Information, Calcul et Communication

Représentation de l'information

R. Boulic

Existe-t-il une représentation universelle de l'information ?

Par quels moyens peut on représenter des symboles et des nombres ?

Est il possible de construire une représentation exacte du monde réel ?

Plan

Lien avec les Leçons précédentes
- **Rappel des domaines d'applications**
- **Une représentation est une convention**
- **Vers l'unité élémentaire d'information (exercices)**

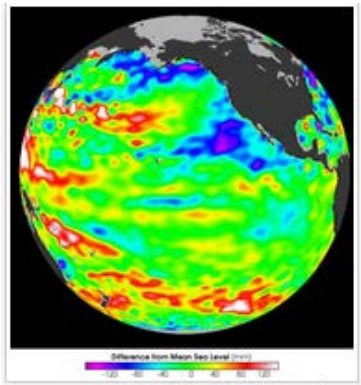
Manipulation sur les nombres entiers
- **Opérations et domaine couvert**

La virgule flottante: Pourquoi ? Comment ?
- **Un exemple qui pose problème**

Retour à la représentation des symboles
- **De l'alphabet aux idéogrammes**

Lien avec les leçons précédentes

Domaines d'application



En 2003, mise en évidence du "Niño" par simulation numérique de la circulation océanique - © INRIA / Projet IDOPT

Calcul scientifique /Simulation

-> nombres

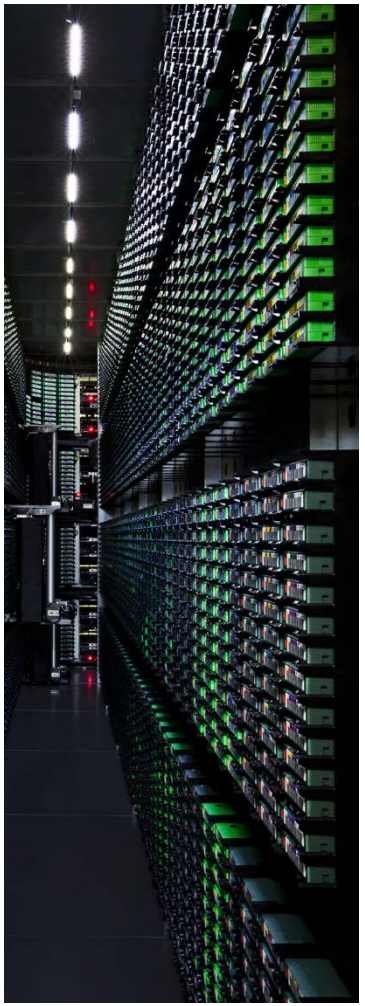
Gestion d'information

-> texte

Conduite de processus

-> signaux (mesures, contrôle...)

Honda Asimo



Google datacenter

Une représentation est une convention

- pour faciliter l'activité d'un groupe d'utilisateurs
- correspondance entre un ensemble de signes et leur signification.

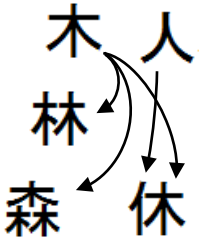
Fragilité de cette convention: langues mortes, codes perdus,etc…

Il n'existe pas de représentation universelle

- standard de facto = porté par le marché, l'usage (ex: pdf)
- standard de jure = normalisation (IEEE, ACM, ISO…).

exemples: alphabet romain, chiffres arabes, code de la route, papier monnaie

Vers l'unité élémentaire d'information



214 motifs graphiques, appelés des clefs, ont été utilisés pour construire ~100.000 idéogrammes chinois

A B C ...

Les **26 lettres** de l'alphabet latin ont été utilisés pour construire ~1.000.000 mots des langues occidentales

0 1 2 3...

Les **10 chiffres** indo-arabes permettent de construire une infinité de nombres (et même d'encrypter tous les mots!)

Question: quel est le système de signes le plus simple permettant de conserver la même richesse d'expression que les 10 chiffres ?

Réponse:

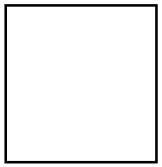
Toute information peut être représentée à l'aide d'un ensemble **d'éléments binaires**

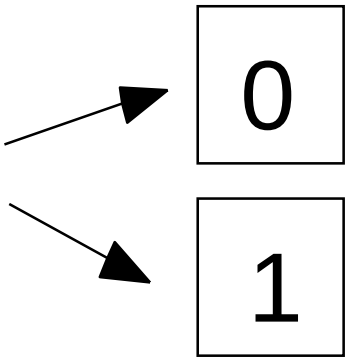
Par convention, un **élément binaire** vaut **0** ou **1**.

Par la suite on utilise l'expression anglaise "**binary digit** " ou **bit** en abrégé

Dans cette leçon nous faisons abstraction de la manière dont les éléments binaires sont réalisés (états magnétiques, tensions, courants, etc..). Cela sera abordé dans le Module3.

1 bit



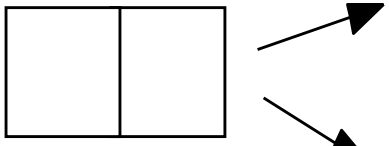


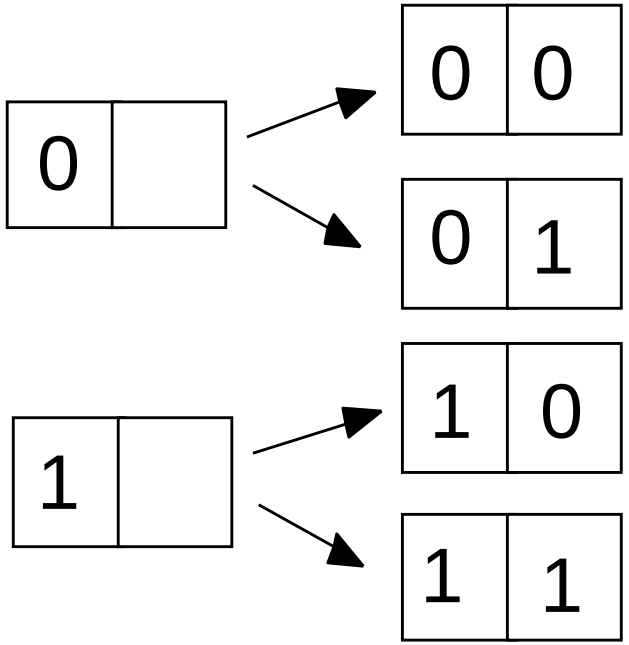
2^1 informations distinctes

Capteurs à seuil

Comment représenter plus d'informations ?

2 bits



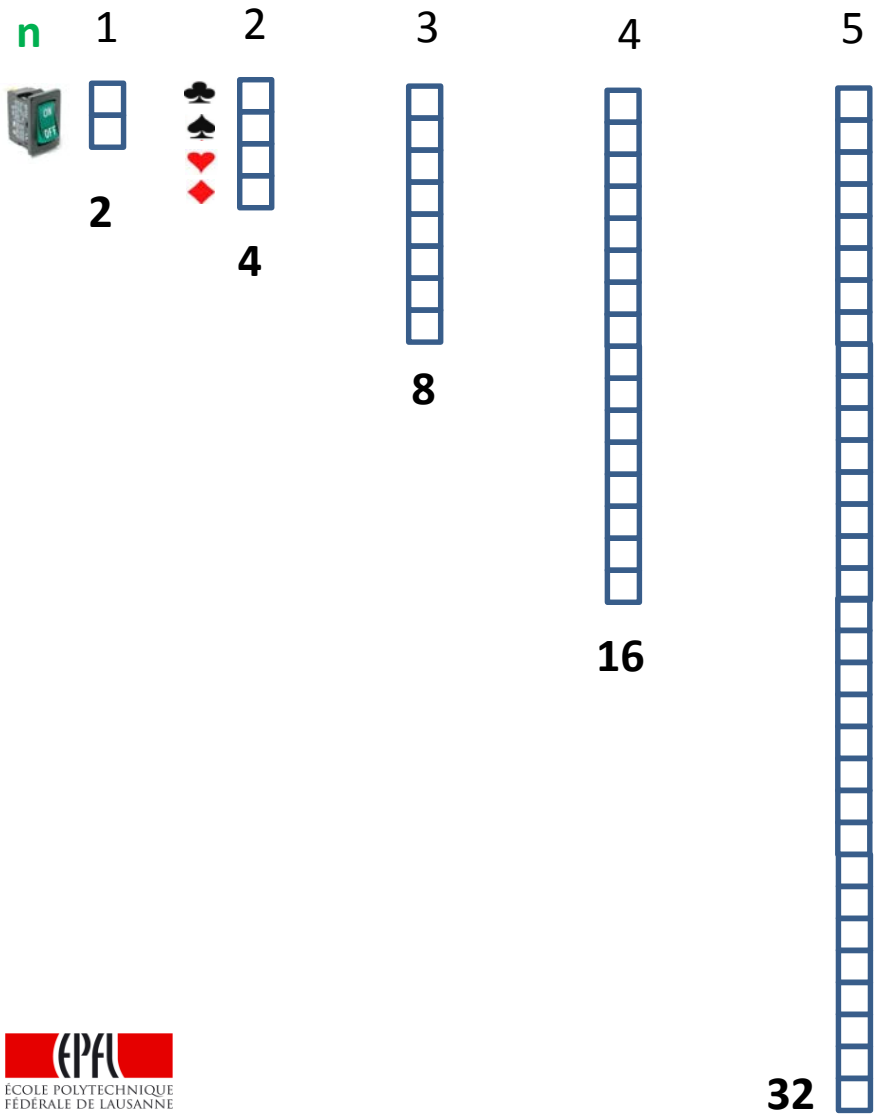


2^2 informations distinctes




n bits permettent de construire 2^n ***combinaisons*** distinctes pour représenter 2^n informations distinctes

Réciproquement, 2^n informations distinctes sont représentables par $\log_2(2^n) = n \log_2(2) = n$ bits



Exercice:

Combien de bits suffisent pour représenter :

- les jours de la semaine :
- les chiffres de 0 à 9 :
- les lettres de l'alphabet:
  - Majuscules
  - Minuscules + Majuscules
  - Min + Maj + chiffres + signes ...

règle générale:

Pour **K informations distinctes**, le **nombre de bits n** suffisant pour représenter ces informations est l'entier supérieur ou égal à $\log_2 K$

n bits permettent de représenter 2^n informations distinctes

n	2^n
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256
10	1024
20	1048576
30	1073741824
32	4294967296

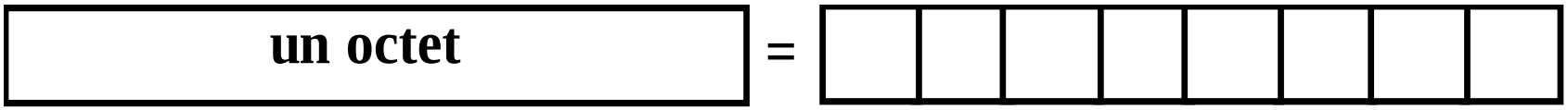
Bonne pratique pour estimation rapide:

2^{10} = kibi (Ki) $\approx 10^3$ = kilo (k)
2^{20} = mébi (Mi) $\approx 10^6$ = méga (M)
2^{30} = gibi (Gi) $\approx 10^9$ = giga (G)
$2^{32} = 2^{30+2} = 2^{30} .2^2 \approx 4$ G

Organisation de l'information

Convention: on appelle byte un groupe de 8 bits (octet).

