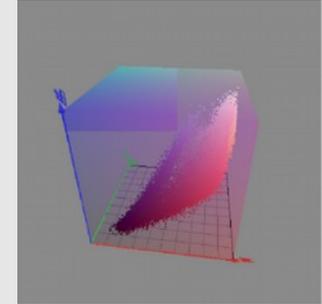


UE7 – Vision Industrielle

capteurs, échantillonnage, numérisation



Plan du cours

1 – Échantillonnage temporel

cadence, temps d'intégration

compromis sensibilité – flou de bougé

2 – Échantillonnage spatial

grille et pas d'échantillonnage

résolution, pouvoir de résolution, taille de l'image

3 – Échantillonnage spectral

images monochromes

images hyperspectrales et couleur

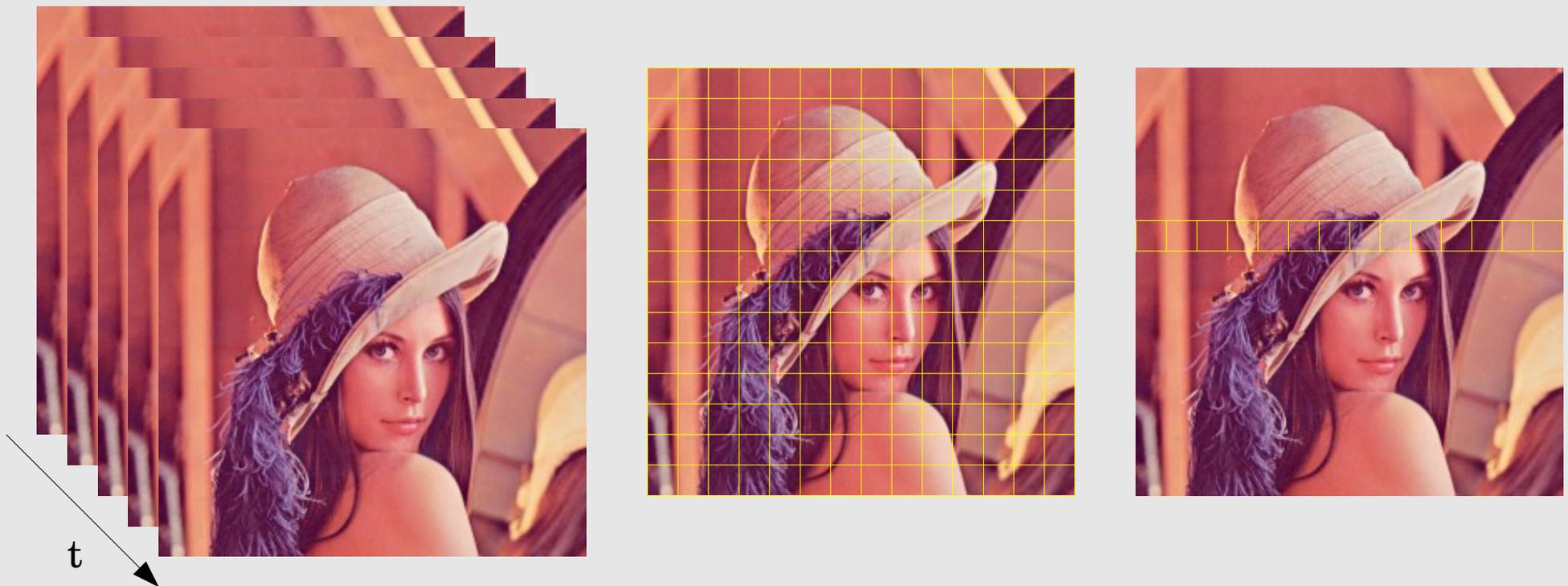
4 – Quantification

passage d'une valeur continue à une valeur numérique

effet visuel de la quantification

Du monde réel à l'image numérique

Transformation de l'espace 3D en un tableau de valeurs
formation de l'image (projection) à travers un système optique
échantillonnage temporel, spatial et spectral par le capteur
numérisation par le capteur et / ou le système de traitement



Échantillonnage temporel

Cadence d'acquisition des images

on ne peut pas mesurer l'information lumineuse de façon **continue** dans le temps, donc on prend des **échantillons**.
de ce fait, on mesure **périodiquement** l'information lumineuse.
la **cadence** d'acquisition est l'**inverse** de la **période** d'acquisition.

