

# Représentation binaire

Comprendre les Microcontrôleurs

Jean-Daniel NICOUD et Pierre-Yves ROCHAT

## Représentation binaire

- Système de numération binaire
- Nombres binaires de taille limitée
- Nombres signés
- Hexadécimal, BCD et caractères

# Systeme de numération binaire

			0	0	
			1	1	
		1	0	2	
		1	1	3	
	1	0	0	4	
	1	0	1	5	
	1	1	0	6	
	1	1	1	7	
1	0	0	0	8	
1	0	0	1	9	
1	0	1	0	10	= 8 + 0 + 2 + 0 = 10
1	0	1	1	11	
Poids :	8	4	2	1	

- Une **bascule** peut mémoriser une valeur binaire (un bit)
- Un **registre** est un ensemble de plusieurs bascules
- Un registre contient un **mot** binaire
- Un mot binaire peut avoir une signification quelconque
- ***Dans certaines situation***, un mot binaire représente un nombre

- On donne souvent un numéro à chaque bit :

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

- Prenons un exemple. Le mot binaire suivant :

0	0	1	0	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

- La seule chose qu'on peut affirmer, c'est que le bit 0 et le bit 5 sont à « 1 » et que les autres à « 0 » !

# Nombres binaires de taille limitée

0	0	1	0	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

- Si ce mot est vu comme un **nombre binaire**, il vaut :  
 $0 + 0 + 32 + 0 + 0 + 0 + 0 + 1 = 33$
- Mais peut-on calculer en binaire avec des **nombre limités à un certaine taille ?**
- C'est tout le problème de l'**arithmétique modulaire** !

- Prenons pour simplifier l'exemple de mots de 3 bits
- Chaque mot peut représenter 8 nombres différents ( $= 2^3$ )
- On peut par exemple représenter les nombres positifs de 0 à 7 ( de 0 à  $2^3-1$  )
- Est-ce que l'addition fonctionne ?

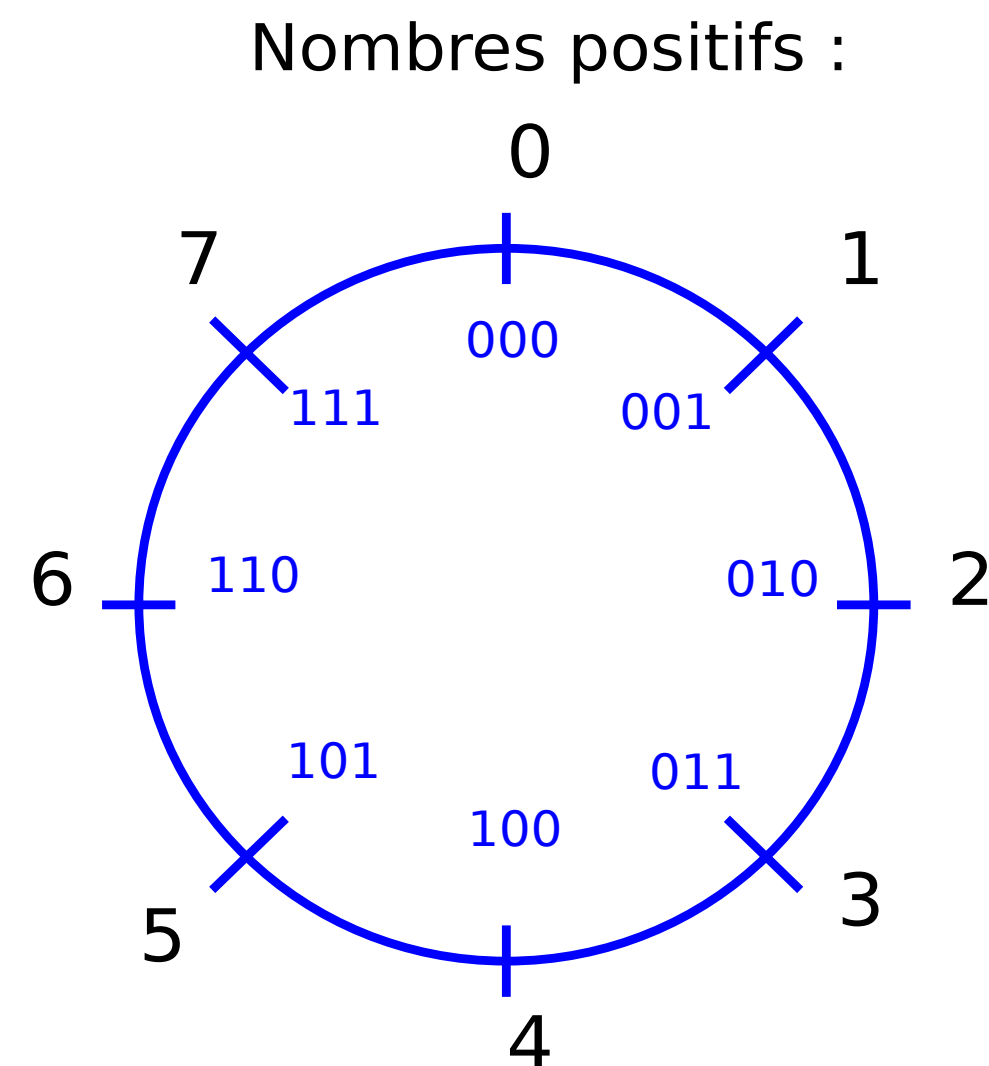
- Prenons pour simplifier l'exemple de mots de 3 bits
  - Chaque mot peut représenter 8 nombres différents ( $= 2^3$ )
  - On peut par exemple représenter les nombres positifs de 0 à 7 ( de 0 à  $2^3-1$  )
  - Est-ce que l'addition fonctionne ?
- 
- On obtient parfois un **dépassement de capacité** !
  - Le résultat obtenu est privé du bit de poids 8 (qui n'existe pas sur 3 bits)
  - Arithmétiquement, c'est :  **$(6 + 3)$  modulo 8**



