POLYTECH®
DIJON

2024/2025

Architecture interne des ordinateurs

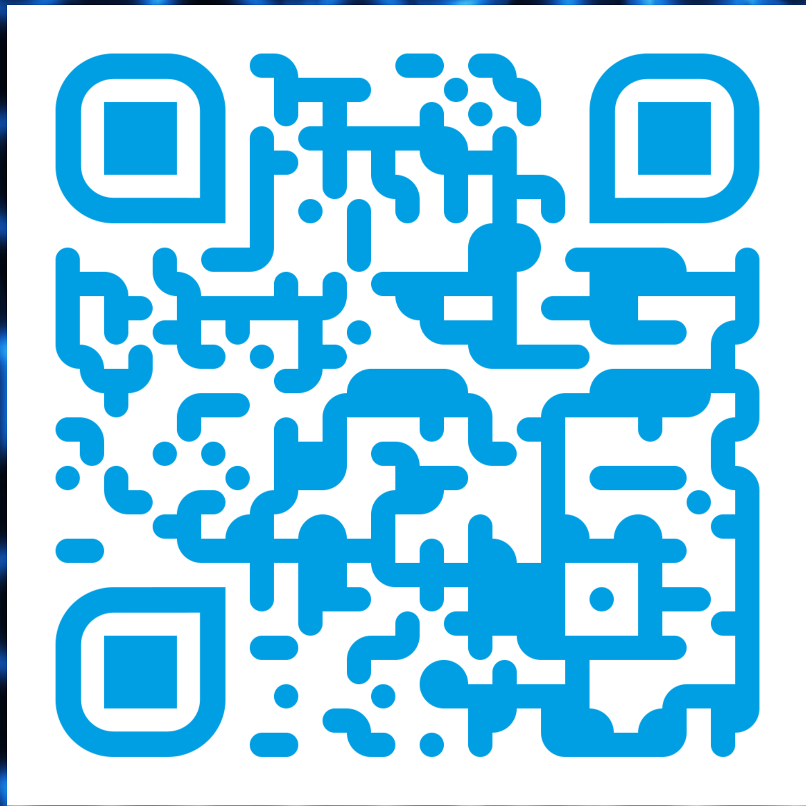
Pr. Dominique Ginhac
dginhac@u-bourgogne.fr

Dernière mise à jour le 04 Dec. 2024 par dG

Chapitre #02

Encodage binaire

https://ginhac.com/archi/02-encodage.pdf



Donner une base solide sur l'encodage de données en binaire afin de préparer à la programmation en assembleur.

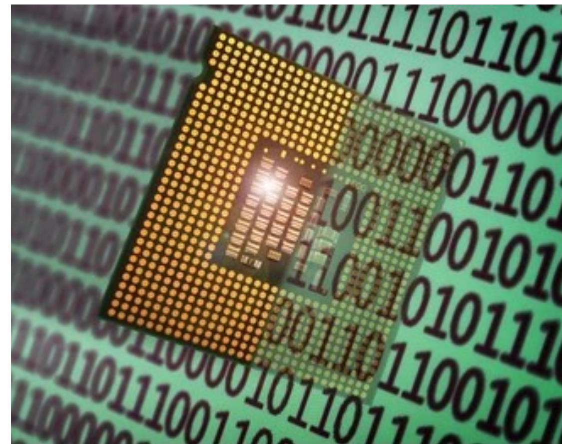
Enjoy! ;-)

Une définition

L'encodage binaire est une méthode de représentation des données numériques à l'aide de 0 et 1.

C'est un système simple et efficace, particulièrement adapté aux circuits électroniques qui utilisent des niveaux de tension pour représenter ces deux états.

Encodage binaire



Dans un processeur, tout est stocké en binaire (base 2) sous la forme d'une succession de 0 et 1.

Entiers naturels (strictement positifs) $\mathbb{N}$: 42, 1337

Entiers relatifs (positifs et négatifs) $\mathbb{Z}$: -42, 666

Réels (avec précision limitée) $\mathbb{R}$: 1.618, -273.16

Caractère : 'a', 'z', 😀, 🥰, 💩, ..

Chaines de caractères : "hello, world"

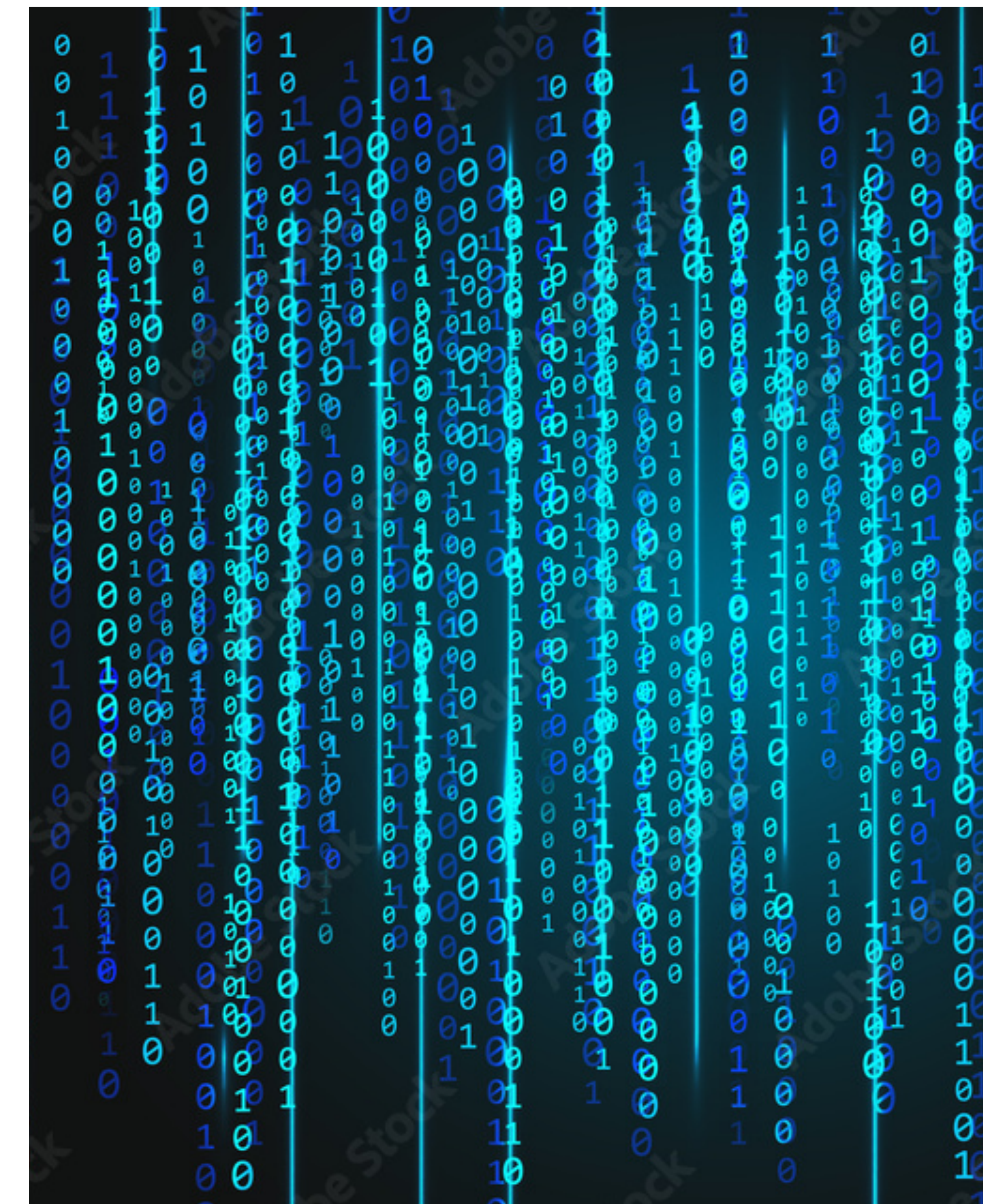
Code : "`while (true) { printf("hello, world");}`"

