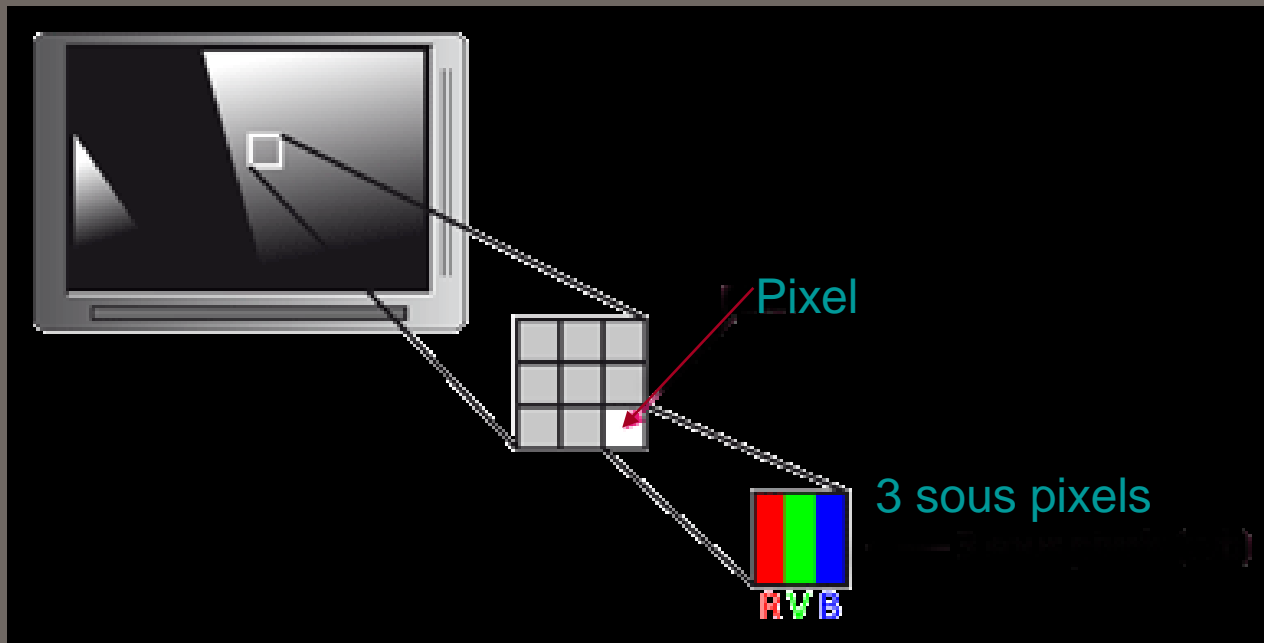
R 128
V 128
B 60



T 60°
S 50%
L 50%

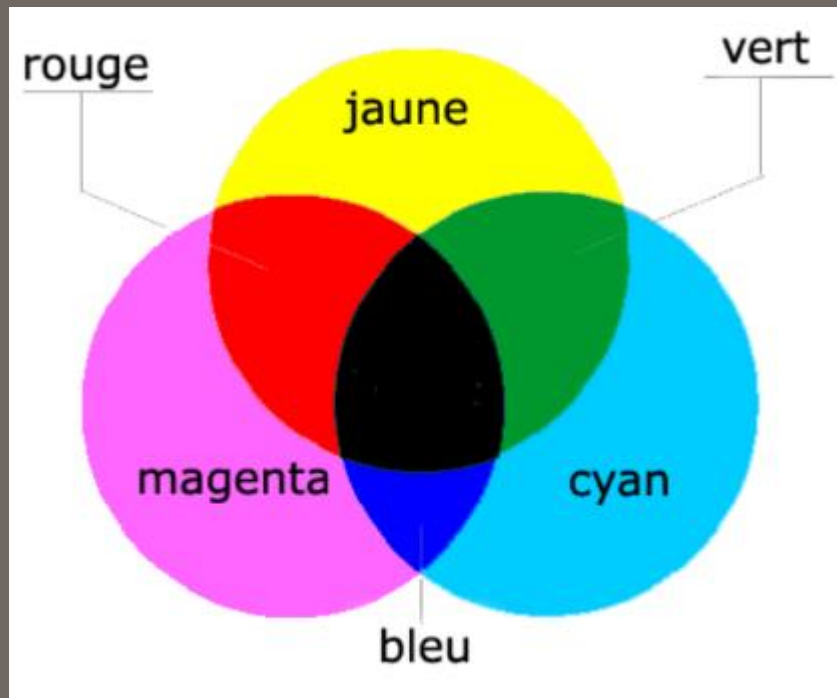
Application 1 : la couleur en
photographie.

Écran LCD:



Synthèse soustractive.

Ce sont des couleurs et non des lumières qui sont mélangées,
Par exemple des encres.

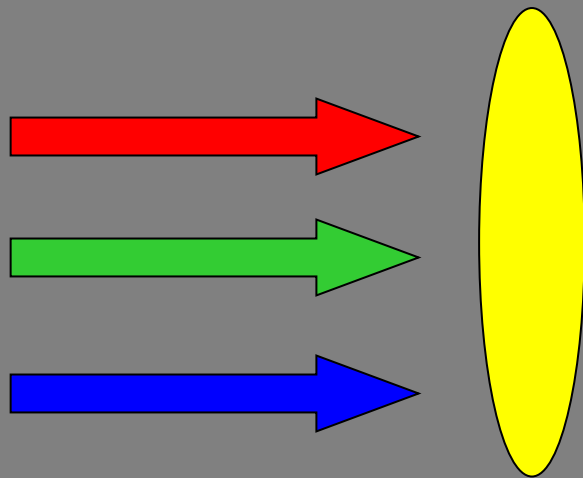
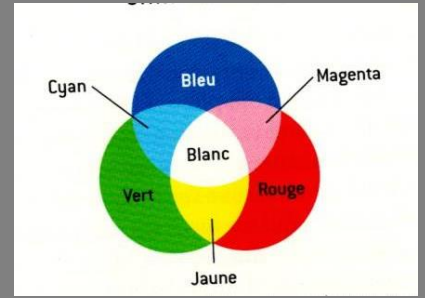


Elle est mise à profit en imprimerie en peinture et en photographie.

Application 3 : imprimerie et filtres

Couleur d'un objet :

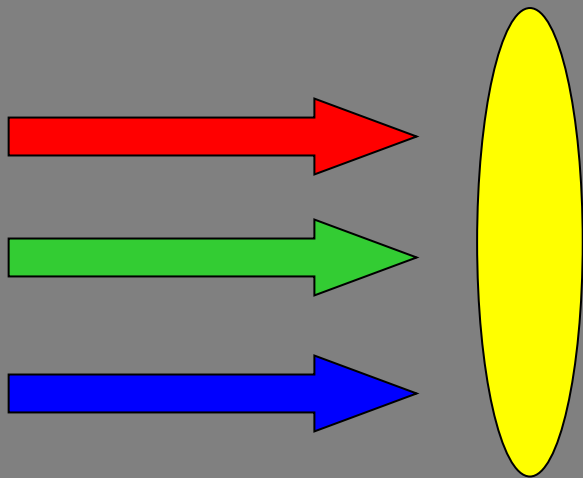
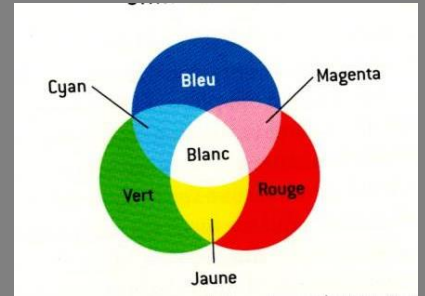




Lumière blanche



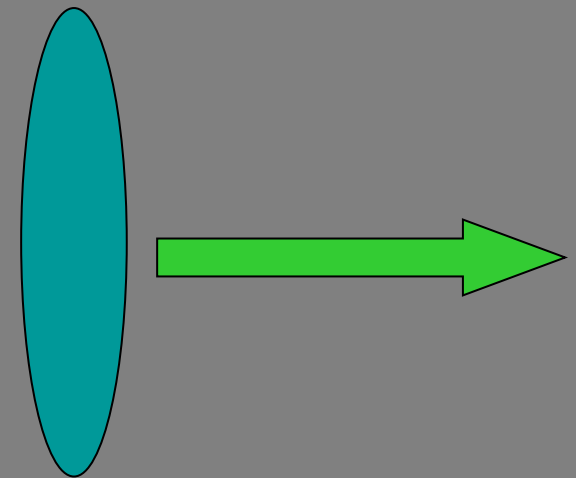
Lumière jaune



Lumière blanche



Lumière jaune

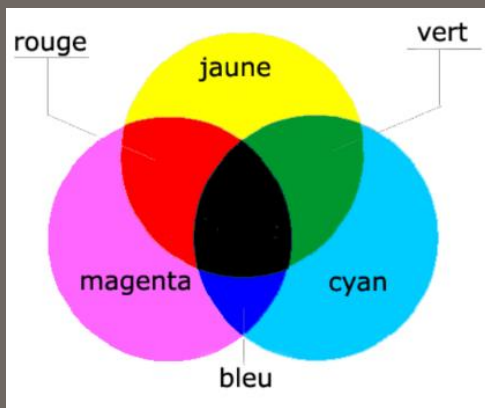


Lumière verte

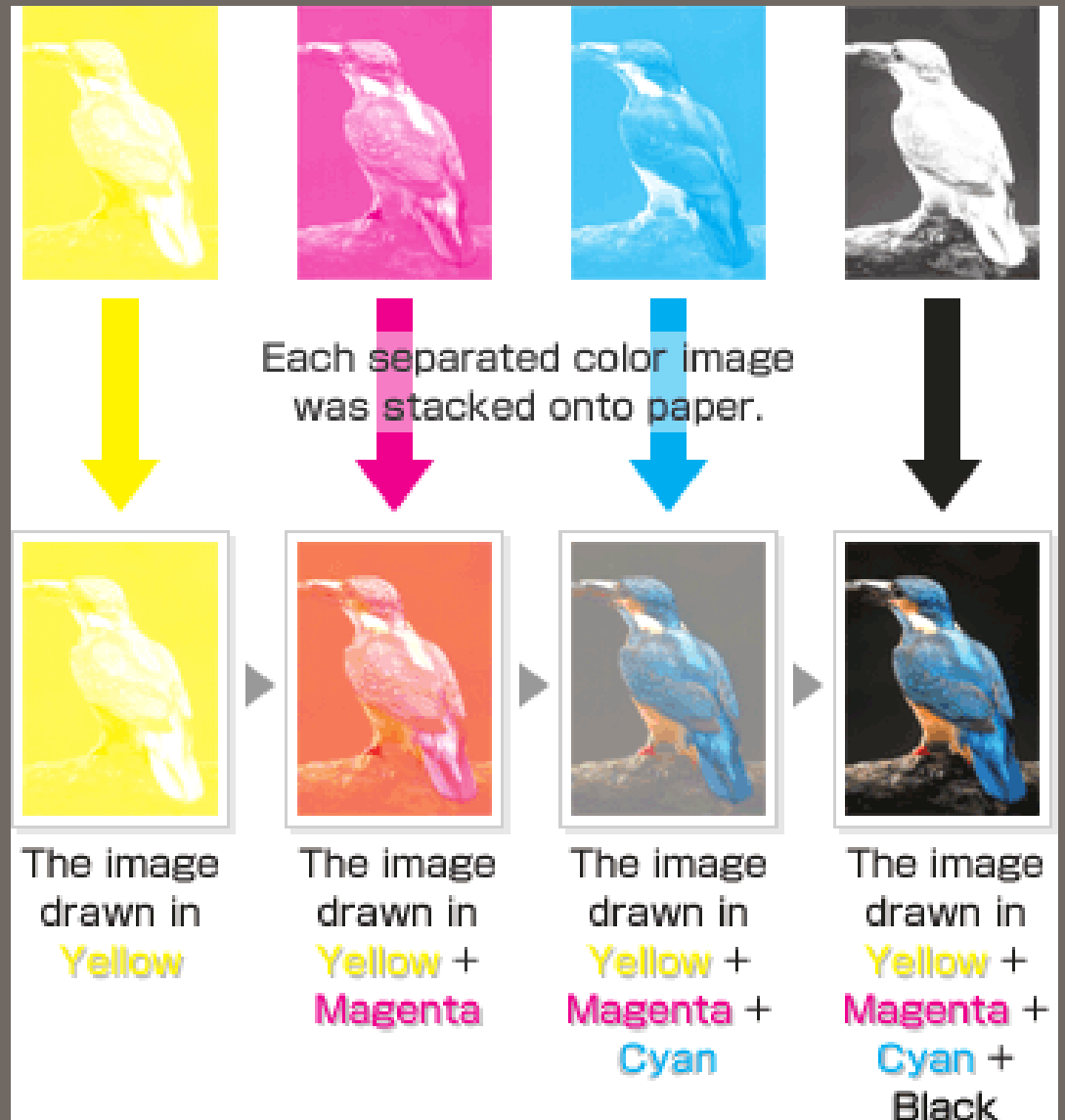
C'est le même principe pour les encres ou les peintures.

Imprimante jet d'encre.

Les couches d'encre se superposent.



Exemple : les zones bleues sont obtenues par superposition du magenta et du cyan.



Il est donc possible d'analyser la lumière émise par une source lumineuse.

La longueur d'onde caractérise une couleur pure et non une source qui peut comporter plusieurs couleurs.

