

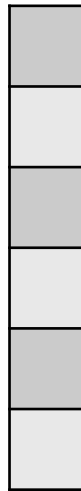
# Nouvelles générations de capteurs audiovisuels : Les défis de dimensionnalité !

Nancy Bertin (CNRS), Aline Roumy (Inria)

Frédéric Bimbot (CNRS)

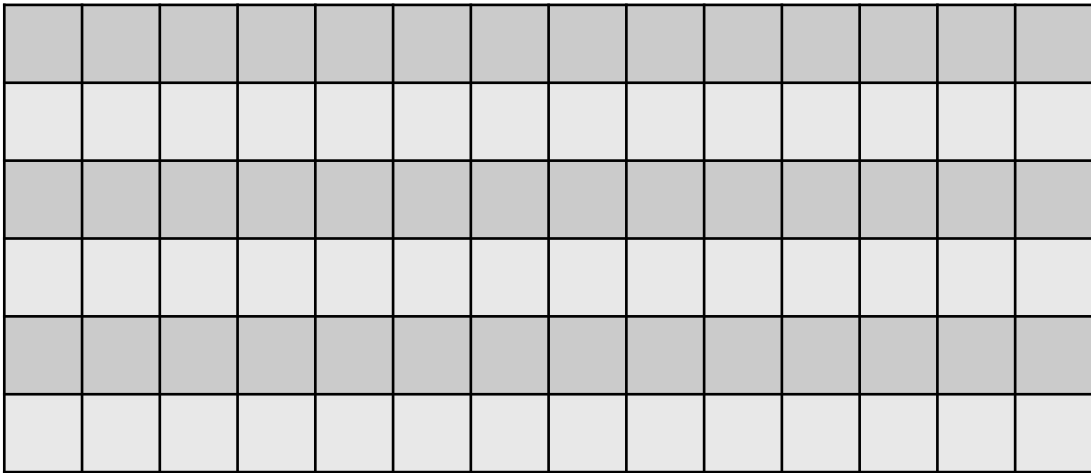
IRISA - Département D5  
Equipes PANAMA & SIROCCO

« Une » donnée numérique...



... « Big Data » = « grandes » données,  
mais dans quelle dimension?

$N$





*P*

« N grand » : beaucoup d'images de chats



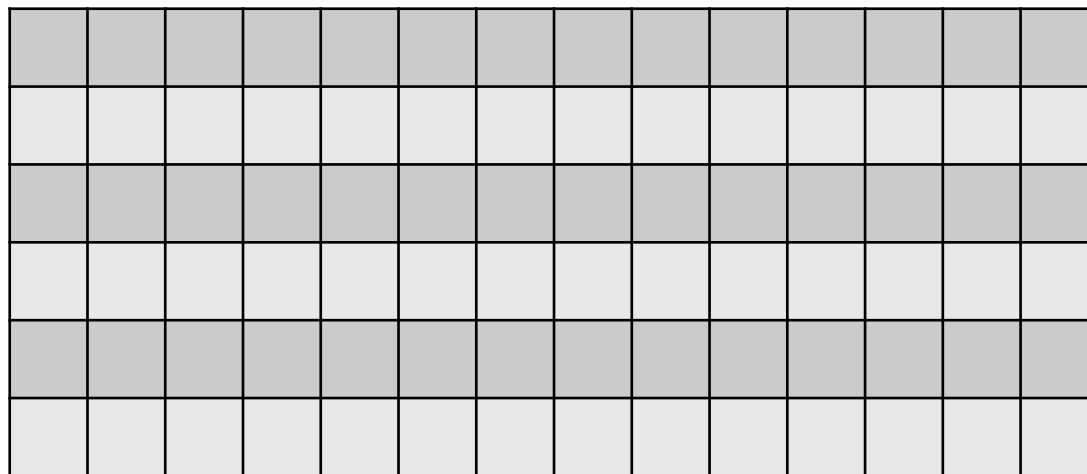
« P grand » : beaucoup de vues sur le même chat !



$P$



$N$



« Grand »  
=  
Combien ?

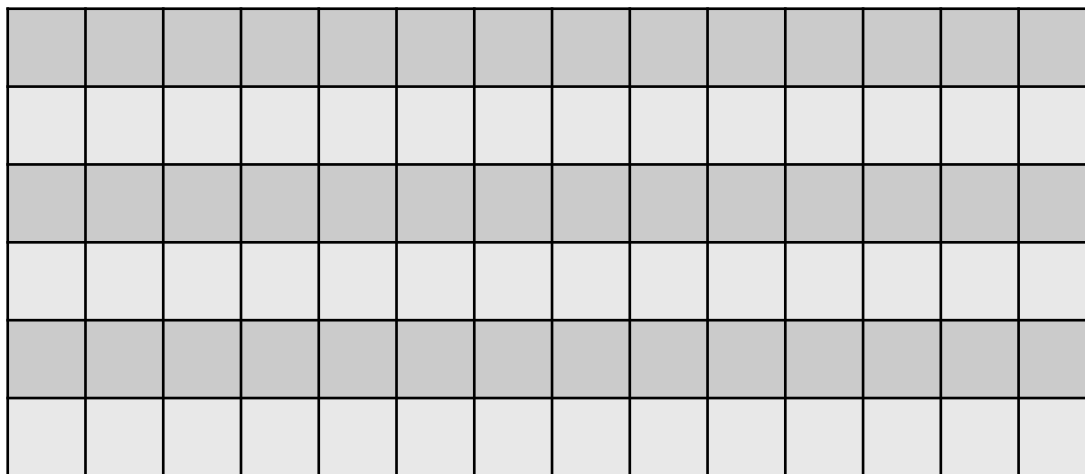
« N grand » : beaucoup d'images de chats



