

Introduction au traitement d'images

Enseignement intégré

ITEC2 | Informatique 2A | 2025-2026

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**

Contenu

- 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
 $R(x, y, z, t)$

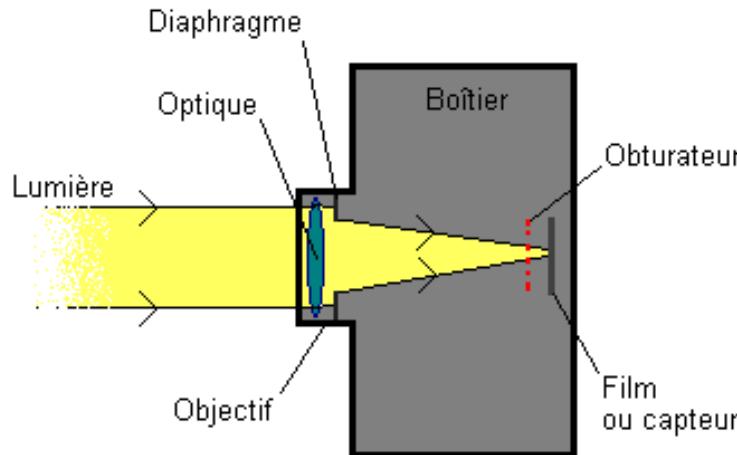


Observateur

La couleur « perçue » dépend de :

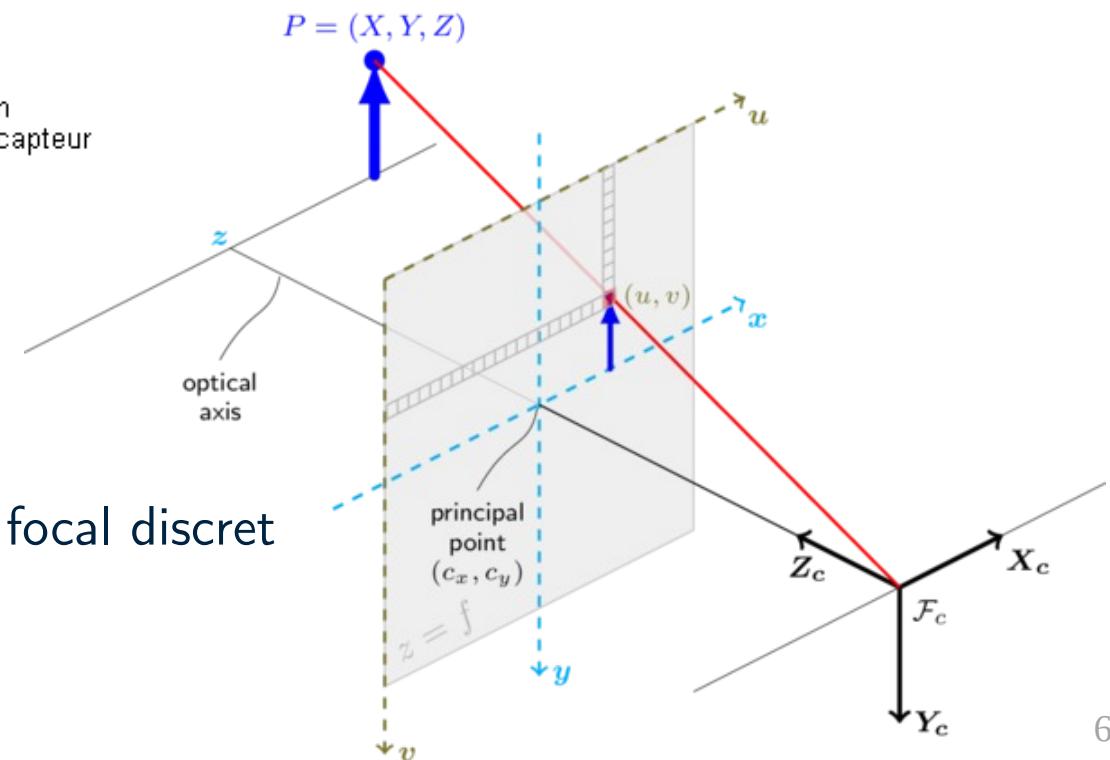
- Source
- Objet
- Milieu de propagation

Prise de vue - Système projectif



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

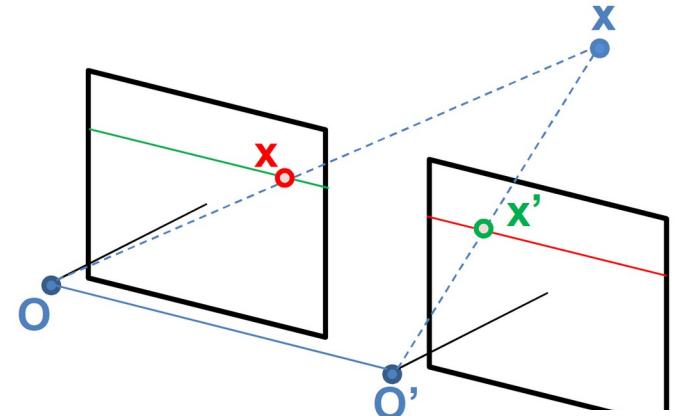
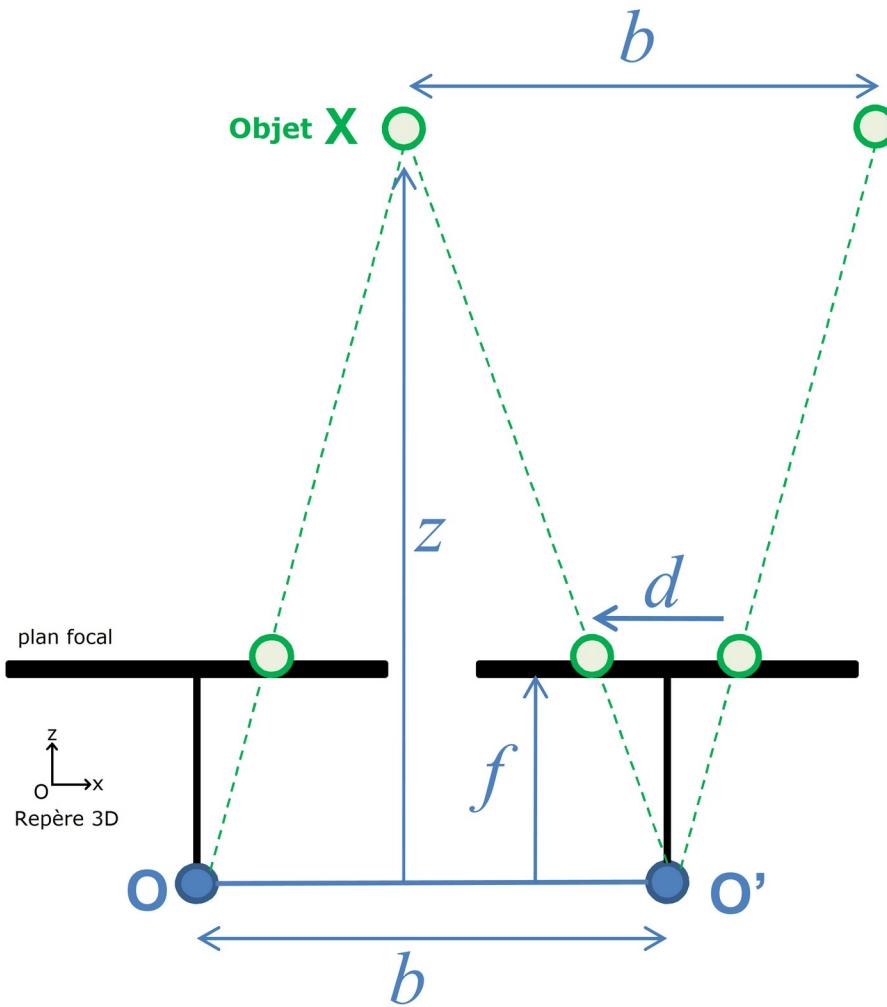
- **Projection** dans le plan focal discret