L'octet est la **brique de base de la mémoire centrale** car les représentations les plus courantes pour l'information exploitent l'octet comme élément de base.



Plan

Lien avec les leçons précédentes
- **Rappel des domaines d'applications**
- **Une représentation est une convention**
- **Vers l'unité élémentaire d'information (exercices)**

Manipulation sur les nombres entiers
- **Opérations et domaine couvert**

La virgule flottante: Pourquoi ? Comment ?
- **Un exemple qui pose problème**

Retour à la représentation des symboles
- **De l'alphabet aux idéogrammes**

Comment représenter un nombre entier?

Commençons par les entiers naturels (=positifs et nul)

Rappel: tout nombre peut être représenté à l'aide d'un ensemble d'éléments binaires.

Définition: une suite de 0 et de 1 est appelé un ***motif binaire***

un motif binaire isolé est insuffisant
pour comprendre ce qui est codé

- Il faut en plus une méthode d'interprétation du motif binaire en tant que ***donnée*** ***(data)***

- Une solution: la notation positionnelle des nombres

Notation positionnelles des nombres

Exemple d'un nombre entier en base 10 : 703

Le nombre 703 est la notation abrégée de l'expression:

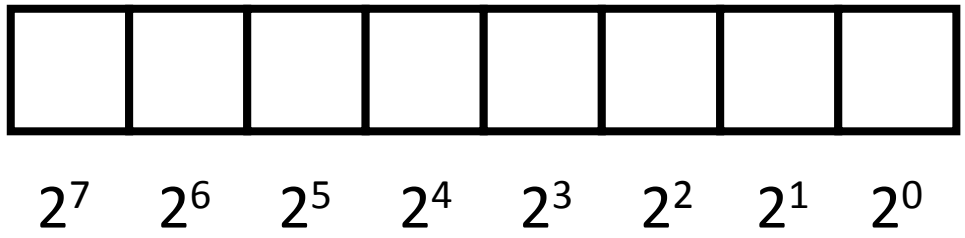
$$7 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$$

- Le chiffre de droite est toujours associé à la puissance 0 de la base 10
- La puissance de la base augmente d'une unité de chiffre en chiffre, en allant de la droite vers la gauche

Cette convention de **notation positionnelle** peut être exploitée dans n'importe quelle base

Représentation *positionnelle* en base 2

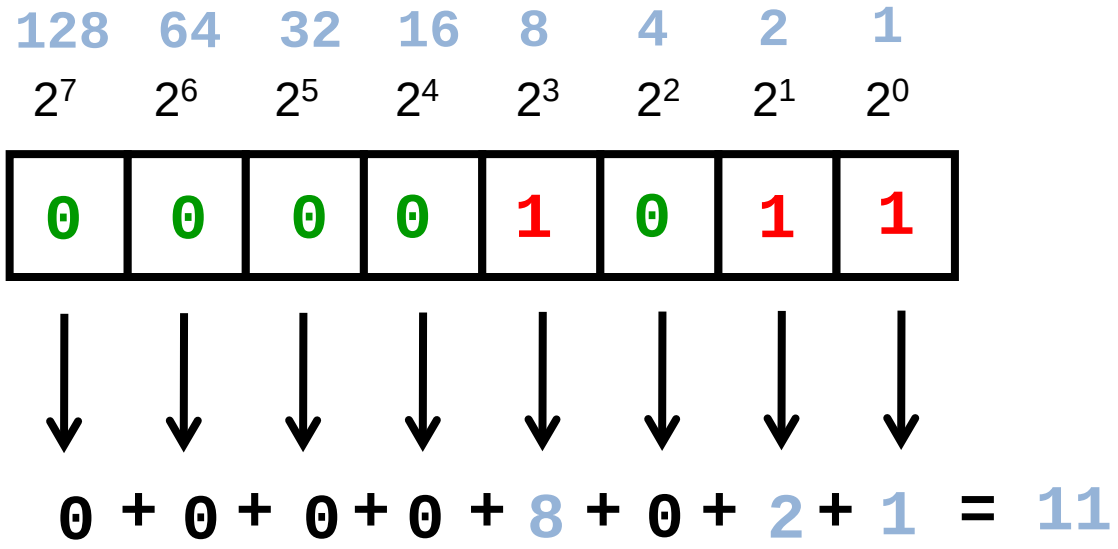
repose sur les mêmes conventions qu'en base dix (décimal)



poids forts à gauche, **poids faibles** à droite

Pratique: Conversions

Du binaire vers le décimal: additionner les puissances de 2 présentes dans le motif binaire



Du décimal vers le binaire :
décomposer un nombre entier X en une somme de puissances de 2 par division entières successives tant que le quotient ⩾ 2

$$
\begin{aligned}
11 &= 2\cdot 5 + 1 \\
&= 2\cdot(2\cdot 2 + 1) + 1 \\
&= 2\cdot(2\cdot(2\cdot 1 + 0) + 1) + 1 \\
&= 1\cdot 2^3 + 0\cdot 2^2 + 1\cdot 2^1 + 1\cdot 2^0 \\
&= 1011
\end{aligned}
$$

Entiers: domaine couvert

Une représentation destinée à une machine est associée à une capacité fixe exprimée en nombre de bits (d'octets).

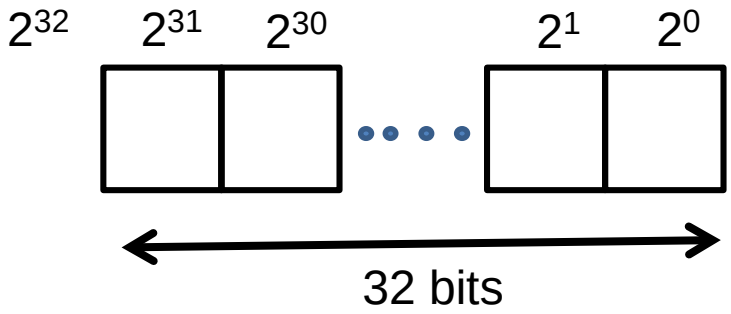
Ex: entier manipulé par une machine « 32 bits ». Cette machine dispose d'instructions pour réaliser très rapidement les opérations de base (addition, multiplication, etc) pour des entiers représentés sur 4 octets (max).

Donc limitation du nombre d'entiers représentables = 2^{32}

Si la représentation est totalement destinée au nombres positifs, son **domaine couvert** est alors, pour 32 bits :

Min = motif binaire avec des 0 partout = zéro

Max = motif binaire avec des 1 partout = $2^{32}-1$



Entiers: domaine couvert (2)

Les calculs sur des entiers sont exacts si le résultat désiré est un entier et appartient au domaine couvert

La représentation choisie doit tenir compte de l'ensemble des résultats possibles

Plusieurs causes possibles de dépassement de capacité:

- division entière: perte de partie fractionnaire
- multiplication, addition, soustraction: propagation de retenue au delà de 2^{31}

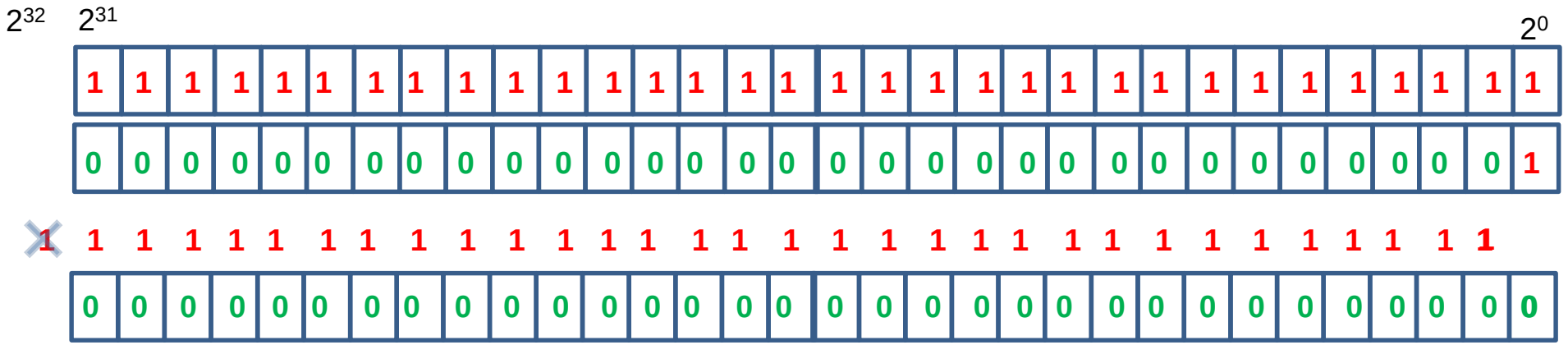
exemples de dépassement de capacité

Exemple 1: addition de 2 entiers sur un seul bit

```
  0     0     1     1
 +0    +1    +0    +1
 --    --    --    --
  0     1     1    10
```

la retenue est perdue

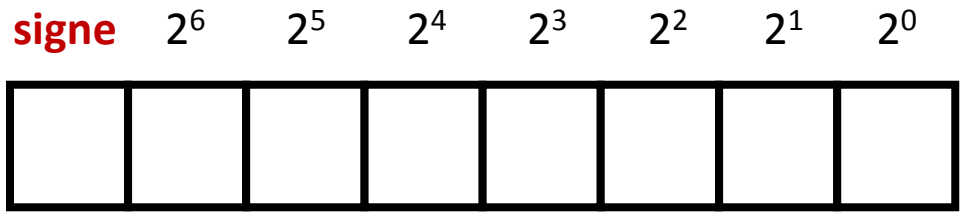
Exemple 2: addition sur 32 bits



Entiers négatifs
représentation par signe et valeur absolue

Le **signe** d'un nombre est une information binaire **+** ou **–**
il suffit d'un bit pour le représenter
par convention: **0** pour **+** , **1** pour **–**

Exercice: quelles sont les conséquences de la représentation suivante d'un entier signé sur 8 bits, avec **signe** et **valeur absolue** :



Faiblesse de la représentation avec la valeur absolue :
-> symétrie parfaite du domaine couvert mais 2 représentations pour 0
-> la soustraction ne peut pas être effectuée en additionnant l'opposé d'un nombre

Entiers: dépassement de capacité et représentation des nombres négatifs

Question: comment tirer partie d'une capacité limitée de n bits pour en déduire une représentation des entiers négatifs permettant de remplacer la soustraction par l'addition de l'opposé ?

