

TD UE11-M1101
Introduction aux systèmes informatiques
Partie représentation de l'information
1^{ère} année – Semestre 1
Version 2017-2018



[Douglas Adams 1978]
Le Guide du voyageur galactique

The answer to Life, the Universe and Everything is 42 !

Introduction.....	4
TD 1 : Introduction	5
Objectifs pédagogiques	5
Exercice 1 : Les unités de mesure de taille mémoire.....	5
Exercice 2 : Les unités de mesure de débit d'un bus	6
Exercice 3 : Mélange des unités de mesure	6
Exercice 4 : Retour vers le passé - une question de technologie	6
TD 2 : Numération.....	7
Objectifs pédagogiques	7
Exercice 1 : Poids d'un chiffre et format d'un nombre.....	7
TD 3 : Numération (suite).....	9
Objectifs pédagogiques	9
Exercice 1 : Conversions entre bases.....	9
Exercice 2 : Conversions entre bases par méthodes simplifiées.....	10
TD 3bis : Numération (fin)	11
Objectifs pédagogiques	11
Exercice 1 : Calculs arithmétiques binaires	11
Exercice 2 : Les compléments à la base.....	11
TD 4 : Les codes alphanumériques.....	13
TD 5 : Représentation des entiers naturels	15
Objectifs pédagogiques	15
Exercice 1 : Représentation des entiers naturels.....	15
TD 6 : Représentation des entiers relatifs et calculs associés.....	16
Objectifs pédagogiques	16
Exercice 1 : Représentation des entiers relatifs	16
Exercice 2 : L'extension et la compression de format.....	16
Exercice 3 : Calcul avec des entiers relatifs.....	16
TD 7 : Représentation des réels et calculs associés	18
Objectifs pédagogiques	18
Exercice 1 : Représentation des réels en virgule fixe	18
Exercice 2 : Addition de deux réels en virgule fixe base 2.....	18
Exercice 3 : Représentation des réels en virgule flottante base 2	18
Exercice 4 : Calculs en virgule flottante	19

Introduction

Le module UE11-M1101 *Introduction aux systèmes informatiques* du Programme Pédagogique National (PPN) 2013 du Diplôme Universitaire de Technologie (DUT) Informatique a pour objectif d'appréhender le fonctionnement d'un système informatique. Pour la partie « représentation de l'information », il se compose de 7 cours et de 7 séances de TD.

Le cours doit être appris et le texte du TD doit être lu et préparé avant d'arriver en séance, cette dernière ne servant qu'à corriger les exercices, ainsi qu'à répondre aux questions que vous vous posez. Les supports de cours et les textes des TD sont sur le disque commun aux étudiants de la formation dans le répertoire dont le nom réseau est :

\\SRVSAUV\INFO\COMMUN\DUT 1ere année\M1101_Architecture_des_ordinateurs

Ce répertoire est accessible directement par le poste de travail (disque H:\COMMUN\DUT 1ere année\M1101_Architecture_des_ordinateurs). Une liste des acronymes et une bibliographie s'y trouvent aussi.

Règles typographiques : Les mots en anglais sont en italique dans la police courante.

TD 1 : Introduction

Objectifs pédagogiques

La séance a pour but de se familiariser avec les unités de mesure de capacité des mémoires à semi-conducteurs et de débit. Le TD se termine sur un retour sur l’Histoire des machines à calculer.

Exercice 1 : Les unités de mesure de taille mémoire

Q1. Convertissez les valeurs suivantes en détaillant les calculs :

- 2 MiB en Mib, KiB et Kib.
- 32768 Kio en Kib, bit et Mio

Q2. Pourquoi les multiples de cette unité de mesure s’expriment en puissance de 2 ?

Q3. Cette unité de mesure est-elle valable pour tout type de mémoire ?

Q4. Complétez le tableau Q1-4. Quelle conclusion en tirez-vous ?

