

POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL



LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

NeuroPoly



Introduction — Caractérisation — Perception

Eva Alonso Ortiz

ELE8812 : Traitement et analyse d'images

9 janvier 2025

1. Introduction

- Éléments historiques
- Exemples d'applications et de modalités
- Traitement et analyse d'images

2. Perception

- Position du problème
- Œil et vision
- Perception

3. Formation des images numériques

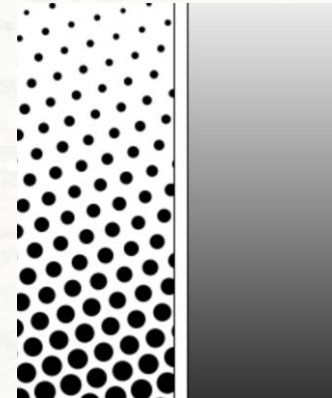
- Modèle simple de formation d'images
- Échantillonnage et quantification

Premiers traitements

Années 1920 : transmissions terrestres



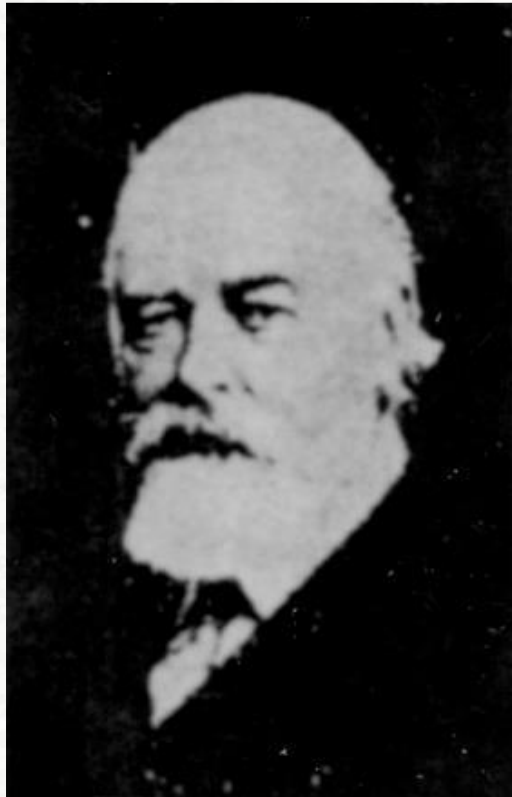
1921



<https://en.wikipedia.org>

Premiers traitements

Années 1920 : transmissions terrestres



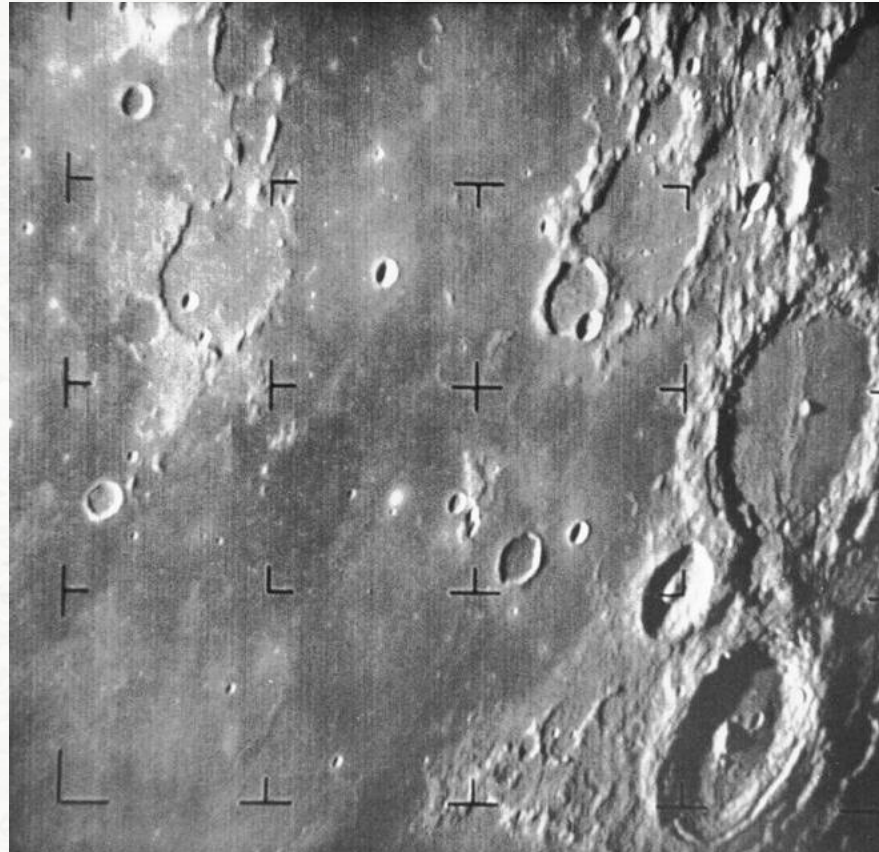
1922



1929

Premiers traitements

Années 1960 : transmissions spatiales



1964

© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Situation présente

Nombreux types d'images numériques

- Noir et blanc / couleur
- Bidimensionnelles / tridimensionnelles

Origines diverses

- Mesure directe (e.g., photographie numérique)
- Images reconstruites (e.g., tomographie)
- Images de synthèse

Applications multiples

- Médecine
- Astronomie
- Géographie / Planification
- ...

Traitement et analyse d'images: Définition?

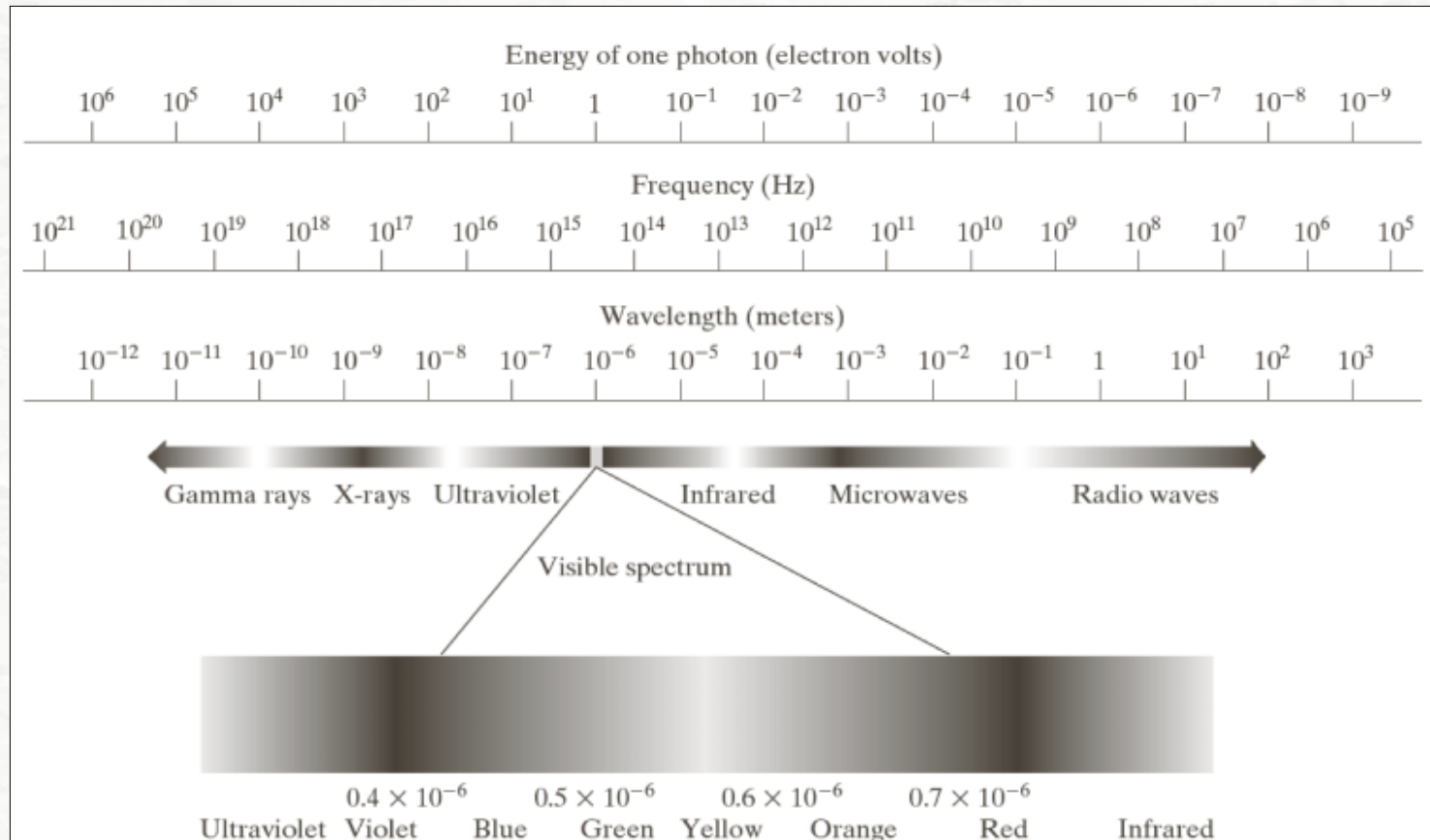
Survol du domaine

Points de vue possibles:

- « Modalité » (phénomène physique utilisé et technique de mesure)
- Domaine d'application

Principale source d'images: rayonnement électromagnétique

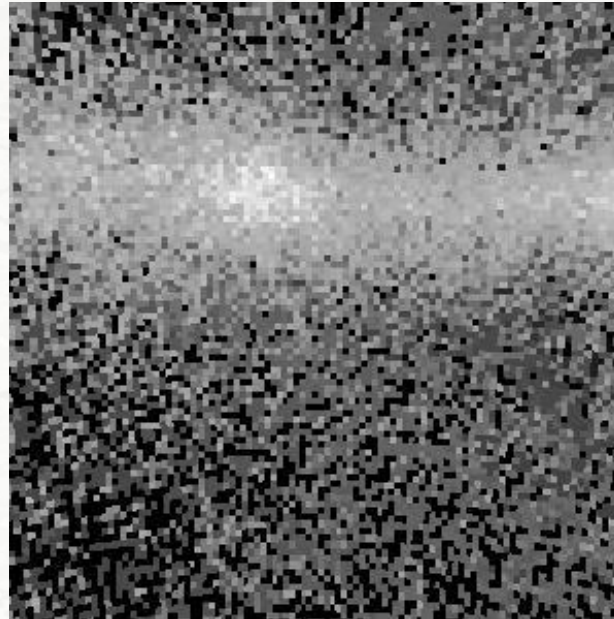
Spectre électromagnétique



© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Imagerie gamma

Astronomie



Anneau de Cygnus

© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Médecine

Imagerie SPECT

Imagerie par rayons X

Médecine



Radiographie



Tomographie



Angiographie

© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

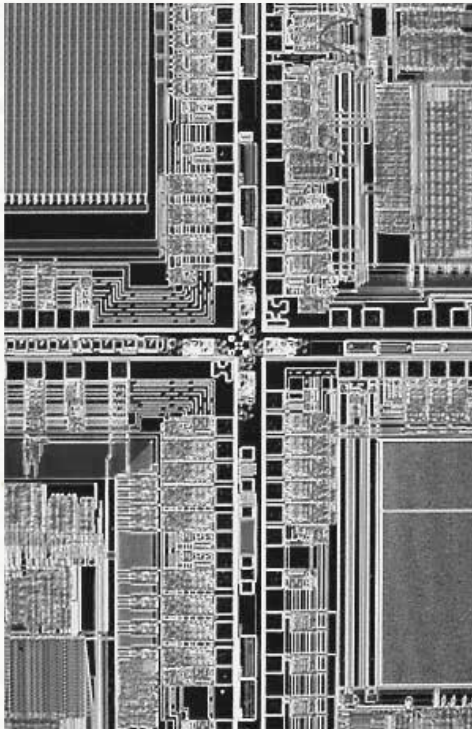
Autres applications

Contrôle non destructif, astronomie, ...