Rappel: n bits permettent de représenter 2^n nombres entiers positifs de 0 à $(2^n -1)$ quand tous les bits sont à 1.
La valeur 2^n elle-même n'est pas représentable sur n bits, on a:

$$(2^n -1) + 1 = 2^n \quad \text{(en théorie)}$$

Mais $$(2^n -1) + 1 = 0 \quad \text{(sur n bits)}$$

Conséquence: le motif binaire de $(2^n -1)$ est une bonne représentation de -1 car on obtient 0 quand il est ajouté à 1

Représentation des entiers signés

Propriétés à vérifier: si a et b sont deux nombres opposés
Alors :

$$a + b = 0$$

de plus $$-(-a) = a$$

Avec n bits de capacité, on pose que l'opposé d'un nombre **x** est donné par l'expression $\mathbf{2^n - x}$ appelée le Complément à 2 de **x**.

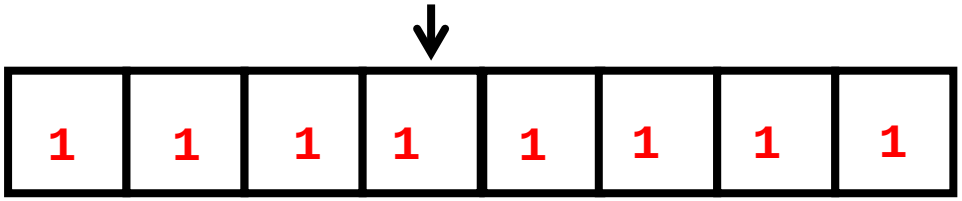
donc $$a + b = (2^n - b) + b = 2^n = 0 \qquad \text{(sur n bits)}$$

$$-(-a) = 2^n - (2^n - a) = a$$

Pratique: comment calculer l'opposé (2^n – **x**) d'un entier **x** ?

Une transformation est nécessaire pour :
- faire apparaitre des quantité représentables sur n bits
- les manipuler à l'aide d'opérations simples

$$2^n - x$$
$$= 2^n - 1 + 1 - x$$
$$= ((2^n - 1) - x) + 1$$

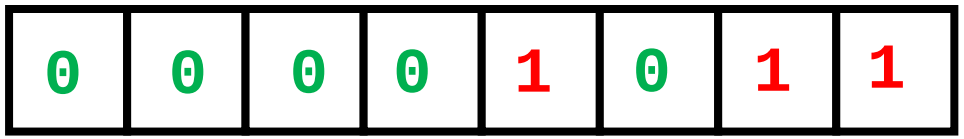


Cas particulier : $((2^n - 1) - \mathbf{x})$ est très facile à obtenir !

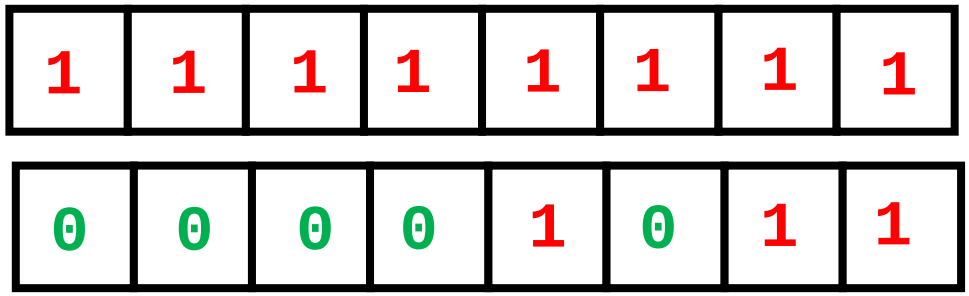
Il suffit d'inverser chaque bit de **x** : 0 -> 1 ou 1 -> 0
Cette valeur est appelée le Complément à 1 de **x**.