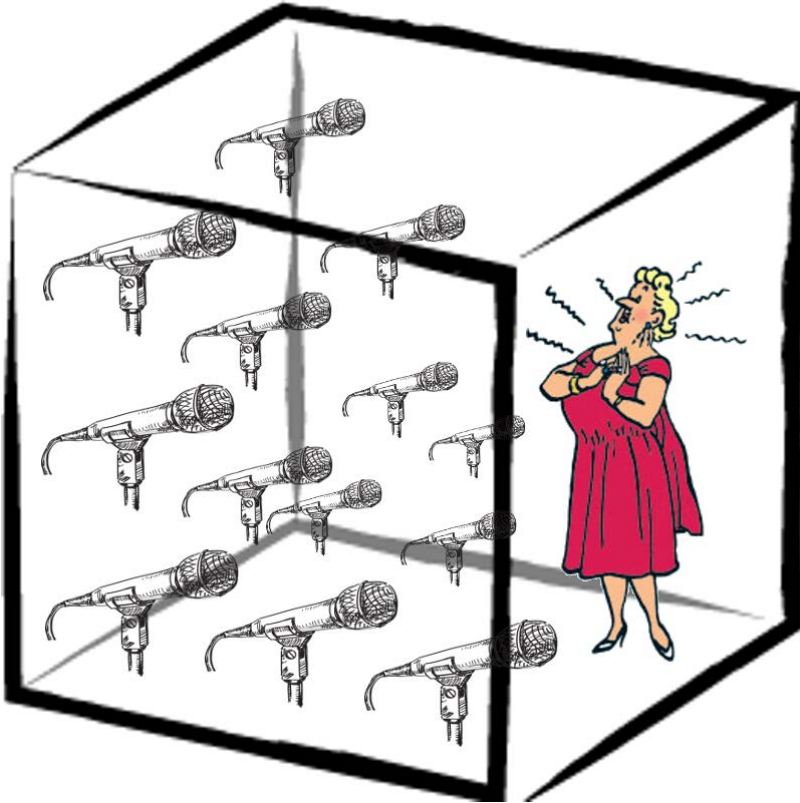
« P grand » : beaucoup de vues sur le même chat !



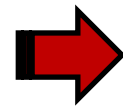
$P$



# En audio

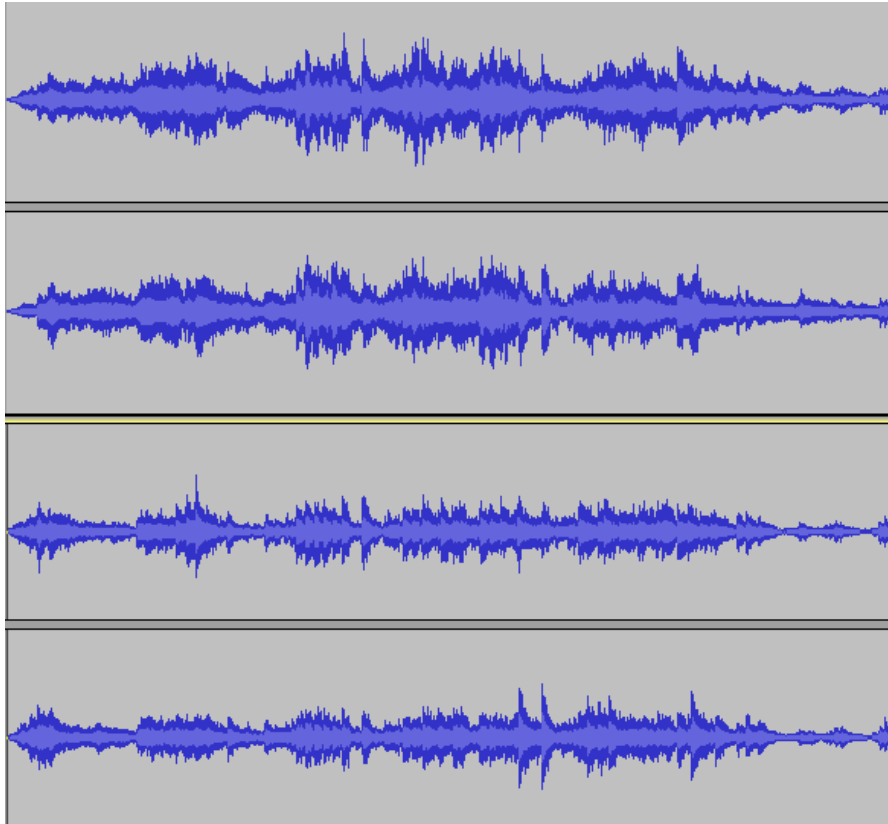


- Une source sonore dans une pièce de 3 mètres sur 3 mètres
- Des microphones pour l'enregistrer
- Si on veut connaître l'ensemble du champ sonore (pression acoustique 3D+t), il nous faudrait :
  - $10^7$  microphones
  - 48.000 échantillons/micro/s
  - 16 bits/échantillon



**$5 \cdot 10^{11}$  échantillons/seconde**  
**1 heure = 15 Po**

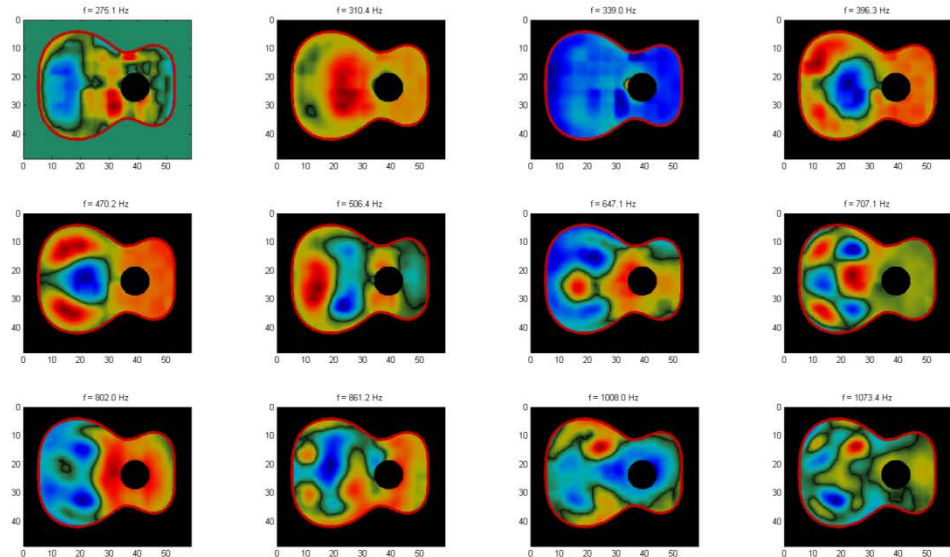
# Plusieurs micros pour quoi faire ?