Imagerie dans la bande visible

Applications très nombreuses

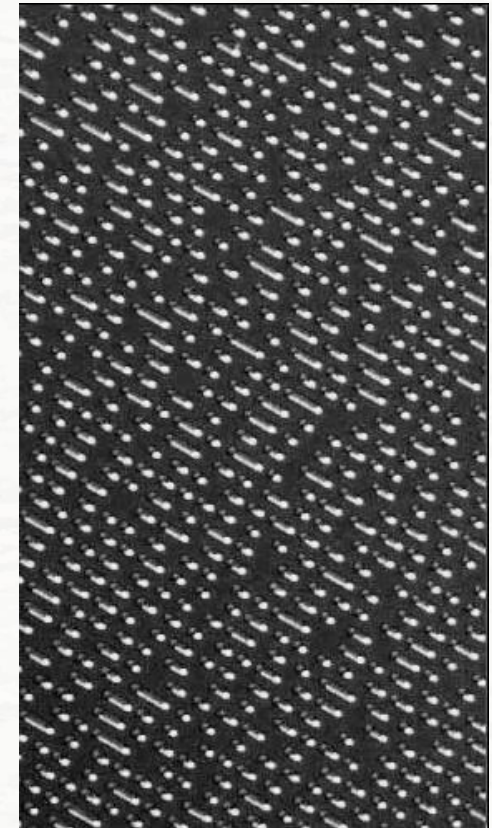
Microscopie



Microprocesseur



Couche mince Ni



Surface CD audio

© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Imagerie dans la bande visible

Surveillance



Reconnaissance automatique de plaques d'immatriculation

© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Autres applications

Photographie, biométrie, cartographie, ...

Imagerie dans la bande visible

Band No.	Name	Wavelength (μm)	Characteristics and Uses
1	Visible blue	0.45–0.52	Maximum water penetration
2	Visible green	0.52–0.60	Good for measuring plant vigor
3	Visible red	0.63–0.69	Vegetation discrimination
4	Near infrared	0.76–0.90	Biomass and shoreline mapping
5	Middle infrared	1.55–1.75	Moisture content of soil and vegetation
6	Thermal infrared	10.4–12.5	Soil moisture; thermal mapping
7	Middle infrared	2.08–2.35	Mineral mapping

slido



**Pourquoi l'océan/mer
apparaît bleu?**

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

slido

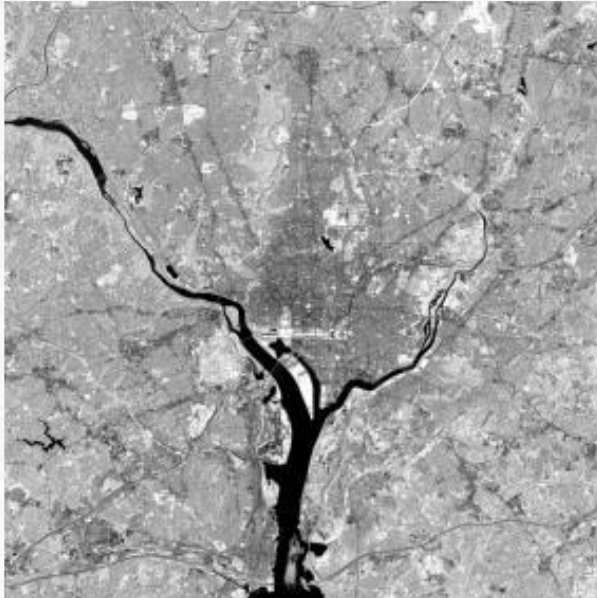


Pourquoi les lacs sont noirs?

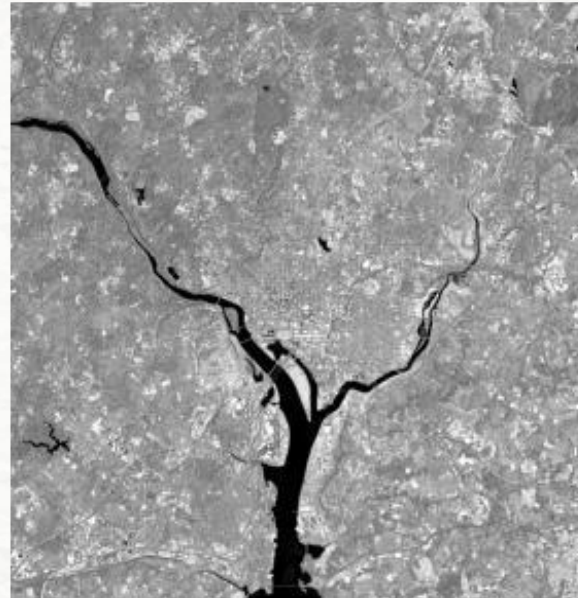
ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

Imagerie dans la bande IR

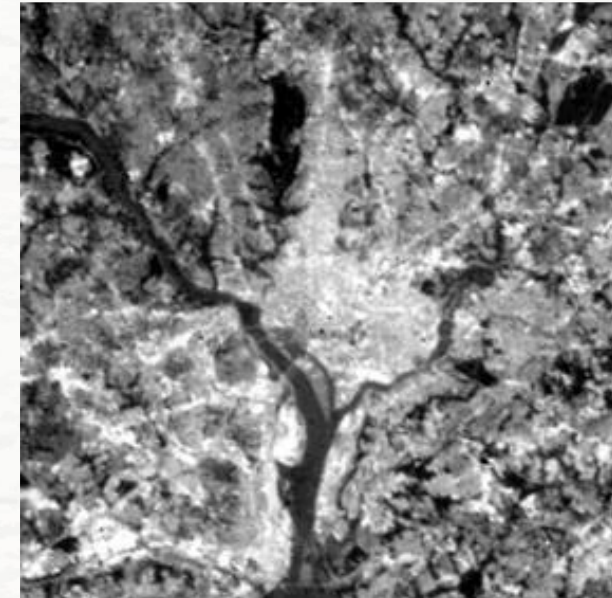
Surveillance aérienne ou par satellite



IR Proche



IR moyen



IR lointain

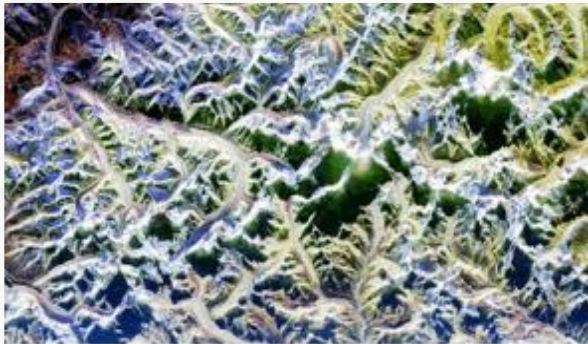
© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Autres applications

Thermographie, médecine, ...

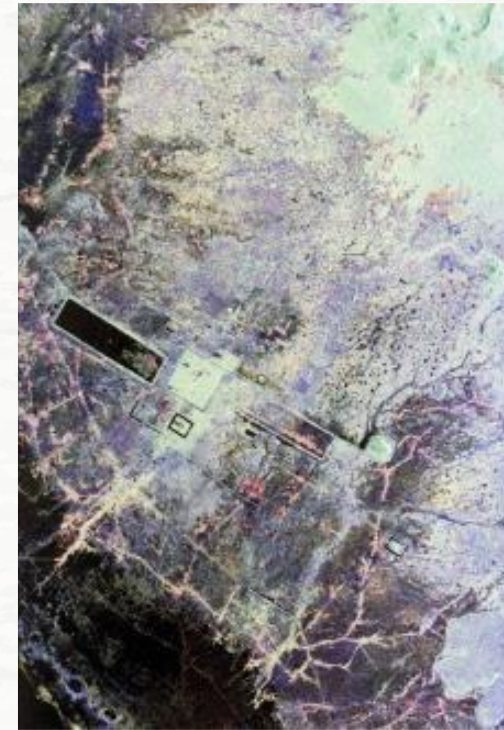
Imagerie par micro-ondes

SAR (cartographie, surveillance)



Mont Everest

Sc NASA



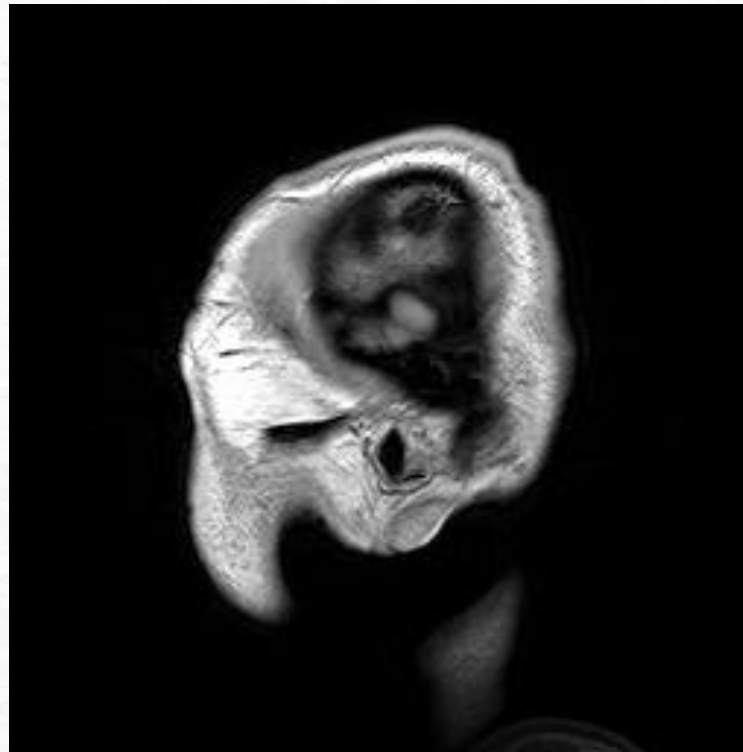
Temple d'Angkor

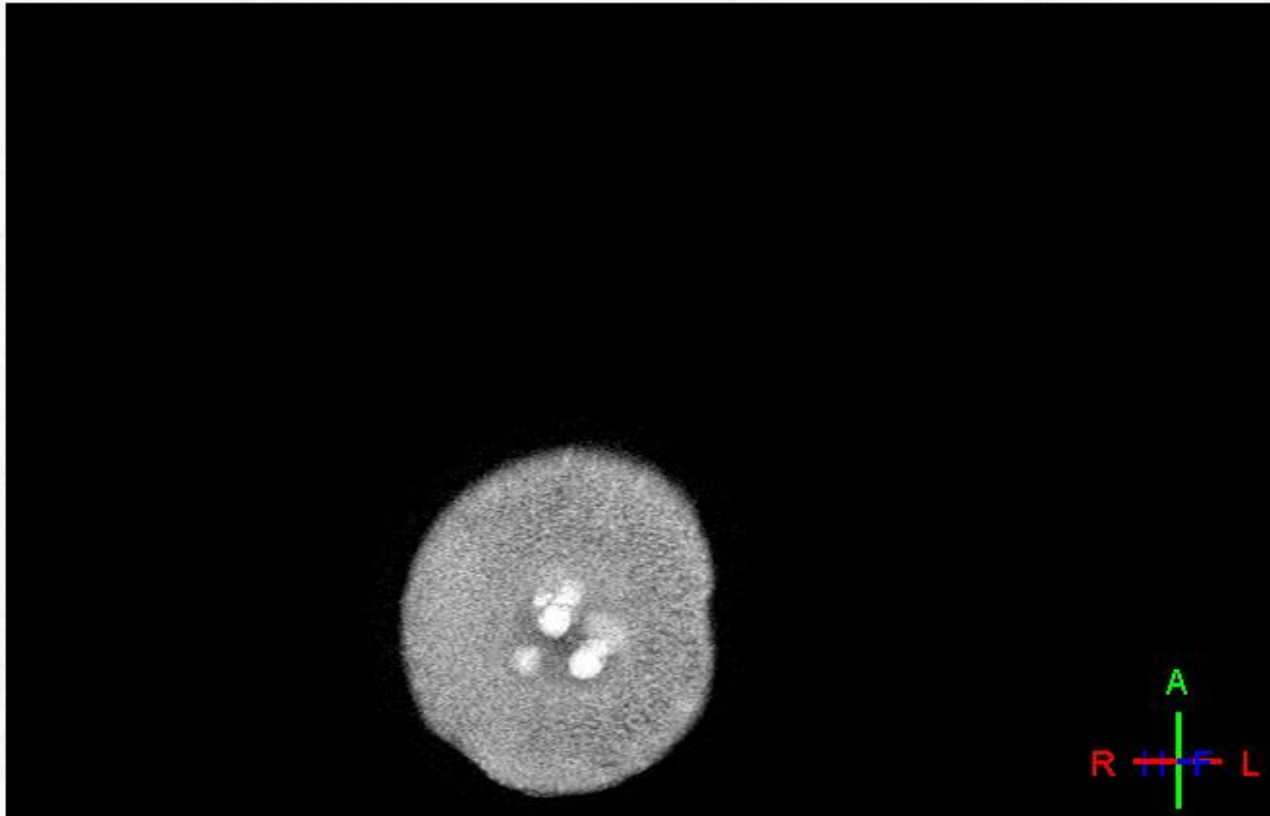
Autres applications

Météorologie, médecine, ...

