

Principes de fonctionnement des machines binaires

2019/2020

Pierluigi Crescenzi

Université de Paris, IRIF



- Tests et examens
 - CC : résultat des tests en TD / TP (semaine 4 et 10)
 - E0 : partiel (semaine 6 ou 8 à confirmer)
 - E1 : examen mi décembre
 - E2 : examen fin juin

- Tests et examens
 - CC : résultat des tests en TD / TP (semaine 4 et 10)
 - E0 : partiel (semaine 6 ou 8 à confirmer)
 - E1 : examen mi décembre
 - E2 : examen fin juin
- Notes finales
 - Note session 1 : $25\% \text{ CC} + 25\% \text{ E0} + 50\% \text{ E1}$
 - Note session 2 : $\max(\text{E2}, 33\% \text{ CC} + 67\% \text{ E2})$

- Tests et examens
 - CC : résultat des tests en TD / TP (semaine 4 et 10)
 - E0 : partiel (semaine 6 ou 8 à confirmer)
 - E1 : examen mi décembre
 - E2 : examen fin juin
- Notes finales
 - Note session 1 : $25\% \text{ CC} + 25\% \text{ E0} + 50\% \text{ E1}$
 - Note session 2 : $\max(\text{E2}, 33\% \text{ CC} + 67\% \text{ E2})$
- Rappel
 - Pas de note \Rightarrow pas de moyenne \Rightarrow pas de semestre

- Tests et examens
 - CC : résultat des tests en TD / TP (semaine 4 et 10)
 - E0 : partiel (semaine 6 ou 8 à confirmer)
 - E1 : examen mi décembre
 - E2 : examen fin juin
- Notes finales
 - Note session 1 : 25% CC + 25% E0 + 50% E1
 - Note session 2 : $\max(E2, 33\% CC + 67\% E2)$
- Rappel
 - Pas de note \Rightarrow pas de moyenne \Rightarrow pas de semestre
- Site web
 - moodlesupd.script.univ-paris-diderot.fr

- **Numération et arithmétique**
- Numération et arithmétique en machine
- Numérisation et codage (texte, images)
- Compression, cryptographie, contrôle d'erreur
- Logique et calcul propositionnel
- Circuits numériques

- Addition posée en base 10
 - On s'appuie sur la *table d'addition*
 - On dispose les nombres en colonnes : chiffres des unités, chiffres des dizaines, chiffres des centaines, etc
 - On effectue la somme des chiffres de la colonne la plus à droite :
 - On *pose* son chiffre des unités
 - On *reporte* la retenue sur la colonne à gauche
 - On recommence sur la colonne immédiatement à gauche

- Addition posée en base 10
 - On s'appuie sur la *table d'addition*
 - On dispose les nombres en colonnes : chiffres des unités, chiffres des dizaines, chiffres des centaines, etc
 - On effectue la somme des chiffres de la colonne la plus à droite :
 - On *pose* son chiffre des unités
 - On *reporte* la retenue sur la colonne à gauche
 - On recommence sur la colonne immédiatement à gauche

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

$$\begin{array}{r}
 2019 \\
 + 291 \\
 \hline
 \end{array}$$

- Addition posée en base 10
 - On s'appuie sur la *table d'addition*
 - On dispose les nombres en colonnes : chiffres des unités, chiffres des dizaines, chiffres des centaines, etc
 - On effectue la somme des chiffres de la colonne la plus à droite :
 - On *pose* son chiffre des unités
 - On *reporte* la retenue sur la colonne à gauche
 - On recommence sur la colonne immédiatement à gauche

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

$$\begin{array}{r}
 2019 \\
 + 1290 \\
 \hline
 \end{array}$$

- Addition posée en base 10
 - On s'appuie sur la *table d'addition*
 - On dispose les nombres en colonnes : chiffres des unités, chiffres des dizaines, chiffres des centaines, etc
 - On effectue la somme des chiffres de la colonne la plus à droite :
 - On *pose* son chiffre des unités
 - On *reporte* la retenue sur la colonne à gauche
 - On recommence sur la colonne immédiatement à gauche

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

$$\begin{array}{r}
 2019 \\
 + 1191 \\
 \hline
 3210
 \end{array}$$

- Addition posée en base 10
 - On s'appuie sur la *table d'addition*
 - On dispose les nombres en colonnes : chiffres des unités, chiffres des dizaines, chiffres des centaines, etc
 - On effectue la somme des chiffres de la colonne la plus à droite :
 - On *pose* son chiffre des unités
 - On *reporte* la retenue sur la colonne à gauche
 - On recommence sur la colonne immédiatement à gauche

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

$$\begin{array}{r}
 2 \quad 1 \quad 1 \\
 0 \quad 1 \quad 9 \quad + \\
 2 \quad 9 \quad 1 \quad = \\
 3 \quad 1 \quad 0
 \end{array}$$

- Addition posée en base 10
 - On s'appuie sur la *table d'addition*
 - On dispose les nombres en colonnes : chiffres des unités, chiffres des dizaines, chiffres des centaines, etc
 - On effectue la somme des chiffres de la colonne la plus à droite :
 - On *pose* son chiffre des unités
 - On *reporte* la retenue sur la colonne à gauche
 - On recommence sur la colonne immédiatement à gauche

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

$$\begin{array}{r}
 \\
 \\
 2 \\
 2
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 1 \\
 0 \\
 2 \\
 3
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 1 \\
 1 \\
 9 \\
 1
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 9 \\
 1 \\
 0
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 + \\
 =
 \end{array}$$

- Addition posée en base b
 - On s'appuie sur la *table d'addition* en base b
 - On dispose les nombres en colonnes : chiffres des unités, chiffres des b -aines, chiffres des b^2 -aines, etc
 - On effectue la somme des chiffres de la colonne la plus à droite :
 - On *pose* son chiffre des unités
 - On *reporte* la retenue sur la colonne à gauche
 - On recommence sur la colonne immédiatement à gauche

