

Introduction au traitement d'images

Enseignement intégré

TS223 | Systèmes Électroniques Embarqués 2A | 2024-2025

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
 $I(x, y, z, t)$

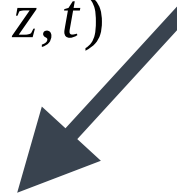


réflectivité
(diffuse,
spéculaire, ...)



**Objet
(illuminé)**

spectre réfléchi
 $R(x, y, z, t)$

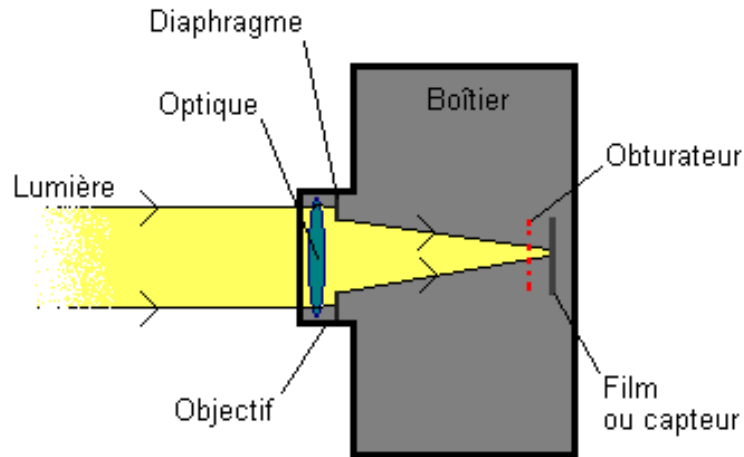


Observateur

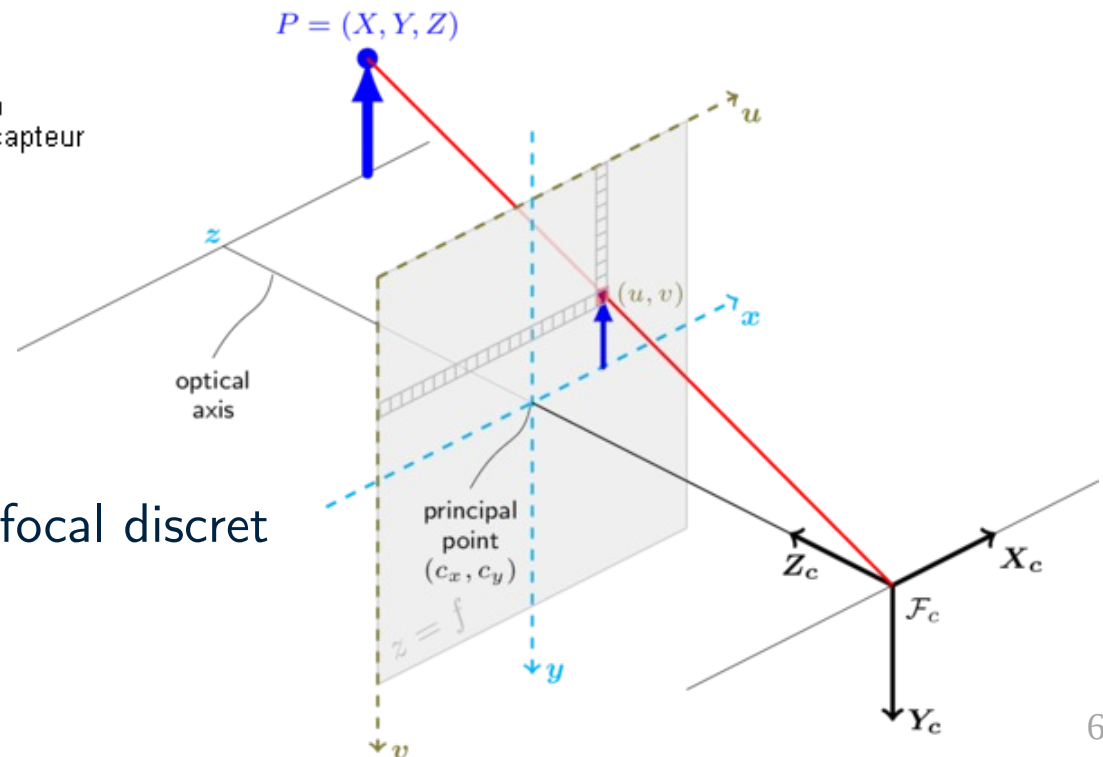
La couleur « perçue » dépend de :

- Source
- Objet
- Milieu de propagation

Prise de vue - Système projectif



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

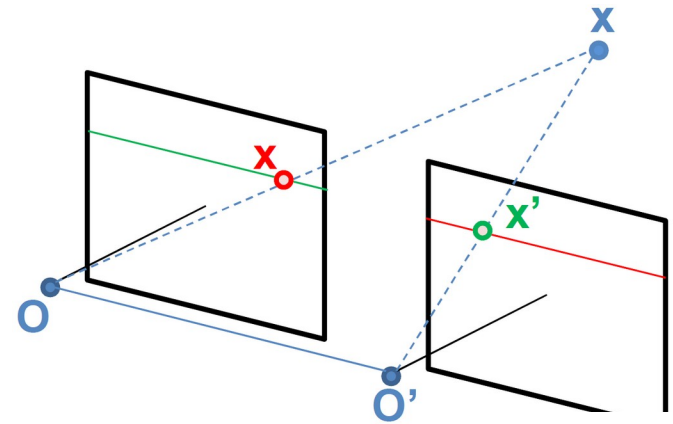
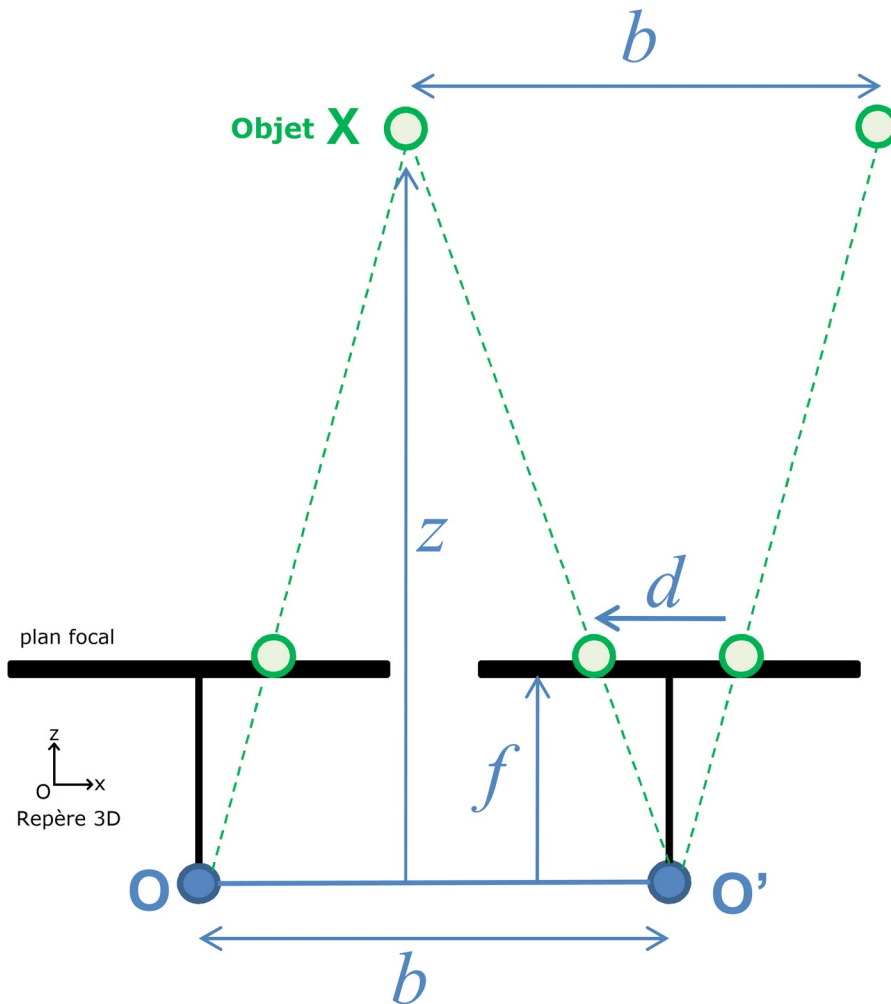