Exemple

cadence vidéo en France : 25 images.s^{-1} , période de 40ms.

image 1



image 2



image 3

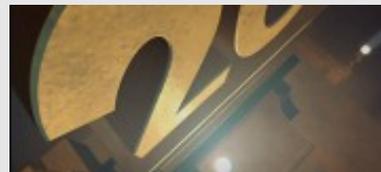
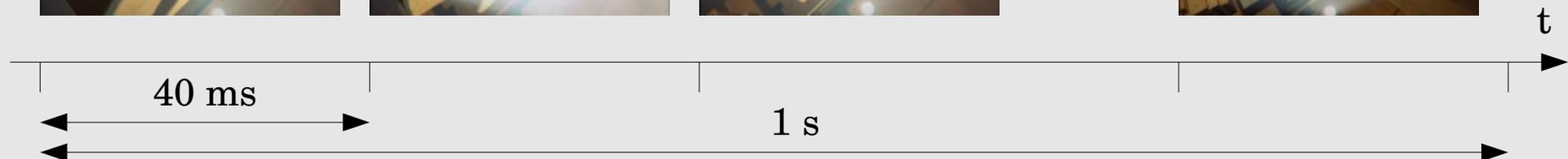


image 25



Intégration de l'information lumineuse

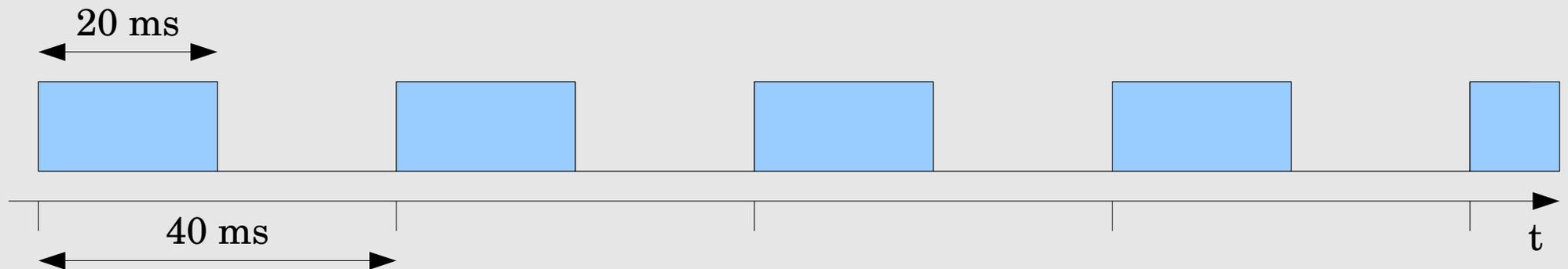
Durée d'intégration

un capteur élémentaire devrait théoriquement mesurer **instantanément** le **flux énergétique** qu'il reçoit, c'est à dire l'énergie par unité de temps ($W = J.s^{-1}$).

en pratique, un capteur mesure l'**énergie totale** (en J) qu'il reçoit pendant un **intervalle de temps** (en s) de durée non nulle, appelé temps d'intégration.

Exemple

cadence d'acquisition = 25 im.s^{-1} , durée d'intégration = 20 ms

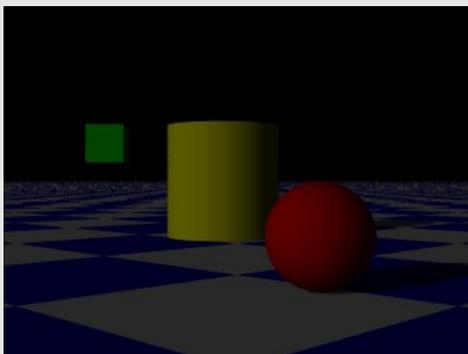


Compromis sensibilité / flou de bougé

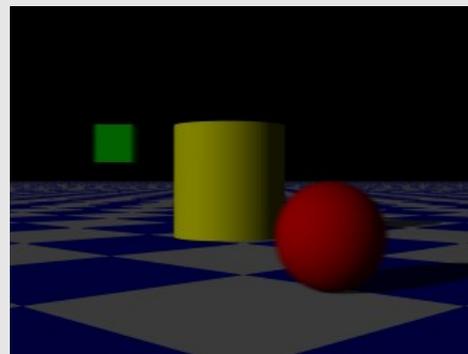
Pourquoi ?

en **augmentant** le temps d'intégration, on améliore la **sensibilité**.
si un objet **bouge**, son image bouge également sur le capteur.
dans ce cas, le capteur accumule des mesures **non constantes**, ce
qui entraîne un phénomène appelé **flou de bougé**.
un **point mobile** apparaît comme une **ligne** dans l'image.