Formation de l'image

Stéréo-vision

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

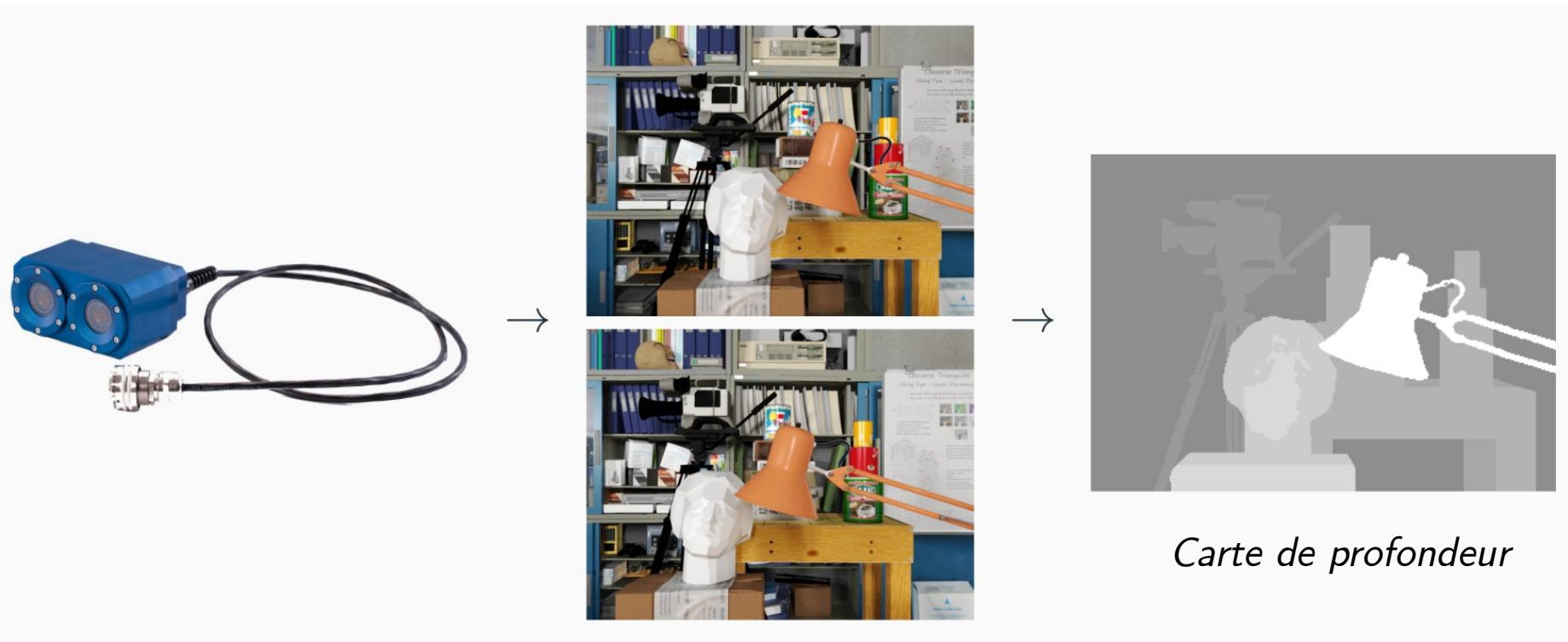


$$\frac{d}{b} = \frac{f}{z} \Leftrightarrow z = \frac{f}{d} b$$



Stéréo-vision

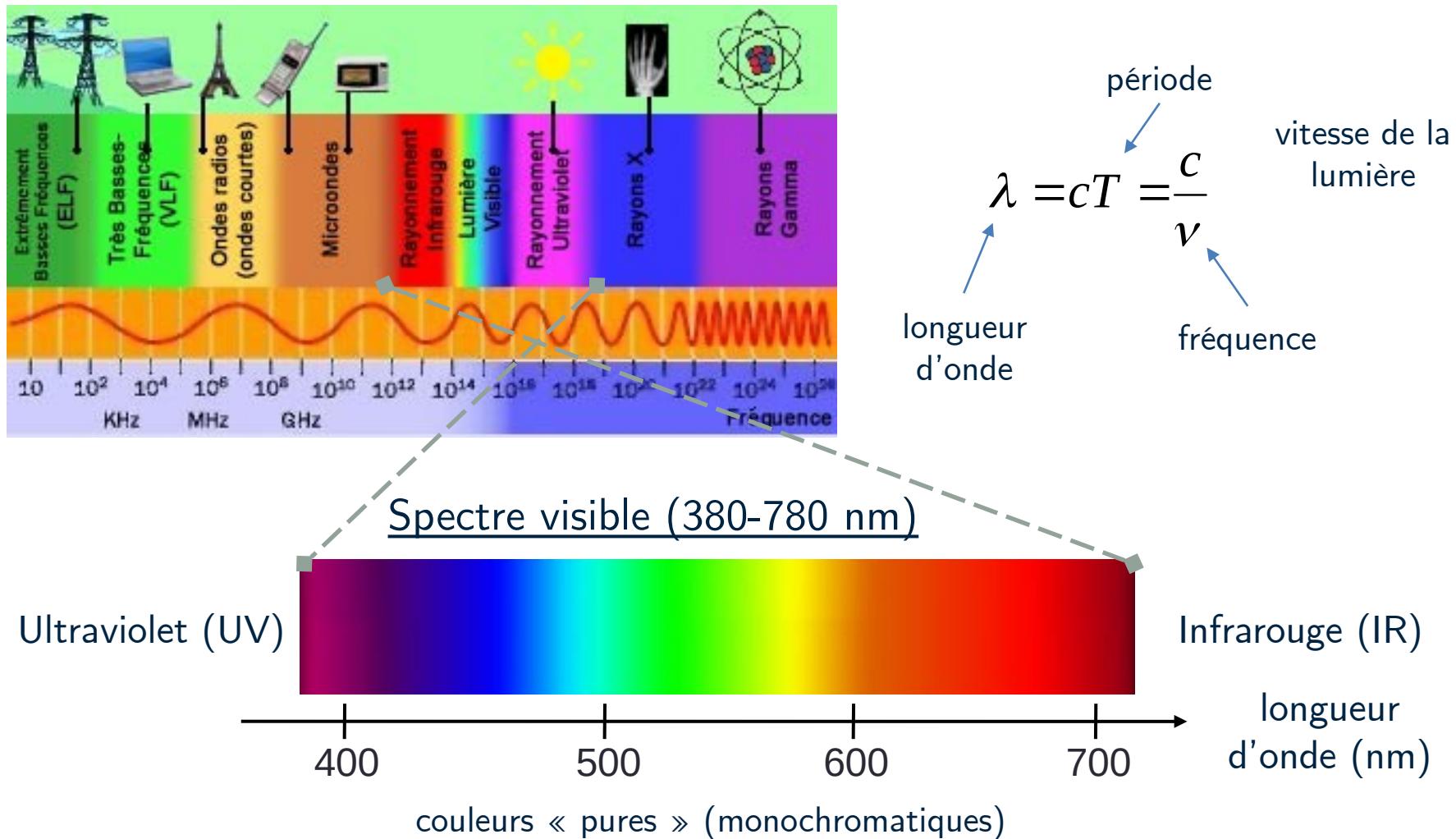
- Avec deux caméras calibrées, possibilité d'estimer la profondeur z



Carte de profondeur

Formation de l'image

Gammes spectrales



Formation de l'image

Influence de la source



Lumière naturelle



Lampe à incandescence

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



Éclairage fluorescent



Vernis phosphorescent

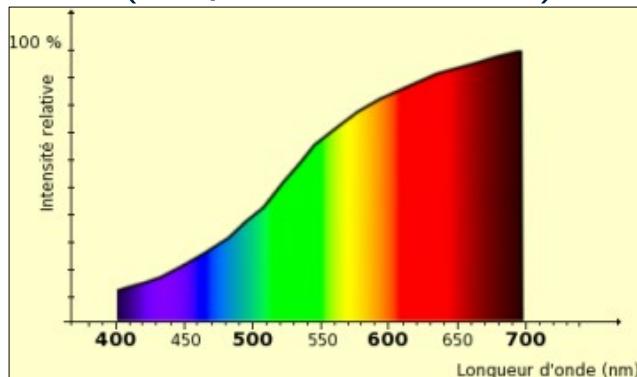
La lumière

- Source pure

Intégralité du spectre visible à amplitude (énergie lumineuse) constante

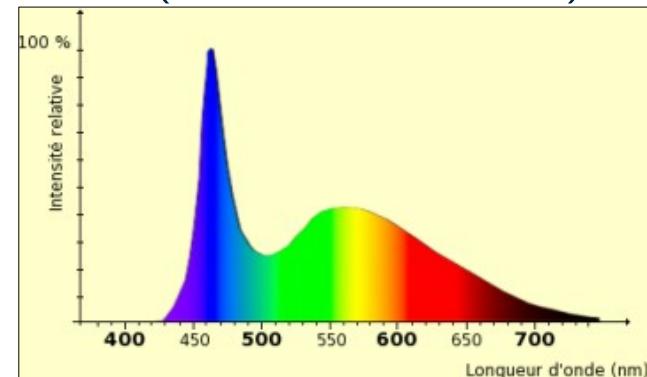


- Lampe à incandescence (corps « chauffé »)