- **Projection** dans le plan focal discret

Formation de l'image

Stéréo-vision

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



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



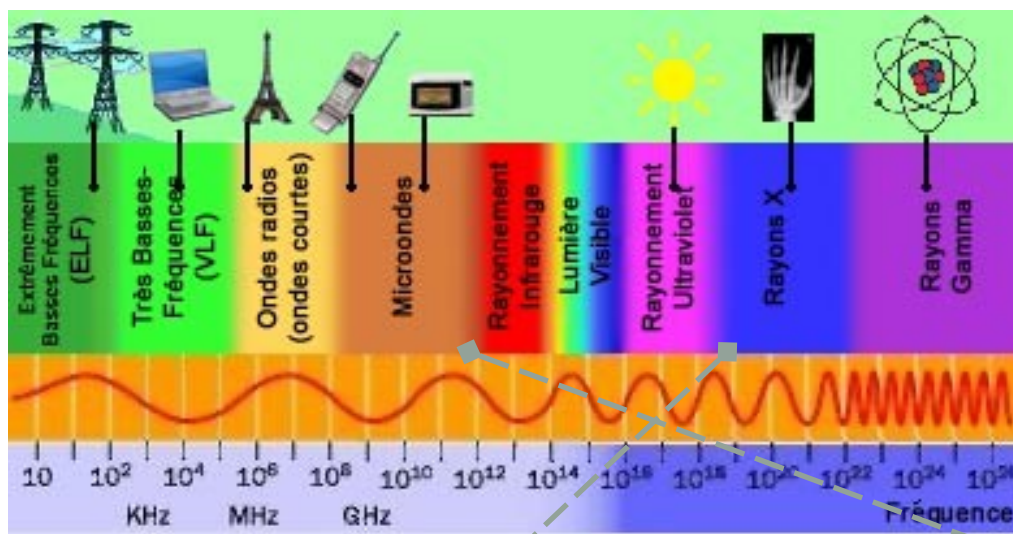
Stéréo-vision

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



Formation de l'image

Gammes spectrales



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

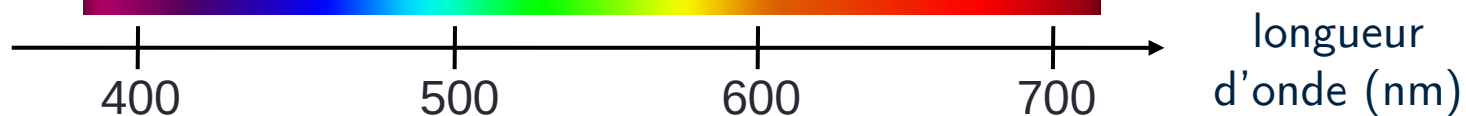
Annotations:

- λ : longueur d'onde
- T : période
- c : vitesse de la lumière
- ν : fréquence

Spectre visible (380-780 nm)

Ultraviolet (UV)

Infrarouge (IR)



couleurs « pures » (monochromatiques)

Formation de l'image

Influence de la source



Lumière naturelle

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



Lampe à incandescence



Éclairage fluorescent



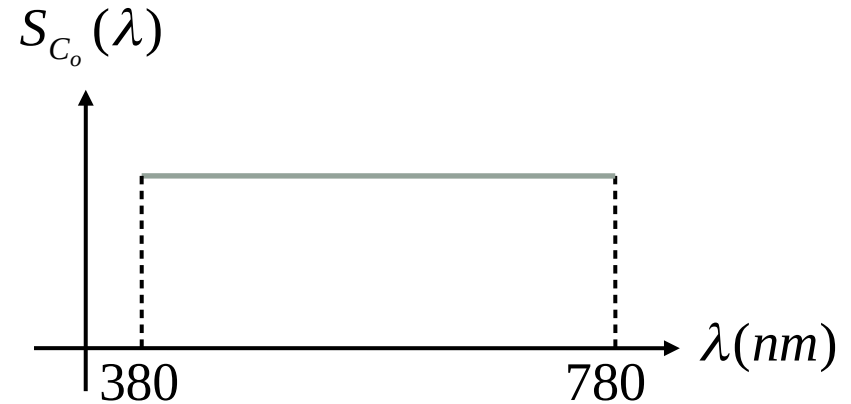
Vernis phosphorescent

Formation de l'image

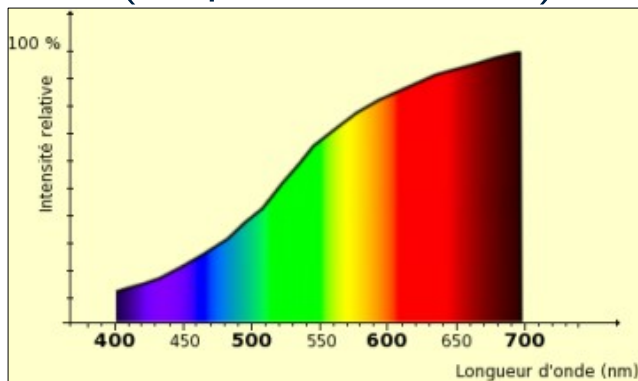
La lumière

- Source pure

Intégralité du spectre visible à amplitude (énergie lumineuse) constante

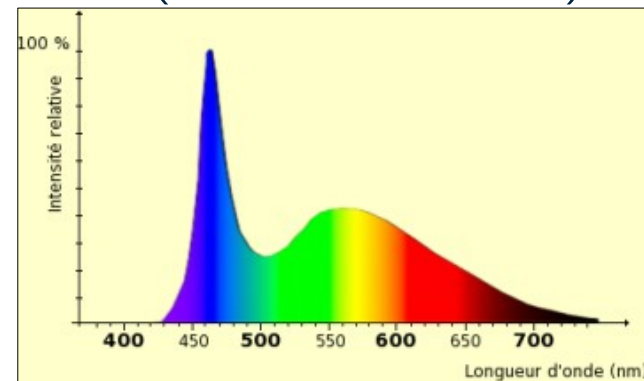


- Lampe à incandescence (corps « chauffé »)



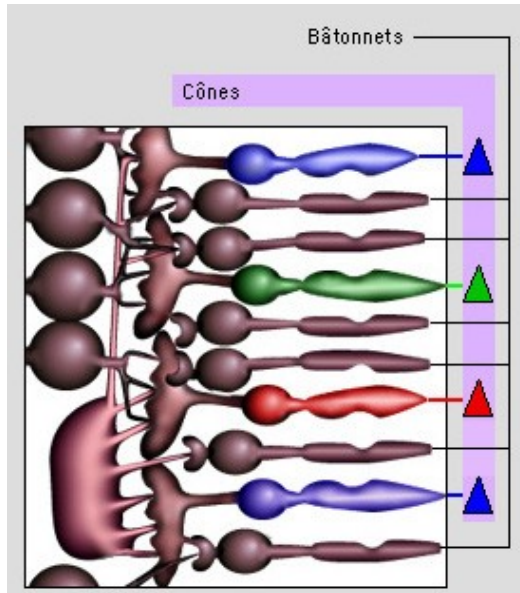
tons jaune/rouge
(« chaude »)

- 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)