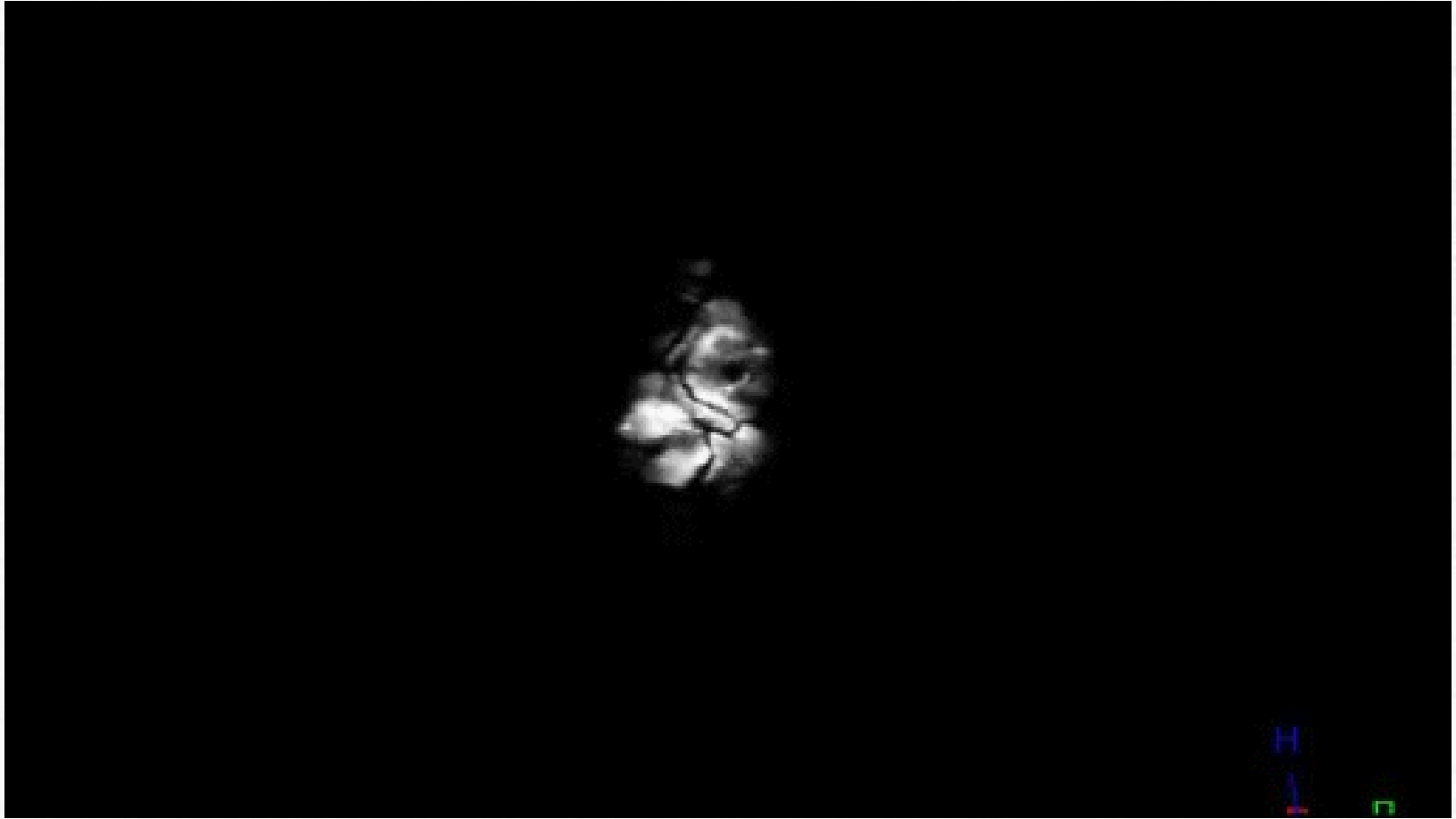
Imagerie dans la bande radio

Imagerie par résonance magnétique (MHz)