Mémoires à semi-conducteurs		Unités de mémoire de masse à disques durs (HDD)		
Unités de mesure de capacité normalisées	Valeurs équivalentes en octets	Unités de mesure de capacité	Valeurs équivalentes en octets	Erreur relative ϵ_r (%)
1 Kio				
1 Mio		1 Mo		
1 Gio		1 Go		
1 Tio		1 To		

Tableau Q1-4 : Comparaison d’unités de mesure de taille entre mémoires à semi-conducteurs et mémoire de masse

Q5. Remplissez le tableau Q1-5.

Caractéristiques	Familles de mémoire		
	primaire	secondaire	tertiaire
Représentants			
Technologie(s) de mémorisation			
V/NV			
Ordre de grandeur de la capacité			
Ordre de grandeur du temps d’accès			
Type d’adressage			

Tableau Q1-5 : Comparaison entre familles de mémoire

Q6. Esquisser le portrait de la mémoire idéale.

Exercice 2 : Les unités de mesure de débit d'un bus

Q1. Convertissez les valeurs suivantes en détaillant les calculs :

2 MB/s en Mb/s, kB/s et kb/s.

Q2. Pourquoi les multiples de cette unité de mesure s'expriment en puissance de 10 ?

Exercice 3 : Mélange des unités de mesure

Q1. Calculez le temps t_{tot} pour balayer entièrement une mémoire de type RAM ou ROM d'une capacité de $1 \text{ Gi} \times 1 \text{ bit}$ dont le temps de cycle est de 20 ns. Même calcul, cette fois-ci du côté microprocesseur, du temps nécessaire pour balayer son espace d'adressage avec un bus d'adresse de largeur $m = 32 \text{ bits}$ et un temps de cycle de 1 ns ? Si son bus de donnée a une largeur de 8 bits et que 8 des mémoires ci-dessus sont connectées en parallèle sur ce bus, quel sera le temps de balayage de la zone mémoire effectué par ce processeur ?

Q2. Calculez le débit maximum d_{max} d'une mémoire de type RAM ou ROM d'une capacité de $32 \text{ K} \times 8 \text{ bits}$ dont le temps de cycle est de 100 ns en bit/s, kb/s et en ko/s. Quelle remarque concernant l'énoncé pouvez-vous faire ?

Exercice 4 : Retour vers le passé - une question de technologie

Q1. Vers quelle période sont apparues les notions de calcul automatique et de programmation ?

Q2. Quel a été le principal frein au développement des idées à cette époque ?

Q3. Pourquoi le fonctionnement d'un ordinateur ne repose-t-il pas sur une logique multivaluée (*i.e.* plus de deux valeurs logiques) ? Y a-t-il ou y a-t-il eu des ordinateurs ou des composants fonctionnant en logique ternaire ?

Q4. Qu'ont apporté les progrès de l'électronique et de la micro-électronique dans la conception des ordinateurs ?

Q5. Quels sont les principaux sous-ensembles d'un micro-ordinateur, appelé parfois unité centrale?

Q6. A quoi peut servir un modèle de machine ?

Q7. Quels sont les cinq éléments de base du modèle de machine de von Neumann et donnez leur fonction ?

Q8. Y a-t-il qu'un seul modèle de mémoire dans ce modèle ?

Q9. Dans ce modèle, comment vont communiquer ces cinq éléments ?

TD 2 : Numération

Objectifs pédagogiques

Cette séance a pour but de se familiariser avec les concepts rattachés au système de numération de position que sont le format d'un nombre, la base et le poids d'un chiffre.

Exercice 1 : Poids d'un chiffre et format d'un nombre

Q1. Quels sont les différents poids des chiffres des nombres $(EF1)_{16}$ et $(1348,37)_{10}$?

Q2. Quel est le plus grand nombre entier A_{\max} que l'on peut exprimer avec 8 chiffres dans les bases décimale, binaire et hexadécimale ? On l'exprimera dans sa base et en base décimale.

Q3. Quel est le nombre de chiffres nécessaires pour exprimer $(1152)_{10}$ en bases binaire, octale et hexadécimale :

Q4. Combien de bits faut-il pour coder un chiffre exprimé en base $B = 1000$?

Q5. Donnez la définition du format n d'une information, numérique ou non.