Images,

Vidéos,

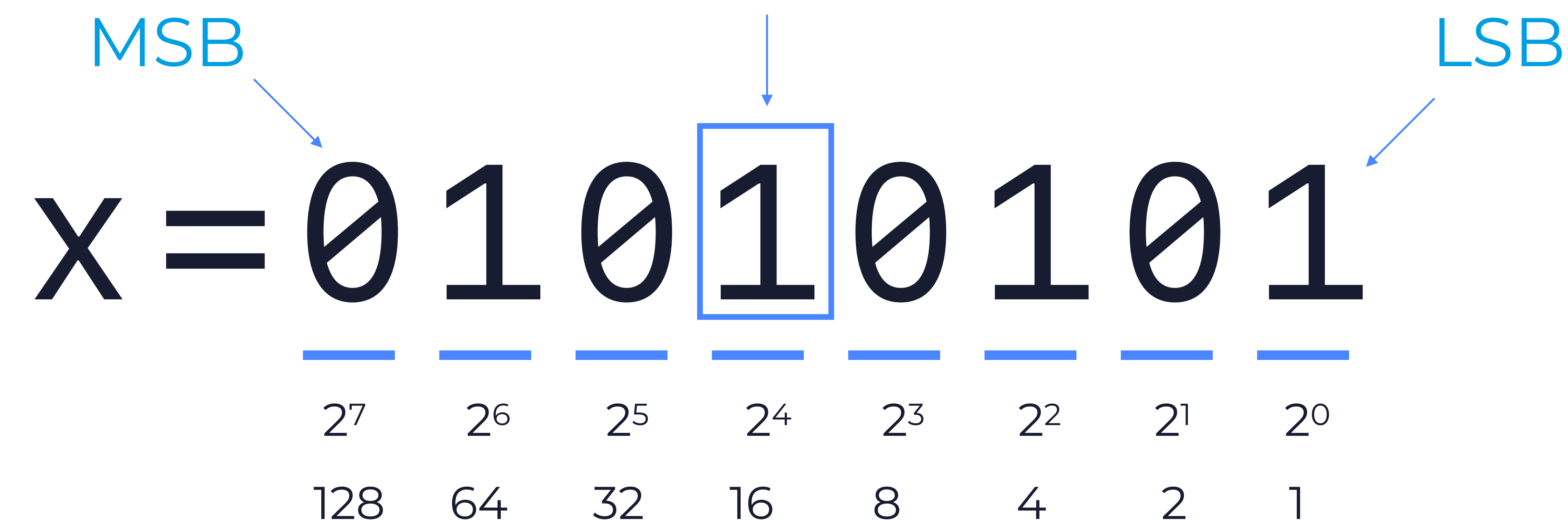
Applications,

...



Encodage binaire

Dans un processeur, on stocke les données sur un nombre fini de bits en mémoire.



Chaque position correspond à une puissance de deux.

Si $x \in \mathbb{N}$, x = 64+16+4+1 = 85 codé sur 8 bits

Sur n bits, on peut stocker 2^n valeurs différentes. Sur 8 bits, 2^8=256 valeurs comprises entre 0000 0000 et 1111 1111.

Le nombre de bits est déterminé par le développeur (`int valeur=42;`) ou imposé par une norme (IEEE754).

Nombre de bits

En théorie, on peut utiliser n'importe quel nombre de bits (3, 7, 13, …)

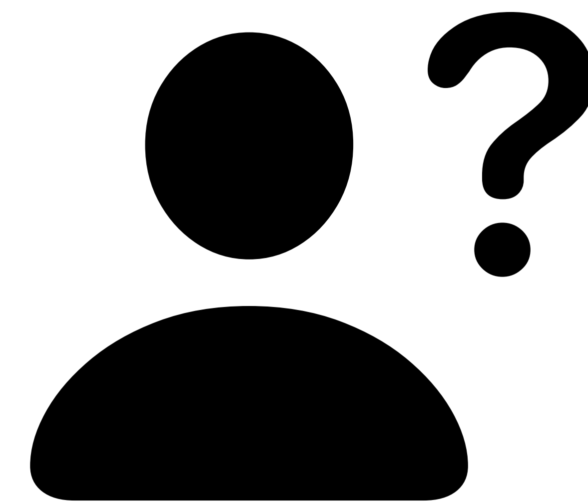
En pratique, on se limite à des profondeurs en puissances de 2 car cela permet une gestion efficace des données au niveau matériel.

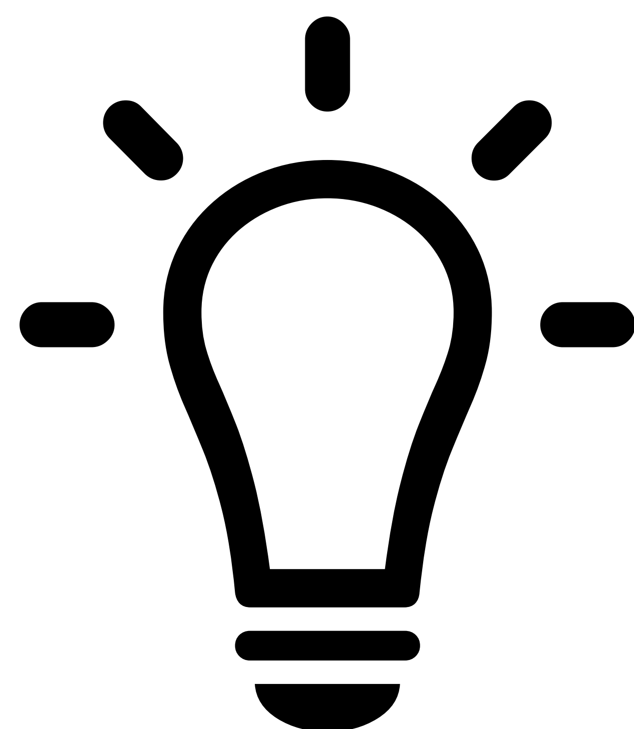
- 1 bit ➪ 2 valeurs ➪ `bool` en C/C++
- 8 bits (1 octet) ➪ 256 valeurs ➪ `char` en C/C++
- 16 bits ➪ 65 536 valeurs ➪ `short` en C/C++
- 32 bits ➪ 4 294 967 295 valeurs ➪ `int` ou `float` en C/C++
- 64 bits ➪ 18 446 744 073 709 551 616 valeurs (1.8 * 10^{19}) ➪ `long` ou `double` en C/C++
- 128 bits ➪ 340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768 211 456 valeurs (= 3.4 * 10^{38}) ➪ `long double` en C/C++ (quadruple précision)

Attention, la profondeur des types en C/C++ est liée au processeur (ici 64 bits), au compilateur et au système d'exploitation.

1 **kilo-octet (1 ko)**

1000 ou **1024** octets





1 kilo-octet = 1 ko = 10^3 octets = 1000 octets
1 kibi-octet = 1 Kio = 2^{10} octets = 1024 octets

Représentation des entiers positifs ℕ

8 bits

0b10010101 = 149

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
128			16		4		1

Convention

203 = 0b11001011

128 + 64 + 8 + 2 + 1

8 bits

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
128	64			8		2	1

Additions binaires sur ℕ

Cas très simples à 1 bit

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

Retenue

Dépassement de capacité

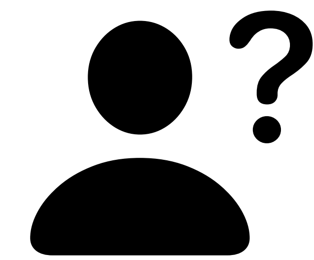
Cas à plusieurs bit

```
                 1          1   1
  110        1010       1010001
+ 001      + 0011     + 1010110
-----      ------     ---------
  111        1101      10100111
```

Retenue

Dépassement de capacité

Représentation des entiers relatifs $\mathbb{Z}$



Comment représenter un nombre négatif sur N bits ?