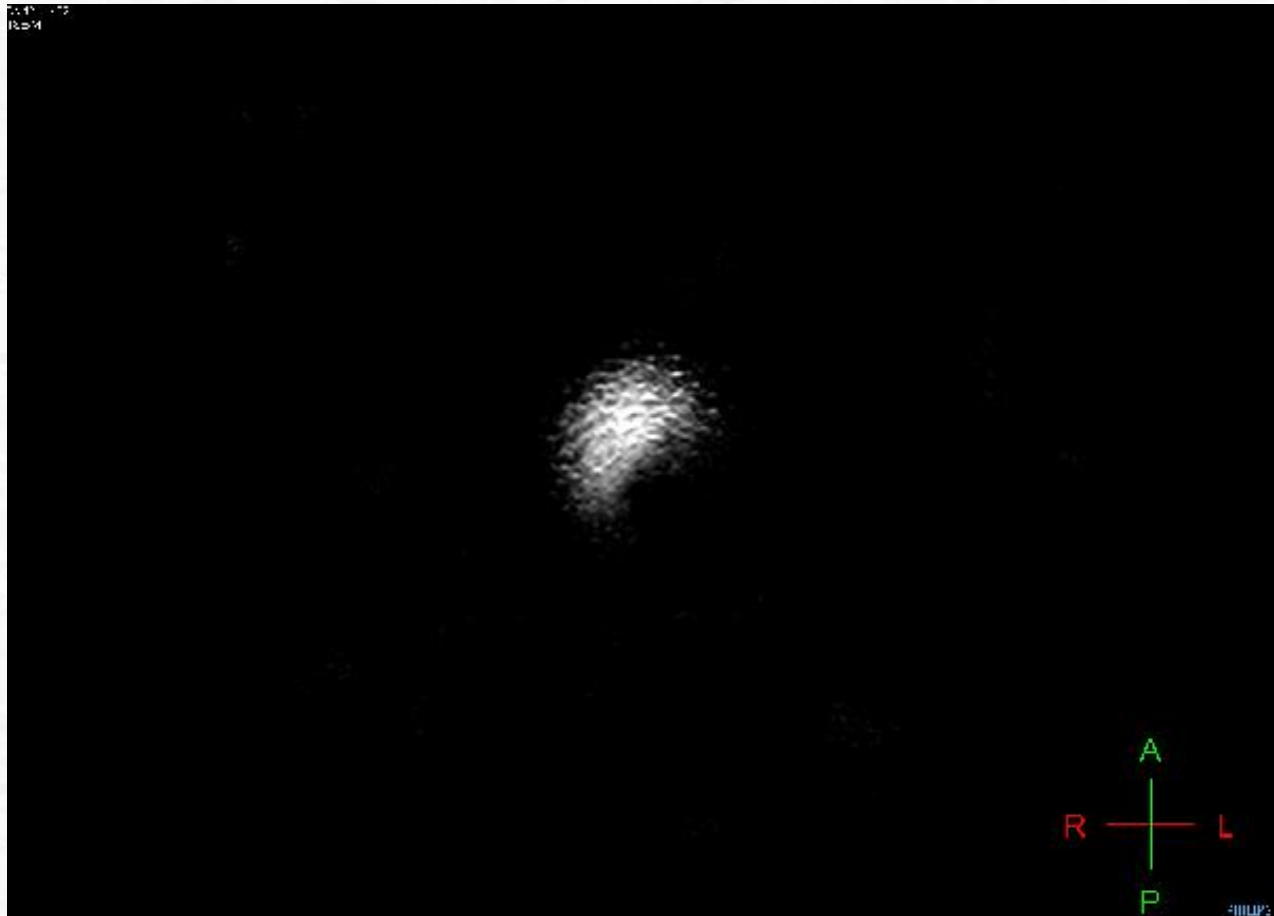




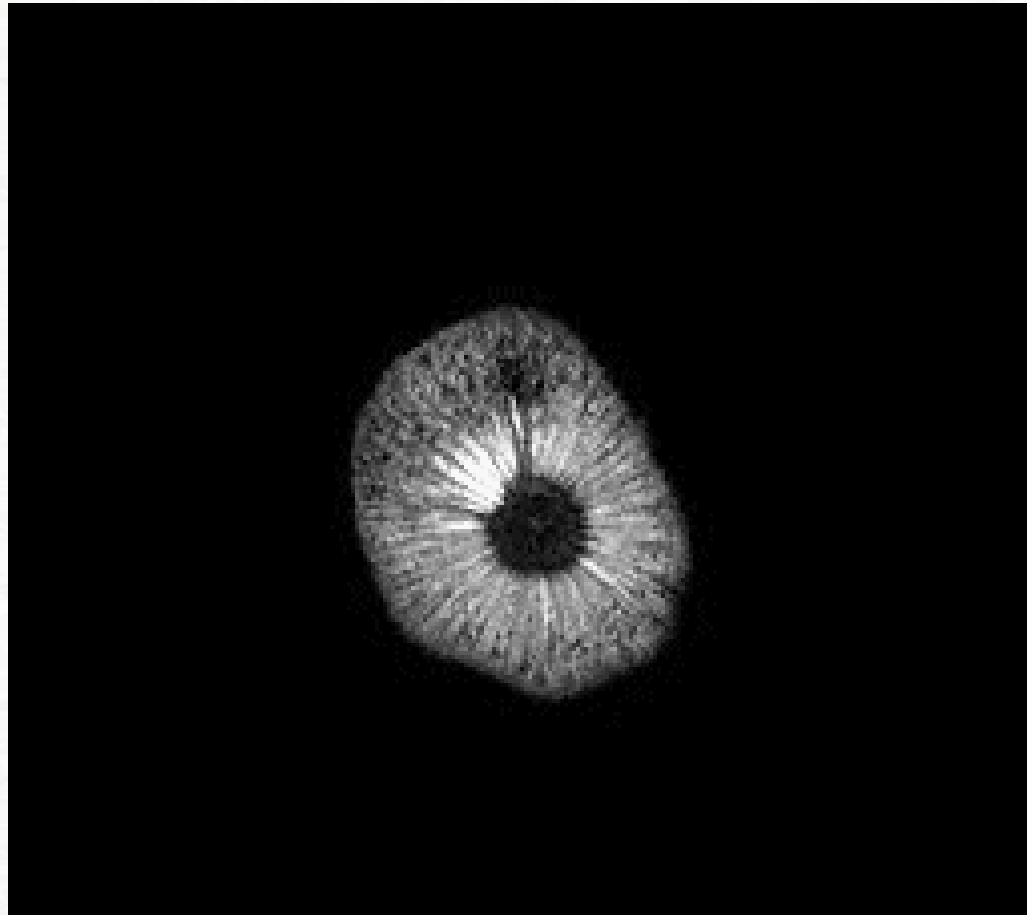
<http://insideinsides.blogspot.com/>



<http://insideinsides.blogspot.com/>



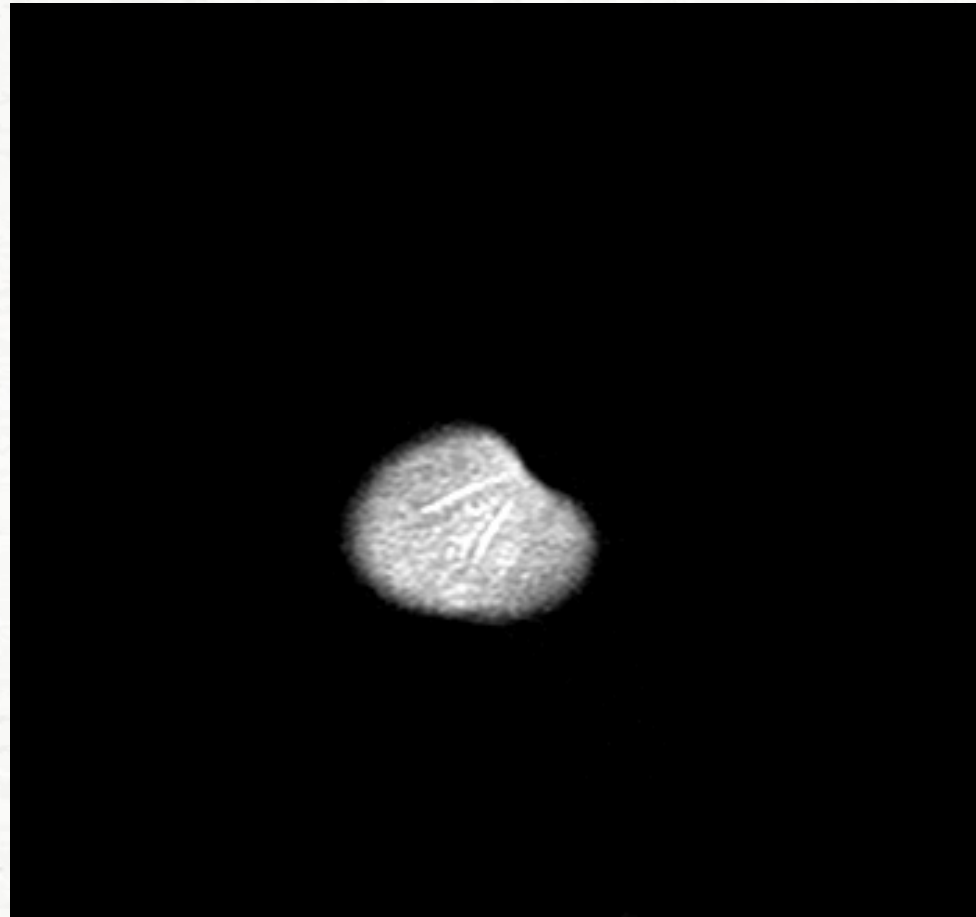
<http://insideinsides.blogspot.com/>



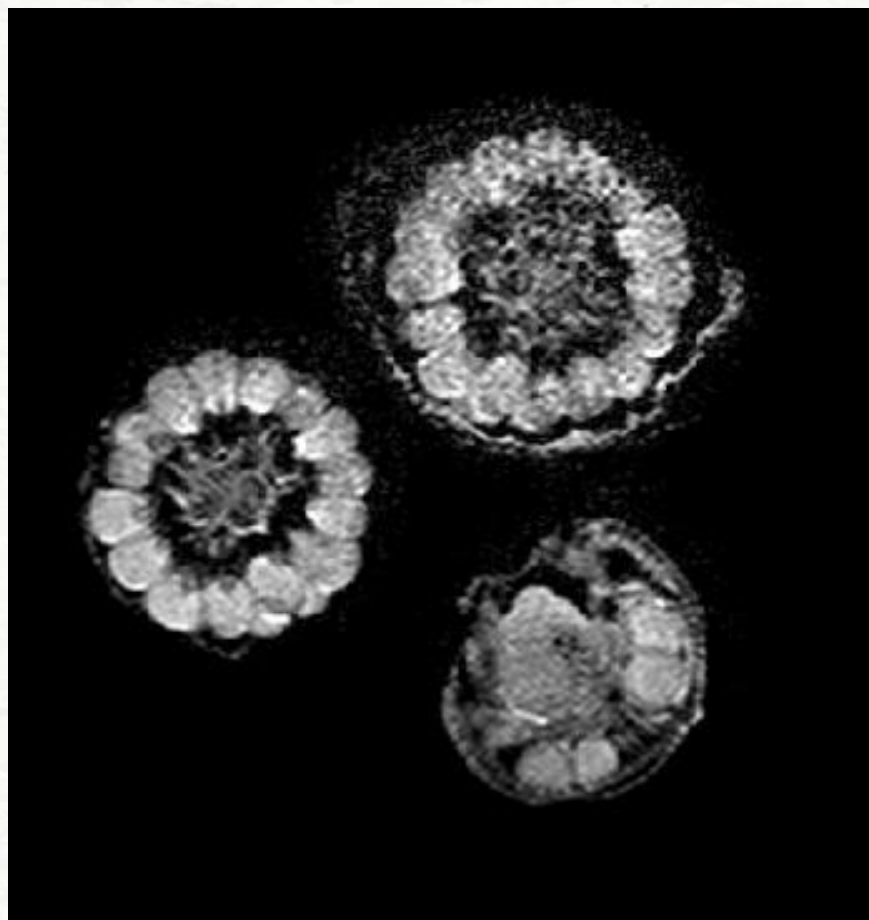
<http://insideinsides.blogspot.com/>



<http://insideinsides.blogspot.com/>



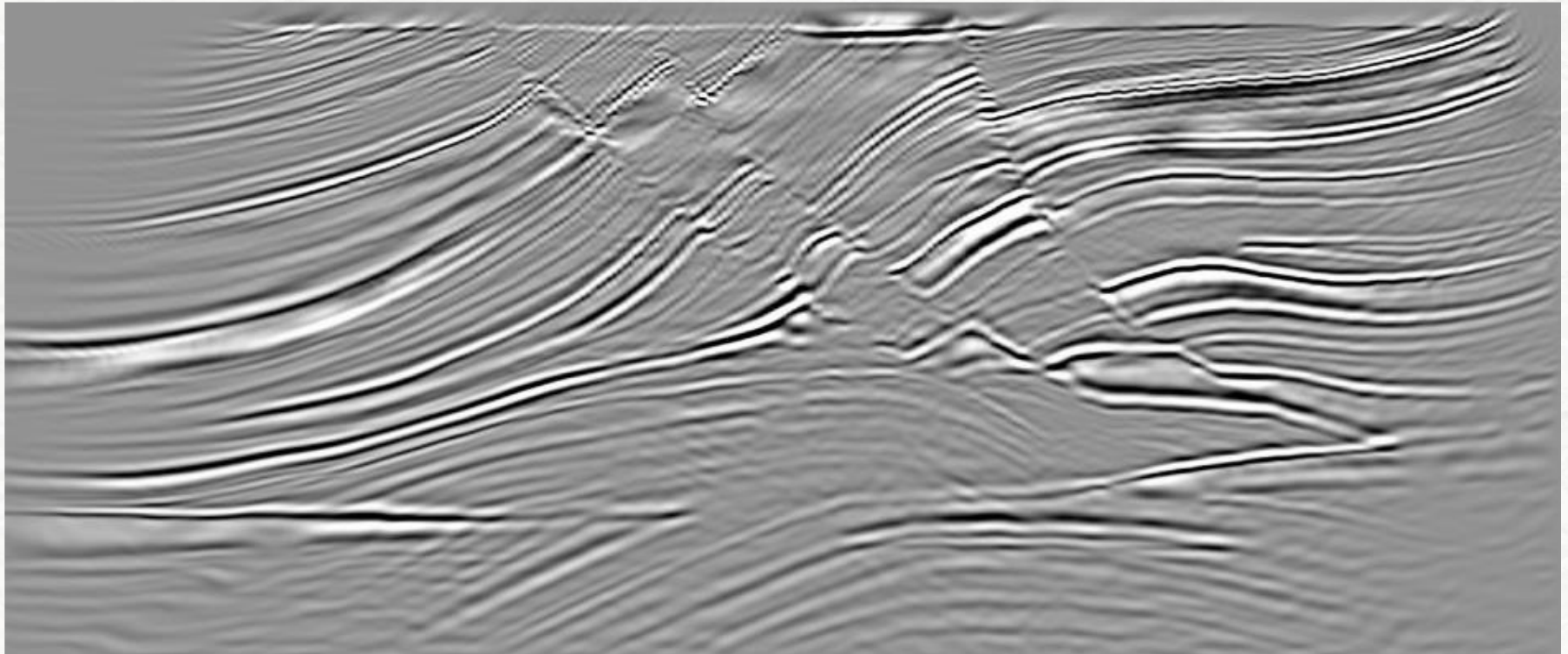
<http://insideinsides.blogspot.com/>



<http://insideinsides.blogspot.com/>

Ondes de pression : « sismique réflexion »

Exploration sismique



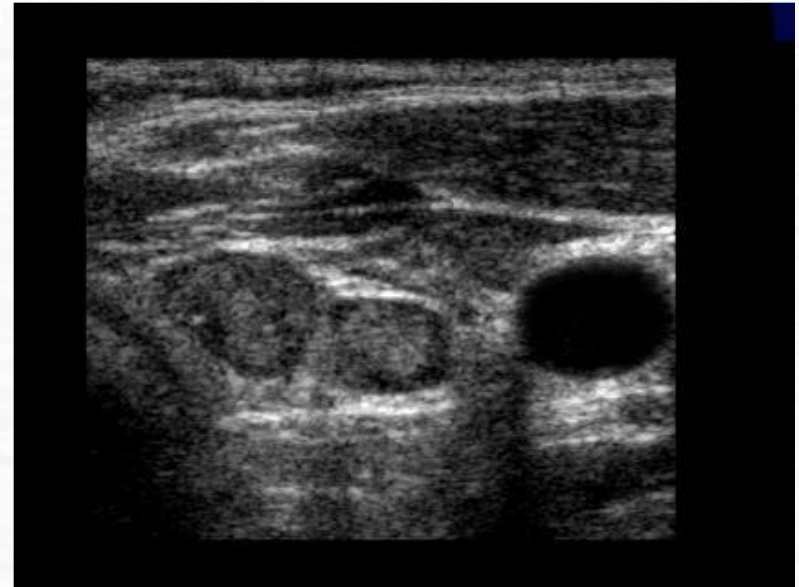
© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Ondes de pression : ultrasons

Échographie ultra-sonore



Bébé



Échographie thyroïdale

© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Plusieurs sources

Imagerie « multi-physique »

- Tomographie optique / ultra-sonore
- Tomographie à micro-ondes / ultra-sonore

Combinaison de modalités

- Tomographie à rayons X / imagerie gamma
- Tomographie à rayons X / IRM

Traitement et analyse d'images :

types de traitements

Mesures et acquisition

- Échantillonnage, quantification

Traitements « élémentaires »

- Manipulation et présentation d'images
- Amélioration et filtrage, dans les domaines spatial et fréquentiel

Traitements complexes, formation d'images

- Restauration d'images, reconstruction tomographique

Analyse d'images

- Traitements multi-résolutions
- Codage d'images, compression
- Segmentation d'images
- Reconnaissance de formes et classification

1. Introduction

- Éléments historiques
- Exemples d'applications et de modalités
- Traitement et analyse d'images

2. Perception

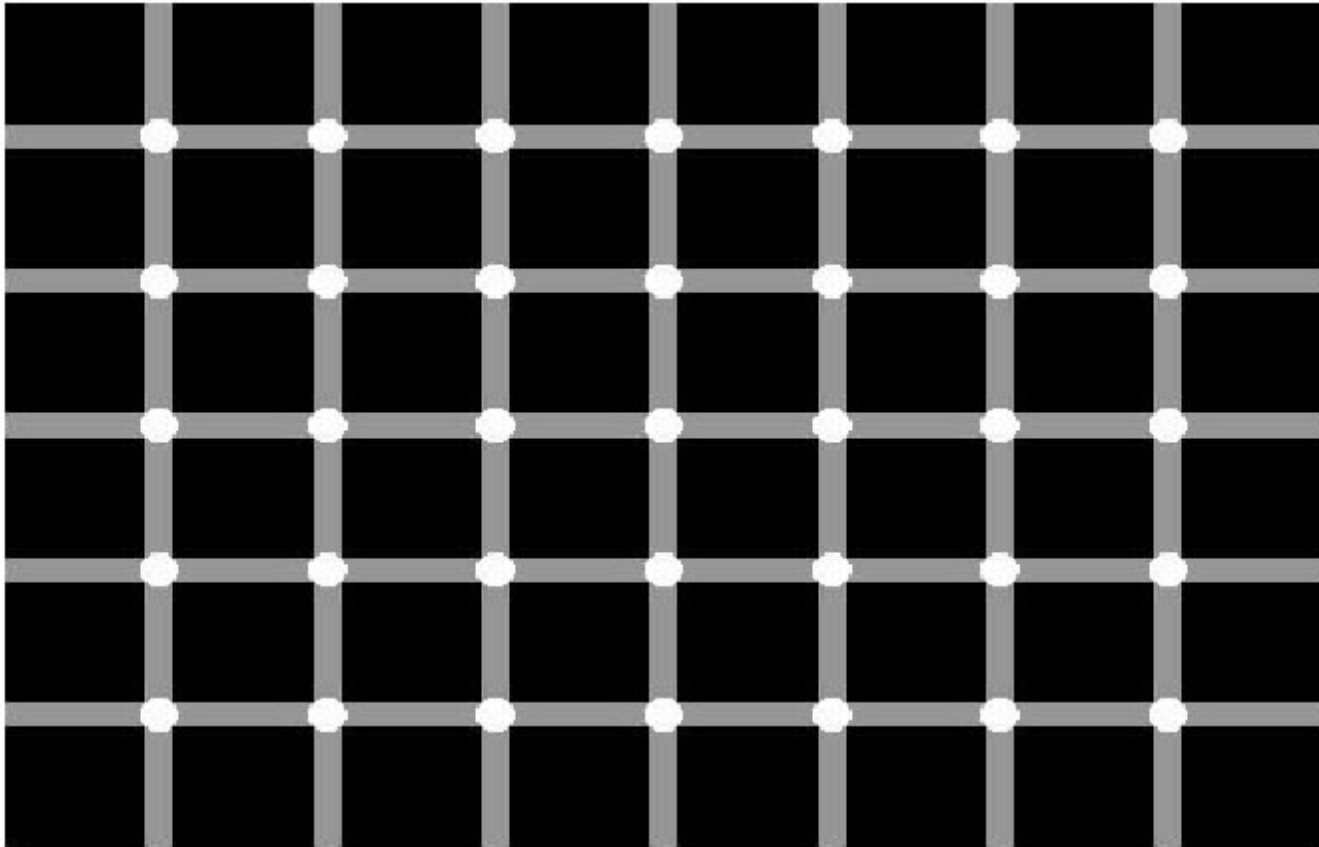
- Position du problème
- Œil et vision
- Perception

