

## Introduction à l'informatique

### Les bits

Jean-Christophe Dubacq

IUT de Villetaneuse

S1 2016

## Représenter une information

Du sens à la mesure  
Mesurer l'information  
De l'analogique au digital



## Exercices

### Qu'est-ce que l'information

- Q1** Proposez différents symbolismes utilisés pour noter un nombre. Donnez l'exemple de leur notation avec le nombre 9. Donnez des inconvénients de votre méthode.
- Q2** Travaillez en paire (ou triplettes). Proposez une méthode pour transmettre d'une personne à une autre le résultat d'un lancer de dé (lancer caché par la première personne, la deuxième doit pouvoir énoncer le résultat). Votre méthode fonctionne-t-elle si le dé comporte 20 faces ? Et si le dé est à six faces mais étiqueté par des couleurs ?

## Qu'est-ce qu'une information ?

### Information

Une information est une donnée que l'on peut interpréter pour se construire une représentation du monde sur laquelle on peut agir.



Claude Shannon a été l'un des premiers à définir l'information comme une quantité mesurable.



L'information de Shannon n'est pas associée au sens ou à la cognition.

- ▶ Il s'est intéressé à quantifier des sources aléatoires
- ▶ L'information diminue l'incertitude sur une source aléatoire
- ▶ On mesure donc la quantité d'information relative à un événement
- ▶ Par exemple, si on a six possibilités pour un dé, l'information permet de savoir quelle face ; ou au moins d'éliminer des possibilités



## Binaire et décimal : unités

- ▶ Un groupe de 8 bits est désigné par le terme *octet*.
- ▶ Abréviations : bit=b, octet=o ou B (anglais). À éviter !
- ▶ Multiples : kilo, mega, giga, tera (voir mémento).

## Un gros kilo ou un petit ?

 kilo-octet souvent  $1\ 024 = 2^{10}$  octets et non  $10^3 = 1\ 000$ .

 Utilisez le contexte !

 Parfois (toujours dans ce cours), préfixe ki ou Mi pour  $2^{10}$  et  $2^{20}$ .

## Octet ou byte ?

En anglais, octet=*byte*. Ne pas confondre un Mb, un MB, un Mib et un MiB.

## Quelques ordres de grandeur

## Quantité

- ▶  $10^3$  bits : carte à bande magnétique
- ▶  $10^6$  bits : un fax d'une page
- ▶  $10^9$  bits : Capacité d'un CD ou du génome humain
- ▶  $10^{12}$  bits : Un disque dur moyen en 2008
- ▶  $10^{15}$  bits : 1/10<sup>e</sup> taille des serveurs de Google
- ▶  $10^{18}$  bits : Tout ce qui est imprimé dans le monde.

## Débit

- ▶ 1 b/s : vieille sonde spatiale (9 b/s), morse (40 b/s)
- ▶  $10^3$  b/s : 2G (9,6 kb/s), modems (56 kb/s)
- ▶  $10^6$  b/s : ADSL (20 Mb/s)
- ▶  $10^9$  b/s : Réseau local Gigabit (1 Gb/s), USB (0,48 Gb/s), Infiniband (60 Gb/s)
- ▶  $10^{12}$  b/s : Trafic total USA cumulé sur internet (12 Tb/s)
- ▶  $10^{15}$  b/s : Trafic total international sur internet (0.5 Pb/s)

## Memento : préfixes et unités

## L'échelle décimale

| Préfixe | Valeur    | Ab. | Préfixe | Valeur     | Ab.   |
|---------|-----------|-----|---------|------------|-------|
| kilo    | $10^3$    | k   | milli   | $10^{-3}$  | m     |
| mega    | $10^6$    | M   | micro   | $10^{-6}$  | $\mu$ |
| giga    | $10^9$    | G   | nano    | $10^{-9}$  | n     |
| tera    | $10^{12}$ | T   | pico    | $10^{-12}$ | p     |
| peta    | $10^{15}$ | P   | exa     | $10^{18}$  | E     |

## L'échelle binaire

| Préfixe | Valeur   |            | Ab.     |
|---------|----------|------------|---------|
| kilo    | $2^{10}$ | 1024       | K ou ki |
| mega    | $2^{20}$ | 1048576    | Mi      |
| giga    | $2^{30}$ | 1073741824 | Gi      |

Seule exception beaucoup utilisée : kilo-octets souvent 1024 octets. Faux pour kilo-bits (toujours 1000 bits).