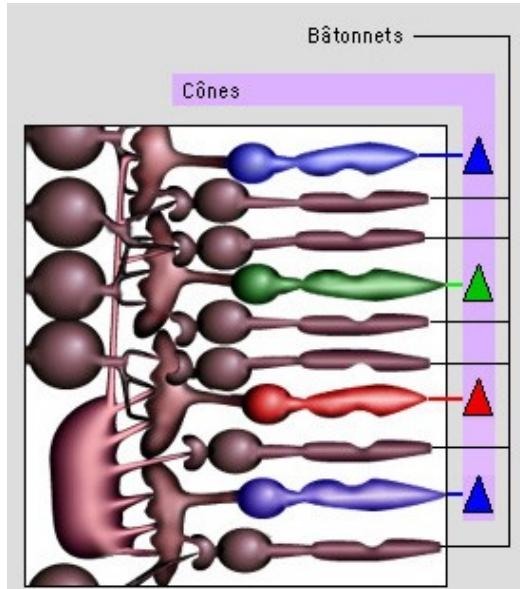
tons jaune/rouge
("« chaude »")

- 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)

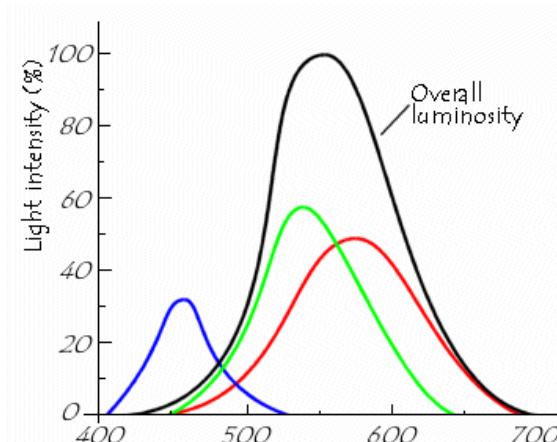
Cônes

- ✓ ~ 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



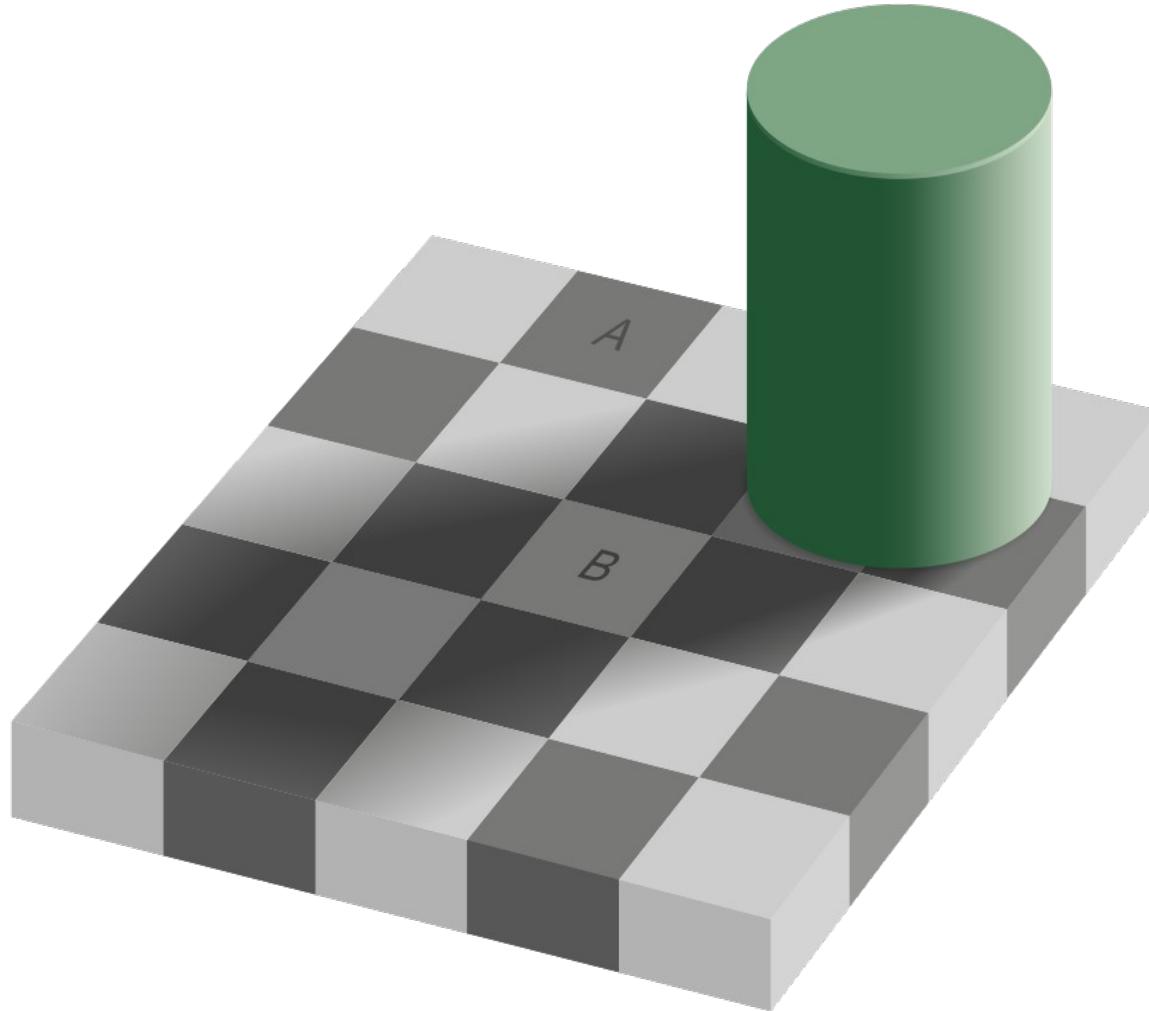