Fortes redondances, mais précieuse information !



# Holographie acoustique

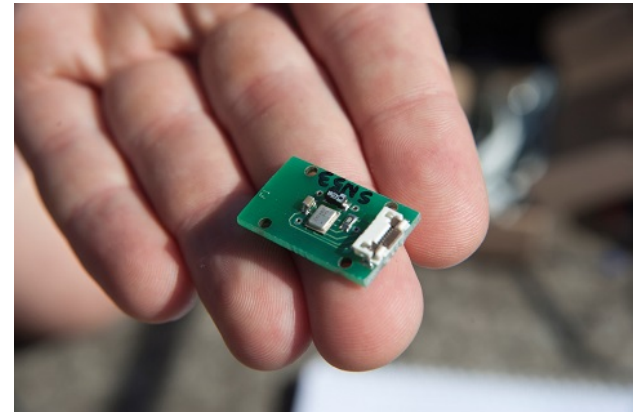


*Photo : B. Arnaldi – Images : projet ECHANGE*

« Classique »  
1920 micros  
(1,5 Gbits/s)

« Compressée »  
120 micros (16x moins)  
(100 Mbits/s)

# Cartographie sonore urbaine



*Photo F.Ollivier, UPMC*

16 x 8 microphones... à moins de 1 euro chacun

# Volumes et flux

- Aujourd'hui :
  - Son stéréo qualité CD : 44100 kHz, 2 x 16 bits
    - Débit : 1,5 Mbits/sec, une heure : 600 Mo
  - En MPEG1-Layer3 « transparent » :
    - Débit : 175-245 kbits/s, une heure : 86 Mo
- Demain ?

Dimensions	19 <sup>2</sup> x61	30 <sup>2</sup> x97	48 <sup>2</sup> x155	60 <sup>2</sup> x 194	76 <sup>2</sup> x 246	95 <sup>2</sup> x 307
Synthèse (Go)	0,1	0,6	4,1	10	26	63
Analyse (Go)	0,001	0,005	0,02	0,04	0,07	0,2

# Vidéo : quelle est votre dimension ?

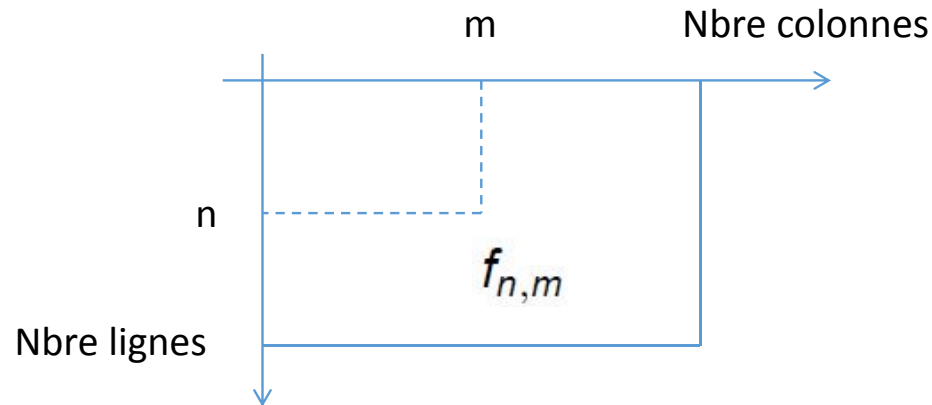
- Qualité accrue d'images  
HD, UHD, HDR
- Immersion dans la scène  
3D, Free-viewpoint



Quel effet sur la taille des données ?

# SD/HD/UHD : résolution pixelique

- Image = tableau de pixels (picture element) à Nbre colonnes x Nbre lignes



norme	Nbre colonnes x Nbre lignes	Nombre pixels/ image	
SDTV (576i)	720 x 576	405 k pixels	
HDTV (1080p)	1920 x 1080	2.07 M pixels	
X 2 4K UHD TV (2160p)	3840 x 2160	8.29 M pixels	X 4
X 4 8K UHD TV (4320p)	7680 x 4320	33.18 M pixels	X 16

# HD/UHD : résolution temporelle

- La résolution temporelle augmente avec la résolution pixelique

Cinéma 24 Hz

	norme	Nbre colonnes x Nbre lignes	Nbre pixels /image	Nbre images /s	Nbre pixels /s	
	HDTV	1920 x 1080	2.07 M pixels	<b>25 Hz</b>	52 M pixel/s	
X 2	4K UHD TV	3840 x 2160	8.29 M pixels	<b>50 Hz</b>	415 M pixel/s	X 8
X 4	8K UHD TV	7680 x 4320	3.98 M pixels	<b>120 Hz</b>	33.2 G pixel/s	X 77

# HD/UHD : profondeur des couleurs

- La quantification des couleurs augmente avec la résolution pixelique

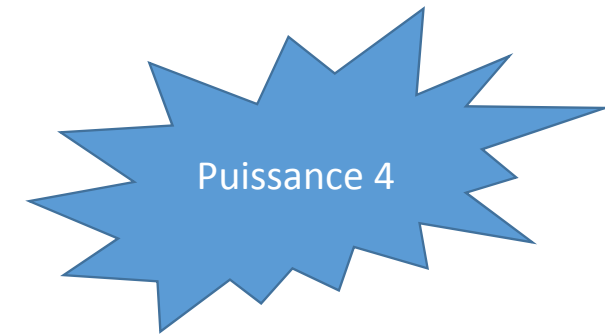


Y luminance Cb Cr Chrominance (YUV)

$$Y = 0.3R + 0.6V + 0.1B$$

$$Cb = Y - B$$

$$Cr = Y - R$$



norme	Nbre colonnes x Nbre lignes	Nbre pixels /image	Nbre images /s	Nbre bits /pixel	Débit bps	
HDTV	1920 x 1080	2.07 M pixels	25 Hz	<b>8+2+2 = 12</b>	593 Mbs	
X 2 4K UHD TV	3840 x 2160	8.29 M pixels	50 Hz	<b>8x3 = 24</b>	9.2 Gbs	X 16
X 4 8K UHD TV	7680 x 4320	33.18 M pixels	120 Hz	<b>12x3 = 36</b>	133 Gbs	X 230