Mais il est utile d'avoir une grandeur pour caractériser une source de lumière. C'est la température de couleur.

La matière peut donc absorber la lumière.
Que fait-elle de cette énergie lumineuse ?
Elle la transforme en chaleur et sa température s'élève.

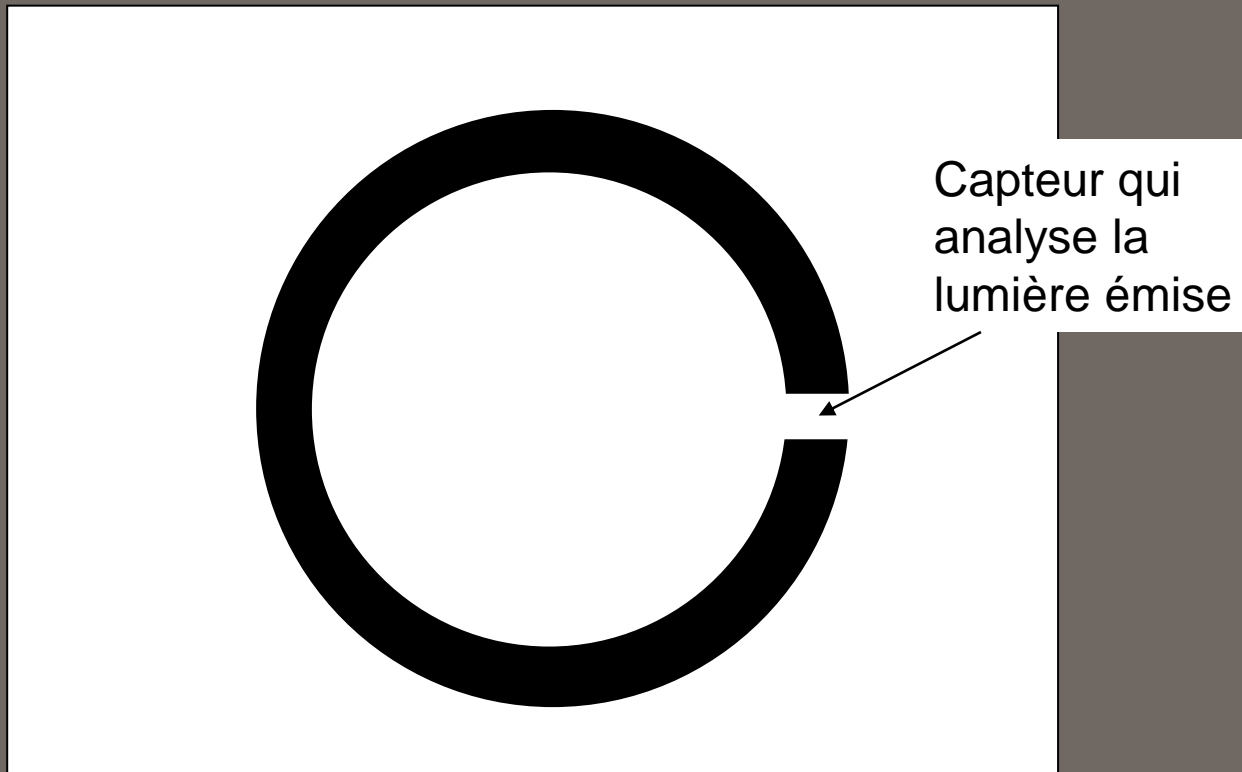
Inversement si de la chaleur est apportée à la matière, elle émet de la lumière.



Application 4 : température de couleur.

Un corps noir idéal absorbe toute énergie lumineuse.
Si sa température s'élève il émet un rayonnement.

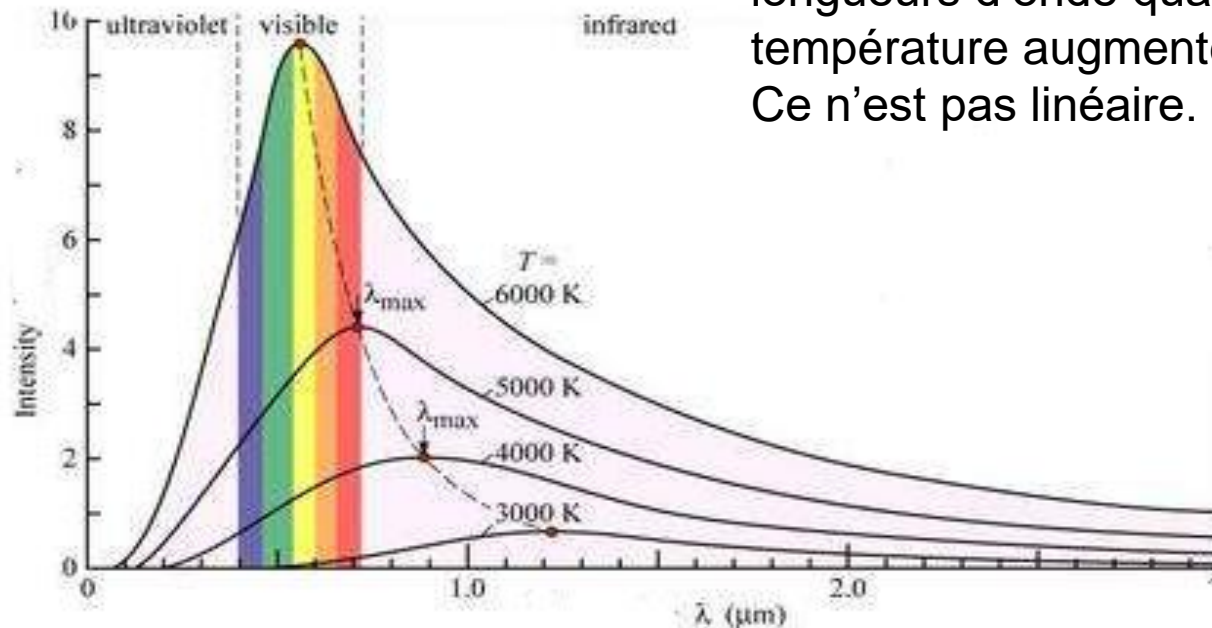
Un corps noir peut être matérialisé par une cavité qui ne laisse sortir
Pratiquement aucun rayon :



Application 5 : température de couleur.

La lumière émise par le corps noir, à une température donnée est analysée et les courbes suivantes sont obtenues :

On constate que le maximum se déplace vers les petites longueurs d'onde quand la température augmente. Ce n'est pas linéaire.

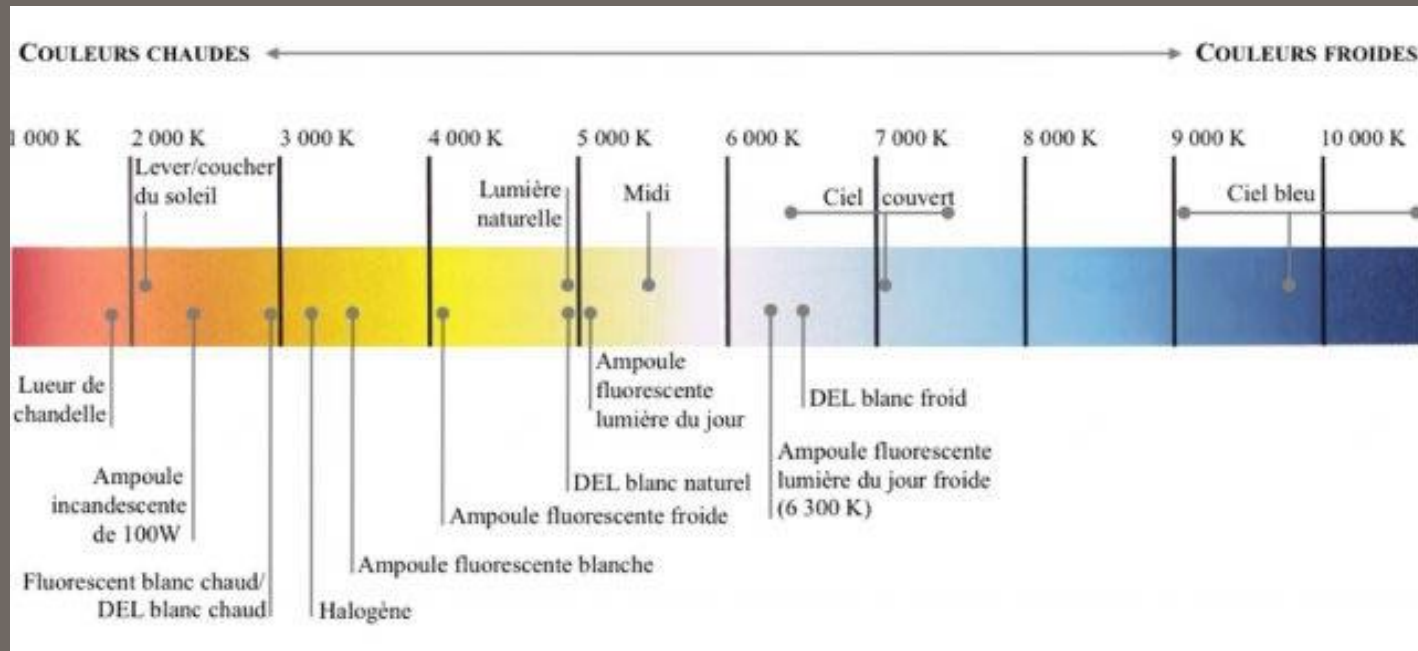
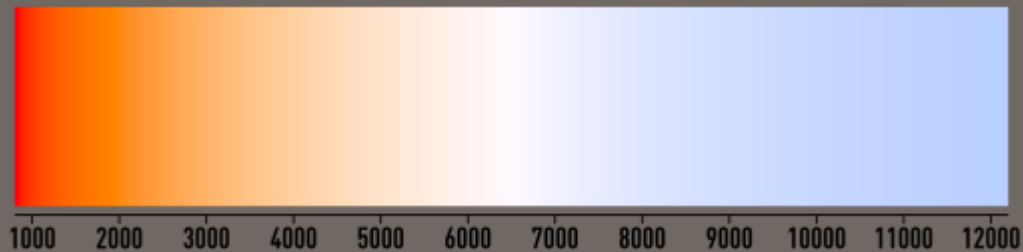


Les températures sont en Kelvin : $T = 273 + t$

Application 4 : température de couleur.

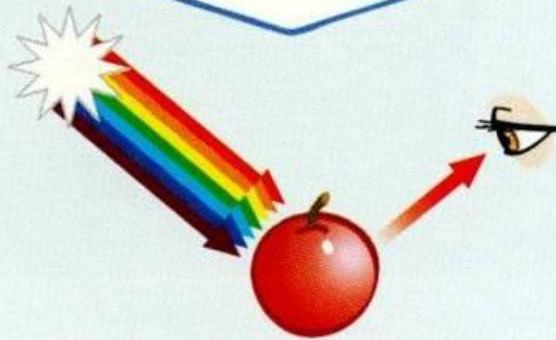
La température de couleur caractérise une source lumineuse et non pas une couleur.

La température de couleur d'une source lumineuse est la température du corps noir qui donne le même rayonnement.



Application 4 : température de couleur.

ÉCLAIRAGE EN LUMIÈRE BLANCHE



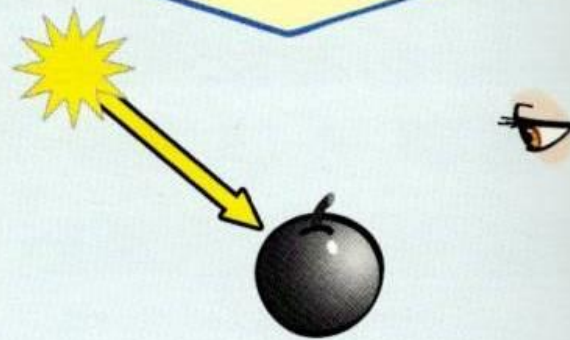
« Couleur » des photons absorbés



Couleur visible



ÉCLAIRAGE EN LUMIÈRE JAUNE



« Couleur » des photons absorbés



Pas de couleur visible

Application 4 : température de couleur.

La perception de la couleur n'est donc pas absolue.

Concernant le blanc :

- Ce n'est pas une couleur, aucune longueur d'onde ne lui est associée.
- C'est une interprétation du cerveau.
- Les apn ne font pas cette interprétation.

Application :

pour que l'image corresponde à ce qu'attend notre cerveau il faut « tricher » et imposer comme blanc, ou gris, ce qui doit être perçu comme tel.

Utilisation d'une charte de gris.

