

Introduction à l'informatique

Les bits

Jean-Christophe Dubacq

IUT de Villetaneuse

S1 2016

Plan

1 Représenter une information

Du sens à la mesure

Mesurer l'information

De l'analogique au digital

2 Annexe

Plan

1 Représenter une information

Du sens à la mesure

Mesurer l'information

De l'analogique au digital

2 Annexe



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 associé 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

La vision cognitive de l'information



On ne sait pas mesurer le *sens* des choses.



Une même information peut avoir plusieurs représentations très distinctes.



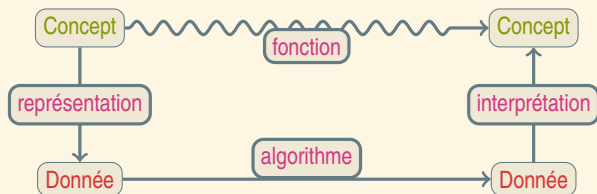
Le nombre quatorze : 14 ou XIV ou IIIIIIIIIIIIII



Une même donnée peut être interprétée de plusieurs façons → informations très distinctes.



Inversement : XIV est un mot ou un nombre



L'information digitale

- ▶ Les systèmes d'informations (et les ordinateurs en particulier) ne sont pas équipés pour traiter n'importe quel type de données.
- ▶ Toutes les informations sont représentées sous forme de nombres pour être traitées par les ordinateurs.
- ▶ Le monde réel est *analogique*, la représentation des ordinateurs est *numérique* (ou *digitale*).
- ▶ Nous considérerons que nous avons toujours affaire à des problèmes représentables par des nombres.



Exercices

Digital ou analogique ?

Q3 Est-ce que les données suivantes sont digitales ou analogiques :

- ▶ Le fait d'avoir un rendez-vous à une certaine heure un certain jour
- ▶ La pression de l'air
- ▶ Le résultat (stable) d'un dé
- ▶ Votre nom de famille
- ▶ Votre nombre de frères et sœurs
- ▶ Votre taille
- ▶ La couleur de vos yeux

Plan

1 Représenter une information

Du sens à la mesure

Mesurer l'information

De l'analogique au digital

2 Annexe

L'information mesurée

bit

Le bit est la quantité d'information qui permet de choisir complètement entre deux issues distinctes d'un événement.

Le mot de *bit* est l'abréviation de *binary digit*.

Mesure de l'information

Pour exprimer k choix possibles distincts, il faut $\lceil \log_2(k) \rceil$ bits distincts. ($\lceil x \rceil$ est l'arrondi par dessus).
 k bits d'information permettent de distinguer 2^k choix.

Exemple (Jeu du fakir)


Je peux deviner n'importe quel nombre entre 0 et 100 par 7 questions à réponse oui ou non ($\lceil \log_2(100) \rceil = 7$).


▶ Tester


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.

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}	μ
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).

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^e 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)



Exercices

Conversions

- Q4** Convertissez 24×10^8 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 ?

Plan

1 Représenter une information

Du sens à la mesure

Mesurer l'information

De l'analogique au digital

2 Annexe

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/lennapg/>

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.

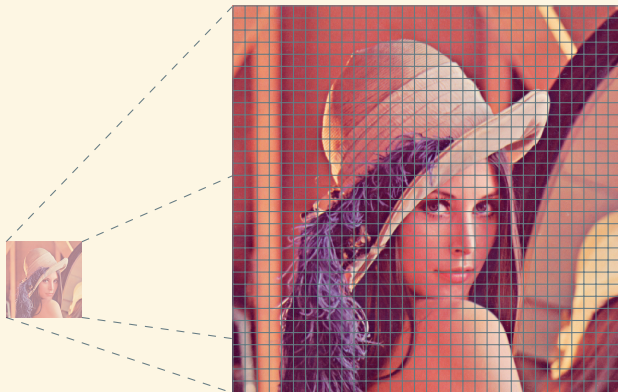


Source de l'image : Image Lena

<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.