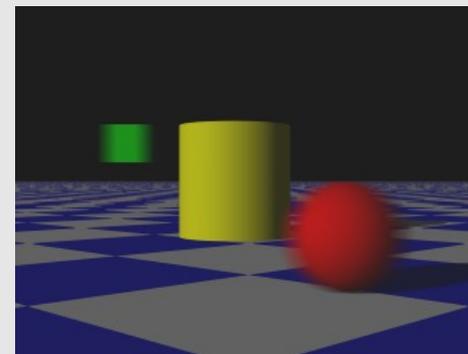
Exemple



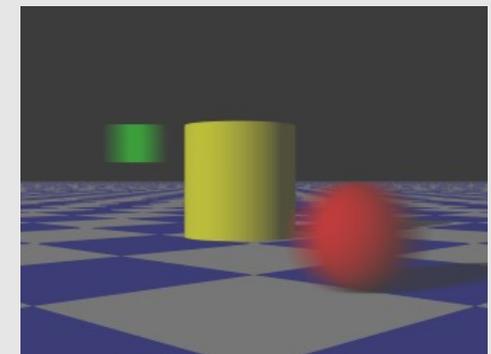
t = 1 ms



t = 10 ms



t = 20 ms



t = 30 ms

Image continue : fonction de deux variables

Fonction image

fonction $I : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^n, (\mathbf{x}, y) \rightarrow I(\mathbf{x}, y)$

n est le nombre de **composantes** de l'image ($n \geq 1$)

dans ce cas, l'espace \mathbb{R}^2 est appelé **plan image**.

Support de l'image

sous ensemble de \mathbb{R}^2 de définition de $I(\mathbf{x}, y)$, de surface **finie**, en général un **rectangle**, de côtés T_x et T_y .

Exemple à 1 composante:

$I(\mathbf{x}, y) = e^{-(x^2+y^2)} \cdot \cos(x) \cdot \sin(y)$,

pour $x \in [-\pi, \pi]$ et $y \in [-\pi, \pi]$

(support carré)