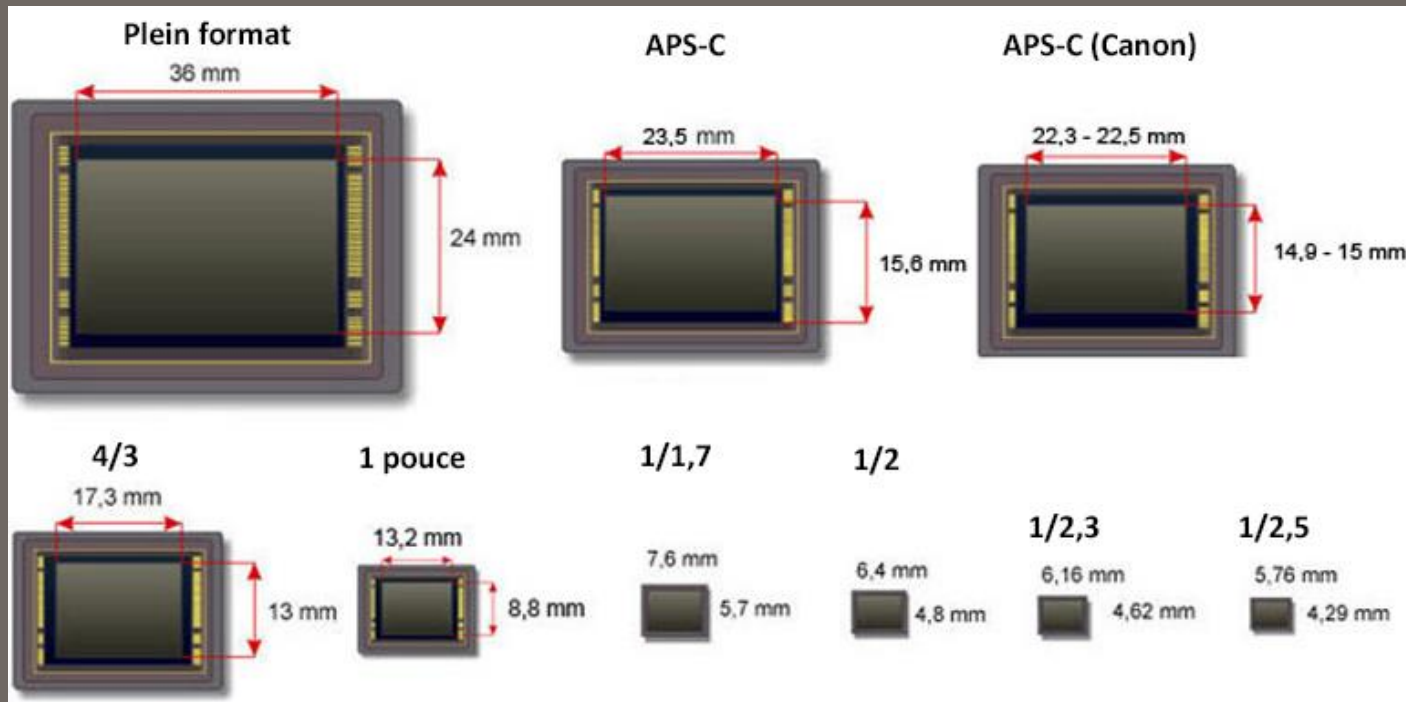
The screenshot displays the Adobe Photoshop 2021 interface. The main canvas shows a photograph of a small, fluffy dog lying on a surface, with a color calibration chart (a white and black square) visible in the lower-left corner of the image. The top menu bar includes 'Fichier', 'Edition', 'Affichage', 'Vignettes', 'Aperçu', 'Étiquette', 'Réglage', 'Outils', 'Fenêtre', and 'Cloud ?'. The top toolbar contains buttons for 'Modifier l'image', 'Enregistrer', 'Composition', 'Composition HDR', 'Dual Pixel RAW', 'Compos. profo...', and 'Modif. compos...'. On the left side, a metadata panel shows the file name '2022_03_12_0505.CR3', the date and time '12/03/2022 01:29:02', and camera settings 'F2.8 1/60' and 'ISO3200'. On the right side, the 'Réglage' (Adjustments) panel is open, showing a histogram at the top. Below the histogram, the 'Règlage de la luminosité' (Brightness) slider is set to 0.00. The 'Règlage balance blancs' (White Balance) section includes a 'Cliquer sur balance blancs' (Click for white balance) button. The 'Ajustement précis' (Advanced) section shows color sliders for B, A, M, and G, all set to 0.0. The 'Correction automatique de luminosité' (Automatic luminosity correction) section has a 'Faible' (Low) setting. The 'Clarté' (Clarity) slider is set to 0. The 'Style d'image' (Image Style) section is set to 'Détails fins' (Fine Details). The 'Règlage gamma' (Gamma) section is set to 'Auto'. At the bottom, the Windows taskbar shows the search bar with the text 'Taper ici pour rechercher', the system tray with the date '12/03/2022' and time '14:57', and various application icons.

Application 4 : température de couleur.

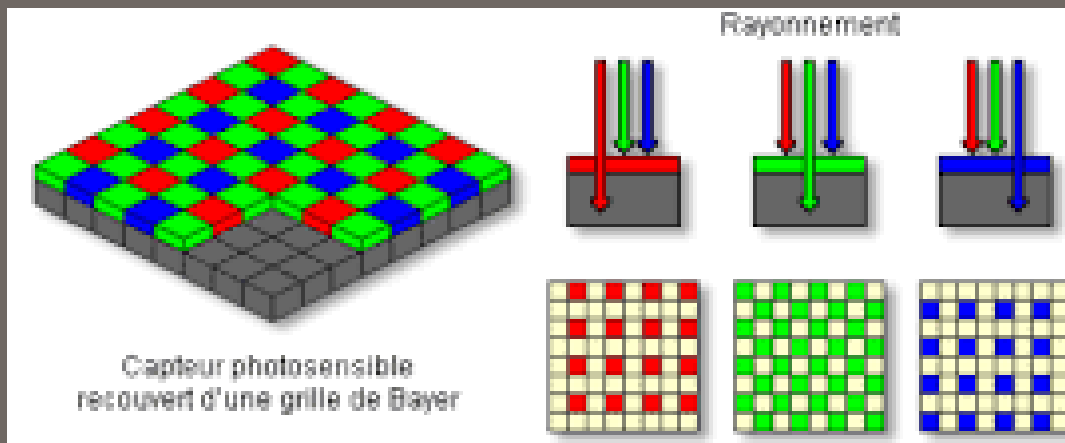
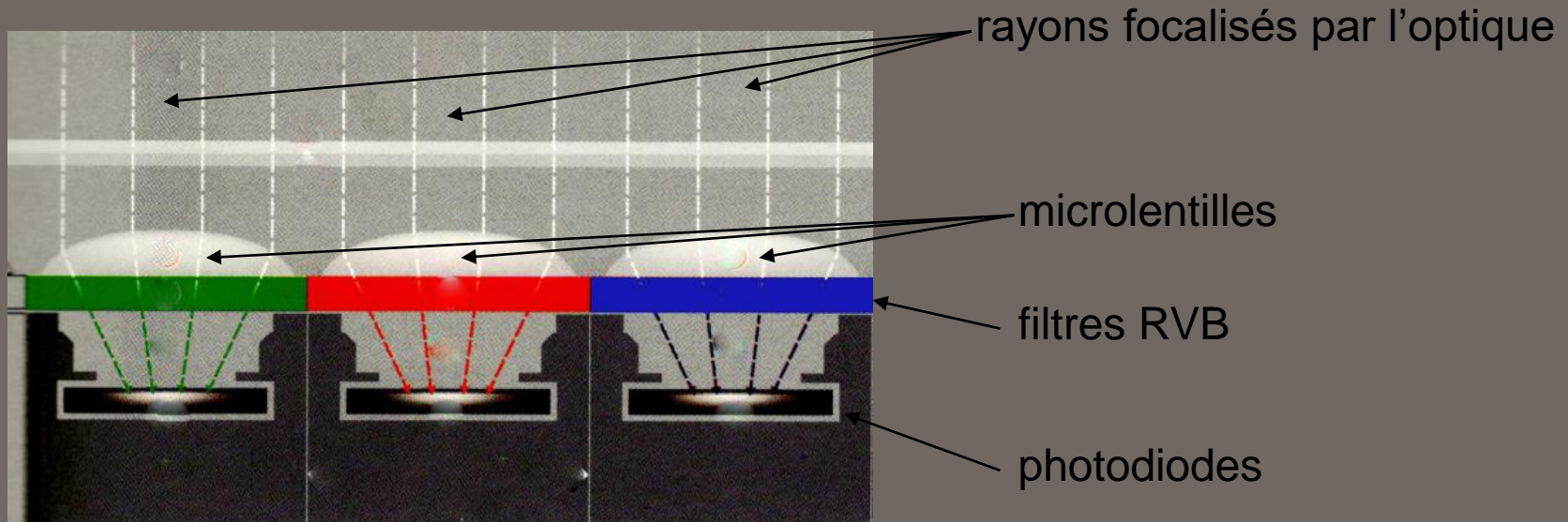


Application 4 : température de couleur.

Le capteur est constitué de silicium très pur dans lequel ont été rajoutée quelques éléments, arsenic, bore par exemple, ce qui le rend capable de transformer une intensité lumineuse en intensité électrique.

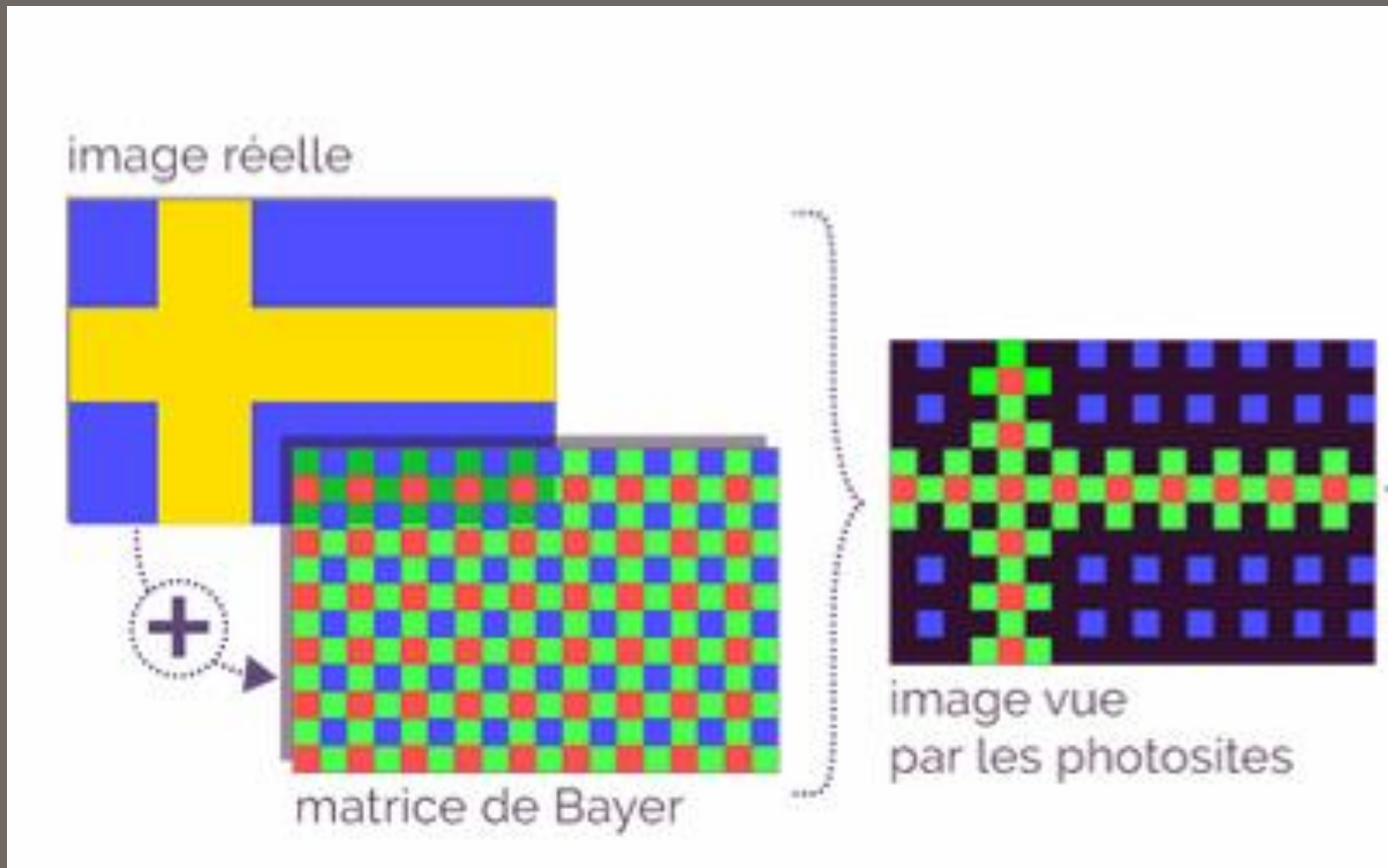


Application 5 : fonctionnement d'un capteur.



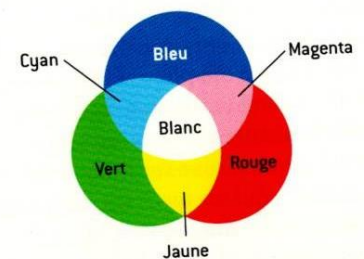
Application 5 : fonctionnement d'un capteur.

Le négatif numérique est constitué de millions d'informations sur l'intensité de la lumière reçue par les photodiodes RVB.



Rappel : jaune = rouge + vert

Application 5 : fonctionnement d'un capteur.



