

Représentation et codage de l'information

## **6- Codage d'images et de sons**

L1 Informatique, Université d'Orléans

Florent Foucaud, 2019

# Représenter des images



# Préhistoire : ASCII ART

## The New York Times

L+++ 49

### Art and Science Proclaim Alliance in Avant-Garde Loft

By HENRY R. LIEBERMAN

In a sound-drenched Lower Manhattan loft building that was enlivened by revolving painted disks, film projections, floating pillows and miniskirted girls in paper smocks, representatives of industry and labor joined a number of artists and scientists yesterday to proclaim a "working alliance" between art and technology.

This modest and uncertain merger seeks to bridge the gap between the two worlds. It is intended to bring modern technological tools to the artist for creating new art forms and fresh insights and viewpoints to the engineer for creating a "people-oriented" technology.

The event was celebrated at a news conference "happening" in the six-story loft building at 381 Lafayette Street used for studio purposes by Robert Rauschenberg, the avant-garde artist.

#### Kheel's "Biggest Mediation"

Mr. Rauschenberg, along with Dr. Billy Klaver, an electronics engineer who is specializing in laser research at the Bell Laboratories, and Theodore W. Kheel, the lawyer-labor mediator, are prime movers in the art-technology merger.

with a device operating like a television camera.

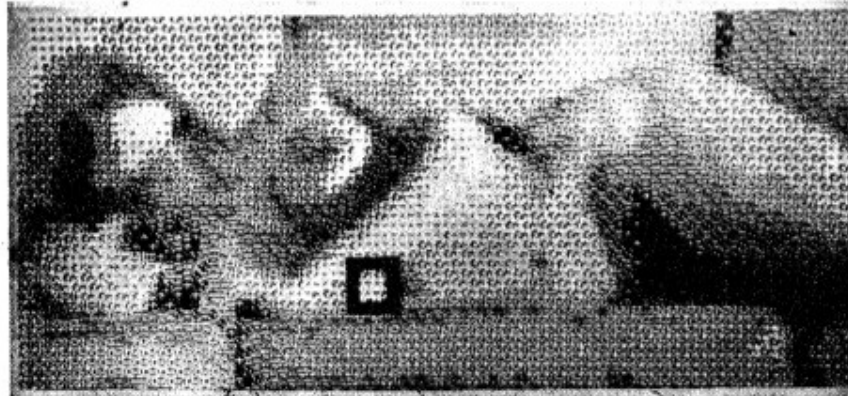
The information on the transparency was then stored on magnetic tape in the form of pulses standing for digits, with the brightness level of the picture elements represented by numbers ranging from 0 to 7. After processing all the numbers, the computer printed a drawing of micropatterns formed by clusters of symbols used in electronic design.

Visitors at the studios were intrigued by a sculptural representation of a woman taking a shower. As droplets of water dripped from the shower-head in a white stall, moving-picture images of the woman were registered by a projector behind the stall on a sand-blasted Plexiglass panel.

#### Rauschenberg's "Oracle"

Another sculptural construction was a sound-emitting assembly consisting of a tire, truck door, window frame, bathtub and air vent. This is Mr. Rauschenberg's "Oracle."

Five radios are used, with the tuning dial of each being rotated by motor. Thus, each radio picks up snatches of the broadcasts of all the local



Drawing of nude above was generated by a computer under direction of L. D. Harmon and K. C. Knowlton, engineers. Black square encloses the detail shown.

contribution dollar that goes to the arts."

"Along with its obligation to be a profit-maker for its owners, the modern business corporation has an obligation to be a good citizen in the community," he said. "As a basic part of this obligation, the corporation must examine carefully its responsibility to

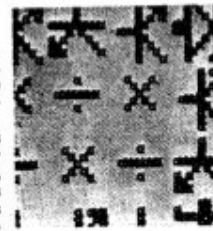
dividuals in seeking to make "valuable contributions."

He noted that union members were also consumers, members of audiences and citizens concerned with the quality of society.

The event served to dramatize a drive to win organizational support for the art-technology merger and to mark the transfer of Experi-

with human problems caused by automation — notably the problem of individual "isolation."

Dr. Brodey, who heads M.I.T.'s science camp for underprivileged youngsters, noted that new technologies had opened large new areas of creativity. While the in-



1963: Kenneth C. Knowlton invente l'ASCII ART

Son logiciel BEFLIX (FORTRAN II) tourne sur un IBM 7090 des Bell Labs

L'ASCII art est utilisé massivement jusque dans les années 1980

# Comment coder une image ?

En machine, une image doit être **discrétisée**.

Solution possible : un tableau 2D de **pixels** (image matricielle)

**Pixel** (=“picture element”): plus petite unité visuelle



```
B B N B B B B B B B
N B B N B B B N B B N
N B N N N N N N N B N
N N N B N N N B N N N
B N N N N N N N N B
B B N B B B B B N B B
B N B B B B B B N B
```

B = blanc  
N = noir

# Compression

Deux types de compression :

- Compression sans pertes  
exemple: remplacer "000000000000000000000000" par "20x0"
- Compression avec pertes  
exemple: réduire la taille de l'image

# Quelques formats de fichiers

- 1982 : **PS** (PostScript) ancêtre de PDF (Portable Document Format) de 1993  
Adobe Systems
- ~1985 : **PNM (PBM/PGM/PPM)** (Portable BitMap/GreyMap/PixMap)  
Jeffrey A. Poskanzer - Netpbm, open source
- ~1986 : **BMP** (BitMap)  
Microsoft
- ~1987 : **GIF** (Graphic Interchange Format)  
Steve Wilhite, CompuServe. *Controverse sur des brevets de 1994 à 2004*
- 1992 : **JPEG** (Joint Photographic Experts Group)  
ISO/IEC/ITU
- 1996 : **PNG** (Portable Network Graphics / “PING Is Not Gif”)  
PNG Development Group
- 1999 : **SVG** (Scalable Vector Graphics)  
World Wide Web Consortium
- 2015 : **HEIF** (High Efficiency Image File Format)  
Moving Picture Experts Group, ISO/IEC

# Les formats PNM (1985-88)

Conçus comme formats matriciels très simples pour envoyer des images par e-mail



Jeffrey A. Poskanzer

**PBM : Portable Bit Map (Noir & Blanc)**

Chaque pixel est codé sur 1 bit

```
P1                # type (P1=noir & blanc)
6 10             # largeur, hauteur
0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0
1 0 0 0 1 0
0 1 1 1 0 0
0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
```