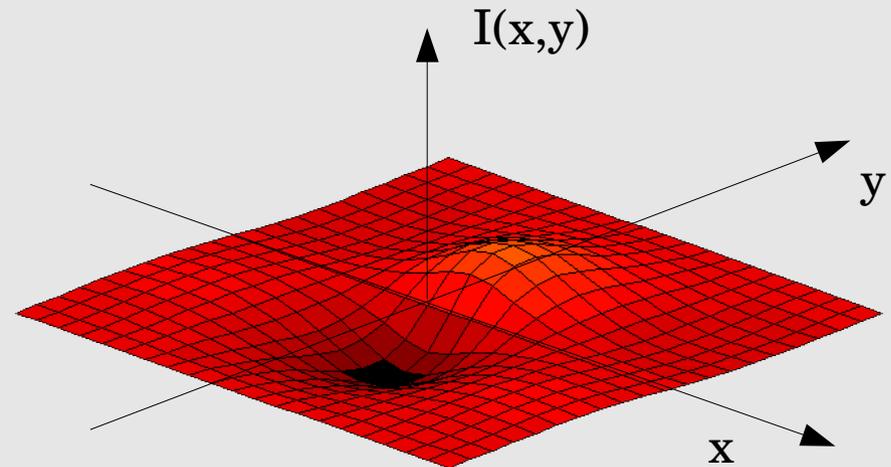


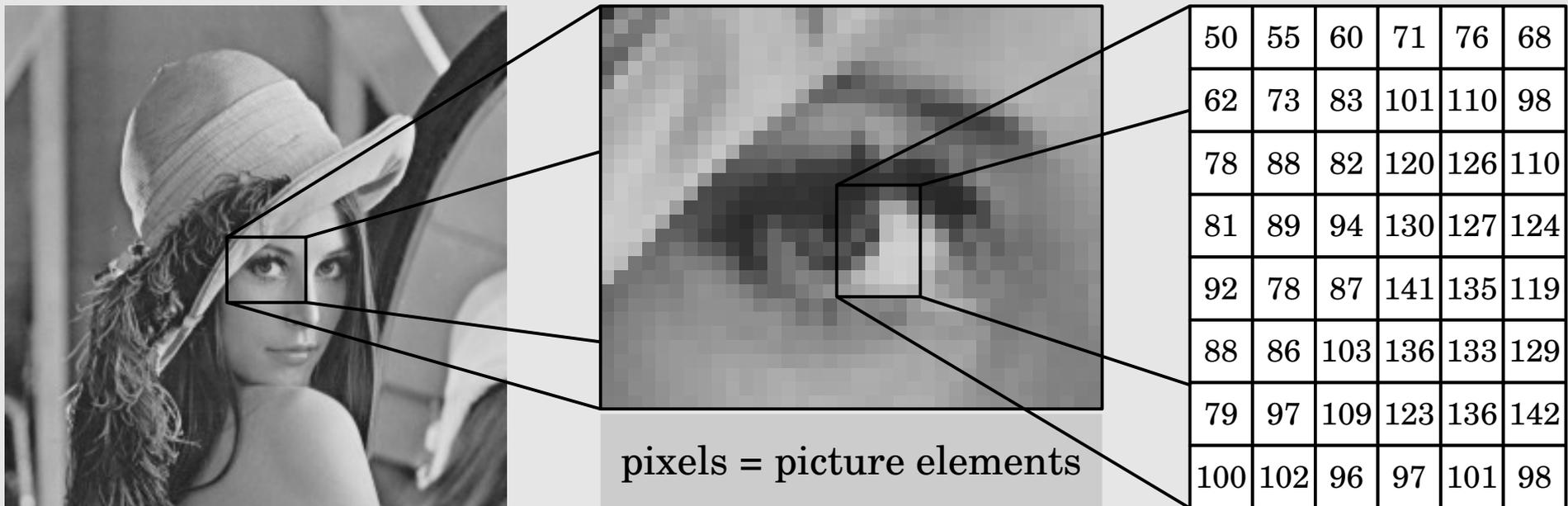
Image numérique : tableau bidimensionnel de valeurs

Échantillonnage de la fonction image

échantillonnage en x et en y de la fonction, ne conserve que les valeurs pour les points $(x,y) = (c.\Delta x, l.\Delta y)$ avec c, l entiers

tableau de valeurs $I : \mathbb{Z}^2 \rightarrow \mathbb{R}^n, (c,l) \rightarrow I(c.\Delta x, l.\Delta y)$

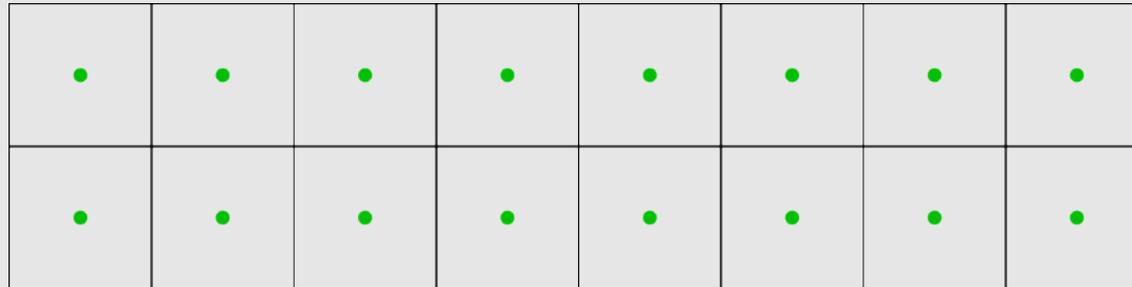
Exemple à 1 composante :



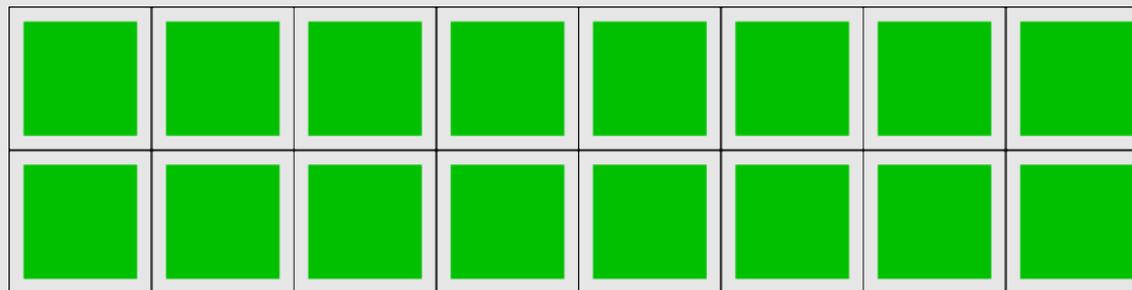
Échantillonnage spatial et résolution (1/3)