- Exemple en base 16

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A
C	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B
D	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C
E	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D
F	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E

- Exemple en base 16

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A
C	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B
D	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C
E	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D
F	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E

$$\begin{array}{r}
 1 \quad 8 \quad A \quad 4 \quad + \\
 7 \quad C \quad =
 \end{array}$$

- Exemple en base 16

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A
C	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B
D	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C
E	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D
F	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E

$$\begin{array}{r}
 1 \\
 1 \quad 8 \quad A \quad 4 \quad + \\
 \quad \quad 7 \quad C \quad = \\
 \quad \quad \quad 0
 \end{array}$$

- Exemple en base 16

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A
C	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B
D	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C
E	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D
F	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E

$$\begin{array}{r}
 1 \quad 1 \\
 1 \quad 8 \quad A \quad 4 \quad + \\
 \quad \quad 7 \quad C \quad = \\
 \quad \quad 2 \quad 0
 \end{array}$$

- Exemple en base 16

	+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
2	2	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11
3	3	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12
4	4	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13
5	5	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14
6	6	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15
7	7	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16
8	8	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	B	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A
C	C	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B
D	D	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C
E	E	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D
F	F	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E

$$\begin{array}{r} 1 \\ 1 \end{array} \begin{array}{r} 1 \\ 8 \\ 9 \end{array} \begin{array}{r} 1 \\ A \\ 7 \\ 2 \end{array} \begin{array}{r} 4 \\ C \\ 0 \end{array} \begin{array}{r} + \\ = \end{array}$$

- Exemple en base 16

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A
C	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B
D	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C
E	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D
F	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E

$$\begin{array}{rcccccl} & 1 & 1 & & & \\ 1 & 8 & A & 4 & + & \\ & & 7 & C & = & \\ 1 & 9 & 2 & 0 & & \end{array}$$

- Multiplication posée en base 10
 - On s'appuie sur les *table d'addition* et de *multiplication*
 - On dispose les nombres $a_p \cdots a_0$ et $c_q \cdots c_0$ en colonnes : chiffres des unités, chiffres des dizaines, chiffres des centaines, etc
 - On effectue le produit de $a_p \cdots a_0$ par le nombre $c_k 10^k$ pour $0 \leq k \leq q$
 - On conclut avec l'addition posée de ces $q + 1$ produits intermédiaires

- Exemple

- Exemple

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
3	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
4	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
6	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54
7	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63
8	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72
9	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81

- Exemple

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
3	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
4	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
6	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54
7	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63
8	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72
9	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81

$$\begin{array}{r} 1 \quad 2 \\ 1 \quad 2 \end{array} \quad \begin{array}{r} 5 \\ 5 \end{array} \begin{array}{l} \times \\ = \end{array}$$

- Exemple

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
3	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
4	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
6	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54
7	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63
8	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72
9	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81

$$\begin{array}{r} 1 \\ 1 \\ 6 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2 \\ 2 \\ 2 \end{array} \quad \begin{array}{r} 5 \\ 5 \\ 5 \end{array} \quad \begin{array}{l} \times \\ = \end{array}$$

- Exemple

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
3	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
4	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
6	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54
7	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63
8	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72
9	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81

$$\begin{array}{r}
 125 \\
 125 \\
 625 \\
 2500 \\
 \hline
 25000
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \times \\
 =
 \end{array}$$

- Exemple

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
3	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
4	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
6	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54
7	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63
8	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72
9	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81

$$\begin{array}{r}
 125 \\
 \times 125 \\
 \hline
 625 \\
 2500 \\
 12500 \\
 \hline
 15625
 \end{array}$$

- Exemple

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
3	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
4	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
6	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54
7	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63
8	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72
9	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81

$$\begin{array}{r}
 125 \\
 125 \\
 625 \\
 250 \\
 125 \\
 1250
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 125 \\
 125 \\
 625 \\
 000 \\
 000 \\
 000
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 5 \\
 5 \\
 5 \\
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 \times \\
 = \\
 + \\
 + \\
 = \\
 =
 \end{array}$$

- Multiplication posée en base b
 - On s'appuie sur les *table d'addition* et de *multiplication* en base b
 - On dispose les nombres $(a_p \cdots a_0)_b$ et $(c_q \cdots c_0)_b$ en colonnes : chiffres des unités, chiffres des b -aines, chiffres des b^2 -aines, etc
 - On effectue le produit de $(a_p \cdots a_0)_b$ par le nombre $c_k b^k$ pour $0 \leq k \leq q$
 - On conclut avec l'addition posée de ces $q + 1$ produits intermédiaires

- Exemple

- Exemple

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A
C	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B
D	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C
E	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D
F	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E

×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
2	0	2	4	6	8	A	C	E	10	12	14	16	18	19	1C	1E
3	0	3	6	9	C	F	12	15	18	1B	1E	21	24	27	2A	2D
4	0	4	8	C	10	14	18	1C	20	24	28	2C	30	34	38	3C
5	0	5	A	F	14	19	1E	23	28	2D	32	37	3C	41	46	4B
6	0	6	C	12	18	1E	24	2A	30	36	3C	42	48	4E	54	5A
7	0	7	E	15	1C	23	2A	31	38	3F	46	4D	54	5B	62	69
8	0	8	10	18	20	28	30	38	40	48	50	58	60	68	70	78
9	0	9	12	1B	24	2D	36	3F	48	51	5A	63	6C	75	7E	87
A	0	A	14	1E	28	32	3C	46	50	5A	64	6E	78	82	8C	96
B	0	B	16	21	2C	37	42	4D	58	63	6E	79	84	8F	9A	A5
C	0	C	18	24	30	3C	48	54	60	6C	78	84	90	9C	A8	B4
D	0	D	1A	27	34	41	4E	5B	68	75	82	8F	9C	A9	B6	C3
E	0	E	1C	2A	38	46	54	62	70	7E	8C	9A	A8	B6	C4	D2
F	0	F	1E	2D	3C	4B	5A	69	78	87	96	A5	B4	C3	D2	E1

