

# *Décoder le codage de l'information*



- **Tout se code en binaire: des images aux émotions (...presque).**
- **Compter en binaire est beaucoup moins fatiguant !**
- **Manipuler l'information avec mécanismes généraux.**
- **Quand l'information devient une quantité qui se mesure.**
- **De l'information aux données: typer et structurer l'information.**
- **Les politiques devraient elles (et surtout ils) suivre ce cours.**
- **De quoi n'a-t-on pas parlé ici ?**

Références:

- Ce que le programme scolaire dit:

<https://pixees.fr/wp-content/uploads/2015/11/%C3%80-propos-des-nv-programmes-scolaires.pdf>

- Ce que le manuel ISN offre:

[https://wiki.inria.fr/sciencinfolycee/Informatique\\_et\\_Sciences\\_du\\_Numérique\\_-\\_Spécialité\\_ISN\\_en\\_Terminale\\_S](https://wiki.inria.fr/sciencinfolycee/Informatique_et_Sciences_du_Numérique_-_Spécialité_ISN_en_Terminale_S)

- Ces notes de cours :

<https://www.dropbox.com/sh/35nfebavekq95mn/AAAIM7UQ8TjS7cXQaOdHQVKda?dl=0>

Illustrations: Toutes les images sont en CC-BY-NC (Images perso, de wikipédia ou du manuel ISN).

# Tout se code en binaire



**Samuel Morse** (1791 - 1872) est l'inventeur d'un code, dans lequel chaque lettre est exprimée par une alternance de sons brefs symbolisés par « . » et longs « – », utilisé pour télégraphier des textes. La lettre « a » y est exprimée par les sons « . – », la lettre « b » par les sons « – ... », etc. Artiste peintre, Samuel Morse s'est intéressé aux télécommunications après qu'en 1825, un message lui annonçant que sa femme était malade ne lui est pas parvenu à temps.



*Il y a 10 catégories de personnes :  
celles qui savent compter en binaire  
et celles qui ne savent pas..*

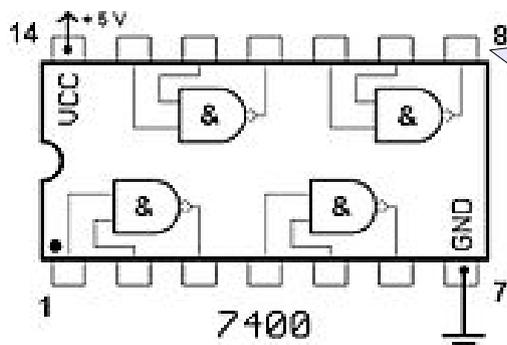
# L'atome d'information



“Euh” versus “Oui ou Non” :)

Contexte	Valeurs	
Logique	faux	vrai
	non	oui
Numérique	0	1

(: əɪnɜːrʒɪ no

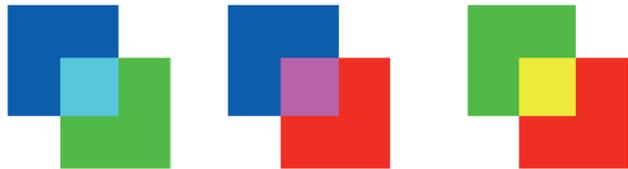


OUI	0 0
NON	0 1
BOF	1 *

# Comment se code une image



```
oooos$
oo$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$
oo$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$o  o$  $$  o$
o $ oo  o$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$o  $$  $$  $o$
oo $ $ "$  o$$$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$o  $$$o$$$$
"$$$$$$$o$  o$$$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$o  $$$$$$$$
$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$  $$$
$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$$$$$$$$$  "$"$$$
"$$$""  "$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$  "$$$
$$$  o$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$  "$$$o
o$$"  $$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$  $$$o
$$$  $$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$  "$$$$$o$$$$o$$$$$
o$$$$o$$$$$$$$  $$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$  o$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$
$$$$$$$$"$$$$  $$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$  $$$$""""""""
""""  $$$$  "$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$  o$$$$
"$$$o  ""$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$  $$$
$$$o  "$$$"$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$  $$$$
$$$$$  "$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$  o$$$$"
"$$$$$o  o$$$$$$$$o"$$$$$  o$$$$$
"$$$$$oo  ""$$$$o$$$$$o  o$$$$$"
""$$$$$oooo  "$$o$$$$$$$$$$$$"
""$$$$$$$$o  $$$$$$$$$$$$$$$
""$$$$$$$$o  $$$$$$$$$$$$$$$
""""$$$$$$$$$$$$$
```