① MSB = signe
1 = nombre négatif
0 = nombre positif

Approche triviale

$(-1)^{MSB} * x$

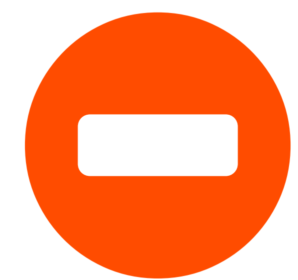
② Magnitude stockée sur N-1 bits en binaire naturel

Exemple sur 4 bits : x = **5** = 1 * (4+1) = 0b**0101** **-5** = -1 * (4 + 1) = 0b**1101**

Représentation des entiers relatifs $\mathbb{Z}$

Approche triviale : Signe sur 1 bit et Magnitude codée sur n-1 bits

3 + 4 = 0b0011 + 0b0100 = 0b**0**111 = **7** — OK



3 + 6 = 0b0011 + 0b0110 = 0b**1**001 = **-1** — Changement de signe (signe=1)

-3 + -4 = 0b1011 + 0b1100 = 0b**10**111 = **23** ou **7** — Dépassement de capacité, changement de signe (signe=0, retenue=1)

-3 + 4 = 0b1011 + 0b0100 = 0b**1**111 = **-7** — Pas de dépassement, toujours <0 (signe=1)

3 + -4 = 0b0011 + 0b1100 = 0b**1**111 = **-7** — Pas de dépassement, toujours <0 (signe=1)

5 + -4 = 0b0101 + 0b1100 = 0b**10**001 = **17** ou **1** — Dépassement de capacité (signe=0, retenue=1)

-5 + 4 = 0b1101 + 0b0100 = 0b**10**001 = **17** ou **1** — Dépassement de capacité (signe=0, retenue=1)

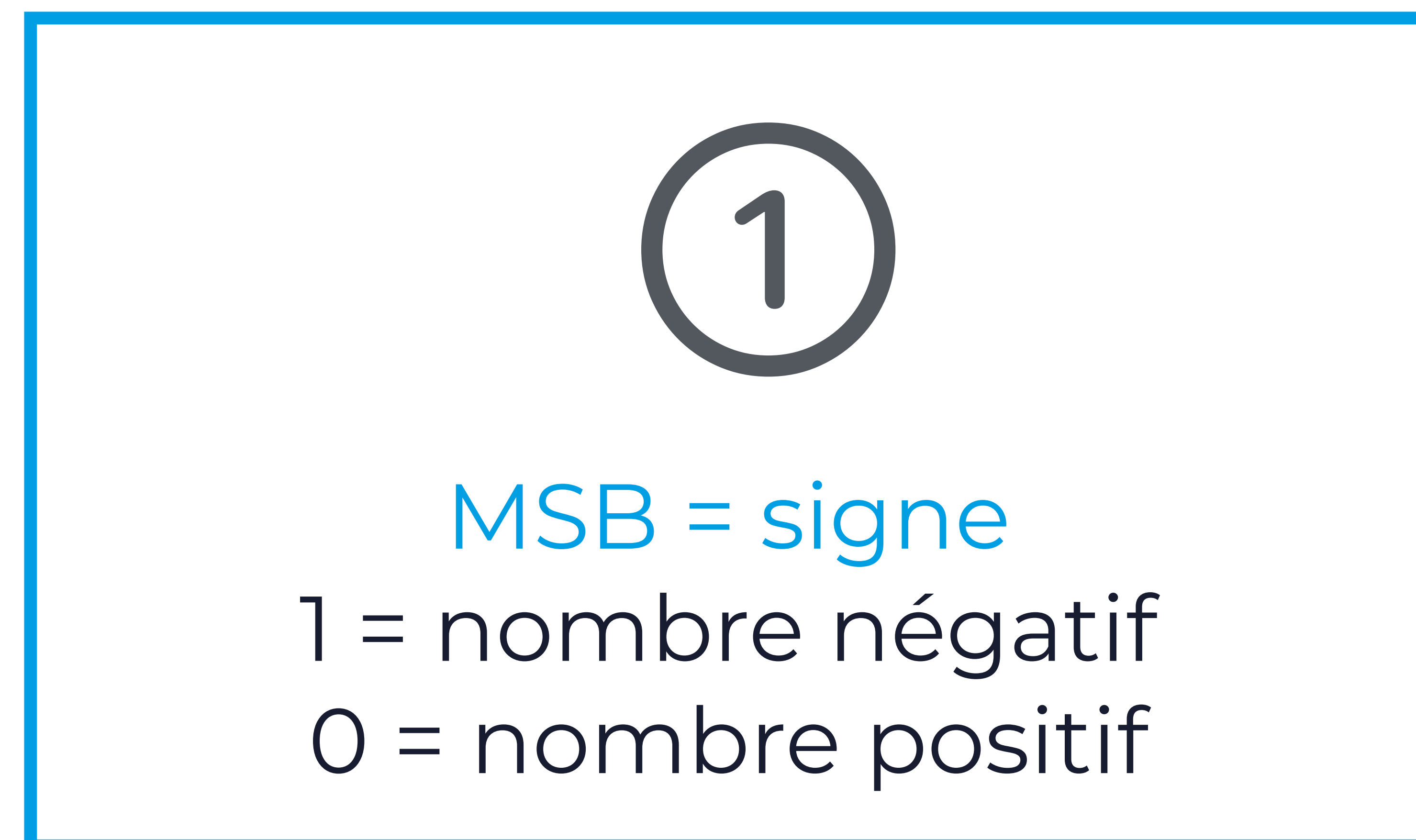
-3 + 3 = 0b1011 + 0b0011 = 0b**1**110 = -**6** — Pas de dépassement, toujours <0 (signe=1)

-4 + 4 = 0b1100 + 0b0100 = 0b**10**000 = **16** ou **0** — Dépassement de capacité, toujours >0 (signe=0, retenue=1)

2 représentations pour **0** = 0b**0000** et 0b**1000**

Représentation des entiers relatifs $\mathbb{Z}$

Le **complément à 1** offre une **symétrie binaire** entre nombre positifs et négatifs autour de 0, ce qui crée les conditions pour utiliser les opérations arithmétiques classiques.



Approche C1

$2^N - 1 - x$

↓

Inverser tous les bits

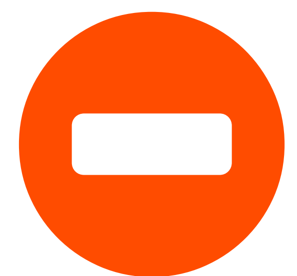
Exemple sur 4 bits : x = **5** = 0b**0101** → C1 = 0b**1010** → **-5** = 0b**1010** ($2^4 - 1 - 5$ en non signé)

-5 = 0b**1010** = $-2^{4-1} + 1 + 0*2^2 + 1*2^1 + 0*2^0 = -8 + 1 + 2$

Représentation des entiers relatifs ℤ

Approche C1 : Signe sur 1 bit et Magnitude codée sur n-1 bits en C1

3 + 4 = 0b0011 + 0b0100 = 0b**0**111 = **7**	OK
-4 + 3 = 0b1011 + 0b0011 = 0b**1**110 = **-1**	OK
-5 + 4 = 0b1010 + 0b0100 = 0b**1**110 = **-1**	OK
-3 + 3 = 0b1100 + 0b0011 = 0b**1**111 = **0**	OK



3 + 6 = 0b0011 + 0b0110 = 0b**1**001 = **-1**	Changement de signe (signe=1)
-3 + -6 = 0b1100 + 0b1001 = 0b**10**101 = **21** ou **5**	Dépassement de capacité et changement de signe (signe=0, retenue=0)
4 + -3 = 0b0100 + 0b1100 = 0b**10**000 = **16** ou **0**	Dépassement de capacité (signe=0, retenue=1)
-3 + -4 = 0b1100 + 0b1011 = 0b**10**111 = **23** ou **7**	Dépassement de capacité (signe=0, retenue=1)
-2 + -4 = 0b1101 + 0b1011 = 0b**11**000 = **24** ou **-7**	Dépassement de capacité (signe=1, retenue=1)
5 + -4 = 0b0101 + 0b1011 = 0b**10**000 = **16** ou **0**	Dépassement de capacité (signe=0, retenue=1)

2 représentations pour **0** = 0b**0000** et 0b**1111**

Représentation des entiers relatifs $\mathbb{Z}$

Approche C1 : Signe sur 1 bit et Magnitude codée sur n-1 bits en C1

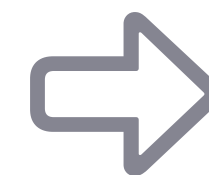
En complément à 1, lorsqu'un dépassement se produit après une addition, il faut négliger ce bit de dépassement et l'ajouter au résultat pour obtenir la valeur correcte.

4 + -3 = 0b0100 + 0b1100 = 0b**1**0000 = **16** ou **0**

-3 + -4 = 0b1100 + 0b1011 = 0b**1**0111 = **23** ou **7**

-2 + -4 = 0b1101 + 0b1011 = 0b**11**000 = **24** ou **-7**

5 + -4 = 0b0101 + 0b1011 = 0b**1**0000 = **16** ou **0**



0b**1** **0**000 → 0b**0**000 + **1** = 0b**0**001 = **1**

0b**1** **0**111 → 0b**0**111 + **1** = 0b**1**000 = **-7**

0b**1** **1**000 → 0b**1**000 + **1** = 0b**1**001 = **-6**

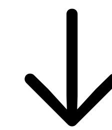
0b**1** **0**000 → 0b**0**000 + **1** = 0b**0**001 = **1**

En complément à 1, les nombres sont représentés sur un cercle où les nombres positifs et négatifs coexistent. Ajouter le bit de dépassement au résultat revient à reconstituer la "boucle" cyclique de la représentation des nombres relatifs.