Q6. Pourquoi la notion de format n est importante en informatique ?

Q7. Pour terminer, voici un hexadoku. Trouvez la valeur en grisé. Bon courage !

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

Figure Q7 : Hexadoku (source revue Elektor juillet/août 2016)

TD 3 : Numération (suite)

Objectifs pédagogiques

Cette séance a pour but de se familiariser avec les conversions entre bases par méthodes classiques (systématiques) et simplifiées.

Exercice 1 : Conversions entre bases

Q1. Quelle est la décomposition du nombre $A = (11001110)_2$ dans sa base ?

Q2. Quelle est la décomposition du nombre $A = (210022)_3$ dans sa base ?

Q3. Convertissez les valeurs du tableau Q1-3 (formats $n = 4$ pour la base 2, $n = 2$ pour la base 8 et $n = 1$ pour la base 16).

Bases			
Décimale	Binaire (n = 4)	Octale (n = 2)	Hexadécimale (n = 1)
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

Tableau Q1-3 : Correspondance base dix / base binaire / base hexadécimale

Q4. Effectuez les conversions suivantes en détaillant la méthode de conversion :

$(1250)_{10}$ en binaire, en octal et en base hexadécimale

$(101010111)_2$ en base 7

Q5. Donnez, pour les nombres de bases 2 et 7 de l'exercice précédent, les valeurs et le poids des chiffres de poids le plus fort et le plus faible. Précisez le vocabulaire associé.

Q6. Exercice facultatif. Un palindrome est un texte qui se lit de droite à gauche et inversement. Cela est vrai aussi pour une chaîne numérique ou un nombre comme 585. Vérifiez en base 2 (avec détail des calculs, méthode indifférente) que ce nombre est aussi un palindrome.

Exercice 2 : Conversions entre bases par méthodes simplifiées

Q1. Convertissez $A_2 = 1010101011$ en base 8 et en base 16 par une méthode simplifiée.

Q2. Exercice facultatif. Convertissez $A_2 = 1111100011100$ en base 16 par une méthode simplifiée.

Q3. Convertissez $A_{16} = 1C2A$ en base 2 puis en base 8 en ne passant pas par la base pivot.

Q4. Convertissez $A_3 = 1202$ en base 9 en ne passant pas par la base pivot.

Q5. Sachant que $1250 = 2 \times 5^4$, expliquez comment convertir en base 5 ce nombre sans faire de calcul et donnez le résultat.

TD 3bis : Numération (fin)

Objectifs pédagogiques

Cette séance a pour but de se familiariser avec les calculs arithmétiques de base. Pour préparer le prochain TD sur les représentations des entiers relatifs, nous terminerons avec les notions de complément à la base et de complément restreint à la base B. Ces compléments sont utilisés en particulier pour effectuer une soustraction à l'aide d'un additionneur.

Exercice 1 : Calculs arithmétiques binaires

Q1. Si on additionne deux nombres exprimés en binaire naturel au format n, A et B, quel sera le format n' maximal du résultat S ?

Q2. Effectuez les opérations suivantes (base 2). Précisez pour chaque opération le format du calcul. Interprétez le calcul en binaire naturel et vérifiez en base 10.

- 101010 + 001100 (n = 6 bits)
- 1101101 + 1000101 (n = 7 bits)
- 11111010 + 01011001 (n = 8 bits)

- 101010 - 011100 (n = 6 bits)
- 11100010 - 01111001 (n = 8 bits)
- 01110001 - 11101011 (n = 8 bits)

Dans le cas des additions, si le format est fixé par la suite impérativement à n = 8 bits, que remarquez-vous pour les résultats précédents si vous les interprétez en binaire naturel ?

Q3. Remplissez les deux tables de calcul suivantes :

Poids				Remarque
b_0	a_0	c_1	s_0	

Figure Q1-3a : Table de calcul du demi-additionneur

Poids					Remarques
c_i	b_i	a_i	c_{i+1}	s_i	

Figure Q1-3b : Table de calcul de l'additionneur complet

Ces résultats serviront à synthétiser en logique combinatoire le demi-additionneur et l'additionneur complet.

