

# Introduction au traitement d'images

Enseignement intégré

IT220 | Informatique 2A | 2023-2024

## Chapitre 2 : Formation / Acquisition

**Rémi Giraud**

*remi.giraud@enseirb-matmeca.fr*

<https://remi-giraud.enseirb-matmeca.fr/>

# Plan du cours

- Introduction
- **Formation / Acquisition**
- **Image numérique**
  - Format/Affichage/Synthèse
  - Espaces couleur caractéristiques : compression, esquisse, illusion
- **Traitements**
  - Filtrage linéaire / non linéaire : débruitage, anonymisation
  - Détection de contours : réhaussement de contraste
- **Transformée de Fourier**
  - Application : recouvrement fréquentiel
- **Compression d'images**
  - Application : algorithme JPEG
- **Transformation spatiales**

- La formation de l'image (lumière, source)
- Acquisition et capteurs (matriçage, couleur, résolution)
- Introduction aux formats numériques (standards, vidéo)



# FORMATION DE L'IMAGE

---



# Formation de l'image

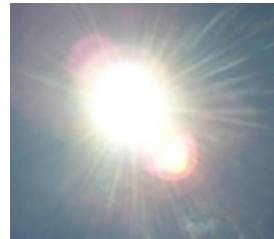
## Sources lumineuses



Tube fluorescent



Lampe halogène



Lumière naturelle

spectre émis  
 $I(x, y, z, t)$

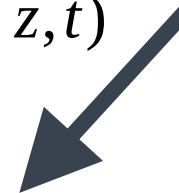


réflectivité  
(diffuse,  
spéculaire, ...)



**Objet  
(illuminé)**

spectre réfléchi  
 $R(x, y, z, t)$

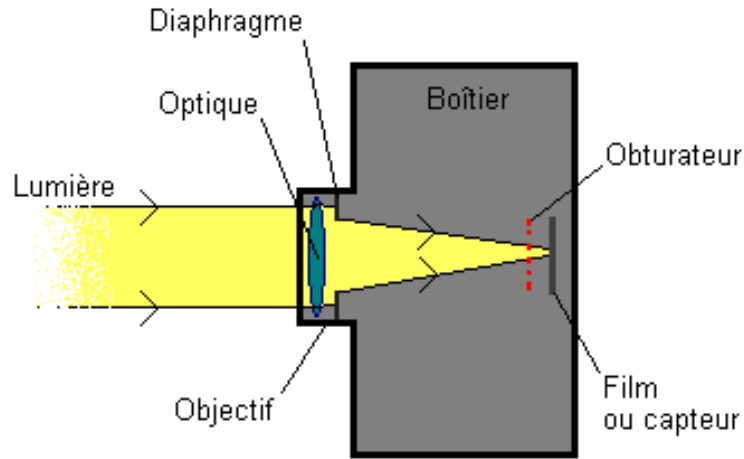


**Observateur**

La couleur « perçue » dépend de :

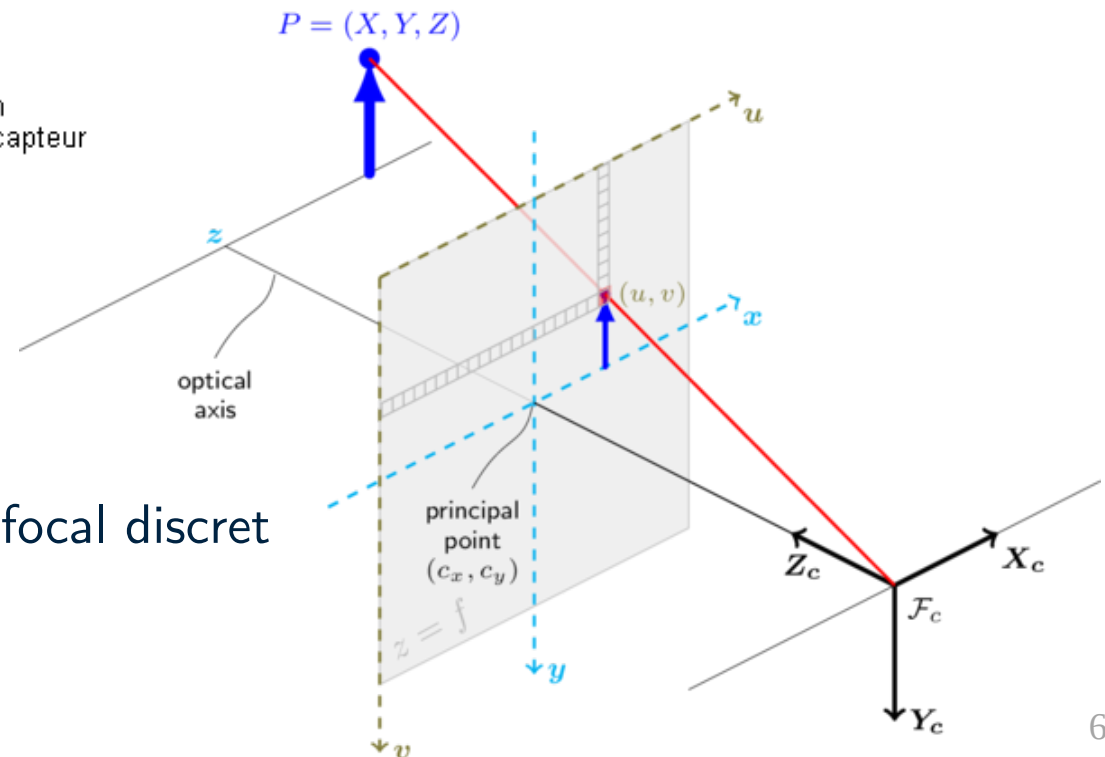
- Source
- Objet
- Milieu de propagation

## Prise de vue - Système projectif



- La lumière est captée par l'objectif de l'appareil

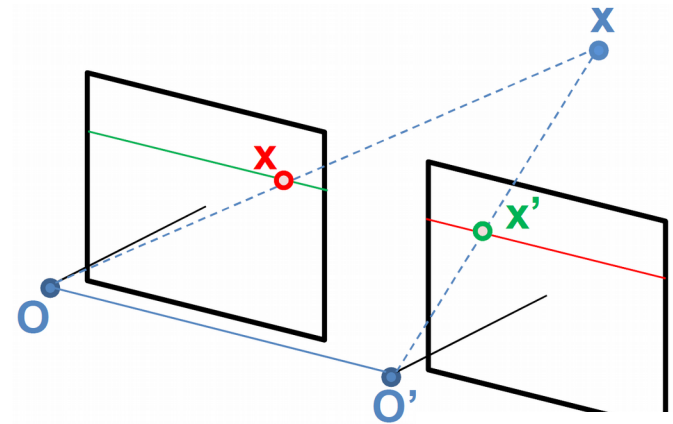
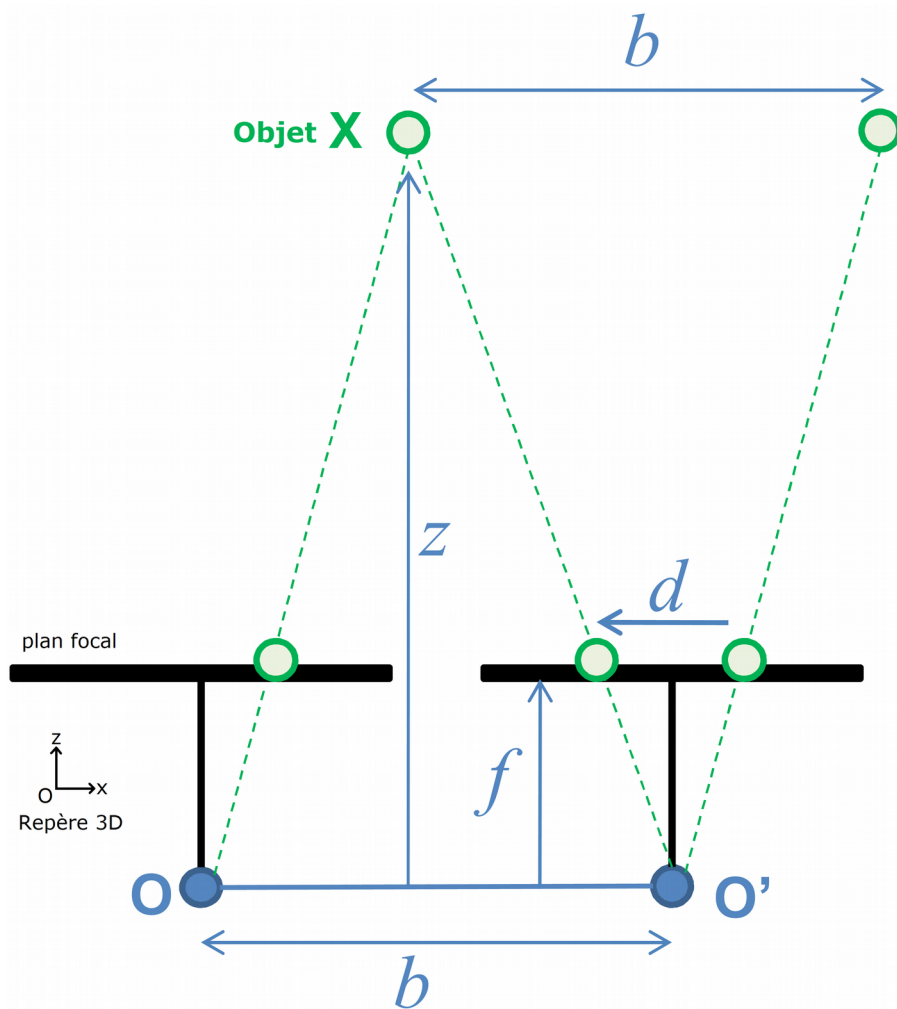
- **Projection** dans le plan focal discret