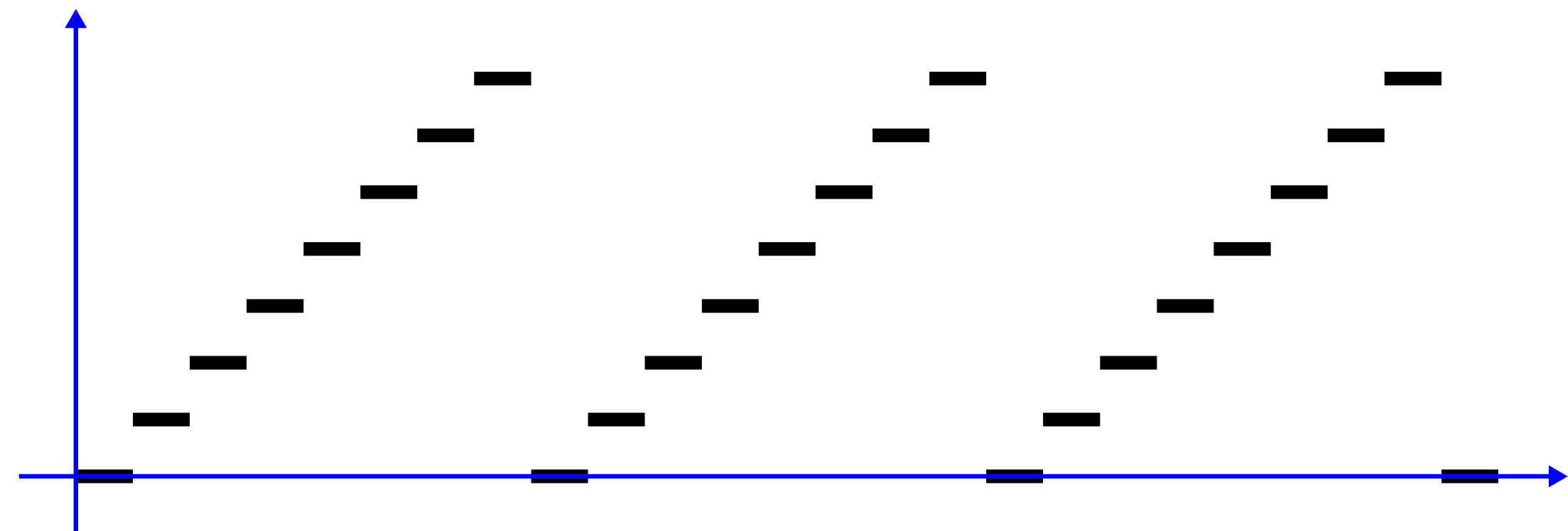
# Représentation des nombres modulaires positifs

- Deux représentations aident à comprendre les nombres modulaires :

Un cercle :