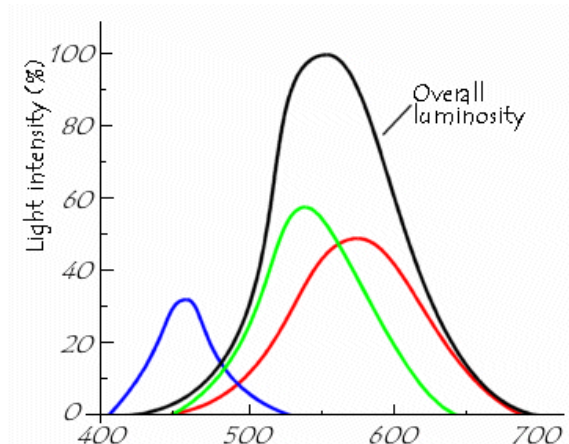
Cônes

- ✓ ~ 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

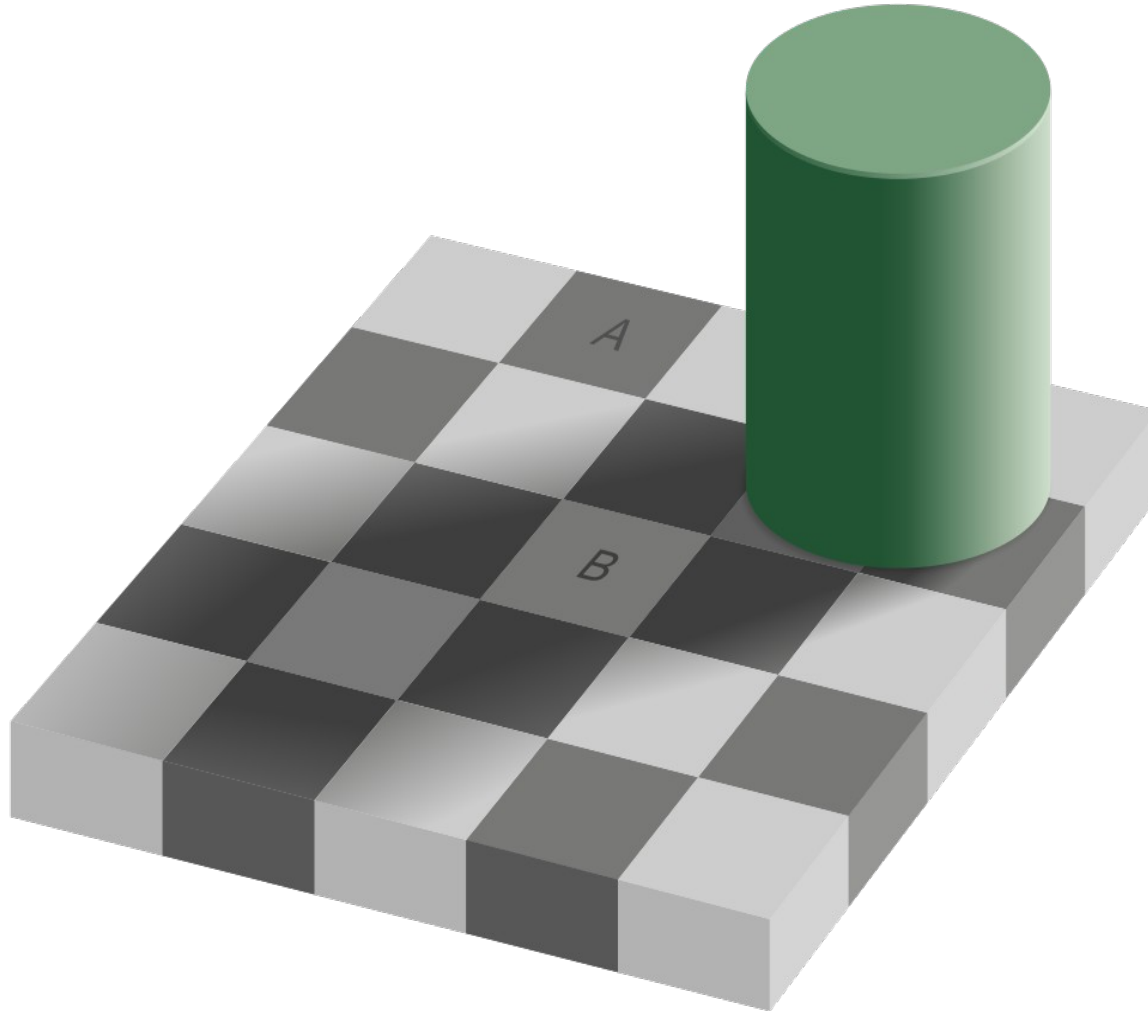
- Protanope (-R)

2 4 3 9

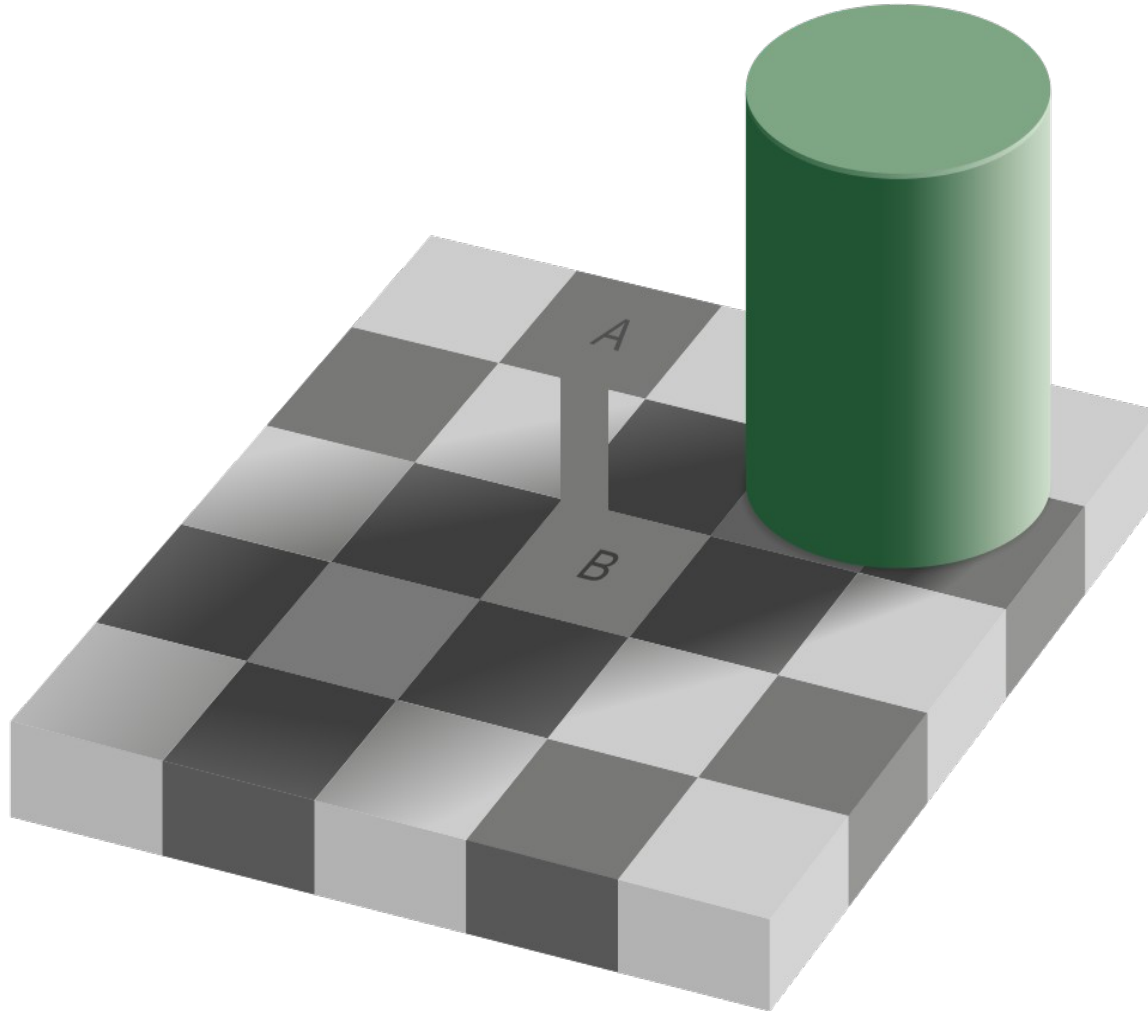
- ▶ Achromate

(pas de perception couleur)