# Formation de l'image

## Stéréo-vision

- Avec deux caméras calibrées, possibilité d'estimer la profondeur  $z$



$$\frac{d}{b} = \frac{f}{z} \Leftrightarrow z = \frac{f}{d} b$$



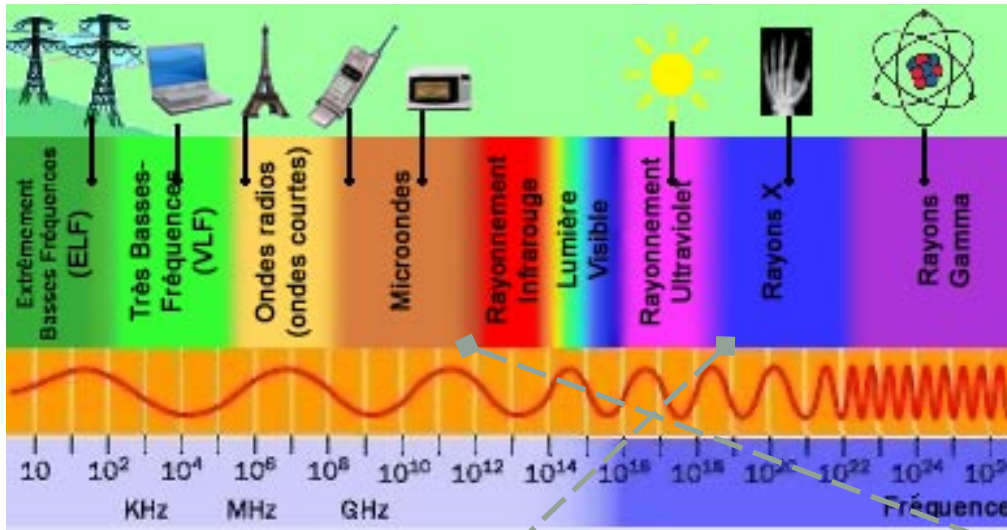
## Stéréo-vision

- Avec deux caméras calibrées, possibilité d'estimer la profondeur  $z$



# Formation de l'image

## Gammes spectrales



$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$$

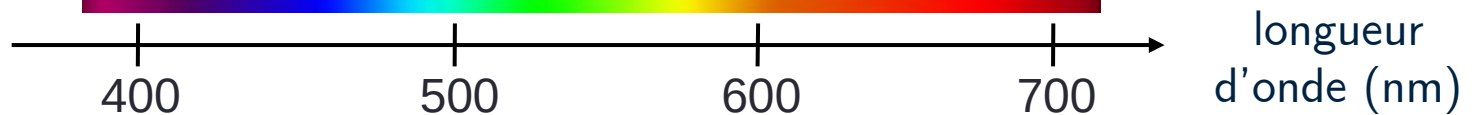
Annotations:

- $\lambda$ : longueur d'onde
- $T$ : période
- $c$ : vitesse de la lumière
- $\nu$ : fréquence

Spectre visible (380-780 nm)

Ultraviolet (UV)

Infrarouge (IR)



couleurs « pures » (monochromatiques)

# Formation de l'image

## Influence de la source



Lumière naturelle



Lampe à incandescence

« rectifiable » en  
corrigeant la balance des  
blancs lors de l'acquisition



Éclairage fluorescent

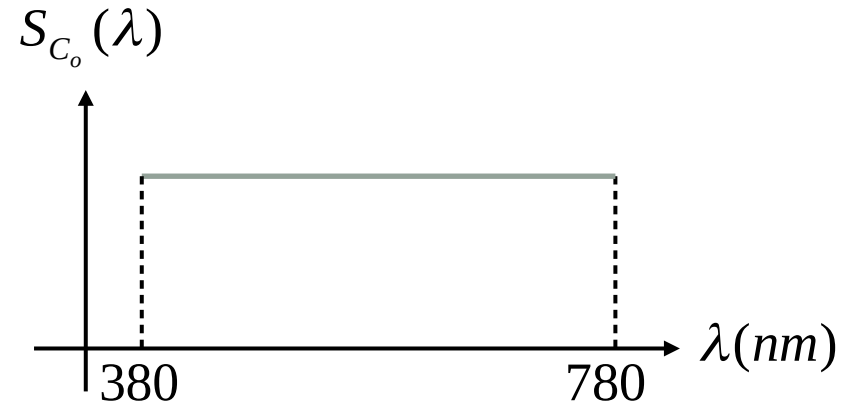


Vernis phosphorescent

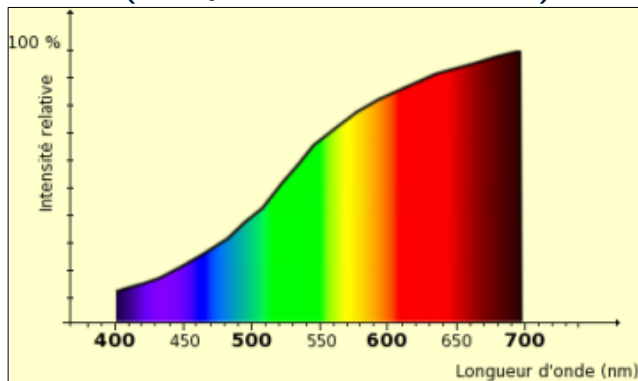
## La lumière

- Source pure

Intégralité du spectre visible à amplitude (énergie lumineuse) constante

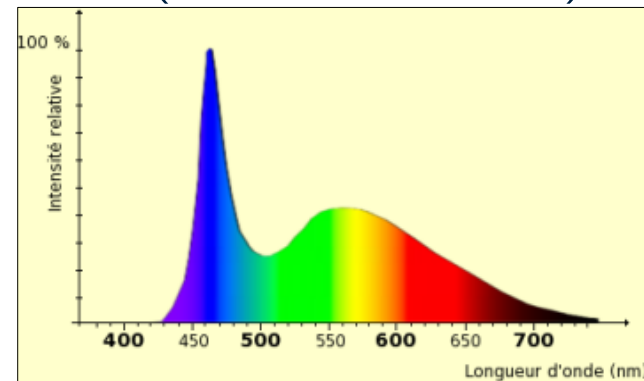


- Lampe à incandescence (corps « chauffé »)



tons jaune/rouge  
(« chaude »)

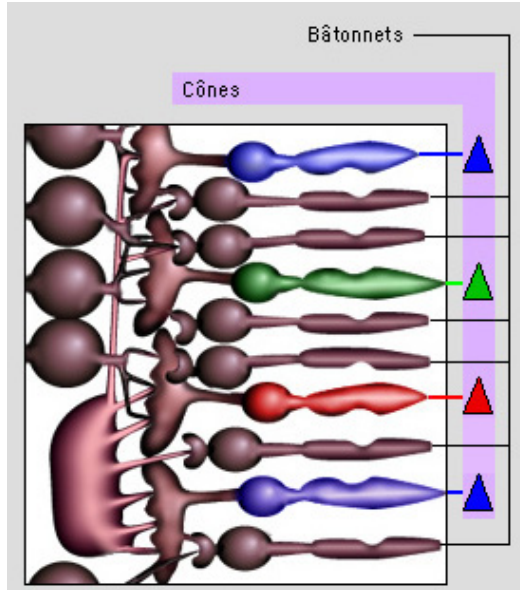
- Lampe électroluminescente (LED « blanche »)



lumière bleutée  
(« froide »)



## La système de vision



### Bâtonnets

- ✓ ~ 120 millions, forme allongée
- ✓ En périphérie de la rétine
- ✓ Vision nocturne (sensibles à la luminosité, pas aux détails)
- ✓ Information de **luminance** (intensité du signal)

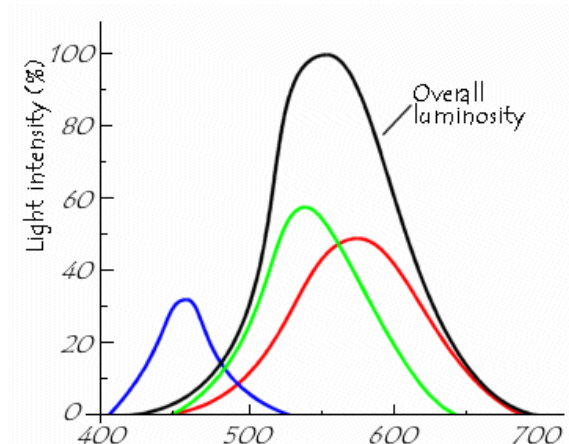
### Cônes

- ✓ ~ 6 millions, 3 sous-familles (Short (B), Medium (V), Long (R))
- ✓ Au centre de la rétine (fovéa)
- ✓ Vision diurne (densité élevée)
- ✓ Information de **chrominance** (couleur)

**Système Visuel Humain (SVH)**

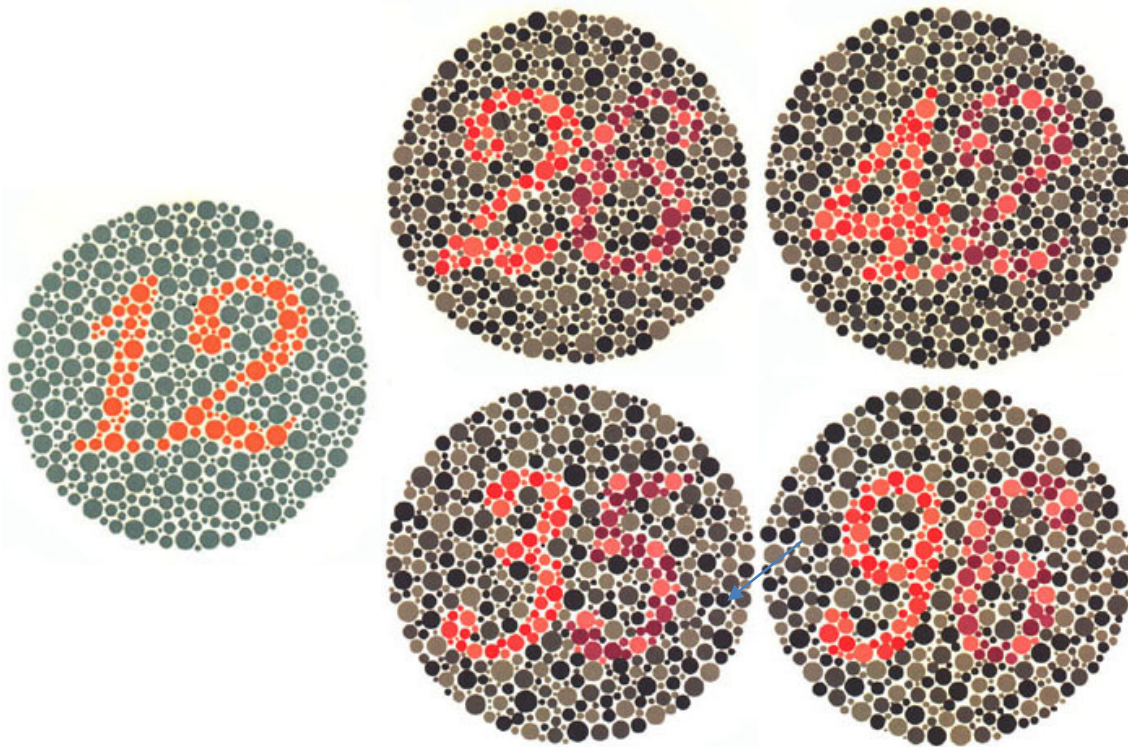
=

**Système trichromate**





## Test chromatique d'Ishihara



Extrait d'un ensemble 38 planches  
(en lumière naturelle)