- Exemple

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A
C	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B
D	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C
E	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D
F	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E

×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
2	0	2	4	6	8	A	C	E	10	12	14	16	18	19	1C	1E
3	0	3	6	9	C	F	12	15	18	1B	1E	21	24	27	2A	2D
4	0	4	8	C	10	14	18	1C	20	24	28	2C	30	34	38	3C
5	0	5	A	F	14	19	1E	23	28	2D	32	37	3C	41	46	4B
6	0	6	C	12	18	1E	24	2A	30	36	3C	42	48	4E	54	5A
7	0	7	E	15	1C	23	2A	31	38	3F	46	4D	54	5B	62	69
8	0	8	10	18	20	28	30	38	40	48	50	58	60	68	70	78
9	0	9	12	1B	24	2D	36	3F	48	51	5A	63	6C	75	7E	87
A	0	A	14	1E	28	32	3C	46	50	5A	64	6E	78	82	8C	96
B	0	B	16	21	2C	37	42	4D	58	63	6E	79	84	8F	9A	A5
C	0	C	18	24	30	3C	48	54	60	6C	78	84	90	9C	A8	B4
D	0	D	1A	27	34	41	4E	5B	68	75	82	8F	9C	A9	B6	C3
E	0	E	1C	2A	38	46	54	62	70	7E	8C	9A	A8	B6	C4	D2
F	0	F	1E	2D	3C	4B	5A	69	78	87	96	A5	B4	C3	D2	E1

$$\begin{array}{r} 1 \quad 8 \quad A \quad 4 \quad x \\ 7 \quad \quad \quad C \quad = \end{array}$$

- Exemple

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A
C	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B
D	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C
E	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D
F	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E

×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
2	0	2	4	6	8	A	C	E	10	12	14	16	18	19	1C	1E
3	0	3	6	9	C	F	12	15	18	1B	1E	21	24	27	2A	2D
4	0	4	8	C	10	14	18	1C	20	24	28	2C	30	34	38	3C
5	0	5	A	F	14	19	1E	23	28	2D	32	37	3C	41	46	4B
6	0	6	C	12	18	1E	24	2A	30	36	3C	42	48	4E	54	5A
7	0	7	E	15	1C	23	2A	31	38	3F	46	4D	54	5B	62	69
8	0	8	10	18	20	28	30	38	40	48	50	58	60	68	70	78
9	0	9	12	1B	24	2D	36	3F	48	51	5A	63	6C	75	7E	87
A	0	A	14	1E	28	32	3C	46	50	5A	64	6E	78	82	8C	96
B	0	B	16	21	2C	37	42	4D	58	63	6E	79	84	8F	9A	A5
C	0	C	18	24	30	3C	48	54	60	6C	78	84	90	9C	A8	B4
D	0	D	1A	27	34	41	4E	5B	68	75	82	8F	9C	A9	B6	C3
E	0	E	1C	2A	38	46	54	62	70	7E	8C	9A	A8	B6	C4	D2
F	0	F	1E	2D	3C	4B	5A	69	78	87	96	A5	B4	C3	D2	E1

$$\begin{array}{r}
 18A4 \times 127B \\
 \hline
 127B \\
 18A40 \\
 127B00 \\
 18A4000 \\
 \hline
 \end{array}$$

- Exemple

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A
C	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B
D	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C
E	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D
F	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E

×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
2	0	2	4	6	8	A	C	E	10	12	14	16	18	19	1C	1E
3	0	3	6	9	C	F	12	15	18	1B	1E	21	24	27	2A	2D
4	0	4	8	C	10	14	18	1C	20	24	28	2C	30	34	38	3C
5	0	5	A	F	14	19	1E	23	28	2D	32	37	3C	41	46	4B
6	0	6	C	12	18	1E	24	2A	30	36	3C	42	48	4E	54	5A
7	0	7	E	15	1C	23	2A	31	38	3F	46	4D	54	5B	62	69
8	0	8	10	18	20	28	30	38	40	48	50	58	60	68	70	78
9	0	9	12	1B	24	2D	36	3F	48	51	5A	63	6C	75	7E	87
A	0	A	14	1E	28	32	3C	46	50	5A	64	6E	78	82	8C	96
B	0	B	16	21	2C	37	42	4D	58	63	6E	79	84	8F	9A	A5
C	0	C	18	24	30	3C	48	54	60	6C	78	84	90	9C	A8	B4
D	0	D	1A	27	34	41	4E	5B	68	75	82	8F	9C	A9	B6	C3
E	0	E	1C	2A	38	46	54	62	70	7E	8C	9A	A8	B6	C4	D2
F	0	F	1E	2D	3C	4B	5A	69	78	87	96	A5	B4	C3	D2	E1

$$\begin{array}{r}
 18A \\
 127C \\
 \hline
 47C00
 \end{array}
 \times =$$

- Exemple

+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
2	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11
3	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12
4	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13
5	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14
6	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15
7	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16
8	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17
9	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A
C	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B
D	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C
E	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D
F	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E