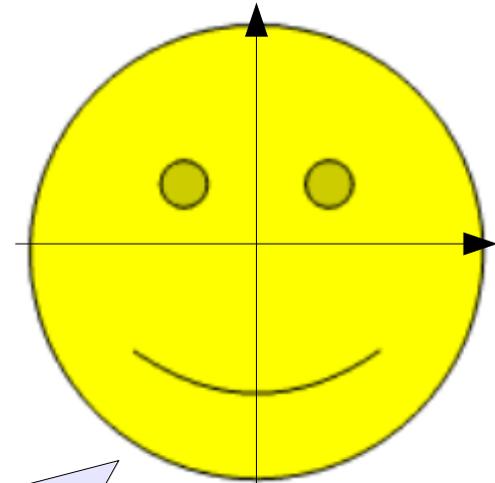
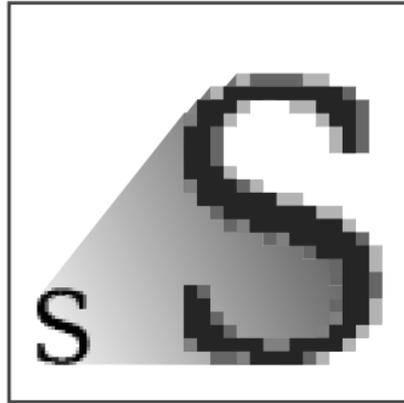
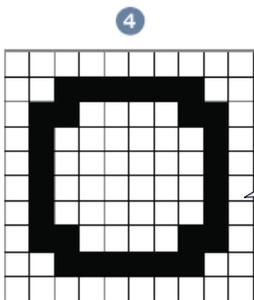
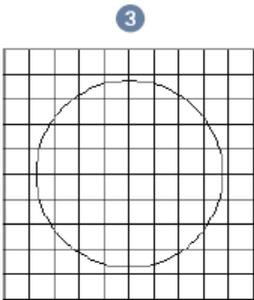
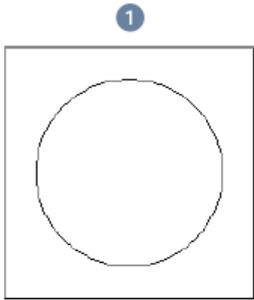
1111  
1000  
1110  
0001  
1111

S



11111000111000011111

# La différence entre photo et croquis



```
P1
# Mon premier fichier PBM : cercle
10 10
0000000000
0011111100
0110000110
0100000010
0100000010
0100000010
0100000010
0110000110
0011111100
0000000000
```

PBM (*Portable BitMap*).

```
[
  { 'form' : 'circle', 'x' : 0, 'y' : 0, 'radius' : 100,
    'background-color': 'yellow' },
  { 'form' : 'circle', 'x' : -20, 'y' : 20, 'radius' : 5,
    'background-color': 'goose-shit' },
  { 'form' : 'circle', 'x' : 20, 'y' : 20, 'radius' : 5,
    'background-color': 'goose-shit' },
  { 'form' : 'circle', 'x' : 0, 'y' : 20, 'radius' : 100,
    'angular-bound' : [ -0.5, 0.5] }
]
```

# Textes, Sons ... ADN

Decimal	Char	Decimal	Char	Decimal	Char
32	[SPACE]	64	@	96	`
33	!	65	A	97	a
34	"	66	B	98	b
35	#	67	C	99	c
36	\$	68	D	100	d
37	%	69	E	101	e
38	&	70	F	102	f
39	'	71	G	103	g
40	(	72	H	104	h
41	)	73	I	105	i
42	*	74	J	106	j
43	+	75	K	107	k
44	,	76	L	108	l
45	-	77	M	109	m
46	.	78	N	110	n
47	/	79	O	111	o
48	0	80	P	112	p
49	1	81	Q	113	q
50	2	82	R	114	r
51	3	83	S	115	s
52	4	84	T	116	t
53	5	85	U	117	u
54	6	86	V	118	v
55	7	87	W	119	w
56	8	88	X	120	x
57	9	89	Y	121	y
58	:	90	Z	122	z
59	;	91	[	123	{
60	<	92	\	124	
61	=	93	]	125	}
62	>	94	^	126	~
63	?	95	_	127	[DEL]

## UTF-8 encoded x

byte 0	byte 1	byte 2	byte 3
_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _

0xxxxxxx

110yyyyy10zzzzzz

1110xxxx10yyyyyy10zzzzzz

11110www10xxxxxx10yyyyyy10zzzzzz

0123456789 : ; < = > ?

PQRSTUVWXYZ [\] ^ \_

pqrstuvwxyz { | } ??