Type d'échantillonnage spatial

parfait : la valeur d'un pixel est une mesure du **flux énergétique** reçu par un **point** sensible (de surface nulle) du capteur.



réel : la valeur d'un pixel est une mesure du flux énergétique reçu par une **surface** sensible élémentaire. C'est le **produit** de l'**éclairement énergétique** par la **surface** de l'élément sensible.



Échantillonnage spatial et résolution (2/3)

Résolution d'une image

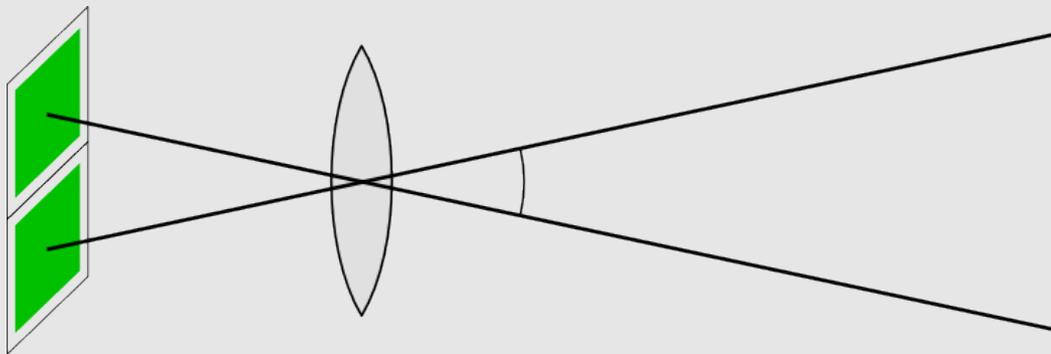
nombre de pixels par **unité de longueur**. La résolution s'exprime en pixels.m^{-1} (des fois en pixels.in^{-1}).

la résolution est l'**inverse** du pas de la grille d'échantillonnage.

la résolution est le **rapport** du nombre de pixels divisé par la **dimension** du capteur.

Pouvoir de résolution

mesure, par un **angle**, la capacité d'un système d'acquisition d'image (optique + capteur) à **distinguer** des détails fins.



oeil = 1/60 de degré

télescope = 1/30000 de degré

Échantillonnage spatial et résolution (3/3)