- ▶ Trichromate

12 26 42 35 96

- ▶ Dichromate

- Deutéranope (-V)

6 2 5 6

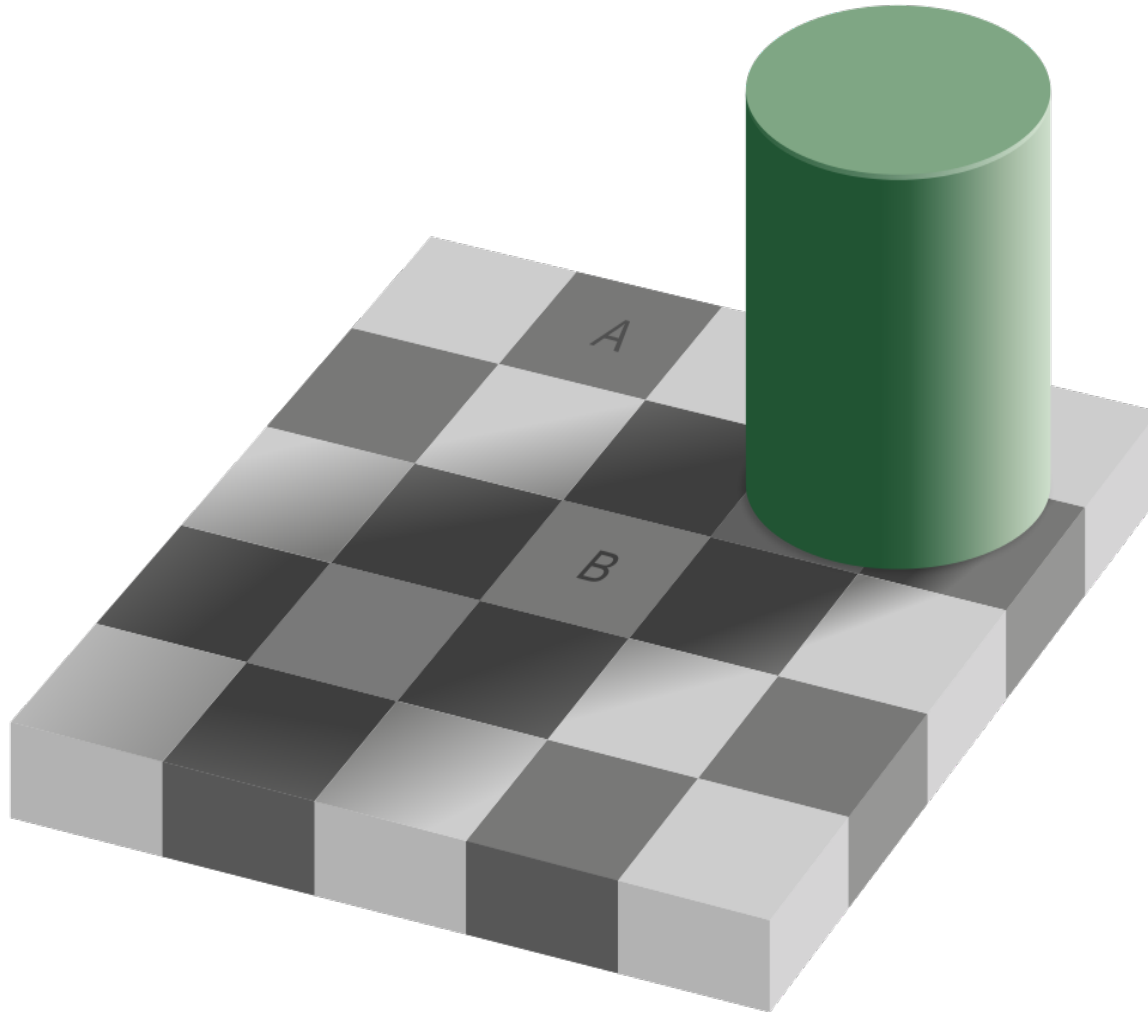
- Protanope (-R)

2 4 3 9

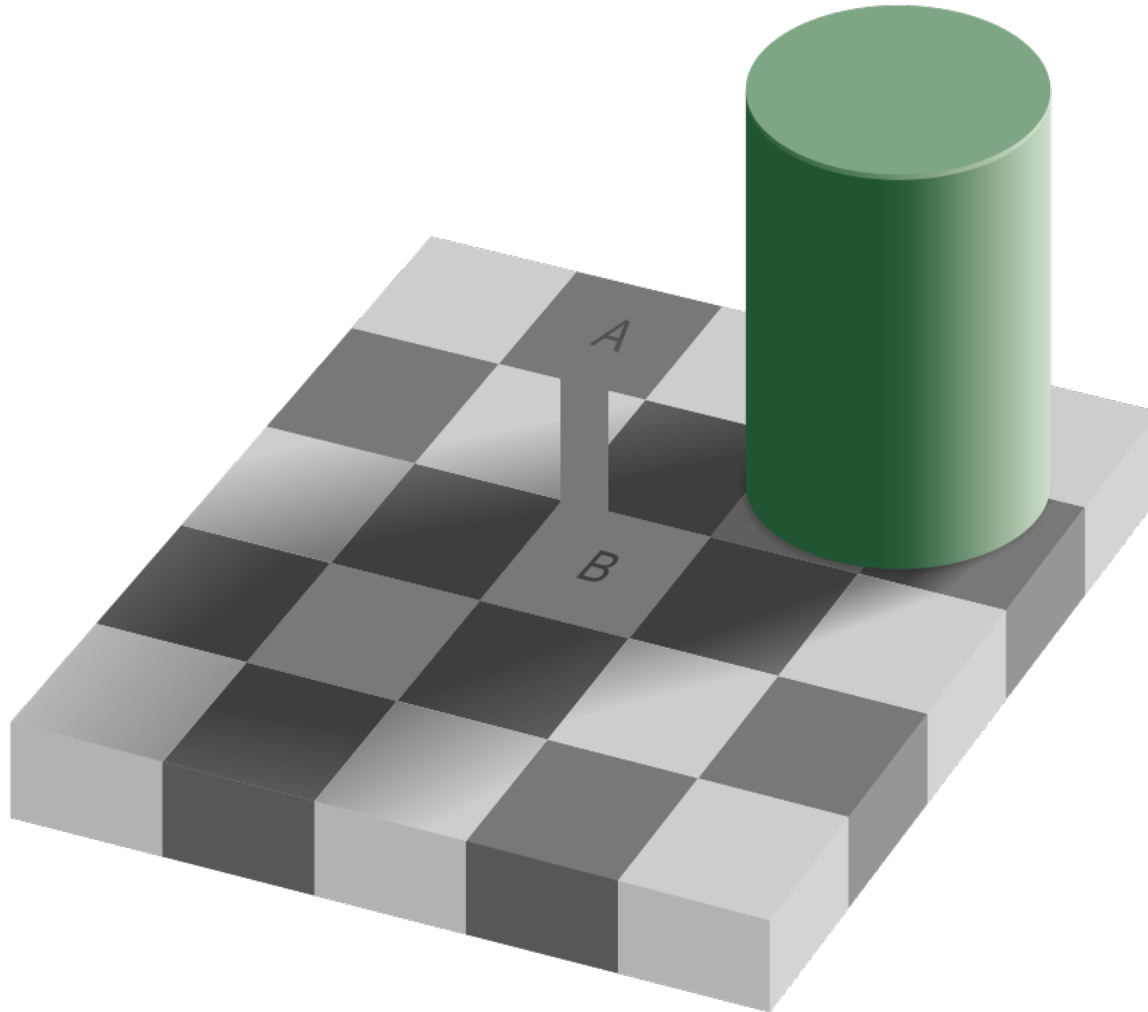
- ▶ Achromate

(pas de perception couleur)

