Module: Architecture des ordinateurs

1ère MI S2

Architecture des ordinateurs

Taha Zerrouki

Taha.zerrouki@gmail.com

L’architecture de base des ordinateurs

- Introduction
- Architecture de base d’une machine
  - La Mémoire Centrale
  - UAL (unité arithmétique et logique)
  - UC (unité de contrôle ou de commande)
- Jeu d’instructions , Format et codage d’une instruction
- Modes d’adressage
- Étapes d’exécution d’un instruction

Objectifs

- Comprendre l'architecture d'une machine von newman.
- Comprendre les étapes de déroulement de l'exécution d'une instruction.
- Comprendre le principe des différents modes d'adressage.

Instruction تعليمة، أمر

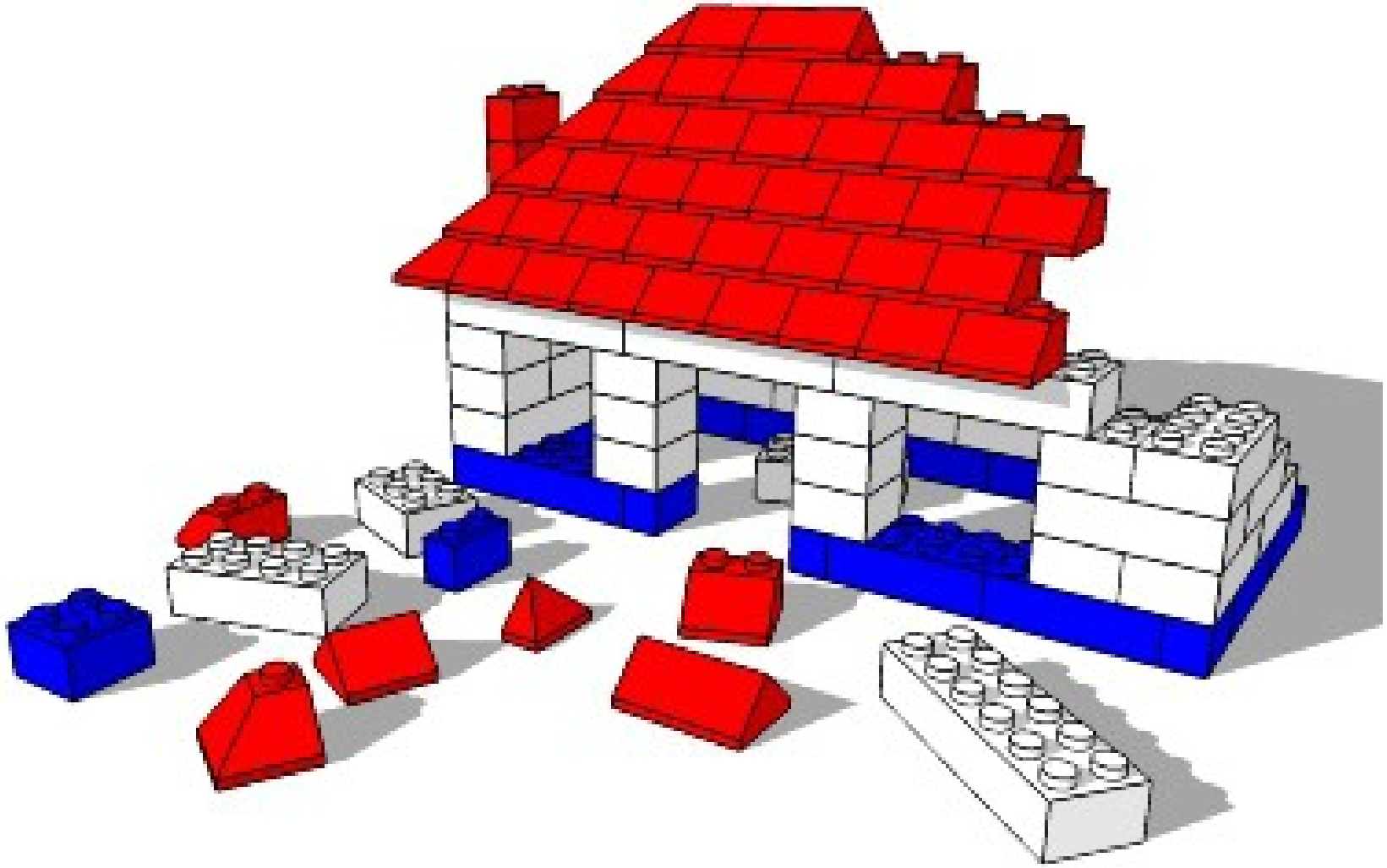
- **Commande:** Ordre donné par l'utilisateur à l'ordinateur.

- **Exemple:**

  Print "Hello"

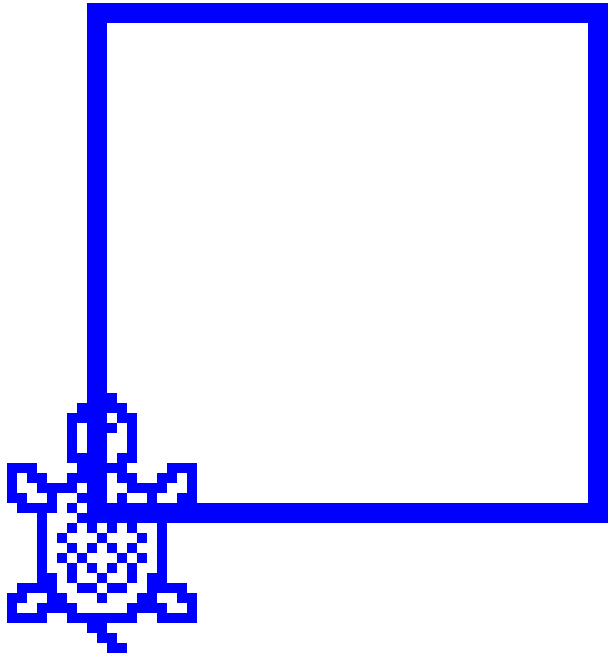
أمر بسيط ، من المستخدم للحاسوب

commande et programme



Programme برنامج

- Un programme est un ensemble d'instructions exécutées dans un ordre bien déterminé.
  - Program
    - **avance 50**
    - **droite 90**
    - **avance 50**
    - **droite 90**
    - **avance 50**
    - **droite 90**
    - **avance 50**
    - **droite 90**



- **مجموعة متتابعة من الأوامر البسيطة لحل مسألة ما**

Language لغة

- Ensemble de commandes nécessaires pour l'écriture d'un programme afin qu'il soit compréhensible par l'ordinateur (Pascal, Delphi, C++, JAVA,…etc).
- مجموعة محدودة من الأوامر لتصميم البرمجيات.


```
      Line 4     Col 6    Insert Indent
uses Crt;

var
     name: string[100];

begin
     clrscr;
     write ('NAME: ');
     readln(name);
     writeln ('Hello ', name);
     while not keypressed do;
end.
```

Types d'instructions

- Les instructions qui constituent un programme peuvent être classifiées en 4 catégories :
  - Les Instructions d'affectations : permet de faire le transfert des données
  - Les instructions arithmétiques et logiques.
  - Les Instructions de branchement (conditionnelle et inconditionnelle)
  - Les Instructions d'entrées sorties.

Exécution d’un programme

1. Édition.
2. Compilation.
3. Chargement dans mémoire
4. Exécuter .

Exécution d’un programme

Edition

```
print( ‘Hello’);
```

Compilation

```
0100101010000010101
```

Exécution

```
Hello
```

Comment s’exécute un programme dans la machine ?

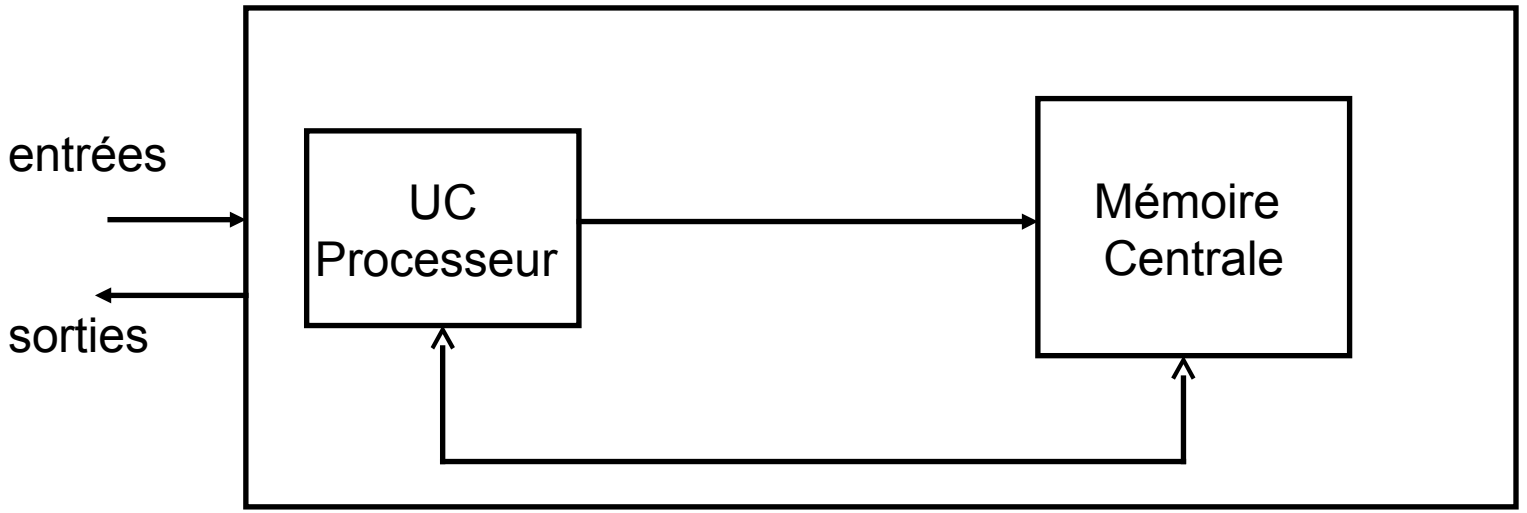
- Comment s'exécute un programme dans la machine ?

- Exécution d'un programme
- → exécution d'une instruction .
- → il faut connaître l'architecture de la machine (processeur) sur la quelle va s'exécuter cette instruction.

2. Architecture matérielle d'une machine

(architecture de Von Neumann)

Architecture de Von Neumann

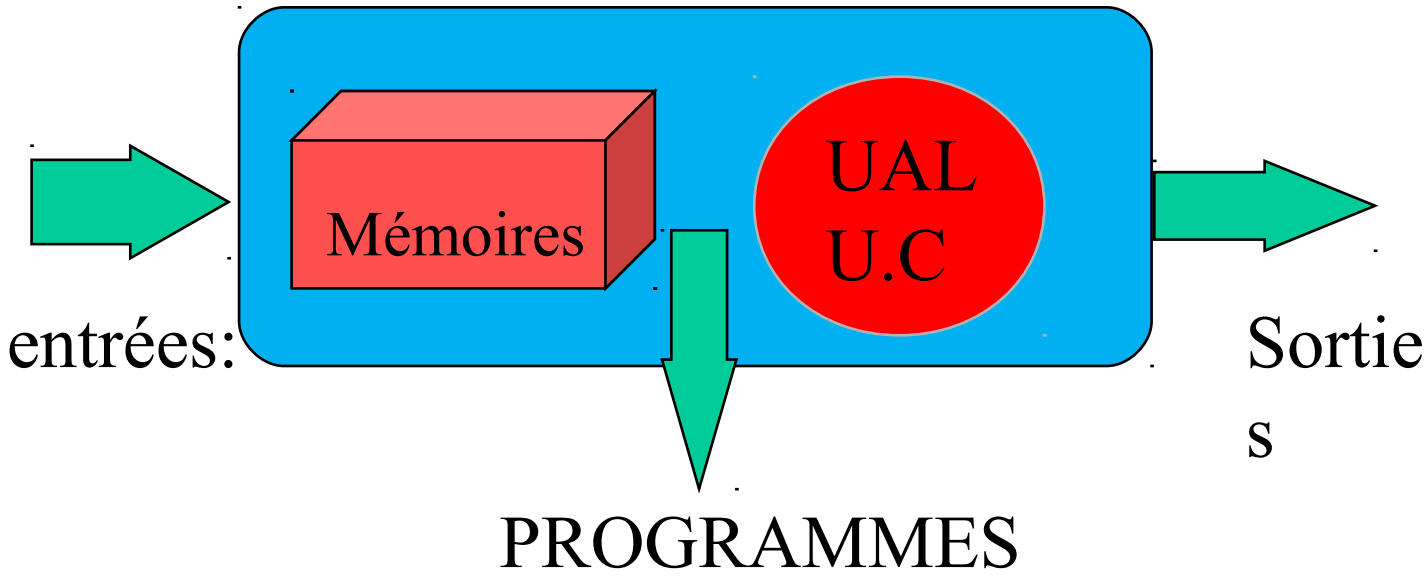


2. Architecture matérielle d'une machine
(architecture de Von Neumann)

L'architecture de Von Neumann est composée :

- D'une mémoire centrale,
- D'une unité centrale UC , CPU (Central Processing Unit), processeur , microprocesseur.
- D'un ensemble de dispositifs d'entrées sorties pour communiquer avec l'extérieur.
- Cette architecture est la base des architectures des ordinateurs.