# pixels



```
P1 6 10 000010000010000010000010000010000010100010011100000000000000
```



# Les formats PNM (1985-88)

Conçus comme formats matriciels très simples pour envoyer des images par e-mail



Jeffrey A. Poskanzer

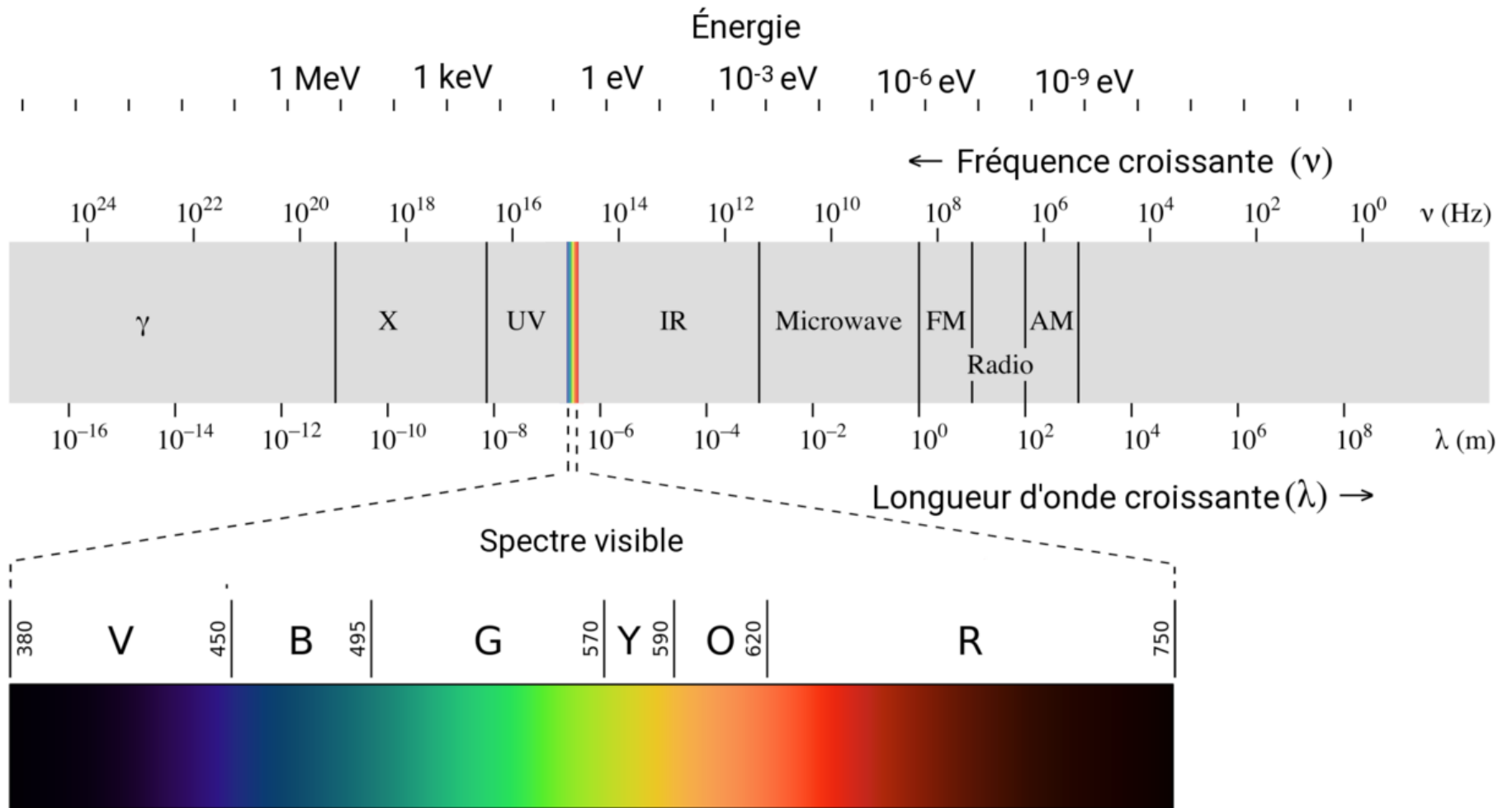
**PGM : Portable Grey Map** (Niveaux de gris)