## Exercices

## Conversions

- Q4** Convertissez  $24 \times 10^8$  bits en Go.
- Q5** Convertissez  $2^{16}$  octets en *Mib*. Donnez une approximation en *Mb*. Quel est l'ordre de grandeur de l'approximation faite ?
- Q6** Un élément d'ordinateur est capable d'émettre 1024 bits en 0,5 nanosecondes. Quel est le débit (quantité d'information divisée par le temps) de cet élément en bits par secondes ? Quelle est la bonne unité pour ce débit ?

## L'information quantifiée

L'information n'est pas toujours disponible dans la nature sous forme digitale. Il est donc nécessaire, pour la faire traiter par un ordinateur, de la digitaliser.

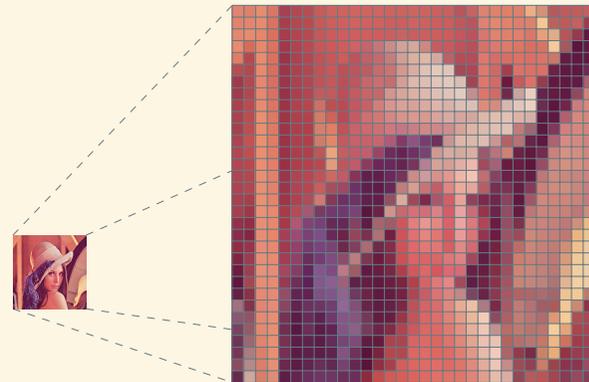
La digitalisation se fait presque toujours de la même façon :

- ▶ Filtrage perceptuel physique
- ▶ Découpage (volumique) (pour les phénomènes multidimensionnels)
- ▶ Échantillonnage (pour les phénomènes temporels)
- ▶ Quantification (réduction à un nombre d'états finis)
- ▶ Filtrage perceptuel numérique

Nous reverrons un peu mieux ces notions ultérieurement. Les deux premières étapes forment la *discrétisation* (spatiale ou temporelle), et la troisième la *quantification*.

## L'information discrétisée

Découpage spatial ou pixellisation



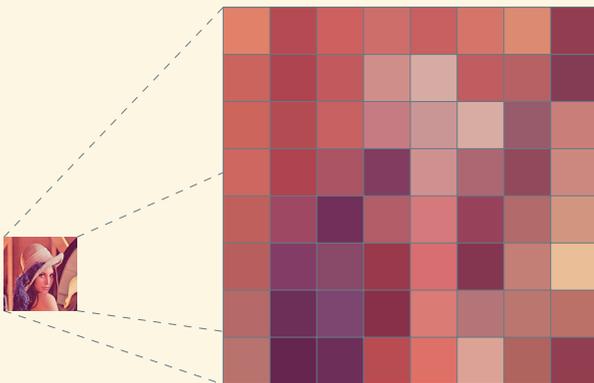
⚠ La résolution d'échantillonnage influe sur la fidélité de l'image

⊖ L'information est perdue : on ne peut pas retrouver la précision.

💻 Source de l'image : Image Lena <http://www.cs.cmu.edu/~chuck/lennapp/>

## L'information discrétisée

Découpage spatial ou pixellisation



⚠ La résolution d'échantillonnage influe sur la fidélité de l'image

⊖ L'information est perdue : on ne peut pas retrouver la précision.

💻 Source de l'image : Image Lena <http://www.cs.cmu.edu/~chuck/lennapp/>

## L'information discrétisée

Découpage spatial ou pixellisation



⚠ La résolution d'échantillonnage influe sur la fidélité de l'image

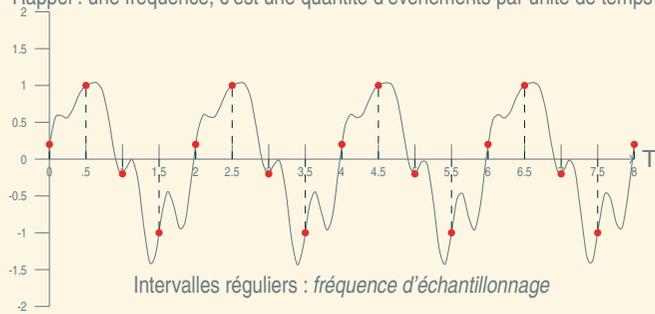
⊖ L'information est perdue : on ne peut pas retrouver la précision.

💻 Source de l'image : Image Lena <http://www.cs.cmu.edu/~chuck/lennapp/>

### L'information discrétisée

Échantillonnage temporel

Rappel : une fréquence, c'est une quantité d'événements par unité de temps ( $1\text{Hz} = 1\text{s}^{-1}$ ).