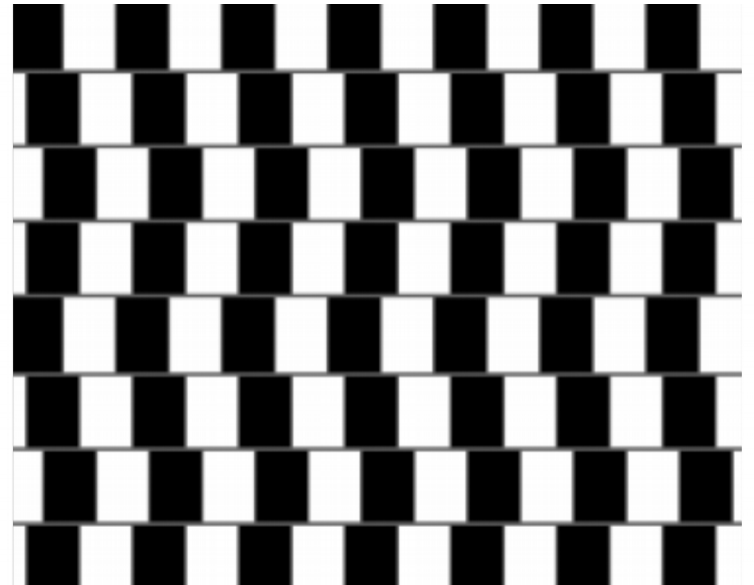
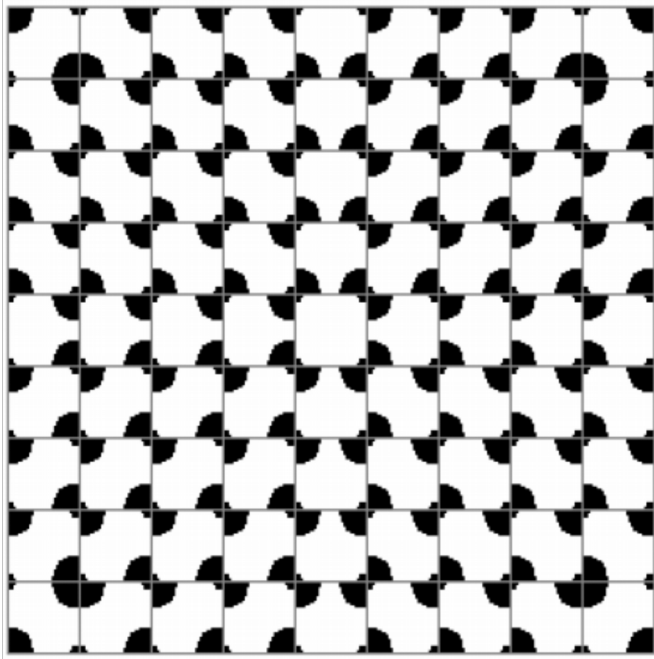
## Échiquier d'Adelson