Il est possible de voir le fichier Raw grâce au logiciel RawDigger

File View Window Selection Help

File: 2022_04_07_0796.CR3

Image 8191x5463

Selection/Sample 4246:1386

Display

OvExp/UnExp Stats

Canon EOS R5
1/250s f/13.0 @ISO 100
Evaluative
Canon RF 16mm F2.8 STM
@16.0 mm (35 mm equivalent: 16.0 mm) EXIF


	Min	Max	Avg	σ
R 1	15873	491.5	412.8	
G 3	15873	972.7	739.1	
B 3	15873	592.2	412.7	
G2 3	15873	973.1	739.5	

Use Shift-Click to start selection
Alt-Click to place sample

R: 301
G: 895
B: 739
G2: 861

RGB render OvExp
 Raw composite UnExp
 Raw channel B

	OvExp	UnExp
R	2 0.0%	119k 1.1%
G	7 0.0%	37k 0.3%
B	2 0.0%	145k 1.3%
G2	6 0.0%	37k 0.3%

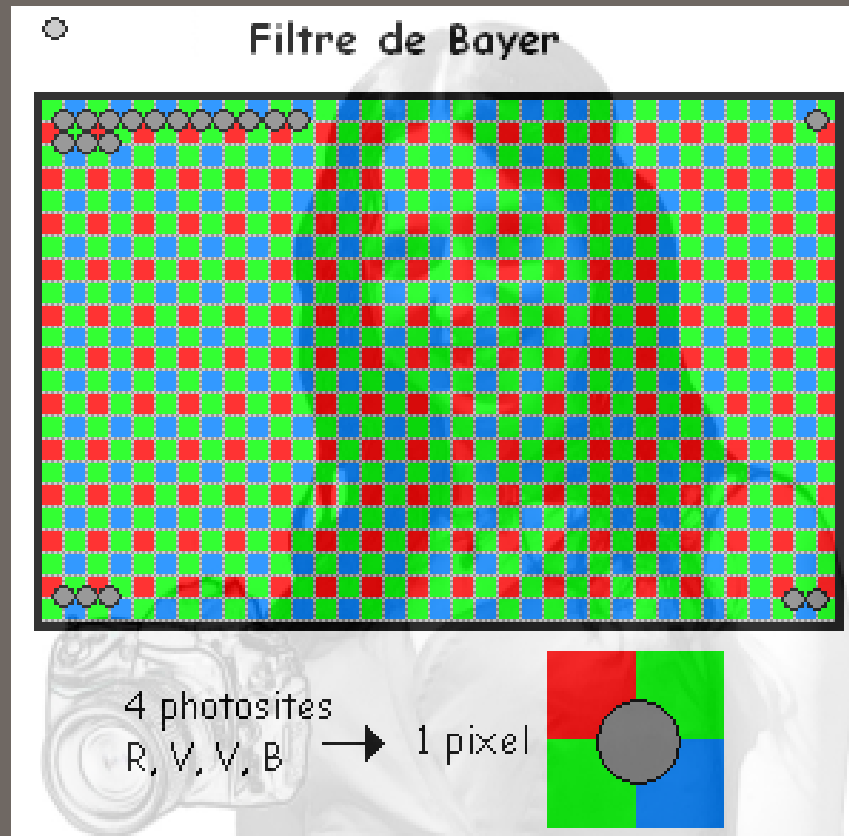


Black Level: Auto (S10) Raw Curve: N/A

Fit to Window Frame: 1 Brighten: 0,00 Apply

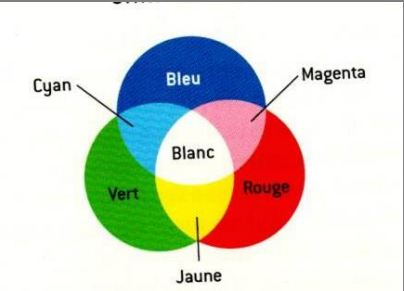
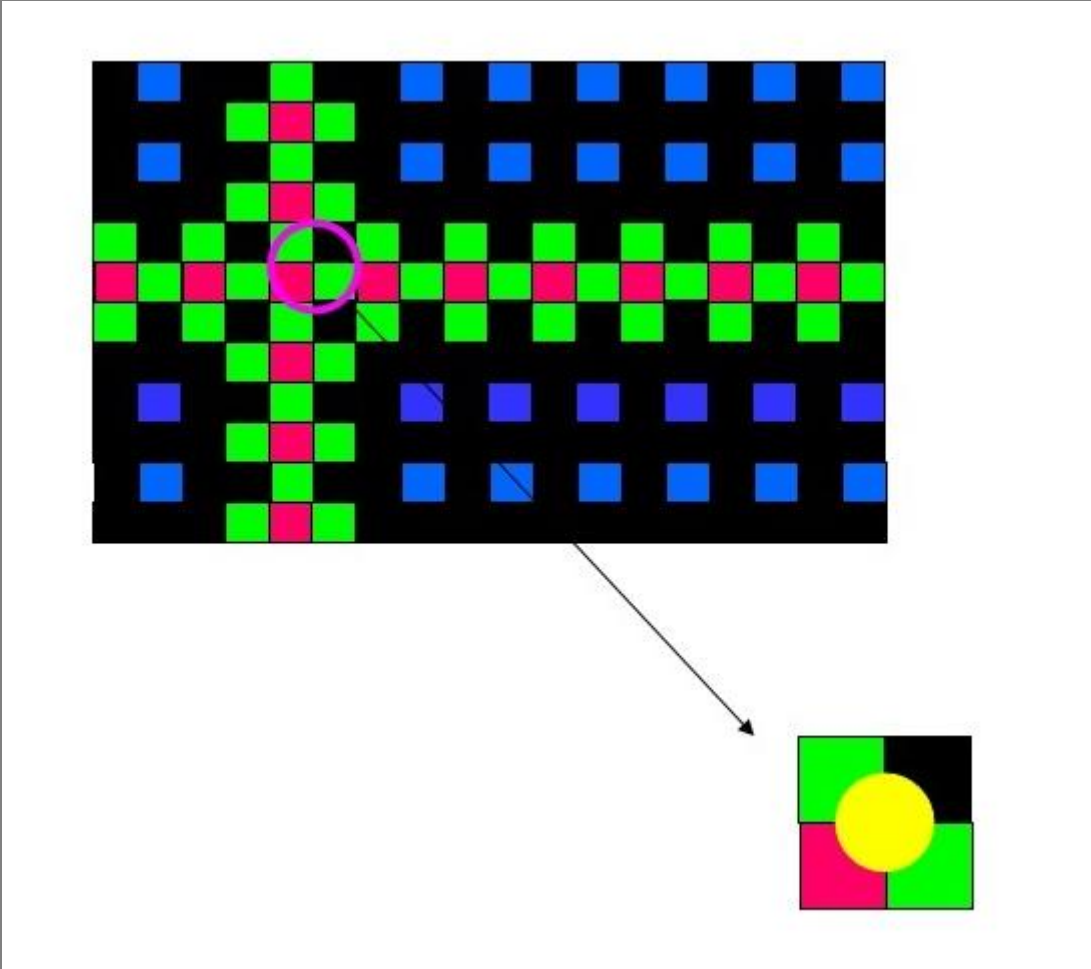
Application 5 : fonctionnement
d'un capteur.

Le processeur du boîtier se livre alors à de savants calculs pour construire les couleurs de l'image.
Ce travail peut aussi être fait avec un logiciel dédié sur l'ordinateur.



Application 5 : fonctionnement d'un capteur.

Exemple simple :



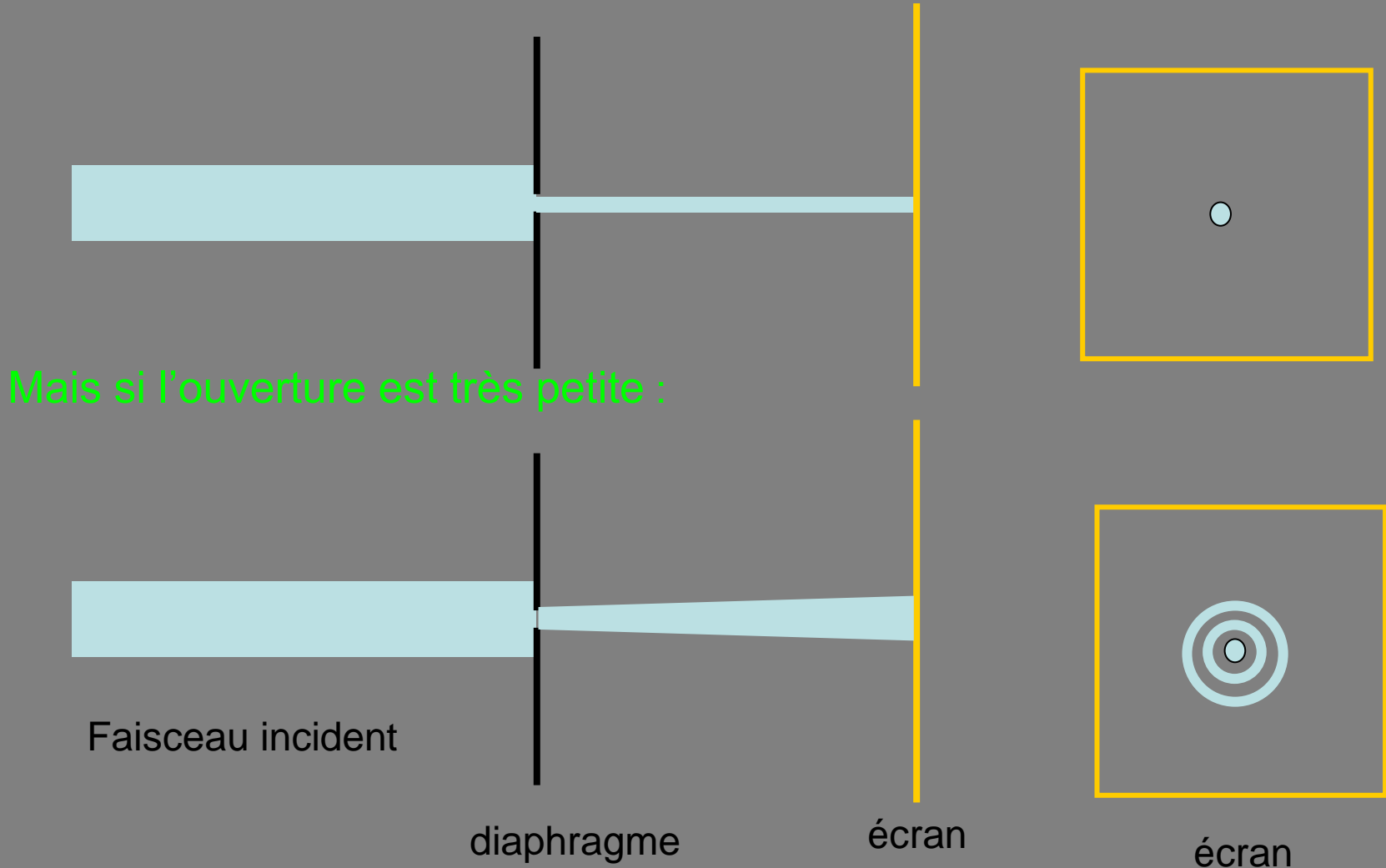
Application 5 : fonctionnement d'un capteur.

Interprétée avec Dxo PL4 « aucune correction »

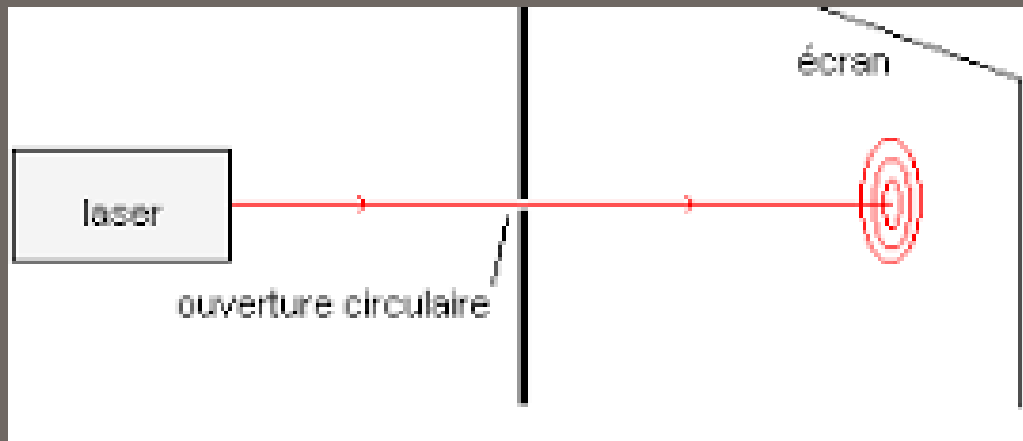


La diffraction.