Test chromatique d'Ishihara



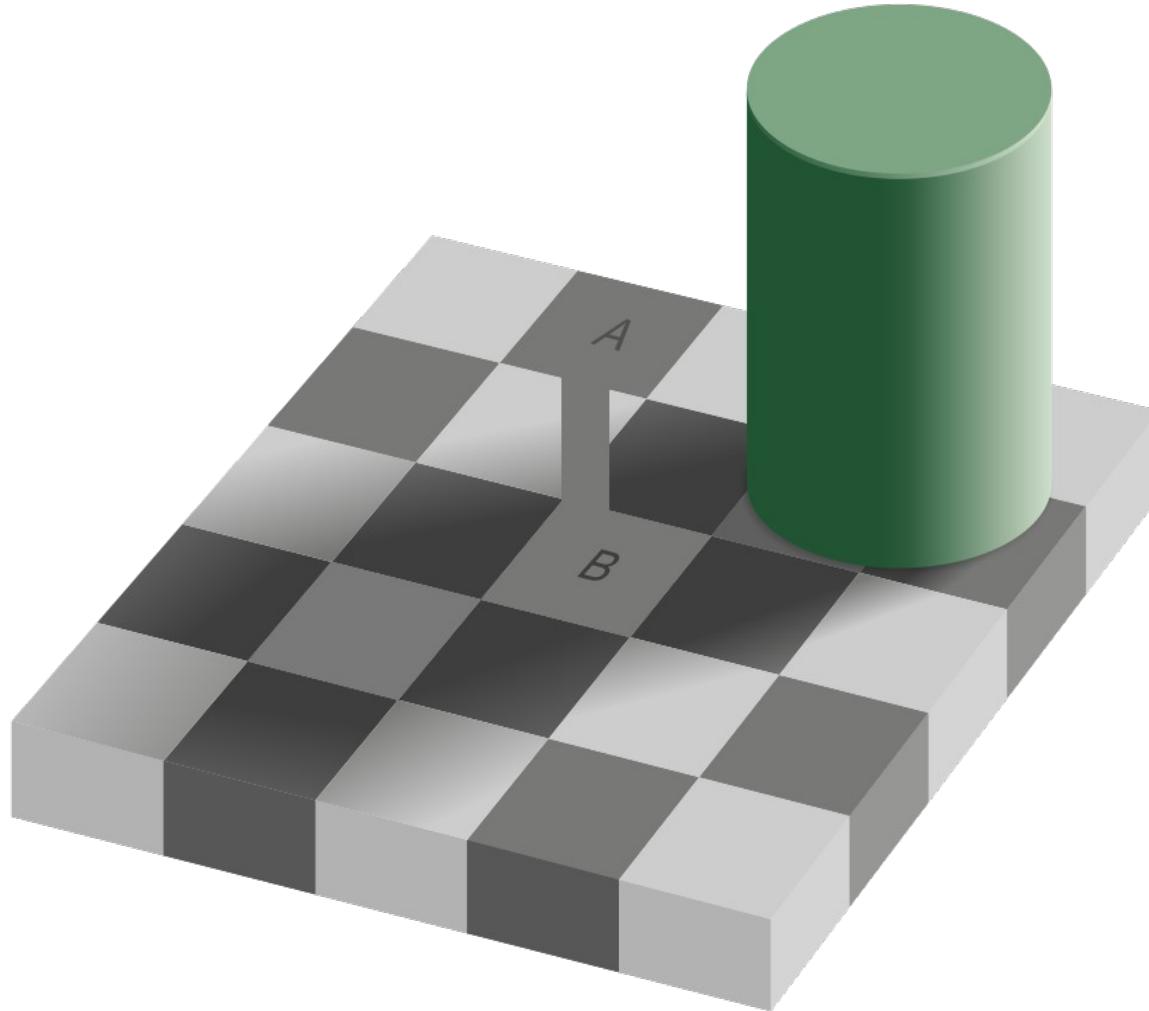
Extrait d'un ensemble 38 planches
(en lumière naturelle)

- ▶ 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

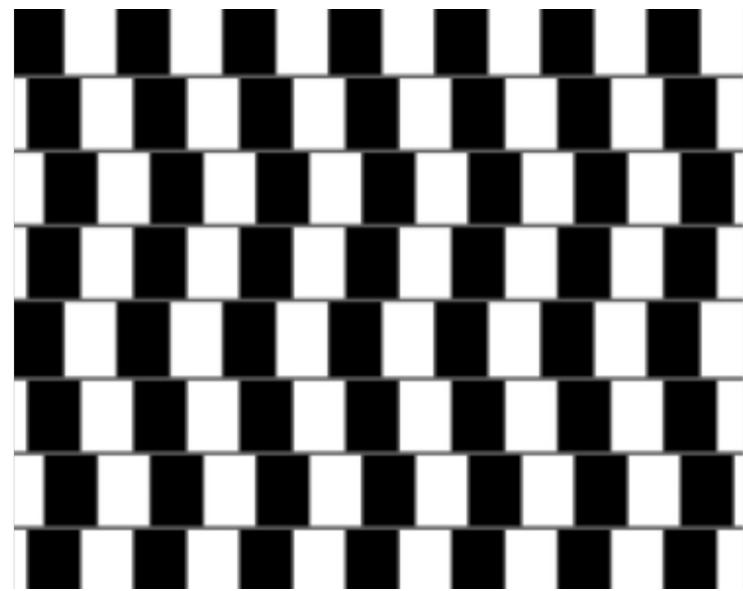
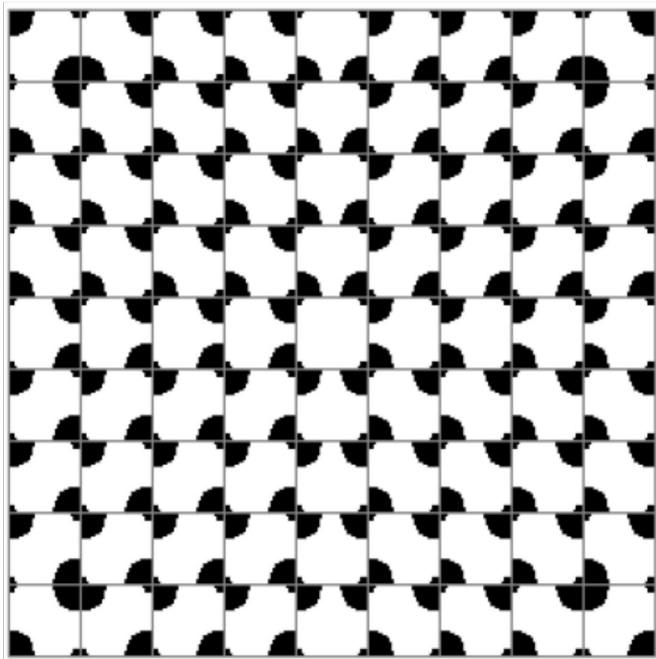