# Compression HD/UHDTV

compression  
1:2 par 10 ans

débit  
Puissance 4

norme	Nbre pixels /image	Débit bps	MPEG-2 1996	MPEG-4 2003	HEVC 2013
HDTV	2.07 M pixels	593 Mbs	6 Mbs	3 Mbs	2 Mbs
4K UHDTV	8.29 M pixels	9.2 Gbs			17Mbs

1:300 0.04 bpp

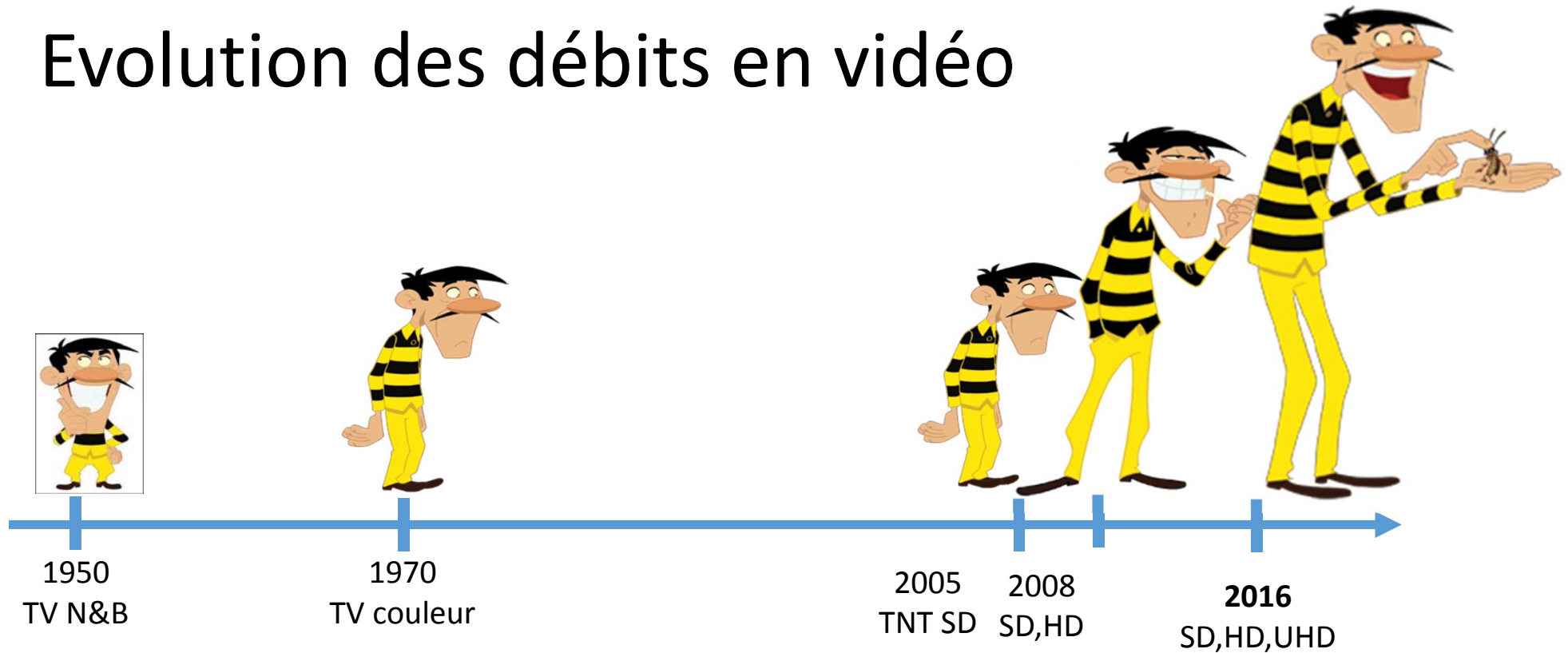
*Park Scene 37db – Wiegand et al. HEVC Performance – TCSVT 2012*

Quelques débits / capacité de stockage (qui évoluent au cours du temps)

- DVD 4.7 Go (HD) 1h20 (sans le son)
- TNT hertzienne  $45/6 = 7.5 \text{ Mbps}$
- Cable/fibre (Ethernet)  $< 10 / 100 / 1000 \text{ Mbps}$
- Box (ADSL voie descendante) 384 ... 2048 kbps
- Tél portable (débit pratique 3G /4G) 384 kbps / 40 Mbps



# Evolution des débits en vidéo



2005 : MPEG-2 (1996)

2008 : SD MPEG-2 et HD MPEG-4 (2003)

**2016** : 8 à 6 multiplex DONC tout MPEG-4 et UHD HEVC (**2013**)

# Au-delà monovue : HDR

Profondeur accrue des couleurs : High Dynamic Range (HDR)

Format OpenEXR : 16bits par composante couleur

de LDR 12bpp à HDR 48 bpp **x4**

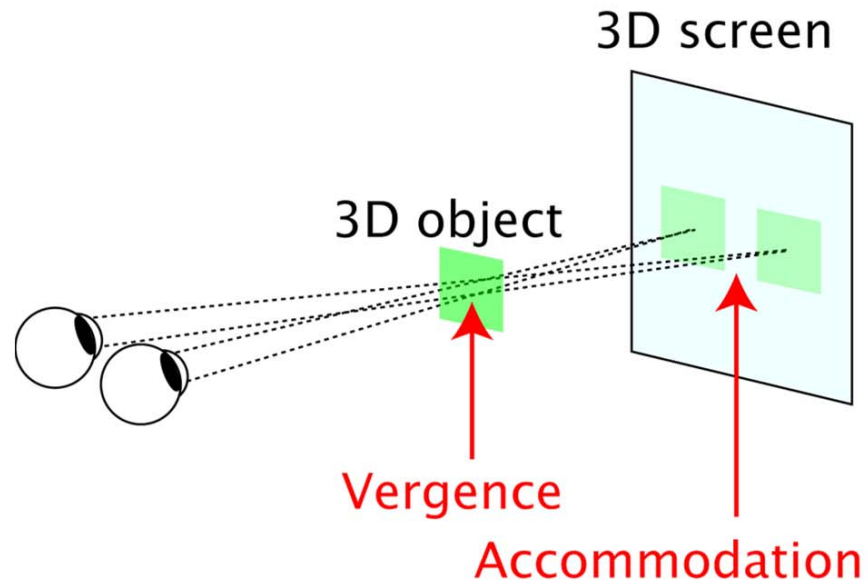
1 image =  
multiples  
expositions



Qualité accrue et ... impression d'immersion !