Unité de traitement



La mémoire

Mémoires ذاكرة

Auxiliaires

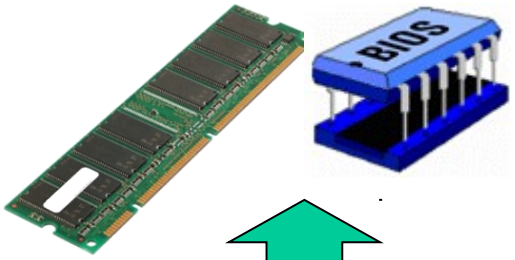
Externes

RAM

Principales

internes

ROM

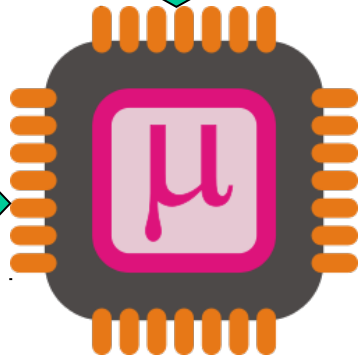


Flash Disque

Cd-ROM

Carte mémoire

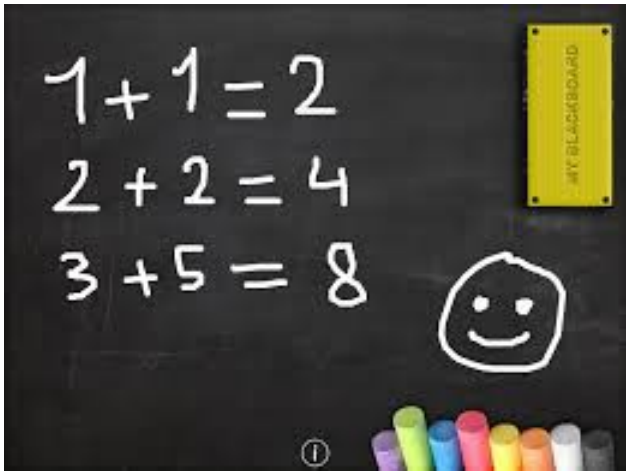
Disque dure



Unité de traitement

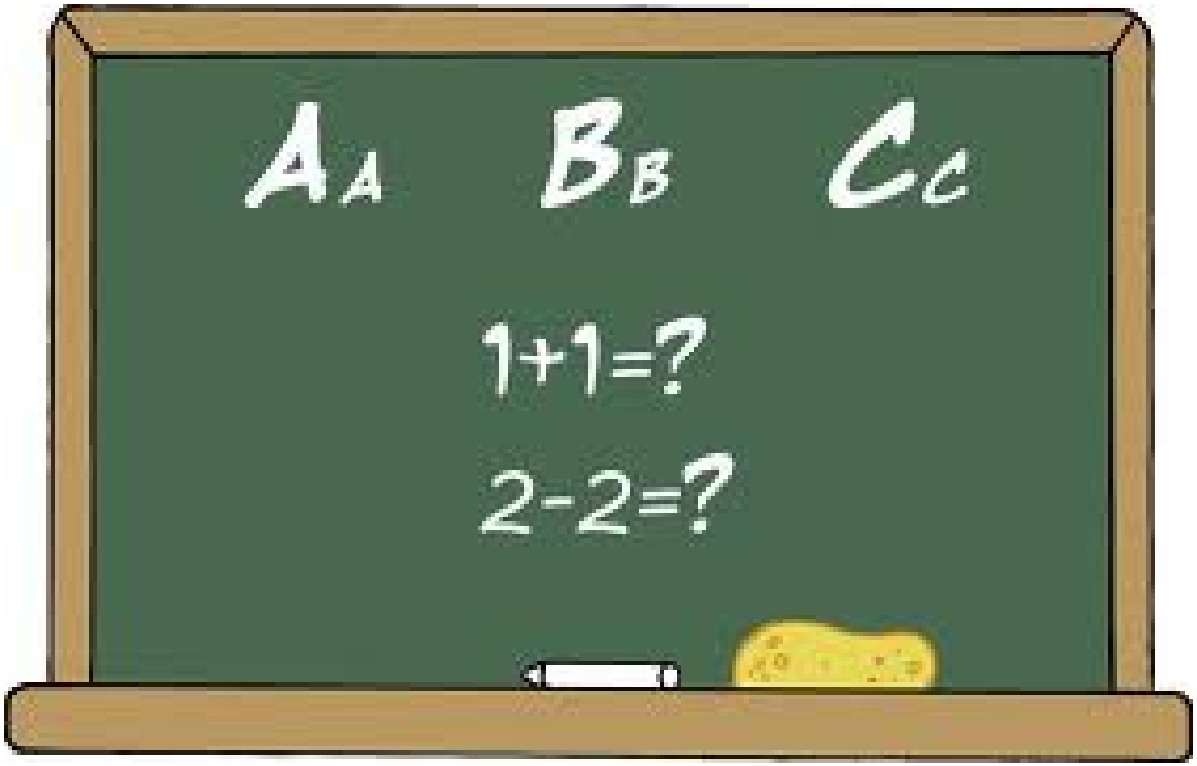
2.1 La mémoire centrale

- La mémoire centrale (MC) représente l'espace de travail de l'ordinateur .
- C'est l'organe principal de rangement des informations utilisées par le processeur.



2.1 La mémoire centrale

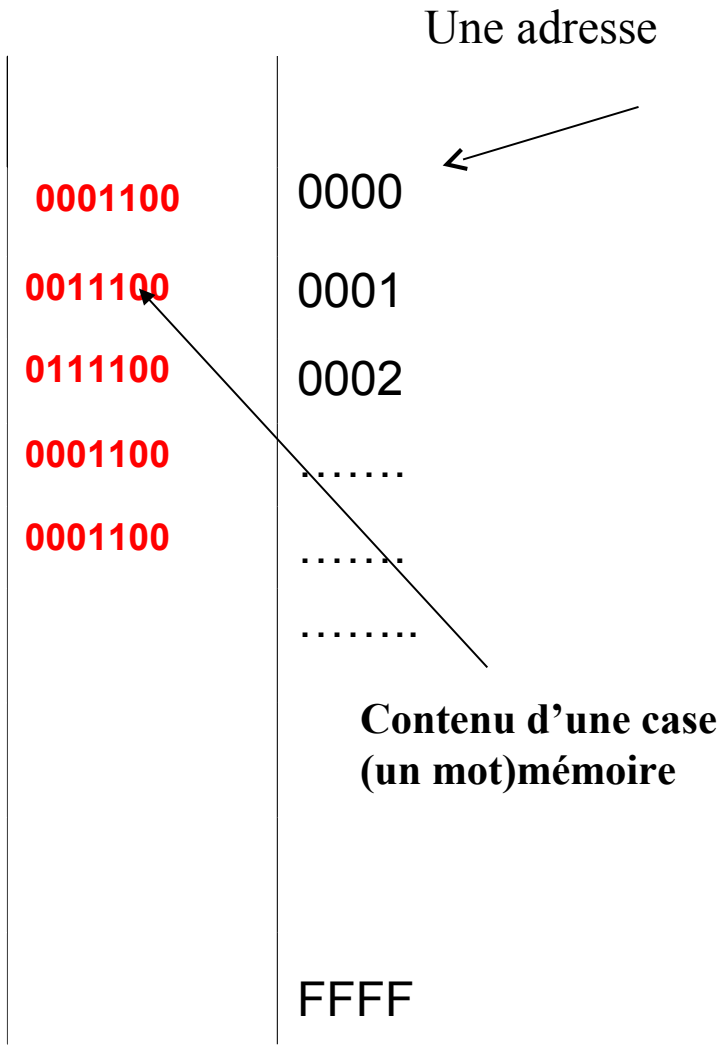
- C'est l'organe principal de rangement des informations utilisées par le processeur.



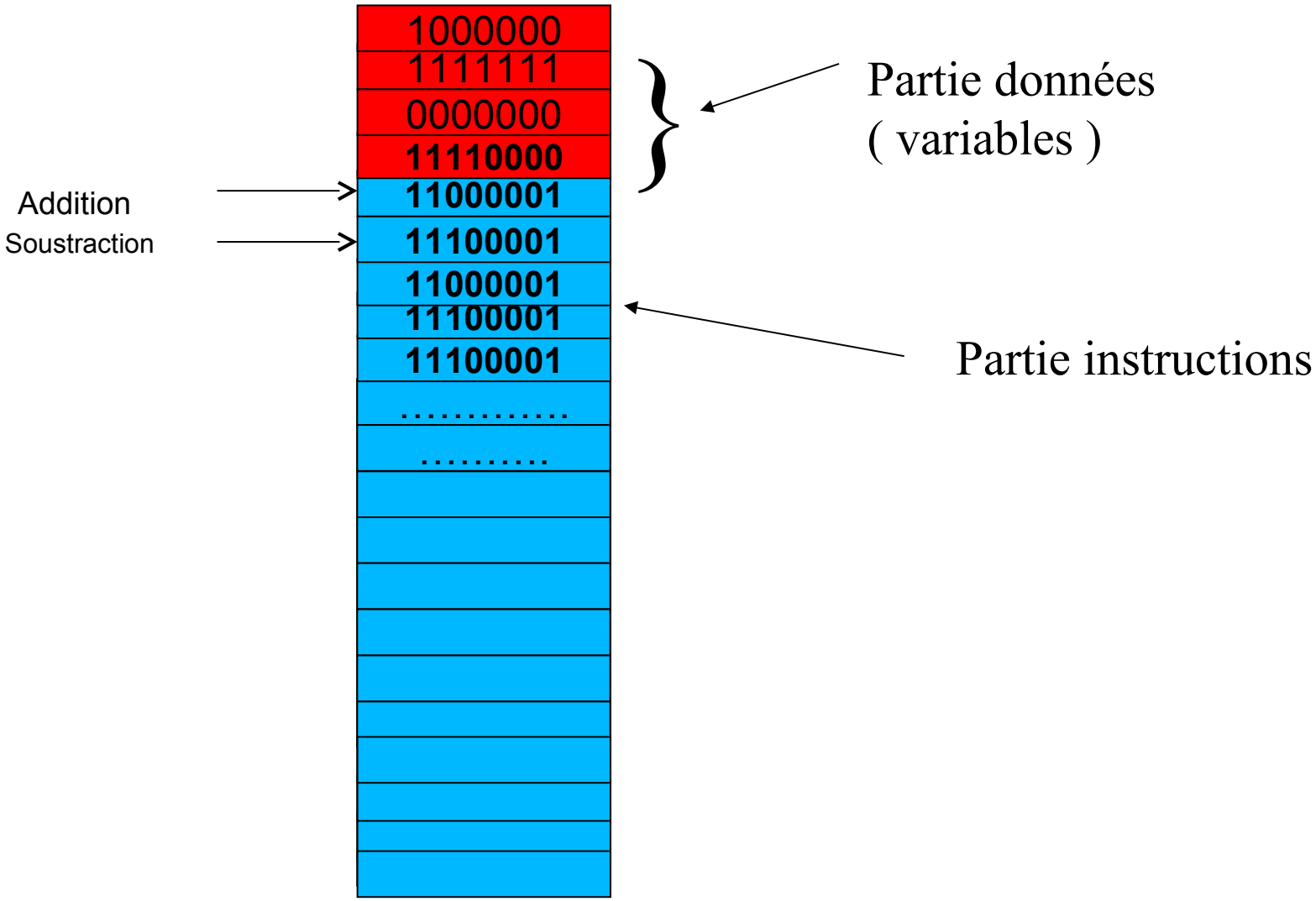
2.1 La mémoire centrale

- Dans un ordinateur pour exécuter un programme il faut le charger (copier) dans la mémoire centrale .
- Le temps d'accès à la mémoire centrale et sa capacité sont deux éléments qui influent sur le temps d'exécution d'un programme (performances d'une machine).