3. Formation des images numériques

- Modèle simple de formation d'images
- Échantillonnage et quantification

Importance des phénomènes de perception

Phénomènes liés au fonctionnement de l'oeil

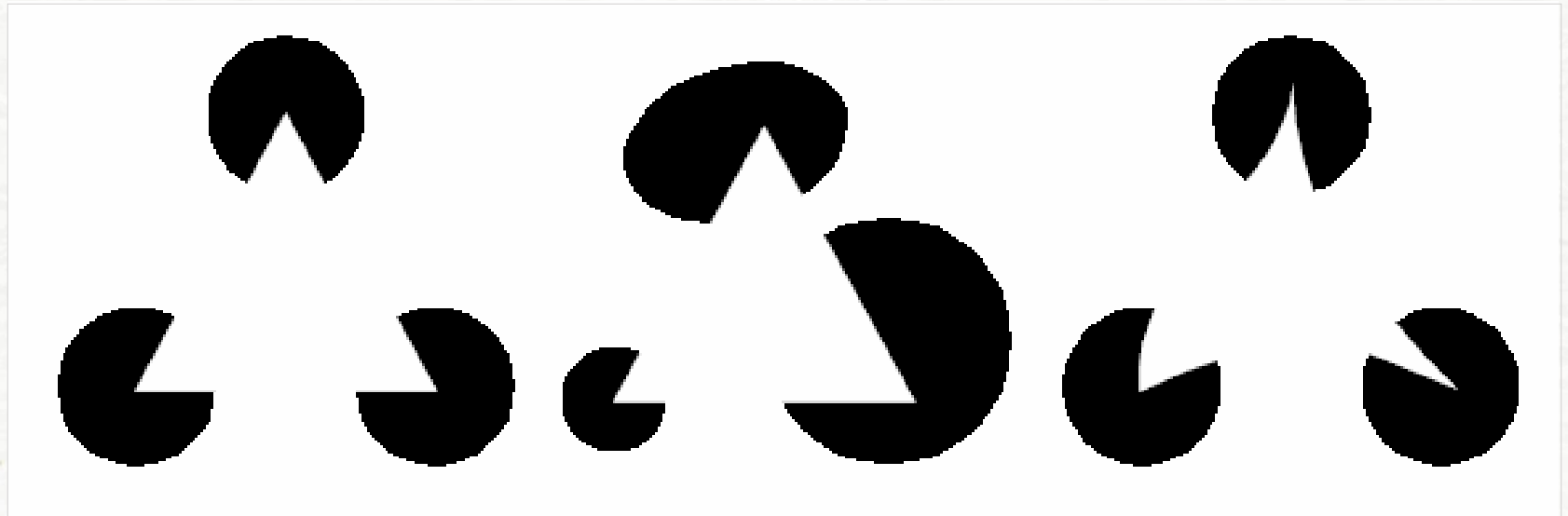


Contraste simultané

Remerciements : P. Cohen

Importance des phénomènes de perception

Phénomènes liés au fonctionnement du cerveau



Contours virtuels

Remerciements : P. Cohen

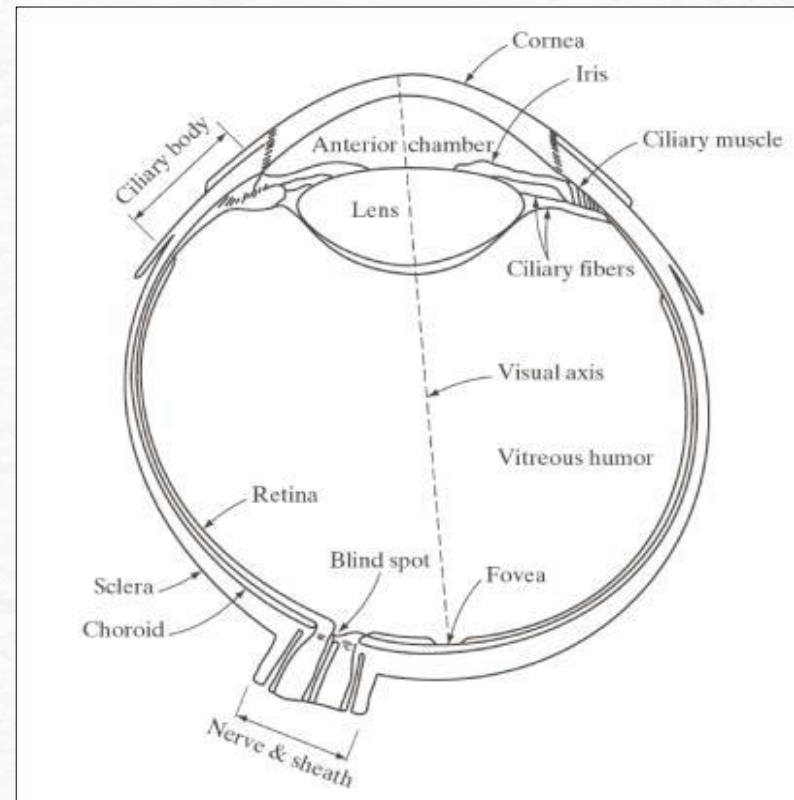
Nécessité de notions sur la vision humaine de la perception

Systeme visuel humain

Principales composantes

- Œil
- Rétine
- Nerf optique
- Cortex visuel

L'œil

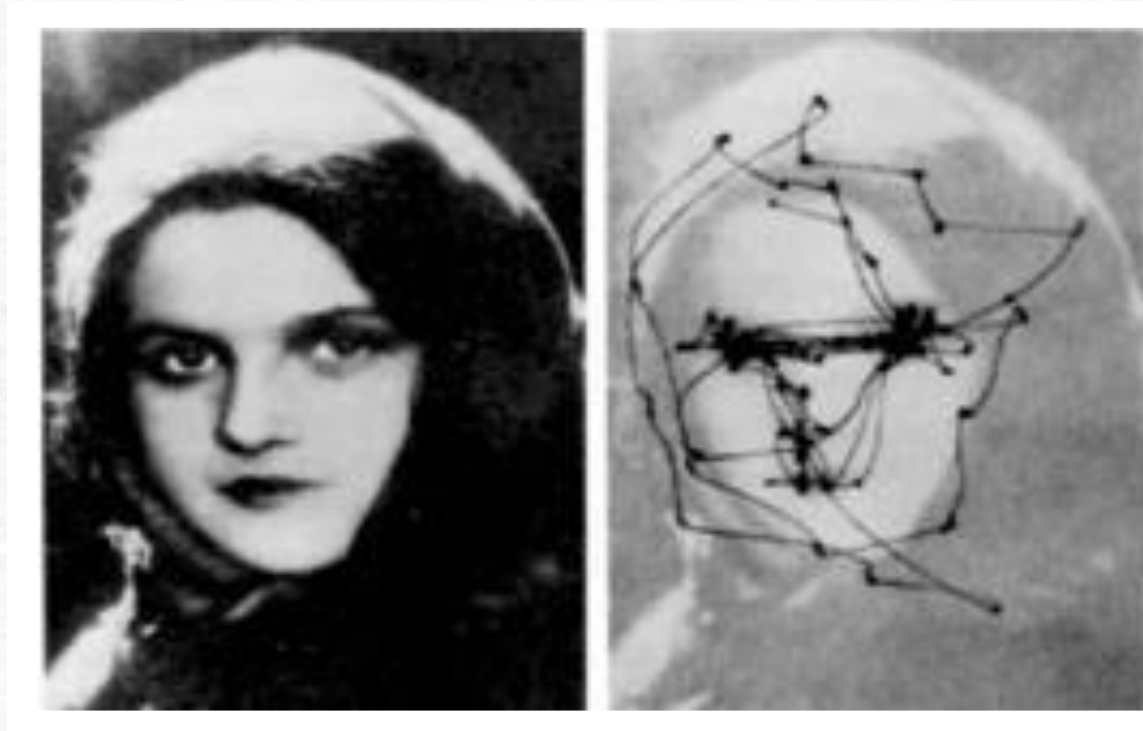


© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Mouvements de l'œil

Types de mouvements

- Mouvements lents
- Micro-saccades (≈ 150 Hz)
- Amélioration de l'acuité visuelle

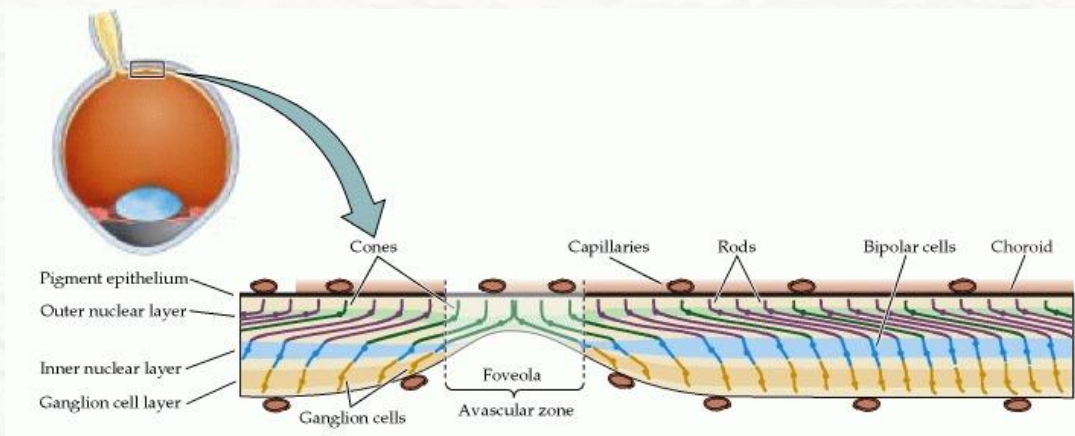


Remerciements : P. Cohen

La rétine

Composition

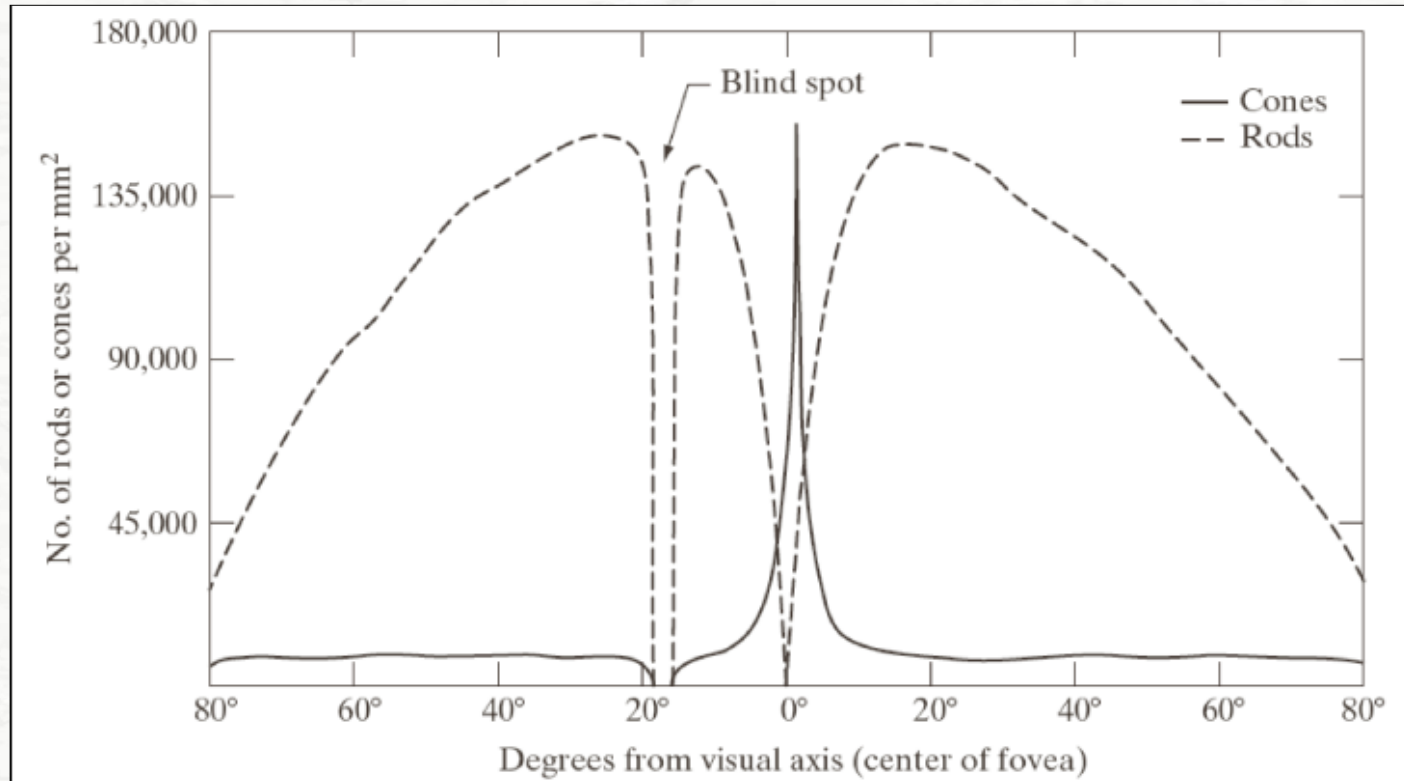
- Constituée d'environ 130 millions de cellules photoréceptrices
- 2 types de cellules
 - Cônes (6 à 7 millions, couleur)
 - Bâtonnets (monochrome)
- Répartition non uniforme



© 2001 Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, et al., editors
Neuroscience, 2nd ed.