×	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
2	0	2	4	6	8	A	C	E	10	12	14	16	18	19	1C	1E
3	0	3	6	9	C	F	12	15	18	1B	1E	21	24	27	2A	2D
4	0	4	8	C	10	14	18	1C	20	24	28	2C	30	34	38	3C
5	0	5	A	F	14	19	1E	23	28	2D	32	37	3C	41	46	4B
6	0	6	C	12	18	1E	24	2A	30	36	3C	42	48	4E	54	5A
7	0	7	E	15	1C	23	2A	31	38	3F	46	4D	54	5B	62	69
8	0	8	10	18	20	28	30	38	40	48	50	58	60	68	70	78
9	0	9	12	1B	24	2D	36	3F	48	51	5A	63	6C	75	7E	87
A	0	A	14	1E	28	32	3C	46	50	5A	64	6E	78	82	8C	96
B	0	B	16	21	2C	37	42	4D	58	63	6E	79	84	8F	9A	A5
C	0	C	18	24	30	3C	48	54	60	6C	78	84	90	9C	A8	B4
D	0	D	1A	27	34	41	4E	5B	68	75	82	8F	9C	A9	B6	C3
E	0	E	1C	2A	38	46	54	62	70	7E	8C	9A	A8	B6	C4	D2
F	0	F	1E	2D	3C	4B	5A	69	78	87	96	A5	B4	C3	D2	E1

$$\begin{array}{r}
 18A \\
 + 127B \\
 \hline
 3157
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

$$\begin{array}{cccccccccccccc}
 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & + \\
 & & & & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & =
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

$$\begin{array}{ccccccccccccccc}
 & & & & & & & & & & & 0 & & \\
 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & + \\
 & & & & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & = \\
 & & & & & & & & & & & & 1 &
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

$$\begin{array}{cccccccccccc}
 & & & & & & & & & & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & + \\
 & & & & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & = \\
 & & & & & & & & & & 1 & 1
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

$$\begin{array}{r}
 1010100110111 + \\
 110101100 = \\
 0111
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

$$\begin{array}{cccccccccccccc}
 & & & & & & & & 1 & 1 & 0 & 0 & & \\
 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & + \\
 & & & & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & = \\
 & & & & & & & & & 0 & 0 & 1 & 1 &
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

$$\begin{array}{r}
 11100 \\
 1010100110111+ \\
 110101100= \\
 00011
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

$$\begin{array}{r}
 111100 \\
 10101000110111+ \\
 110101100= \\
 100011
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

$$\begin{array}{r}
 0111100 \\
 1010100110111+ \\
 110101100= \\
 1100011
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

$$\begin{array}{r}
 00111100 \\
 1010100110111+ \\
 110101100= \\
 11100011
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

$$\begin{array}{r}
 100111100 \\
 101010011011 + \\
 110101100 = \\
 011100011
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

$$\begin{array}{cccccccccccc}
 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & & \\
 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 + \\
 & & & & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 = \\
 & & & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

$$\begin{array}{cccccccccccc}
 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & & \\
 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 + \\
 & & & & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 = \\
 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

×	0	1
0	0	0
1	0	1

Pas de retenue !

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

×	0	1
0	0	0
1	0	1

Pas de retenue !

$$\begin{array}{cccccccccccc}
 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & \times \\
 & & & & & & & & & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 =
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

×	0	1
0	0	0
1	0	1

Pas de retenue !

$$\begin{array}{r}
 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ x \\
 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ = \\
 \hline
 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

×	0	1
0	0	0
1	0	1

Pas de retenue !

$$\begin{array}{r}
 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ x \\
 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ = \\
 \hline
 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0 \\
 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ \mathbf{0}
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

×	0	1
0	0	0
1	0	1

Pas de retenue !

$$\begin{array}{r}
 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ x \\
 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ = \\
 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0 \\
 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0 \\
 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

×	0	1
0	0	0
1	0	1

Pas de retenue !

$$\begin{array}{r}
 1010100110111x \\
 11010= \\
 \hline
 0000000000000 \\
 10101000110110 \\
 00000000000000 \\
 10101000110110 \\
 10101000110110
 \end{array}$$

- Base 2
 - C'est facile

+	0	1
0	0	1
1	1	10

×	0	1
0	0	0
1	0	1

Pas de retenue !

```

          1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 x
                        1 1 0 1 0 =
          0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 +
        1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 0 +
      0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 +
    1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 0 0 0 +
  1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 0 0 0 =
1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0

```

- Les nombres qui ne sont pas des entiers
 - Comment les représenter ?
 - En base 10, les décimaux sont des fractions dont le dénominateur est une puissance de 10
 - Exemple : $48,15 = 4 \cdot 10 + 8 + 1 \frac{1}{10} + 5 \frac{1}{10^2}$

- Les nombres qui ne sont pas des entiers
 - Comment les représenter ?
 - En base 10, les décimaux sont des fractions dont le dénominateur est une puissance de 10
 - Exemple : $48,15 = 4 \cdot 10 + 8 + 1 \frac{1}{10} + 5 \frac{1}{10^2}$
- **Numération positionnelle en base $b > 1$**
 - Exactement b chiffres, disons $\{0, 1, 2, \dots, b-1\}$
 - $(a_p \cdots a_0, a_{-1} a_{-2} \cdots a_{-q})_b$ représente le nombre $\sum_{k=-q}^p a_k b^k$, soit
$$a_p \times b^p + \cdots + a_1 \times b + a_0 + a_{-1} \times \frac{1}{b} + a_{-2} \times \frac{1}{b^2} + \cdots + a_{-q} \frac{1}{b^q}$$

- Les nombres qui ne sont pas des entiers
 - Comment les représenter ?
 - En base 10, les décimaux sont des fractions dont le dénominateur est une puissance de 10
 - Exemple : $48,15 = 4 \cdot 10 + 8 + 1 \frac{1}{10} + 5 \frac{1}{10^2}$
- **Numération positionnelle en base $b > 1$**
 - Exactement b chiffres, disons $\{0, 1, 2, \dots, b-1\}$
 - $(a_p \cdots a_0, a_{-1} a_{-2} \cdots a_{-q})_b$ représente le nombre $\sum_{k=-q}^p a_k b^k$, soit
$$a_p \times b^p + \cdots + a_1 \times b + a_0 + a_{-1} \times \frac{1}{b} + a_{-2} \times \frac{1}{b^2} + \cdots + a_{-q} \frac{1}{b^q}$$
- Exemple : $(32, 21)_4$