Chaque pixel est codé sur 8 bits

```
P2
24 7          # largeur, hauteur
15           # code le nombre de niveaux de gris entre noir (=0) et blanc (=valeur)
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 3 3 3 3 0 0 7 7 7 7 0 0 11 11 11 11 0 0 15 15 15 15 0
0 3 0 0 0 0 0 7 0 0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 15 0 0 15 0
0 3 3 3 0 0 0 7 7 7 0 0 0 11 11 11 0 0 0 15 15 15 15 0
0 3 0 0 0 0 0 7 0 0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 15 0 0 0 0
0 3 0 0 0 0 0 7 7 7 7 0 0 11 11 11 11 0 0 15 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

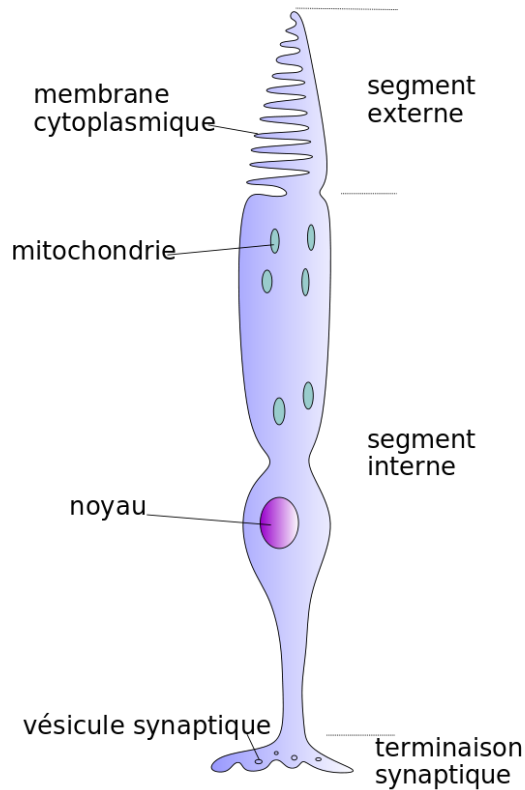


# Comment coder les couleurs ?



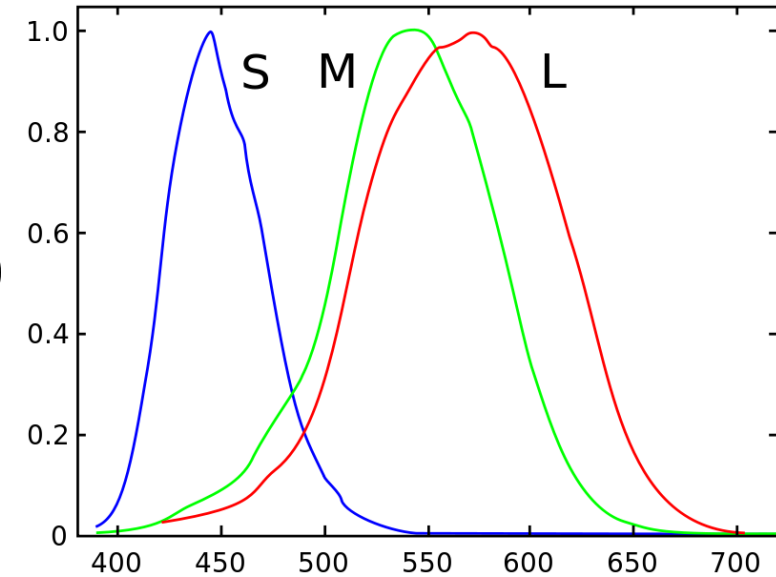
Lumière visible : de  $\sim 380$ nm à  $\sim 780$ nm de longueur d'onde

# Comment coder les couleurs?



Trois types de cônes dans l'oeil humain :

- S : Bleu (437nm)
- M : Vert (533nm)
- L : Rouge (564nm)

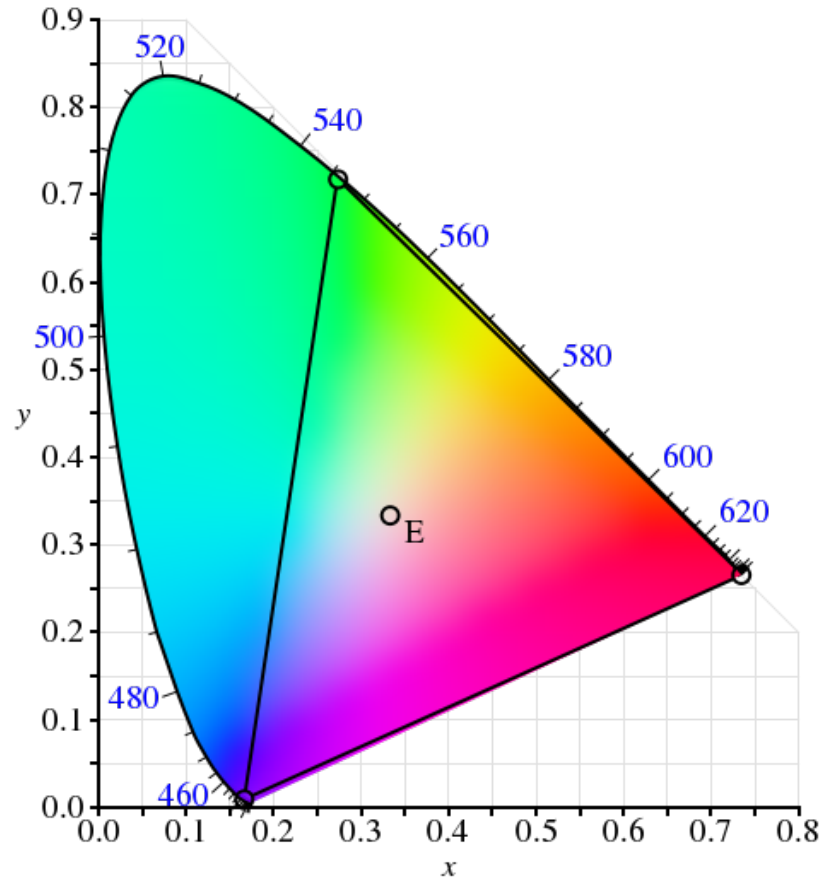


Années 1920 : expériences de  
William D. Wright et John Guild



# Comment coder les couleurs?

En 1931, la **Commission Internationale de l'Éclairage** (CIE) définit un standard : l'espace de couleurs CIE 1931 RGB. Trois couleurs primaires : Rouge, Vert et Bleu













# Comment coder les couleurs?

On code une couleur par trois valeurs : R, G, B

Souvent, chaque valeur est codée sur 8 bits :  
de 0 à 255 ou de 00 à FF en hexadécimal

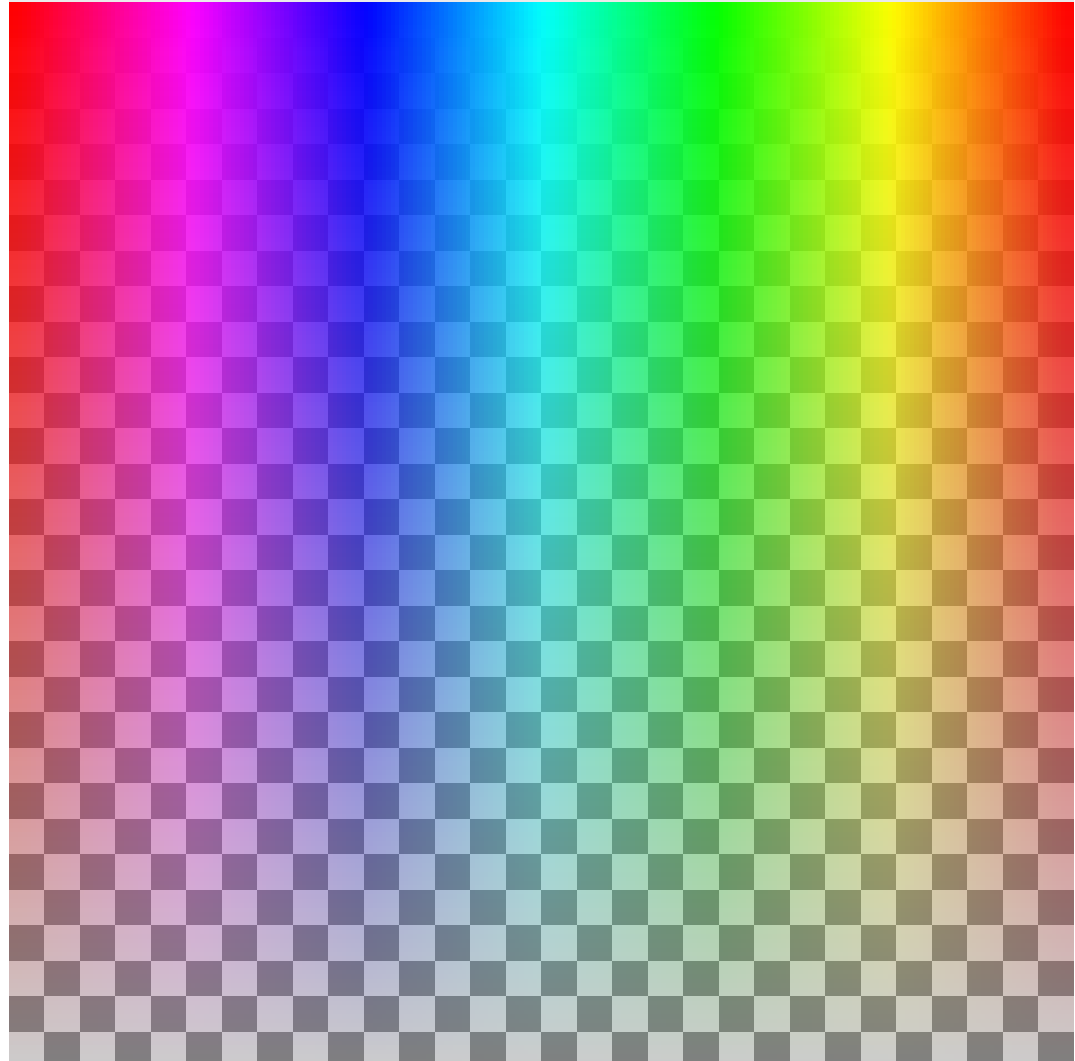
Cela donne  $2^{24}=16777216$  couleurs possibles

	A	B	C	D	E
1	R ▾	G ▾	B ▾	HEX ▾	Colour ▾
2	255	0	0	FF0000	
3	255	128	0	FF8000	
4	191	255	0	BFFF00	
5	0	255	11	00FF0B	
6	0	255	191	00FFBF	
7	0	64	255	0040FF	
8	128	0	255	8000FF	
9	255	0	191	FF00BF	
10	255	0	0	FF0000	
11	211	0	148	D30094	

# Comment coder les couleurs?

Gestion de la **transparence** : on ajoute une valeur “alpha”

Système RGBA



# Les formats PNM (1985-88)

Conçus comme formats matriciels très simples pour envoyer des images par e-mail



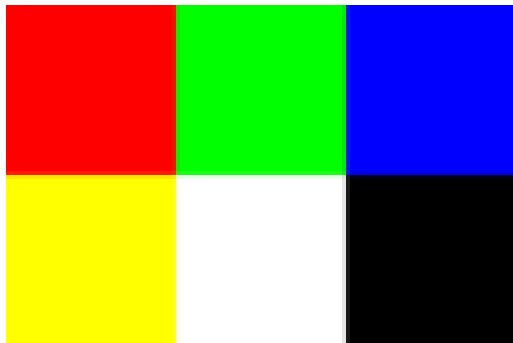
Jeffrey A. Poskanzer

**PPM : Portable Pixel Map (Couleurs)**

Chaque pixel est codé sur 3x8 bits : 8 bits par couleur (R, V, B)