# 3D... avec deux vues ?

Conflit accommodation vergence



Fatigue visuelle

# 3D... avec plusieurs vues

Pour éviter conflit accommodation-vergence

- Écran Super-Multivue  
focalisation sur l'objet 3D
- Télévision à point de vue libre (2022)  
visualisation 2D

**350 vues**

**100 vues ~ 120 Mbit/s**



3D HEVC Sullivan, et al. J-STSP, Dec 2013



# 3D avec une seule prise de vue !

imagerie intégrale (G. Lippman 1908)

Caméra champ de lumière, plénoptique

$$I[i, j] = \frac{1}{N^2} \sum_{m, n} r[i, j, m, n]$$

Intensité lumineuse  
de tous les rayons  
incidents



*Photos : T. Georgiev*

Capture d'une seule image (368x368x11x11) pour...



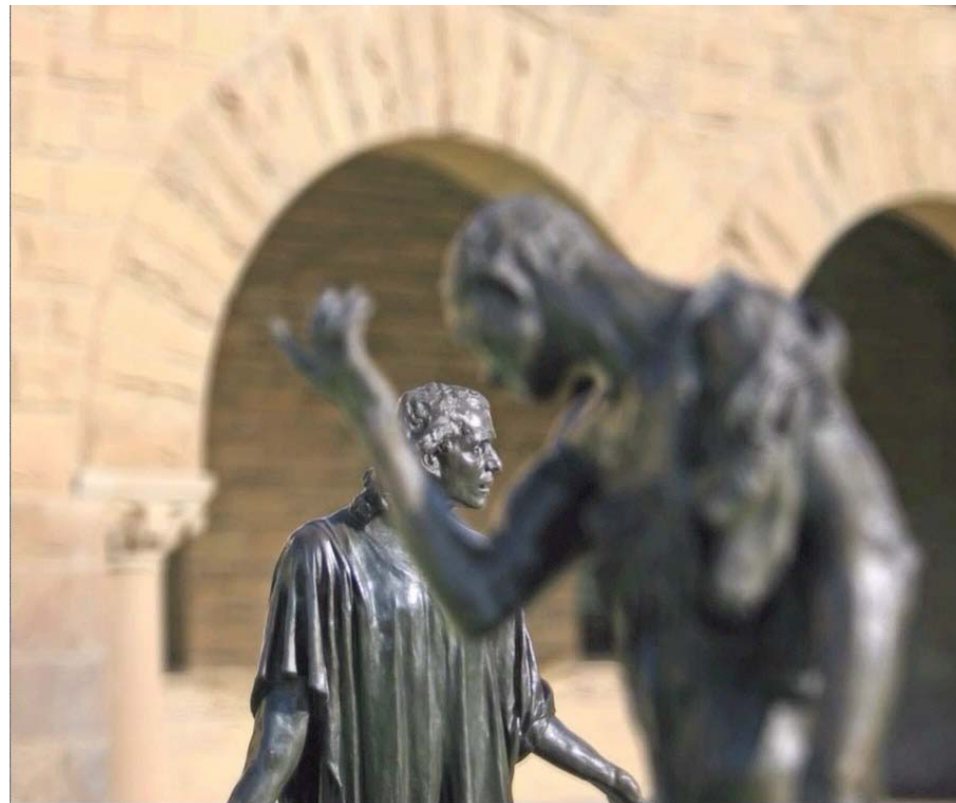
*Photos : T. Georgiev*

changer de point de vue



*Photos : T. Georgiev*

changer la mise au point



*Photos : T. Georgiev*



changer la mise au point



*Photos : T. Georgiev*

rendre tout net (all in focus)



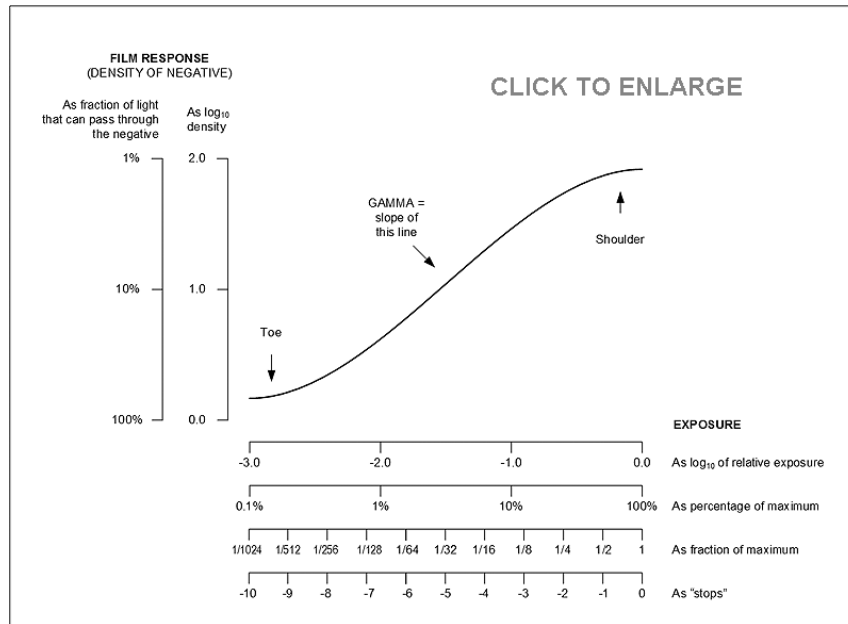
*Photos : T. Georgiev*



?