タチツテトナニヌネノハヒフヘホマ

ミムメモヤヨラリルレロワヅ〃〃

むめもややゆゆよよらりるれろわわ

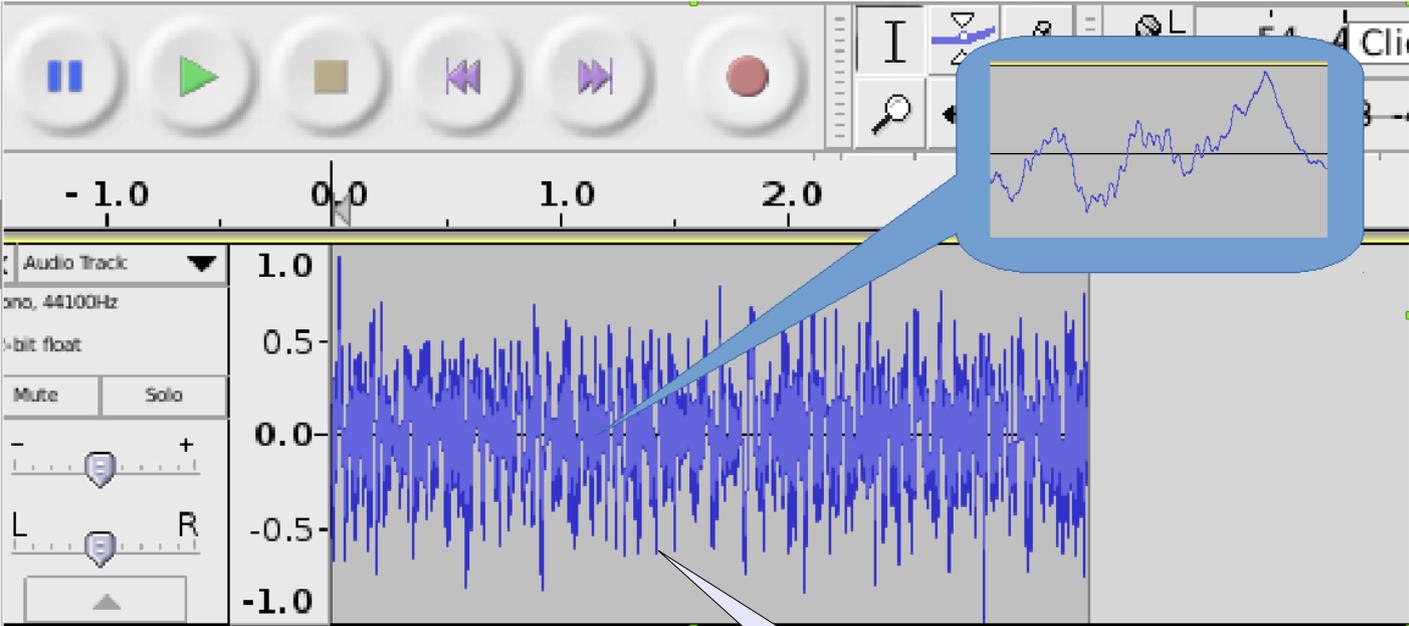
る euro:€ ♣♥♦ ♪xцчшщѠIKAMEεēËĜĝ

↑→↓↔制刷券刹刺刻翹翻翼會

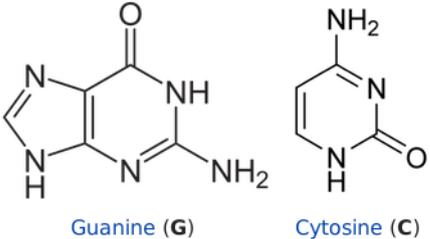
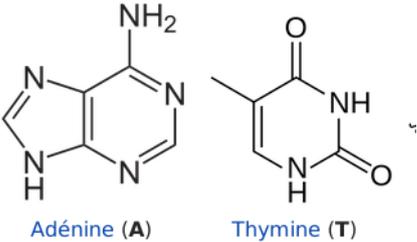
# Textes, Sons ... ADN

000	001	010	011
			
100	101	110	111
			

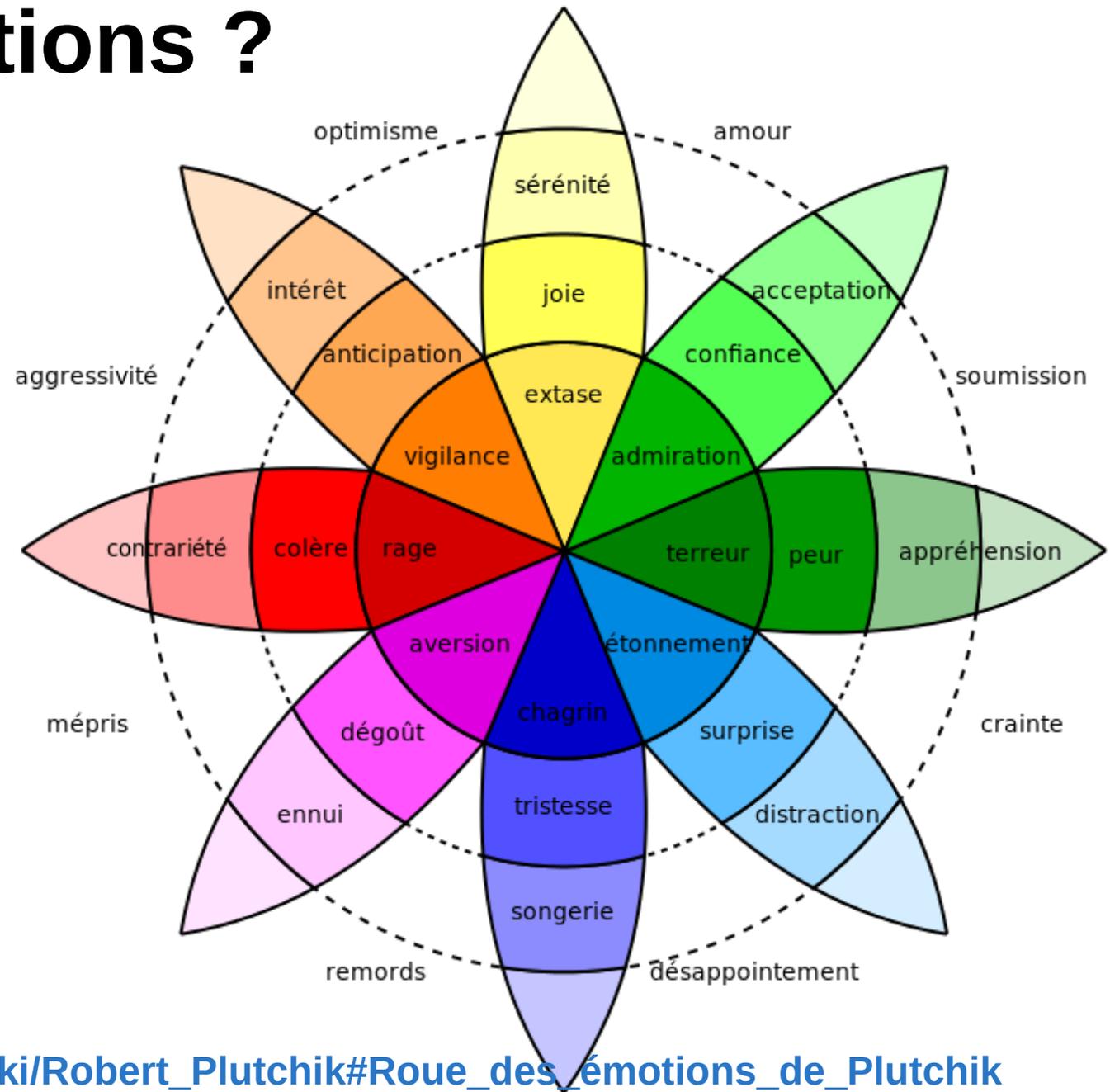
# Textes, Sons ... ADN



## Bases nucléiques



# Et les émotions ?



[https://fr.wikipedia.org/wiki/Robert\\_Plutchik#Roue\\_des\\_émotions\\_de\\_Plutchik](https://fr.wikipedia.org/wiki/Robert_Plutchik#Roue_des_émotions_de_Plutchik)