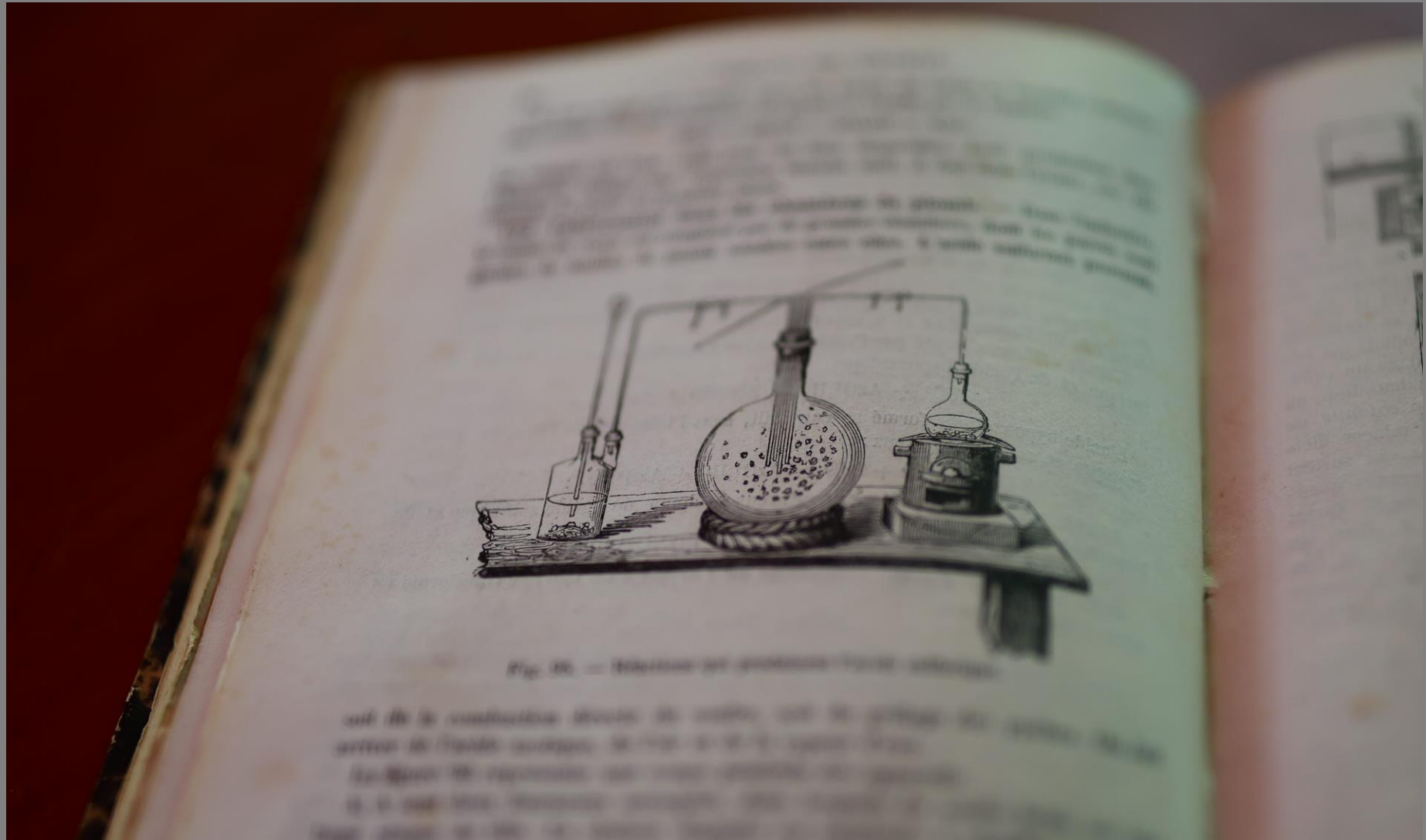
Une fente circulaire est éclairée par un faisceau de lumière monochromatique.
On s'attend à observer sur l'écran une tache ronde.



Une ouverture petite du diaphragme va faire que l'image obtenue sera plus ou moins floue.

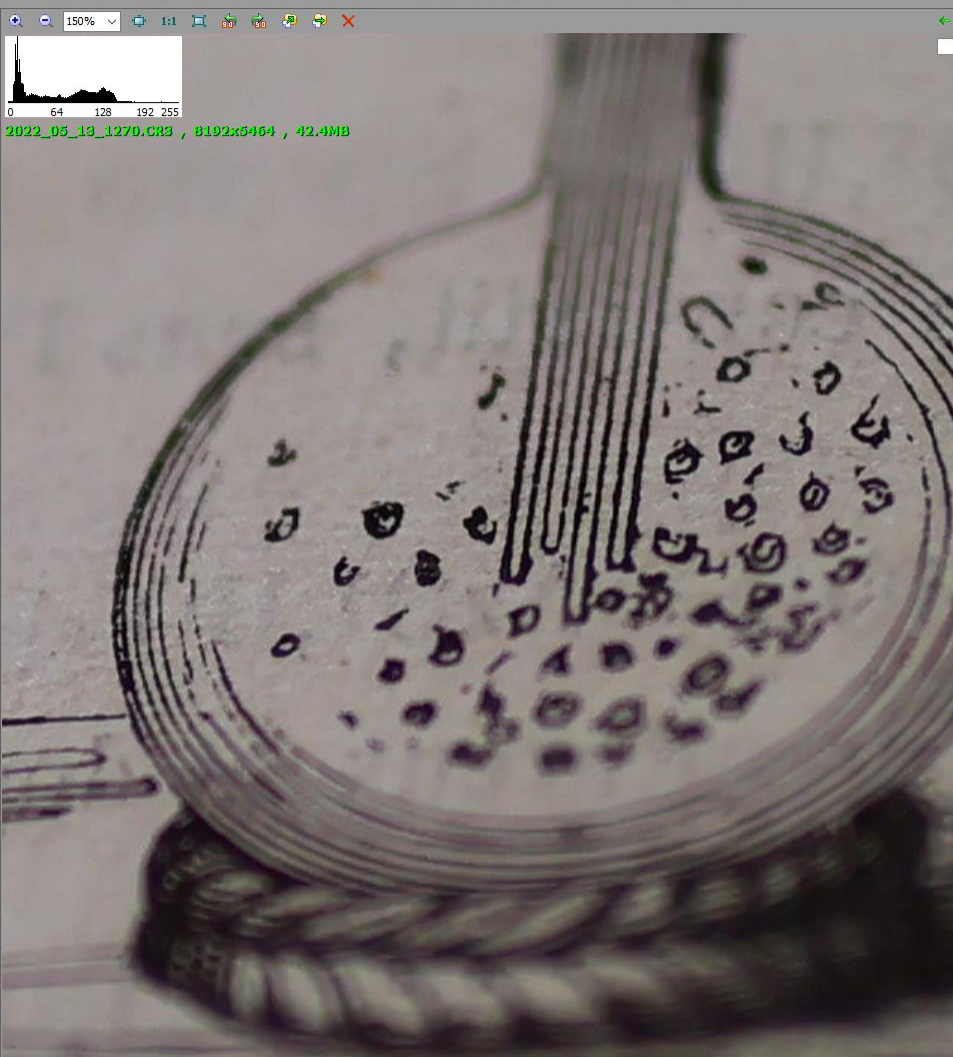


Exemple :



Application 6 : diffraction.

Note: Glissez des images avec la souris; utiliser la molette pour agrandir/réduire; Ctrl ou bouton droit de la souris pour travailler avec des images individuelles.



f/1,4 1/60 400 iso

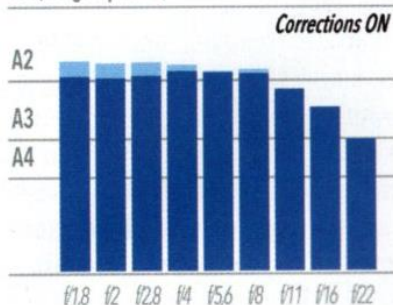
f/22 4s 500 iso

Application 6 : diffraction.

Sur capteur 24x36

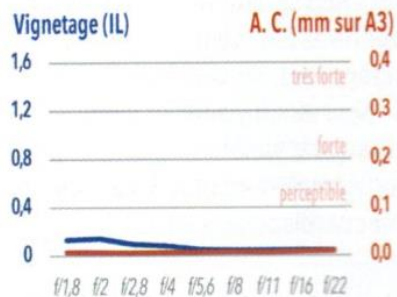
Canon EOS R5 (45 Mpix)

A1 (tirage optimal)



Foncé (sévère) : centre et bords excellents, A.C. imperceptible

Clair (tolérant) : centre excellent et bords très bons

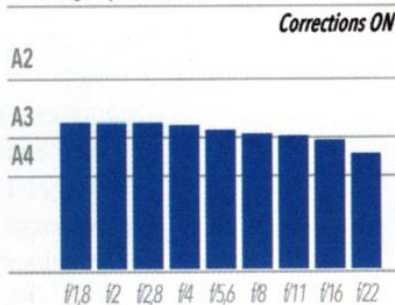


Distorsion **-0,05 %**

Positive : barillet () Négative : coussinet ()

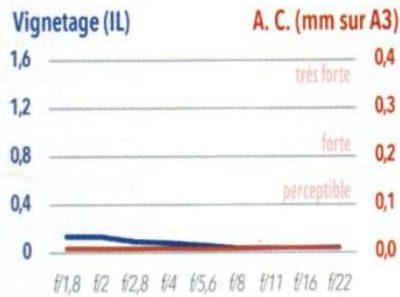
Canon EOS R6 (20 Mpix)

A1 (tirage optimal)



Foncé (sévère) : centre et bords excellents, A.C. imperceptible

Clair (tolérant) : centre excellent et bords très bons



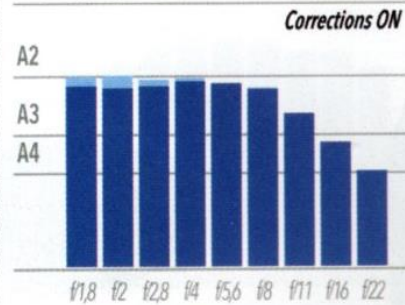
Distorsion **-0,05 %**

Positive : barillet () Négative : coussinet ()

Sur capteur APS-C

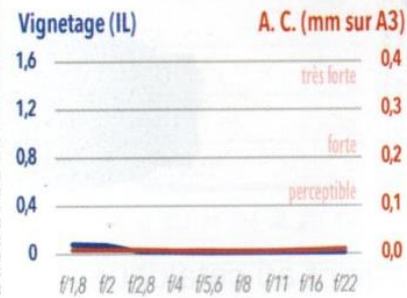
Canon EOS R7 (33 Mpix)

A1 (tirage optimal)



Foncé (sévère) : centre et bords excellents, A.C. imperceptible

Clair (tolérant) : centre excellent et bords très bons

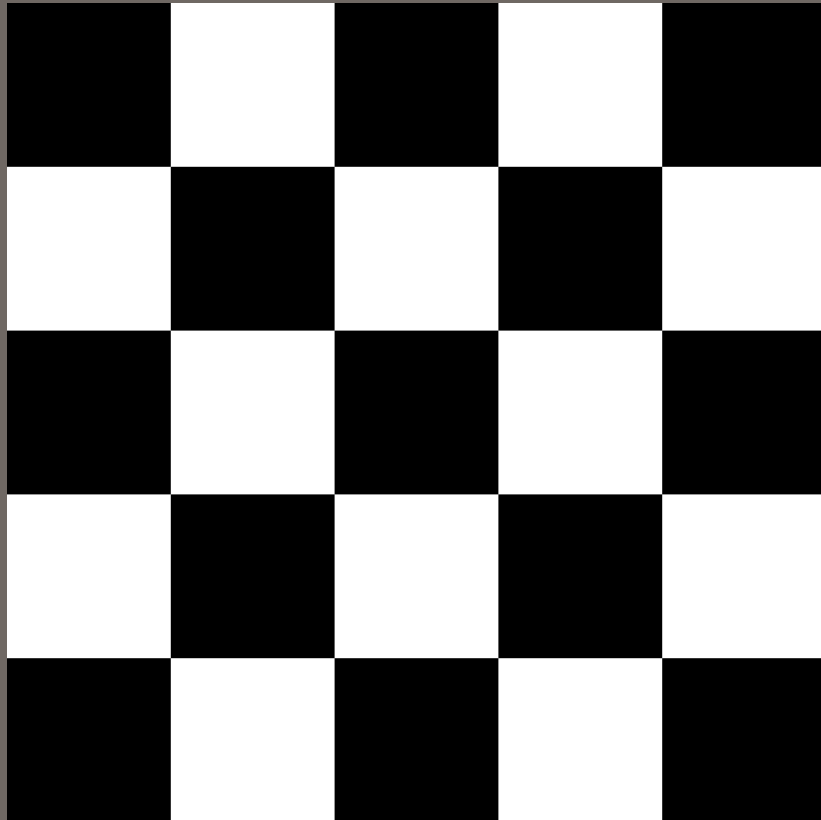


Distorsion **-0,04 %**

Positive : barillet () Négative : coussinet ()

Remèdes :

- Le phénomène se manifeste aux petites ouvertures, il faut donc éviter $f/22$ et plus petite.
- Faire confiance aux traitements des boîtiers et logiciels.



Les réglages d'exposition du boîtier dépendent uniquement de la quantité de lumière qui parvient au sujet : son éclairement.

Application 7 : mesure de la lumière.

Idéalement cette mesure est effectuée par un posemètre externe



Autre possibilité : application comme Light Meter.

Application 7 : mesure de la lumière.