# Envoyer l'utile...

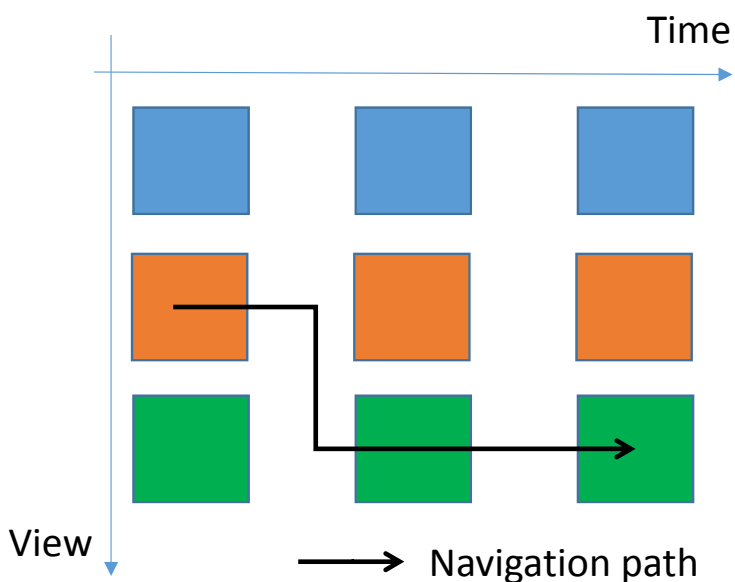
- LDR est suffisant pour le cinéma



*R. Boitard et al., Zonal Brightness Coherency for Video Tone Mapping, Image Proc. 2014*  
*M. Le Pendu et al., Local Inverse Tone curve for HDR Compression, TIP 2015.*

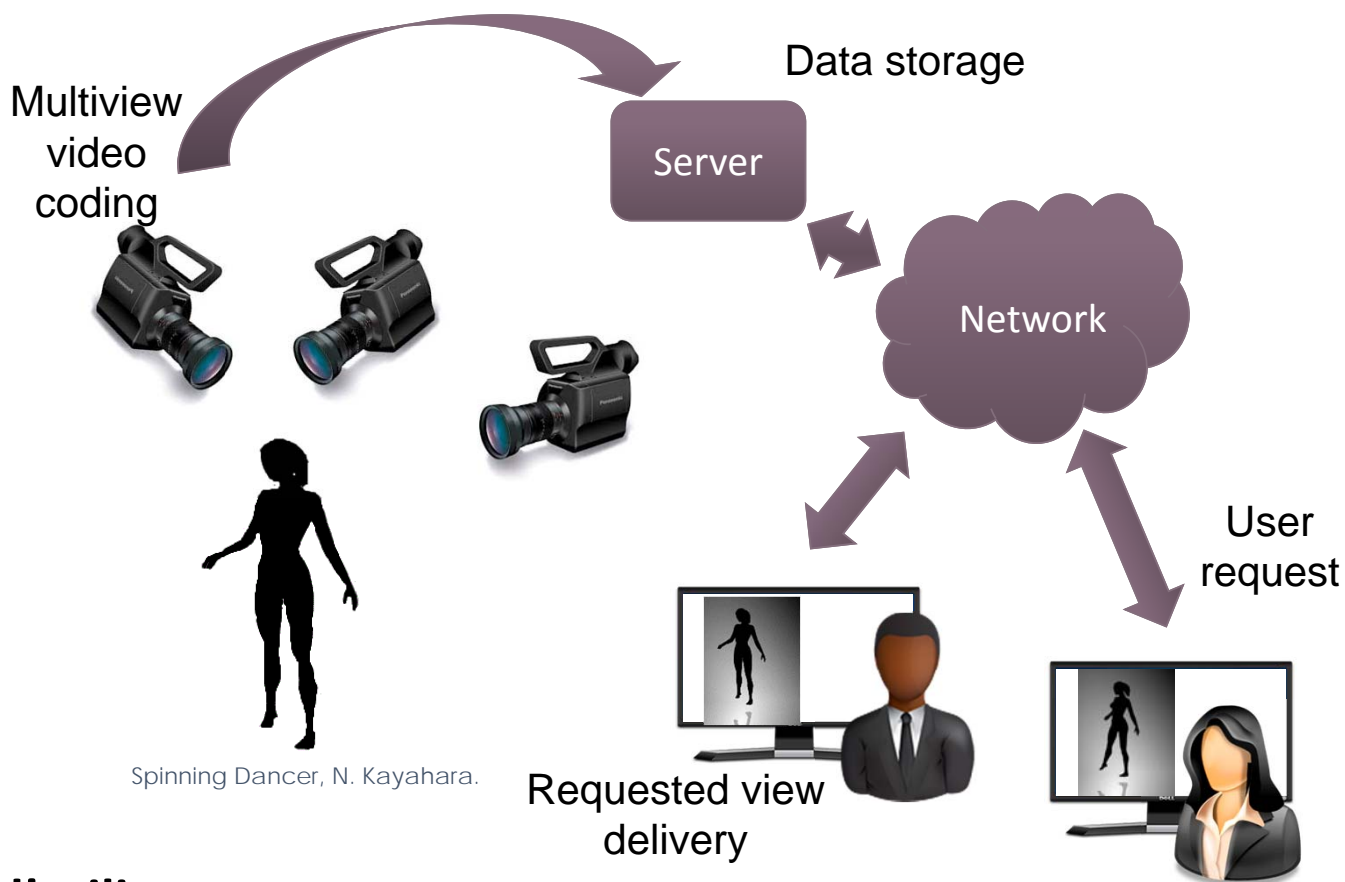
# TV à point de vue libre...