Échiquier d'Adelson



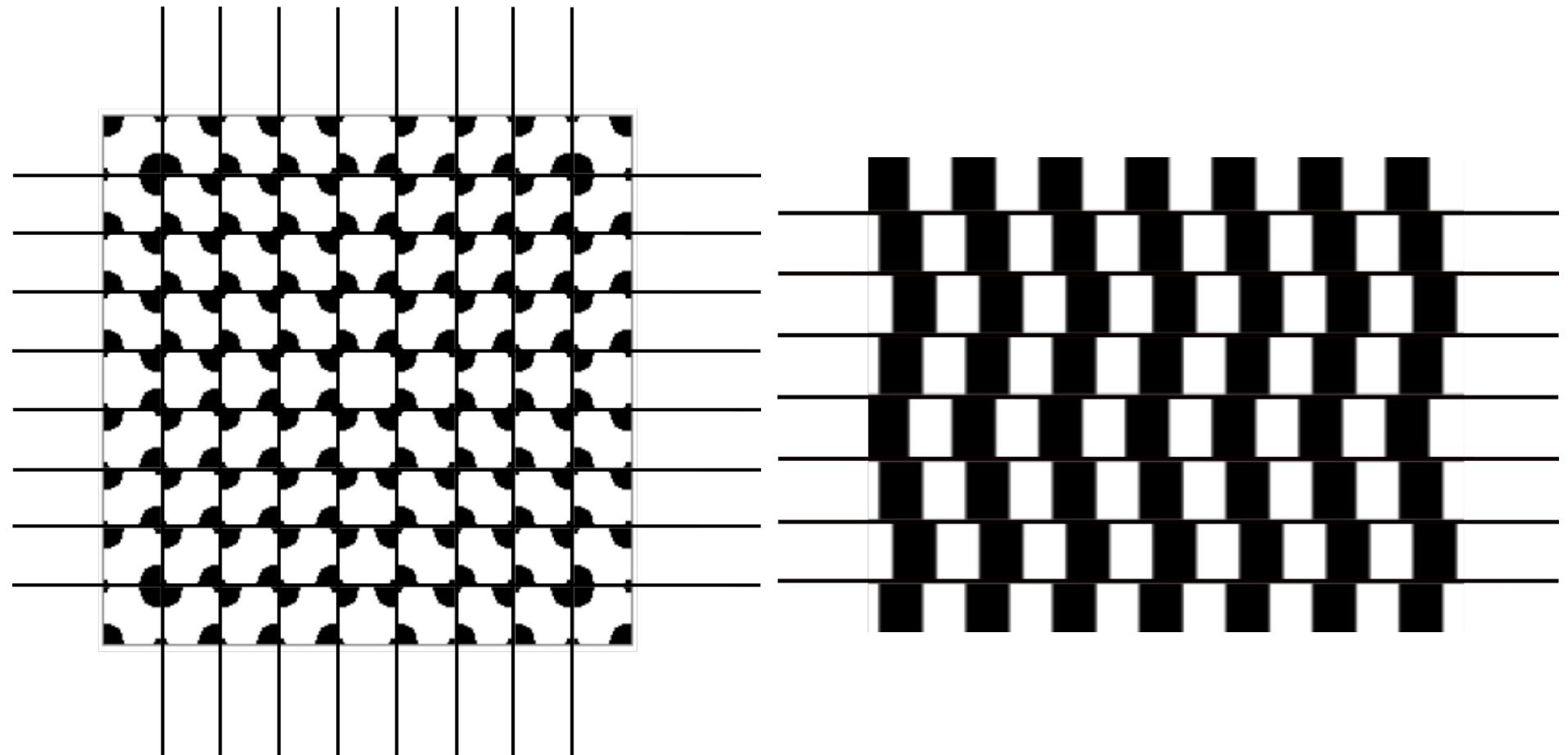
Quelques illusions

Illusion de Richard Gregory



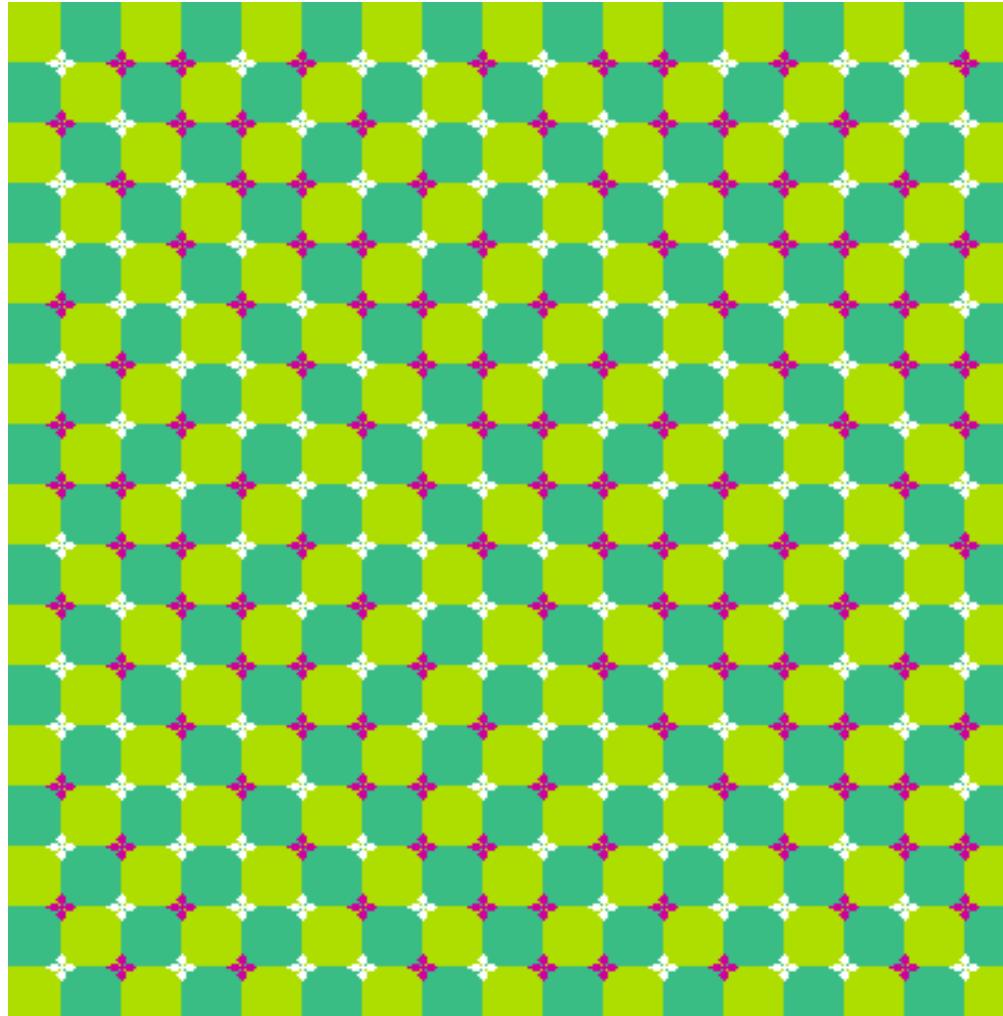
Quelques illusions

Illusion de Richard Gregory



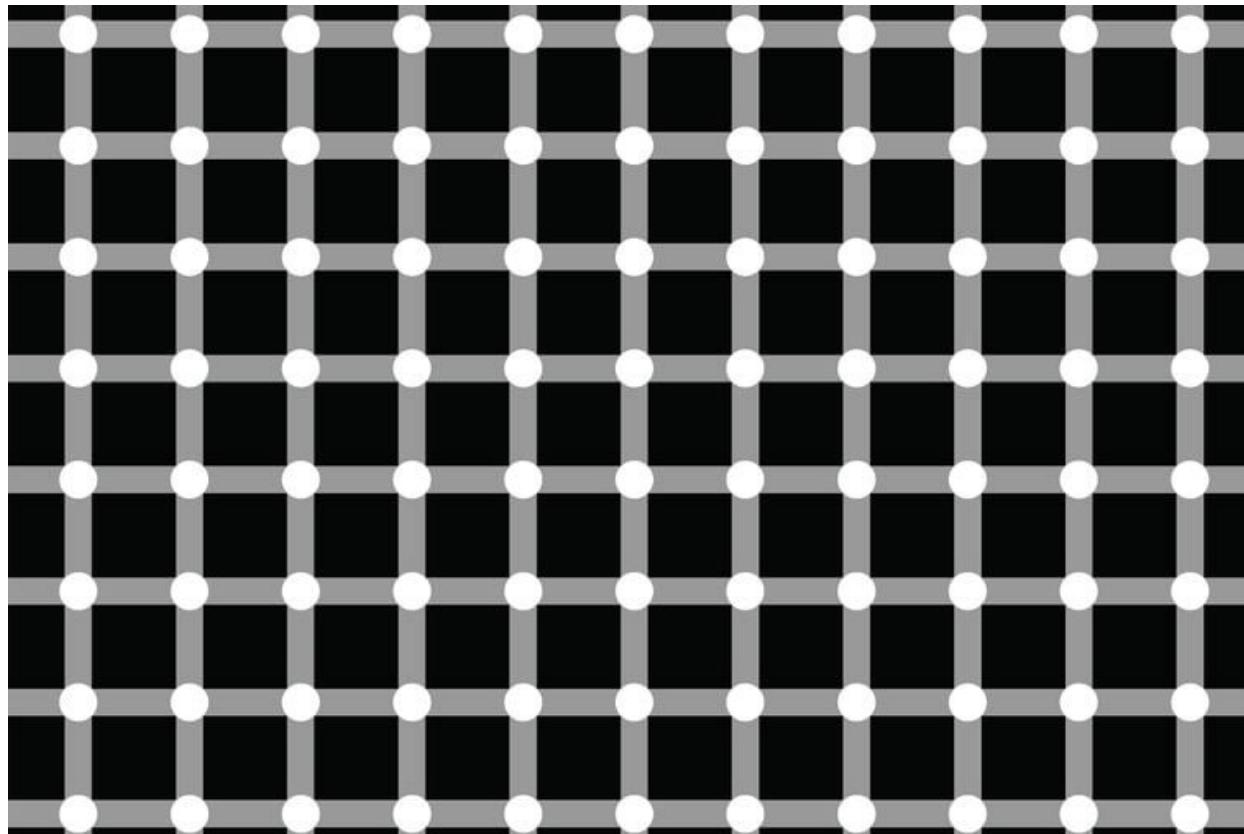
Quelques illusions

Illusion de Akiyoshi Kitaoka