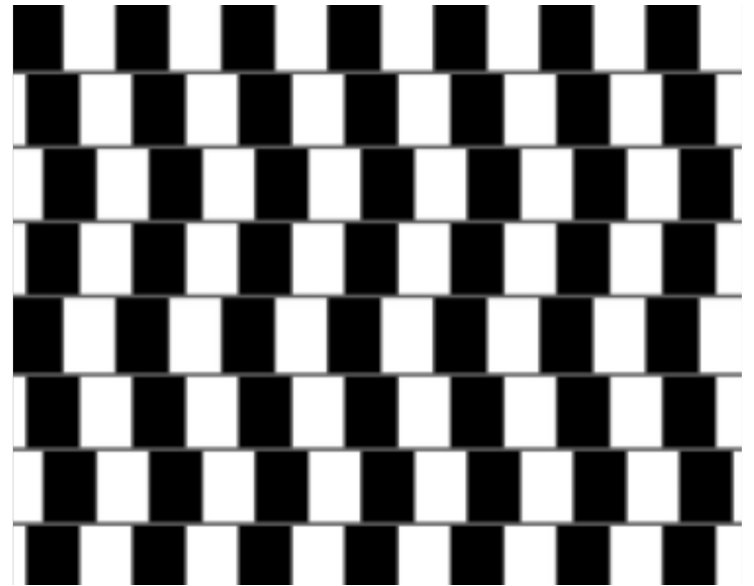
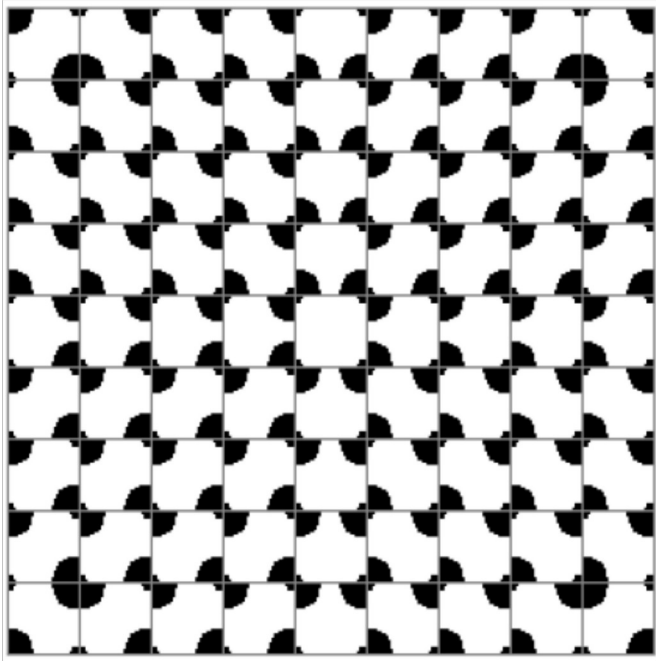
Échiquier d'Adelson