```
P3
3 2
255
255 0 0 0 255 0 0 0 255
255 255 0 255 255 255 0 0 0
```

# largeur, hauteur  
# valeur maximale pour chaque couleur  
# RVB, RVB, RVB

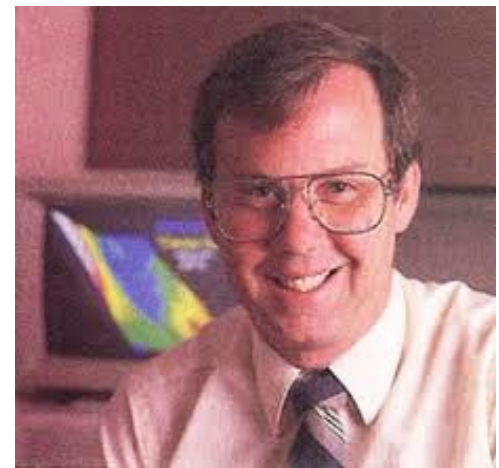


# Le format GIF (1987)

GIF : **Graphics Interchange Format**

- Contient une **palette de 256 couleurs choisies**:  
Chaque pixel est donc codé sur 8 bits.
- Permet d'encapsuler plusieurs images, et de les animer
- Permet de l'**interpolation**
- Utilisation d'un algorithme de **compression sans pertes** :  
LZW (Lempel-Ziv-Welch)

Algorithme breveté par Sperry Corporation (futur Unisys)  
(brevet de 1983, expiré en 2003)



Steve Wilhite







# Le format PNG (1996)

**PNG: Portable Network Graphics**  
(PING Is Not GIF)



Thomas Boutell

développé par le PNG Development Group en réaction à Unisys, qui décida en 1993 de réclamer des droits de brevets pour l'algorithme LZW, utilisé dans GIF. Suite à un accord avec Unisys, en 1994 CompuServe annonce demander des droits pour l'utilisation de GIF.

PNG :

- Format à palette, mais avec un nombre non limité de couleurs
- Pas d'animation
- Deux algorithmes de compression sans perte (libres de droits) :

Codage de Huffman + LZ77 (Lempel-Ziv 1977)

# Le format JPEG (1992)

JPEG : **Joint Photographic Experts Group**

ISO (International Organization for Standardization)

IEC (International Electrotechnical Commission)

ITU (International Telecommunication Union)



Formats :

- JFIF (JPEG File Interchange Format)
- Exif (Exchangeable Image File Format), 1995
- JPEG 2000



JPEG :

- Compression **avec perte** :

Algorithme de transformée en cosinus discrète

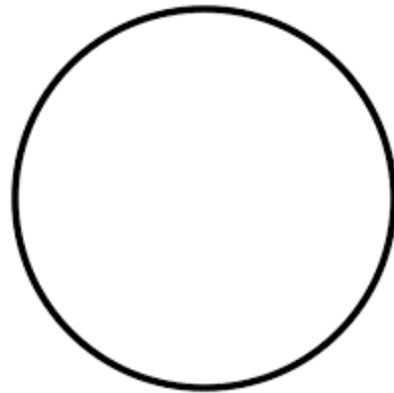


# Représentation vectorielle

Comment agrandir une image sans perte de qualité ?

Possible pour les images faites de **formes géométriques**.

Par exemple :



cercle: centre=(0,0), rayon=1, couleur=noir

# Formats vectoriels

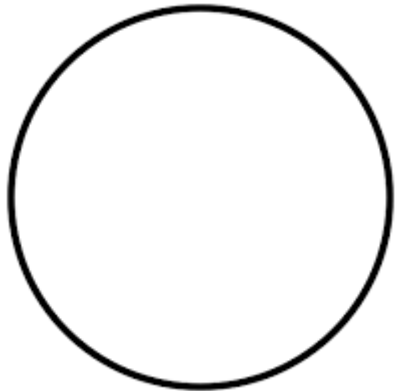
- PS (PostScript) : Adobe, 1982 – *destiné aux imprimantes*
- EPS (Encapsulated PostScript) : Adobe, 1987
- PDF (Portable Document Format) : Adobe, 1993
- SVG (Scalable Vector Graphics) : W3C, 1999

# Format vectoriel : SVG



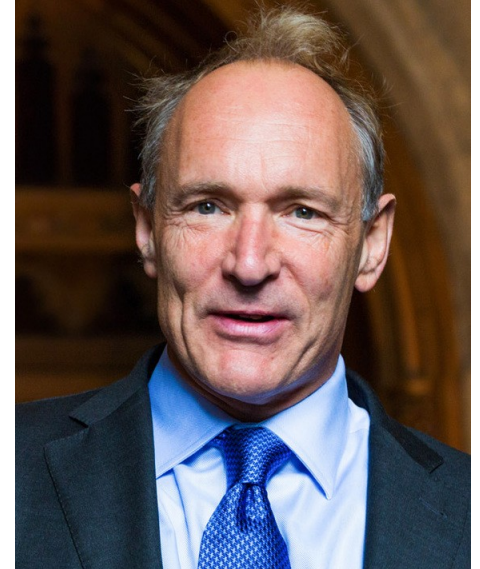
“Scalable Vector Graphics”

World Wide Web Consortium, 1999



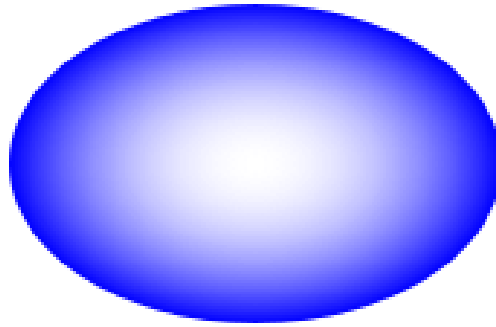
Le format SVG est basé sur le XML :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>  
<svg width="500" height="500">  
  <circle cx="250" cy="250" r="210" fill="#fff" stroke="#000" stroke-width="8"/>  
</svg>
```