- La mémoire centrale peut être vu comme un large vecteur (tableau) de mots ou octets.
- Un mot mémoire stocke une information sur n bits.
- Chaque mot possède sa propre adresse.
- La mémoire peut contenir des programmes et les données utilisées par les programmes.



Structure d'un programme en MC



Exercice

- Quelles est la taille de l'adresse pour adresser d'une mémoire de 4 Go

Solution

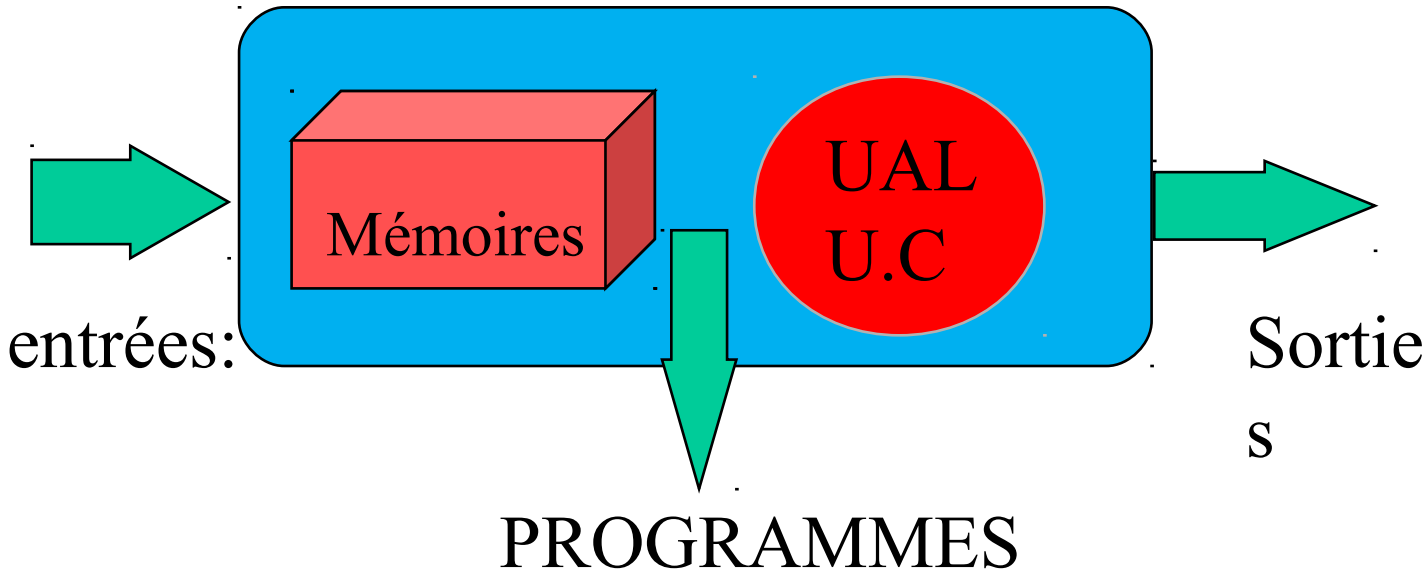
- 4 Go = 4 x 2^{30} = 2^2x 2^{30} = 2^{32}

- La taille de l'adresse est 32 bits

Question

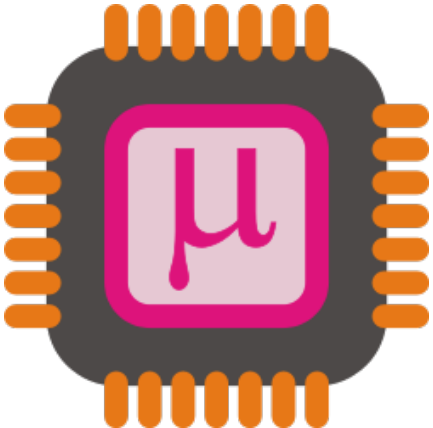
- Si une adresse de 32 bits suffit pour adresser 4 Go,
- Pourquoi un système d'exploitation Windows 32 bits ne reconnaît pas une RAM de 4 Go.

Unité de traitement



Unité de traitement وحدة المعالجة

- c’est un organe principal ou le cerveau de l’ordinateur (microprocesseur).
- Il traite les informations introduites dans la mémoire. Il contient:
  - **une unité de commande U.C**
  - **une unité arithmétique et logique U.A.L**



Unité de Command U.C. وحدة التحكم

- c’est la partie intelligente du microprocesseur.
- Elle permet de chercher les instructions d’un programme se trouvant dans la mémoire,
- de l’interpréter pour ensuite
- acheminer les données vers l’U.A.L afin de les traiter

une unité arithmétique et logique U.A.L وحدة الحساب والمنطق

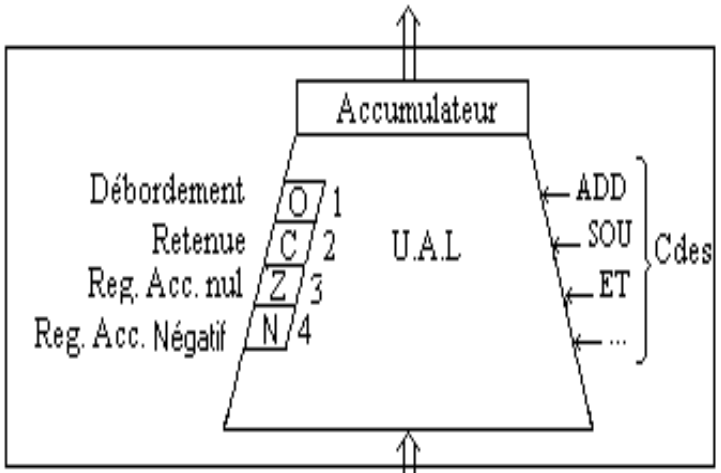
- qui est composée d'un ensemble de circuits (registres mémoires) chargés d'exécuter les opérations arithmétiques/
  - Addition
  - Soustraction
  - Multiplication
  - Division
  - Opérations logiques.

U.A.L

- L'UAL regroupe les circuits qui assurent les fonctions
  - logiques ET,OU
  - Arithmétiques de bases
    - ADD
    - SUS.

U.A.L

- L'UAL comporte un registre accumulateur (ACC):
- c'est un registre de travail qui sert a stocker un opérande (données)
- au début d'une opération et le résultat à la fin.



U.A.L

- L'UAL comporte un registre accumulateur (ACC):
- c'est un registre de travail qui sert a stocker un opérande (données)
- au début d'une opération et le résultat à la fin.

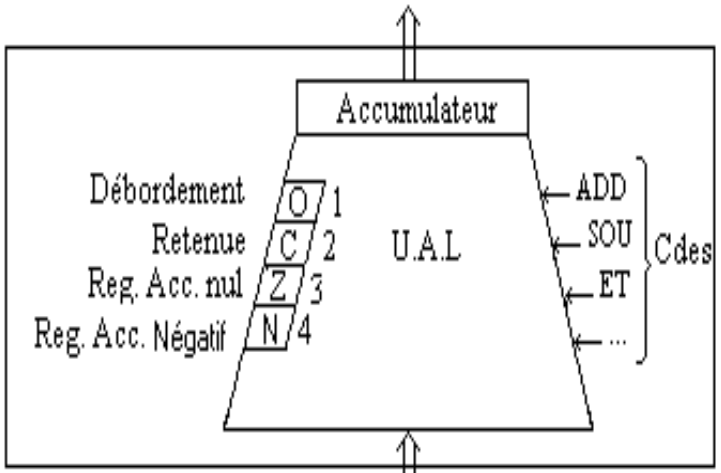
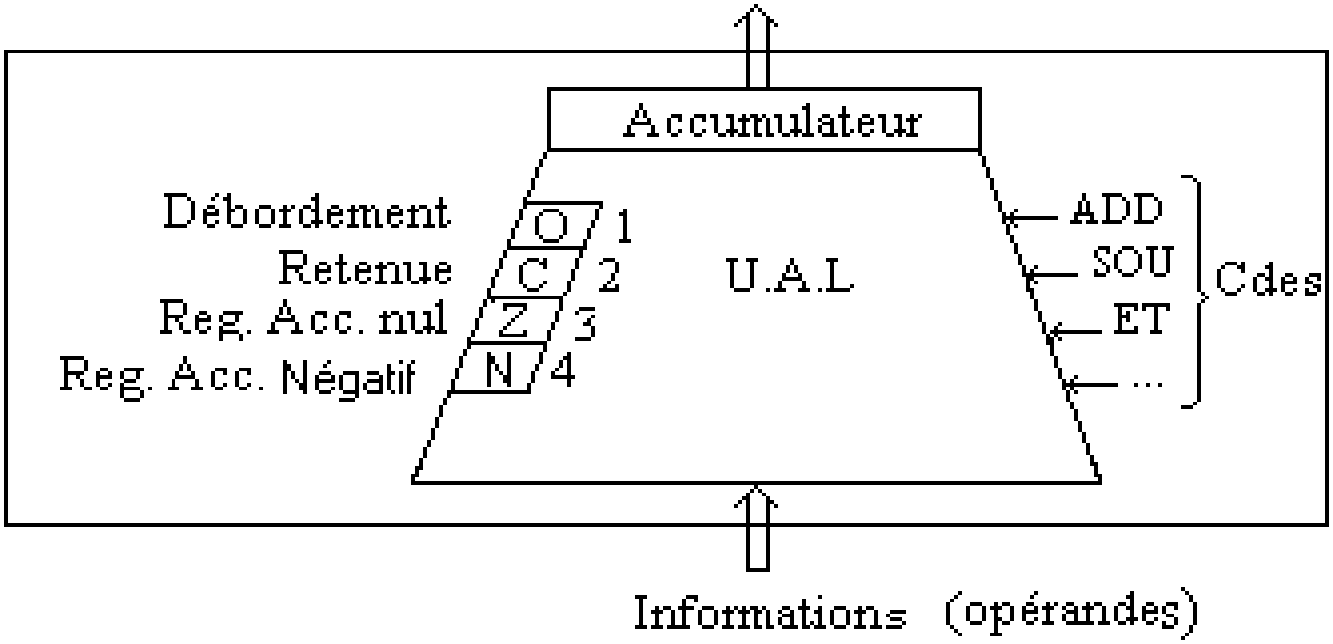


Schéma d'une UAL



Accumulateur مِركم

- c’est un registre de travail qui sert a stocker un opérande (données)
- au début d’une opération
- et le résultat à la fin.