18:58

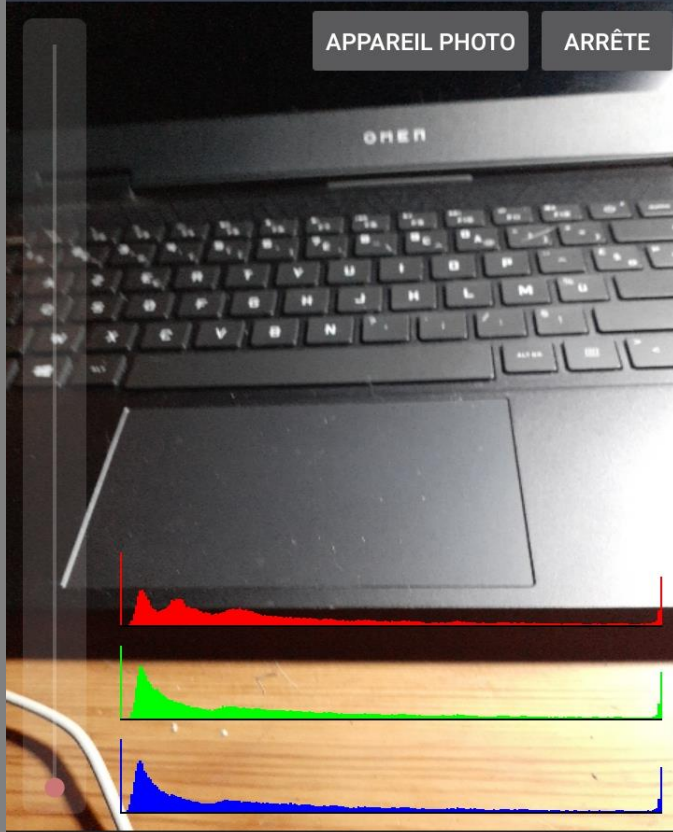


Compteur de caméra



APPAREIL PHOTO

ARRÊTE



f/

8.0

iso

400

sec

1/1.6

ev

4.8

fc: 6
lux: 68

0.0

▼ Régler

ND 0 Filter



Le capteur transformant l'intensité lumineuse en courant permet également

- de mesurer la lumière
- de calculer l'exposition.

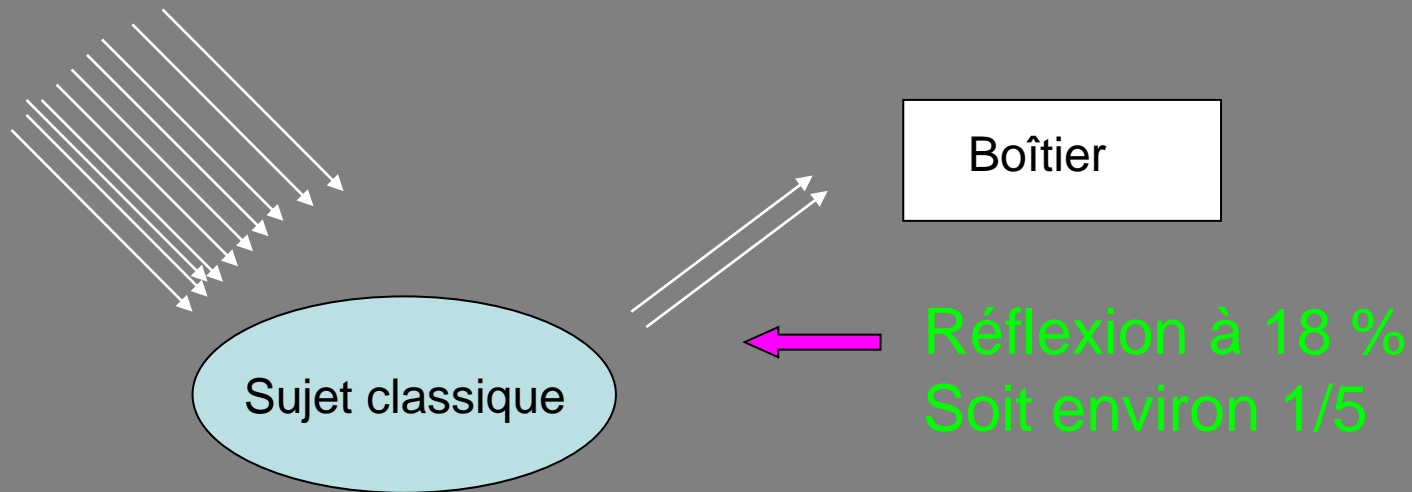
La mesure est indirecte : il mesure la lumière réfléchie par le sujet.

En fonction de sa nature ou de sa couleur chaque sujet renvoie une partie plus ou moins importante de la lumière reçue.
Des études ont montré que le coefficient moyen de réflexion est de 18 %.

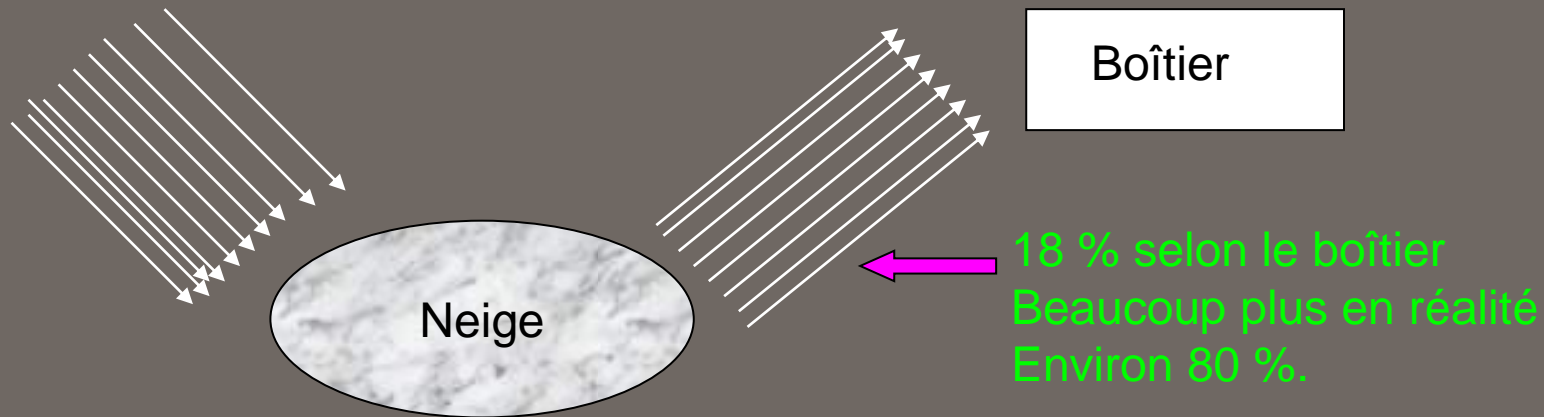
Le boîtier calcule l'exposition sur cette base.

Difficile pour le boîtier de « savoir » s'il regarde

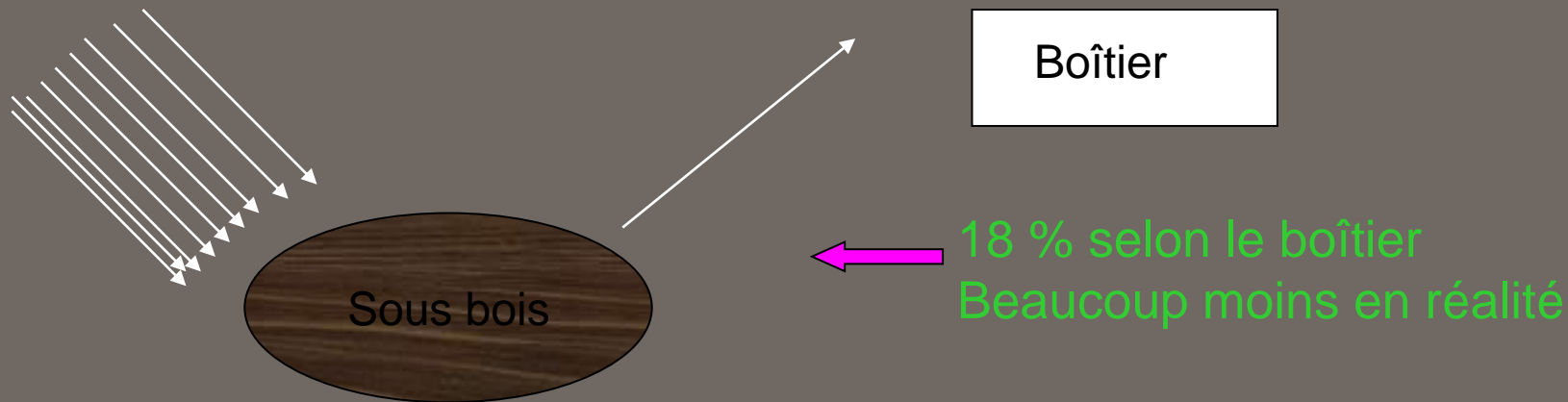
- Un sujet clair peu éclairé qui nécessite grande ouverture ou faible vitesse ou iso élevés.
- Un sujet sombre normalement éclairé.



Le capteur perçoit 2 flèches,
le processeur en déduit une intensité de $2 * 5 = 10$



Le capteur perçoit 8 flèches,
le processeur en déduit une intensité de $8 * 5 = 40$
Au lieu de 10.
L'éclairement est surestimé la photo est sous-exposée.



Le capteur perçoit 1 flèche,
le processeur en déduit une intensité de $1 * 5 = 5$
Au lieu de 10.
L'éclairement est sous-estimé la photo est sur-exposée.

Exemples :



La "scène de crime" dans son entier : un boîtier blanc posé à côté d'un boîtier noir, tous deux éclairés de la même manière par une source uniforme. Grâce à la mesure sélective sur la charte 18 % disposée au centre, on obtient une exposition satisfaisante et, surtout, on peut voir que les deux appareils bénéficient d'un rendu "réaliste", conforme à l'observation visuelle.

Au contraire, ci-dessous, lorsqu'on les cadre "serré" et qu'on effectue directement la mesure sur l'élément faiblement ou fortement réfléchissant, le posemètre est incapable de savoir s'il s'agit d'une réflectance hors normes ou d'un éclairage faible ou puissant et il pose "comme si" le sujet était un gris 18 %. Du coup, l'appareil noir est complètement délavé et l'appareil blanc ressort gris foncé.



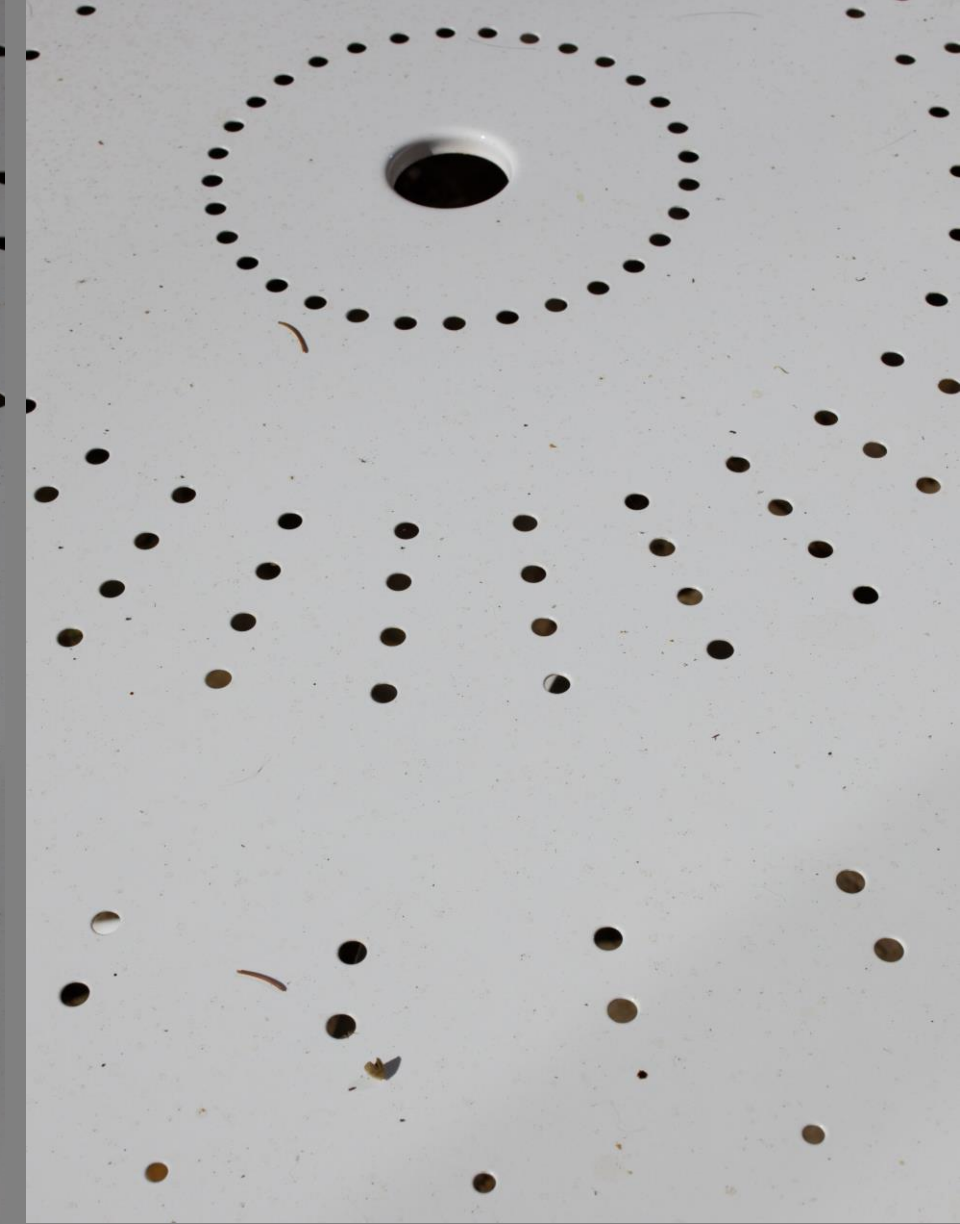
Ref CI N° 348 p 146

Application 7 : mesure de la lumière.

Remède :
Charte de gris.



Application 7 : mesure de la
lumière.