# Compter en binaire

est beaucoup moins fatiguant :)

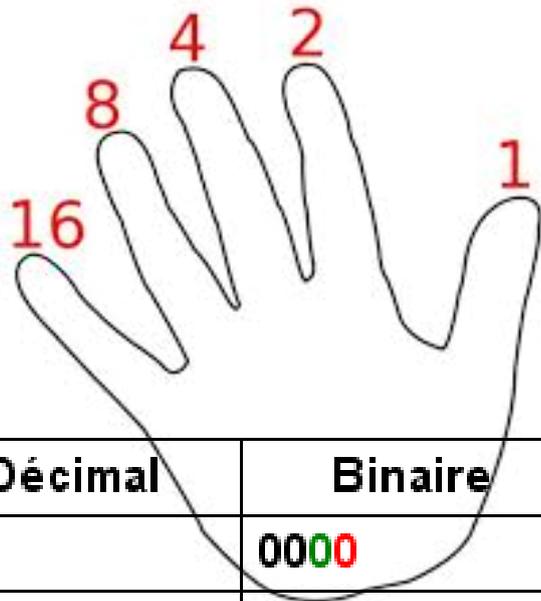


Le livre de l'addition et de la soustraction d'après le calcul indien de **Muhammad al-Khwarizmi** (783 ? - 850 ?), qui présente la numération décimale à position et des algorithmes permettant d'effectuer les opérations sur les nombres exprimés dans ce système, a été le vecteur de la diffusion de ce système de numération dans le bassin méditerranéen. Le mot *algorithme* est dérivé du nom d'al-Khwarizmi et le mot *algèbre* (*al-jabr*) du titre d'un autre de ses livres.



«Avec tes bits tu me fous le Boole»  
un ado.

# Vous savez *déjà* compter en binaire



Décimal	Binaire
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

Addition:

$$\begin{array}{r} 0\ 1\ 0\ 0 \\ +\ 1\ 1\ 0\ 1 \\ \hline 1\ 10\ 10\ 0\ 1 \end{array}$$



La table de multiplication:

X	0	1
0	0	0
1	0	1

# [Dé]Coder les dizaines en deuzaines.

77 | 2  
1 | 38 | 2  
0 | 19 | 2  
1 | 9 | 2  
1 | 4 | 2  
0 | 2 | 2  
0 | 1

Lecture  
du résultat

128 64 32 16 8 4 2 1  
1 0 0 1 1 0 1 1

---

128 + 0 + 0 + 16 + 8 + 0 + 2 + 1  
= 155

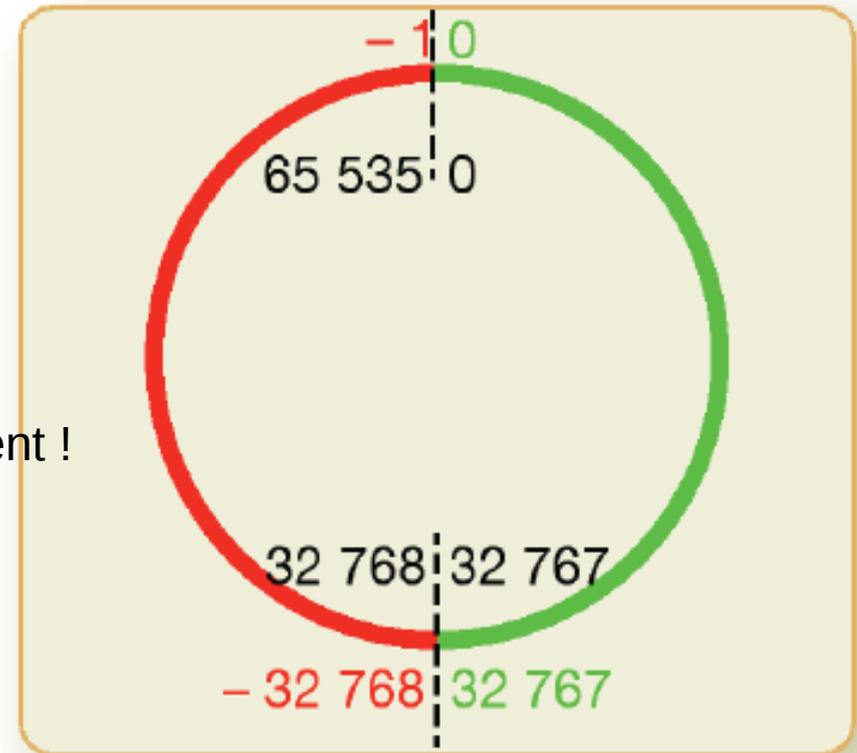
# Codage des nombres relatifs et réels

Ajouter les nombres négatifs :

$$-X \rightarrow (!X) + 1 = 2^N - X$$

Et hop : on calcule comme usuellement !