Complément à 2 de **x** = Complément à 1 de **x** + 1

Exemple1: Complément à 1 du nombre onze en binaire = (2^n-1) - onze

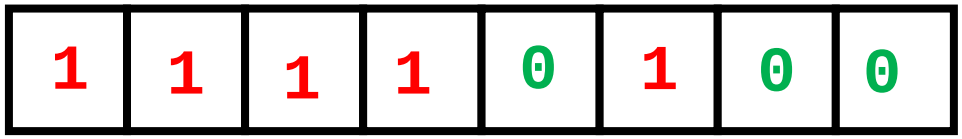


motif binaire de onze



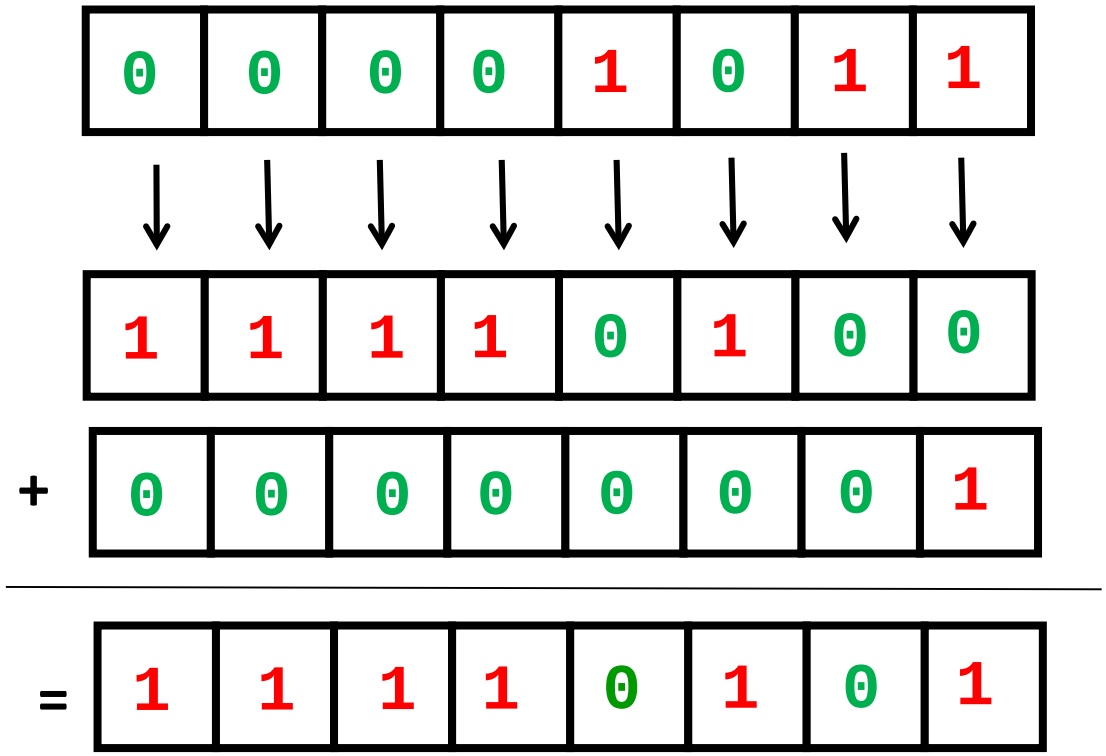
2^n-1

soustraction de onze

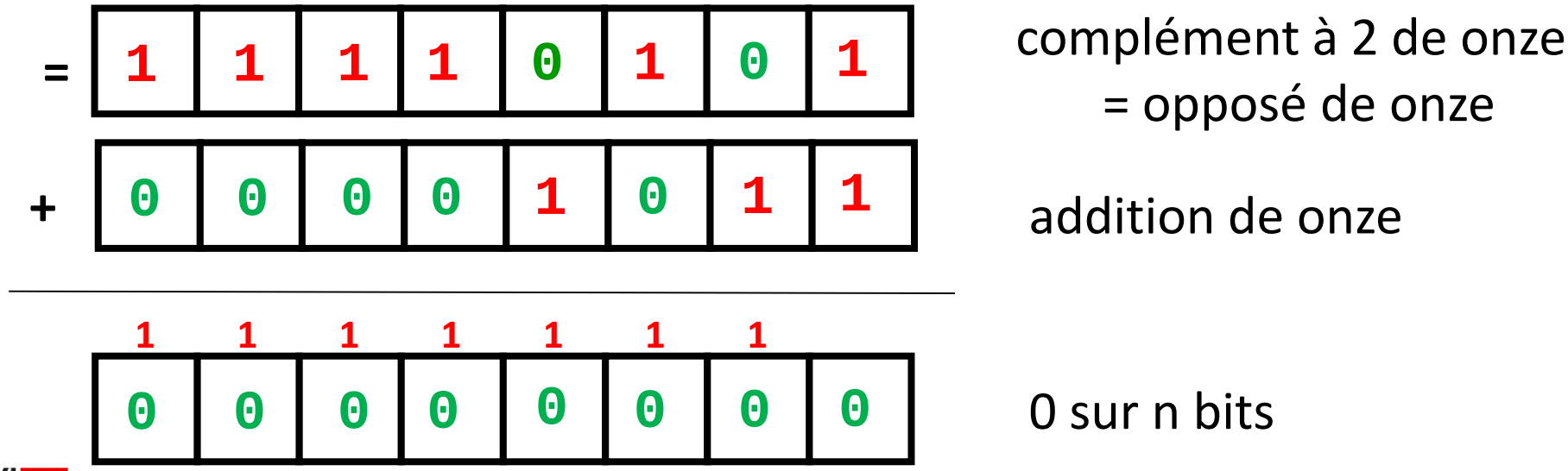


complément à 1 de onze

Exemple2: calcul de l'opposé de onze avec son complément à 2=(complément à 1)+1



Exemple2: calcul de l'opposé de onze avec son complément à 2=(complément à 1)+1



complément à 2 de onze
= opposé de onze

addition de onze

0 sur n bits

Domaine couvert et overflow avec le complément à 2

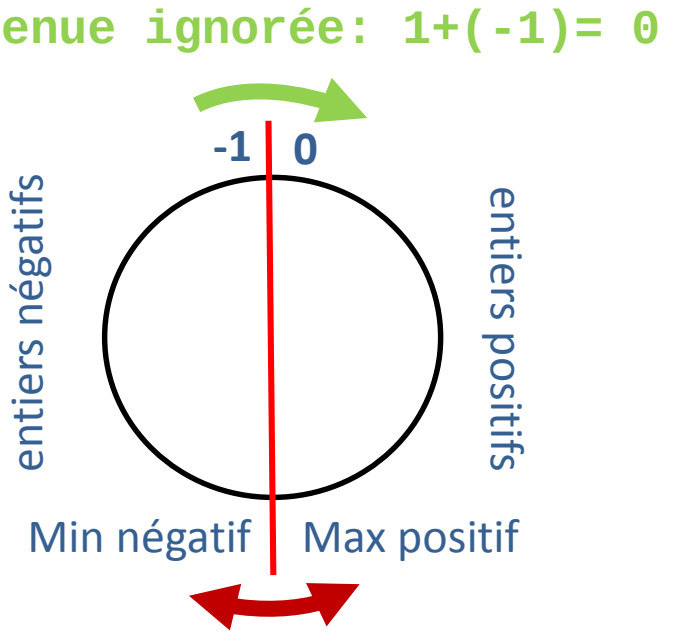
Bit de poids fort = signe

Min positif = **00000…0000** = 0

Max positif = **01111…1111**

Min négatif = **10000…0000**

Max négatif = **11111…1111** = -1

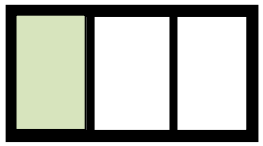


Dépassement de capacité : aucun problème quand l'addition d'un entier positif et d'un entier négatif donne un résultat positif

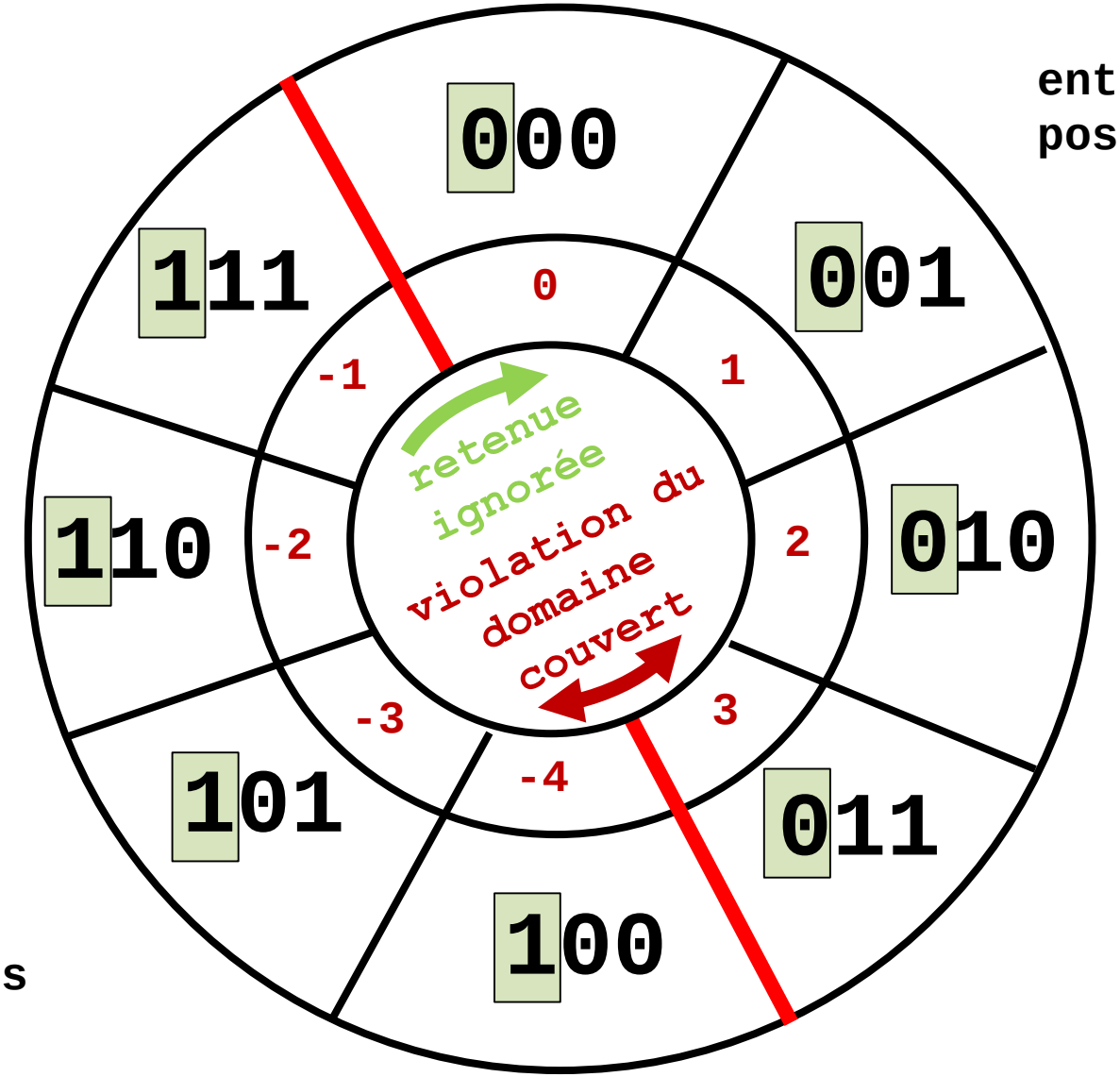
Overflow: changement incorrect du bit de signe quand on additionne 2 entier positifs ou 2 entiers négatifs

Entiers signés: domaine couvert

Exemple:
sur 3 bits



signe



entiers positifs

entiers négatifs

Plan

Lien avec les leçons précédentes
- **Rappel des domaines d'applications**
- **Histoire des conventions de symboles**
- **Vers l'unité élémentaire d'information (exercices)**

Manipulation sur les nombres entiers
- **Opérations et domaine couvert**

La virgule flottante: Pourquoi ? Comment ?
- **Un exemple qui pose problème**

Retour à la représentation des symboles
- **De l'alphabet aux idéogrammes**

Un exemple qui pose problème

La mise en oeuvre d'un algorithme doit aussi tenir compte du choix de représentation des nombres.

Exemple: $a.x^2 + b.x + c$
avec les valeurs décimales **a=0.25**, **b=0.1**, **c=0.01**

Discriminant $\Delta = b^2 - 4ac$

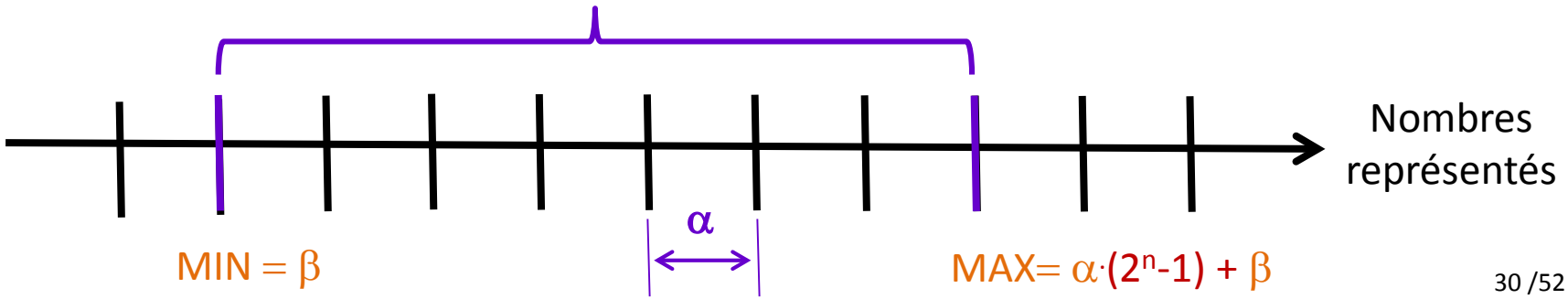
Représentation des nombres à virgule

Représentation à virgule fixe :

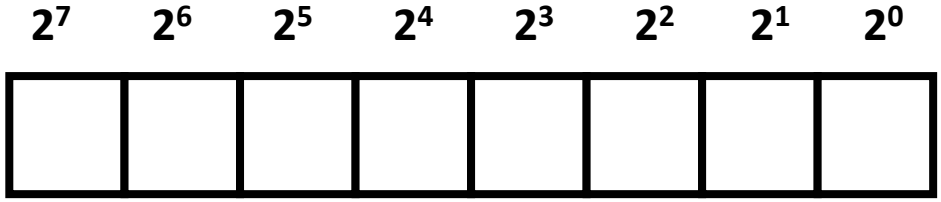
- le domaine couvert des entiers positifs avec n bits est [0, 2^n-1]
- ce domaine peut être mis à une échelle plus fine que l'unité (2^0) en multipliant le domaine couvert [0, 2^n-1] par un facteur $\alpha = 2^{-k}$
- si nécessaire, le domaine peut être décalé de β .