Exercice 2 : Les compléments à la base

Q1. Calculez le complément restreint aux bases 10, 8 et 2 de 24. Le format sera ajusté pour chaque base.

Q2. Calculez le complément vrai aux bases 10, 8 et 2 de 24. Le format sera ajusté pour chaque base.

Q3. A quoi peut servir la notion de complément à une base en machine ? Donnez deux exemples d'implémentation.

TD 4 : Les codes alphanumériques

Q1. Qu'est-ce qu'une donnée (ou caractère) alphanumérique ?

Q2. Qu'est-ce qu'un code alphanumérique ?

Q3. Citez les trois codes alphanumériques les plus répandus. A quoi peuvent-ils servir ?

Q4. Soit la suite de codes alphanumériques (49 75 74 20 50 35)_{ISO8859-1, base 16}. Donnez la chaîne de caractères correspondante. Quelle opération a-t-on effectué ?

Q5. Codez la chaîne de caractère «Z6Po» en ISO8859-1 et en EBCDIC (attention à la minuscule) bases binaire et hexadécimale. Quelle opération a-t-on effectué ?

Q6. Convertissez 234 en ISO 8859-1 base 16. Quel(s) problème(s) pose la saisie des nombres dans un ordinateur ?

Q7. Expliquez l'ordre de rangement des caractères alphabétiques du code ISO8859-1.

Q8. Expliquez l'ordre de rangement des symboles (*i.e.* chiffres) décimaux du code ISO8859-1.

Q9. Proposez une méthode de conversion, dans les deux sens, entre chiffre décimal et le code ASCII correspondant ?

Q10. La méthode de conversion précédente peut-elle s'appliquer à un nombre A supérieur à 9 ?

Q11. Est-ce que le code ASCII d'origine code le caractère « é » ? Pourquoi ? Quelle solution a été trouvée à ce problème ?

Q12. Pourquoi l'Unicode a-t-il été créé ?

Q13. Calcul de différents codage UTF-x de l'Unicode 5. Soit le caractère U+0041 LATIN CAPITAL LETTER A. Encodez successivement dans le format UTF-8, UTF-16 et UTF-32.

Q14. Calcul d'un encodage UTF-16 de l'Unicode 5.0 à partir d'une valeur. Soit le caractère U+E005A ETIQUETTE LETTRE MAJUSCULE LATINE Z. Encodez dans le format UTF-16 selon le tableau Q1-14.

Numéro du caractère	UTF-16	UTF-8			
		1 ^{er} octet	2 ^e octet	3 ^e octet	4 ^e octet
00000000 0xxxxxxx	00000000 0xxxxxxx	0xxxxxxx			
00000yyy yyxxxxxx	00000yyy yyxxxxxx	110yyyyy	10xxxxxx		
zzzzyyyy yyxxxxxx	zzzzyyyy yyxxxxxx	1110zzzz	10yyyyyy	10xxxxxx	
000uuuuu zzzzyyyy yyxxxxxx	110110ww wwzzzzyy ^a + 11011yy yyxxxxxx	11110uuu	10uuzzzz	10yyyyyy	10xxxxxx

Figure 15. *Distribution binaire des octets en UTF-16 et UTF-8*

a. Où $www = uuuu - 1$

Tableau Q1-14 : Tableau d’encodage UTF-16 et UTF-8

Q15. Donc quelle différence faites-vous entre l’Unicode et l’UTF-XX (XX = 8, 16 ou 32) ?

Q16. Quel est l’intérêt de l’UTF-8 ?

Q17. Exercice facultatif. A votre avis, lorsque vous tapez sur un clavier, qu’envoie ce dernier à l’ordinateur ?

TD 5 : Représentation des entiers naturels

Objectifs pédagogiques

Cette séance permet de se familiariser avec les représentations des entiers naturels en machine.

Exercice 1 : Représentation des entiers naturels

Q1. Convertissez 872_{10} en BCD compacté, non compacté et en CBN. Quelle(s) conclusion(s) en tirez-vous ?