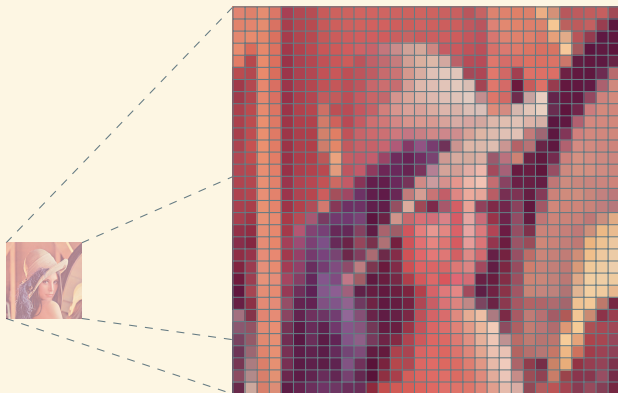


Source de l'image : Image Lena

<http://www.cs.cmu.edu/~chuck/lennapg/>

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.

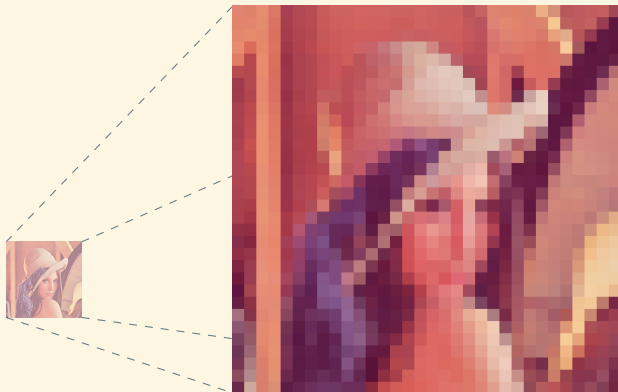


Source de l'image : Image Lena

<http://www.cs.cmu.edu/~chuck/lennapg/>

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.

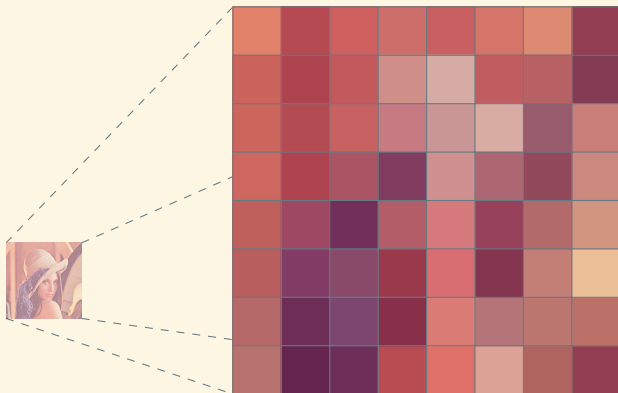


Source de l'image : Image Lena

<http://www.cs.cmu.edu/~chuck/lennapg/>

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.

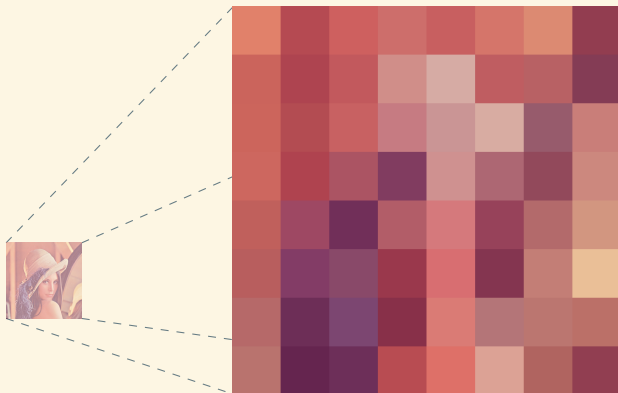


Source de l'image : Image Lena

<http://www.cs.cmu.edu/~chuck/lennapg/>

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.

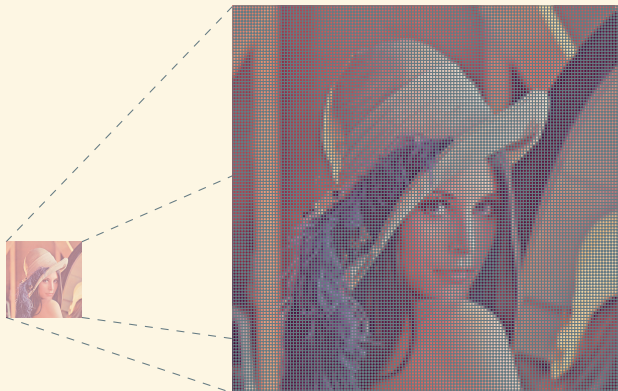


Source de l'image : Image Lena

<http://www.cs.cmu.edu/~chuck/lennapg/>

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.