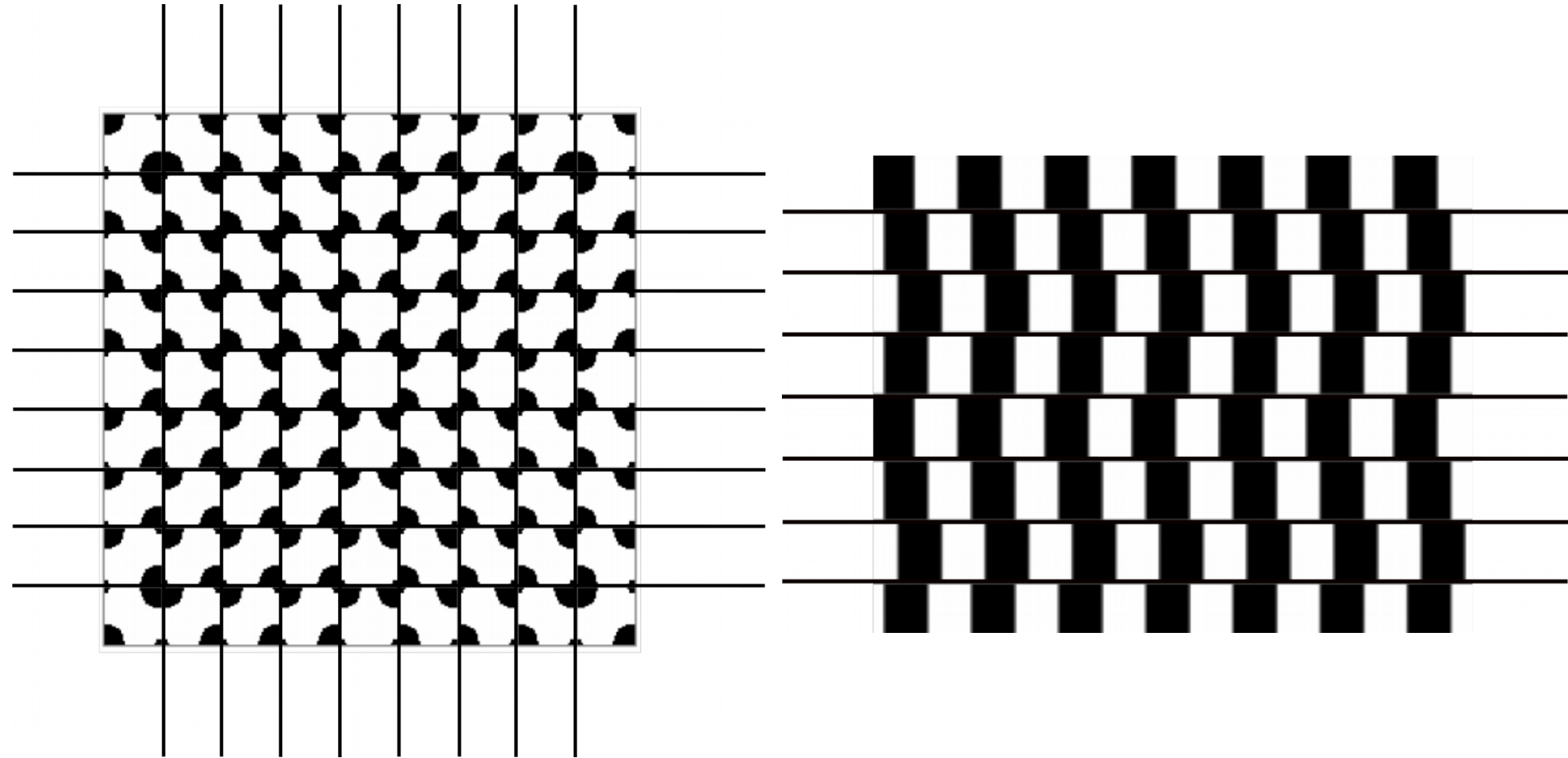
## Échiquier d'Adelson



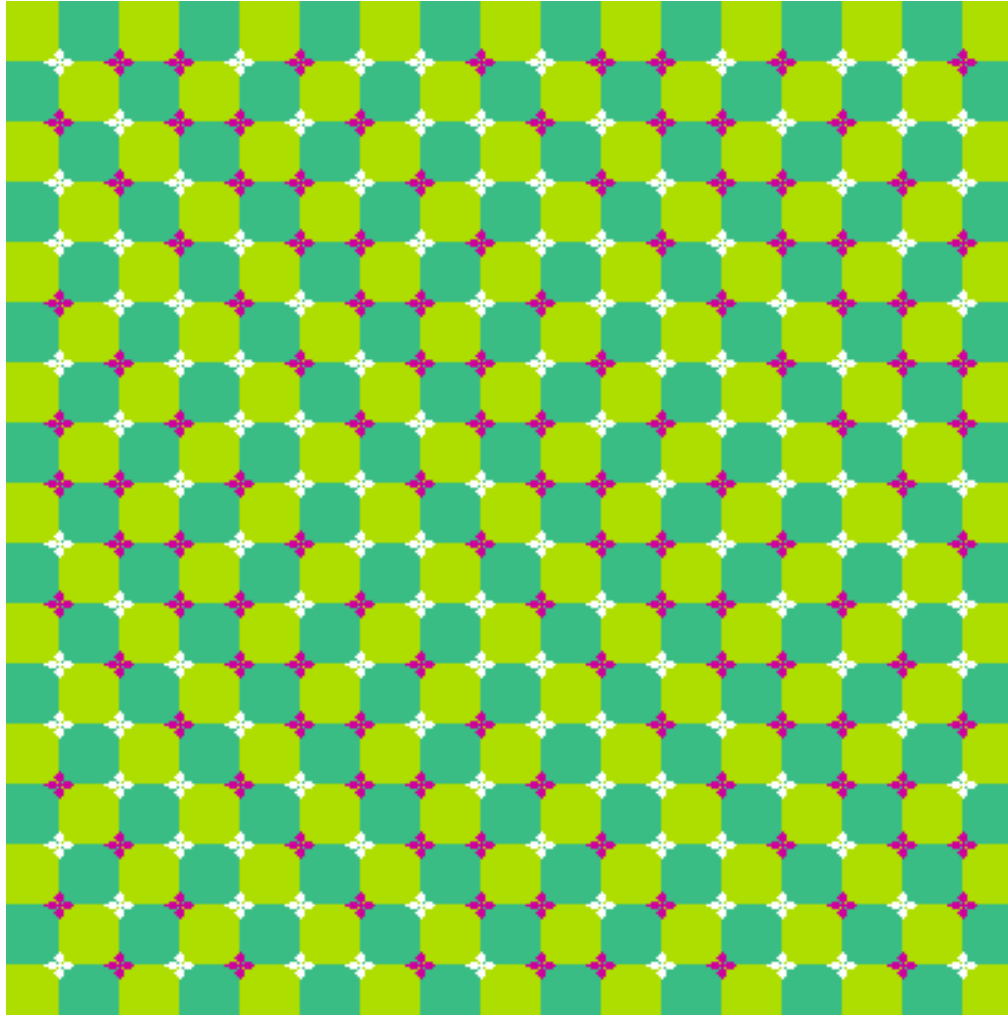
## Illusion de Richard Gregory



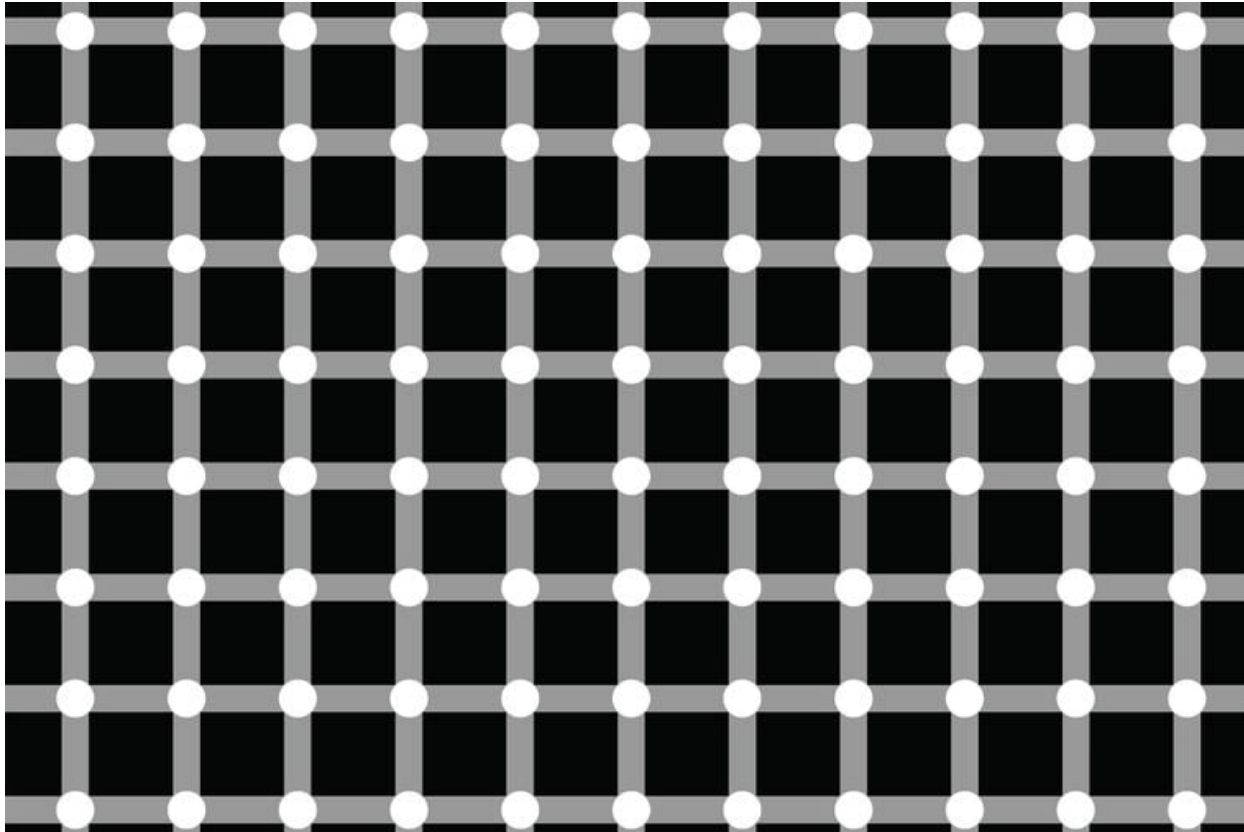
## Illusion de Richard Gregory



## Illusion de Akiyoshi Kitaoka

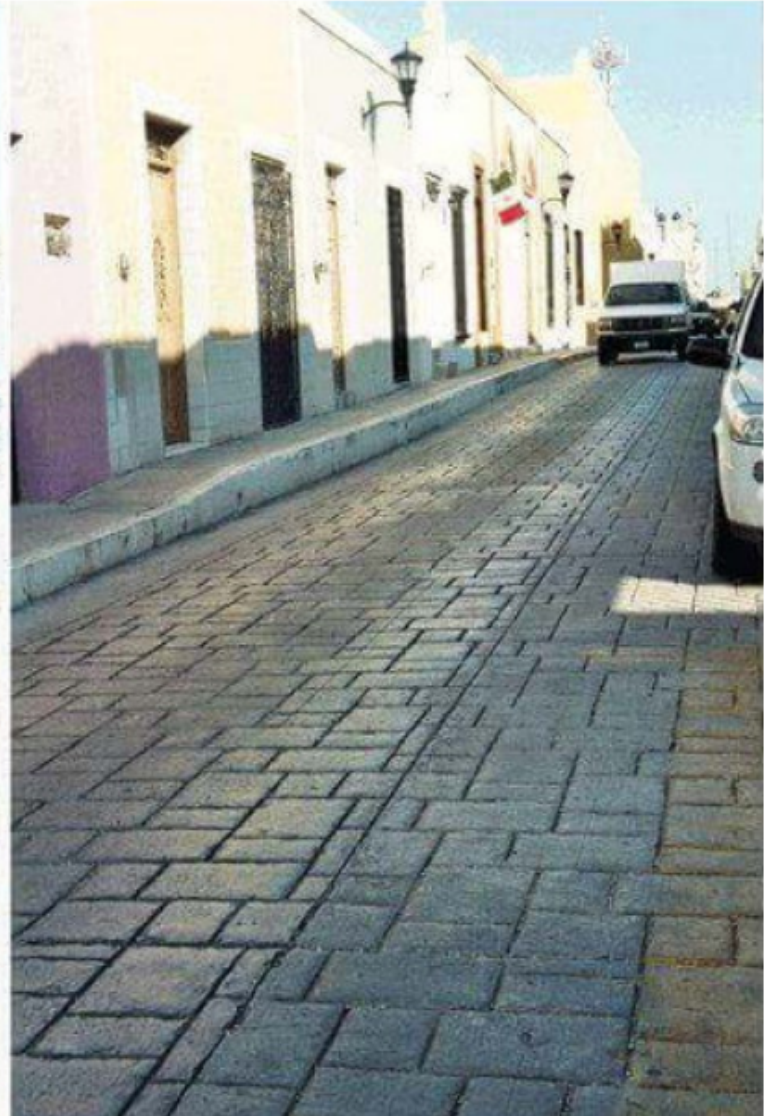


## Illusion de la grille scintillante



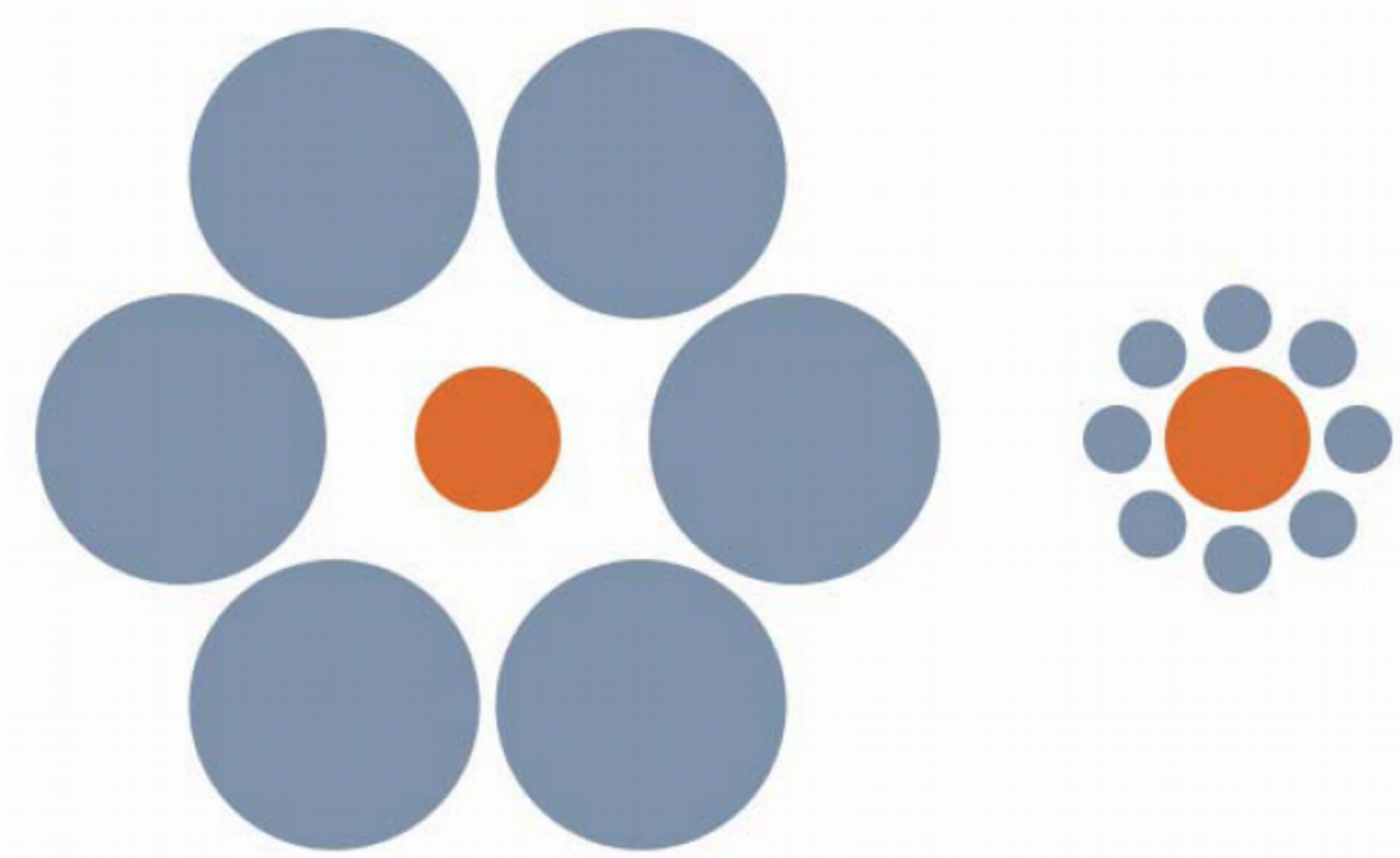


# Quelques illusions

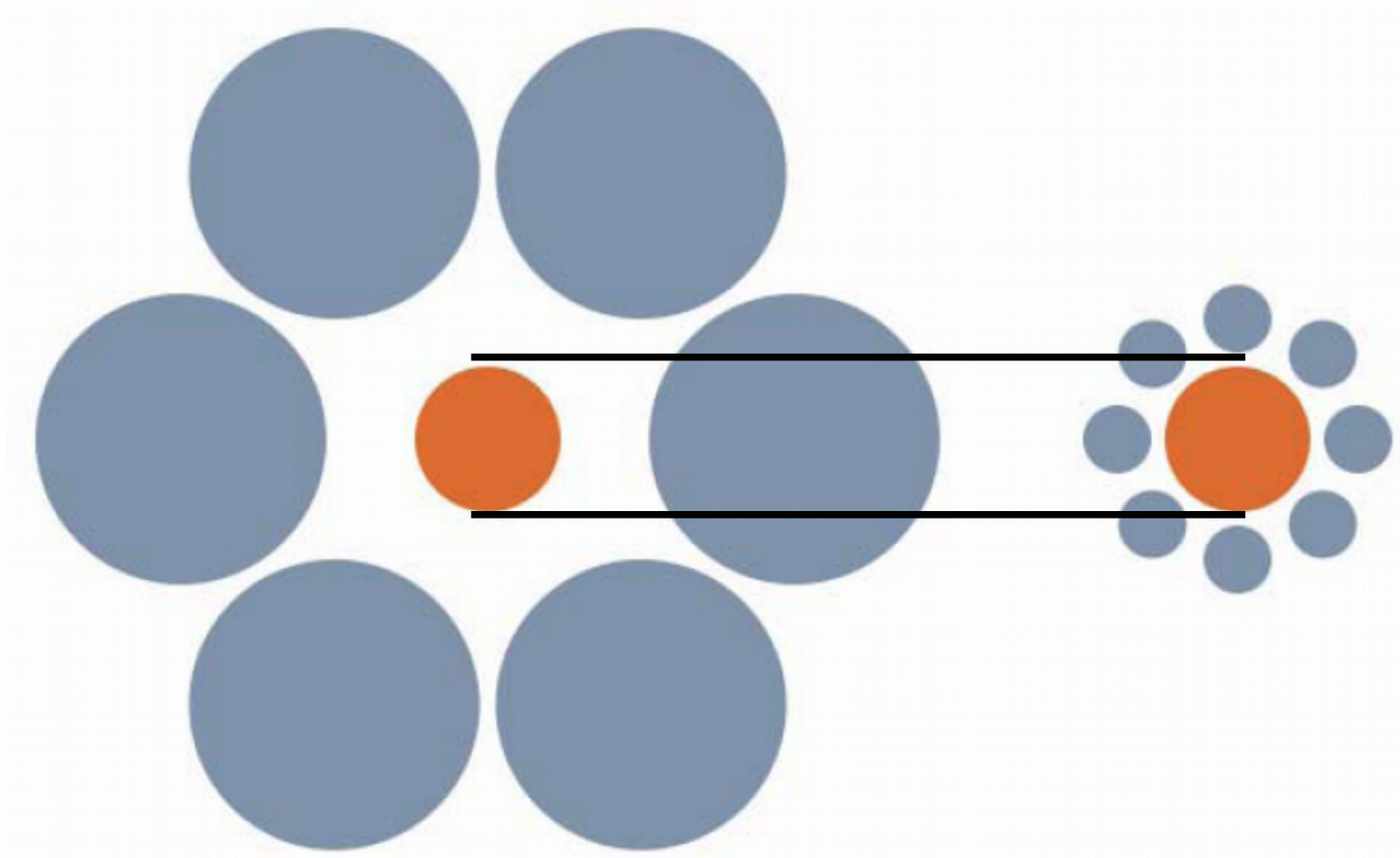




## Illusion de Titchener



## Illusion de Titchener

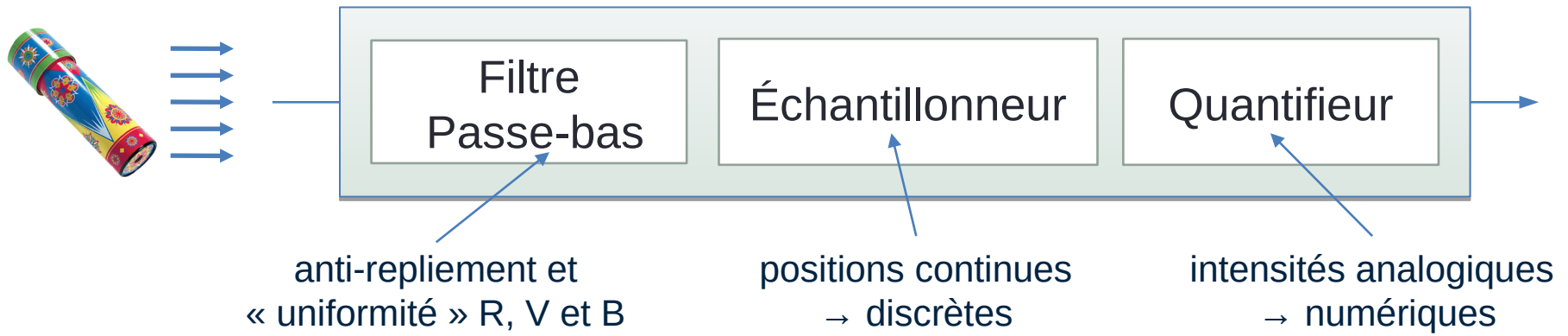


Plus d'illusions : <https://www.rd.com/article/optical-illusions/>  
<https://newatlas.com/science/best-optical-illusions-2020-contest-winners/>

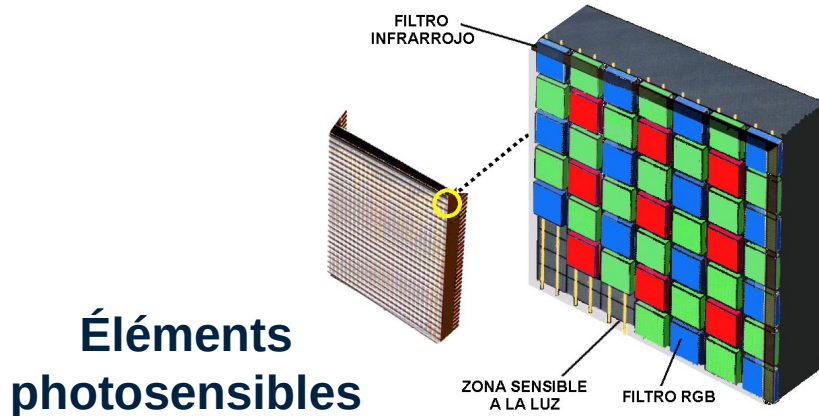
# L'ACQUISITION

---

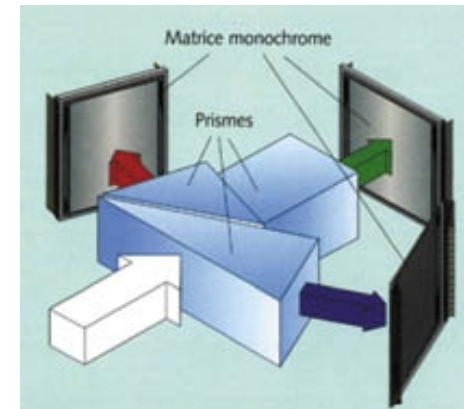
## CCD pour l'acquisition des couleurs



- Système trichromate :  
(Mono-)CCD



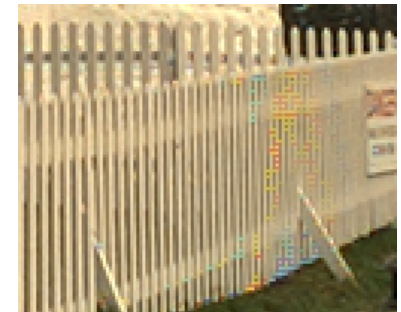
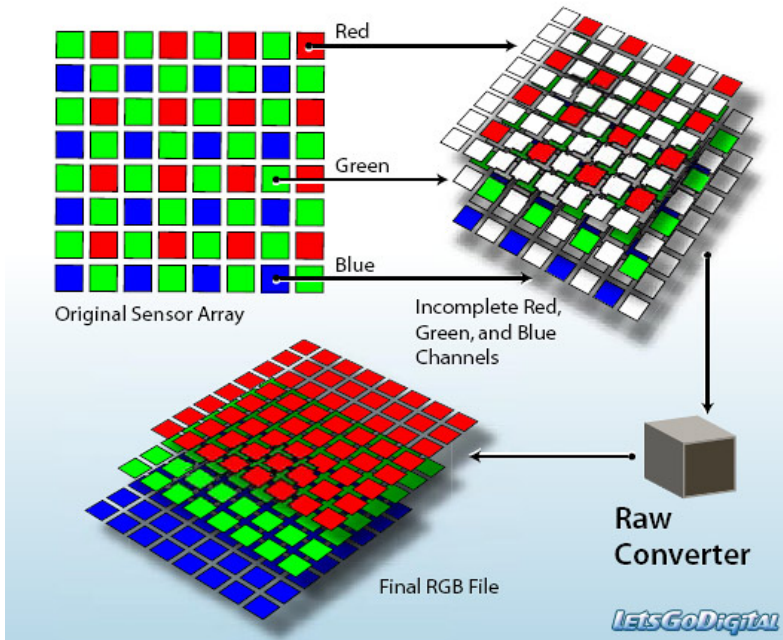
## Tri-CCD



## Matrice de filtres colorés

- Mosaique de filtres colorés nécessaire pour le Mono-CCD

Matrice de Bayer  