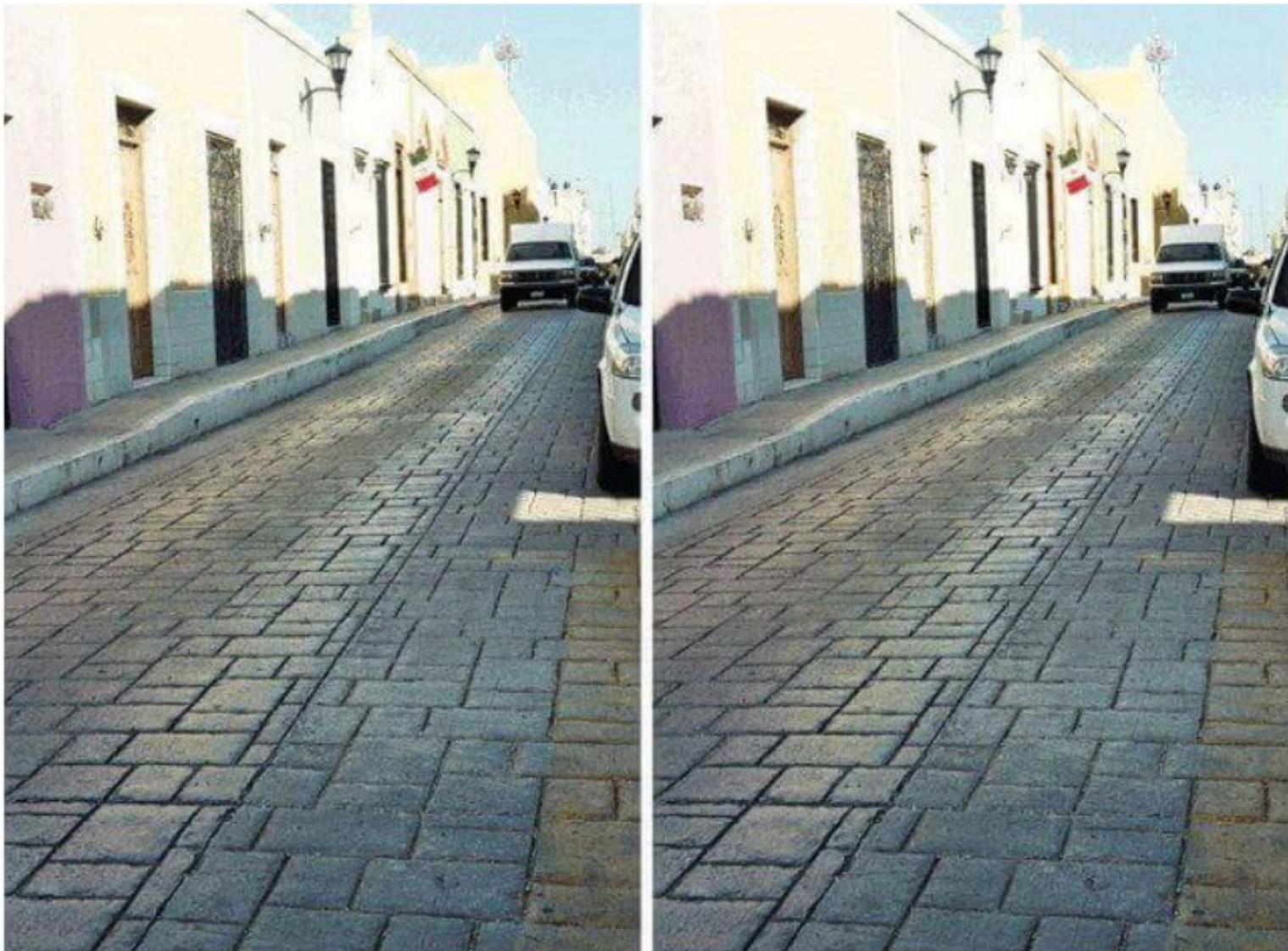


Quelques illusions

Illusion de la grille scintillante

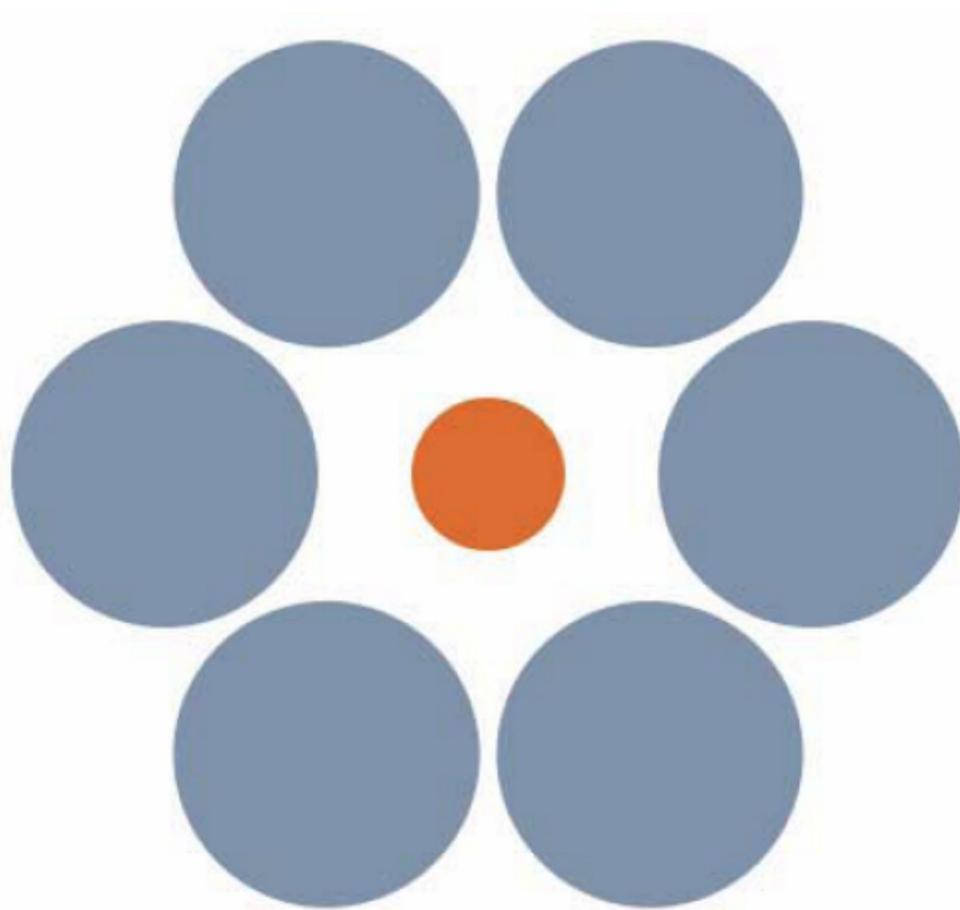


Quelques illusions

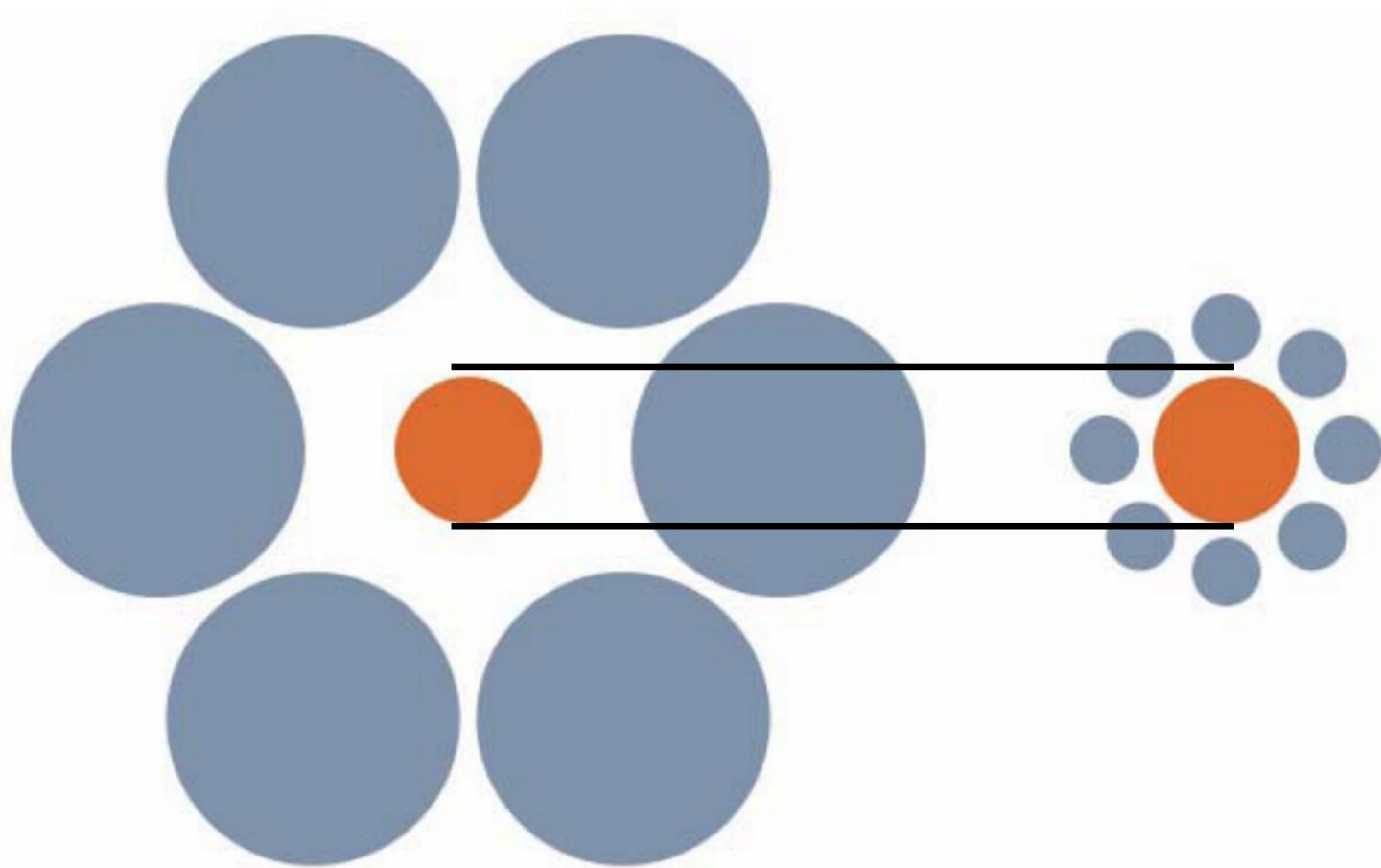


Quelques illusions

Illusion de Titchener



Illusion de Titchener

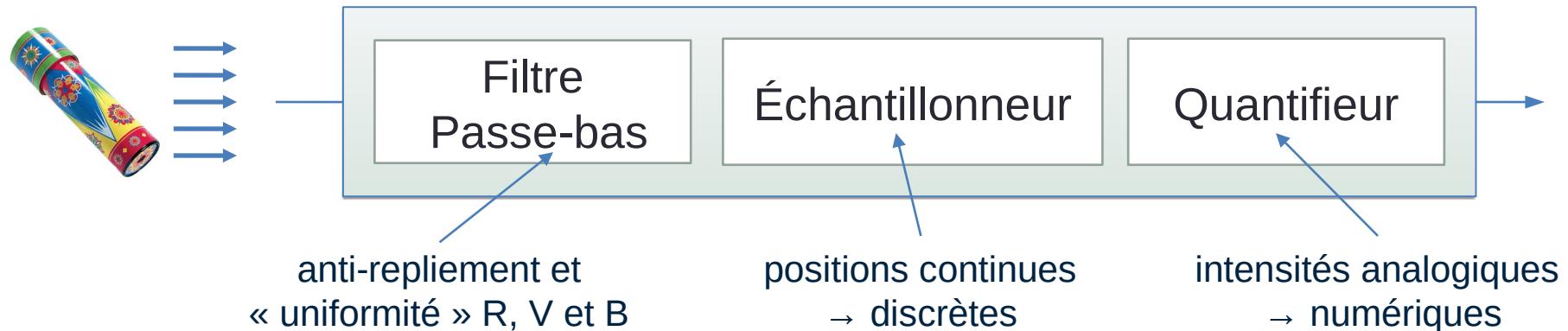