Accumulateur

- 4*3 + 5 +(-6)

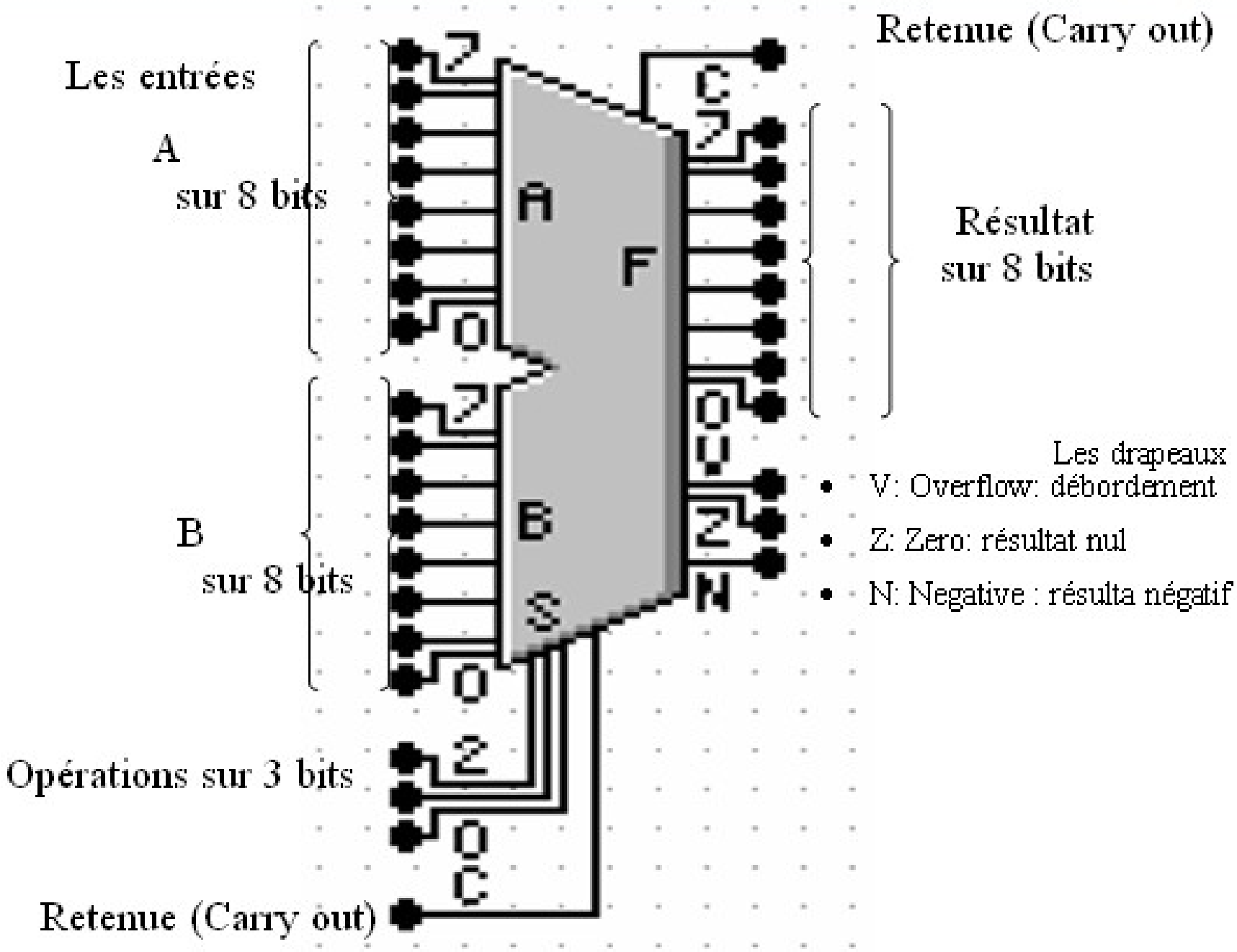
Acc

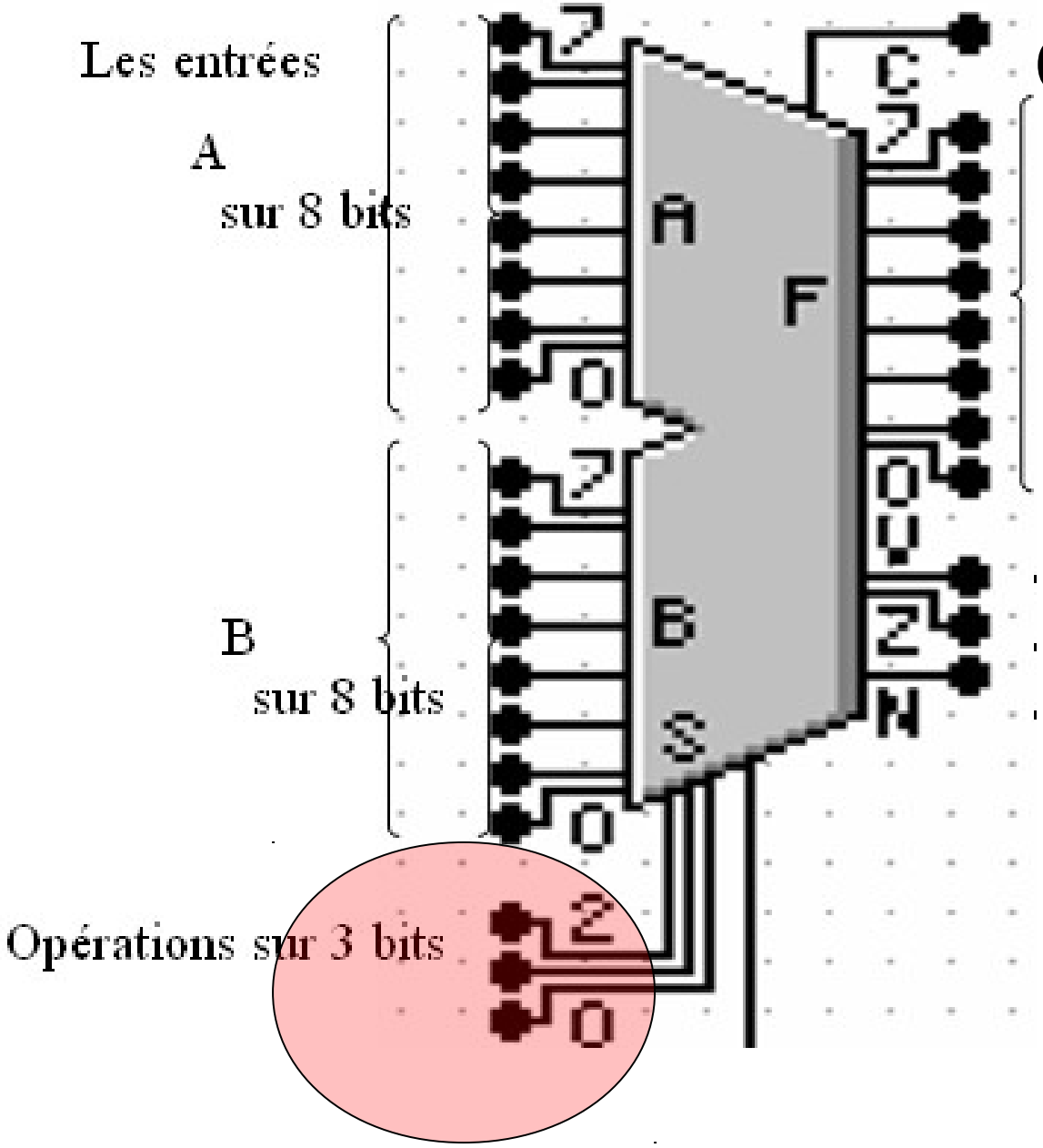
0

12

17

11

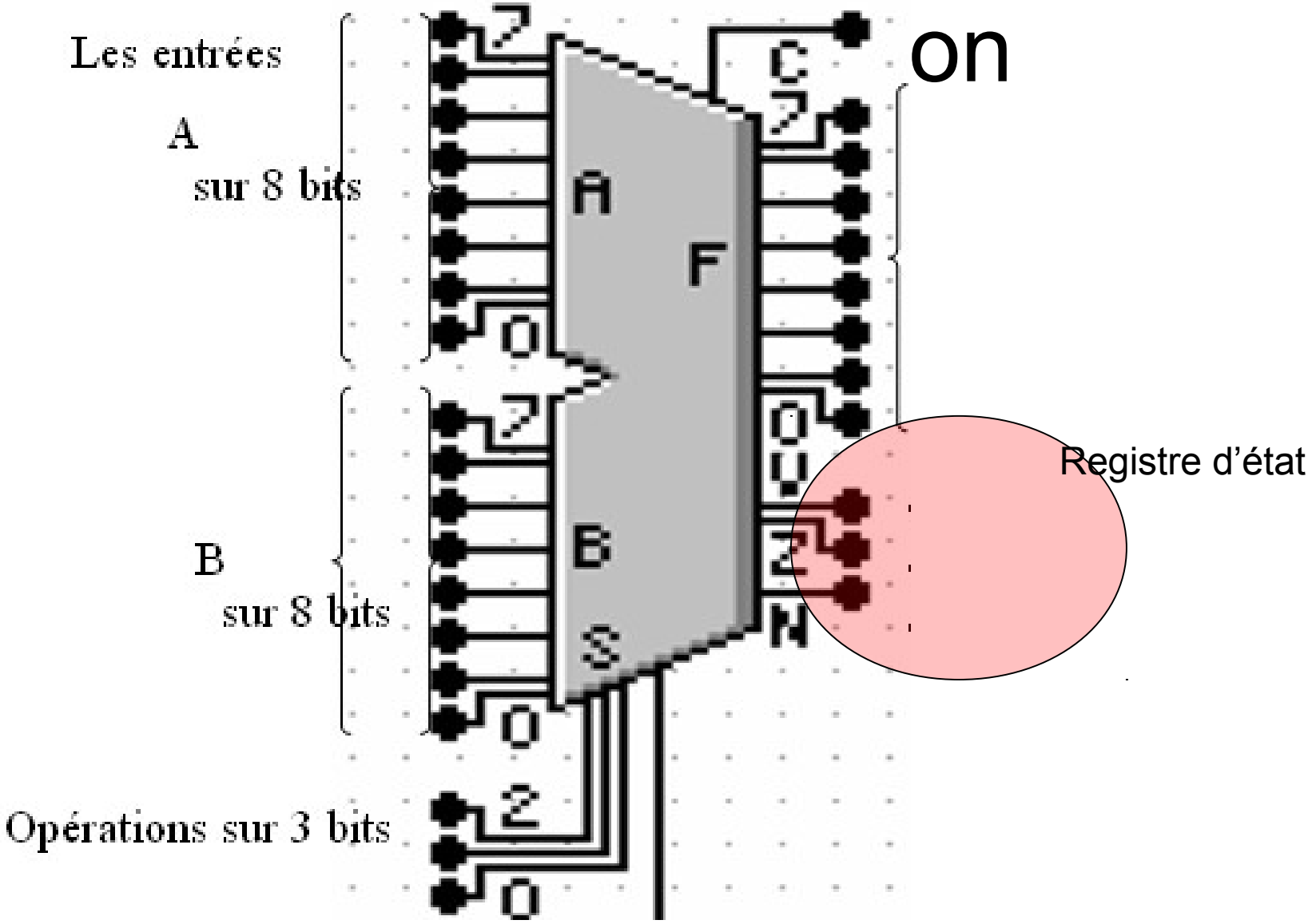

Retenue (Carry out)
Les entrées
A
sur 8 bits
A
F
Résultat
sur 8 bits
B
sur 8 bits
B
S
Opérations sur 3 bits
Retenue (Carry out)
Les drapeaux
V: Overflow: débordement
Z: Zero: résultat nul
N: Negative : résulta négatif


Les entrées
A
sur 8 bits
B
sur 8 bits
Opérations sur 3 bits
A
B
S
F
7
0
2
1

on

Codes Opération

DESCRIPTION	CODE				
A + (B + Cin)	ADD		0	0	0
A - (B + Cin)	SUB		1	0	0
A * B	MUL		0	1	0
A / B	DIV		1	1	0
1 si A == B sinon 0	EQ		0	0	1
1 si A < B sinon 0	CMP		1	0	1
A << B	LSH		0	1	1
A >> B	RSH		1	1	1


Les entrées
A
sur 8 bits
B
sur 8 bits
Opérations sur 3 bits
A
B
S
F
on
Registre d'état

Registre d'état

- L'UAL comporte aussi un registre d'état :