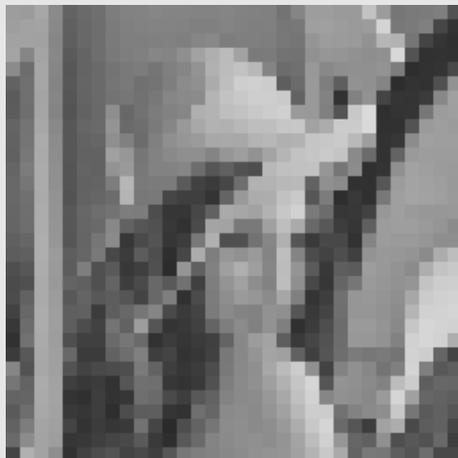
256 x 256



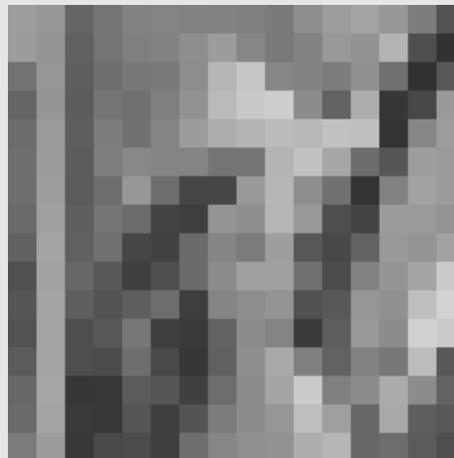
128 x 128



64 x 64



32 x 32



16 x 16



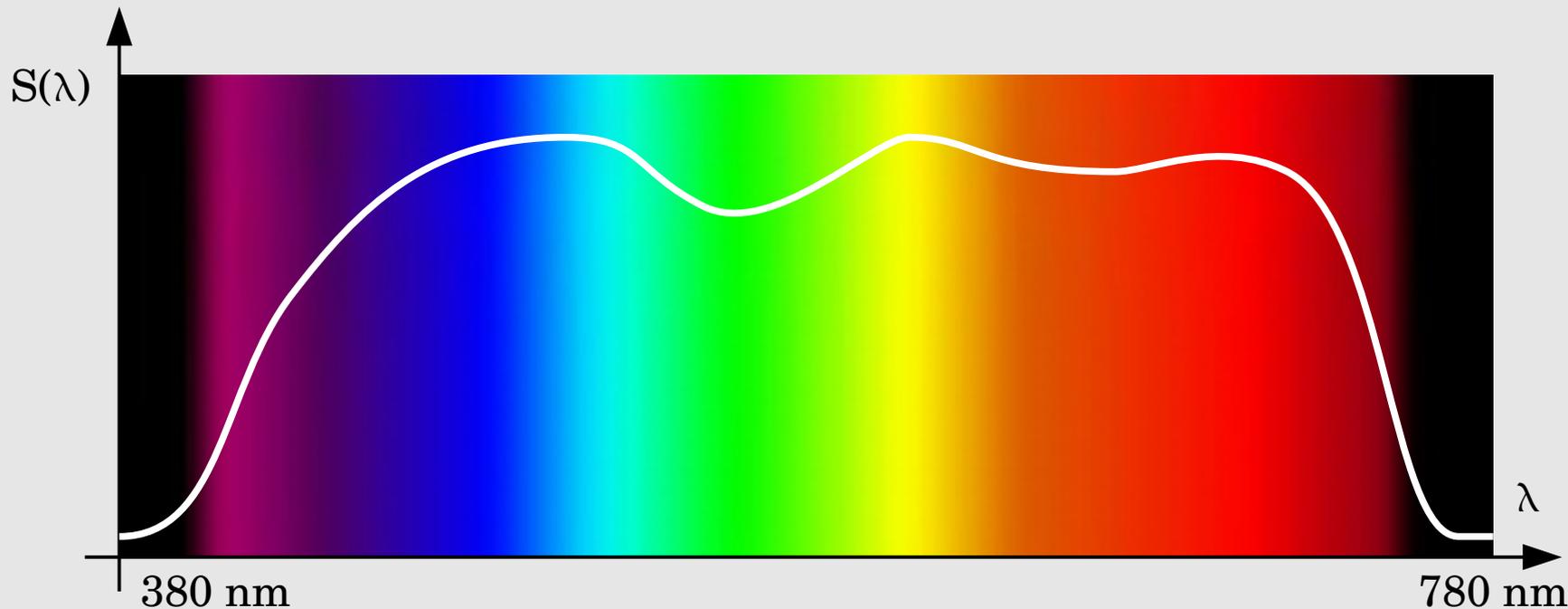
8 x 8

Échantillonnage spectral : image monochrome

Image monochrome : 1 échantillon

pour chaque pixel on mesure le **flux énergétique total**, c'est à dire pour **toutes** les longueurs d'onde du spectre.