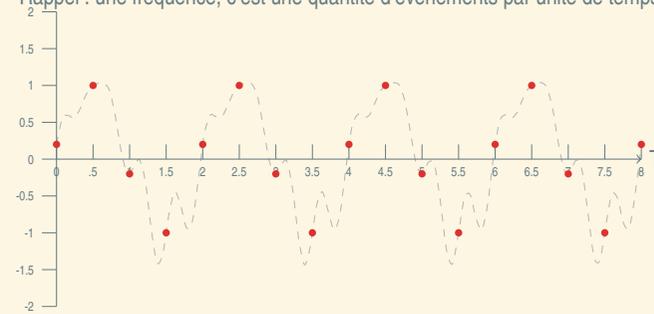
 Pour pouvoir reconstruire exactement un signal périodique qui peut être décomposé avec une fréquence maximale, sa fréquence d'échantillonnage  $f_e$  doit vérifier (Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon) :

$$f_e \geq 2f_{\text{Max}}$$

### L'information discrétisée

Échantillonnage temporel

Rappel : une fréquence, c'est une quantité d'événements par unité de temps ( $1\text{Hz} = 1\text{s}^{-1}$ ).



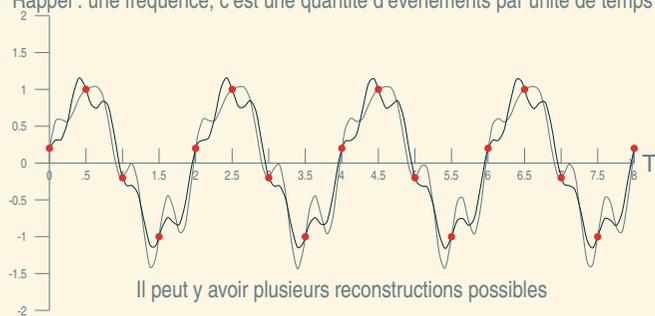
 Pour pouvoir reconstruire exactement un signal périodique qui peut être décomposé avec une fréquence maximale, sa fréquence d'échantillonnage  $f_e$  doit vérifier (Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon) :

$$f_e \geq 2f_{\text{Max}}$$

### L'information discrétisée

Échantillonnage temporel

Rappel : une fréquence, c'est une quantité d'événements par unité de temps ( $1\text{Hz} = 1\text{s}^{-1}$ ).



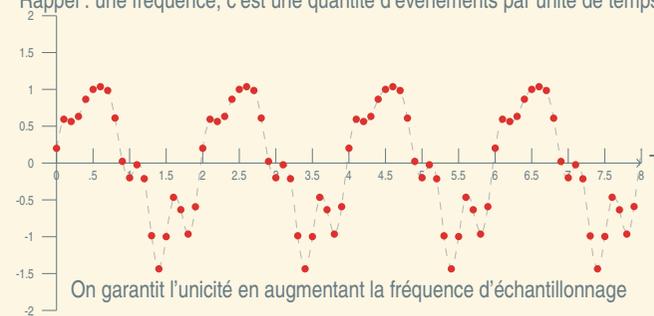
 Pour pouvoir reconstruire exactement un signal périodique qui peut être décomposé avec une fréquence maximale, sa fréquence d'échantillonnage  $f_e$  doit vérifier (Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon) :

$$f_e \geq 2f_{\text{Max}}$$

### L'information discrétisée

Échantillonnage temporel

Rappel : une fréquence, c'est une quantité d'événements par unité de temps ( $1\text{Hz} = 1\text{s}^{-1}$ ).



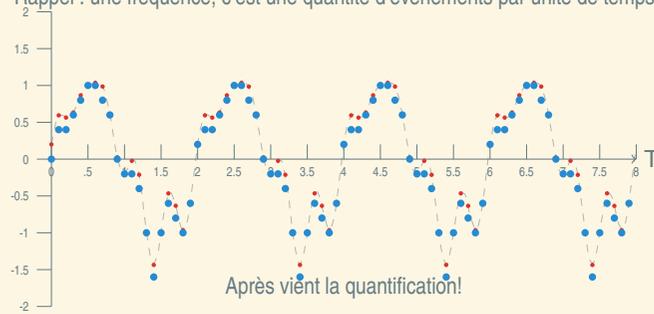
 Pour pouvoir reconstruire exactement un signal périodique qui peut être décomposé avec une fréquence maximale, sa fréquence d'échantillonnage  $f_e$  doit vérifier (Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon) :

$$f_e \geq 2f_{\text{Max}}$$

## L'information discrétisée

### Échantillonnage temporel

Rappel : une fréquence, c'est une quantité d'événements par unité de temps ( $1\text{Hz} = 1\text{s}^{-1}$ ).