(la plus utilisée)



## Algorithme de dématricage

- On moyenne dans le sens contraire aux gradients pour préserver les potentiels contours des objets

R <sub>11</sub>	G <sub>12</sub>	R <sub>13</sub>	G <sub>14</sub>	R <sub>15</sub>	G <sub>16</sub>	R <sub>17</sub>
G <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>	G <sub>23</sub>	B <sub>24</sub>	G <sub>25</sub>	B <sub>26</sub>	G <sub>27</sub>
R <sub>31</sub>	G <sub>32</sub>	R <sub>33</sub>	G <sub>34</sub>	R <sub>35</sub>	G <sub>36</sub>	R <sub>37</sub>
G <sub>41</sub>	B <sub>42</sub>	G <sub>43</sub>	B <sub>44</sub>	G <sub>45</sub>	B <sub>46</sub>	G <sub>47</sub>
R <sub>51</sub>	G <sub>52</sub>	R <sub>53</sub>	G <sub>54</sub>	R <sub>55</sub>	G <sub>56</sub>	R <sub>57</sub>
G <sub>61</sub>	B <sub>62</sub>	G <sub>63</sub>	B <sub>64</sub>	G <sub>65</sub>	B <sub>66</sub>	G <sub>67</sub>
R <sub>71</sub>	G <sub>72</sub>	R <sub>73</sub>	G <sub>74</sub>	R <sub>75</sub>	G <sub>76</sub>	R <sub>77</sub>

$$\alpha = \overset{\text{Différence horizontale}}{\text{abs}[(B_{42} + B_{46})/2 - B_{44}]}$$