Cônes et bâtonnets

Distribution sur la rétine

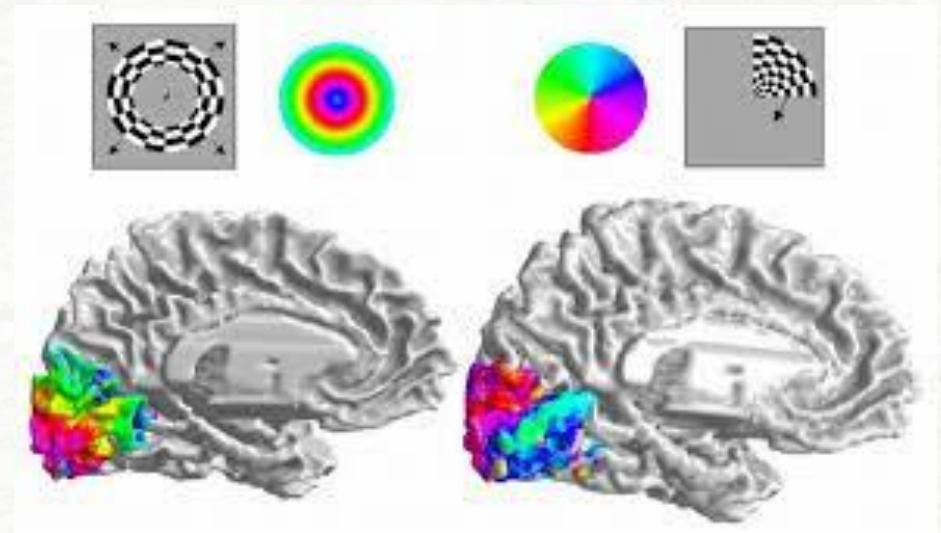
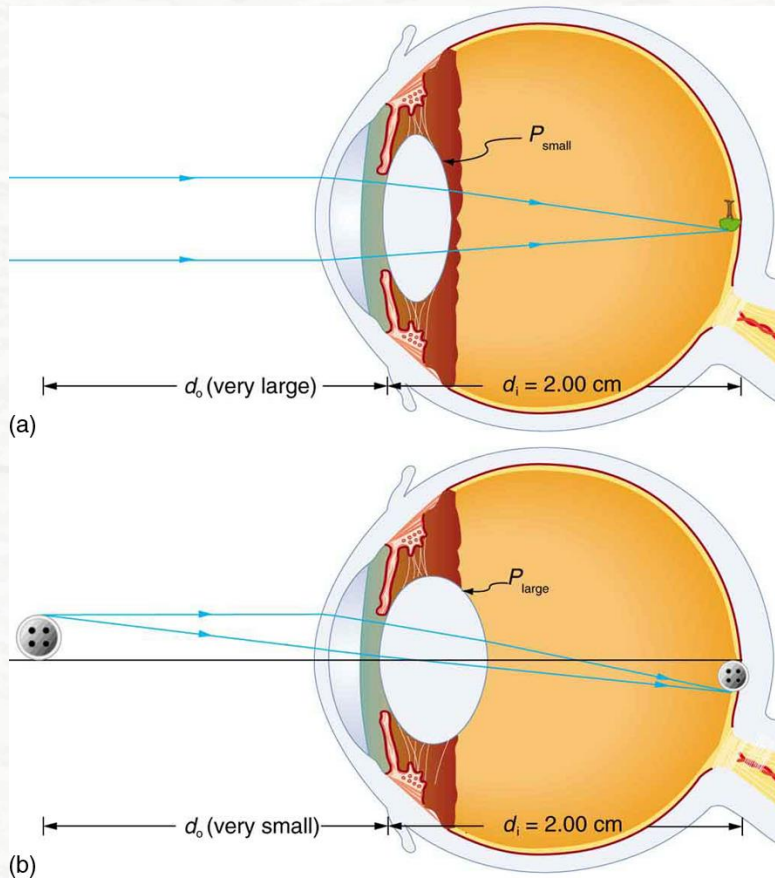


© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

- Explique l'importance des micro-saccades pour une perception visuelle complète

Formation de l'image sur l'œil

Principe géométrique simple



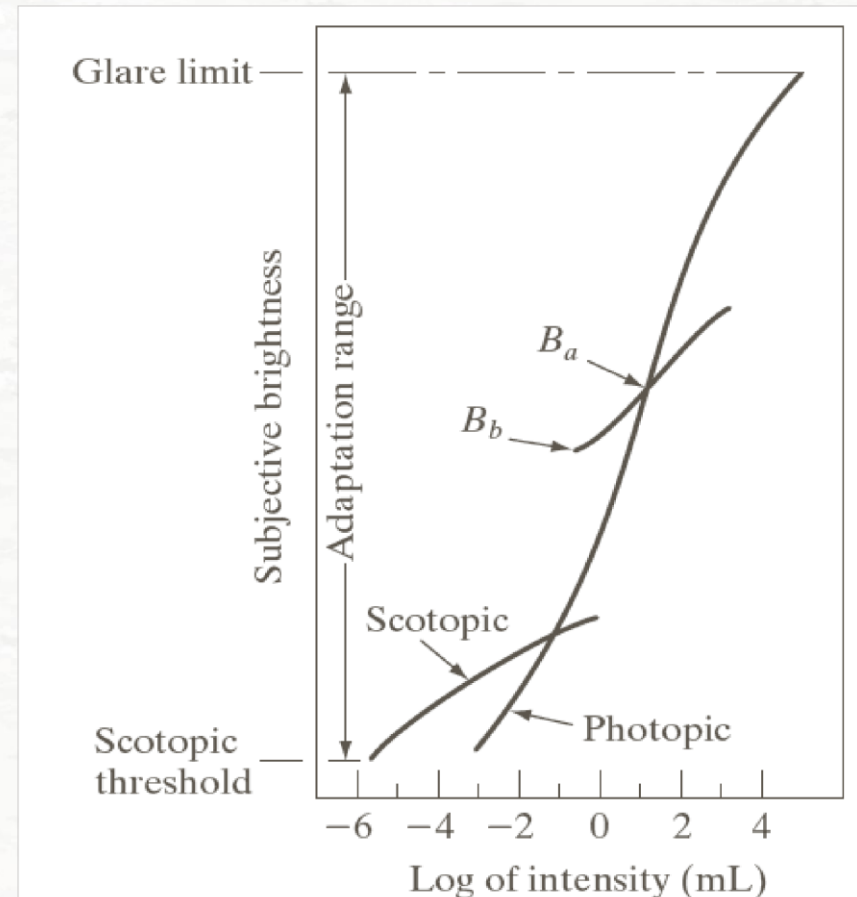
<https://courses.lumenlearning.com/physics/chapter/26-1-physics-of-the-eye/>

Perception de l'intensité lumineuse

Adaptation à l'intensité lumineuse

- Vision scotopique: bâtonnets
- Vision photopique: cônes
- Plage d'adaptation:
 - 10^6 mL (photopique)
 - 10^{10} mL (totale)

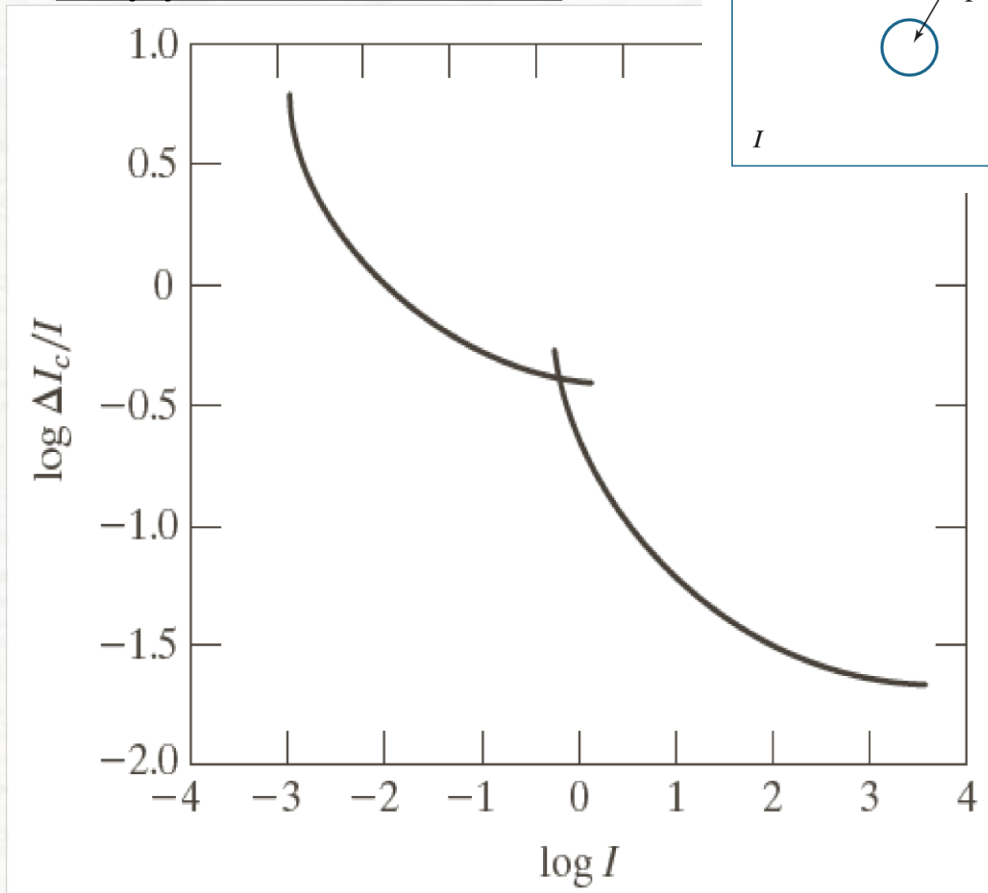
Plage de luminosité subjective



© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Discrimination entre niveaux d'intensité lumineuse

Rapport de Weber



- Discontinuité de la courbe : bâtonnets \rightarrow cônes
- À intensité du fond donnée : discrimination de 12 à 25 niveaux d'intensité différents
- 12 niveaux ne suffisent pas!

slido

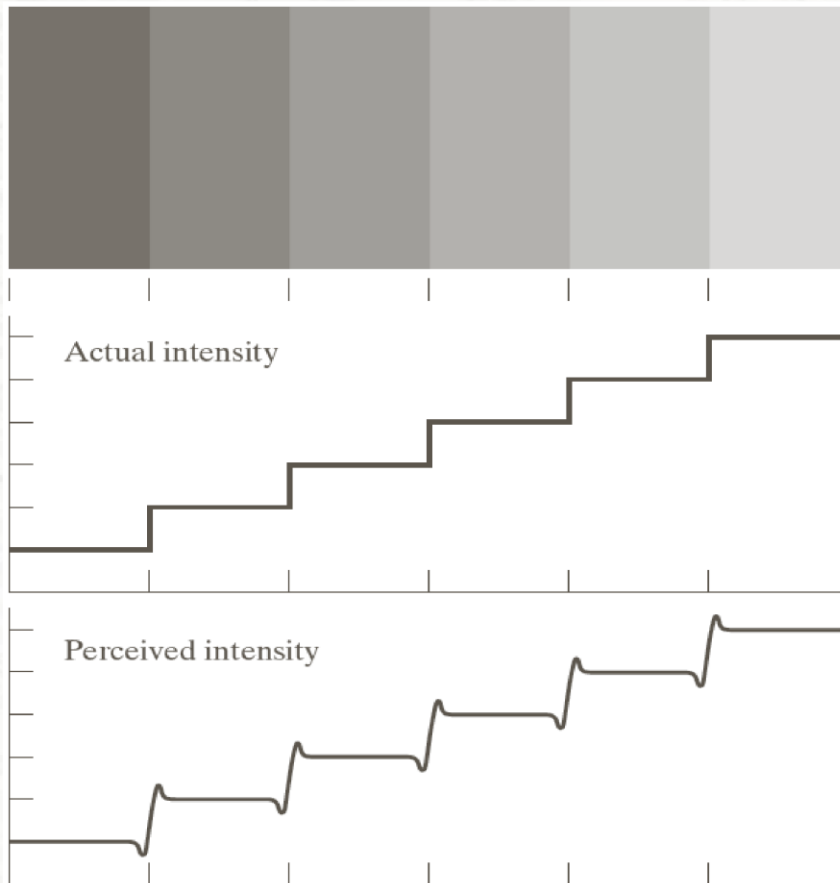


Pourquoi 12-25 niveaux de gris est généralement insuffisant pour représenter une image?