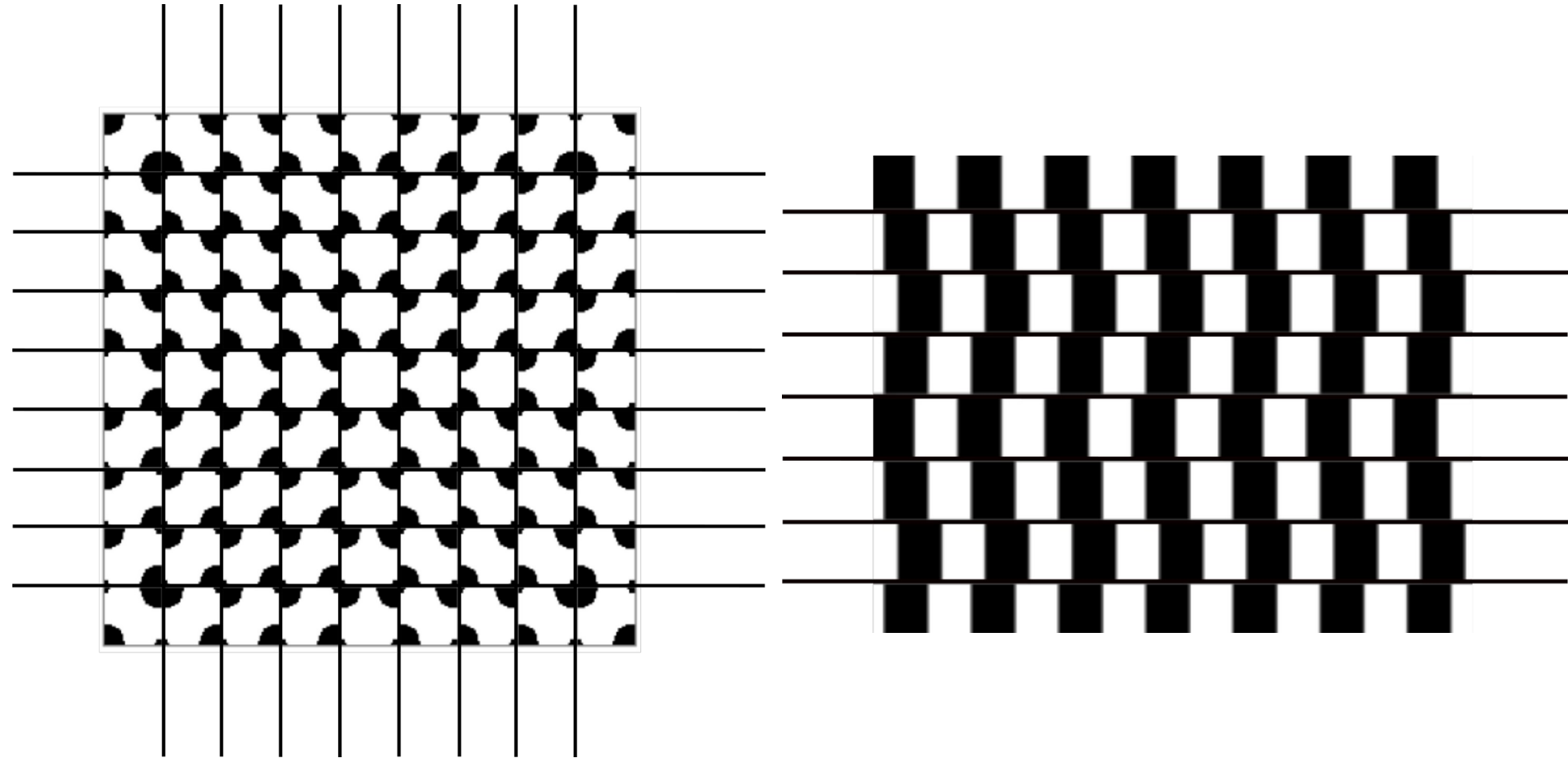
Échiquier d'Adelson



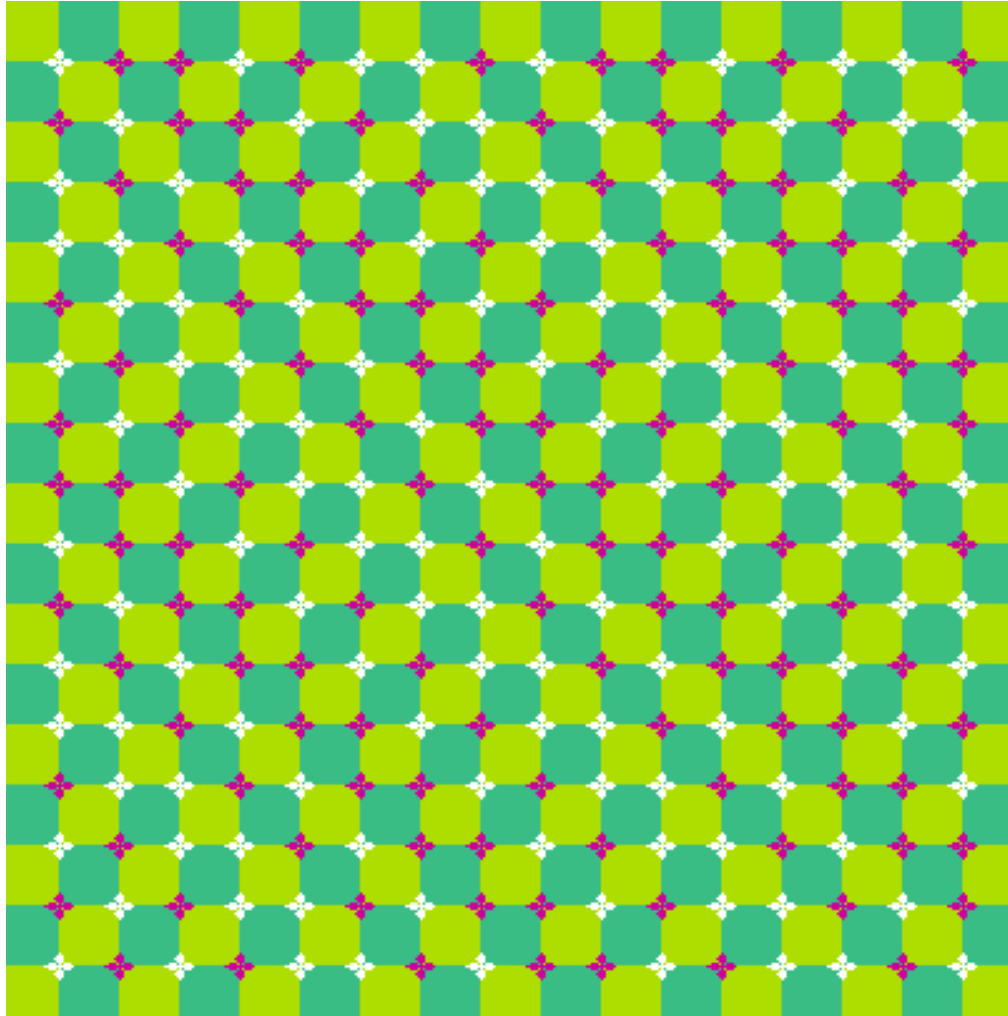
Illusion de Richard Gregory



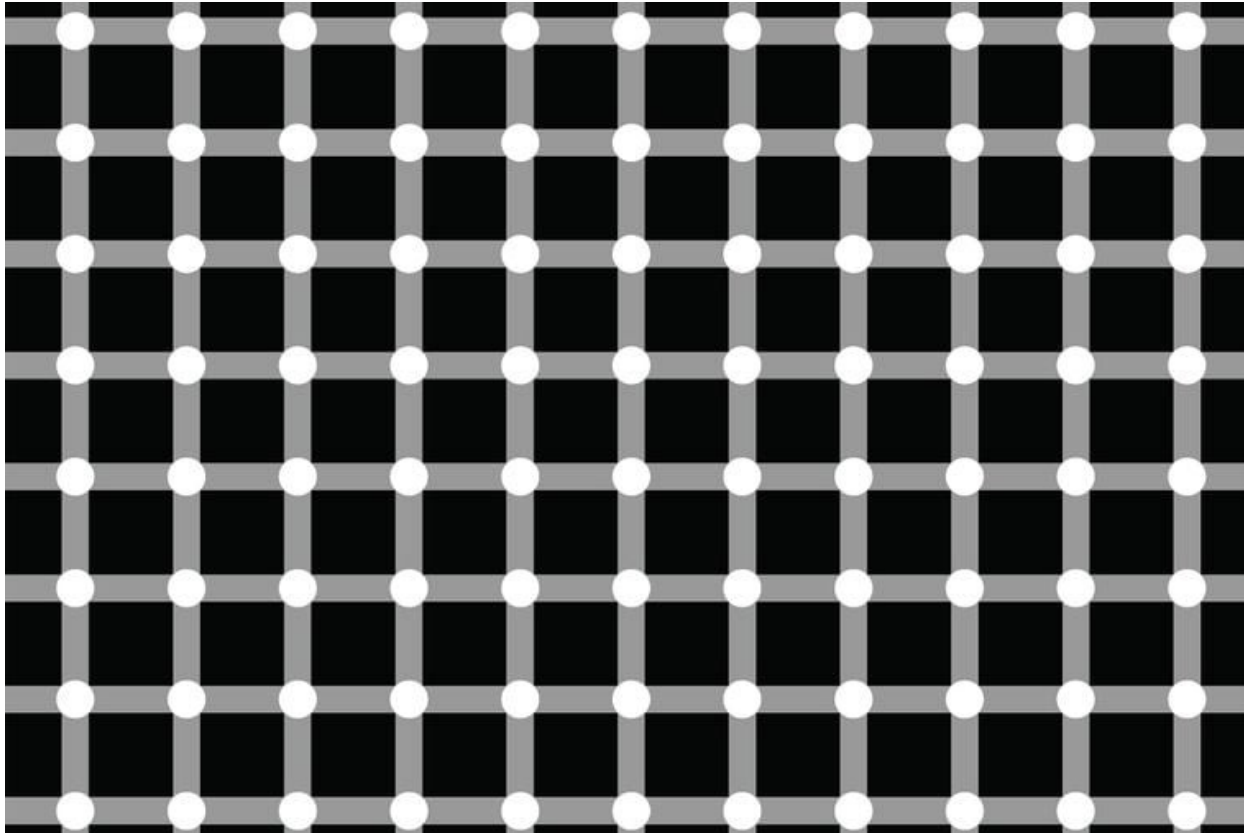
Illusion de Richard Gregory



Illusion de Akiyoshi Kitaoka



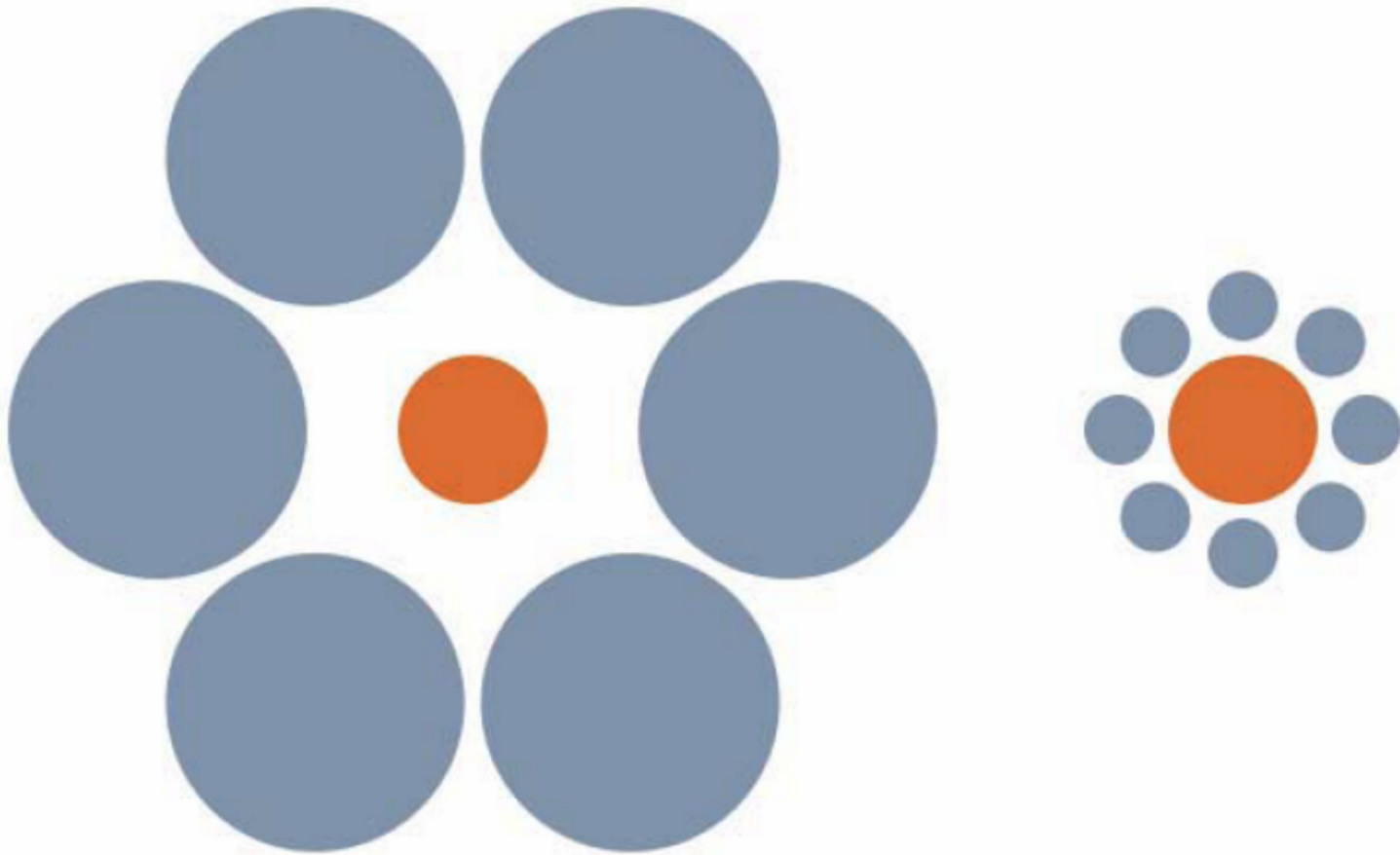
Illusion de la grille scintillante



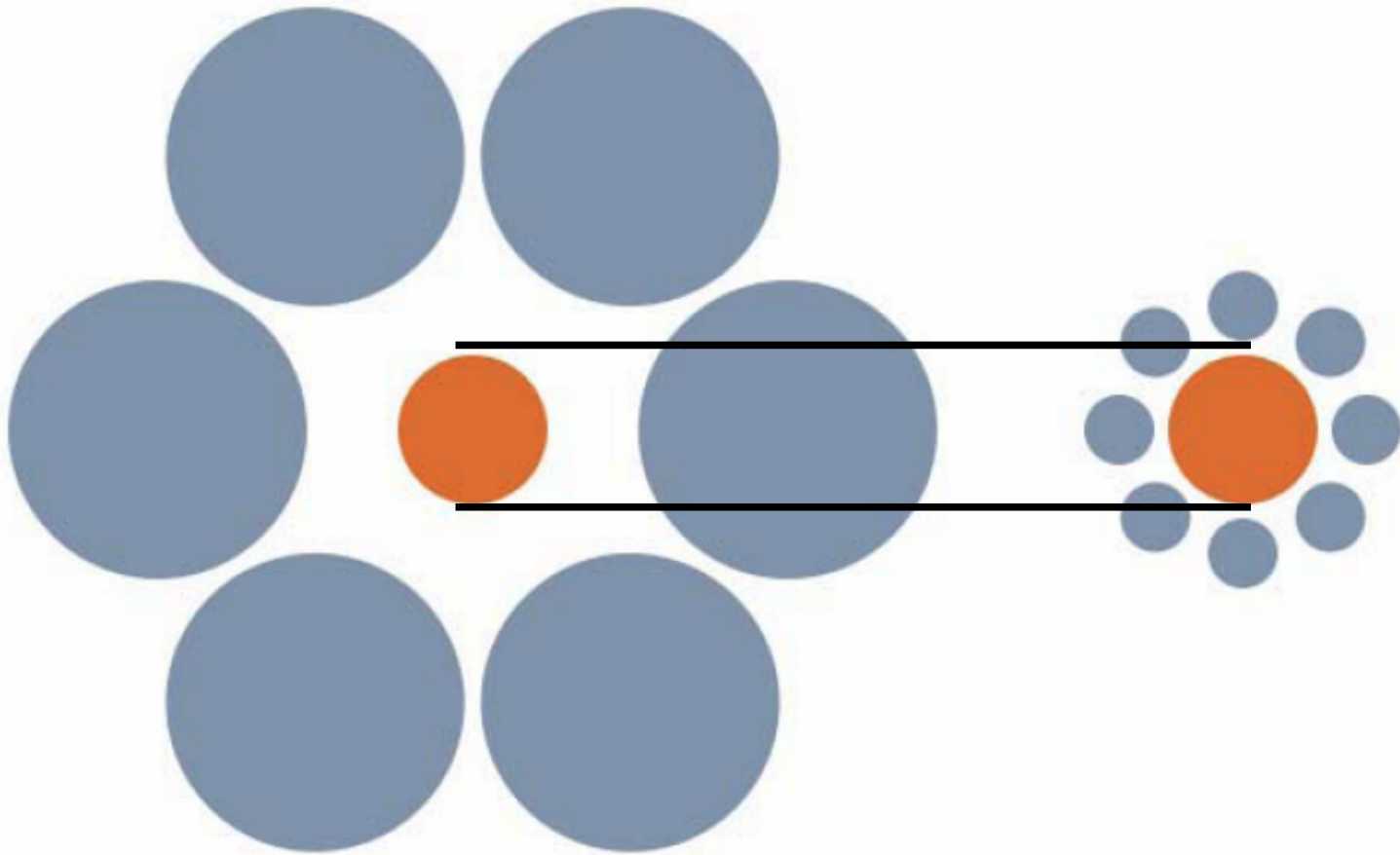