Ex: pour représenter la température du corps humain, on a besoin généralement d'une précision du *dixième de degré*, entre 35 et 43 degrés.

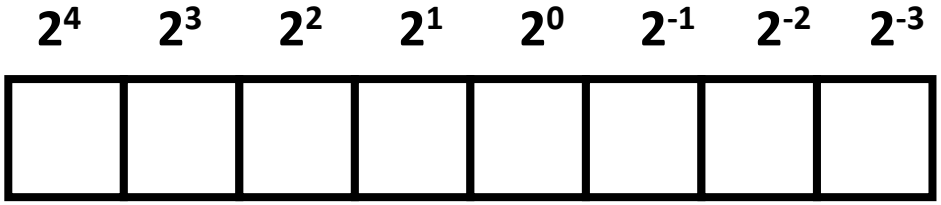
Pour n bits, les 2^n valeurs représentées sont **uniformément réparties** dans le nouvel intervalle [MIN,MAX] et séparée par la quantité α**.**



Exemple1 : avec $\alpha = 2^0$ et $\beta = 0$ le domaine est $[0, 2^8 - 1]$



Exemple2 : avec $\alpha = 2^{-3}$ et $\beta = 0$ le domaine est $[0, 2^5 - 2^{-3}]$



Notion d'erreur absolue : il existe un nombre infini de nombres à virgule à l'intérieur de [MIN, MAX] qui sont au mieux approchées par l'une des 2^n valeurs représentées.

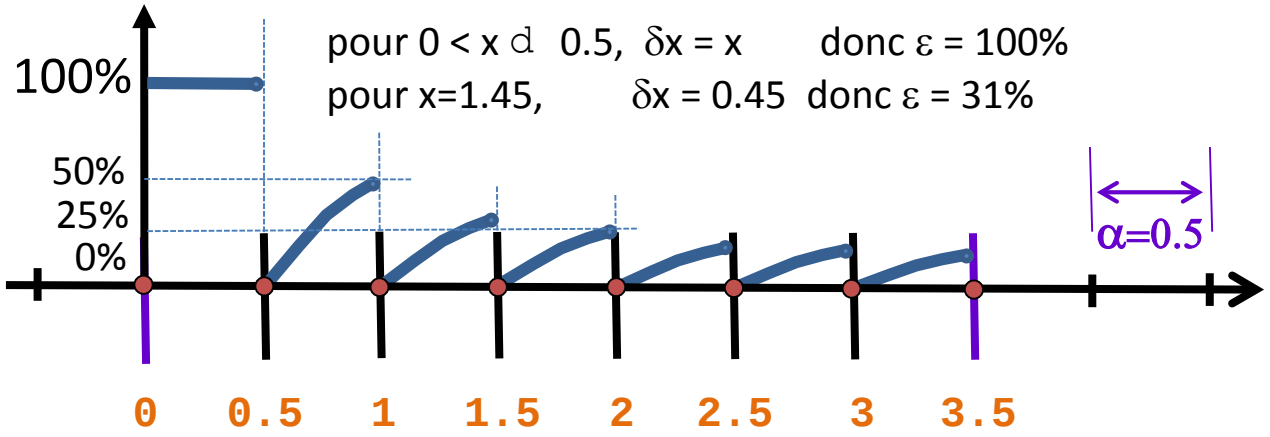
-> production d'une **erreur absolue de discrétisation** (ou de quantification) au maximum égale à α sur tout l'intervalle.

Erreur relative sur le domaine couvert

L'erreur relative décrit l'importance relative de l'erreur de discrétisation **δx** par rapport au nombre à représenter **x**. **|δx|/|x|** n'est pas uniforme sur le domaine couvert.

Exemple: avec 3 bits et α =0.5, le domaine couvert est [0, 3.5]. Seules 8 valeurs sont représentées exactement: 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 .
L'erreur relative (en %) est importante lorsque **δx** est grand par rapport à **x**.

Erreur relative ε en %
pour une approximation
par troncation



Cette répartition de l'erreur relative n'est pas acceptable pour de nombreux problèmes

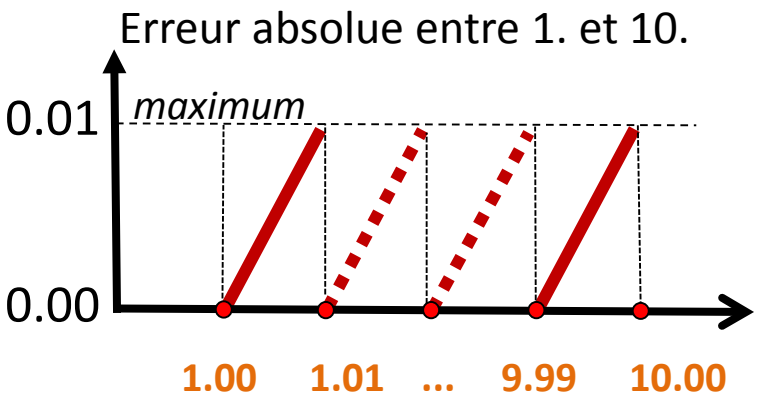
Erreur relative uniforme : comment ?

Le compromis retenu: garantir une erreur relative uniforme veut dire accepter une croissance de l'erreur de discrétisation au sein du domaine couvert !

Inspiration: notation scientifique en base 10 avec un nombre fixe de chiffres significatifs.

Exemples avec 3 chiffres significatifs :

3.1415 s'écrit $3.14\ 10^{0}$
0.0125 s'écrit $1.25\ 10^{-2}$
7354 s'écrit $7.35\ 10^{3}$



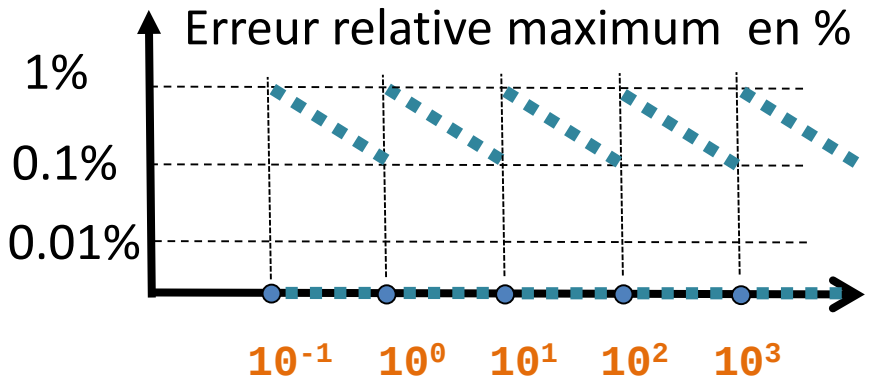
Erreur relative uniforme : comment ?

Le compromis retenu: garantir une erreur relative uniforme veut dire accepter une croissance de l'erreur de discrétisation au sein du domaine couvert !

Inspiration: notation scientifique en base 10 avec un nombre fixe de chiffres significatifs.

Exemples avec 3 chiffres significatifs :

l'erreur relative est (presque) uniforme.
le pire des cas est en début d'intervalle
$[10^k, 10^{k+1}[$ lorsque $\delta x = 0.01 * 10^k$
pour $x = 1.00999..* 10^k$
ce qui donne $\varepsilon = \delta x/x \approx 0.01 = 1\%$



La représentation en virgule flottante

= *une notation scientifique en base 2*

Représentation flottante en base 2: comporte 3 parties qui se partagent le nombre de bits à disposition: le **signe**, **l'exposant** de la base 2 et le **nombre normalisé** en base 2. La partie fractionnaire du nombre normalisé est appelée la **mantisse**.

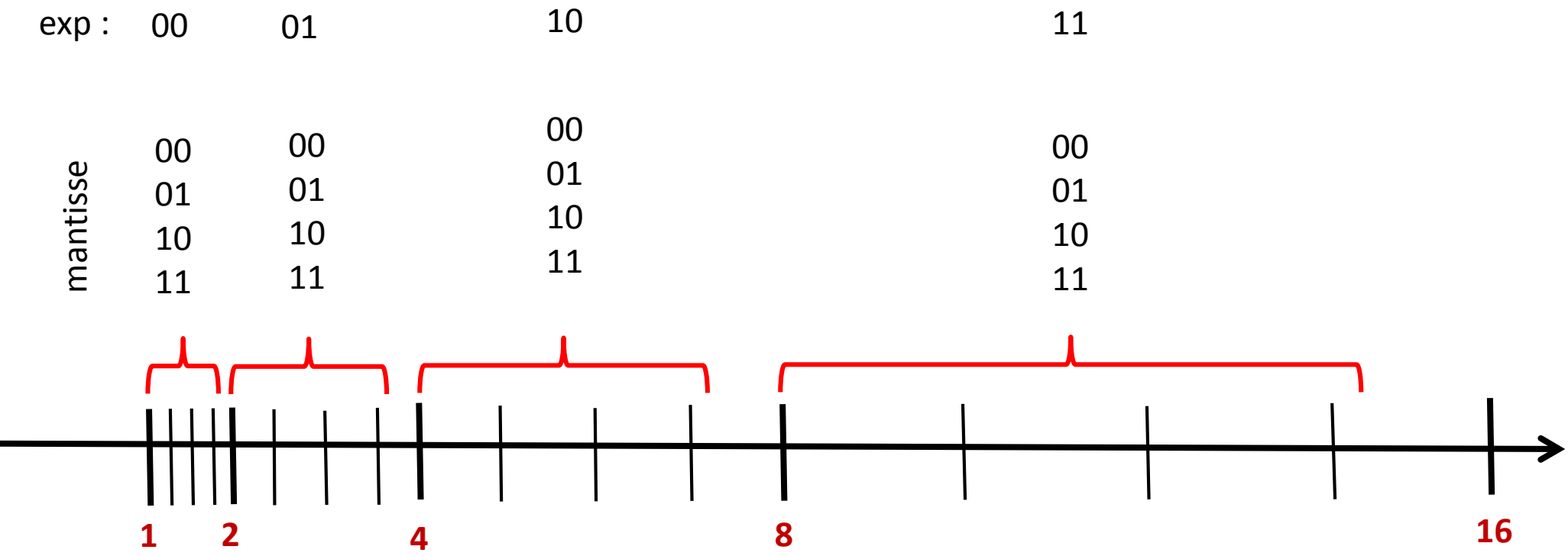
Particularité de la base 2: le chiffre le plus significatif du nombre normalisé est constant et toujours égal à 1. Il est donc implicite.