Cela complique les opérations arithmétiques (et les circuits), car cela nécessite une étape supplémentaire pour gérer le bit de dépassement.

Représentation des entiers relatifs $\mathbb{Z}$

Le **complément à 2** est une amélioration directe du complement à 1 en offrant une **symétrie parfaite autour de 0**, ce qui permet d'utiliser sans modification les opérations arithmétiques classiques.

①	Approche C2	②
MSB = signe 1 = nombre négatif 0 = nombre positif	**2^N - x**  Inverser tous les bits et ajouter 1	Magnitude stockée sur N-1 bits en Complément à 2

Exemple sur 4 bits : x = **5** = 0b**0101** → C1 = 0b**1010** → C2 = C1 + 1 = 0b**1011**

-5 = 0b**1011** (égal à 2^4 - 5 en non signé - rappel C1 = 2^4 - 1 - 5)

-5 = 0b**1011** = $-2^{4-1} + 0*2^2 + 1*2^1 + 1*2^0 = -8 + 2 + 1$

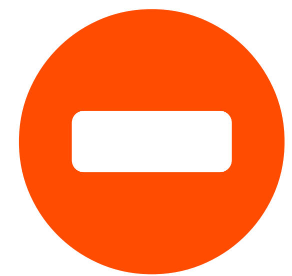
Représentation des entiers relatifs $\mathbb{Z}$

Approche C2 : Signe sur 1 bit et Magnitude codée sur n-1 bits en C2

3 + 4 = 0b0011 + 0b0100 = 0b0111 = **7** OK

-4 + 3 = 0b1100 + 0b0011 = 0b**1**111 = **-1** OK

-5 + 4 = 0b1011 + 0b0100 = 0b**1**111 = **-1** OK



3 + 6 = 0b0011 + 0b0110 = 0b**1**001 = **-1** Changement de signe

-3 + 3 = 0b1101 + 0b0011 = 0b**1**0000 = **16** ou **0** Dépassement de capacité (retenue=1)

4 + -3 = 0b0100 + 0b1101 = 0b**10**001 = **17** ou **1** Dépassement de capacité (retenue=1)

-3 + -4 = 0b1101 + 0b1100 = 0b**11**001 = **25** ou **-7** Dépassement de capacité (retenue=1)

-2 + -4 = 0b1110 + 0b1100 = 0b**11**010 = **26** ou **-6** Dépassement de capacité (retenue=1)

5 + -4 = 0b0101 + 0b1100 = 0b**10**001 = **17** ou **1** Dépassement de capacité (retenue=1)

2 représentations pour **0** = 0b**0000** et 0b**10000** Dépassement de capacité (retenue=1)

Si on néglige le dépassement de capacité (retenue), les calculs sont justes et il existe une seule représentation de 0.

Représentation des entiers relatifs $\mathbb{Z}$

Complément à 1

-4 + 3 = 0b1011 + 0b0011 = 0b**1**110 = **-1**

4 + -3 = 0b0100 + 0b1100 = 0b**10**000
0b **1 0**000 → 0b**0**000 + **1** = 0b**0**001 = **1**

-3 + -4 = 0b1100 + 0b1011 = 0b**10**111
0b **1 0**111 → 0b**0**111 + **1** = 0b**1**000 = **-7**

Complément à 2

-4 + 3 = 0b1100 + 0b0011 = 0b**1**111 = **-1**

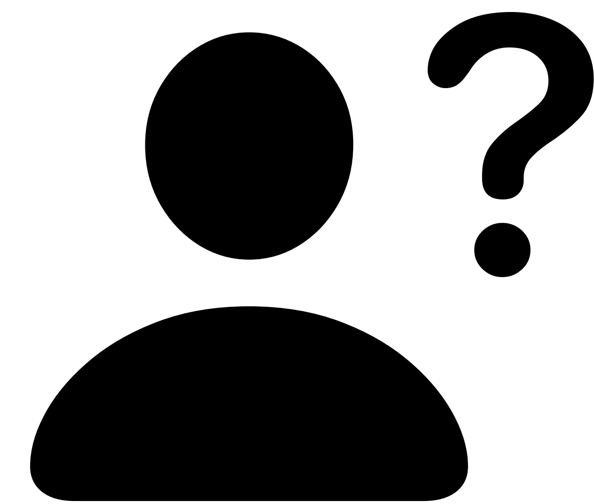
4 + -3 = 0b0100 + 0b1101 = 0b**10**001 → 0b**0**001 = **1**

-3 + -4 = 0b1101 + 0b1100 = 0b**11**001 → 0b**1**001 = **-7**

Le complément à 2 **intègre naturellement les nombres négatifs** dans les règles habituelles de l'addition et de la soustraction binaire et offre une **représentation unique pour 0**.

En ignorant le bit de report, les additionneurs binaires en complément à 2 **sont plus simples à implémenter matériellement**, car ils traitent les nombres positifs et négatifs de la même manière.

Quelle est la **valeur décimale** de x = `0b1100 1011` ?



Valeur de 0b11001011 ?

0b11001011 = 203

En entiers non signés ($\mathbb{N}$)
$0 \leq x \leq 255$ sur 8 bits (256 valeurs)

0b11001011 = –53

En entiers signés ($\mathbb{Z}$)
$-128 \leq x \leq 127$ sur 8 bits (256 valeurs)
-128 = 0b1000 0000   127 = 0b0111 1111

La seule différence est le MSB : 2^{N-1} en non signé et -2^{N-1} en signé

Nous ne pouvons pas savoir a priori ce qu'un nombre binaire signifie. Cela dépend du format choisi par l'utilisateur (`int` ou `unsigned int` en C/C++ par exemple).

Encodage **hexadécimal**

L’hexadécimal est une base comportant 16 symboles : 0 … 9 et A … F

Un symbole hexadécimal représente 4 bits, ce qui compacte l’écriture et facilite la lecture d’un nombre binaire.

8 bits 0b 0101 1101 = 0x5D

2^3 2^2 2^1 2^0 2^3 2^2 2^1 2^0

93 en décimal

16 bits 0x 5 A C 3 = 23235

5*16^3 10*16^2 12*16^1 3*16^0

0b0101 1010 1100 0011

0x C A F E = 51966 ou −13570

1100

en non signé · en signé

0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
A	1010
B	1011
C	1100
D	1101
E	1110
F	1111

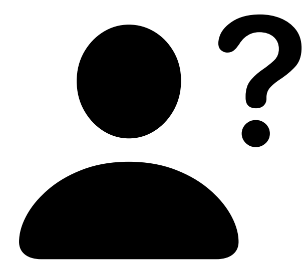
Représentation des **réels** $\mathbb{R}$

1234.56789

=1000+200+30+4+0.5+0.06+0.007+0.0008+0.00009

1	2	3	4	.	5	6	7	8	9
10^3	10^2	10^1	10^0		10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}

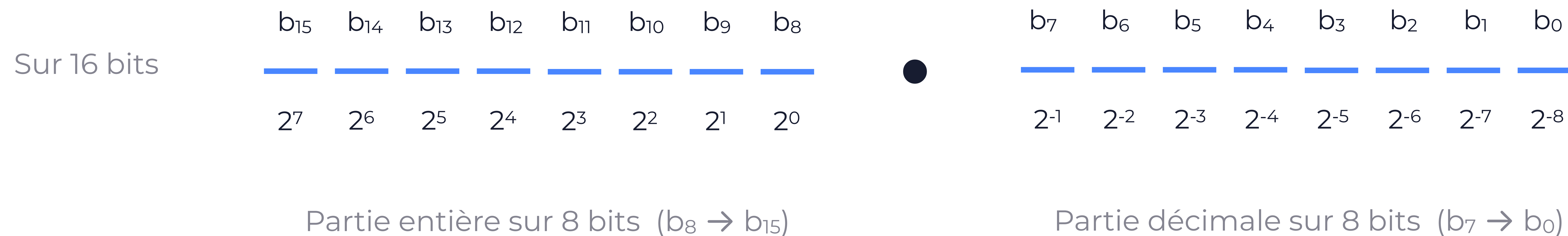
Partie entière — Partie décimale



Comment représenter ce **nombre réel** sur N bits ?

Représentation des **réels** $\mathbb{R}$

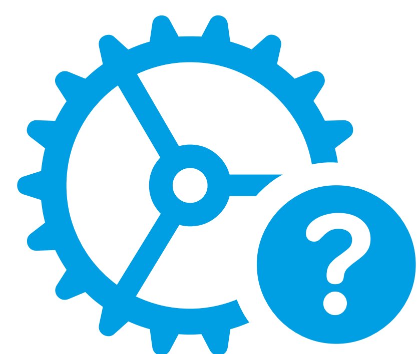
Première idée : Prendre la moitié des bits pour la partie entière et l'autre moitié pour la partie décimale (principe de la virgule fixe).