- Les nombres qui ne sont pas des entiers
 - Comment les représenter ?
 - En base 10, les décimaux sont des fractions dont le dénominateur est une puissance de 10
 - Exemple : $48,15 = 4 \cdot 10 + 8 + 1 \frac{1}{10} + 5 \frac{1}{10^2}$
- **Numération positionnelle en base $b > 1$**
 - Exactement b chiffres, disons $\{0, 1, 2, \dots, b-1\}$
 - $(a_p \cdots a_0, a_{-1} a_{-2} \cdots a_{-q})_b$ représente le nombre $\sum_{k=-q}^p a_k b^k$, soit

$$a_p \times b^p + \cdots + a_1 \times b + a_0 + a_{-1} \times \frac{1}{b} + a_{-2} \times \frac{1}{b^2} + \cdots + a_{-q} \frac{1}{b^q}$$
- Exemple : $(32,21)_4$
 - $3 \cdot 4 + 2 + 2 \frac{1}{4} + 1 \frac{1}{16} = 14 + 0,5 + 0,0625 = 14,5625$

- Comment convertir une écriture en base b $(a_p \cdots a_0, a_{-1} a_{-2} \cdots)_b$
vers une écriture en base d $(c_q \cdots c_0, c_{-1} c_{-2} \cdots)_d$?

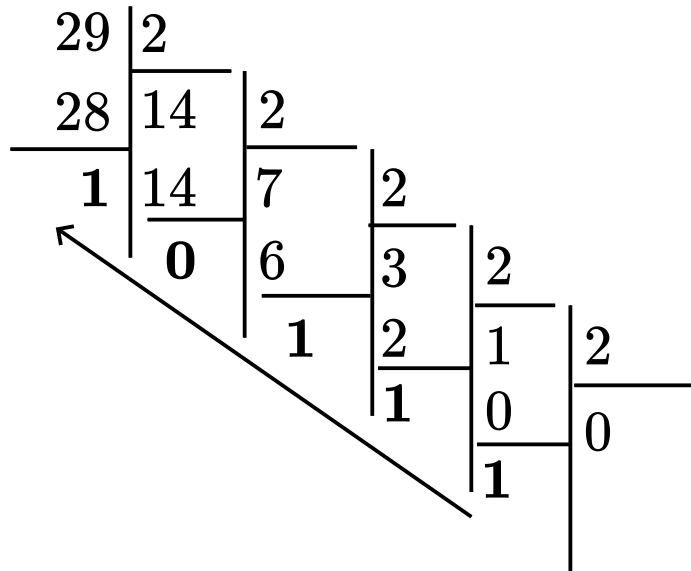
- Comment convertir une écriture en base b $(a_p \cdots a_0, a_{-1} a_{-2} \cdots)_b$ vers une écriture en base d $(c_q \cdots c_0, c_{-1} c_{-2} \cdots)_d$?
- Méthode par divisions successives pour la partie entière
 - On convertit la partie entière $(a_p \cdots a_0)_b$ en $(c_q \cdots c_0)_d$

- Comment convertir une écriture en base b $(a_p \cdots a_0, a_{-1} a_{-2} \cdots)_b$ vers une écriture en base d $(c_q \cdots c_0, c_{-1} c_{-2} \cdots)_d$?
- Méthode par divisions successives pour la partie entière
 - On convertit la partie entière $(a_p \cdots a_0)_b$ en $(c_q \cdots c_0)_d$
- **Méthode par multiplications successives** pour la partie fractionnaire
 - On multiplie $(0, a_{-1} \cdots a_{-t})_b$ par d (calcul fait en base b)
 - On collecte la partie entière c_{-1} de ce produit
 - On recommence avec sa partie fractionnaire
 - On s'arrête quand $(0, c_{-1} \cdots c_{-r})_d$
 - le produit est nul (on renvoie la suite finie des chiffres collectés)
 - ou déjà obtenu (on renvoie la suite ultimement périodique)

$$\overbrace{(0, \underbrace{c_{-1} \cdots c_{-r}}_{\text{pré-période}} (\underbrace{c_{-r-1} \cdots c_{-r-s}}_{\text{période}})^\omega)_d}$$