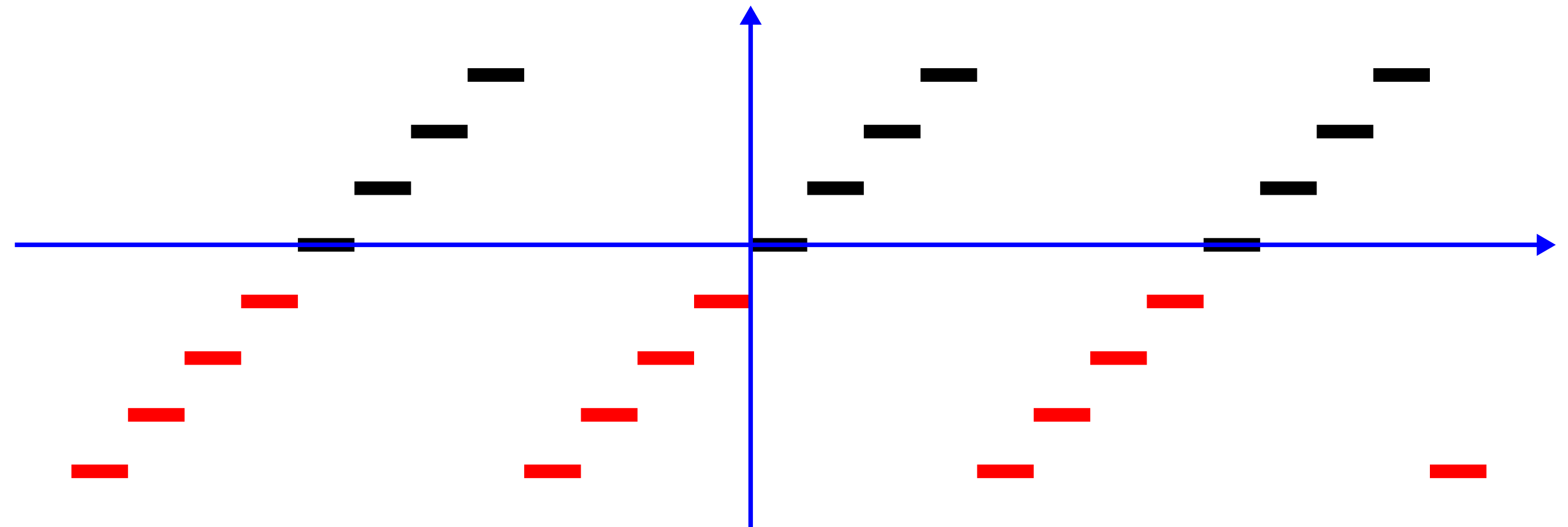
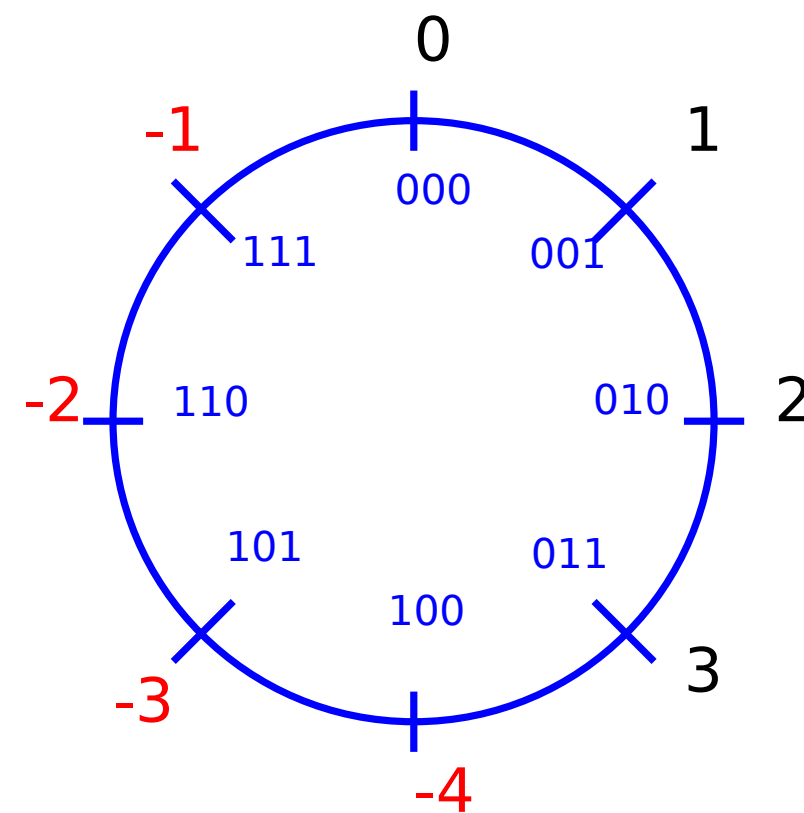
Une fonction :