0 → 255

1/256 → 255/256

0,00390625 *0,99609375*



Approche très limitée :

- Sur 16 bits : Maximum = 255.996 et Précision = 1/256
- Sur 32 bits : Maximum = 65535.999984 et Précision = 1/65536

Sur 32 bits : 1234 = 0b0000 0100 1101 0010 et .56789 = 0b 1001 0001 0110 0001 = 0,5678863525

Rq: On peut ajuster le nombre de bits pour la partie entière et la partie décimale.

Représentation des réels $\mathbb{R}$

Deuxième idée : S'inspirer de la notation scientifique

(signe) caractéristique. mantisse x base^{exposant}

Norme IEEE 754

Norme sur l'arithmétique des nombres réels à virgule flottante (version initiale 1985 pour le 32/64 bits, version révisée 2008 pour le 128 bits).

Inspirée de la notation scientifique : (signe) caractéristique. mantisse x base$^{\text{exposant}}$

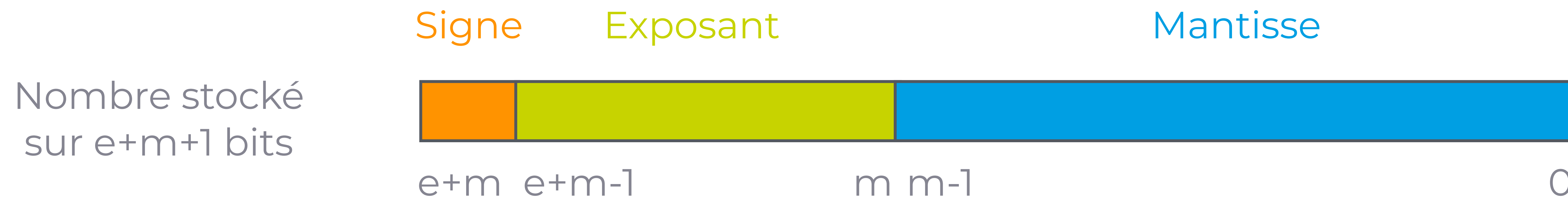
L'exposant donne la position (flottante) de la virgule.

L'exposant du nombre est positif ou négatif.

Utilisation d'un biais de $2^{e-1}-1$ pour décaler les valeurs négatives vers des valeurs positives.

$exposant_{biaise} = exposant_{reel} + 2^{e-1} - 1$

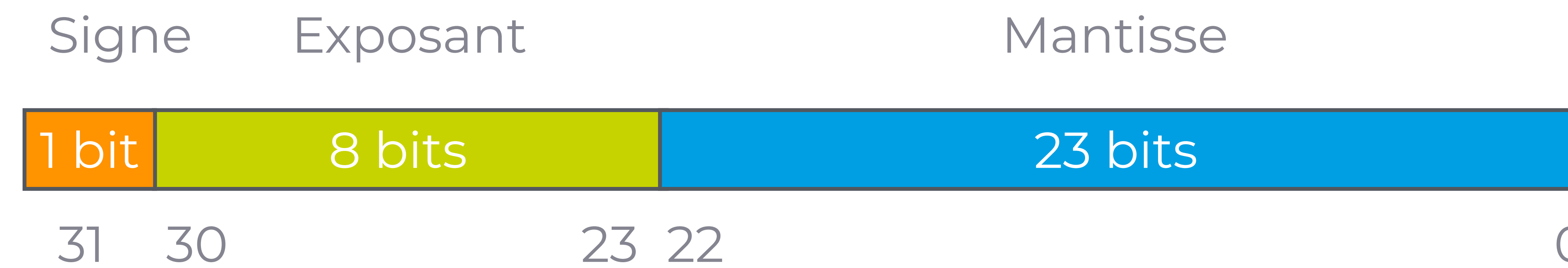
Exposant biaisé stocké sur e bits.



Norme IEEE 754

(signe) 1. mantisse x 2^(exposant-biais)

32 bits
Simple précision
(float en C/C++)
m=24, e=8

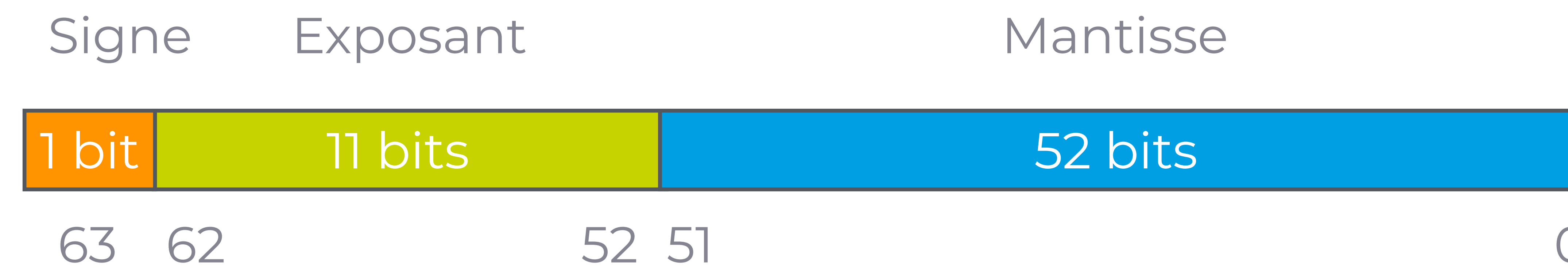


Exposant décalé de
$2^{e-1} - 1 = 2^7 - 1 = 127$

$-127 \leq exposant_{reel} \leq 128$

$0 \leq exposant_{biaise} \leq 255$

64 bits
Double précision
(double en C/C++)
m=52, e=11

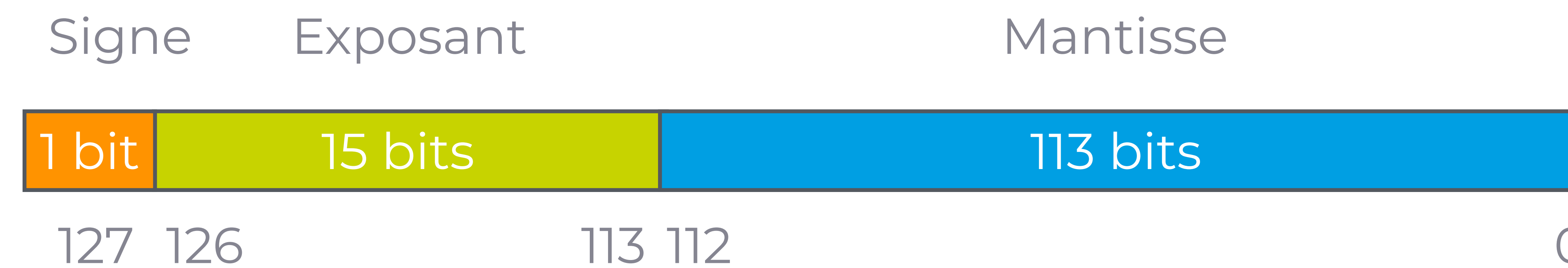


Exposant décalé de
$2^{e-1} - 1 = 2^{10} - 1 = 1023$

$-1023 \leq exposant_{reel} \leq 1024$

$0 \leq exposant_{biaise} \leq 2047$

128 bits
Quadruple précision
(long double en C/C++)
m=113, e=15



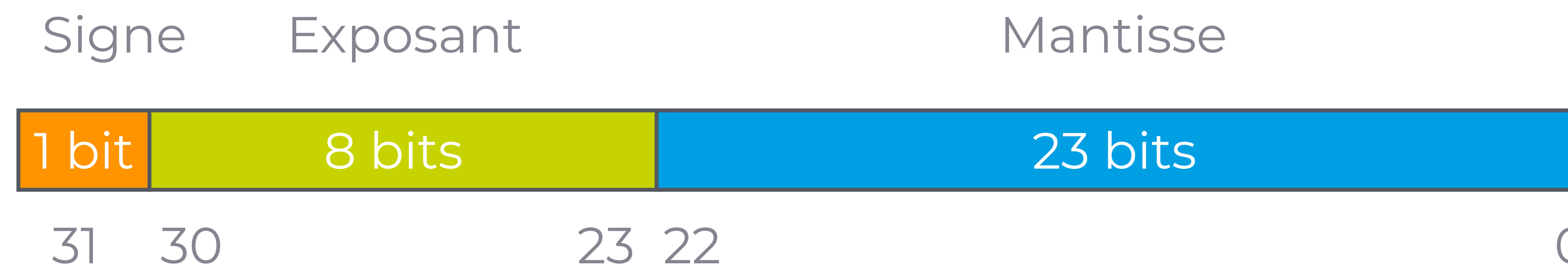
Exposant décalé de
$2^{e-1} - 1 = 2^{14} - 1 = 16383$