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

Perception de l'intensité lumineuse

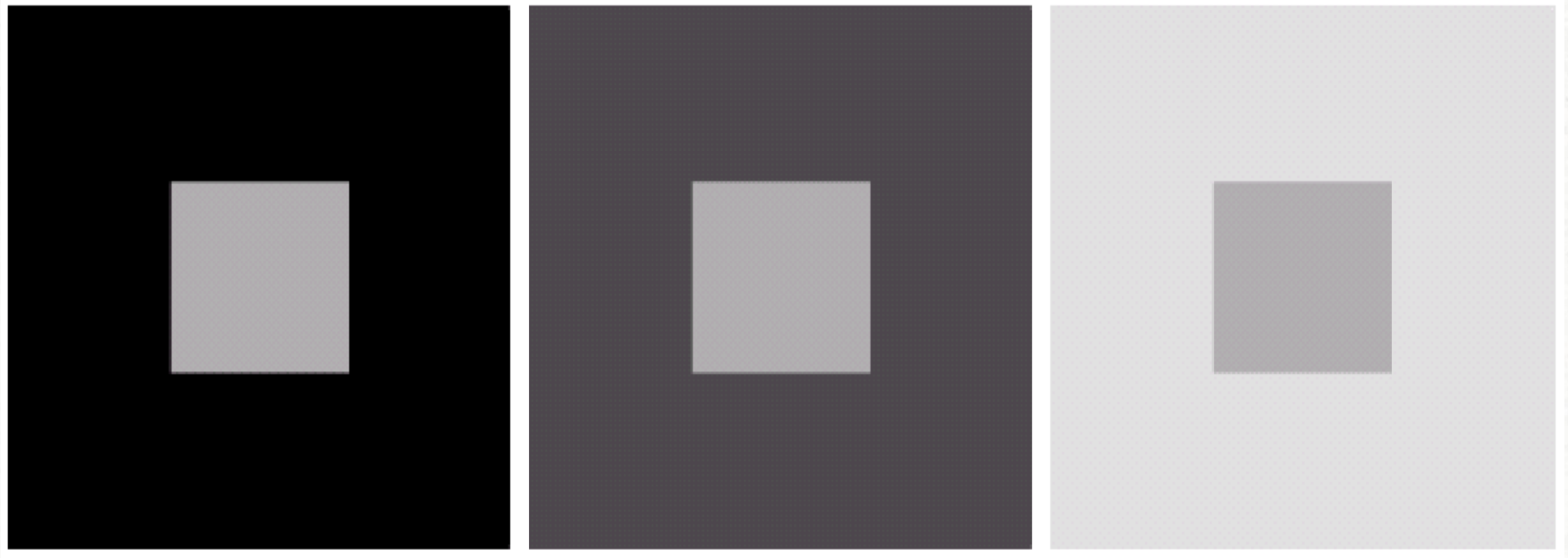
Bandes de Mach



- Phénomène important en rehaussement d'images

Contraste simultané

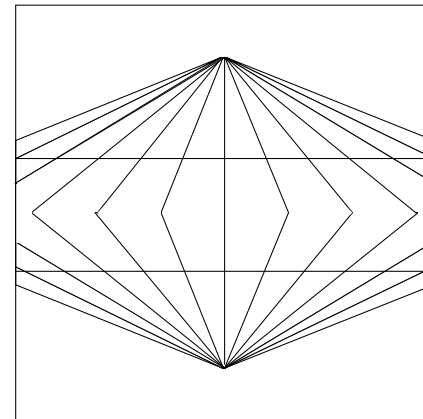
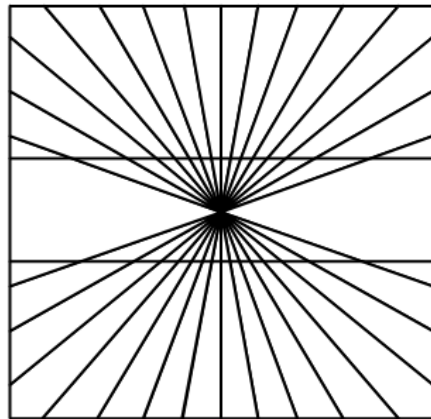
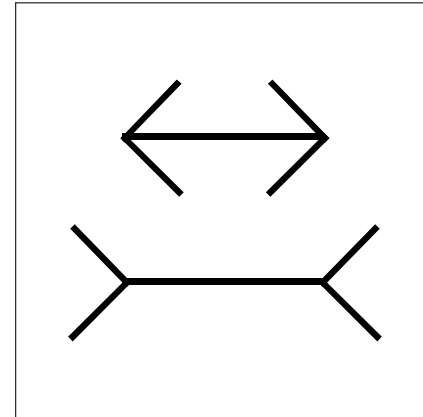
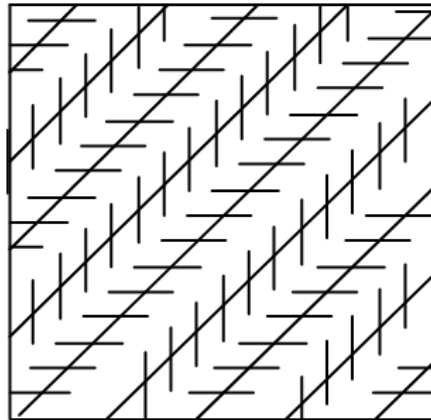
Perception de la luminosité du centre



© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Illusions

Géométrie



Remerciements : P. Cohen

Vision et perception

Importance de ces phénomènes

- Interprétation adéquate des images
- Conception des méthodes de rehaussement et d'amélioration d'images

Les illusions dans la vision par ordinateur (“Computer Vision”)

Complementary surrounds explain diverse contextual phenomena across visual modalities.

© Request Permissions

Mély, D. A., Linsley, D., & Serre, T. (2018). Complementary surrounds explain diverse contextual phenomena across visual modalities. *Psychological Review*, 125(5), 769–784.
<https://doi.org/10.1037/rev0000109>



<https://www.engadget.com/2018-10-05-fooling-ai-with-optical-illusions.html>

slido



Tu as une image qui est sombre et tu dois décider combien de niveau de gris tu vas utiliser pour la représenter. Va tu choisir un nombre plutôt élevé ou plutôt bas? Quelle phénomène visuelle va guider ta décision?

① Start presenting to display the poll results on this slide.

1. Introduction

- Éléments historiques
- Exemples d'applications et de modalités
- Traitement et analyse d'images

2. Perception

- Position du problème
- Œil et vision
- Perception

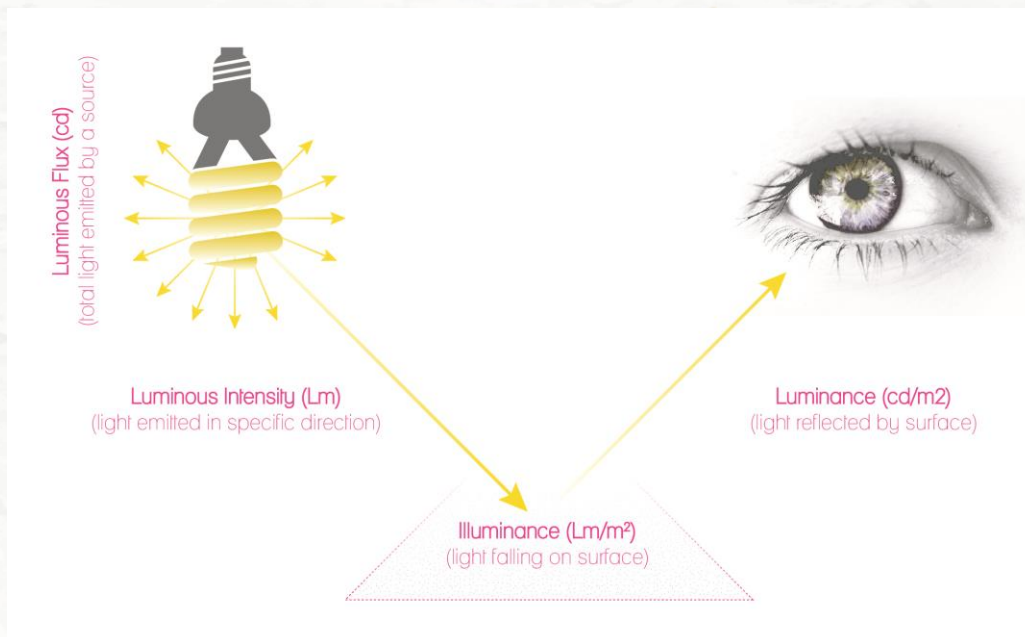
3. Formation des images numériques

- Modèle simple de formation d'images
- Échantillonnage et quantification

Formation d'images

Éléments de vocabulaire

- Radiance : puissance émise par une source (Watts, lumens)
- Luminance : puissance *émise* par unité de surface (Lamberts)
- Éclairement lumineux : puissance *reçue* par unité de surface (lux)
- Luminosité : mesure subjective de la puissance reçue



Formation d'images

Éléments de vocabulaire

- Radiance : puissance émise par une source (Watts, lumens)
- Luminance : puissance *émise* par unité de surface (Lamberts)
- Éclairement lumineux : puissance *reçue* par unité de surface (lux)
- Luminosité : mesure subjective de la puissance reçue