Plus d'illusions : <https://www.rd.com/article/optical-illusions/>

<https://newatlas.com/science/best-optical-illusions-2020-contest-winners/>

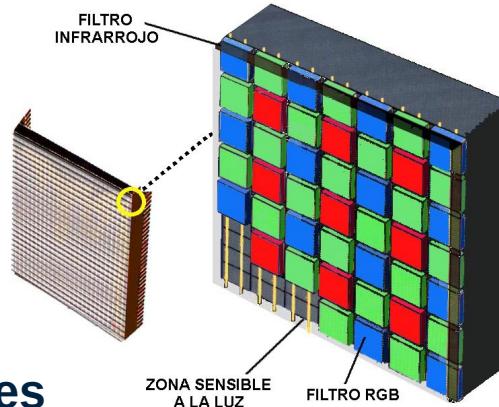
L'ACQUISITION

CCD pour l'acquisition des couleurs



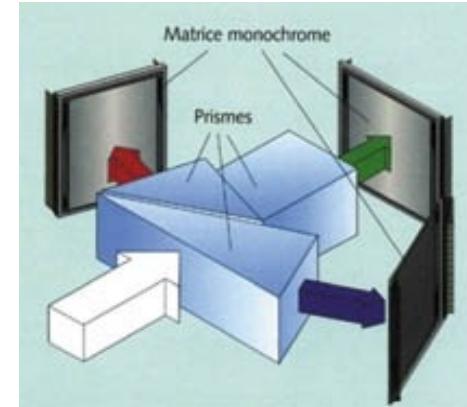
- Système trichromate :