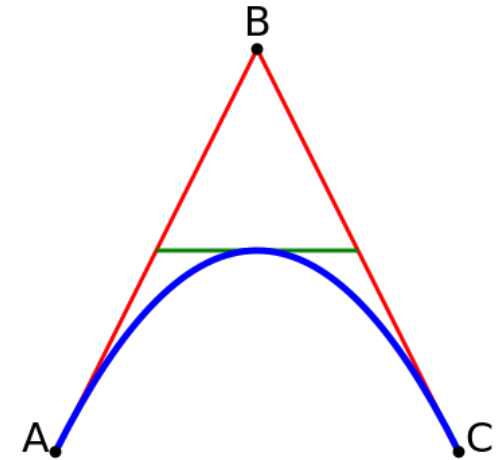
Tim Berners-Lee:  
inventeur du  
World Wide Web,  
directeur du W3C

# Format vectoriel : SVG



```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<svg height="150" width="500">
  <defs>
    <radialGradient id="grad1" cx="50%" cy="50%" r="50%" fx="50%" fy="50%">
      <stop offset="0%" style="stop-color:rgb(255,255,255);stop-opacity:0" />
      <stop offset="100%" style="stop-color:rgb(0,0,255);stop-opacity:1" />
    </radialGradient>
  </defs>
  <ellipse cx="200" cy="70" rx="85" ry="55" fill="url(#grad1)" />
</svg>
```

# Format vectoriel : SVG



```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<svg height="400" width="450">
<path id="lineAB" d="M 100 350 l 150 -300" stroke="red" stroke-width="3" fill="none" />
  <path id="lineBC" d="M 250 50 l 150 300" stroke="red" stroke-width="3" fill="none" />
  <path d="M 175 200 l 150 0" stroke="green" stroke-width="3" fill="none" />
  <path d="M 100 350 q 150 -300 300 0" stroke="blue" stroke-width="5" fill="none" />
  <g stroke="black" stroke-width="3" fill="black">
    <circle id="pointA" cx="100" cy="350" r="3" />
    <circle id="pointB" cx="250" cy="50" r="3" />
    <circle id="pointC" cx="400" cy="350" r="3" />
  </g>
  <g font-size="30" font-family="sans-serif" fill="black" stroke="none" text-anchor="middle">
    <text x="100" y="350" dx="-30">A</text>
    <text x="250" y="50" dy="-10">B</text>
    <text x="400" y="350" dx="30">C</text>
  </g>
</svg>
```