ISO 160 ; f/11 ; 1/1600

ISO 400 ; f/11 ; 1/1600

Application 7 : mesure de la lumière.

Une photodiode émet un courant :

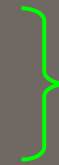
- Sous l'effet du flux lumineux : courant photonique.
- Sous l'effet de la chaleur : courant thermique.


Le processeur ne distingue pas les deux origines du courant et interprète ces deux courants comme étant dus à la lumière.

Ce courant thermique est présent, très faiblement, même à température ambiante ;
et il augmente avec la température.

Bruit dans les zones sombres :

Le courant thermique est présent bien que faible
Le courant photonique est faible aussi.



 Les deux intensités sont du même ordre,
des taches colorées vont apparaître.



Bruit de chrominance

Dans les zones éclairées le flux photonique est beaucoup plus important que le flux thermique, celui-ci est négligeable.

Remède : traitement par le boîtier ou un logiciel de développement.

Photos en haut ISO

La sensibilité du capteur ne varie pas !

L'obtention d'ISO élevés correspond à une amplification du courant.

Si on choisit d'augmenter les ISO car la luminosité est faible, les deux courants vont être augmentés, à nouveau le courant thermique va devenir visible.

Remèdes :

- Traitement par le logiciel du boîtier.
- Traitement des fichier RAW par un logiciel spécialisé.
- Réduction du bruit multivue.



1/25 f/4 12800 iso

Poses longues

Lors d'une pose longue, du fait du fonctionnement des circuits électriques le capteur s'échauffe.

De ce fait le courant thermique prend de l'importance et des couleurs parasites vont apparaître.

Remède :
faire un dark.



25 s f/3.2 800 iso

Taille des capteurs.

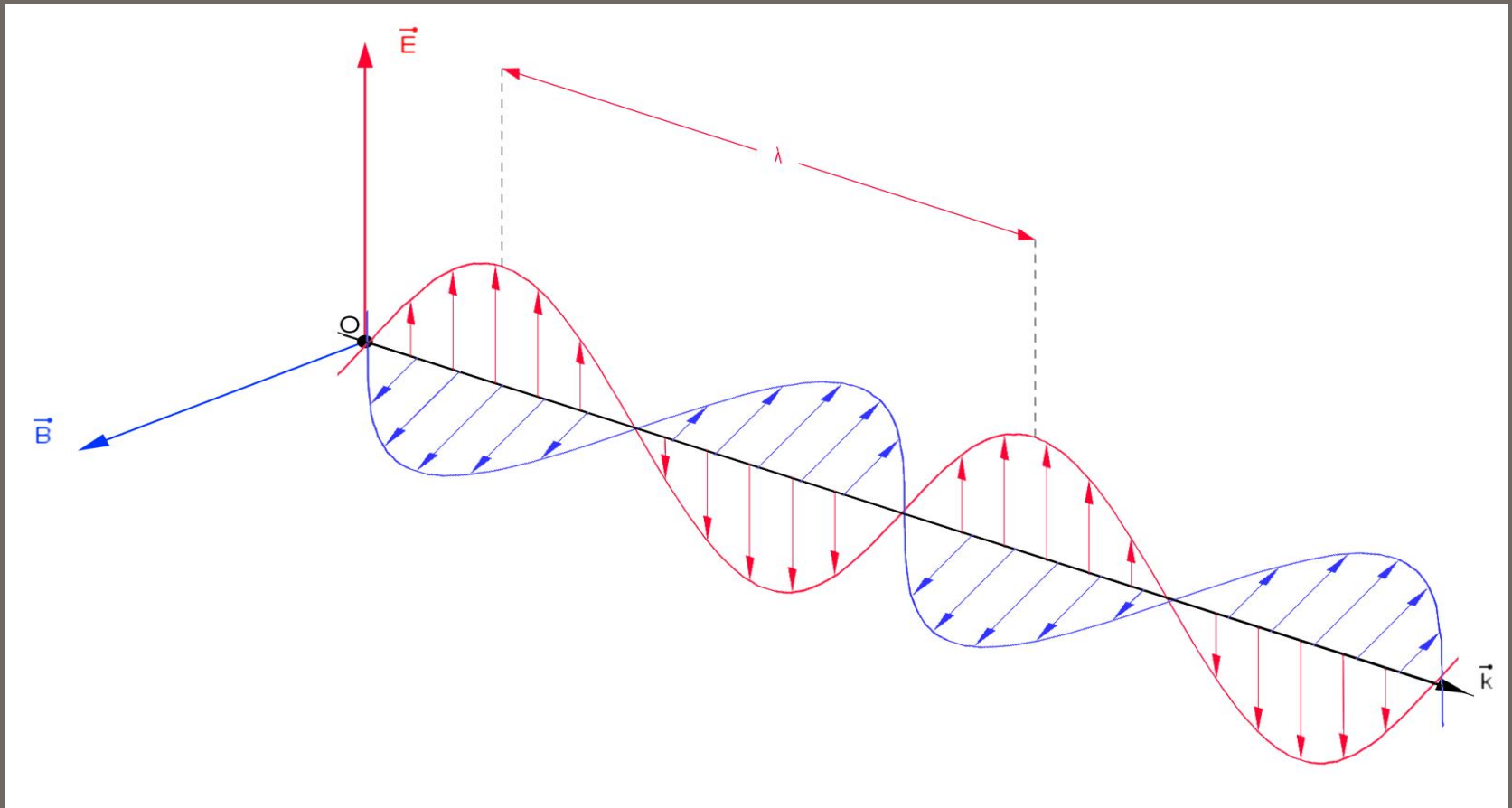
A définition égale, la taille d'un photosite est plus grande
sur un 24 36
que sur un aps
que sur un 4/3 etc.

Or le courant thermique est le même quelque soit la taille du photosite
Mais un grand photosite capte plus de lumière qu'un petit.

→ Le rapport signal / bruit est plus favorable.

Polarisation.

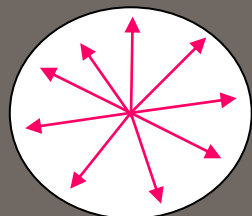
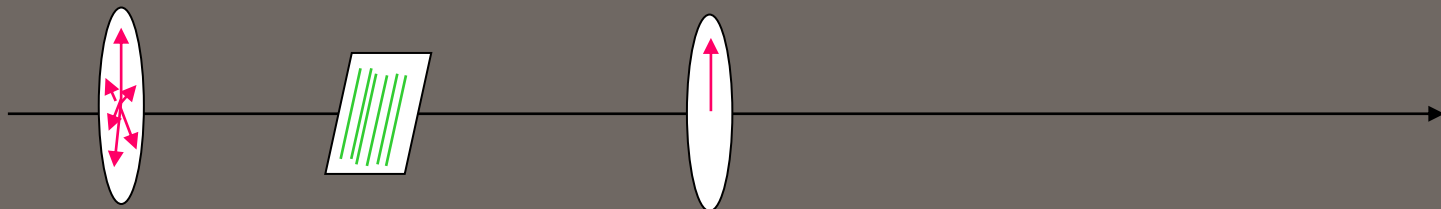
La lumière est une onde électromagnétique
En physique elle est décrite par la propagation
d'un champ électrique et d'un champ magnétique.



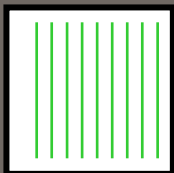
Application 9 : polarisation de la
lumière.

Dans la lumière naturelle le champ électrique a toutes les directions possibles.

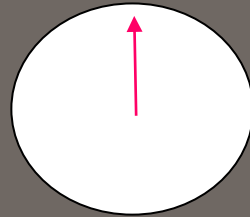
Dans la lumière polarisée il n'en a qu'une seule.



Lumière naturelle

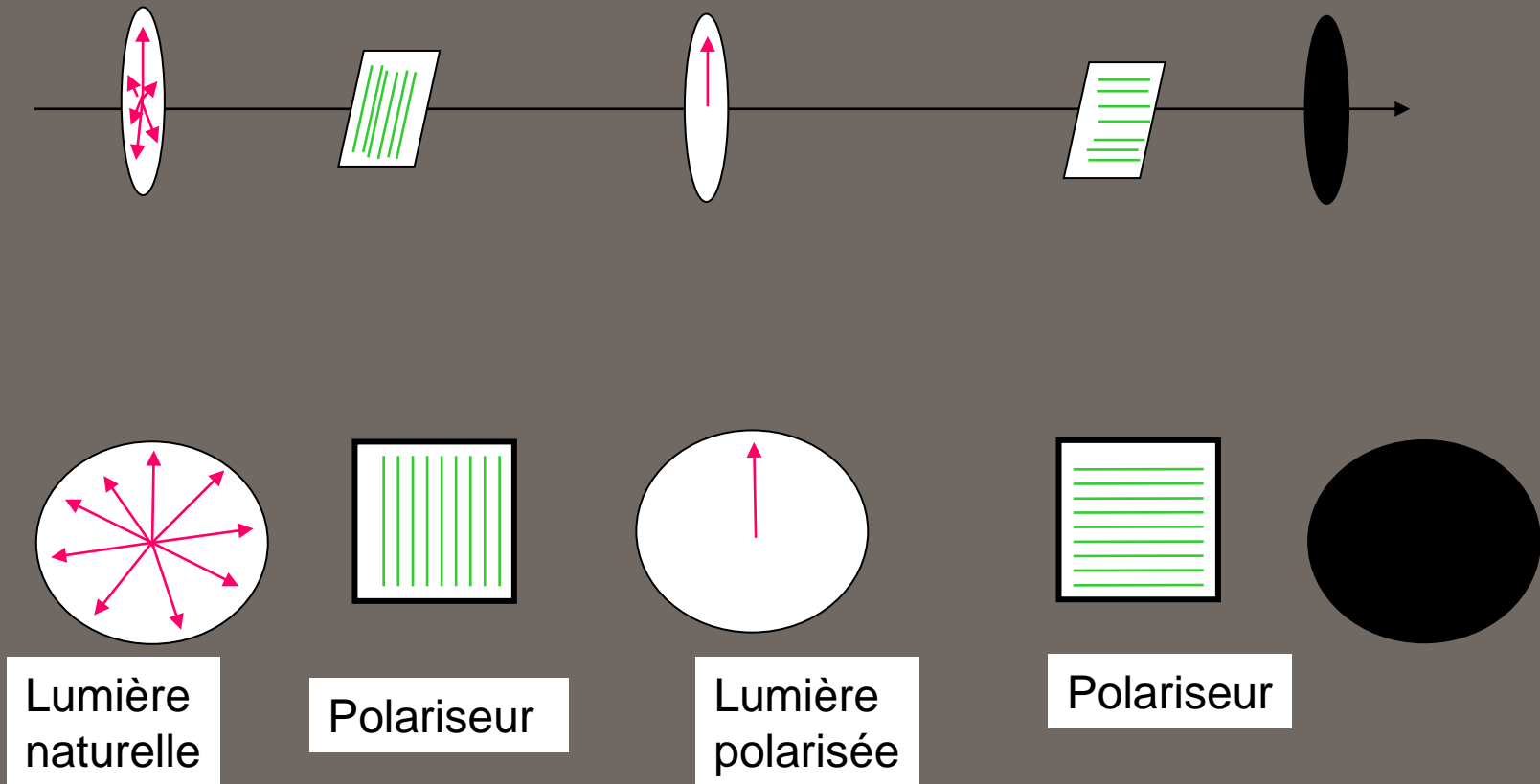


polariseur

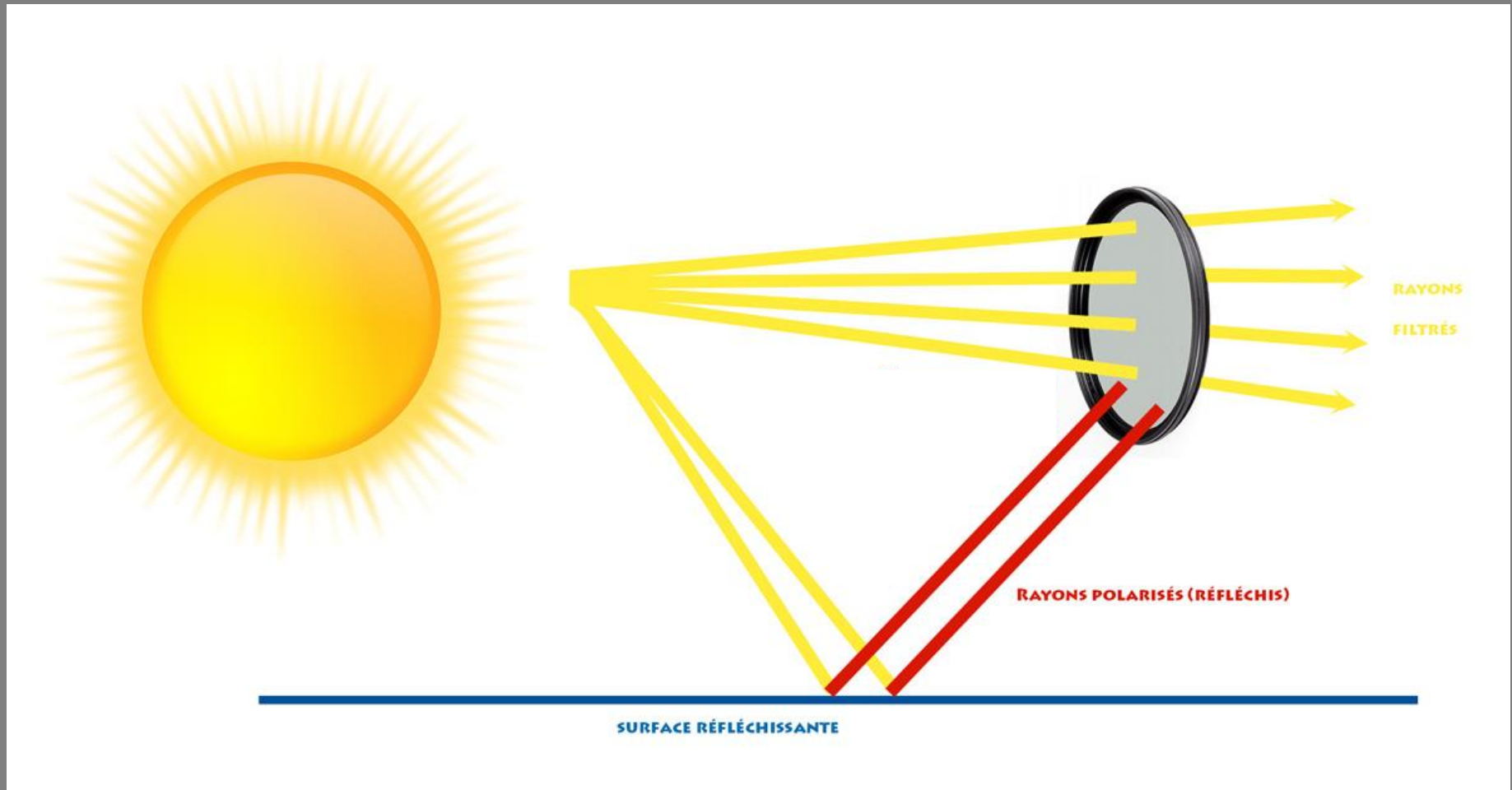


Lumière polarisée

Un second polariseur est placé sur le trajet lumineux, mais de direction perpendiculaire au premier.