Structurer les nombres décimaux :



## Standard IEEE 754 (1985)

Double précision sur 64 bits :

1 bit de signe de la mantisse

11 bits pour l'exposant

52 bits pour la mantisse



$$X = -1^{SM} M 2^E$$

# On peut même calculer logiquement

0 fois 0 : 0, 0 fois 1 : 1, 1 fois 1 : 1 ... ET voilà ! (calcul Booléen)

non(x)

x	non(x)
0	1
1	0

et(x,y)

x	y	et(x,y)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ou(x,y)

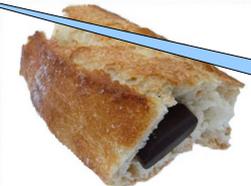
x	y	ou(x,y)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Si x alors z sinon y

x	y	z	non(x)	non(x) et y	x et z	(non(x) et y) ou (x et z)
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1	1

X

Z



y

Grand ou Beau → OU  
Beau ou Petit → XOR

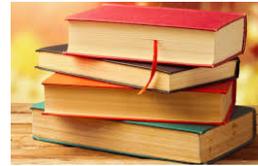
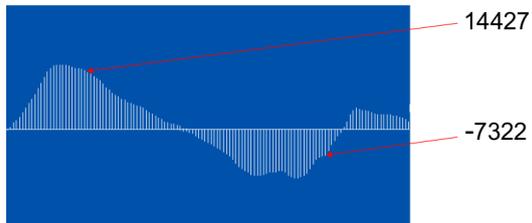
**Calculer est plus que compter !  
Le raisonnement devient ... calcul !**



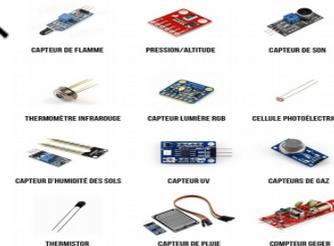
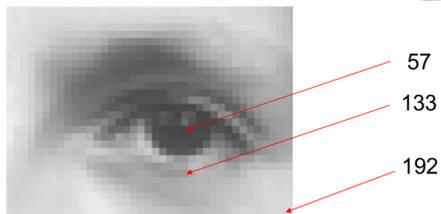
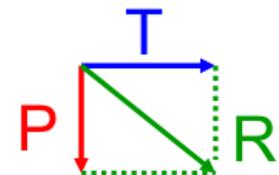
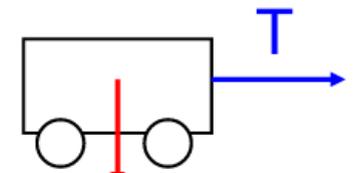


# Toute information se numérise

Quelle est la différence entre une platine de DJ et un lecteur mp3 ?



01100110111101  
10010011101100



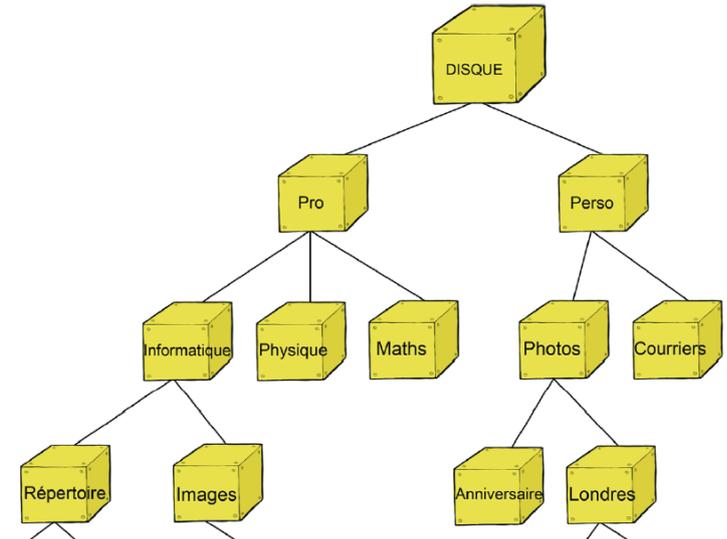
# Mémoriser, Chiffrer, Ranger, ...

Des mécanismes universels.

Bien ranger et protéger ses informations :



« Zhqm, zmgm, zmfm. » (Jules César, 47 av. J.-C.)



Compresser ce que l'oeil ne voit pas :



Copier coûte ``presque rien`` :