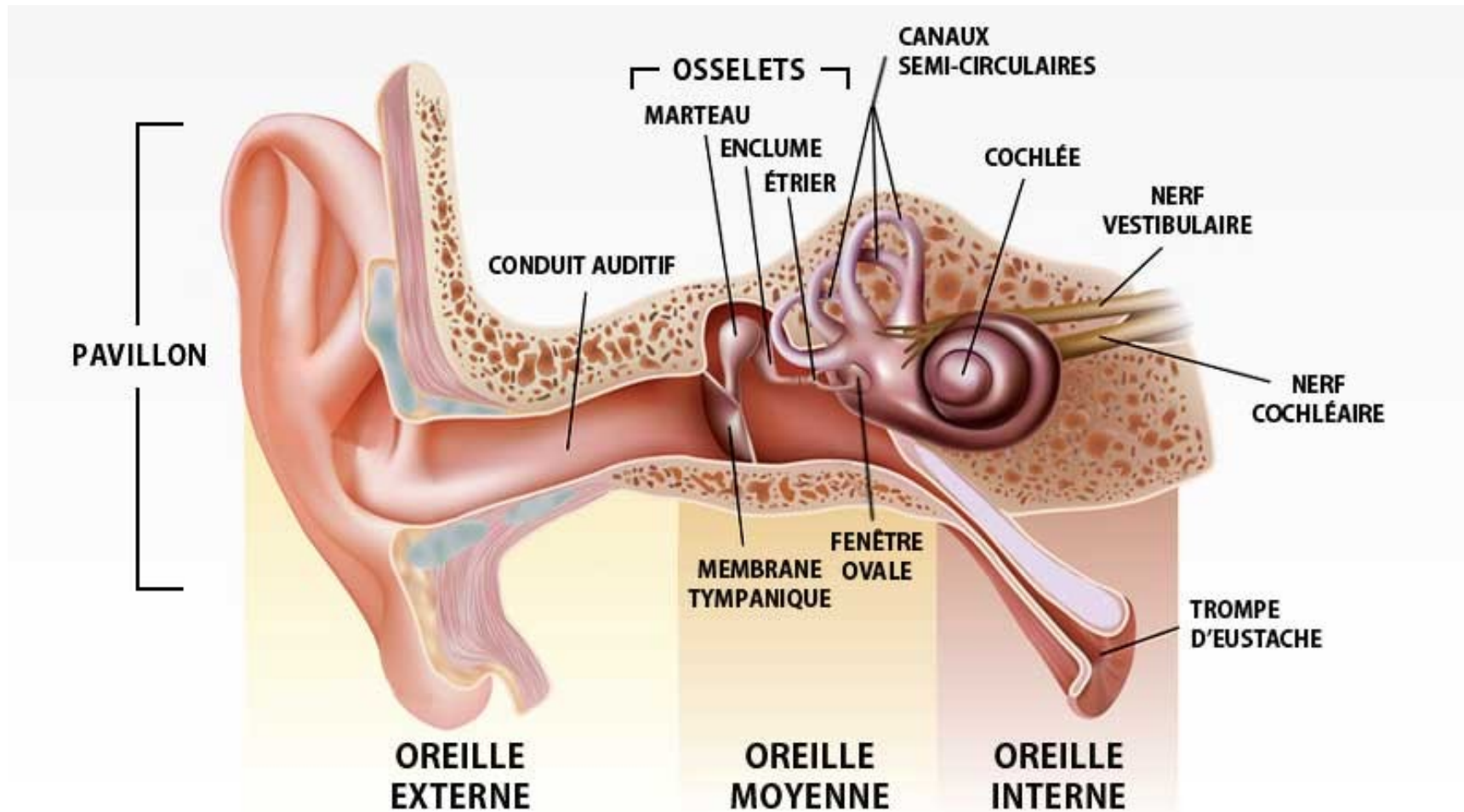


# Représenter des sons

# Qu'est-ce qu'un son ?

Ondes propagées par la **vibration** des molécules d'un fluide (ex : air)

*Dans l'espace, personne ne vous entend hurler (slogan du film "Alien")*

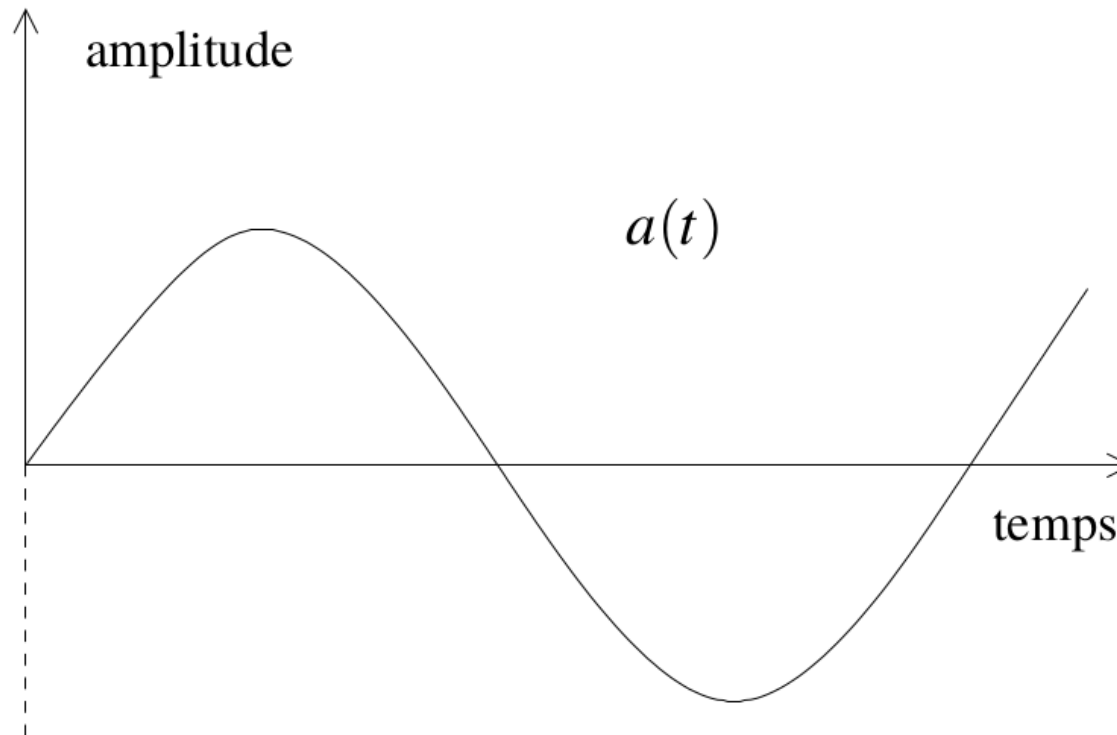


# Qu'est-ce qu'un son ?

**Onde sonore** : représentée par l'amplitude en fonction du temps

Caractérisée par :

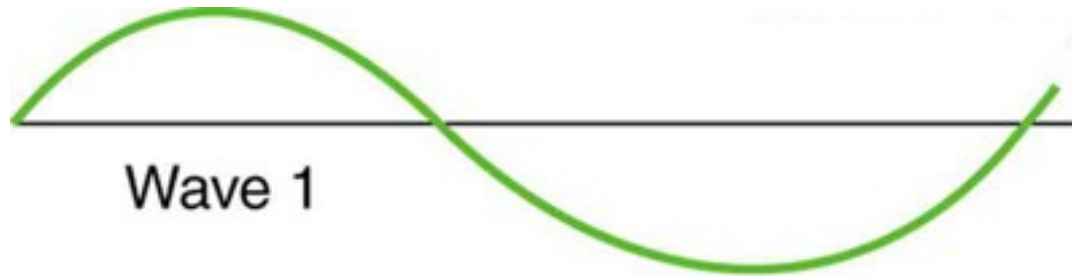
- l'amplitude maximale
- La fréquence / longueur d'onde ( $F=1/T$ )