Quelques illusions



Illusion de Titchener



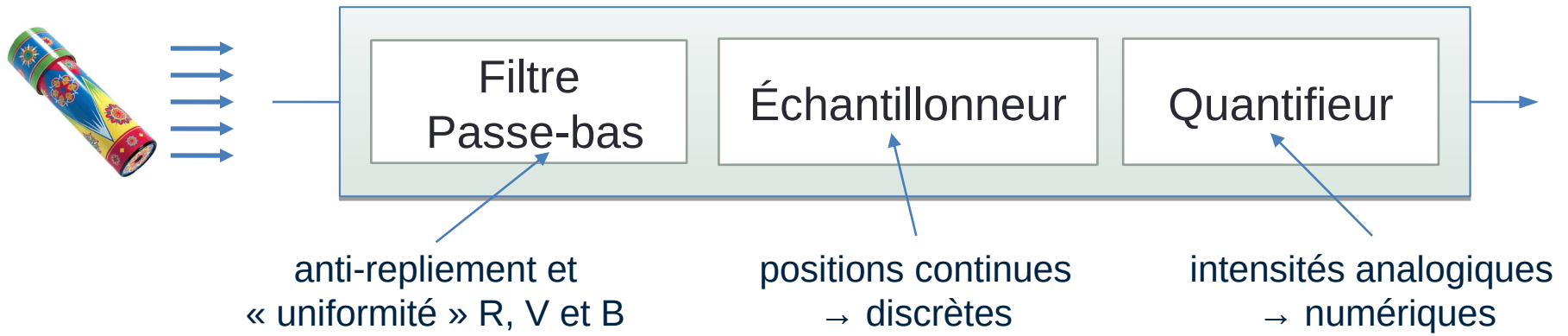
Illusion de Titchener



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

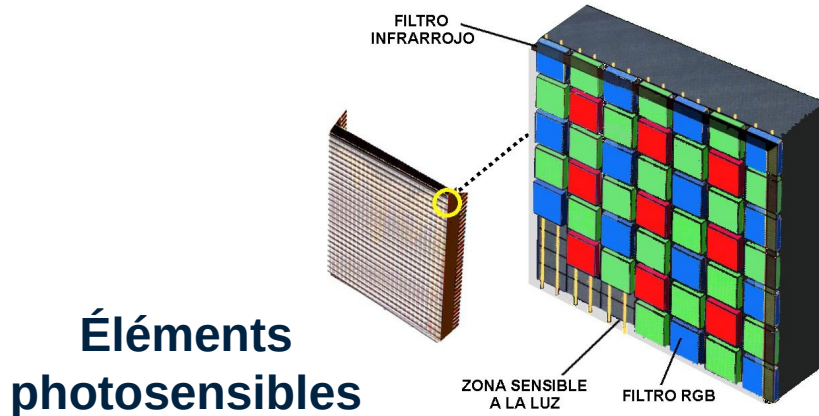
L'ACQUISITION

CCD pour l'acquisition des couleurs

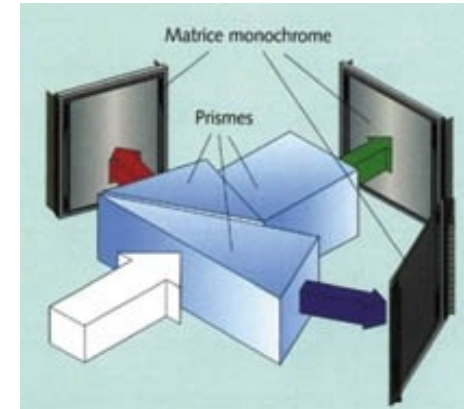


- Système trichromate :