$$\textbf{signe} \cdot 2^{\textbf{exposant}} \cdot 1,\textbf{mantisse}$$

Comme pour la notation scientifique, l'erreur relative maximum est définie par la puissance la plus faible de la mantisse

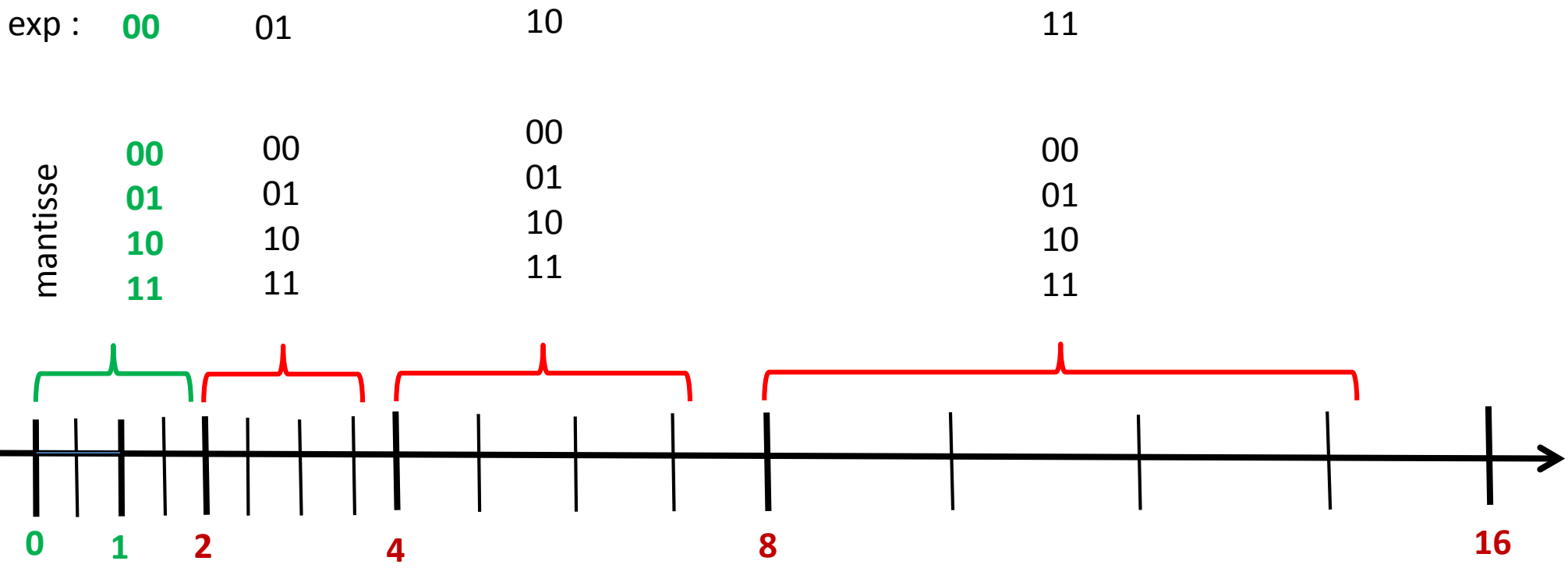
La représentation en virgule flottante

Exemple avec 2 bits pour l'exposant et 2 bits pour la mantisse. On a la forme: $2^{\square\square} \cdot 1,\square\square$. L'erreur relative est au plus de $2^{-2} = ¼$.



La représentation de 0 en virgule flottante

Même exemple mais pour inclure 0 on traite *la plus petite puissance de la base*, notée ***P***, comme un cas particulier qui permet de couvrir l'intervalle [0, 2^{P+1}] avec la formule: 2^{P+1} . **0**, □□



L’erreur d’arrondi est la règle

On appelle aussi **erreur d’arrondi** l’écart entre un nombre **x** et sa représentation approchée en virgule flottante.

Exercice: quel est le motif binaire de « un dixième » ?

« un dixième » n’est pas représenté de manière exacte avec un nombre fini de bits

Remarques:

- ce problème existe dans toutes les bases, pensez à 1/3 en base 10 (définition des nombres rationnels)

- Même si l'erreur d'arrondi est inévitable pour la majorité des nombres, on peut garantir qu'elle se situe en dessous d'un seuil défini par les besoins du problème traité, en choisissant une représentation adaptée.

Un exemple qui pose problème (le retour)

Exemple: $a.x^2 + b.x + c$
avec les valeurs décimales **a=0.25**, **b=0.1**, **c=0.01**

Discriminant $\Delta = b^2 - 4ac$

Mais Δ = **$9.02\ 10^{-19}$** (représentation et calculs sur 64 bits)

- **4** et **0.25** sont représentés exactement, leur produit donne **1**.
- Par contre, approximations faites sur les décimaux **0.1** et **0.01**
- Conséquence sur les calculs en binaire : **0.1** * **0.1** ≠ **0.01**

Conséquence des erreurs d'arrondi

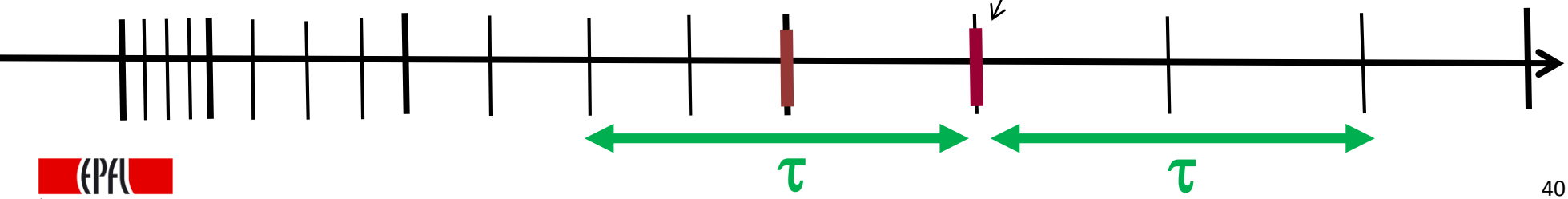
Tester l'EGALITE d'un résultat en virgule flottante vis-à-vis d'UNE SEULE valeur théorique est une absurdité. Le résultat est en général différent de la valeur théorique.

Le test d'égalité doit être redéfini à l'aide d'une tolérance variable τ AUTOUR de la valeur_théorique. Il y a *égalité* si le résultat appartient à cet intervalle:

$$| \text{résultat} - \text{valeur\_théorique} | < \tau$$

τ dépend de :

- la valeur théorique
- l'algorithme de calcul du résultat

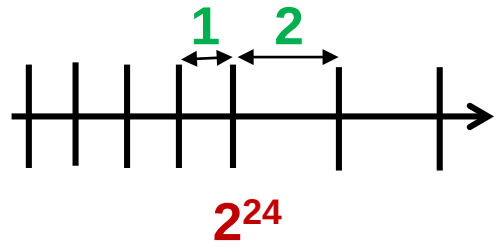


Conséquence des erreurs d'arrondi (2)

Le résultat est différent selon l'ordre des opérations. l'addition n'est plus associative:

Il existe des valeurs a, b, c telles que $(a + b) + c \neq a + (b + c)$

Exemple avec un standard sur 32 bits possédant 23 bits de mantisse:



$(2^{24} + 1) + 1 \rightarrow 2^{24} + 1 \rightarrow 2^{24}$

$2^{24} + (1 + 1) = 2^{24} + 2$ qui est représenté

Bonne pratique: d'abord additionner les petits nombres entre eux avant de les additionner aux plus grands

La maîtrise de la précision est possible

Pour un problème donné et son algorithme de résolution, il est important de se poser les questions suivantes:

- De quelle précision ai-je besoin pour mes résultats ?
- Quelle est l'influence de l'algorithme sur la précision des résultats ?
- Quelle est la *précision maximum* disponible sur la machine cible ?

En cas de précision insuffisante, il faut reconsidérer l'algorithme de résolution et/ou adapter la représentation pour obtenir une *précision désirée.*

Compromis Précision / Coûts calcul et mémoire

Plan

Lien avec les leçons précédentes
- **Rappel des domaines d'applications**
- **Une représentation est une convention**
- **Vers l'unité élémentaire d'information (exercices)**

Manipulation sur les nombres entiers
- **Opérations et domaine couvert**

La virgule flottante: Pourquoi ? Comment ?
- **Un exemple qui pose problème**

Retour à la représentation des symboles
- **De l'alphabet aux idéogrammes**

Comment représenter un alphabet ?