Q2. Convertissez en base 10 les deux valeurs binaires (0010 0101 0110 1001) et (1 1000 0011 0111 0100) si elles sont interprétées en BCD compacté.

Q3. Convertissez en base 10 les deux valeurs binaires (0000 0100 0000 1000) et (0001 0101 0000 1001) si elles sont interprétées en BCD non compacté. Si la conversion n'est pas possible, donnez la raison.

TD 6 : Représentation des entiers relatifs et calculs associés

Objectifs pédagogiques

Cette séance permet de se familiariser avec les représentations des entiers relatifs en machine.

Exercice 1 : Représentation des entiers relatifs

Q1. Pour les représentations en signe et module base 2 et en complément à 2^n , pour un format $n = 8$ bits, donnez l'étendue des valeurs et représentez, en détaillant la méthode de conversion, les valeurs suivantes :

$$(\pm 10)_{10} \text{ et } (\pm 128)_{10}$$

Questions subsidiaires : Comparez les écritures d'un nombre positif dans les représentations étudiées. Que remarquez-vous ? Même question avec un nombre négatif.

Q2. Convertissez en base 10 les valeurs suivantes :

$$(00000101)_{\text{signe et module, base 2, format } n = 8 \text{ bits}}$$

$$(10100101)_{\text{signe et module, base 2, format } n = 8 \text{ bits}}$$

Q3. Convertissez en base 10 les valeurs suivantes :

$$(00100101)_{\text{complément à 2, format } n = 8 \text{ bits}}$$

$$(10100101)_{\text{complément à 2, format } n = 8 \text{ bits}}$$

$$(11111111)_{\text{complément à 2, format } n = 8 \text{ bits}}$$

$$(10000010)_{\text{complément à 2, format } n = 8 \text{ bits}}$$

$$(100001)_{\text{complément à 2, format } n = 6 \text{ bits}}$$

Question subsidiaire : Pour la 3^{ème} valeur, proposez une seconde méthode de conversion, autre que celle basée sur la formule de décomposition.

Q4. Facultatif. Convertissez le mot binaire 10001001 ($n = 8$ bits) en base 10 en le considérant exprimé successivement en binaire naturel, en signe et module et complément à 2^n .

Exercice 2 : L'extension et la compression de format

Q1. Extension de format. Soit le mot binaire (101) au format $n = 3$ bits. Etendez son format à $n' = 8$ dans les trois représentations entières étudiées en cours (*i.e.* CBN, signe et module et complément à 2^n).

Q2. L'opération inverse de l'extension de format se nomme la compression de format. Que doit-on vérifier avant de l'effectuer ?

Application numérique : Passage de $n = 8$ bits à $n' = 5$ bits pour $(10001111)_2$ en considérant les trois représentations entières étudiées en cours (*i.e.* CBN, signe et module et complément à 2^n).

Exercice 3 : Calcul avec des entiers relatifs

Q1. Etude de l'addition algébrique. Nous allons calculer les deux opérations suivantes en complément à 2^n au format $n = 8$ bits :

$$-63 + 65$$

$$-63 - 4$$

La démarche de l'étude sera la suivante :

- 1°) conversion des deux opérandes dans le code de numération et le format demandés,
- 2°) additionnez de manière binaire ces deux nombres en les considérant comme des entiers naturels (*i.e.* le bit de signe devient un chiffre binaire),
- 3°) Est-ce que le résultat est juste en l'interprétant en complément à 2^n ? Quelle conclusion en tirez-vous ?

Indiquez, pour chaque opération et sans calcul, s'il pourrait y avoir un dépassement de capacité (*overflow*).

Q2. Facultatif. Etude de l'addition algébrique. Nous allons calculer les deux opérations suivantes en signe et module, base 2 au format $n = 8$ bits :

$$-63 + 4$$

$$-63 - 4$$

La démarche de l'étude sera la suivante :

- 1°) conversion des deux opérandes dans le code de numération et le format demandés,
- 2°) additionnez de manière binaire ces deux nombres en les considérant comme des entiers naturels (*i.e.* le bit de signe devient un chiffre binaire),
- 3°) Est-ce que le résultat est juste en l'interprétant en module et signe ? Si non, proposez un algorithme de calcul en pensant à une implémentation matérielle.