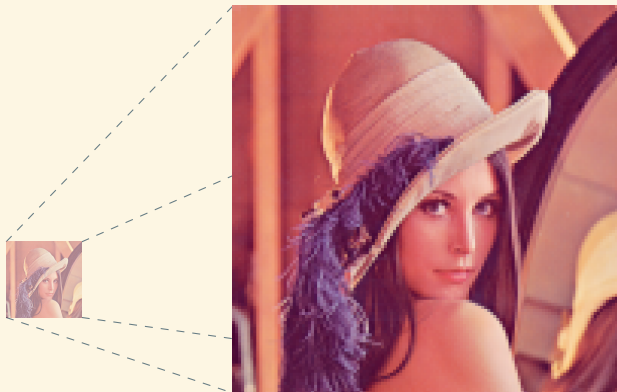


Source de l'image : Image Lena

<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.



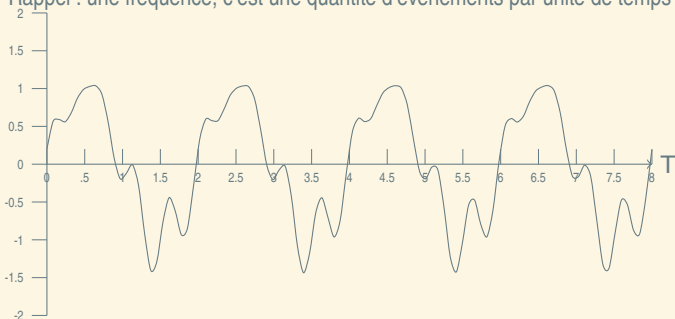
Source de l'image : Image Lena

<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 ($1\text{ Hz} = 1\text{ s}^{-1}$).



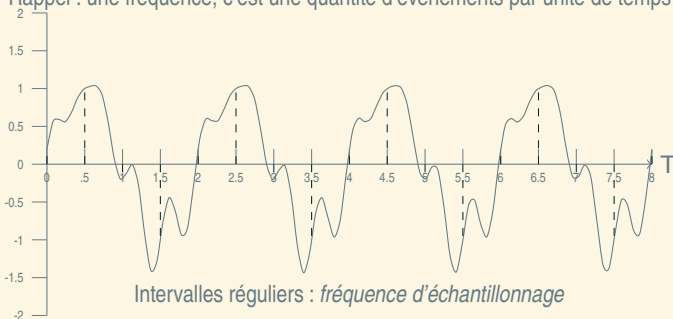
Pour pouvoir reconstruire exactement un signal périodique qui peut être décomposé avec une fréquence maximale, sa fréquence d'échantillonnage f_e doit vérifier (*Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon*) :

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

L'information discrétisée

Échantillonnage temporel

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



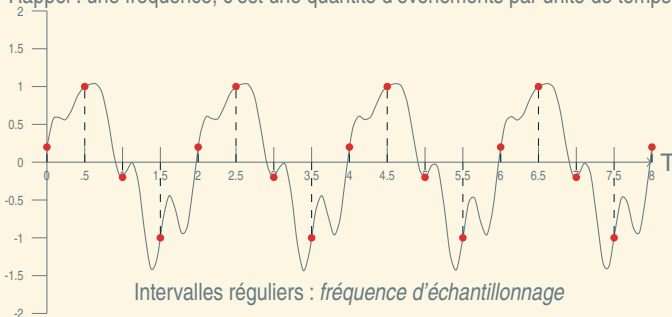
Pour pouvoir reconstruire exactement un signal périodique qui peut être décomposé avec une fréquence maximale, sa fréquence d'échantillonnage f_e doit vérifier (*Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon*) :

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

L'information discrétisée

Échantillonnage temporel

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



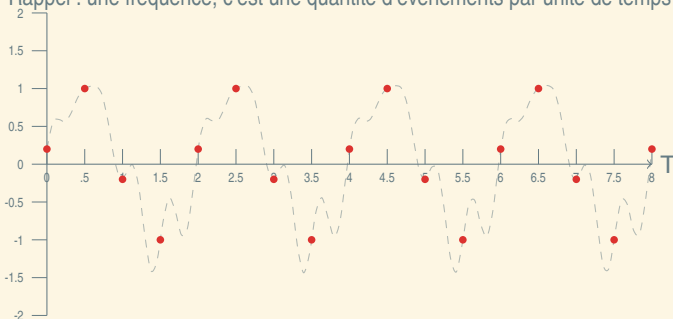
Pour pouvoir reconstruire exactement un signal périodique qui peut être décomposé avec une fréquence maximale, sa fréquence d'échantillonnage f_e doit vérifier (*Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon*) :