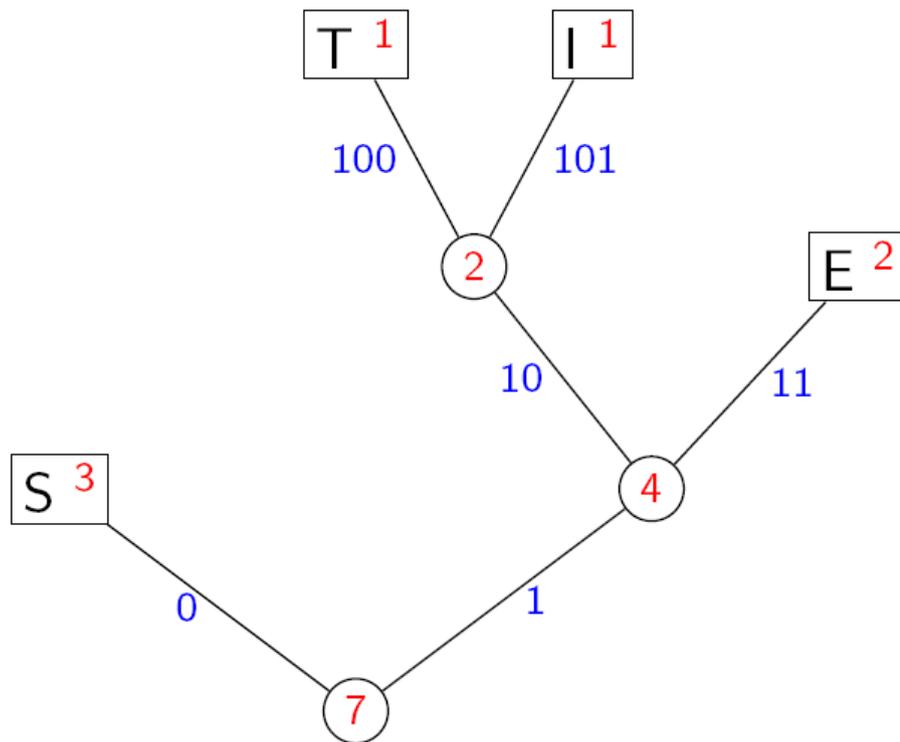
0.00...01€



# Compresser, Transmettre, ...

Des mécanismes universels.

Utiliser des codes qui minimisent la taille des données :



TISSEES

T 1

I 1

E 2

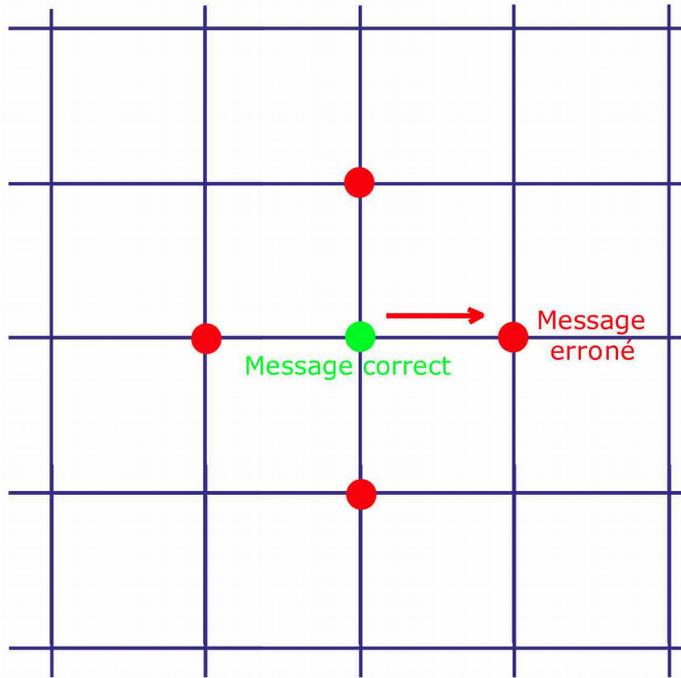
S 3

Lettre	Fréquence	Lettre	Fréquence
A	8.40 %	N	7.13 %
B	1.06 %	O	5.26 %
C	3.03 %	P	3.01 %
D	4.18 %	Q	0.99 %
E	17.26 %	R	6.55 %
F	1.12 %	S	8.08 %
G	1.27 %	T	7.07 %
H	0.92 %	U	5.74 %
I	7.34 %	V	1.32 %
J	0.31 %	W	0.04 %
K	0.05 %	X	0.45 %
L	6.01 %	Y	0.30 %
M	2.96 %	Z	0.12 %

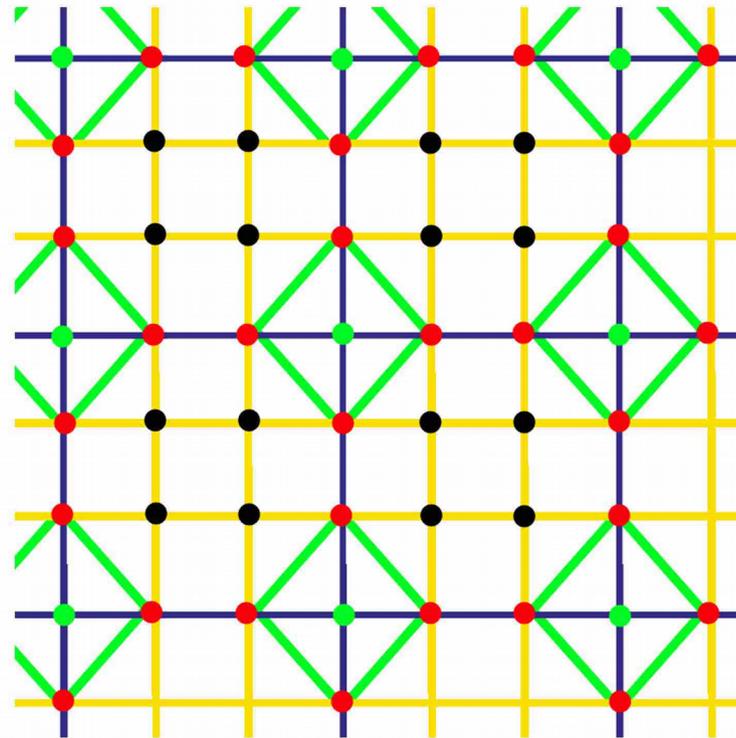
# Compresser, Transmettre, ...

Des mécanismes universels.

Utiliser des codes qui corrigent les erreurs :



Code sans redondance



Code correcteur

On on on p... même même même corriger carroger curriger d... erreurs erreurs erreurs

# Mesurer l'information.

L'informatique est une science alors !?!