(Mono-)CCD



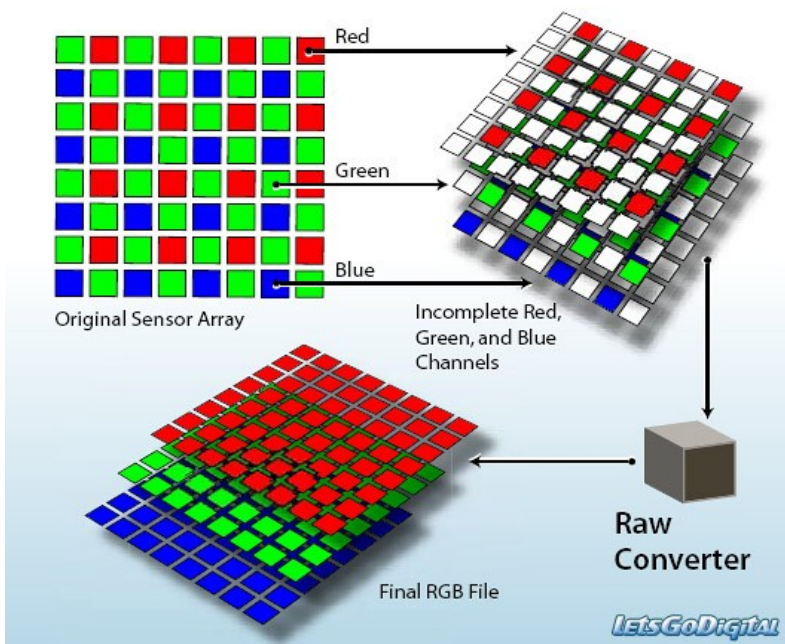
Tri-CCD



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

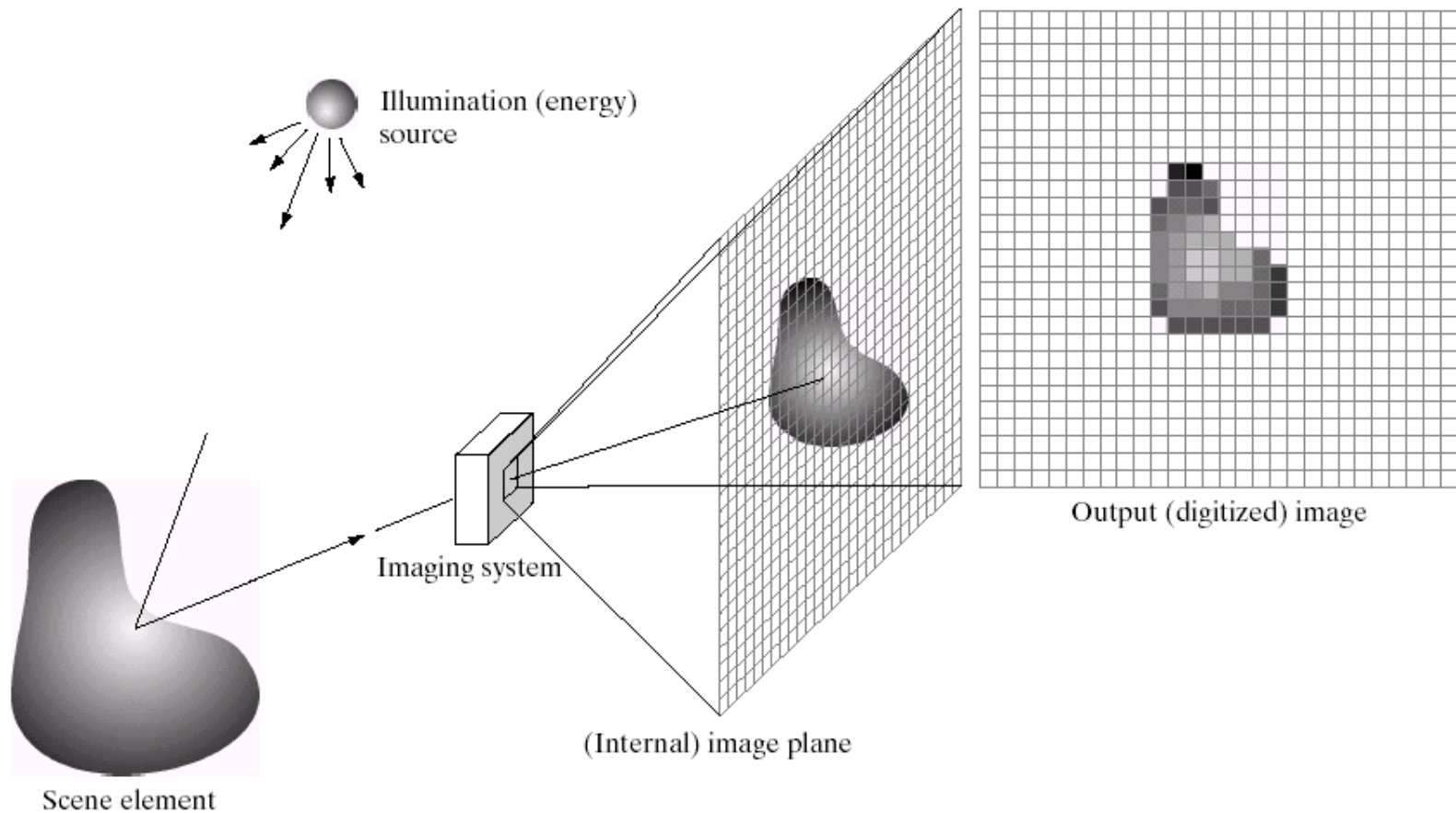
$$\alpha = \text{abs}\left[\frac{\text{Différence horizontale}}{(B_{42} + B_{46})/2 - B_{44}}\right]$$