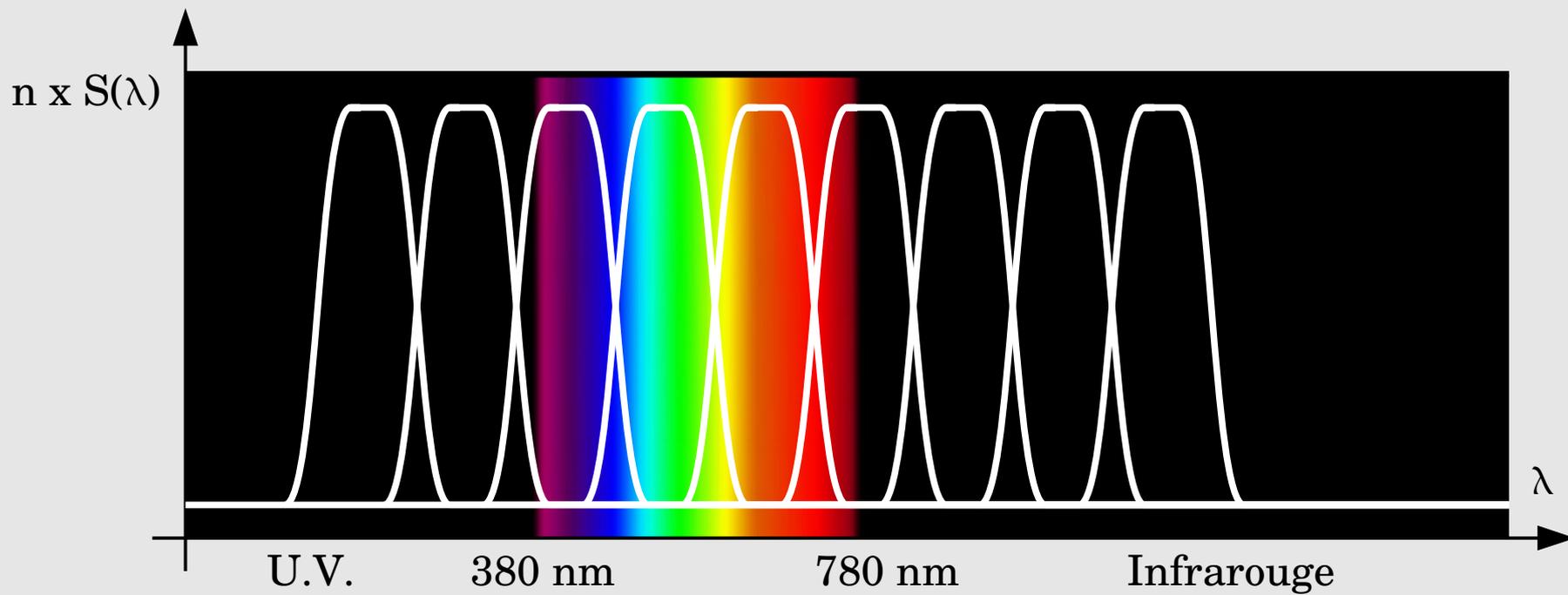
en pratique, un capteur monochromatique est caractérisé par une courbe de **sensibilité spectrale**.



Échantillonnage spectral : image hyperspectrale (1/2)

Échantillonnage du spectre en n bandes

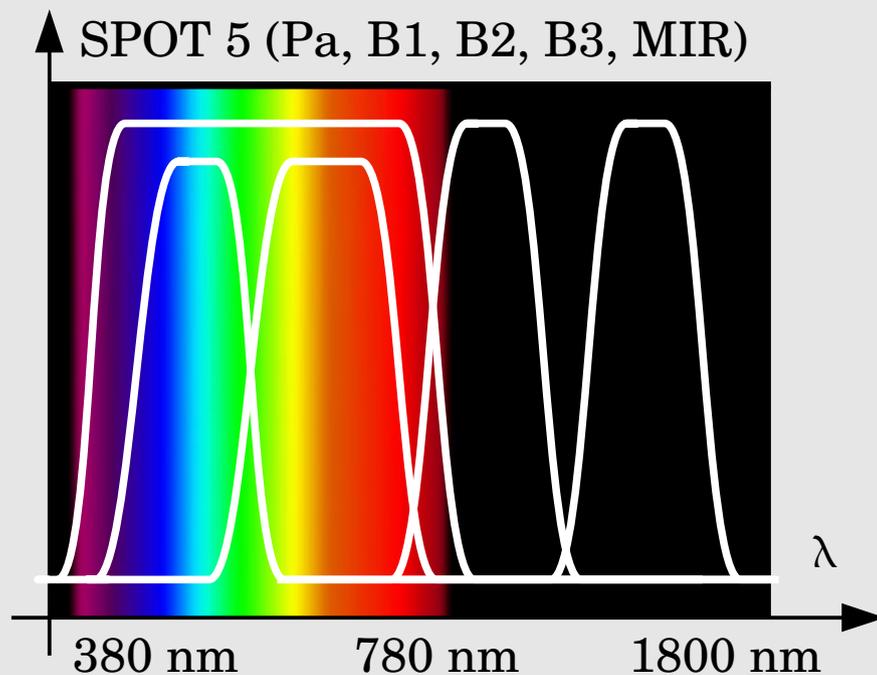
pour acquérir une **composante**, on utilise un capteur qui a une sensibilité spectrale correspondant à une **bande du spectre**.
une composante est mesurée par l'intégrale du **flux énergétique monochromatique**, pondérée par la sensibilité spectrale.