# Représentation des nombres négatifs

- Plusieurs solutions sont possibles pour représenter aussi des nombres négatifs
- Voici celle qui est la plus utilisée : (complément à deux)

Nombres positifs et négatifs :



# Représentation des nombres négatifs

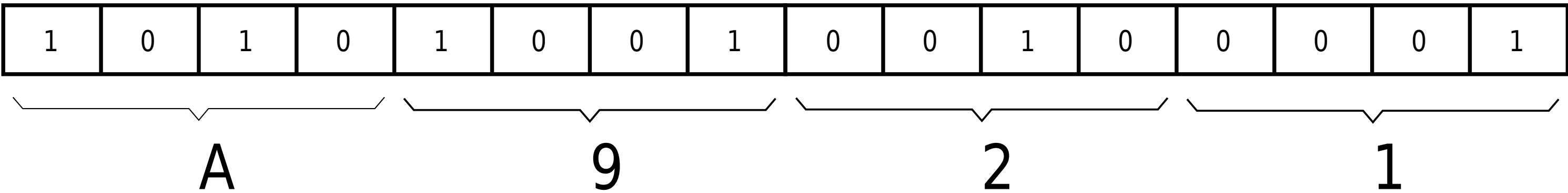
Voici les intervalles arithmétiques pour quelques longueurs de nombres binaires :

4 bits	0 à 15	-8 à +7	<i>Nibble</i>
8 bits	0 à 255	-128 à +127	<b>Byte, octet</b>
16 bits	0 à 65'536	-32'768 à +32'767	
32 bits	0 à 4'294'967'296	-2'147'483'648 à 2'147'473'647	

Les noms donnés à ces types de nombres ne sont pas standardisés !

# Notation en hexadécimal

- L'écriture de nombres en binaire est fastidieuse...
- La conversion en décimal n'est pas immédiate !
- On utilise souvent l'hexadécimal :

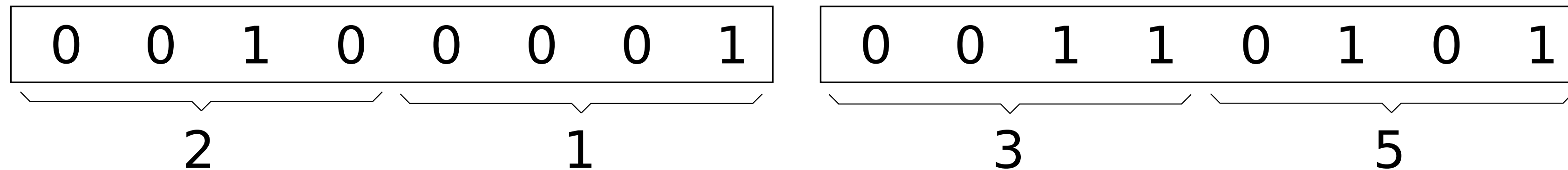


- Couper le nombre binaire en tranches de 4 bits (depuis la droite)
- Coder chaque groupe de 4 bits avec les chiffres de 0 à F

0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	A
1	0	1	1	B
1	1	0	0	C
1	1	0	1	D
1	1	1	0	E
1	1	1	1	F

- Le code **BCD** est encore parfois utilisé, par exemple dans les circuits horloges
- Il s'agit bien de nombre **décimaux**, mais chaque chiffre décimal est codé sur 4 bits
- Par exemple, un mot de 16 bits peut coder des nombres BCD entre 0 et 9'999

Exemple de valeur horaire codée en BCD, sur deux octets : 21 h 35



- Le passage du binaire au BCD nécessite de nombreuses opérations (dans les deux sens)  
*Il s'agit bien de la conversion du binaire au décimal et du décimal au binaire.*

- Le code **ASCII** permet de coder les caractères courants sur 7 bits  
(il date de 1963...) Il ne contient pas de lettres accentuées.

ASCII Code Chart

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2		!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

## Représentation binaire

- Système de numération binaire
- Nombres binaires de taille limitée  
*arithmétique en modulo*
- Nombres signés  
*notation en complément à deux*
- Hexadécimal, BCD et caractères