$a(t)$  : amplitude de l'onde en fonction du temps

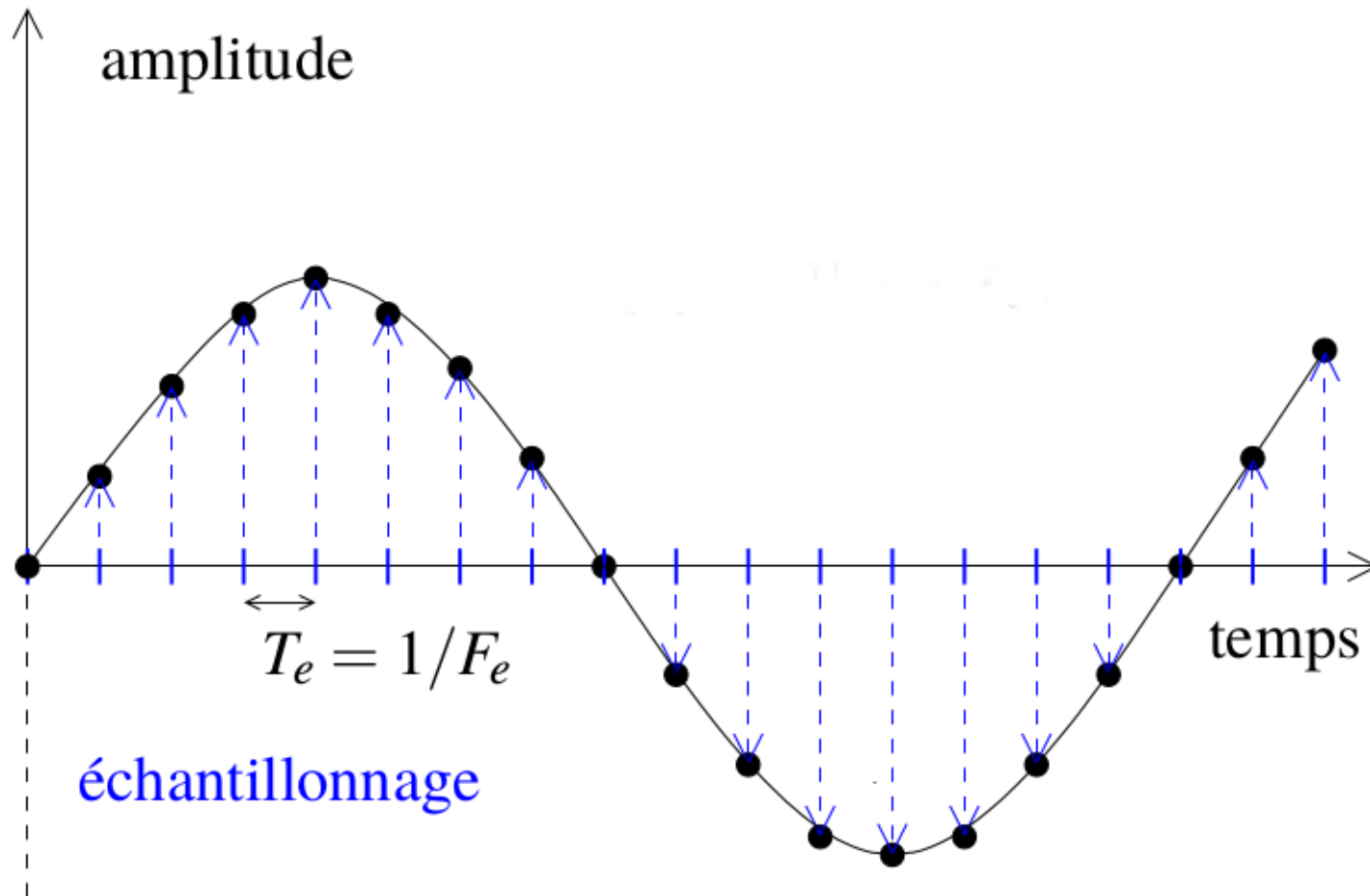
# Qu'est-ce qu'un son ?

Un son est composé de plusieurs ondes sonores superposées :



# Comment représenter un son ?

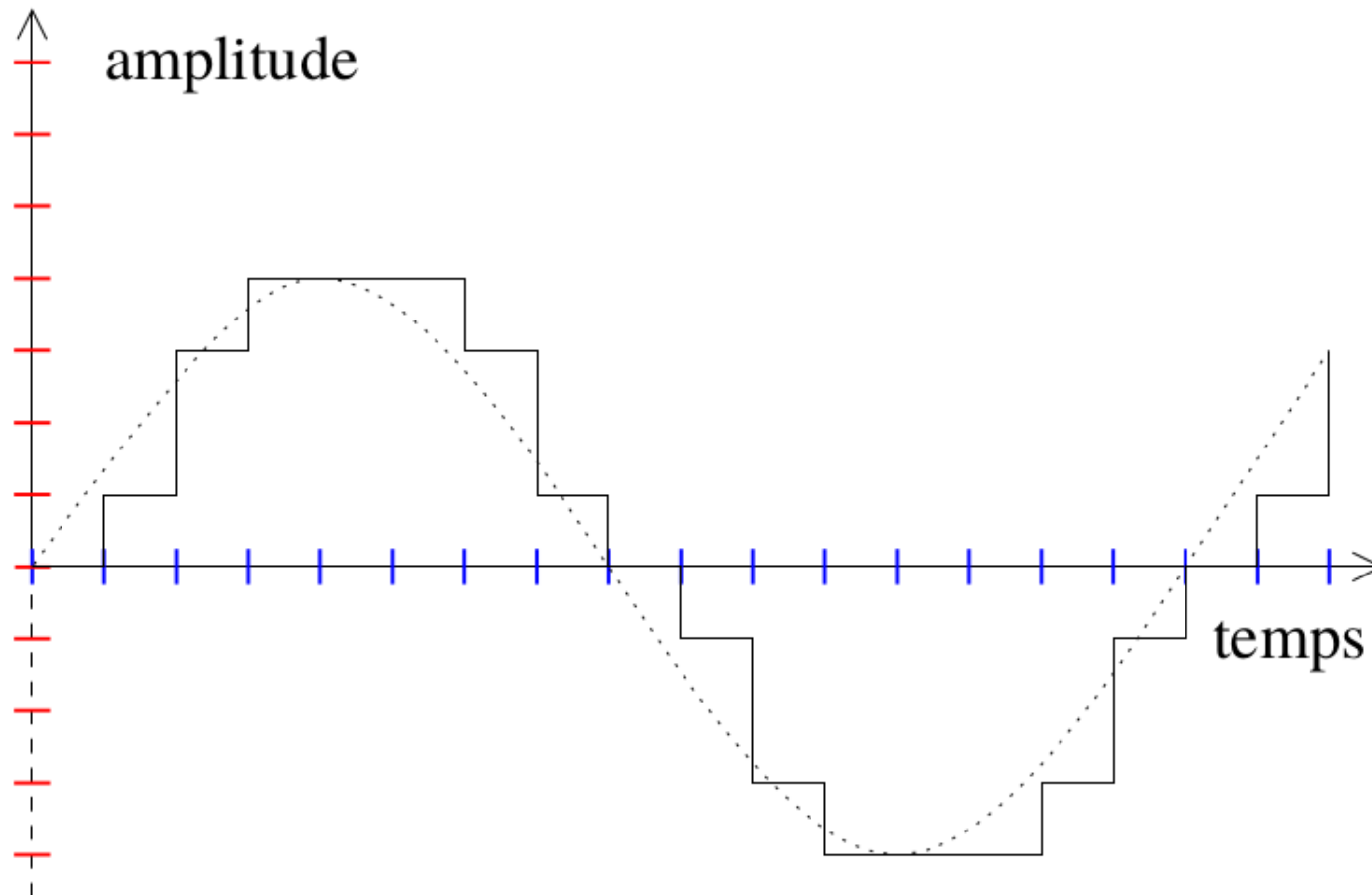
Discrétisation du signal : **échantillonnage** (anglais : sampling)