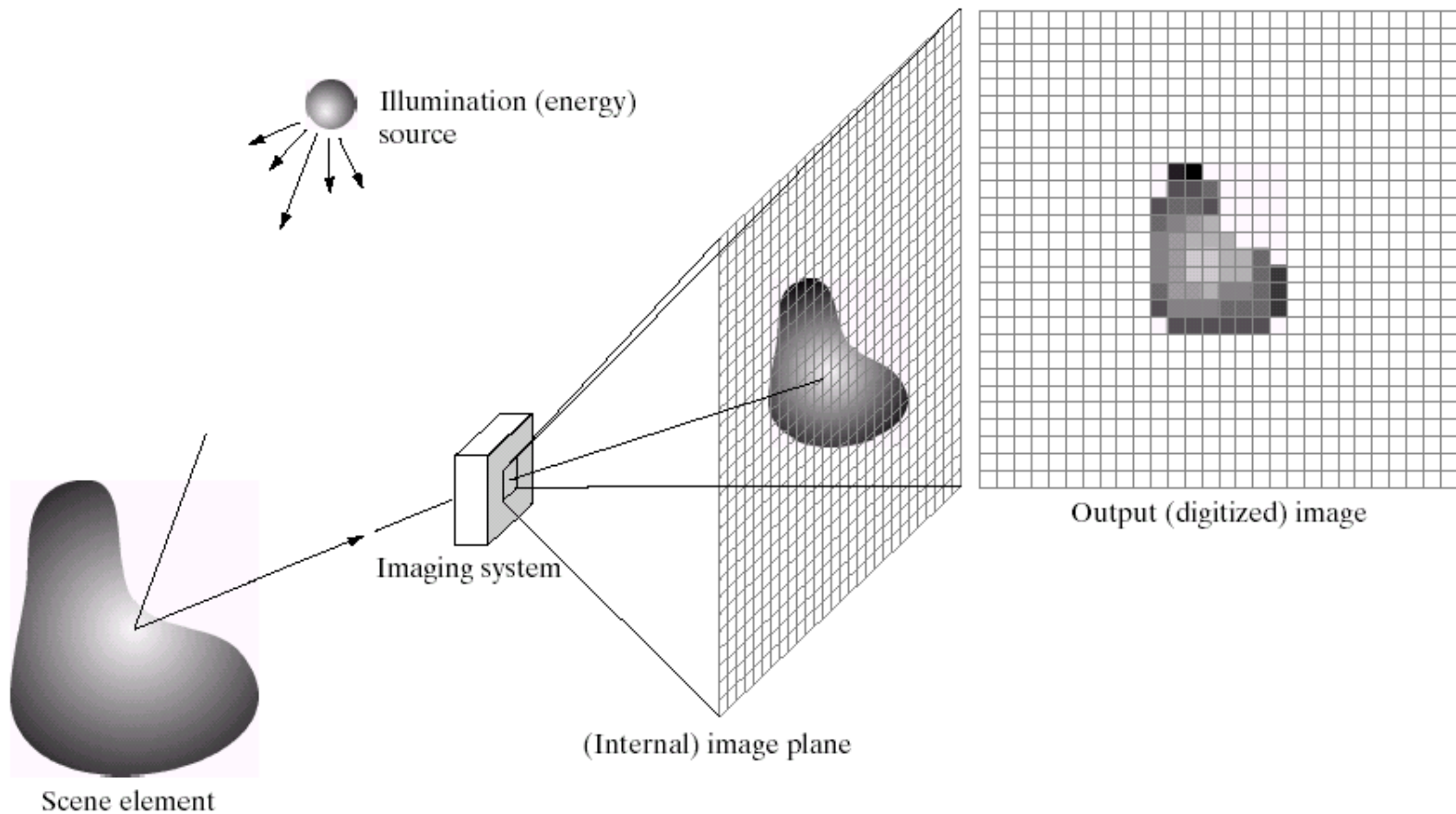
$$\beta = \overset{\text{Différence verticale}}{\text{abs}[(B_{24} + B_{64})/2 - B_{44}]}$$

$$G_{44} = \begin{cases} \frac{G_{43} + G_{45}}{2} & \text{si } \alpha < \beta & \text{Moyenne horizontale} \\ \frac{G_{34} + G_{54}}{2} & \text{si } \alpha > \beta & \text{Moyenne verticale} \\ \frac{G_{43} + G_{45} + G_{34} + G_{54}}{4} & \text{si } \alpha = \beta & \end{cases}$$



## Numérisation/discrétisation de la lumière captée

→ Image de taille finie



## Définition

- Matrice de valeurs de taille MxN

$$I(x, y) = \begin{pmatrix} I(0,0) & I(0,1) & \dots & I(0,N-1) \\ I(1,0) & I(1,1) & \dots & I(1,N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ I(M-1,0) & I(M-1,1) & \dots & I(M-1,N-1) \end{pmatrix}$$

- Case d'une image couleur : 3 matrices MxN



R=212 G=16 B=40	R=205 G=65 B=112	R=103 G=120 B=176	R=62 G=127 B=193
R=201 G=26 B=43	R=197 G=69 B=94	R=154 G=106 B=148	R=98 G=117 B=186
R=192 G=101 B=106	R=138 G=59 B=80	R=127 G=96 B=137	R=97 G=129 B=188
R=255 G=250 B=250	R=230 G=192 B=213	R=140 G=118 B=156	R=73 G=97 B=145
R=250 G=248 B=251	R=255 G=248 B=255	R=255 G=246 B=255	R=182 G=176 B=210

Intensité vectorielle

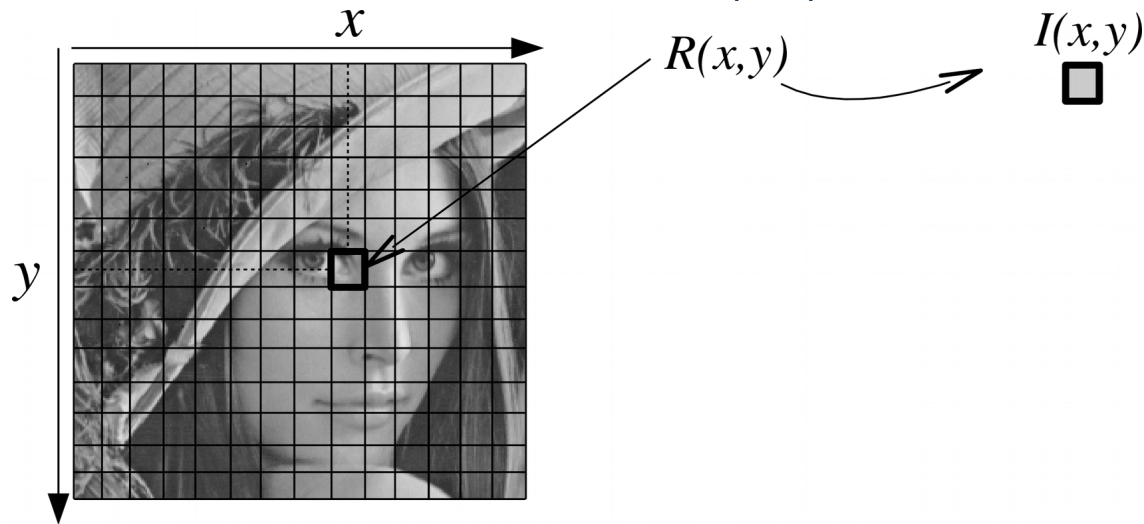
	40	112	176	193	
16	65	120	127		
212	205	103	62	7	86
201	197	154	98	9	88
192	138	127	97	7	45
255	230	140	73	6	10
250	255	255	182		

R  
G  
B



## Vocabulaire

- **Échantillonnage** : Discrétisation spatiale d'une image.  
On associe à chaque zone rectangulaire  $R(x,y)$  une valeur unique  $I(x,y)$



- **Sous-échantillonnage** : Diminution du nombre d'échantillons d'une image déjà discrétisée
- **Quantification** : Limite du nombre de valeurs que peut prendre  $I(x,y)$



## Vocabulaire

- **Échantillonnage** : Résolution spatiale



256x256



128x128



64x64



32x32

- **Quantification** : Résolution « tonale »