Ensemble fini de signes

Considéré avec des variantes : Majuscule / minuscule

Associé aux symboles des chiffres, de ponctuation

Convention la plus large possible est nécessaire:

Table ASCII de base codifie 2^7 caractères
American Standard Code for Information Interchange
`http://www.asciitable.com/`

Code ASCII

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Char
0	0	000	NUL (null)	32	20	040	SPACE	64	40	100	@	96	60	140	`
1	1	001	SOH (start of heading)	33	21	041	!	65	41	101	A	97	61	141	a
2	2	002	STX (start of text)	34	22	042	"	66	42	102	B	98	62	142	b
3	3	003	ETX (end of text)	35	23	043	#	67	43	103	C	99	63	143	c
4	4	004	EOT (end of transmission)	36	24	044	$	68	44	104	D	100	64	144	d
5	5	005	ENQ (enquiry)	37	25	045	%	69	45	105	E	101	65	145	e
6	6	006	ACK (acknowledge)	38	26	046	&	70	46	106	F	102	66	146	f
7	7	007	BEL (bell)	39	27	047	'	71	47	107	G	103	67	147	g
8	8	010	BS (backspace)	40	28	050	(	72	48	110	H	104	68	150	h
9	9	011	TAB (horizontal tab)	41	29	051	)	73	49	111	I	105	69	151	i
10	A	012	LF (NL line feed, new line)	42	2A	052	*	74	4A	112	J	106	6A	152	j
11	B	013	VT (vertical tab)	43	2B	053	+	75	4B	113	K	107	6B	153	k
12	C	014	FF (NP form feed, new page)	44	2C	054	,	76	4C	114	L	108	6C	154	l
13	D	015	CR (carriage return)	45	2D	055	-	77	4D	115	M	109	6D	155	m
14	E	016	SO (shift out)	46	2E	056	.	78	4E	116	N	110	6E	156	n
15	F	017	SI (shift in)	47	2F	057	/	79	4F	117	O	111	6F	157	o
16	10	020	DLE (data link escape)	48	30	060	0	80	50	120	P	112	70	160	p
17	11	021	DC1 (device control 1)	49	31	061	1	81	51	121	Q	113	71	161	q
18	12	022	DC2 (device control 2)	50	32	062	2	82	52	122	R	114	72	162	r
19	13	023	DC3 (device control 3)	51	33	063	3	83	53	123	S	115	73	163	s
20	14	024	DC4 (device control 4)	52	34	064	4	84	54	124	T	116	74	164	t
21	15	025	NAK (negative acknowledge)	53	35	065	5	85	55	125	U	117	75	165	u
22	16	026	SYN (synchronous idle)	54	36	066	6	86	56	126	V	118	76	166	v
23	17	027	ETB (end of trans. block)	55	37	067	7	87	57	127	W	119	77	167	w
24	18	030	CAN (cancel)	56	38	070	8	88	58	130	X	120	78	170	x
25	19	031	EM (end of medium)	57	39	071	9	89	59	131	Y	121	79	171	y
26	1A	032	SUB (substitute)	58	3A	072	:	90	5A	132	Z	122	7A	172	z
27	1B	033	ESC (escape)	59	3B	073	;	91	5B	133	[	123	7B	173	{
28	1C	034	FS (file separator)	60	3C	074	<	92	5C	134	\	124	7C	174	|
29	1D	035	GS (group separator)	61	3D	075	=	93	5D	135	]	125	7D	175	}
30	1E	036	RS (record separator)	62	3E	076	>	94	5E	136	^	126	7E	176	~
31	1F	037	US (unit separator)	63	3F	077	?	95	5F	137	_	127	7F	177	DEL

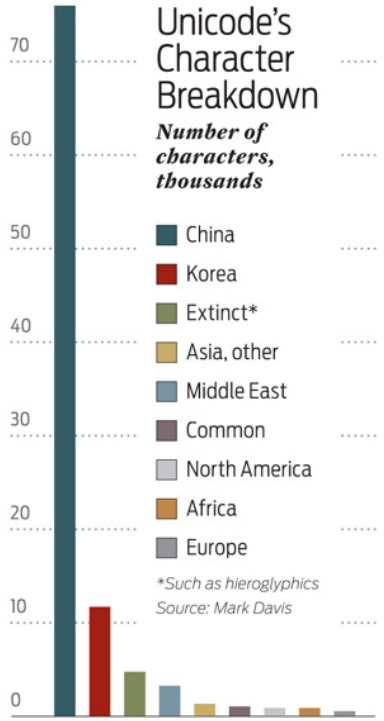
Au-delà du code ASCII de base

ASCII étendu sur 8 bits: Codes 0x80 à 0xFF
Le code étendu ISO 8859 Latin1 offre les caractères accentués minuscules et majuscules des langues occidentales: é è ê à ä ö ü …

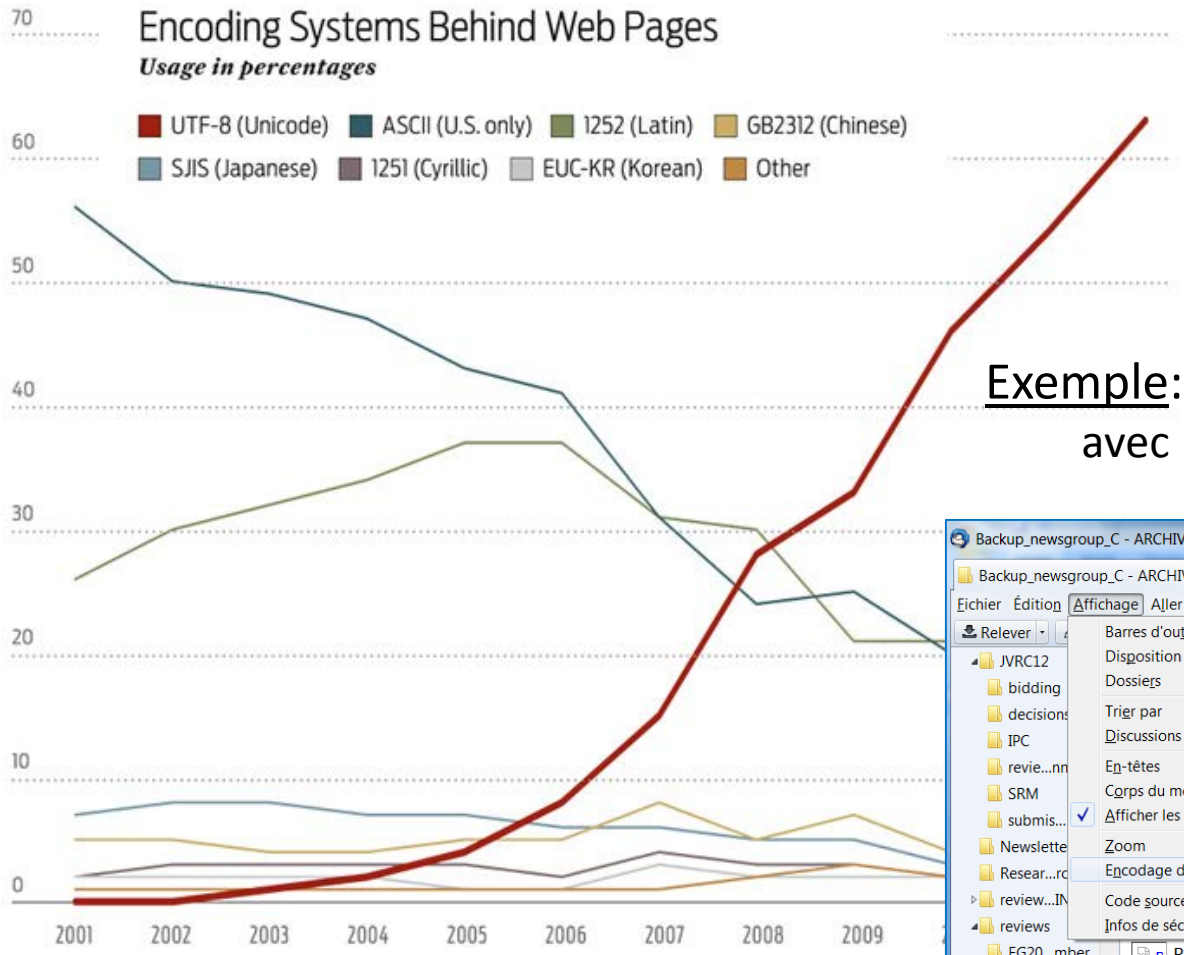
La norme **UNICODE** permet d'intégrer les autres langues, > 109'000 caractères pour 93 écritures dont le chinois.

- les 256 codes d' ISO 8859 sont au début de l'UNICODE

- **UTF-8** est un codage des caractères UNICODE comprenant de 1 à 4 octets. Il est recommandé mais son usage n'est pas encore généralisé.

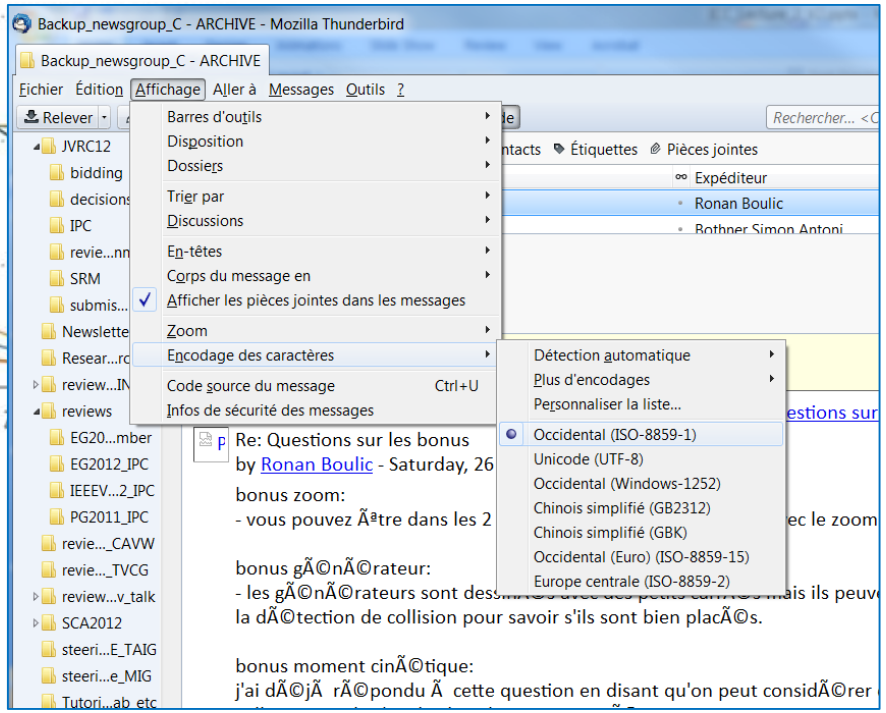


[IEEE Spectrum 7/12]



Taux d'utilisation de UTF-8 pour l'écriture de pages web [IEEE Spectrum 7/12]

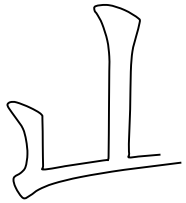
Exemple: texte d'un message interprété avec ISO 8859 au lieu de UTF-8



Du code multi-byte (idéogramme) à l'image

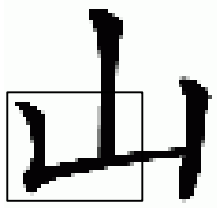
le symbole peut être codé par 1 à 4 octets en UTF-8

MAIS **la représentation du symbole = son image** demande plus d'information. Plusieurs approches sont possibles, du plus haut vers le plus bas niveau :



1) Préciser la **police de caractères** = *« style classique »*.