$-16383 \leq exposant_{reel} \leq 16384$

$0 \leq exposant_{biaise} \leq 32767$

Cas particuliers de la norme IEEE 754

32 bits
Simple précision
(float en C/C++)
m=24, e=8



Exposant décalé de
$2^{e-1} - 1 = 2^7 - 1 = 127$

$-127 \leq exposant_{reel} \leq 128$

$0 \leq exposant_{biaise} \leq 255$

+0 = 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 = 0x0000 0000

-0 = 1000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 = 0x8000 0000

$+\infty$ = 0111 1111 100 0000 0000 0000 0000 0000 = 0x7F80 0000

$-\infty$ = 1111 1111 1000 0000 0000 0000 0000 0000 = 0xFF80 0000

NaN = s111 1111 1 mantisse avec mantisse!= 0 et s indifférent

$+\infty$ et $-\infty$ sont utilisés pour représenter les résultats d'opérations dépassant les limites numériques (1/0) et pour gérer les limites sans générer des erreurs critiques dans les calculs.

NaN est une représentation essentielle pour traiter les résultats indéfinis ou non valides (0/0, sqrt(-1), ...) , tout en maintenant la continuité des calculs sans générer d'erreurs fatales

Valeur de 0x411A 0000 ?

32 bits
Simple précision
m=24, e=8

4	1	1	A	0	0	0	0
0100	0001	0001	1010	0000	0000	0000	0000

Signe = 0 → Nombre positif

Exposant = 0b1000 0010 = 2^7+2^1 = 128 + 2 = 130 → e = 130 - 127 = 3

Mantisse = 0b0011 0100 0000 … 0000 = $2^{-3} + 2^{-4} + 2^{-6}$
= 0.125 + 0.0625 + 0.015625 = 0.203125

(+) 1. 203125 x 2^3 = 9.625

Représentation de 5.75 et –5.75

Méthode 1

Partie entière : 5 = $2^2 + 2^0$ = 0b101

Partie décimale : 0.75 = $2^{-1} + 2^{-2}$ = 0b11

5.75 = 0b101.11 = 0b1.0111 * 2^2

Exposant = 127 + 2 = 129 = 0b1000 0001

Méthode 2

5.75 = 1.4375 * 2^2

Exposant = 127 + 2 = 129 = 0b1000 0001

Partie décimale : 0.4375 = $2^{-2} + 2^{-3} + 2^{-4}$ = 0b0111

Exposant = 127 + 2 = 129 = 0b1000 0001 Mantisse = 0b0111 0000 … 0000

5.75	0100	0000	1011	1000	0000	0000	0000	0000
	4	0	B	8	0	0	0	0
-5.75	1100	0000	1011	1000	0000	0000	0000	0000
	C	0	B	8	0	0	0	0

Représentation de $\pi \approx 3.1415926$

Partie entière : $3 = 2^1 + 2^0$ = 0b11

Partie décimale : 0.1415926 ≈ 0b0010 0100 0011 1111 0110 100

π = 0b11.0010 0100 0011 1111 0110 1 = 0b1.1001 0010 0001 1111 1011 01 * 2

Exposant = 127 + 1 = 129 = 0b1000 0000

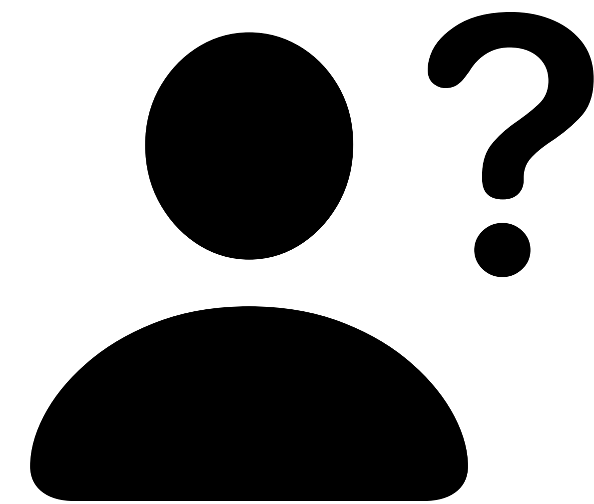
Mantisse = 0b1001 0010 0001 1111 1011 010

π	0100	0000	0100	1001	0000	1111	1101	1010
	4	0	4	9	0	F	D	A

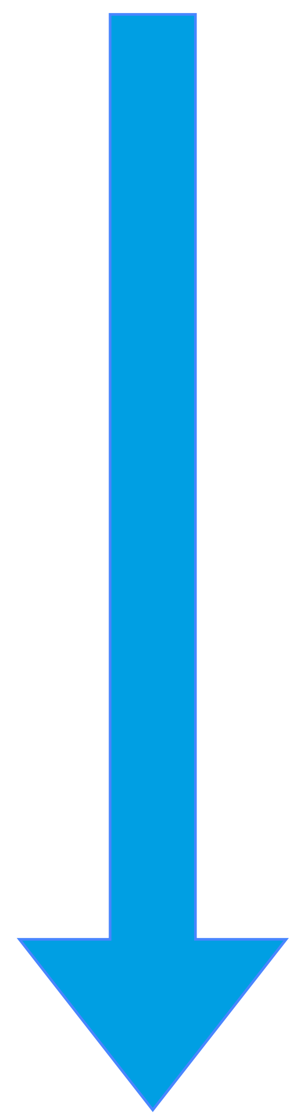
Valeur stockée : 3.14159250259399414062 5

Erreur de conversion : 0.0000000974060058593 75

Comment faire une addition/soustraction de nombres réels codés en IEEE754



Comment faire une addition/soustraction de nombres réels codés en IEEE754



1. Extraire le signe S, la mantisse M et l'exposant E de chaque nombre
2. Aligner les exposants en décalant les mantisses
3. Additionner ou soustraire les mantisses selon le signe
4. Normaliser la mantisse et l'exposant
5. Encoder le résultat en IEEE754

Addition de 3.5 et 1.25

Etape 1 : Extraire le signe, mantisse, exposant

3.5 = 1.75 * 2^1

Signe = `0`

Exposant = 127 + 1 = 128 = `0b1000 0000`

Mantisse : 0.75 = $2^{-1} + 2^{-2}$ = `0b11`

3.5 = `0b0100 0000 0110 0000 0000 000 000 000 = 0x40600000`

1.25 = 1.25 * 2^0

Signe = `0`

Exposant = 127 + 0 = 127 = `0b0111 1111`

Mantisse : 0.25 = 2^{-2} = `0b01`

3.5 = `0b0011 1111 1010 0000 0000 000 000 000 = 0x3FA00000`

Addition de 3.5 et 1.25

Etape 2 : Aligner les exposants en décalant les mantisses

3.5 = 1.75 * 2^1

Signe = `0`

Exposant = 127 + 1 = 128 = `0b1000 0000`

Mantisse : 0.75 = $2^{-1} + 2^{-2}$ = `0b11`

→ **3.5 = `0b1.11 * 2^1`**

1.25 = 1.25 * 2^0

Signe = `0`

Exposant = 127 + 0 = 127 = `0b0111 1111`

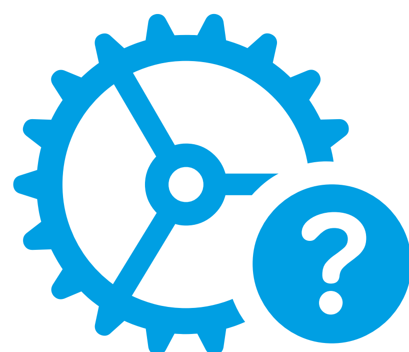
Mantisse : 0.25 = 2^{-2} = `0b01`

→ **1.25 = `0b1.01 * 2^0`**

$Exposant_{3.5}$ = 128 et $Exposant_{1.25}$ = 127 non alignés → Décalage 1 bit à gauche (*2) → $Exposant_{1.25}$ = 128

Décalage 1 bit à droite (/2) → $Mantisse_{1.25}$ = `0b0.101` $= 2^{-1} + 2^{-3} = 0.625$ car $1.25 = 0.625 * 2^1$