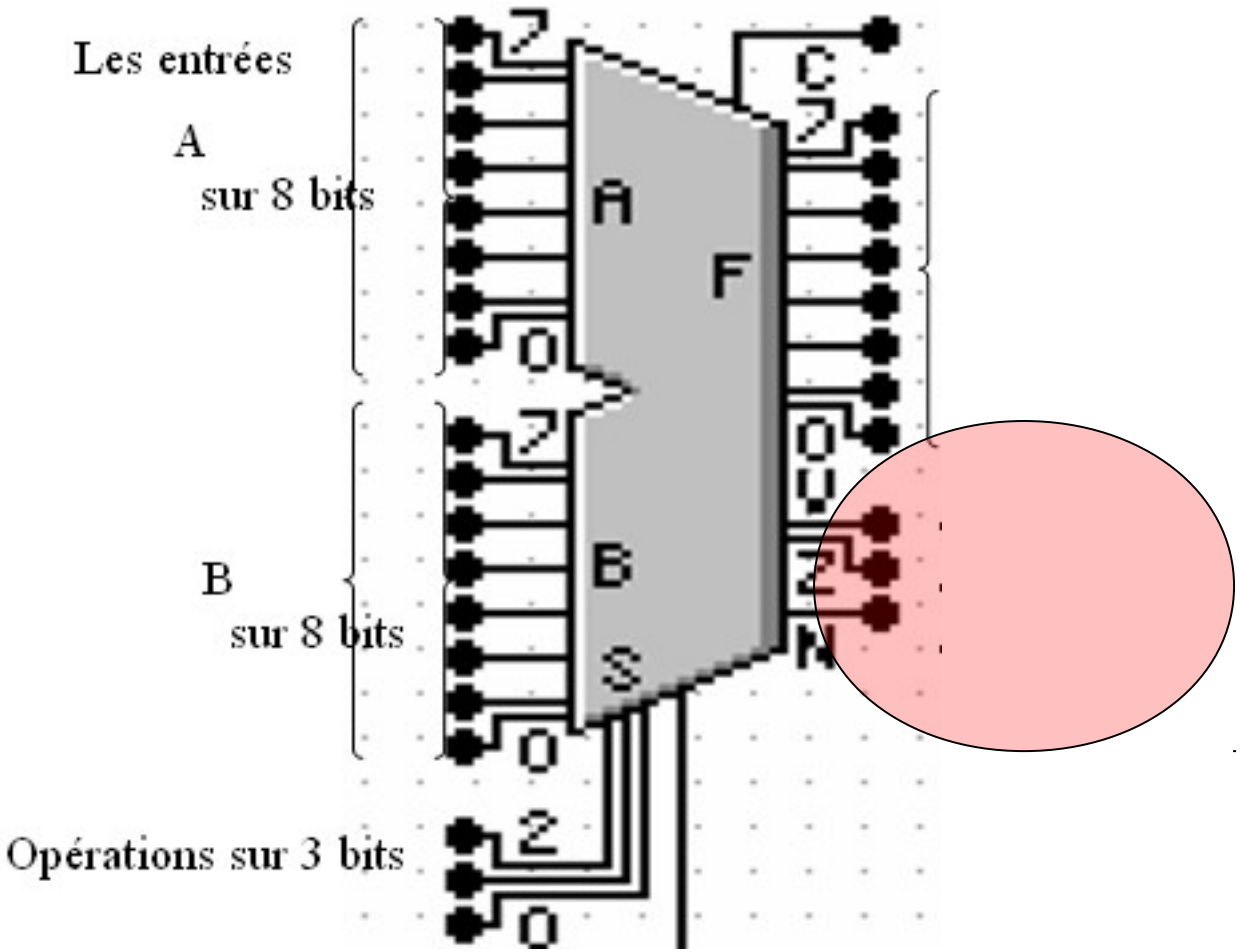
- Ce registre nous indique l'état du déroulement de l'opération .
- Ce registre est composé d'un ensemble de bits.
- Ces bits s'appels indicateurs (drapeaux ou flags).

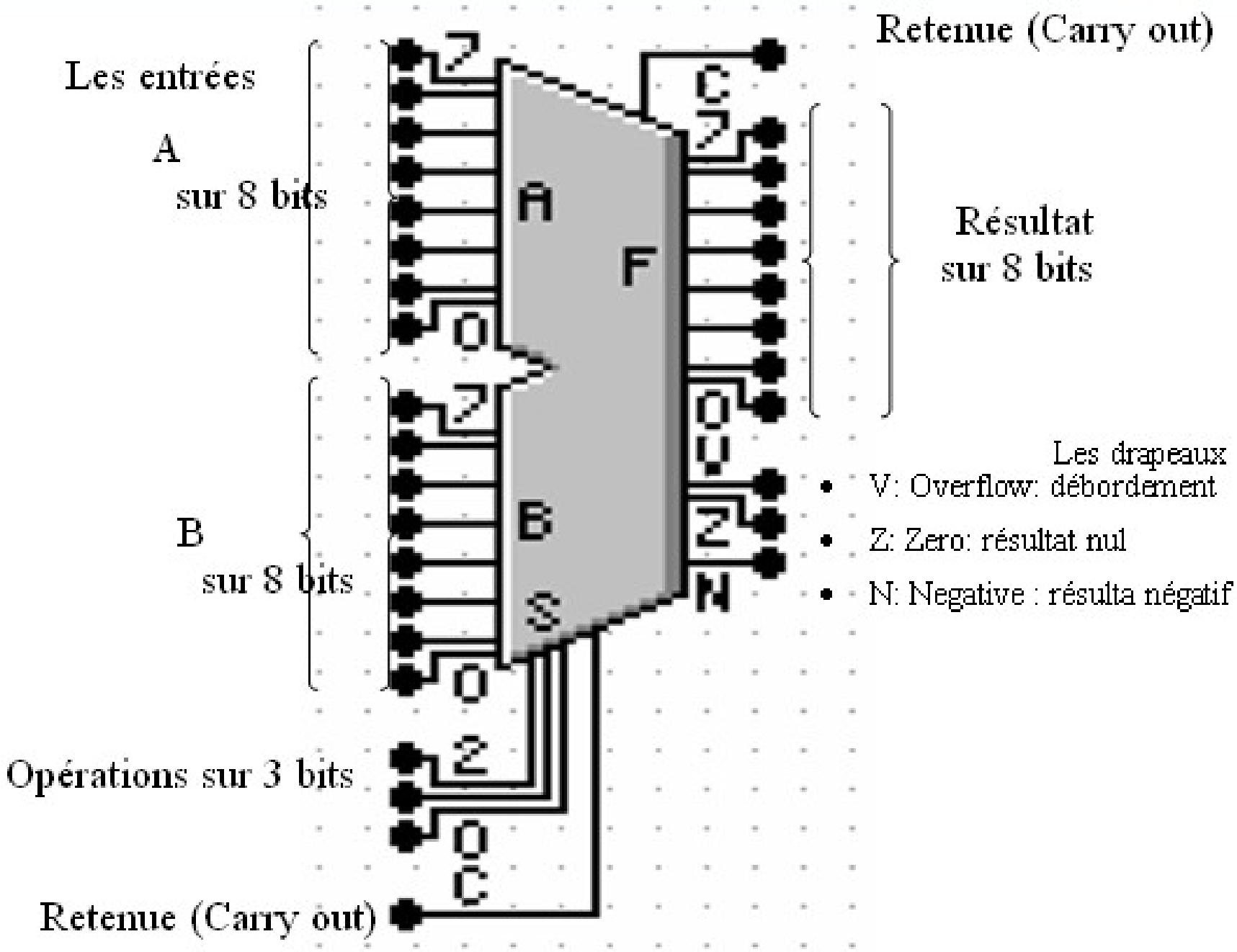
Registre d’état

- Ce registre est composé d’un ensemble de bits:
- Ces bits s’appellent indicateurs (drapeaux ou flags).

Indicateurs

- Les principaux indicateurs sont :
  - **Retenue** : mis à 1 si l'opération génère une retenue.
  - **Signe** : mis à 1 si l'opération génère un résultat négative.
  - **Débordement** : mis à 1 s'il y a un débordement.
  - **Zero** : mis à 1 si le résultat de l'opération est nul.

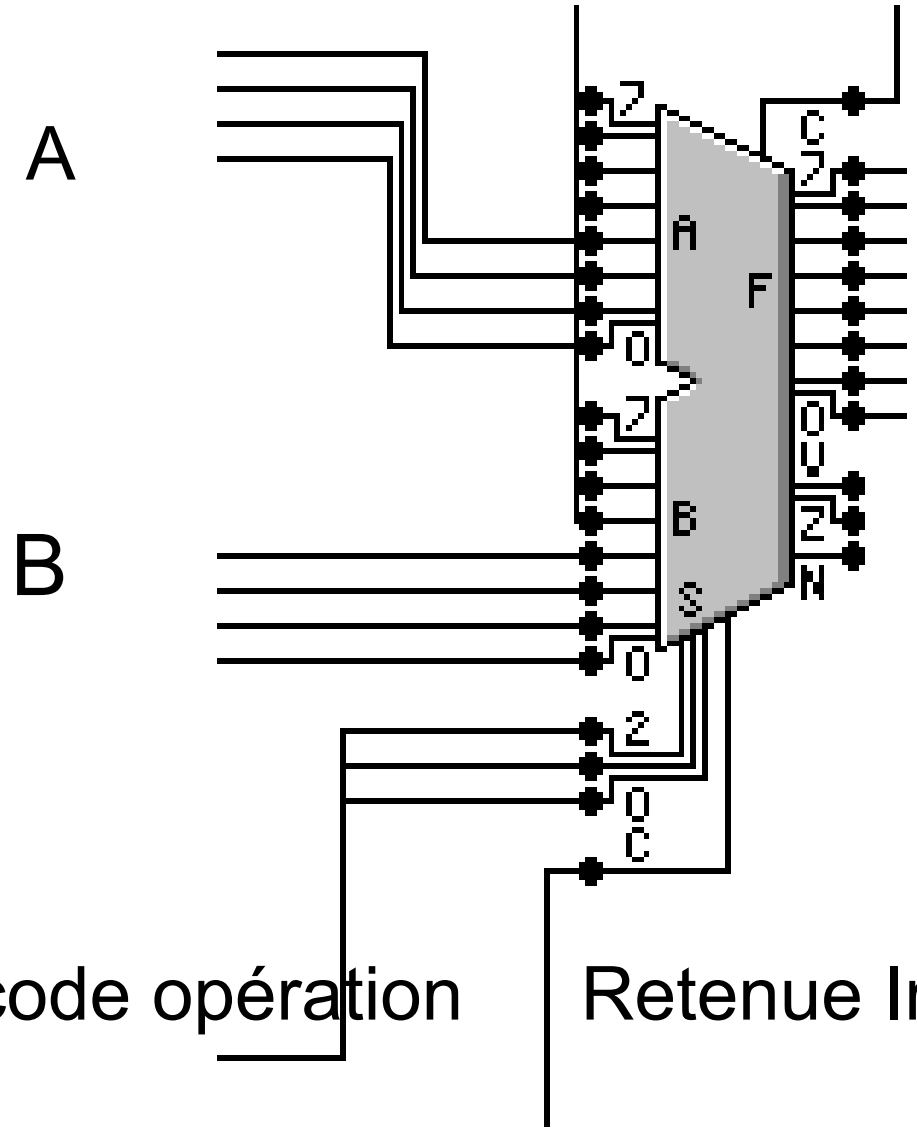

Les entrées
A
sur 8 bits
B
sur 8 bits
Opérations sur 3 bits
A
B
S
F
C
N
7
0
2
1


Retenue (Carry out)
Les entrées
A
sur 8 bits
A
F
Résultat
sur 8 bits
B
sur 8 bits
B
S
Opérations sur 3 bits
Retenue (Carry out)
Les drapeaux
V: Overflow: débordement
Z: Zero: résultat nul
N: Negative : résulta négatif