fréquence d'échantillonnage  $F_e$  (inverse de la période  $T_e$ )

# Comment représenter un son ?

Discrétisation du signal : **échantillonnage** (anglais : sampling)



discrétisation (numérisation) =  
**échantillonnage** + **quantification**

[0, 1, 3, 4, 4, 4, 3, 1, 0, -1, -3, -4, -4, -4, -3, -1, 0, 1, 3]

# Comment représenter un son ?

**Discrétisation du signal : échantillonnage** (anglais : sampling)

**Modulation d'impulsion codée (PCM, Pulse Code Modulation) :**

- On choisit la fréquence d'échantillonnage
- On écrit successivement les valeurs de l'amplitude par exemple, sur 8 bits

# Comment représenter un son ?

## **Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon**

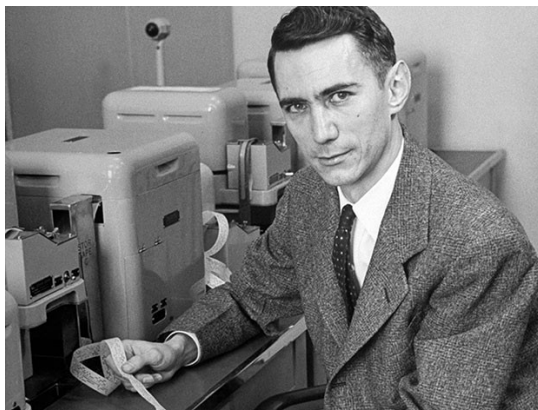
Soit un signal  $s(t)$  de fréquence maximale  $F$ .

Pour reconstituer parfaitement  $s(t)$ ,  
il faut et il suffit

de choisir une **fréquence d'échantillonnage** de  $2F$ .



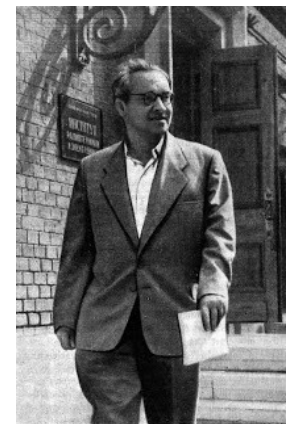
Harry Nyquist



Claude E. Shannon



Edmund T. Whittaker



Vladimir Kotelnikov



# Comment représenter un son ?

## **Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon**

Soit un signal  $s(t)$  de fréquence maximale  $F$ .

Pour reconstituer parfaitement  $s(t)$ ,

il faut et il suffit

de choisir une **fréquence d'échantillonnage** de  $2F$ .

L'oreille humaine perçoit les sons entre  $\sim 20\text{Hz}$  et  $\sim 20\text{kHz}$ .

On a donc besoin d'une fréquence d'échantillonnage d'au moins  $40\text{kHz}$

# Quelques formats de fichiers

- 1982 : format **CD Audio** aka Red Book (CD-DA, Compact Disc Digital Audio)  
Philips + Sony
- 1988 : **AIFF** (Audio Interchange File Format)  
Apple
- 1991 : **WAV** (Waveform Audio File Format)  
Microsoft + IBM
- 1992 : **Dolby Digital**  
Dolby Laboratories
- 1993 : **MP3** (MPEG-1 Audio Layer III)  
Moving Picture Experts Group (MPEG)
- 1997 : **AAC** (Advanced Audio Coding)  
standard ISO/IEC – Bell + Dolby + Fraunhofer + Nokia + Sony
- 1999 : **WMA** (Windows Media Audio)  
Microsoft
- 2000 : **Ogg Vorbis**  
Xiphophorus - Chris Montgomery - Xiph.Org Foundation
- 2001 : **FLAC** (Free Lossless Audio Codec)  
Josh Coalson, Xiph.Org Foundation

# Le format CD Audio

**COMPACT**  
**disc**  
**DIGITAL AUDIO**

**SONY**



- Modulation d'impulsion codée (pas de compression)
- Deux canaux : gauche/droite (son stereo)
- Fréquence d'échantillonnage : 44.1 kHz
- Chaque valeur codée sur 16 bits
- Correction d'erreurs Reed-Solomon



# Le format WAV



**WAV : Wafeform Audio File Format**



1991

- Modulation d'impulsion codée (pas de compression)
- Deux canaux : gauche/droite (son stereo)
- Fréquence d'échantillonnage : 44.1 kHz
- Chaque valeur codée sur 16 bits

# Le format MP3



## MP3 : MPEG-1 Audio Layer III

ISO Moving Picture Experts Group (MPEG), 1993

(CCETT, Matsushita, Philips, Sony, AT&T Bell Labs, NEC, JVC, France Télécom, Fraunhofer, Thomson-Brandt, Fujitsu...)

- Compression à l'aide de **Transformée de Fourier Discrète**



Karlheinz Brandenburg  
père du MP3



Suzanne Vega, "mère du MP3"  
(chanson Tom's diner)