→ **1.25 = `0b0.101 * 2^1`**



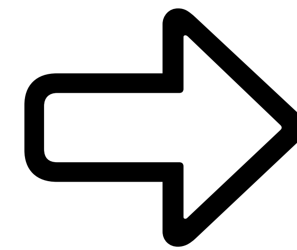
On aligne toujours l'exposant le plus petit en faisant un décalage vers la droite de la mantisse pour ne pas perdre de précision (perte du MSB de 0b11 → 0b1 en décalant à gauche)

Addition de 3.5 et 1.25

Etape 3 : Additionner les nombres alignés

3.5 = `0b1.11 * 2`^{1}

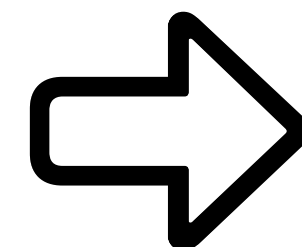
1.25 = `0b0.101 * 2`^{1}



```
  1.110 * 2^1
+ 0.101 * 2^1
-------------
 10.011 * 2^1
```

Etape 4 : Normaliser la mantisse et l'exposant

`0b10.011 * 2`^{1} = `0b1.0011 * 2`^{2}



Mantisse = `0b011`

Exposant = 127 + 2 = 129

Etape 5 : Encoder le résultat en IEEE754

0100	0000	1001	1000	0000	0000	0000	0000
4	0	9	8	0	0	0	0

Vérification

3.5 + 1.25 = 4.75

$4.75 = 1{,}1875 * 2^{2}$

Exposant = 127 + 2 = 129 = `0b1000 0001`

Partie décimale : $0.1875 = 2^{-3} + 2^{-4}$ = `0b0011`

`0100 0000 1001 1000 0000 0000 0000 0000`

`4 0 9 8 0 0 0 0`

Soustraction de 5.5 et 2.75

Etape 1 : Extraire le signe, mantisse, exposant

$5.5 = 1.375 * 2^2$

Signe = `0`

Exposant = 127 + 2 = 129 = `0b1000 0001`

Mantisse : $0.375 = 2^{-2} + 2^{-3}$ = `0b011`

$2.75 = 1.375 * 2^1$

Signe = `0`

Exposant = 127 + 1 = 128 = `0b1000 0000`

Mantisse : $0.375 = 2^{-2} + 2^{-3}$ = `0b011`

Etape 2 : Aligner les exposants en décalant les mantisses

$5.5 = 1.375 * 2^2$ → `0b1.011` $* 2^2$

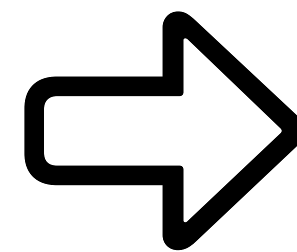
$2.75 = 1.375 * 2^1$ → `0b1.011` $* 2^1$ → `0b0.1011` $* 2^2$

Soustraction de 5.5 et 2.75

Etape 3 : Soustraire les nombres alignés

5.5 = 0b1.011 * 2^2

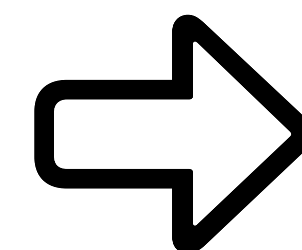
2.75 = 0b0.1011 * 2^2



```
  1.0110 * 2^2
- 0.1011 * 2^2
--------------
  0.1011 * 2^2
```

Etape 4 : Normaliser la mantisse et l'exposant

0b0.1011 * 2^2 = 0b1.011 * 2^1



Mantisse = 0b011

Exposant = 127 + 1 = 128

Etape 5 : Encoder le résultat en IEEE754

S=0 car >0

0100	0000	0011	0000	0000	0000	0000	0000
4	0	3	0	0	0	0	0

Soustraction de 5.5 et 2.75

Etape 3 : Additionner avec le complément à 2

$$5.5 - 2.75 = 5.5 + -2.75$$

5.5 = `0b1.011` $* 2^2$

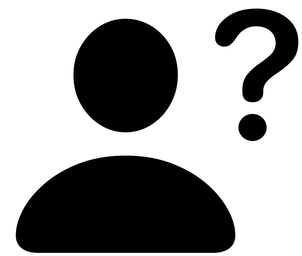
2.75 = `0b0.1011` $* 2^2$ → -2.75 = `0b1.0101` $* 2^2$

```
   1.0110 * 2^2
 + 1.0101 * 2^2
 --------------
(1)0.1011 * 2^2
```

On néglige le dépassement et on obtient le même résultat que précédemment.

Représentation des caractères

```
Hello, world
```



Comment représenter cet ensemble de caractères sur N bits ?

Table **ASCII**

American Standard Code for Information Interchange

Decimal	Hex	Char	Decimal	Hex	Char	Decimal	Hex	Char	Decimal	Hex	Char
0	0	[NULL]	32	20	[SPACE]	64	40	@	96	60	`
1	1	[START OF HEADING]	33	21	!	65	41	A	97	61	a
2	2	[START OF TEXT]	34	22	"	66	42	B	98	62	b
3	3	[END OF TEXT]	35	23	#	67	43	C	99	63	c
4	4	[END OF TRANSMISSION]	36	24	$	68	44	D	100	64	d
5	5	[ENQUIRY]	37	25	%	69	45	E	101	65	e
6	6	[ACKNOWLEDGE]	38	26	&	70	46	F	102	66	f
7	7	[BELL]	39	27	'	71	47	G	103	67	g
8	8	[BACKSPACE]	40	28	(	72	48	H	104	68	h
9	9	[HORIZONTAL TAB]	41	29	)	73	49	I	105	69	i
10	A	[LINE FEED]	42	2A	*	74	4A	J	106	6A	j
11	B	[VERTICAL TAB]	43	2B	+	75	4B	K	107	6B	k
12	C	[FORM FEED]	44	2C	,	76	4C	L	108	6C	l
13	D	[CARRIAGE RETURN]	45	2D	-	77	4D	M	109	6D	m
14	E	[SHIFT OUT]	46	2E	.	78	4E	N	110	6E	n
15	F	[SHIFT IN]	47	2F	/	79	4F	O	111	6F	o
16	10	[DATA LINK ESCAPE]	48	30	0	80	50	P	112	70	p
17	11	[DEVICE CONTROL 1]	49	31	1	81	51	Q	113	71	q
18	12	[DEVICE CONTROL 2]	50	32	2	82	52	R	114	72	r
19	13	[DEVICE CONTROL 3]	51	33	3	83	53	S	115	73	s
20	14	[DEVICE CONTROL 4]	52	34	4	84	54	T	116	74	t
21	15	[NEGATIVE ACKNOWLEDGE]	53	35	5	85	55	U	117	75	u
22	16	[SYNCHRONOUS IDLE]	54	36	6	86	56	V	118	76	v
23	17	[END OF TRANS. BLOCK]	55	37	7	87	57	W	119	77	w
24	18	[CANCEL]	56	38	8	88	58	X	120	78	x
25	19	[END OF MEDIUM]	57	39	9	89	59	Y	121	79	y
26	1A	[SUBSTITUTE]	58	3A	:	90	5A	Z	122	7A	z
27	1B	[ESCAPE]	59	3B	;	91	5B	[	123	7B	{
28	1C	[FILE SEPARATOR]	60	3C	<	92	5C	\	124	7C	|
29	1D	[GROUP SEPARATOR]	61	3D	=	93	5D	]	125	7D	}
30	1E	[RECORD SEPARATOR]	62	3E	>	94	5E	^	126	7E	~
31	1F	[UNIT SEPARATOR]	63	3F	?	95	5F	_	127	7F	[DEL]

Table reliant un caractère à une valeur entière comprise entre 0x00 et 0x7F sur 7 bits à l'origine.