AR, T. Maugey, ICIP 2015

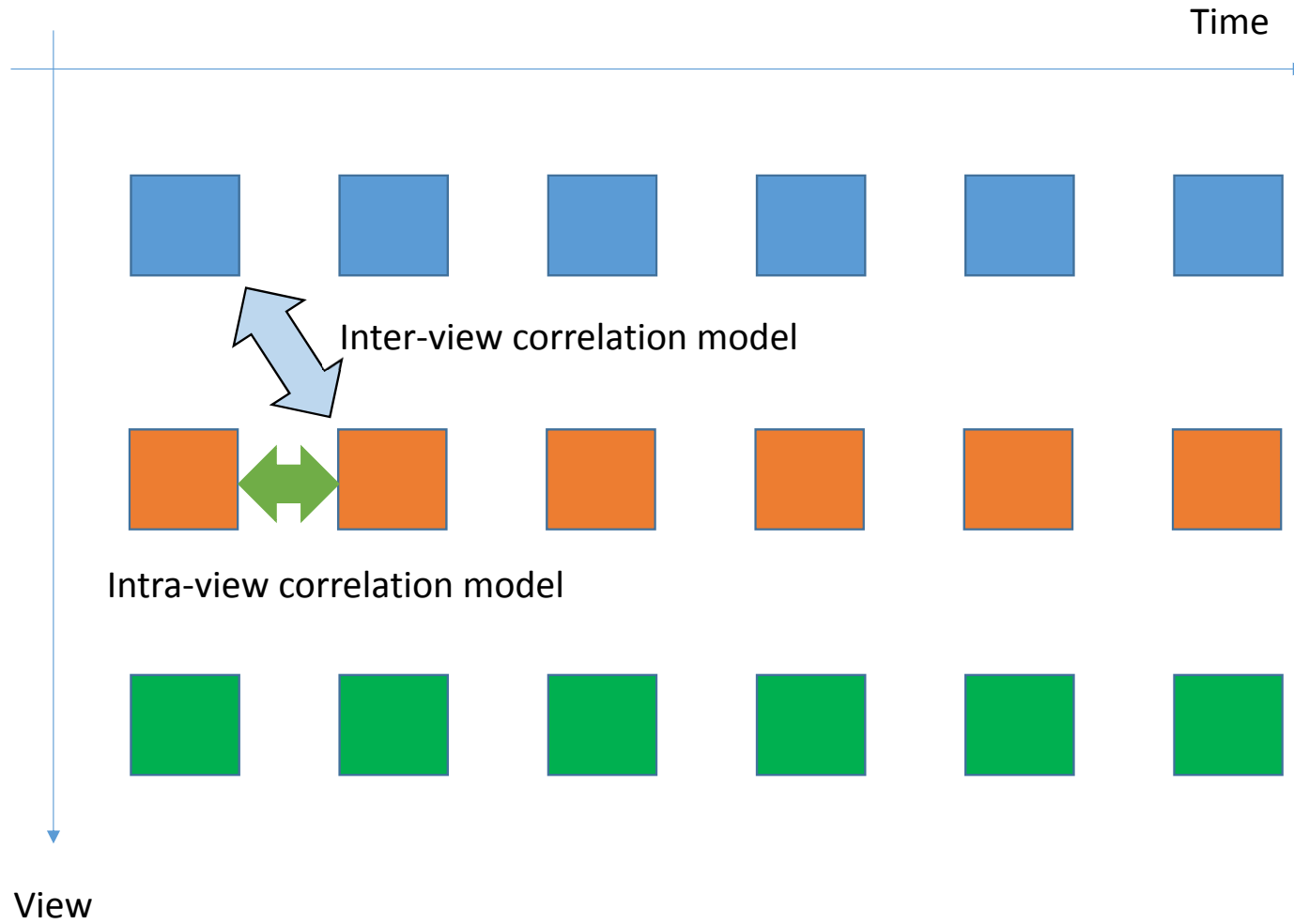


Débit =

Distribution vers grand nombre d'utilisateurs



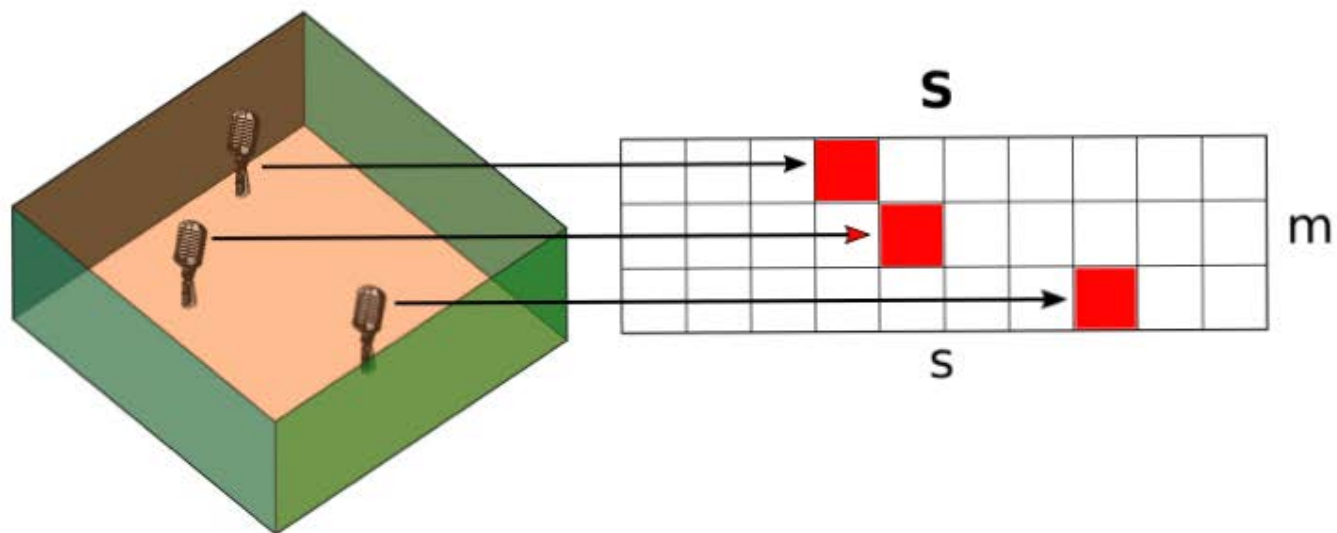
# La solution : des modèles !