 Pour pouvoir reconstruire exactement un signal périodique qui peut être décomposé avec une fréquence maximale, sa fréquence d'échantillonnage  $f_e$  doit vérifier (*Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon*) :

$$f_e \geq 2f_{\text{Max}}$$

## L'information quantifiée

### Quantification

Cette opération réduit un signal à des *quanta* (singulier *quantum*) en nombre limité. Le nombre de *quanta* possibles s'appelle la *valence*.

La reconstruction exacte du signal n'est plus possible, mais reste souvent proche de l'original.

### Exemple

Signal électrique Une tension électrique comprise entre 0 (large) et 10 V (strict) peut ainsi être réduite à 10 quanta : 0 V, 1 V, ..., 9 V.

Le nombre de bits nécessaires pour coder un état du signal peut être exprimé par

$$k = \lceil \log_2 V \rceil.$$



Beaucoup plus sur la quantification des images plus tard.



## Exercices

### Signal électrique

- Q7** Un signal électrique qui va de 0 à 2,559 V est quantifié sur un quantum de 0,01 V. Quel est le nombre de quanta ? Quelle quantité d'information est transportée par un quantum ?
- Q8** Ce signal est périodique, et se décompose avec des fréquences maximales qui vont jusqu'à 10 kHz. Quelle est le débit d'information nécessaire pour reconstituer ce signal à l'identique ?
- Q9** Quelle est la taille de l'information nécessaire pour enregistrer ce signal pendant une heure ?

### CD audio

- Q10** Un CD audio contient de la musique échantillonnée en stéréo sur 16 bits par piste à 44100 Hz (nombre d'échantillons par seconde). Il dure environ 80 minutes. Calculez (de tête) l'ordre de grandeur de la quantité d'information écrite dans un CD audio.

## Le jeu du fakir (1)

Est-ce que le nombre choisi est impair ?

## Le jeu du fakir (2)

Est-ce que le nombre choisi fait partie de ceux-ci :

|    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2  | 3  | 6  | 7  | 10 | 11 | 14 | 15 |
| 18 | 19 | 22 | 23 | 26 | 27 | 30 | 31 |
| 34 | 35 | 38 | 39 | 42 | 43 | 46 | 47 |
| 50 | 51 | 54 | 55 | 58 | 59 | 62 | 63 |
| 66 | 67 | 70 | 71 | 74 | 75 | 78 | 79 |
| 82 | 83 | 86 | 87 | 90 | 91 | 94 | 95 |
| 98 | 99 |    |    |    |    |    |    |

## Le jeu du fakir (3)

Est-ce que le nombre choisi fait partie de ceux-ci :

|     |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| 4   | 5  | 6  | 7  | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 20  | 21 | 22 | 23 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| 36  | 37 | 38 | 39 | 44 | 45 | 46 | 47 |
| 52  | 53 | 54 | 55 | 60 | 61 | 62 | 63 |
| 68  | 69 | 70 | 71 | 76 | 77 | 78 | 79 |
| 84  | 85 | 86 | 87 | 92 | 93 | 94 | 95 |
| 100 |    |    |    |    |    |    |    |

## Le jeu du fakir (4)

Est-ce que le nombre choisi fait partie de ceux-ci :

|    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 |
| 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 |
| 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 |
| 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 |

## Le jeu du fakir (5)

Est-ce que le nombre choisi fait partie de ceux-ci :

|    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 |
| 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 |
| 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 |
| 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 |

## Le jeu du fakir (6)

Est-ce que le nombre choisi fait partie de ceux-ci :

|    |    |    |    |     |    |    |    |
|----|----|----|----|-----|----|----|----|
| 32 | 33 | 34 | 35 | 36  | 37 | 38 | 39 |
| 40 | 41 | 42 | 43 | 44  | 45 | 46 | 47 |
| 48 | 49 | 50 | 51 | 52  | 53 | 54 | 55 |
| 56 | 57 | 58 | 59 | 60  | 61 | 62 | 63 |
| 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |    |    |    |

## Le jeu du fakir (7)

Est-ce que le nombre choisi est strictement plus grand que 63 ?  
Le nombre est... [Retour](#)