- Convertir $(29, 25)_{10}$ en base 2

Partie entière

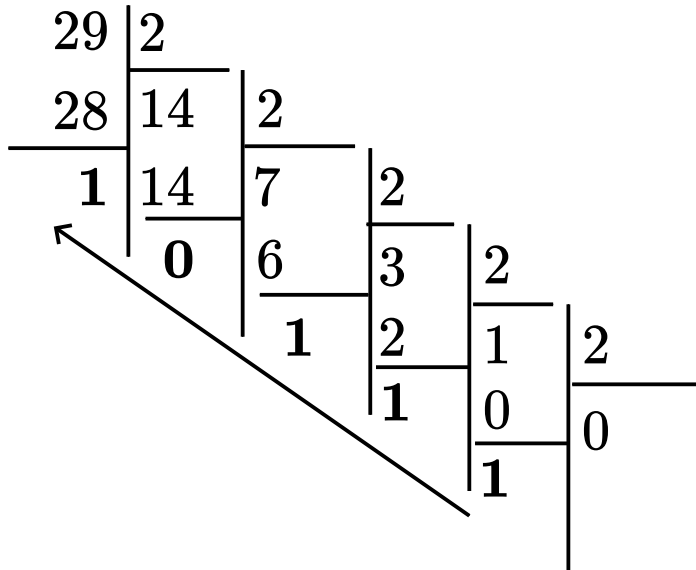


$$\Rightarrow (29)_{10} = (11101)_2$$

- Convertir $(29, 25)_{10}$ en base 2

Partie entière

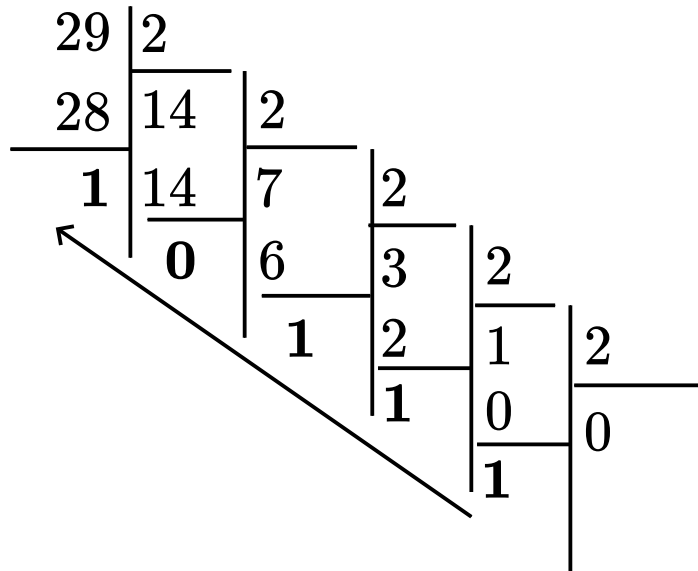
Partie fractionnaire



$$\Rightarrow (29)_{10} = (11101)_2$$

- Convertir $(29, 25)_{10}$ en base 2

Partie entière



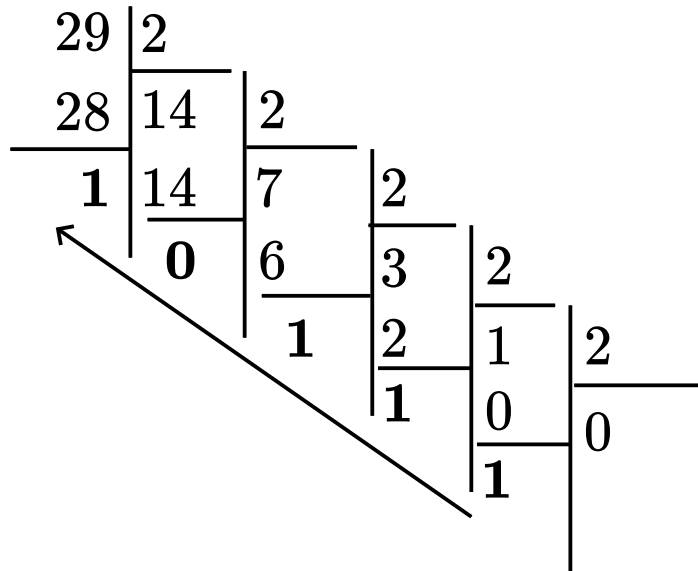
$$\Rightarrow (29)_{10} = (11101)_2$$

Partie fractionnaire

$$0,25 \times 2 = 0,5$$

- Convertir $(29, 25)_{10}$ en base 2

Partie entière



$$\Rightarrow (29)_{10} = (11101)_2$$

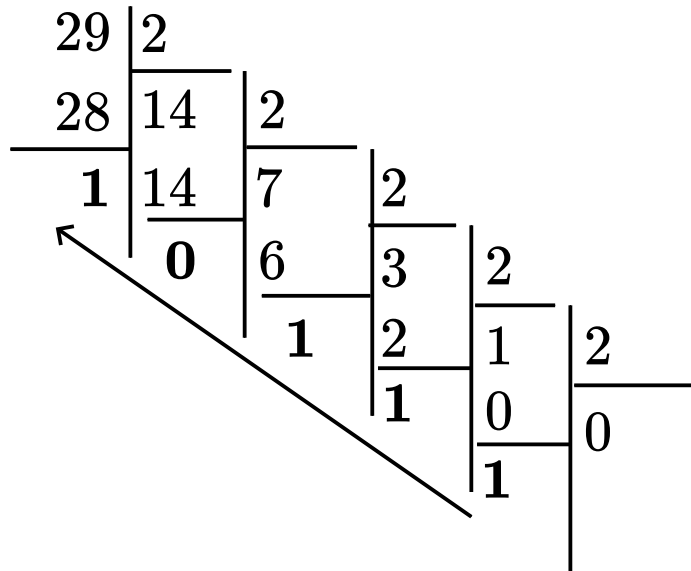
Partie fractionnaire

$$0,25 \times 2 = 0,5$$

$$0,5 \times 2 = 1,0$$

- Convertir $(29, 25)_{10}$ en base 2

Partie entière



$$\Rightarrow (29)_{10} = (11101)_2$$

Partie fractionnaire

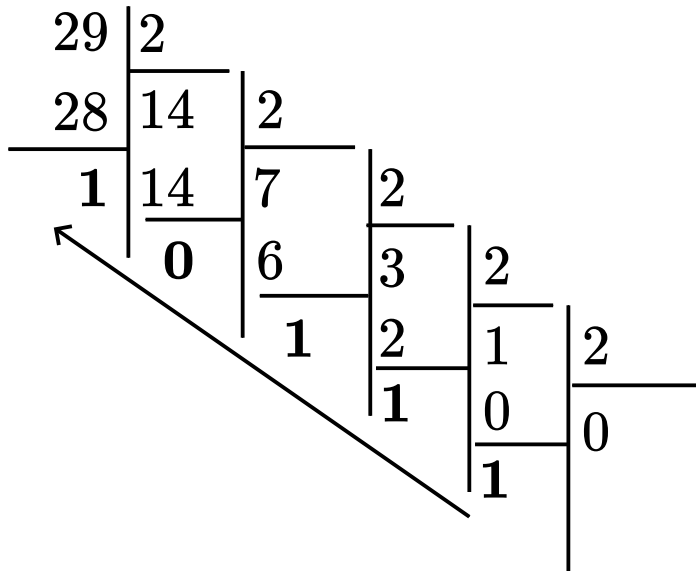
$$0,25 \times 2 = 0,5$$

$$0,5 \times 2 = 1,0$$

$$\Rightarrow (0,25)_{10} = (0,01)_2$$

- Convertir $(29, 25)_{10}$ en base 2

Partie entière



$$\Rightarrow (29)_{10} = (11101)_2$$

Partie fractionnaire

$$0,25 \times 2 = 0,5$$

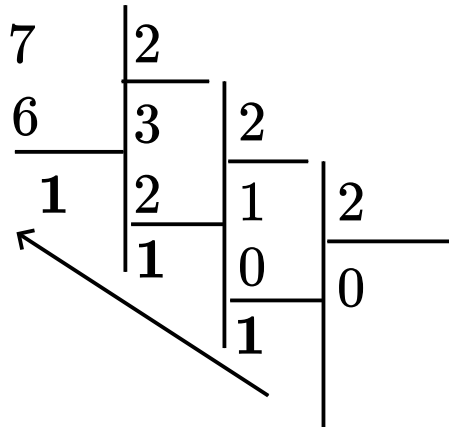
$$0,5 \times 2 = 1,0$$

$$\Rightarrow (0,25)_{10} = (0,01)_2$$

$$\Rightarrow (29,25)_{10} = (11101,01)_2$$

- Convertir $(7, 7)_{10}$ en base 2

Partie entière