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

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

Numérisation/discrétisation de la lumière captée

→ Image de taille finie

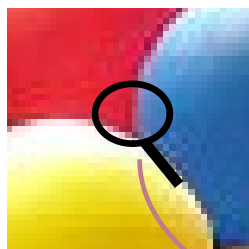


Définition

- 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

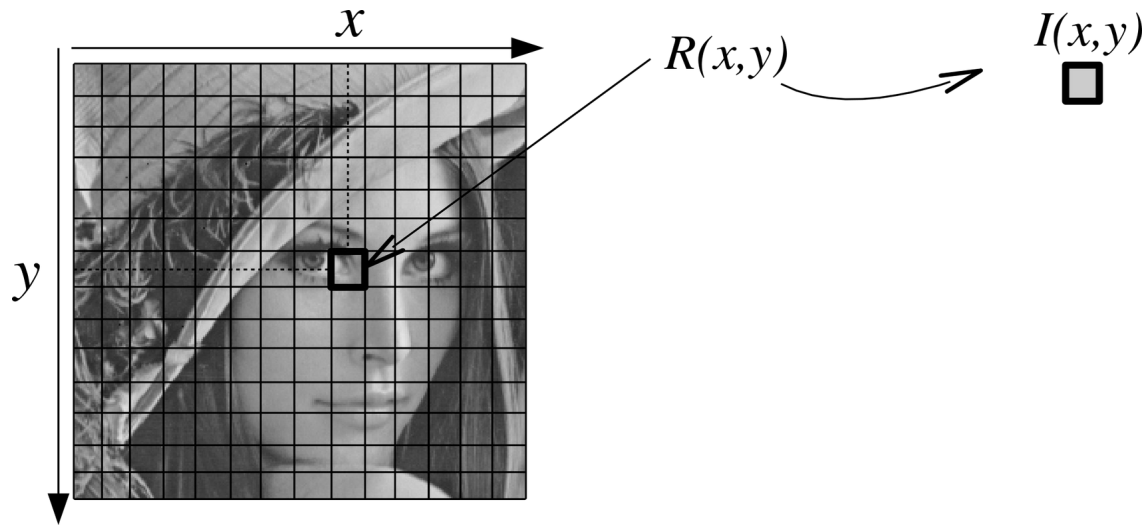
Intensité vectorielle

	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		

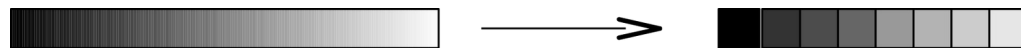
R
G
B

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



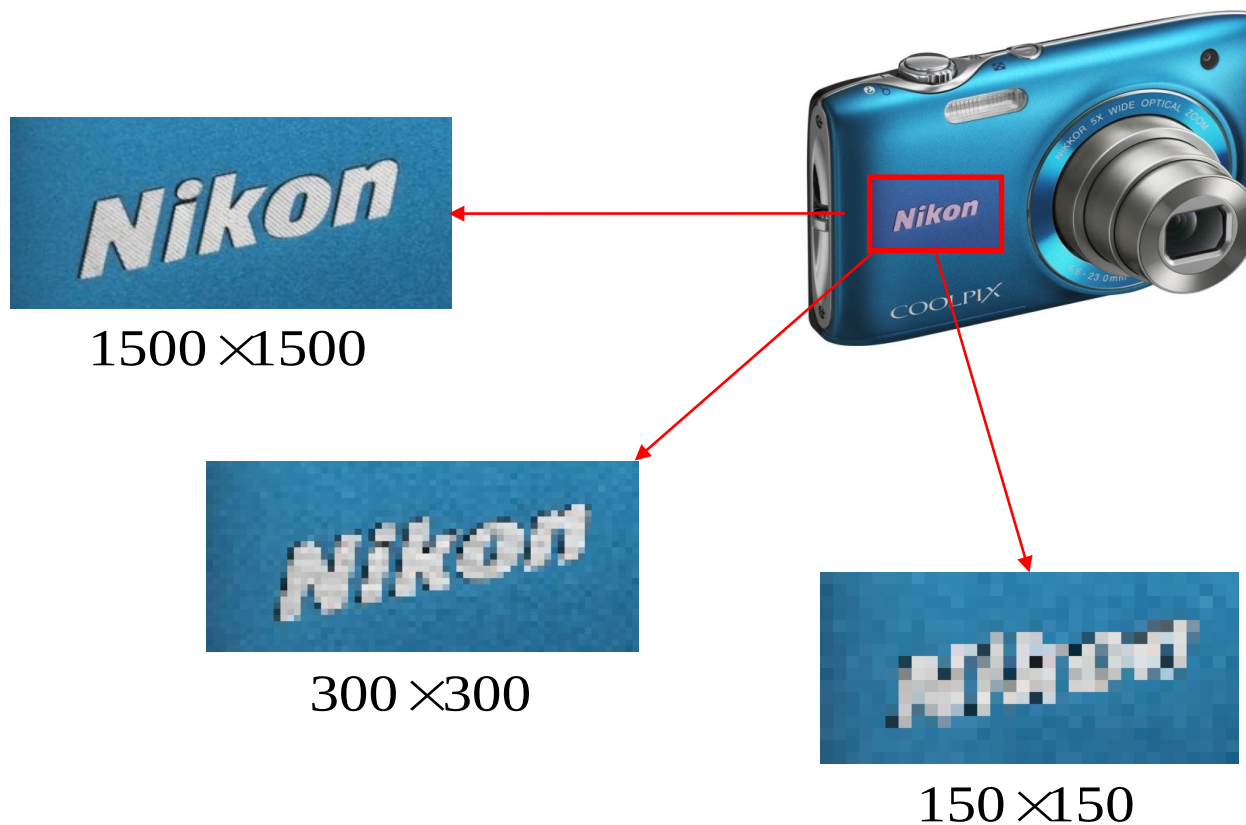
2 bits



1 bit

Résolution spatiale

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



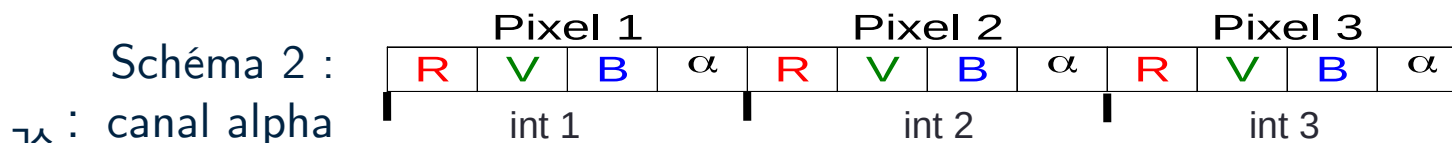
LES FORMATS

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**

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

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

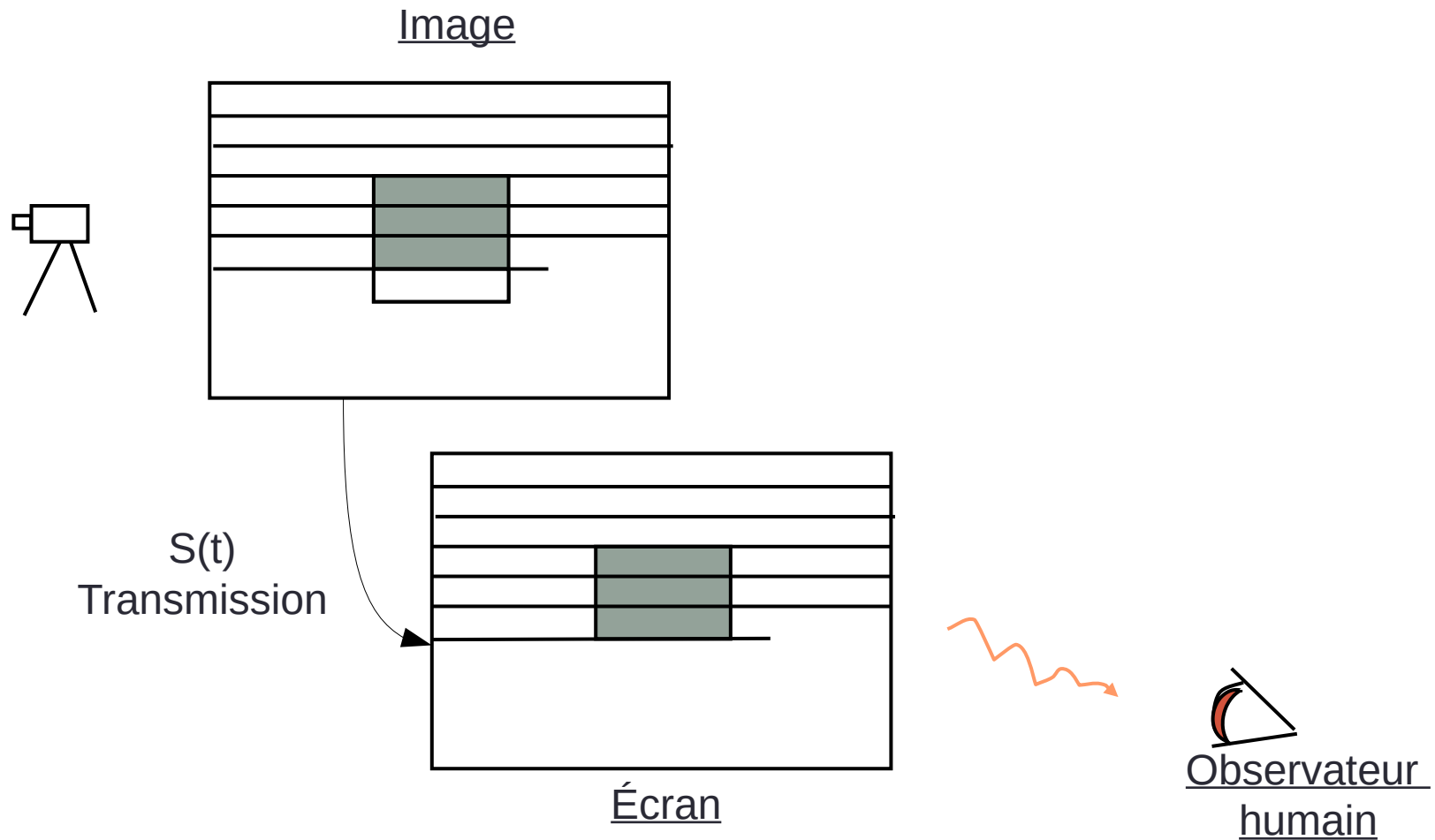
$$V = \alpha V_o + (1 - \alpha) V_k$$

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



Retransmission vidéo

- Transmission de la vidéo puis restitution sur écran



Retransmission vidéo

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

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

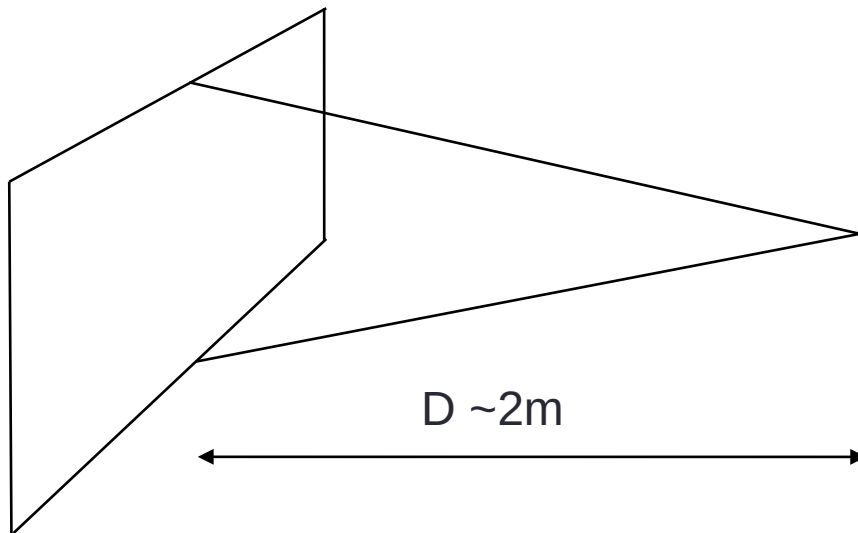
$$N_{USA} = 525 \text{ lignes}$$

°



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

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



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

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

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

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

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