**Claude Shannon** (1916 - 2001), a montré en 1949, en s'appuyant sur des travaux antérieurs de Harry Nyquist, que la fréquence d'échantillonnage d'un son, et plus généralement d'un signal, doit être au moins le double de la fréquence maximale contenue dans ce son, pour que le son puisse être restitué à partir de l'échantillon. Il a également montré comment décrire les circuits électroniques par des fonctions booléennes (voir le chapitre 13) et comment exprimer toutes les fonctions booléennes et arithmétiques à l'aide des fonctions booléennes élémentaires



*“allo papa ? ça y est j'ai accouché !”  
“oh merveilleux !! Alors : fille ou garçon ?”  
“oui”*

# Combien pèse l'information.

- *Le poids c'est le nombre de bits pour coder une information.*
- *Deux informations non redondantes s'ajoutent.*



- Combien pèse facebook ?

500 T/j !

- Combien ça consomme de notre planète ?

- Quelle pérennité future ?

un kilo (binaire) est  $1\ 024 (2^{10})$ ,  
un méga (binaire)  $1\ 048\ 576 (2^{20})$ ,  
un giga (binaire)  $1\ 073\ 741\ 824 (2^{30})$ ,  
un téra (binaire)  $1\ 099\ 511\ 627\ 776 (2^{40})$ .



# Mesurer la complexité de l'information.

Dans la suite :

00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000 00000

il y a sûrement moins d'information que dans la suite :

26535 89793 23846 26433 83279 50288 41971 69399

**Complexité:** la *longueur* du plus petit programme qui génère le message

- Notion stable à une constante près.
- Le calcul général dure ... un temps infini !

**Profondeur:** le *temps de calcul* de ce plus petit programme.

Une suite vraiment aléatoire infinie n'a pas de programme qui la génère.

*incompressibilité = imprévisibilité = absence de structure*

# De l'information aux données

typer et structurer l'information.



En 1989, **Tim Berners-Lee** (1955 – ) a proposé un outil aux nombreux chercheurs de l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN) pour partager de grandes quantités d'informations : insérer dans des textes des liens vers d'autres textes, situés sur d'autres ordinateurs, auxquels on accède à travers le réseau Internet. Cette toile d'araignée de liens a vite trouvé un nom : le Web. Tim Berners Lee est l'auteur du langage HTML et du premier navigateur : Nexus.

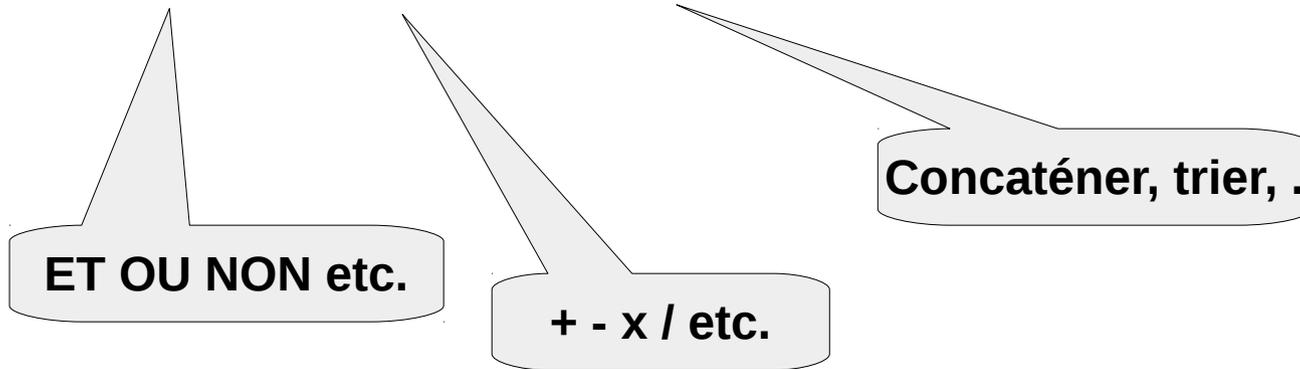


*Cher Client,  
Avant dans notre banque tu n'étais  
qu'un simple numéro.  
Maintenant avec l'informatique tu es  
beaucoup plus: 11 digits, 36  
caractères alphanumériques et  $N$   
 $p^{*****}$  d'autres numéros.*

# Typage chaque information.

Quelle est la différence entre  $1+1$  et  $"1"+"1"$  ?

Booléens, Nombres et Chaînes : à chaque type ses opérations.



Paramètres du serveur sortant

Serveur SMTP

smtp.inria.fr

Port

587

Type de sécurité

TLS (accepter tous les certificats)

Connexion requise

Nom d'utilisateur

vthierry

Mot de passe

.....