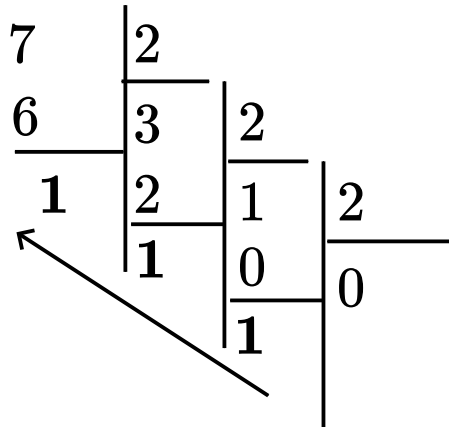


$$\Rightarrow (7)_{10} = (111)_2$$

- Convertir $(7, 7)_{10}$ en base 2

Partie entière

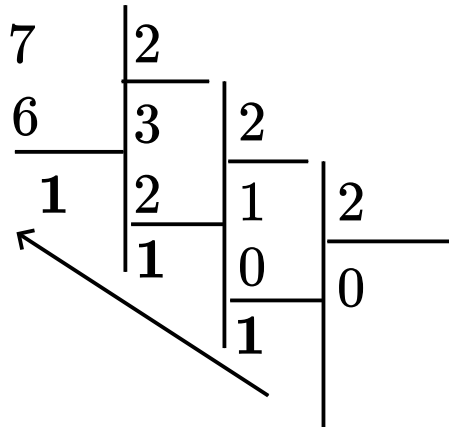
Partie fractionnaire



$$\Rightarrow (7)_{10} = (111)_2$$

- Convertir $(7, 7)_{10}$ en base 2

Partie entière



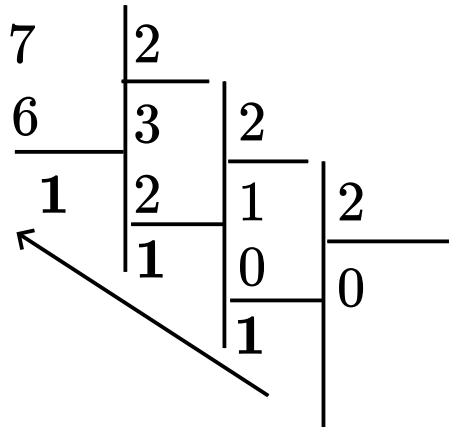
$$\Rightarrow (7)_{10} = (111)_2$$

Partie fractionnaire

$$0,7 \times 2 = 1,4$$

- Convertir $(7, 7)_{10}$ en base 2

Partie entière



$$\Rightarrow (7)_{10} = (111)_2$$

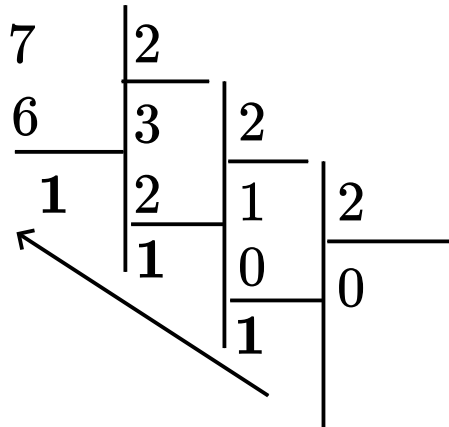
Partie fractionnaire

$$0,7 \times 2 = 1,4$$

$$0,4 \times 2 = 0,8$$

- Convertir $(7, 7)_{10}$ en base 2

Partie entière



$$\Rightarrow (7)_{10} = (111)_2$$

Partie fractionnaire

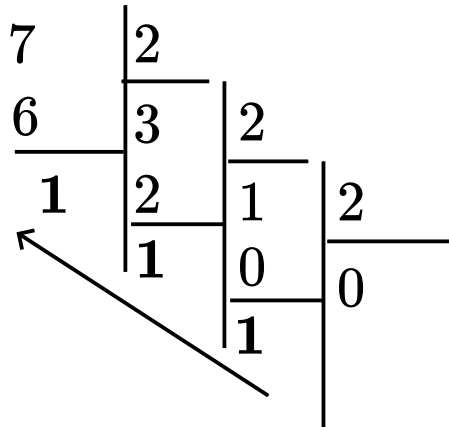
$$0,7 \times 2 = 1,4$$

$$0,4 \times 2 = 0,8$$

$$0,8 \times 2 = 1,6$$

- Convertir $(7, 7)_{10}$ en base 2

Partie entière



$$\Rightarrow (7)_{10} = (111)_2$$

Partie fractionnaire

$$0,7 \times 2 = 1,4$$

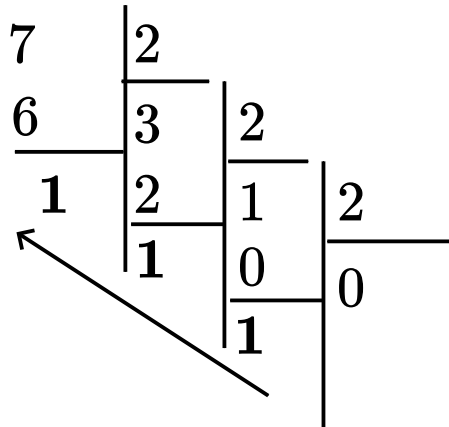
$$0,4 \times 2 = 0,8$$

$$0,8 \times 2 = 1,6$$

$$0,6 \times 2 = 1,2$$

- Convertir $(7, 7)_{10}$ en base 2

Partie entière



$$\Rightarrow (7)_{10} = (111)_2$$

Partie fractionnaire

$$0,7 \times 2 = 1,4$$

$$0,4 \times 2 = 0,8$$

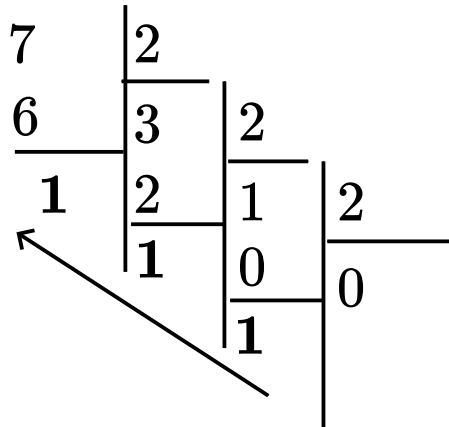