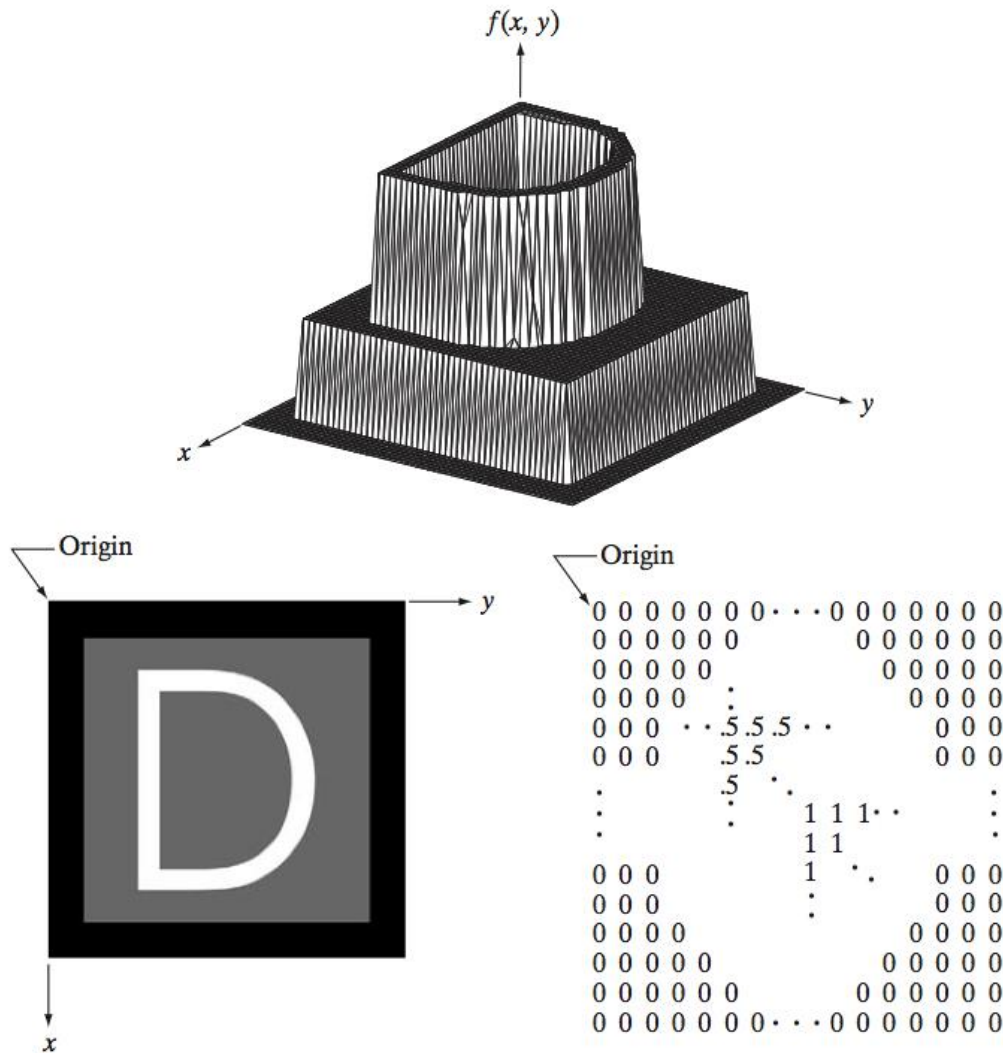
Image

- Quantité scalaire bi-dimensionnelle $f(x, y)$; x, y : variables d'espace
- $f(x, y)$ positive et bornée : $\forall(x, y), L_{\min} \leq f(x, y) \leq L_{\max}$

Modèle simple de formation d'images (photographie, microscopie)

- $f(x, y) = i(x, y) r(x, y)$
- $i(x, y)$: illumination (bornée)
- $r(x, y)$: réflectance; $0 \leq r(x, y) \leq 1$

Représentation d'images



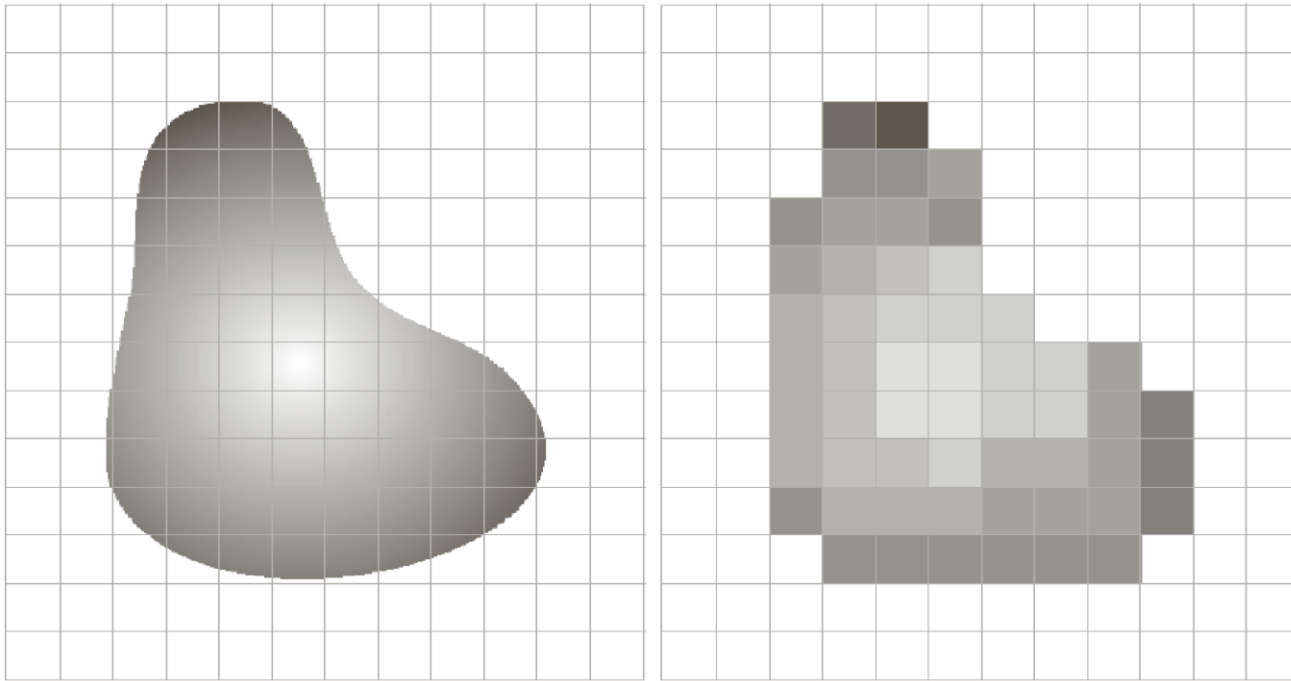
a
b c

FIGURE 2.18

(a) Image plotted as a surface.
 (b) Image displayed as a visual intensity array.
 (c) Image shown as a 2-D numerical array (0, .5, and 1 represent black, gray, and white, respectively).

Échantillonnage

Numérisation



© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

- Plage de variation de x : $[0 ; M - 1]$ (valeurs entières)
- Plage de variation de y : $[0 ; N - 1]$ (valeurs entières)
- x : indice de lignes ; y : indice de colonnes

Quantification

Principe

- Choix d'un nombre entier de valeurs discrètes couvrant l'intervalle $[L_{\min} ; L_{\max}]$

En pratique

- On choisit un intervalle $[0 ; L]$
- On choisit $L = 2^k - 1$ ce qui permet de coder les intensités sur k bits
- Si $L_{\max} > L$: saturation

slido



Combien de bits est le standard pour la représentation des images?

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

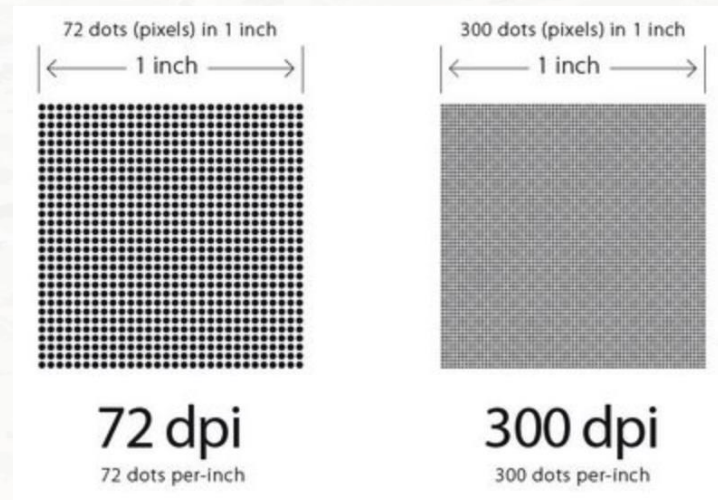
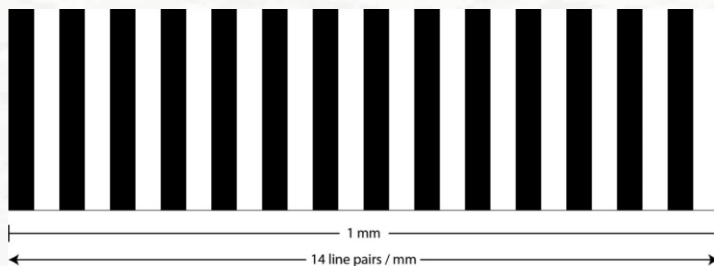
Résolution spatiale

Notions de résolution spatiale

- Résolution spatiale (R_{spatiale})
 - Distance minimale entre deux objets qui peuvent être discernés
 - Indique le niveau de détail qui peut être observé
- Pouvoir de résolution spatiale ou « pouvoir séparateur » (PR_{spatiale})
 - Quantité de « quelque chose » par unité de mesure
 - Ex: « dots-per-inch (DPI) », paires de lignes par mm (LP/mm), « pixels-per-inch » (PPI)

$$PR_{\text{spatiale}} = \frac{1}{R_{\text{spatiale}}} \text{ [LP/mm]}$$

Système visuelle à 25 cm distance



Résolution spatiale

PR_{spatiale} insuffisante : sous-échantillonnage

930 dpi



300 dpi



150 dpi



72 dpi

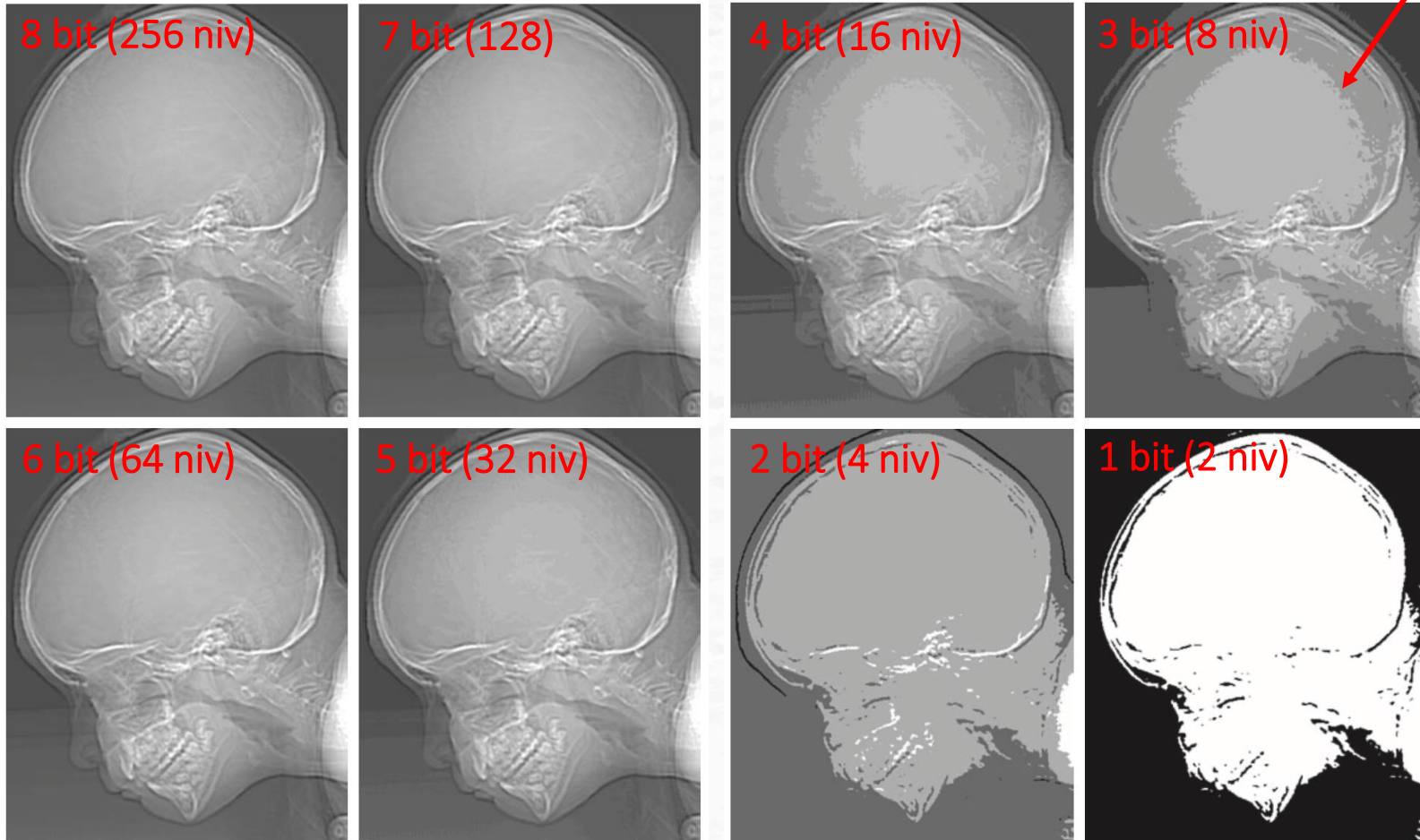


© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Résolution en intensité

Résolution insuffisante : perte de qualité et artefacts

« false
contouring »



© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Résolution en intensité

Quantification et qualité : dépend de l'image



courbes de « iso-préférence »
(qualité subjective comparable)

© 1992-2008 R. C. Gonzalez & R. E. Woods

Nombre de bits

Taille de l'image
(nombre de pixels dans une dimension)