Suivant

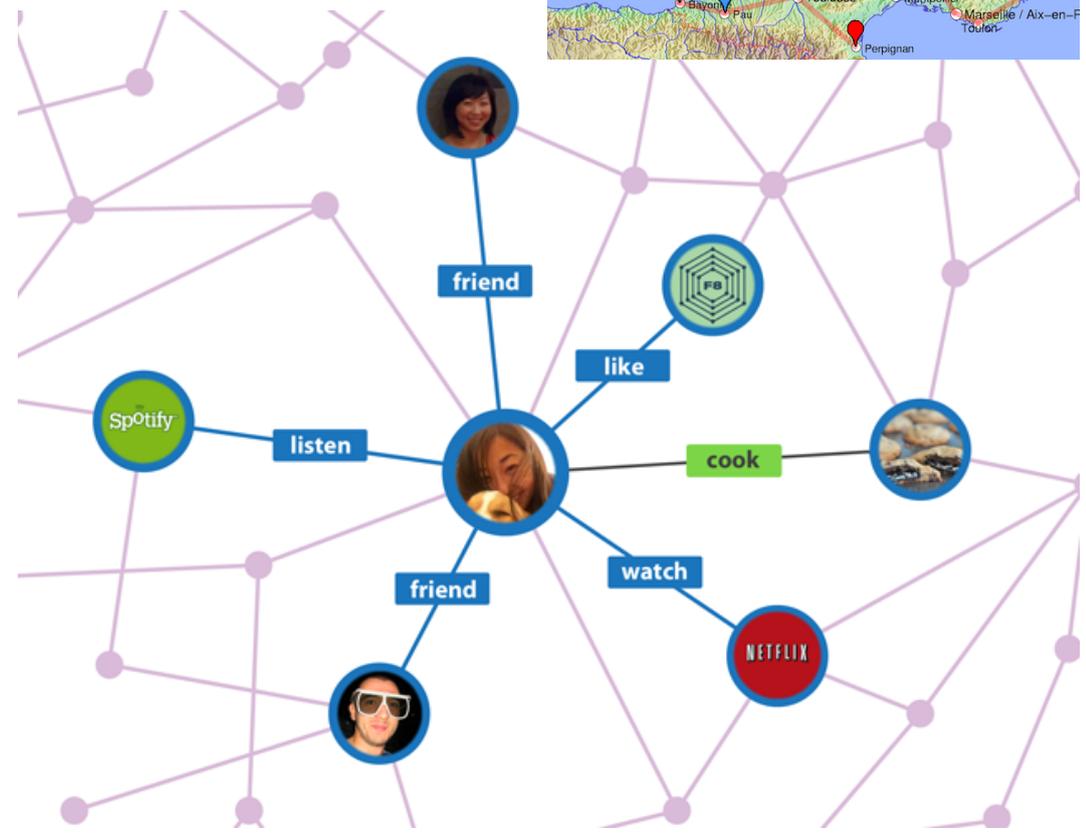
boolean	true/false   oui/non   1/0
nombre	entier ou décimal
mesure	{minimum , maximum , pas, unit}
date	yyyy-mm-dd hh:mm:ss
énumération	{ id1, id2, ... }
email	ex: prenom.patronyme@host
uri	référence à une autre ressource

# Table, Ensemble, Liste, Arbre, Graphe.

Des objets de notre quotidien numérique.

[  
  'Oui'                   => 'Yes',  
  'Hi'                    => 'Salut',  
  'Saperlipopette' => 'Fuck-off',  
  ...  
]

{ Bob, Aïcha, Kim, ... }



# La notion de donnée structurée.

## Exemple: La page Web

```
{
  'entête' : {
    'titre' : 'Un essai pour essayer',
    'langage' : 'belge',
    'style' : 'style.css',
    'status' : 'brouillon' },
  'corps' : [
    {
      'type' : 'division',
      'titre' : 'Introduction',
      'texte' : 'Ben vlà que, une fois, ...
```

```
<html lang='fr-BE '>
  <head>
    <title>Un essai pour essayer</title>
    <meta name="status" content="brouillon"/>
    ...
  </head>
  <body>
    <div>
      <h2>Introduction</h2>
      Ben vlà que, une fois, ...
    ...
```

## Exemple: Comment représenter mon identité numérique ?

```
{
  'prénom' : 'Jean',
  'patronyme' : 'Pierre',
  'date-de-naissance' : { 'année' : ****, 'mois' : 'avril', 'jour' : '1' },
  'compétences' : { 'informatique', 'blague-pourries' },
  ...
}
```

# Données et aspects sociétaux.

Pourquoi les politiques devraient elles (et surtout ils) suivre ce cours ?



*Hadopi n'est pas une mauvaise loi  
Hadopi n'est pas une bonne loi  
C'est juste une plaisanterie  
(attention: cette vanne est sous ©)*

# Bien non rival et conséquences.

Quelle est la différence entre une pomme mure et une blague pourrie ?



Comment gagner de l'argent avec un truc gratuit ?

- Imiter le marché des bien rivaux
- Faire payer à chacun ce qu'il souhaite
- Échanger ce bien contre du temps
- Proposer un service au dessus de ce bien gratuit
- Faire payer tout le monde au niveau collectif
- Compter sur des recettes publicitaires

De l'hypermnésie du Web à la résilience numérique.

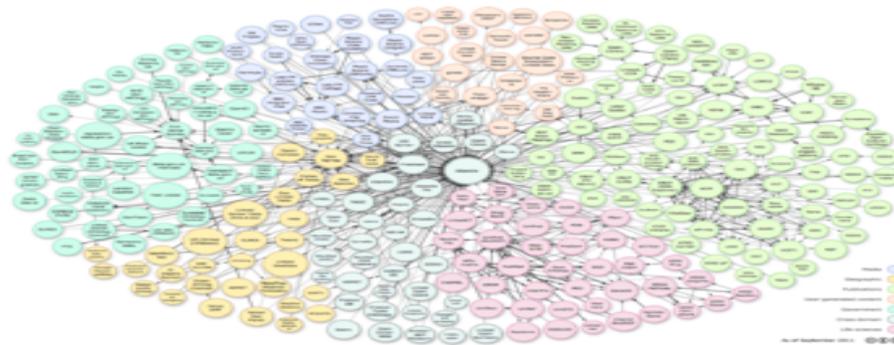


# De quoi n'a-t-on pas parlé ?

Comment expliquer le BigData (et l'IA) à ma garagiste ?



Comment expliquer le Web Sémantique à mon fleuriste ?



Comment supprimer le chômage avec le numérique.

*Fait que ça change ! "L'informatique c'est aussi pour les filles."  
Pour que ça change ? Expliquons surtout ça aux garçons.*