$$0,8 \times 2 = 1,6$$

$$0,6 \times 2 = 1,2$$

$$0,2 \times 2 = 0,4$$

- Convertir $(7,7)_{10}$ en base 2

Partie entière



$$\Rightarrow (7)_{10} = (111)_2$$

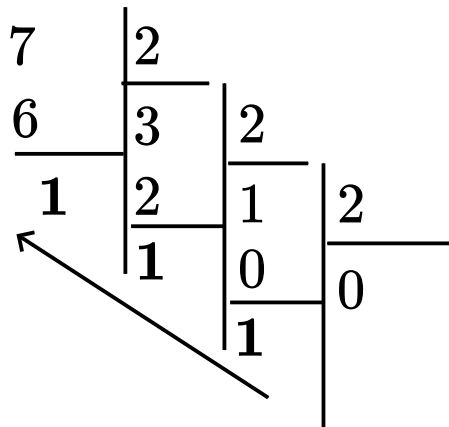
Partie fractionnaire

$$\begin{aligned}
 0,7 \times 2 &= 1,4 \\
 \rightarrow 0,4 \times 2 &= 0,8 \\
 0,8 \times 2 &= 1,6 \\
 0,6 \times 2 &= 1,2 \\
 0,2 \times 2 &= 0,4
 \end{aligned}$$

A bracket on the right side groups the fractional parts 0,4, 0,8, 0,6, 0,2, indicating they are the digits of the binary fraction.

- Convertir $(7, 7)_{10}$ en base 2

Partie entière



$$\Rightarrow (7)_{10} = (111)_2$$

Partie fractionnaire

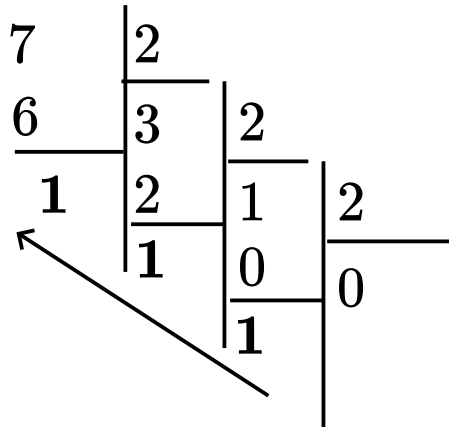
$$\begin{aligned}
 0,7 \times 2 &= 1,4 \\
 \rightarrow 0,4 \times 2 &= 0,8 \\
 0,8 \times 2 &= 1,6 \\
 0,6 \times 2 &= 1,2 \\
 0,2 \times 2 &= 0,4
 \end{aligned}$$

A bracket on the right side of the equations groups the fractional parts (0,4, 0,8, 0,6, 0,2) and connects them to the final result.

$$\Rightarrow (0,7)_{10} = (0,1(0110)^{\omega})_2$$

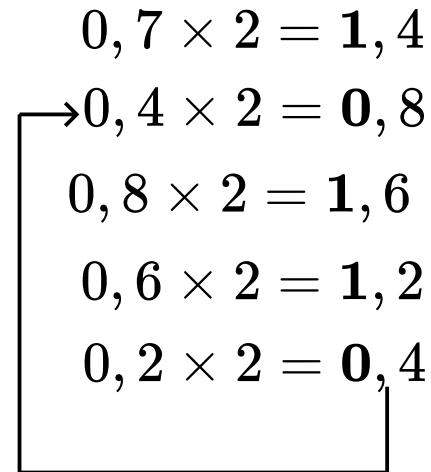
- Convertir $(7, 7)_{10}$ en base 2

Partie entière



$$\Rightarrow (7)_{10} = (111)_2$$

Partie fractionnaire



$$\Rightarrow (0,7)_{10} = (0,1(0110)^{\omega})_2$$

$$\Rightarrow (7,7)_{10} = (111,1(0110)^{\omega})_2$$