'A' = 0x41 = 65

'a' = 0x61 = 97

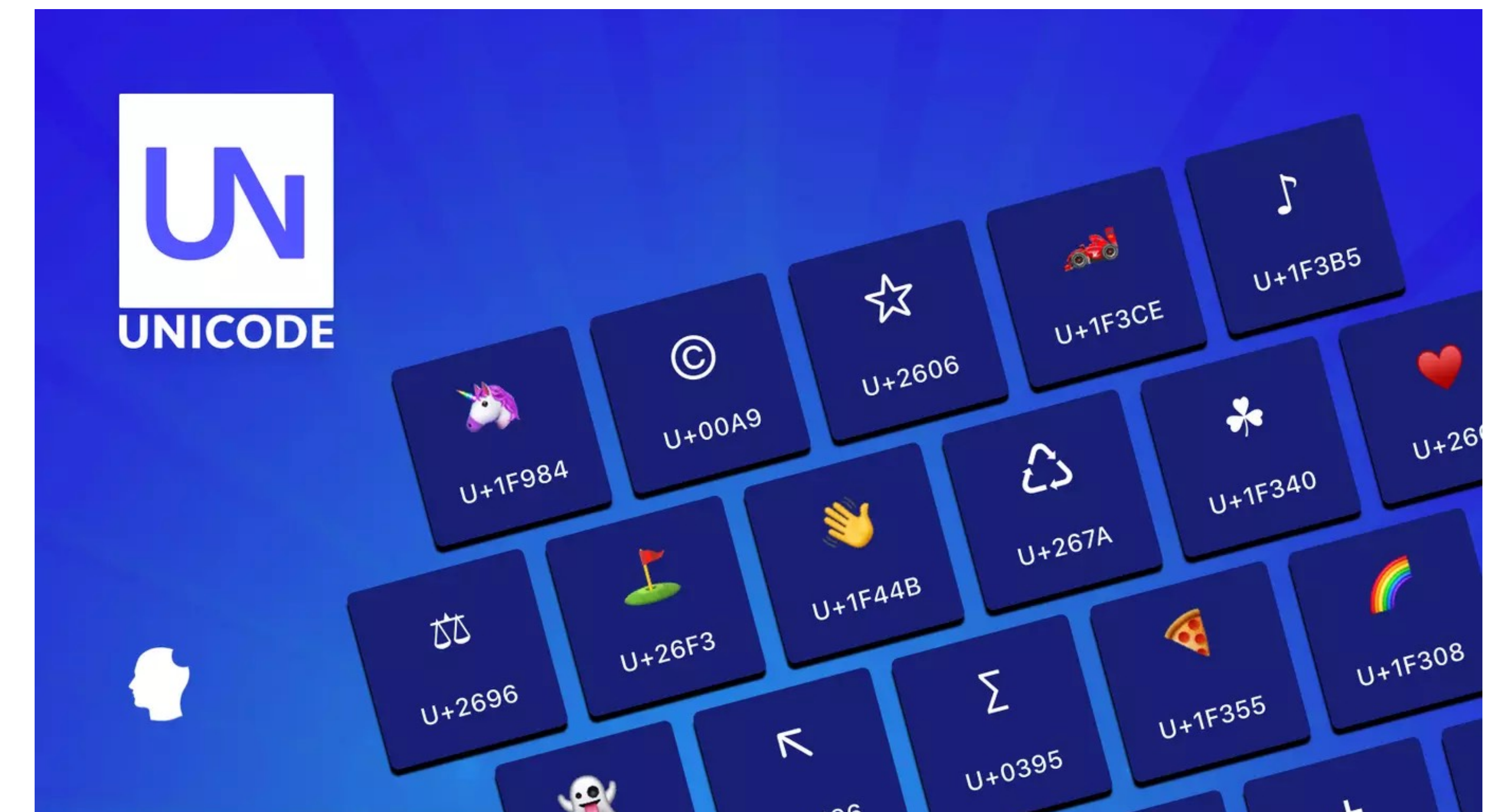
'4' = 0x34

"hello, world" = 0x68656C6C6F2C20776F726C64

UTF

Universal Character Set Transformation Format

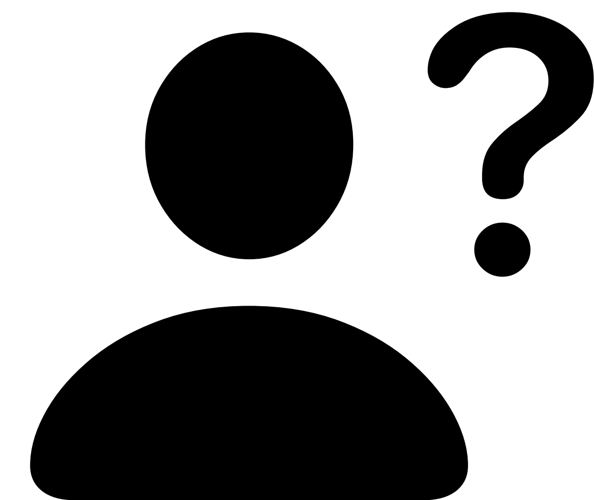
	H	e	l	l	o
Unicode	U+0048	U+0065	U+006C	U+006C	U+006F
UTF-8	48	65	6C	6C	6F
UTF-16	00 48	00 65	00 6C	00 6C	00 6F
ASCII	48	65	6C	6C	6F



Extension de l’ASCII pour encoder l’ensemble des caractères du « répertoire universel de caractères codés » (Unicode)

Utilise de 1 à 4 octets (UTF-8 → UTF-32)

Quelle est la **valeur**
de x = `0x416C 6C6F` sur 32 bits ?



Valeur de `0x416C 6C6F` ?

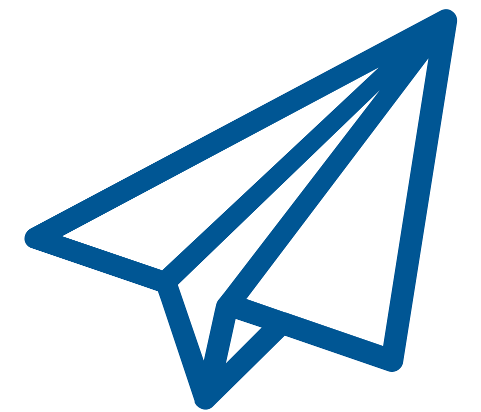
= 1097624687 en entiers non signés ($\mathbb{N}$) ou signés ($\mathbb{Z}$)

= 14.7764 en réel ($\mathbb{R}$)

= allo en chaine de caractères

Nous ne pouvons pas savoir a priori ce qu'un nombre binaire signifie. Cela dépend du format choisi par l'utilisateur (`int`, `float` ou `string` en C++ par exemple).

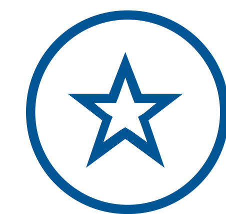
TAKE HOME MESSAGE



#2

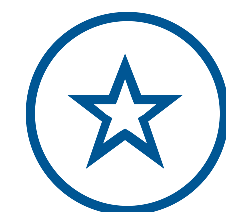
Tout est binaire

Dans un ordinateur, tout, absolument tout, est stocké en format binaire.



Nombre de bits prédéterminé

On utilise un nombre fini et pré-déterminé de bits pour représenter de l'information.



Encodage/décodage spécifique selon les formats

C'est l'encodage/décodage des données qui définit le type de données stockée ou lue sur N bit

Questions

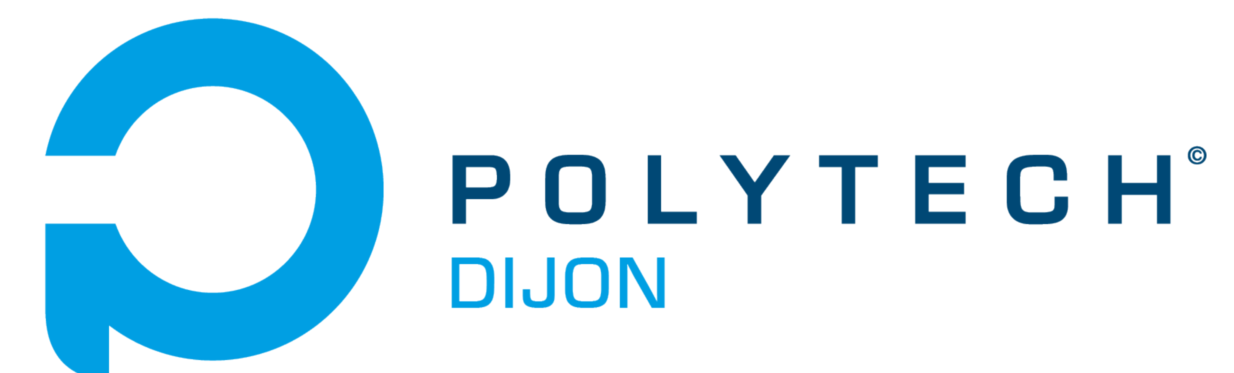
Photo by Alexander Andrews on Unsplash

Contacts

Pr. Dominique Ginhac

dginhac@u-bourgogne.fr

Retrouvez toutes les infos sur :



This work is **licensed** under a
Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/