(Mono-)CCD



Éléments photosensibles

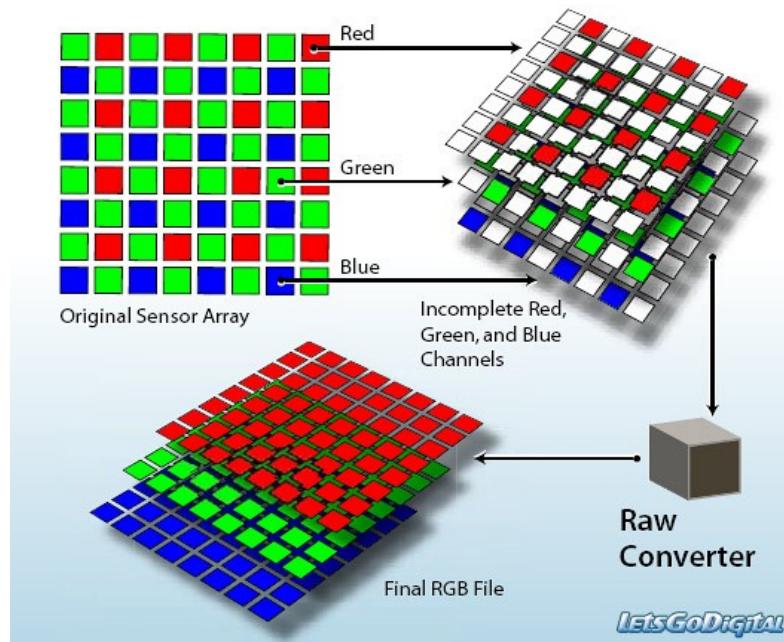
Tri-CCD



Matrice de filtres colorés

- Mosaïque 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

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

Différence horizontale

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

Différence verticale

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

Numérisation/discrétisation de la lumière captée

→ Image de taille finie

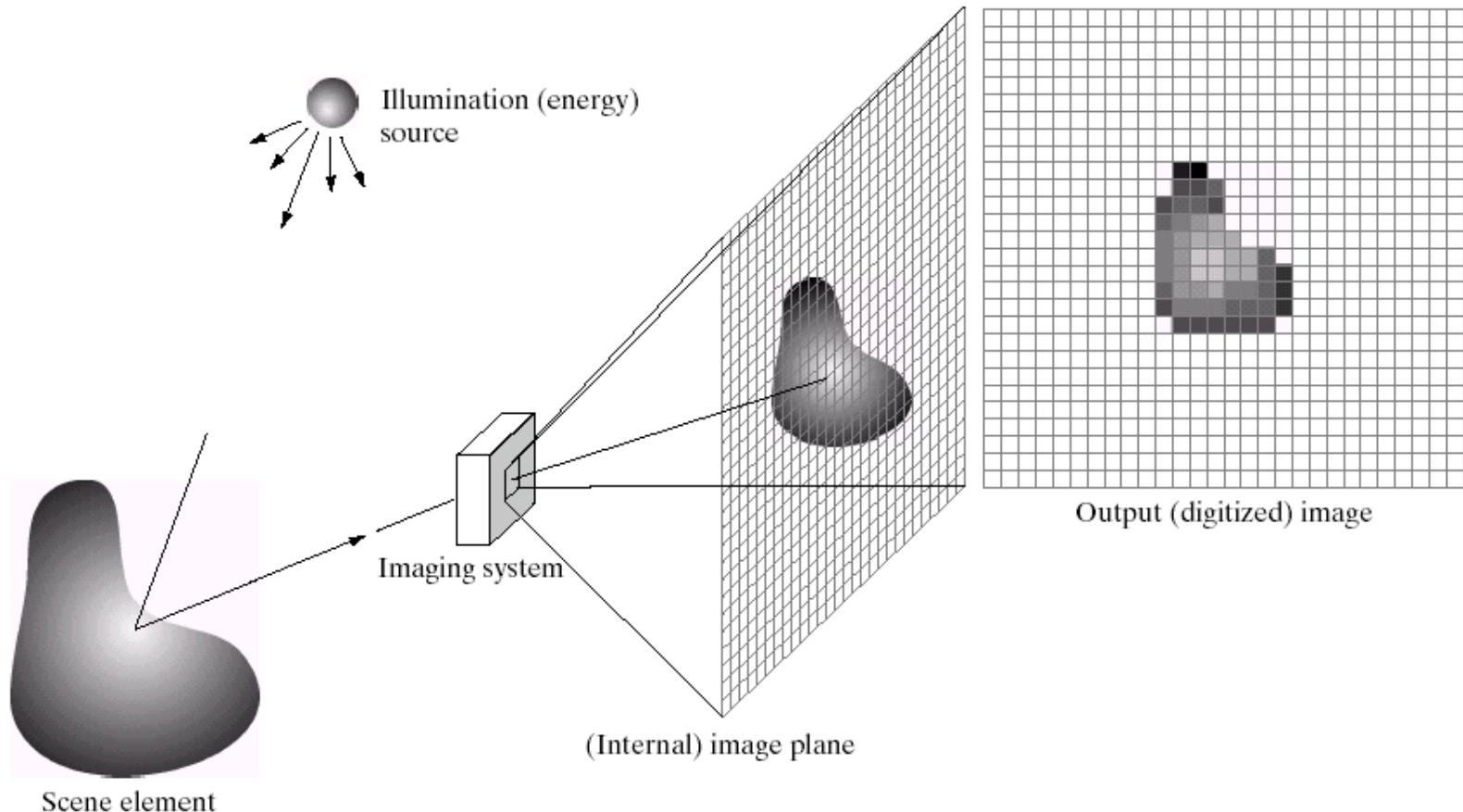


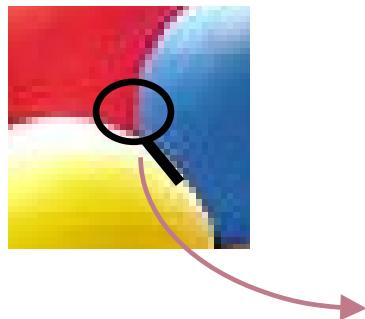
Image numérique

Définition

- Matrice de valeurs de taille MxN

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

- 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

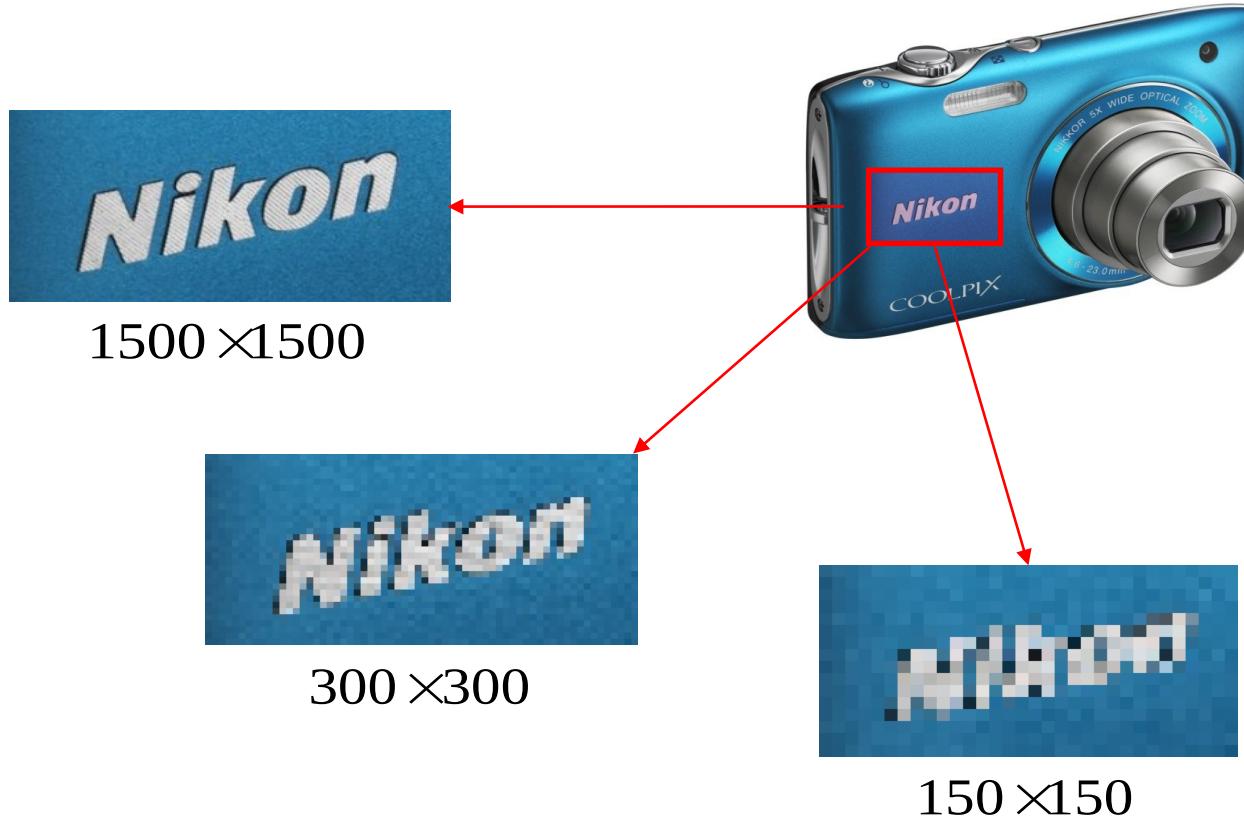
	40	112	176	193
16	16	65	120	127
212	212	205	103	62
201	197	154	98	9
192	138	127	97	7
255	230	140	73	6
250	255	255	182	10

R G B

Image numérique

Résolution spatiale

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



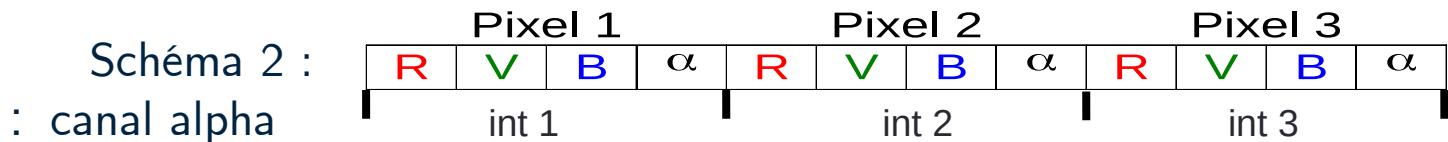
LES FORMATS

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

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

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

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

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

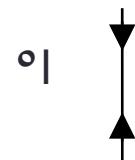


Retransmission vidéo

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

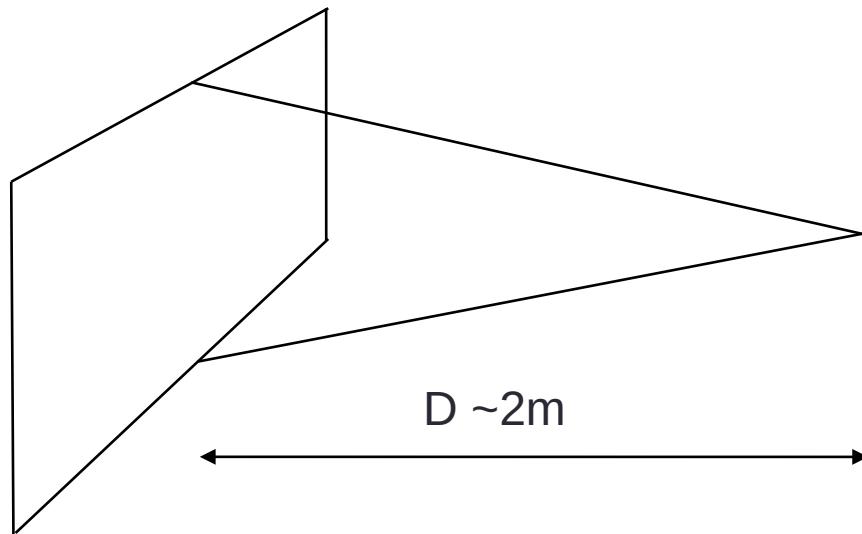
$$N_{Europe} = 625 \text{ lignes}$$

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



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

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



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

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

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

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