Q3. En prenant l'exemple de l'exercice précédent, comment le microprocesseur, ou plutôt le programmeur, est averti que le résultat est faux ?

Q4. Exercice supplémentaire. Calculez les opérations suivantes en complément à 2^n ($n = 7$ bits) :

$$-32 + 4$$

$$-32 - 4$$

TD 7 : Représentation des réels et calculs associés

Objectifs pédagogiques

Cette séance permet d'étudier la représentation des réels en machine.

Exercice 1 : Représentation des réels en virgule fixe

- Q1.** Quel est le format du nombre $(1027,33)_{10}$ en représentation en virgule fixe non signée ?
- Q2.** Calcul en base 10. Exprimez la valeur $1/3$ en représentation en virgule fixe pour un format n fixé à 5. Envisagez toutes les solutions. Quelle est la meilleure solution pour un résultat toujours inférieur à 1 ?
- Q3.** Convertissez $A = (1011,11001)_{2\text{vfx}}$ en base dix (représentation en virgule fixe non signée).
- Q4.** Représentation en virgule fixe non signée. Convertissez les deux valeurs suivantes en base 10 :
 $6D, B_{16\text{vfx}}$ et $F3, 9_{16\text{vfx}}$
- Q5.** Convertissez $A_{10} = 100,8125$ en virgule fixe, base 2.
- Q6.** Convertissez $A_{10} = 0,2$ et $A'_{10} = 0,3$ en virgule fixe, base 2. Quelle(s) conclusion(s) pouvez-vous tirer ? Quelle solution proposez-vous ?
- Q7. Extension de format.** En reprenant le résultat de l'exercice Q5, étendez le format du nombre A au format $n' = 16$ avec $i' = 8$.
- Q8.** Représentation en virgule fixe base 2. Soit un nombre A au format de travail $n = 16$ avec $i = 4$. Quelle est la précision de la représentation ? S'agit-il d'une précision absolue ou relative ?

Exercice 2 : Addition de deux réels en virgule fixe base 2

- Q1.** Format de travail $n = 16$, $i = 4$. Si on additionne deux nombres A et B exprimés en virgule fixe au format n , quel sera le format nécessaire du résultat S pour que ce dernier soit toujours juste ?
- Q2.** Format de travail $n = 16$, $i = 4$. Calculez l'opération suivante :
 $1011,1001 + 100,100$
 Quelle conclusion tirez-vous sur le résultat ? Quelle conclusion tirez-vous sur le matériel ?

Exercice 3 : Représentation des réels en virgule flottante base 2

- Q1.** Normalisation de la mantisse, calcul en base 10. Soit le nombre $A = 12,575$. Ecrivez ce nombre dans la représentation en virgule flottante. Y a-t-il un problème en machine ? Quelle solution proposez-vous ?
- Q2.** Normalisation en base 10. Soit le nombre $A = 0,0012345$. Ecrivez ce nombre dans la représentation en virgule flottante en normalisant la mantisse.
- Q3.** Comment interprétez-vous la normalisation au niveau de l'écriture de la mantisse ou quelle est la particularité d'une mantisse normalisée ? Pour quelle raison cette opération est-elle obligatoire ?

Q4. Convertissez le réel +12,575 en représentation base 2 virgule flottante (2vfl) simple précision. Précisez avant les formats des différentes composantes du nombre (*i.e.* exposant et mantisse).

Q5. Quelle est la précision p de la représentation de la question précédente ? S'agit-il d'une précision absolue ou relative ?

Q6. Réalisez la conversion inverse à partir du résultat de l'exercice précédent. Quelle conclusion en tirez-vous ?

Exercice 4 : Calculs en virgule flottante

Q1. Attention, les valeurs numériques de cette question sont binaires. Soit $A = (0,10010 \times 10^{101})_2$ et $B = (0,11010 \times 10^1)_2$. Calculez $A + B$ et $A \times B$.