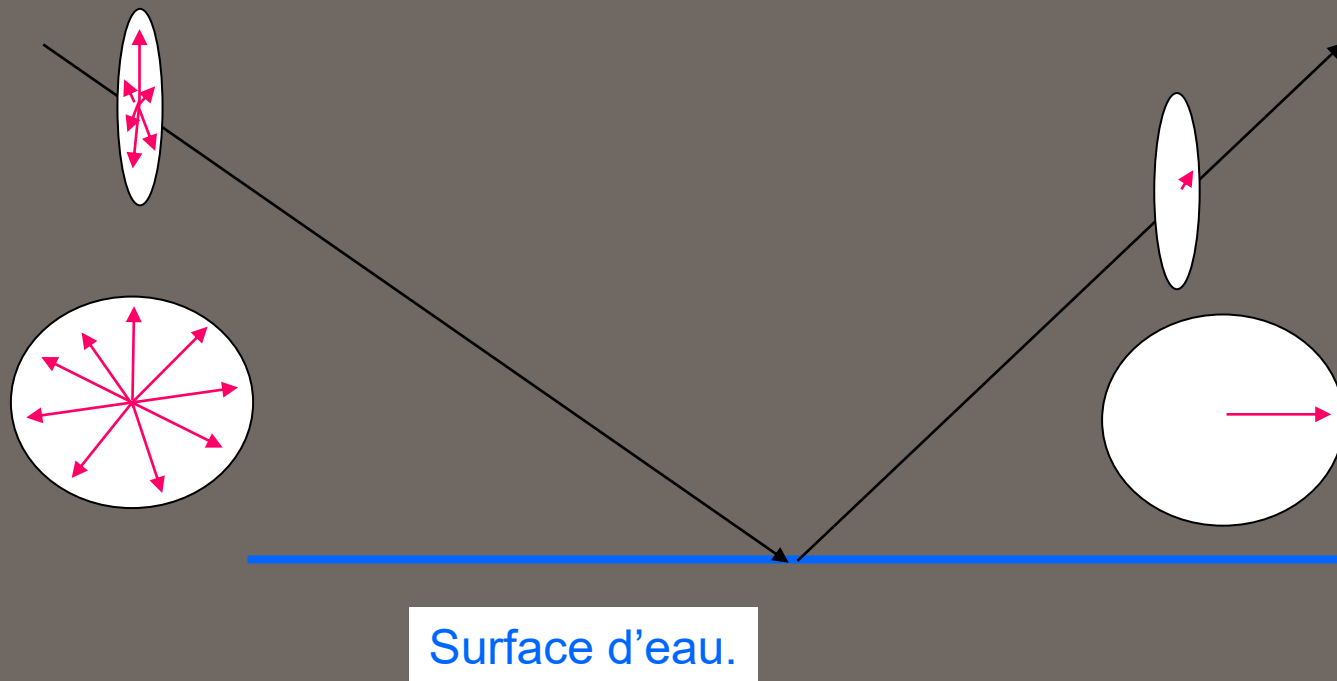
Application 9 : polarisation de la lumière.



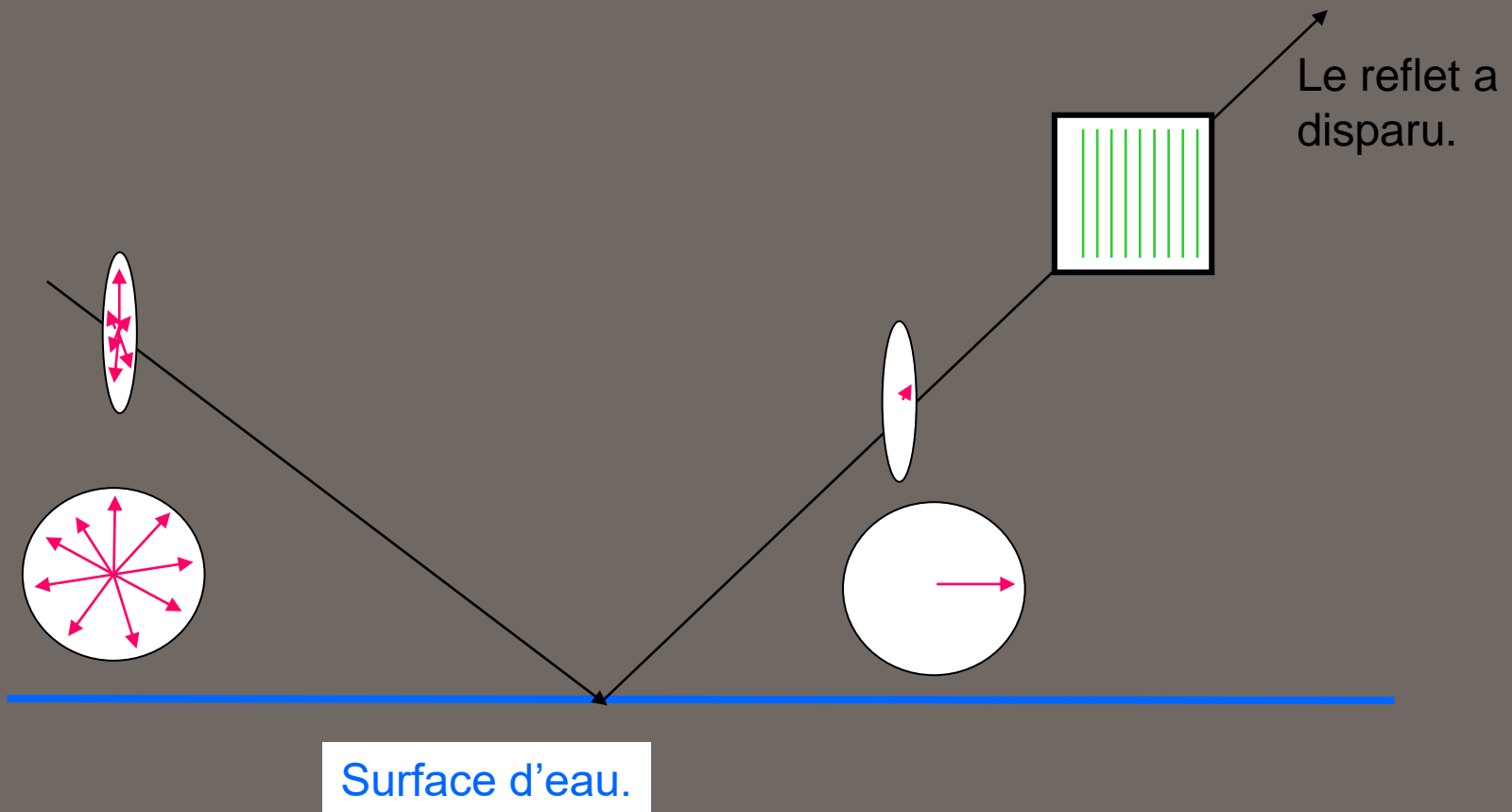
Application 9 : polarisation de la lumière.

Quelle application en photo ?

La lumière réfléchiée par les surface d'eau, les verres etc est polarisée.

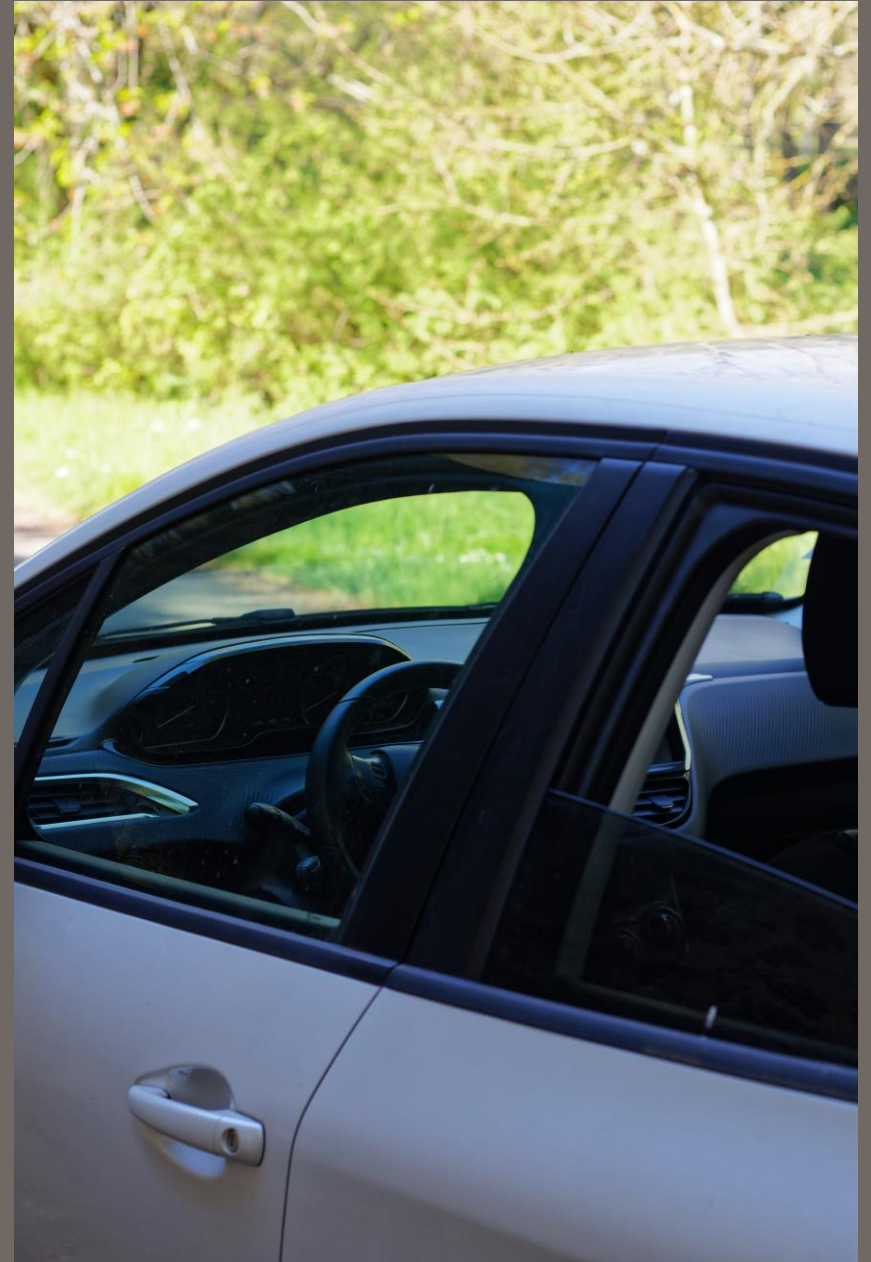


Application 9 : polarisation de la lumière.



Remarque : dans la pratique il est difficile de connaître le sens de la polarisation de la lumière du reflet, il convient de tourner le filtre polarisant jusqu'à disparition de celui-ci.

Application 9 ; polarisation de la lumière.



Application 9 : polarisation de la lumière.



Application 9 : polarisation de la lumière.



A golden, arched sign with a vertical crease down the center. The word "LUMIÈRE" is written in bold, black, sans-serif capital letters across the center. The sign has a metallic, reflective texture and is set against a dark grey background. There are some faint, circular light patterns on the sign, suggesting a light source behind it.

LUMIÈRE

**Onde
électro-
magnétique**

Longueur
d'onde
Couleur
Diffraction
Polarisation

**Dualité
onde - particule**

Photons

Effet photo-
électrique.
Capteur.
Mesure de la
lumière.
Bruit.
Température
de couleur.