2) Caractériser les **contours** de la forme par un ensemble de **courbes** mathématiques paramétrées (silhouette). C'est la manière dont les polices de caractères sont construites.



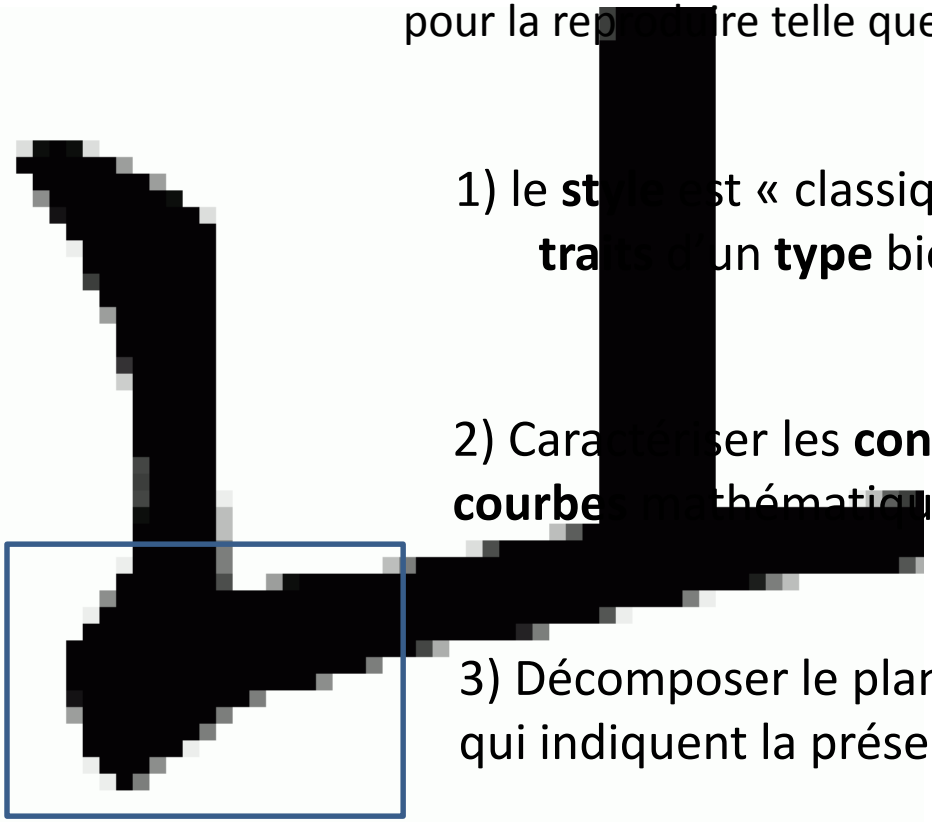
60x60

3) Décomposer le plan de l'image en un **ensemble de cellules** qui indiquent la quantité d'encre (pixel).

Du code multi-byte (idéogramme) à l'image

shan = montagne
le symbole peut être codé par 1 à 4 octets en UTF-8

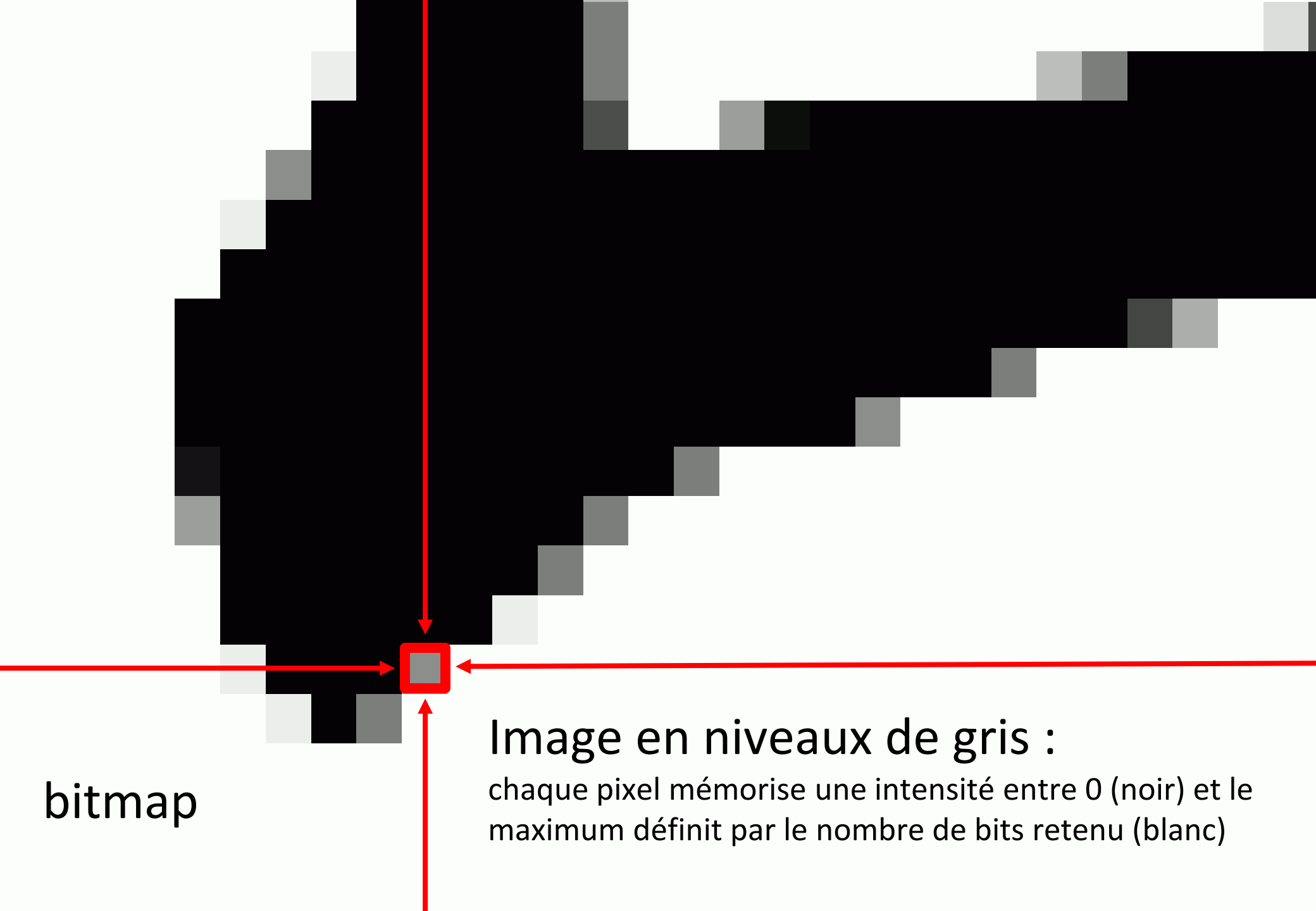
MAIS **l'image du symbole** demande plus d'information pour la reproduire telle quelle. <u>Plusieurs approches:</u>



1) le **style** est « classique ». Il comporte plusieurs **traits** d'un **type** bien précis parmi 37

2) Caractériser les **contours** de la forme par un ensemble de **courbes** mathématiques paramétrées (silhouette).

3) Décomposer le plan de l'image en un **ensemble de cellules** qui indiquent la présence d'encre (pixel).



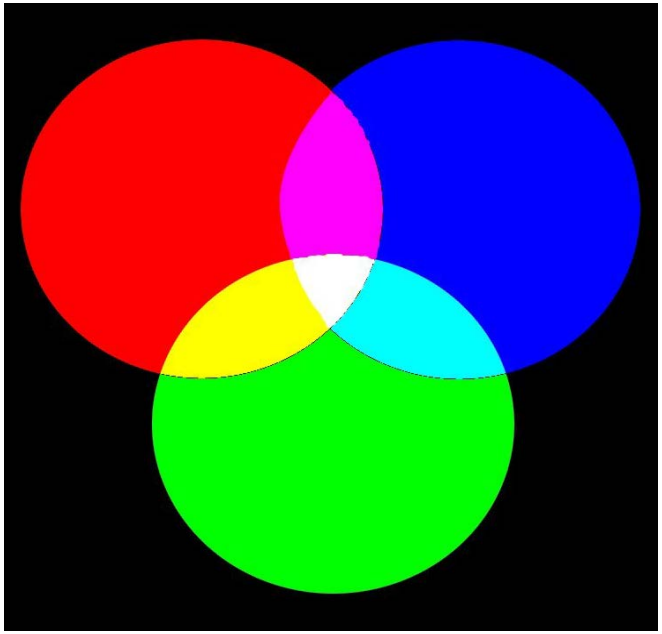
bitmap

Image en niveaux de gris :

chaque pixel mémorise une intensité entre 0 (noir) et le maximum définit par le nombre de bits retenu (blanc)

Image en couleur:

chaque pixel mémorise l'intensité de 3 composantes primaires dont la combinaison permet de restituer un espace de couleurs.



Le codage RGB (Red, Green, Blue)

- synthèse additive des couleurs: Rouge + Vert donne .....

- niveaux de gris lorsque les trois composantes sont égales noir(0,0,0) et le maximum définit par le nombre de bits retenu (blanc)

- parfois complété d'une 4ième composante Alpha (transparence) pour les applications graphiques.

Taille d'une image UXGA 1600x1200 x 3octets/pixel = 5'760'000 octets

Résumé

Existe-t-il une représentation universelle de l'information ?
Une représentation est une **convention humaine** d'interprétation d'un ensemble de signes. Sa force est directement liée au nombre de personnes qui la partage, d'où l'importance des **standards** (ex: code ASCII, UTF).

Par quels moyens peut on représenter des symboles et des nombres ?
La représentation binaire suffit pour représenter un nombre arbitrairement grand de signes. Par convention nous utilisons les symboles 0 et 1.

Est il possible de construire une représentation exacte du monde réel ?
Les calculs avec la représentation positionnelle **entière** donnent des résultats **exacts** pour autant qu'on reste dans le **domaine couvert**.

Pour la **virgule flottante**, il faut se poser la question de la précision dont on a **besoin**. la représentation peut être adaptée pour garantir une précision désirée.
De plus il convient de distinguer la résolution mathématique d'un problème de sa mise en œuvre par le calcul numérique.