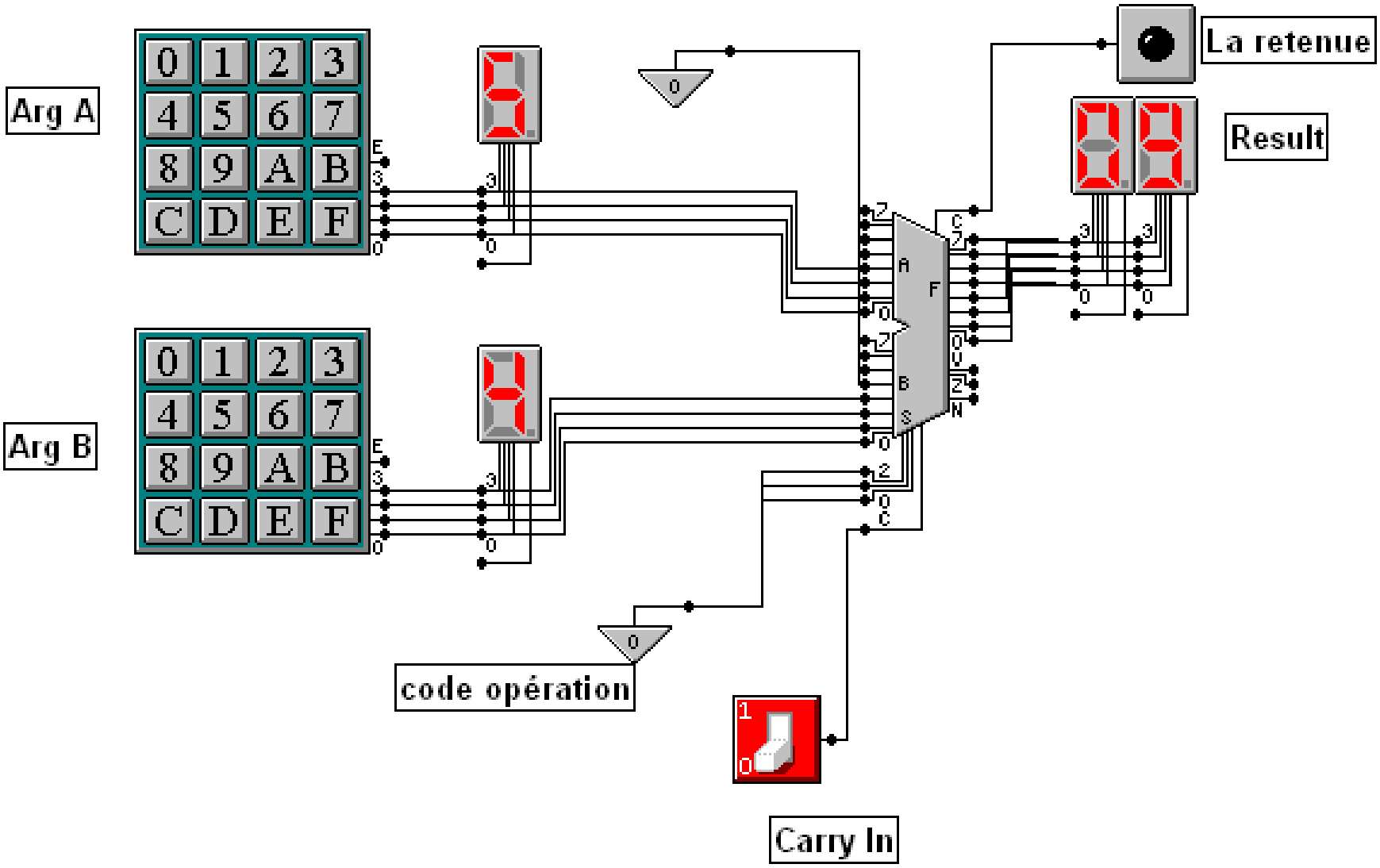
Exercice

- Réaliser un additionneur complet à l'aide d'une UAL

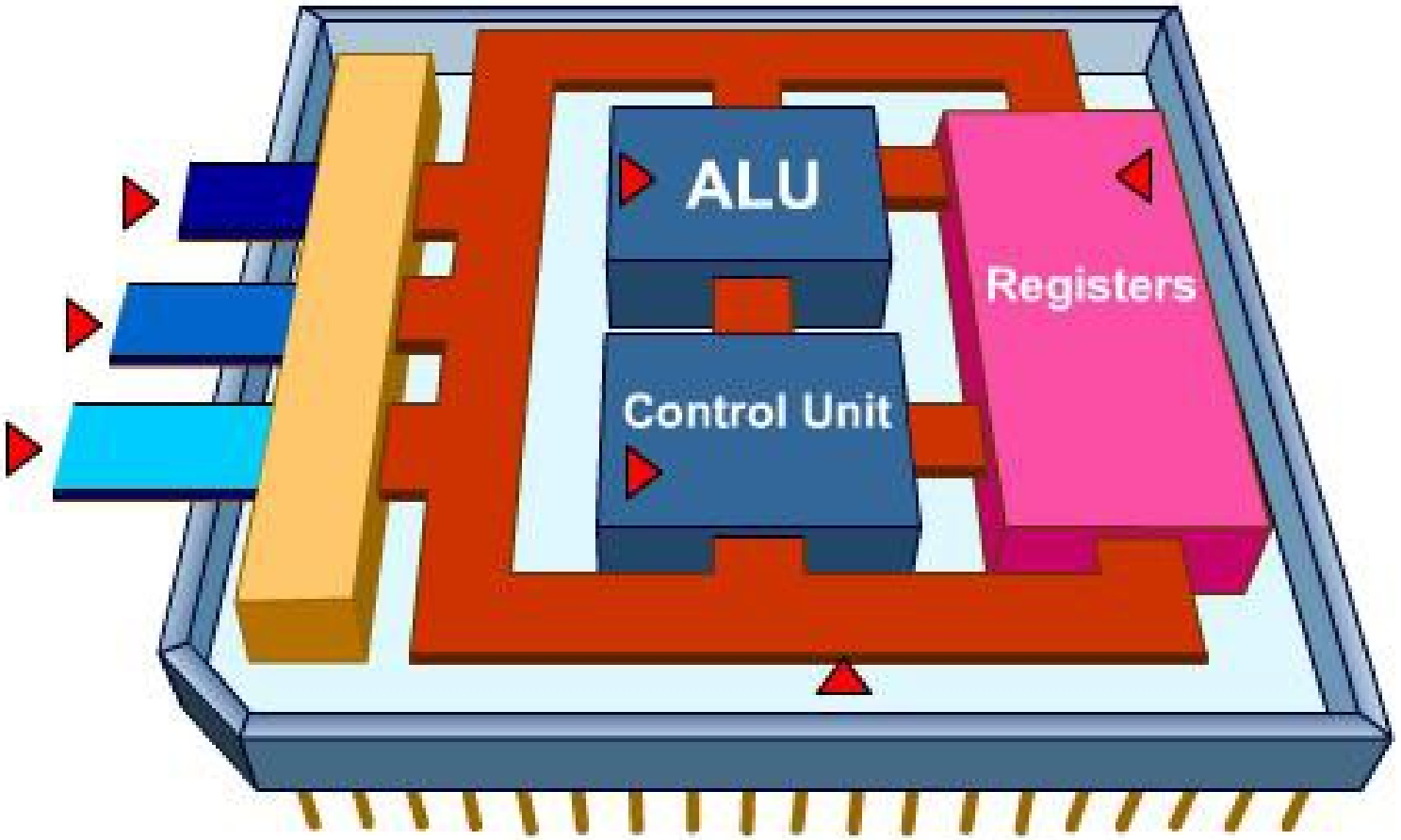
Solution


A
B
Retenue
out
Somme
Retenue In
000 : code opération
A
B
S
F
C
V
Z
N
2
0
2
0
2
0
C

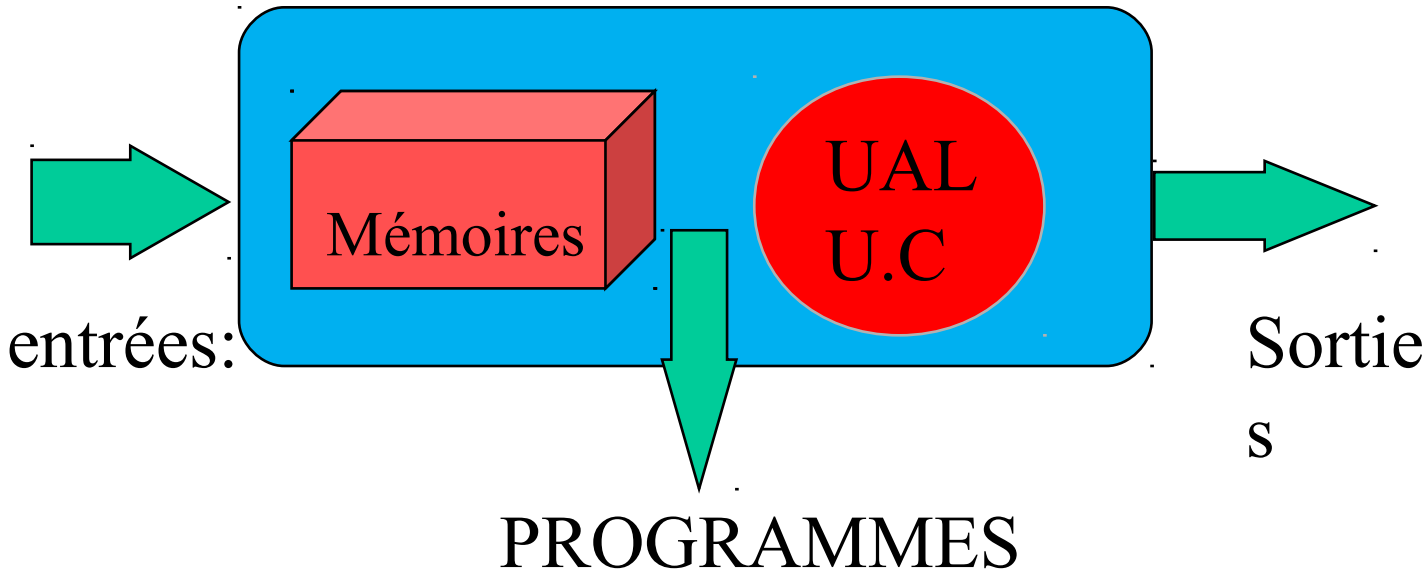
Solution



Unité de traitement



Unité de traitement



Unité de commande

Unité de contrôle

- Le rôle de l'unité de contrôle (ou unité de commande) est de :
  - coordonner le travail de toutes les autres unités (UAL , mémoire,….)
  - et d'assurer la synchronisation de l'ensemble.

- Elle assure :
  - la recherche (lecture) de l'instruction et des données à partir de la mémoire,
  - le décodage de l'instruction et l'exécution de l'instruction en cours
  - et prépare l'instruction suivante.

Unité de Command U.C. وحدة التحكم

- c’est la partie intelligente du microprocesseur.
- Elle permet de chercher les instructions d’un programme se trouvant dans la mémoire,
- de l’interpréter pour ensuite
- acheminer les données vers l’U.A.L afin de les traiter

- L’unité de contrôle comporte :
  - Un registre instruction (RI) : contient l’instruction en cours d’exécution. Chaque instruction est décoder selon sont code opération grâce à un décodeur.
  - Un registre qui s’appel compteur ordinal (CO) ou le compteur de programme (CP) : contient l’adresse de la prochaine instruction à exécuter (pointe vers la prochaine instruction à exécuter). Initialement il contient l’adresse de le première instruction du programme à exécuter.
  - Un séquenceur : il organise (synchronise) l’exécution des instruction selon le rythme de l’horloge, il génère les signaux nécessaires pour exécuter une instruction.