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

L'information discrétisée

Échantillonnage temporel

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



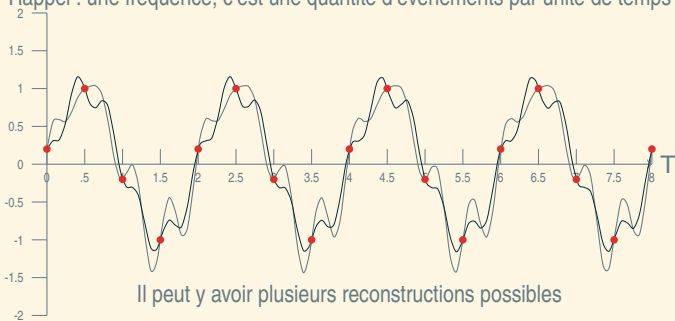
Pour pouvoir reconstruire exactement un signal périodique qui peut être décomposé avec une fréquence maximale, sa fréquence d'échantillonnage f_e doit vérifier (*Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon*) :

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

L'information discrétisée

Échantillonnage temporel

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



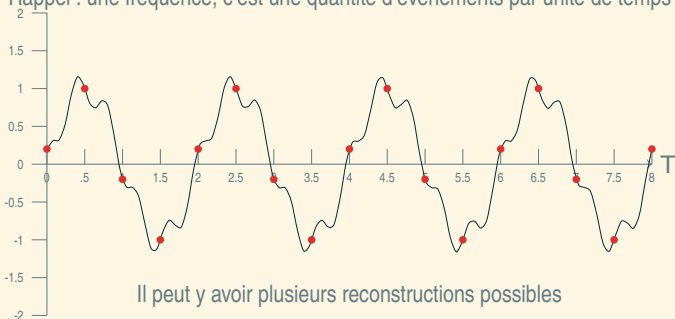
Pour pouvoir reconstruire exactement un signal périodique qui peut être décomposé avec une fréquence maximale, sa fréquence d'échantillonnage f_e doit vérifier (*Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon*) :

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

L'information discrétisée

Échantillonnage temporel

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



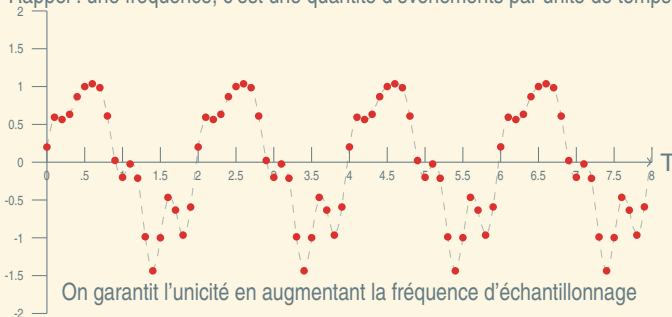
Pour pouvoir reconstruire exactement un signal périodique qui peut être décomposé avec une fréquence maximale, sa fréquence d'échantillonnage f_e doit vérifier (*Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon*) :

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

L'information discrétisée

Échantillonnage temporel

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



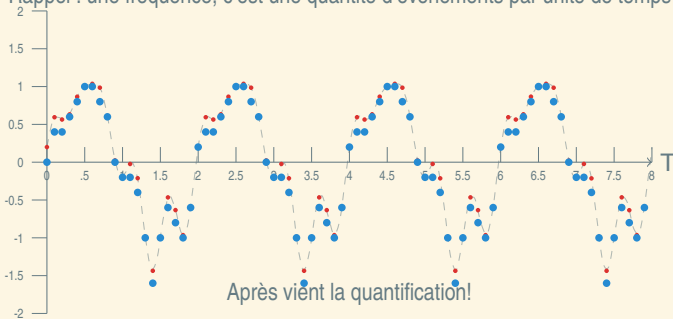
Pour pouvoir reconstruire exactement un signal périodique qui peut être décomposé avec une fréquence maximale, sa fréquence d'échantillonnage f_e doit vérifier (*Théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon*) :

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

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.

Annexe

Le jeu du fakir

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](#)

Le jeu du fakir (7)

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