8 bits



3 bits



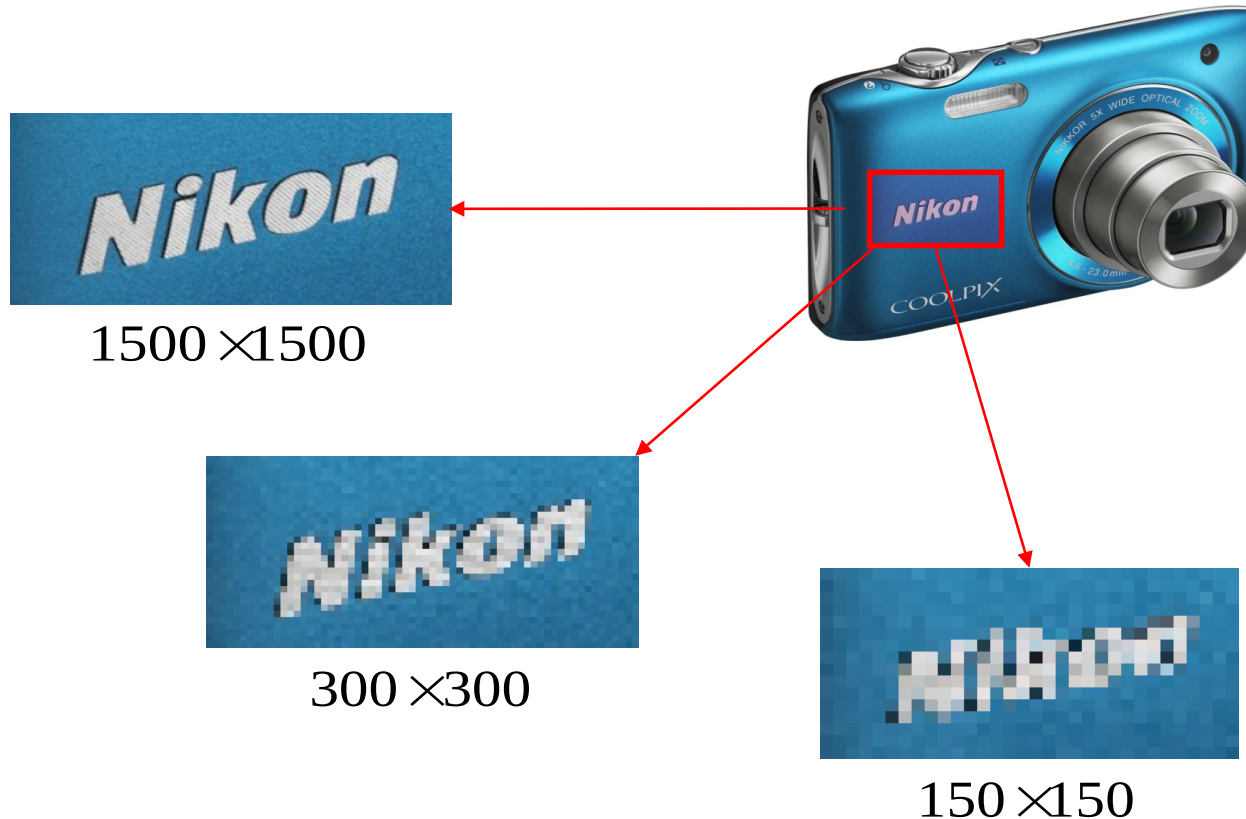
2 bits



1 bit

## Résolution spatiale

- Mesure le plus petit détail discernable dans l'image
- Pixel (Picture (pix) element) = *dots (pixels) per unit distance*



# LES FORMATS

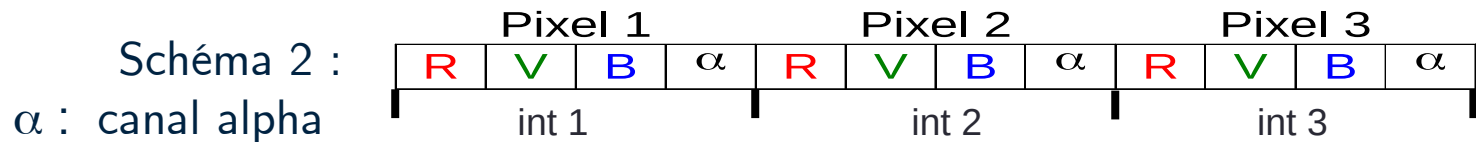
---

## Schéma de codage/transfert

- **Codage continu** de l'information de chaque pixel



- Systèmes 32/64 bits (transfert de mots de 4/8 octets) :



- **Chroma-Keying**

$$\alpha \in [0 - 1]$$

$$R = \alpha R_o + (1 - \alpha) R_k$$

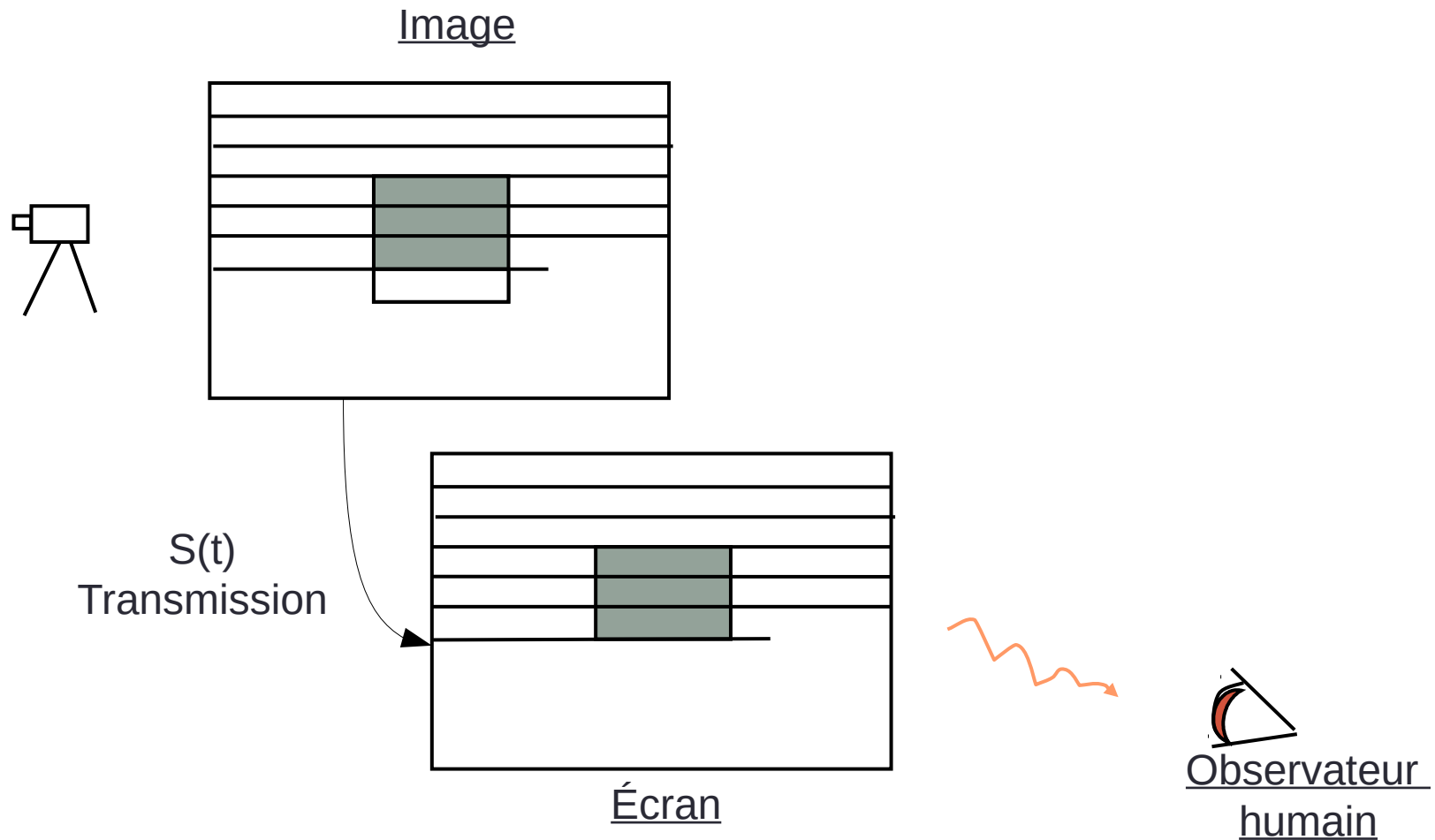
$$V = \alpha V_o + (1 - \alpha) V_k$$

$$B = \alpha B_o + (1 - \alpha) B_k$$



## Retransmission vidéo

- Transmission de la vidéo puis restitution sur écran



## Retransmission vidéo

- Nombre de lignes calculé selon la résolution de l'œil humain

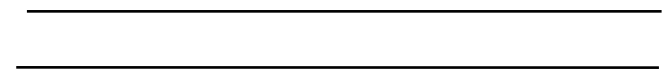
$$N_{\text{Europe}} = 625 \text{ lignes}$$

$$N_{\text{USA}} = 525 \text{ lignes}$$

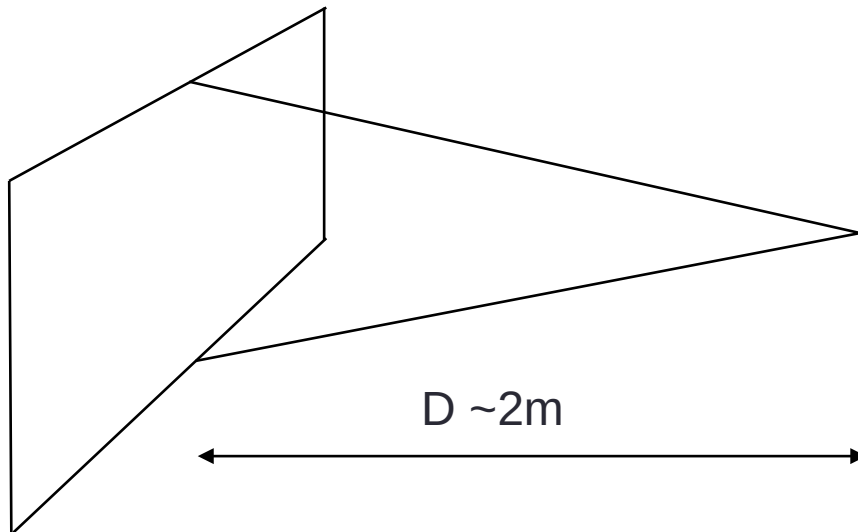
$\Delta l$



Résolution de l'œil :  $\alpha_{\text{res}} = 1/60^\circ$



- Exemple de calcul : 625 lignes, écran à 2m



$$Diag = \sqrt{H^2 + L^2}$$

$$RLH = \frac{L}{H} = \frac{4}{3}$$

$$N_l = \frac{H}{\Delta l}$$

$$\Delta l = 2D \tan\left(\frac{\alpha_{\text{res}}}{2}\right)$$

## Standards vidéo

- VHS 200 lignes
- S-VHS (Hi-8) 400 lignes
- DV 500 lignes
- DVD (MPEG2) 576 lignes
- HD (MPEG4) 720 lignes
- HD (2K) 1080 lignes
- QFHD (4K) 2160 lignes
- UHD (8K-IMAX) 4320 lignes