Schéma d'une UC

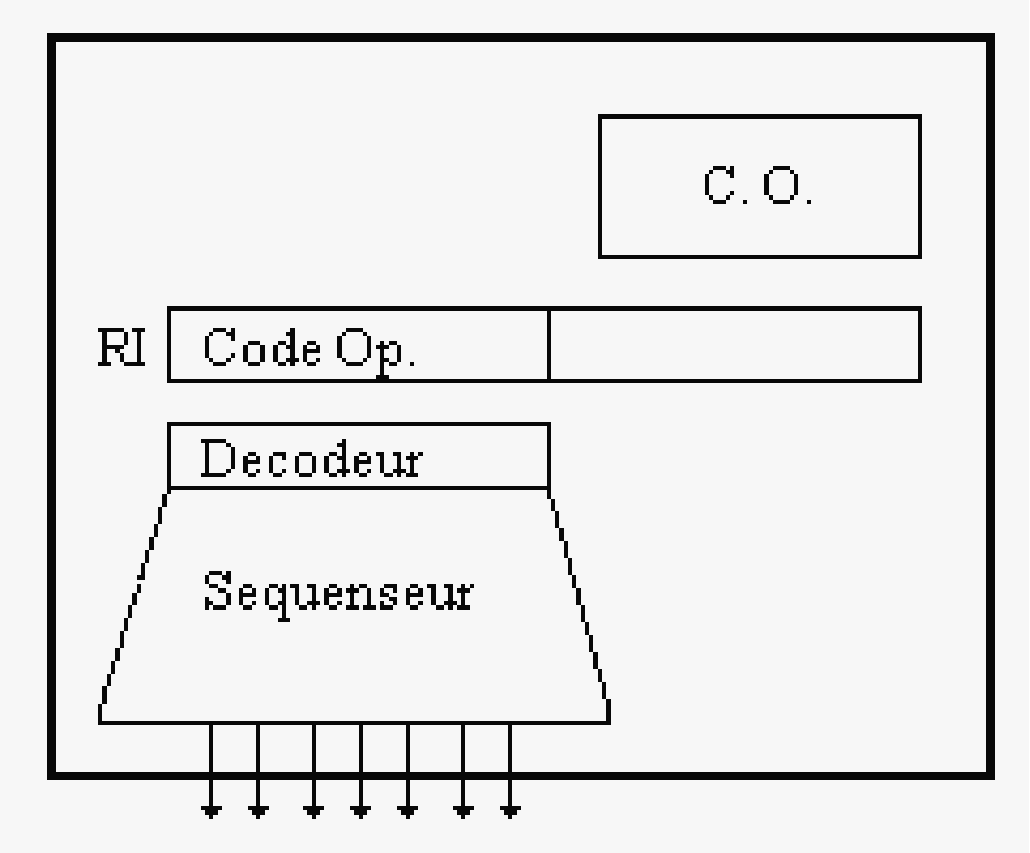
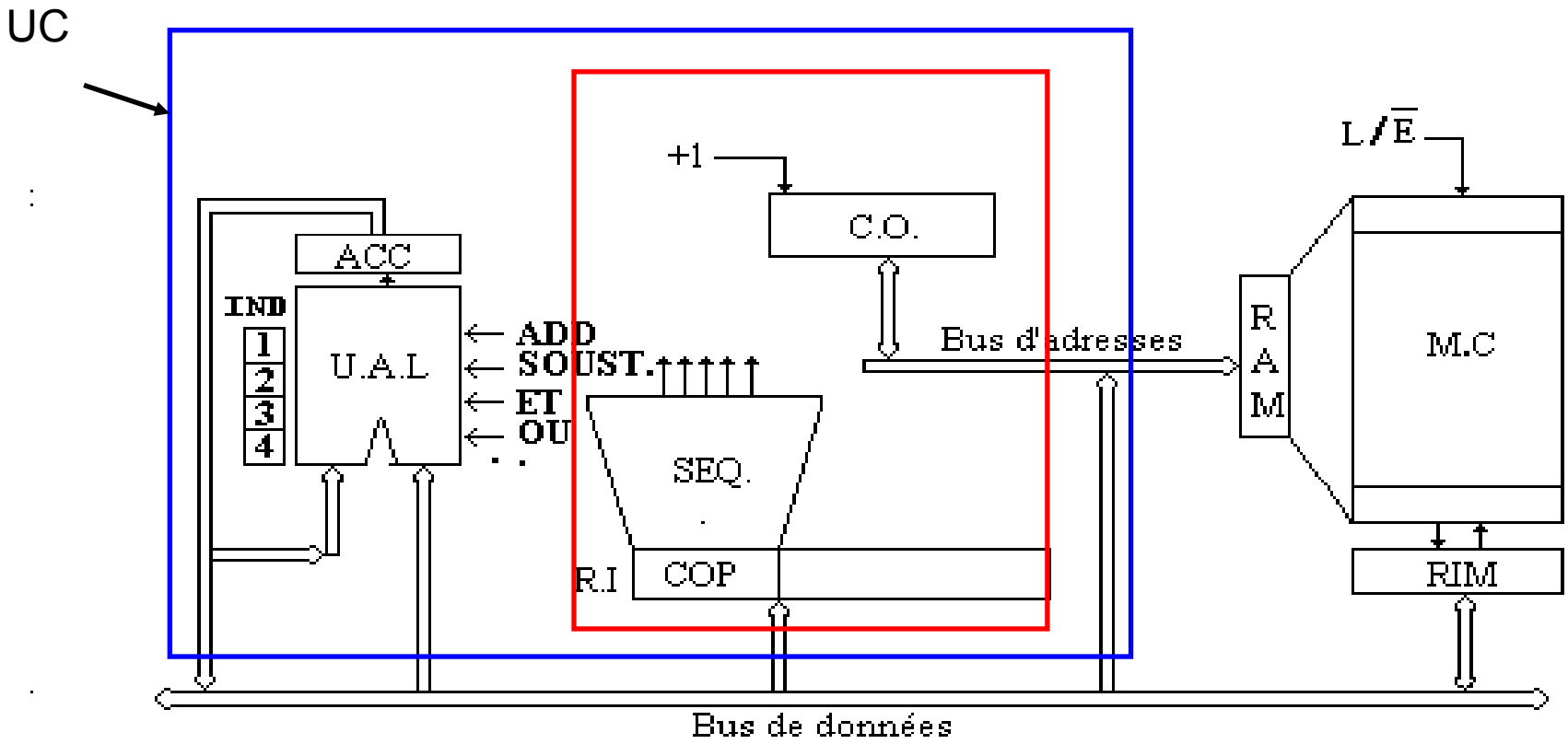


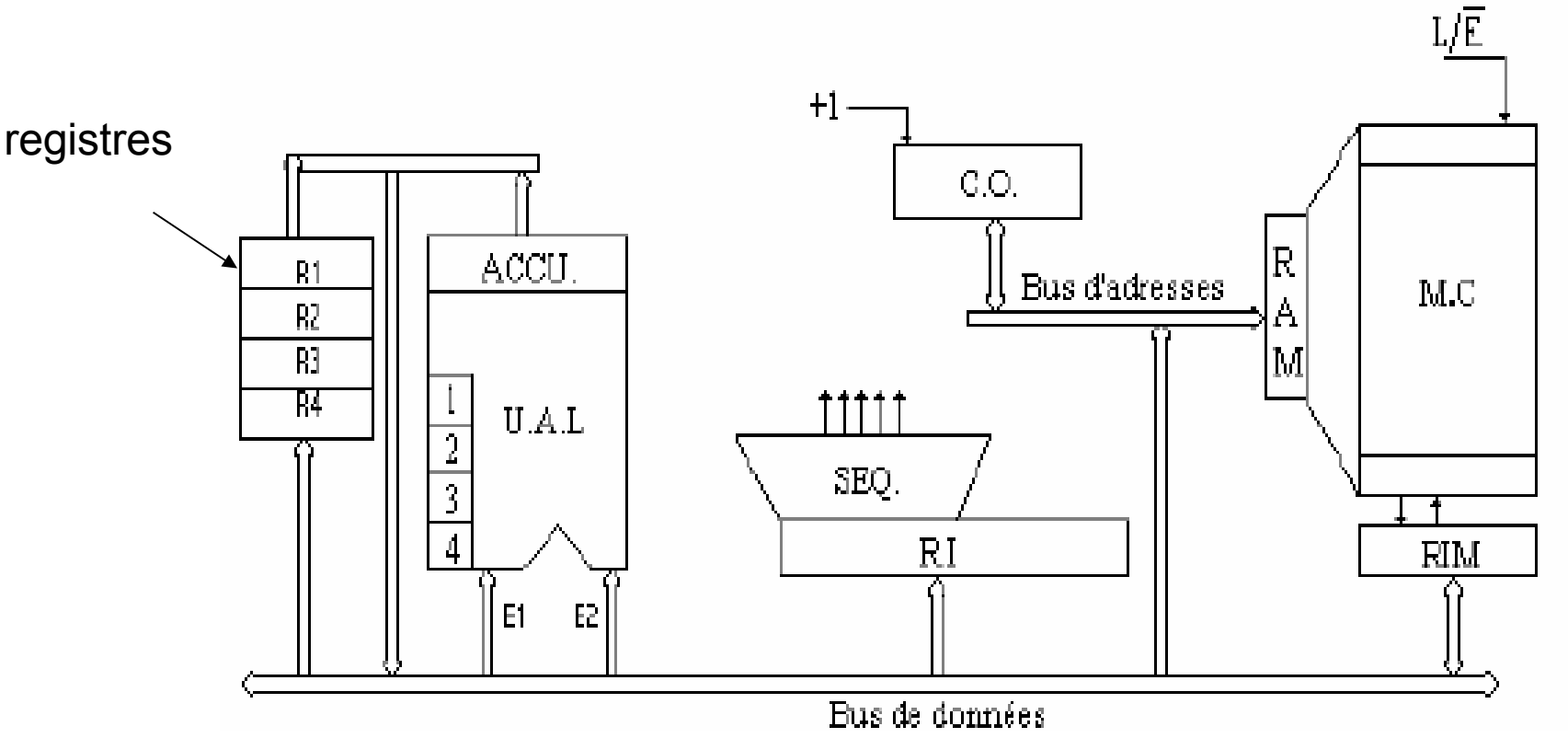
Schéma détaillé d'une machine



Remarque

- Le microprocesseur peut contenir d'autres registres autre que CO,RI et ACC.
- Ces registres sont considérés comme une mémoire interne (registre de travail) du microprocesseur.
- Ces registres sont plus rapide que la mémoire centrale , mais le nombre de ces registre est limité.
- Généralement ces registres sont utilisés pour sauvegarder les données avant d'exécuter une opération.
- Généralement la taille d'un registre de travail est égale à la taille d'un mot mémoire

Une machine avec des registres de travail

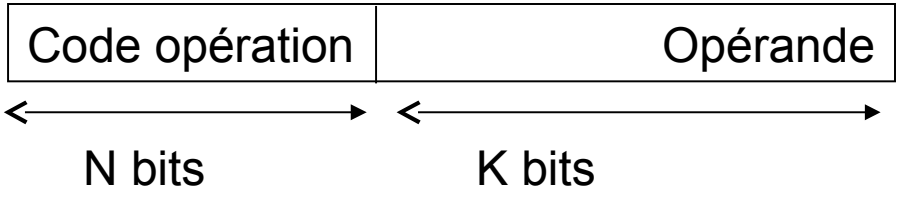


3.Jeu d'instructions

- Chaque microprocesseur possède un certain nombre limité d'instructions qu'il peut exécuter. Ces instructions s'appelles jeu d'instructions.
- Le jeu d'instructions décrit l'ensemble des opérations élémentaires que le microprocesseur peut exécuter.
- Les instructions peuvent être classifiées en 4 catégories :
  - Instruction d'affectation : elle permet de faire le transfert des données entre les registres et la mémoire
    - Écriture : registre → mémoire
    - Lecture : mémoire → registre
  - Les instructions arithmétiques et logiques (ET , OU , ADD,….)
  - Instructions de branchement (conditionnelle et inconditionnelle)
  - Instructions d'entrées sorties.