Échantillonnage spectral : image hyperspectrale (2/2)

Image multi-spectrale

les bandes sont en **nombre limité** et sont choisies parce que leurs longueurs d'ondes ont des propriétés particulières.
exemple : **imagerie satellitaire**, la surface de la terre est observée dans le visible et **l'infrarouge** (végétation)

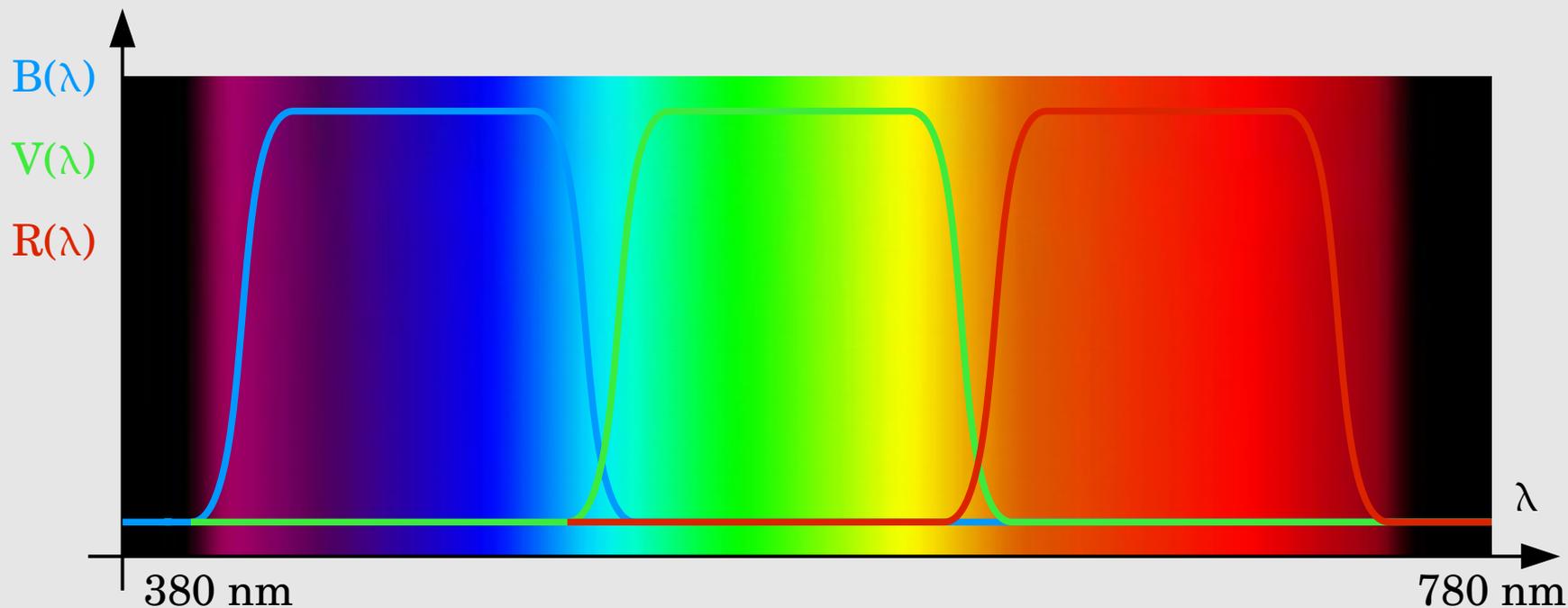


Échantillonnage spectral : image couleur

Image couleur, 3 composantes : Rouge, Verte, Bleue

on échantillonne le **spectre visible** dans trois bandes.

les trois bandes (rouge, verte, bleue) ont été sélectionnées afin de correspondre à la **vision humaine standard**.



Numérisation des composantes : quantification

Valeurs numériques

chaque valeur d'une composante de la fonction image est représentée par un **mot binaire**, codé sur un nombre fini de bits. pour un mot de m bits, la valeur varie entre 0 et 2^m-1 . exemple : sur 8 bits, composantes entre 0 et 255.

Taille des données image

dimensions du support : N_x pixels sur N_y lignes.

nombre de composantes : n , nombre de bits de quantification : m

→ taille en bits = $N_x \cdot N_y \cdot n \cdot m$

Exemples:

image monochrome binaire 256×256 : 65.536 bits = 8 Ko

image spot 2048×2048 , 4 canaux, 12 bits : 201.326.592 bits = 24Mo

Effet de la quantification sur le rendu visuel



256 niveaux



64 niveaux



16 niveaux



8 niveaux



4 niveaux



2 niveaux