# Conclusion sur données image/vidéo

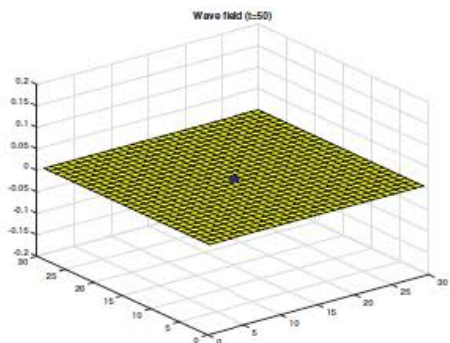
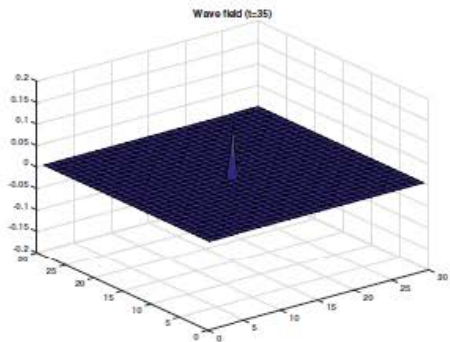
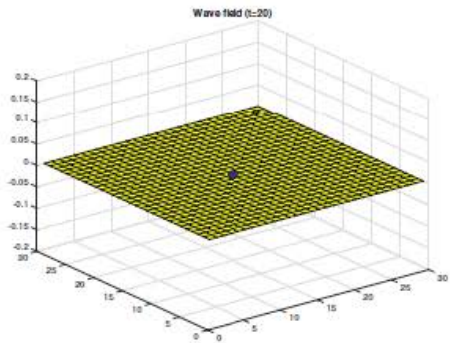
- Déluge de données
- Des canaux de transmission dont la bande passante n'augmente pas si vite (voire diminue pour hertzien)
- Nécessité toujours croissante de la compression de données
- Nécessité de nouvelles idées





$$\mathbf{y}_i = \begin{bmatrix} 1 \text{ } \text{mic} \\ 2 \text{ } \text{mic} \\ 3 \text{ } \text{mic} \\ \vdots \\ m \text{ } \text{mic} \end{bmatrix} = \mathbf{S} \mathbf{p}_i \xrightarrow{i=[1\dots t]} \mathbf{y} = \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{y}_t \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \mathbf{S} & & & \\ & \mathbf{S} & & \\ & & \ddots & \\ & & & \mathbf{S} \end{bmatrix}}_{\mathbf{M}} \begin{bmatrix} \mathbf{p}_1 \\ \mathbf{p}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{p}_t \end{bmatrix} = \mathbf{M} \mathbf{p}$$

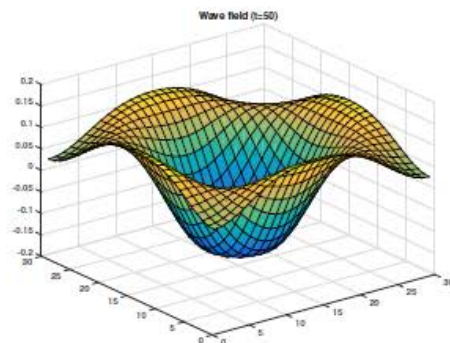
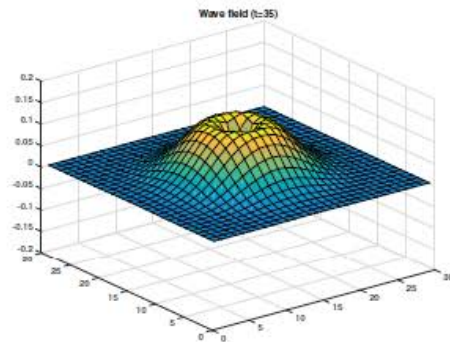
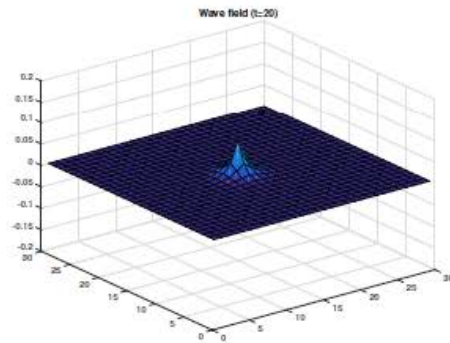



 $z$ 

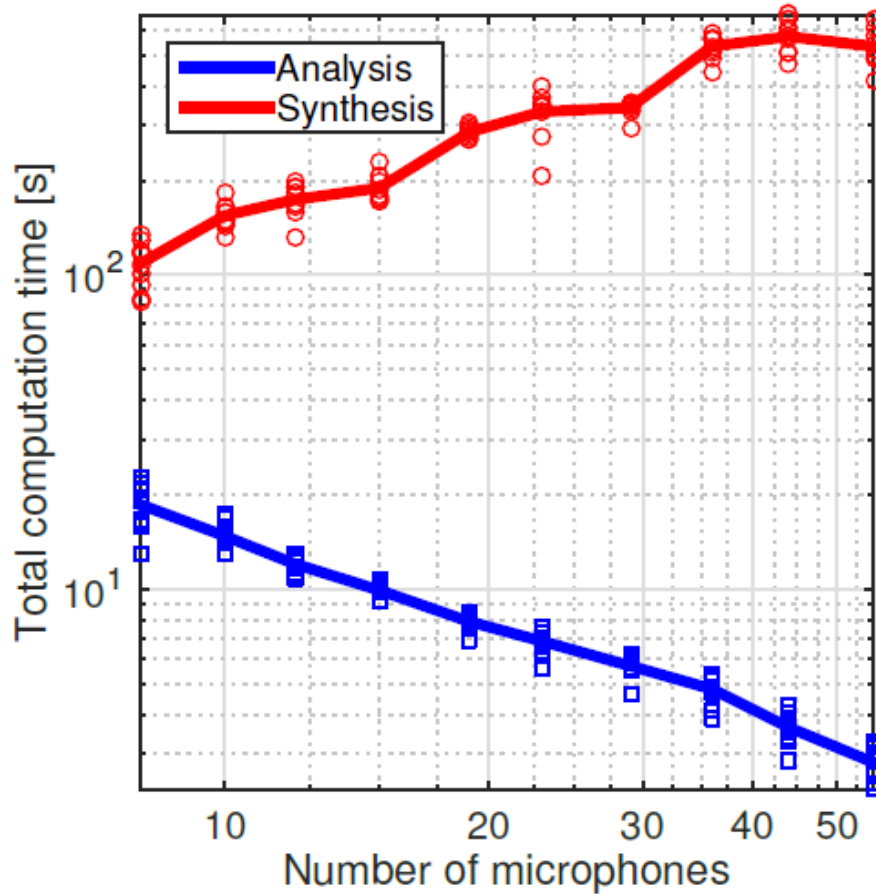
$$\begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ z_{t=20} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ z_{t=35} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ z_{t=50} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix}$$

 $x$ 

$$\begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ x_{t=20} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ x_{t=35} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ x_{t=50} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix}$$

 $= A \cdot$ 


# Des raisons d'espérer



« More data,  
less work »