3.1 Codage d'une instruction

- Les instructions et leurs opérandes (données) sont stocké dans la mémoire.
- La taille d'une instruction (nombre de bits nécessaires pour la représenter en mémoire) dépend du type de l'instruction et du type de l'opérande.
- L'instruction est découpée en deux parties :
  - Code opération (code instruction) : un code sur N bits qui indique quelle instruction.
  - La champs opérande : qui contient la donnée ou la référence (adresse) à la donnée.



•Le format d'une instruction peut ne pas être le même pour toutes les instructions.
•Le champs opérande peut être découpé à sont tours en plusieurs champs

Machine à 3 adresses

- Dans ce type de machine pour chaque instruction il faut préciser :
  - l'adresse du premier opérande
  - du deuxième opérande
  - et l'emplacement du résultat

Code opération	Opérande1	Opérande2	Résultat

Exemple :

ADD A,B,C (C←B+C)

- Dans ce type de machine la taille de l'instruction est grand .
- Pratiquement il n'existent pas de machine de ce type.

Machine à 2 adresses

- Dans de type de machine pour chaque instruction il faut préciser :
  - l'adresse du premier opérande
  - du deuxième opérande ,
- l'adresse de résultat est implicitement l'adresse du deuxième opérande .

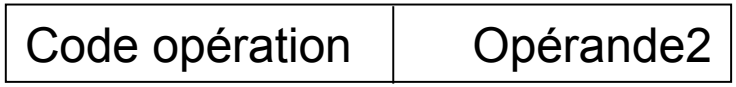
Code opération	Opérande1	Opérande2

Exemple :

ADD A,B (B←A +B)

Machine à 1 adresses

- Dans de type de machine pour chaque instruction il faut préciser uniquement l'adresse du deuxième opérande.
- Le premier opérande existe dans le registre accumulateur.
- Le résultat est mis dans le registre accumulateur.



Exemple :

ADD A (ACC←(ACC) + A)

Ce type de machine est le plus utilisé.

4. Mode d'adressage

- La champs opérande contient la donnée ou la référence (adresse) à la donnée.
- Le mode d'adressage définit la manière dont le microprocesseur va accéder à l'opérande.
- Le code opération de l'instruction comportent un ensemble de bits pour indiquer le mode d'adressage.

- Les modes d'adressage les plus utilités sont :
  - Immédiat
  - Direct
  - Indirect
  - Indexé
  - relatif

4.1 Adressage immédiat

- L'opérande existent dans le champs adresse de l'instruction

Code opération	Opérande

Exemple :
ADD 150

ADD	150

Cette commande va avoir l'effet suivant : ACC←(ACC)+ 150

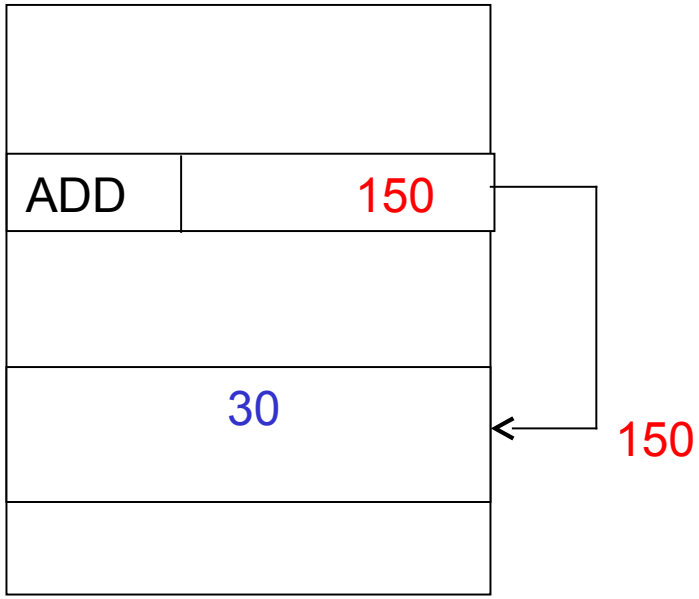
Si le registre accumulateur contient la valeur 200 alors
après l'exécution son contenu sera égale à 350

4.2 Adressage direct

- Le champs opérande de l'instruction contient l'adresse de l'opérande (emplacement en mémoire)
- Pour réaliser l'opération il faut le récupérer (lire) l'opérande à partir de la mémoire. ACC ← (ACC)+ (ADR)

Exemple :
On suppose que l'accumulateur continent la valeur 20 .

A la fin de l'exécution nous allons avoir la valeur 50 (20 + 30)



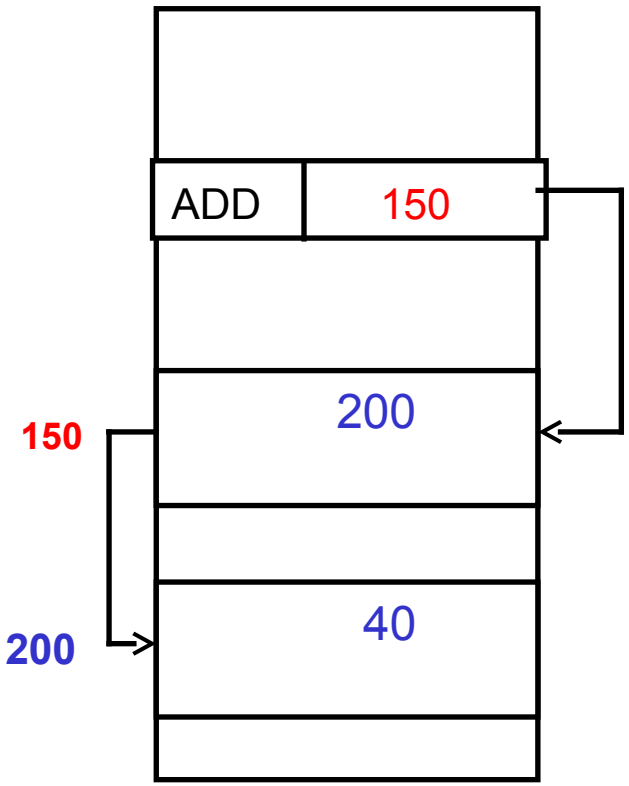
4.3 Adressage indirect

- La champs adresse contient l'adresse de l'adresse de l'opérande.
- Pour réaliser l'opération il faut :
  - Récupérer l'adresse de l'opérande à partir de la mémoire.
  - Par la suite il faut chercher l'opérande à partir de la mémoire.

ACC← (ACC)+ ((ADR))

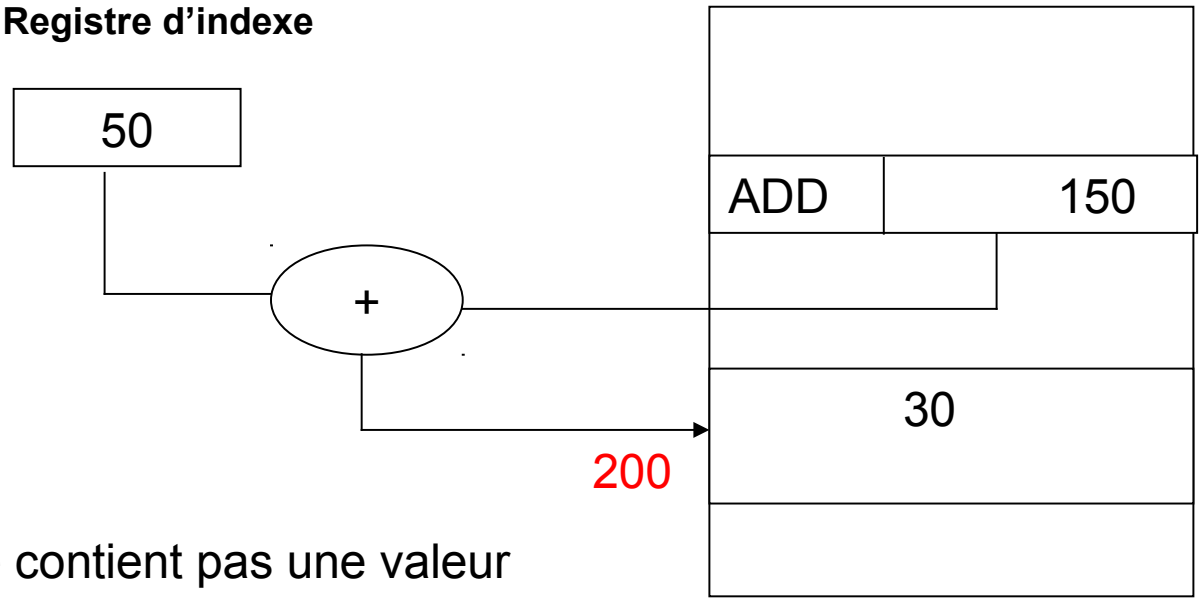
- Exemple :
- Initialement l'accumulateur contient la valeur 20
- Il faut récupérer l'adresse de l'adresse (150).
- Récupérer l'adresse de l'opérande à partir de l'adresse 150 (la valeur 200)
- Récupérer la valeur de l'opérande à partir de l'adresse 200 (**la valeur 40**)

Additionner la valeur 40 avec le contenu de l'accumulateur (20) et nous allons avoir la valeur **60**



4.4 Adressage indexé

- L'adresse effectif de l'opérande est relatif à une zone mémoire.
- L'dresse de cette zone se trouve dans un registre spécial (registre indexe).
- Adresse opérande = ADR + (X)



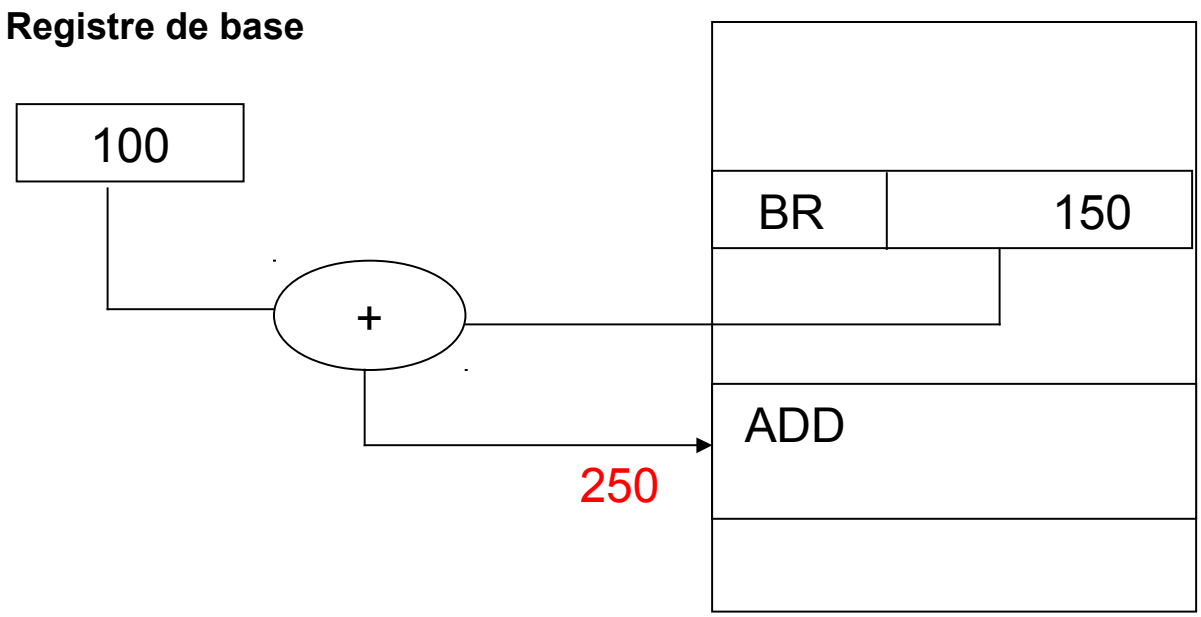
Remarque : si ADR ne contient pas une valeur immédiate alors

Adresse opérande = (ADR)+ (X)

4.5 Adressage relatif

- L'adresse effectif de l'opérande est relatif a une zone mémoire.
- L'dresse de cette zone se trouve dans un registre spécial (registre de base).
- Ce mode d'adressage est utilisée pour les instructions de branchement.

  Adresse = ADR + (base)



5. Cycle d'exécution d'une instruction

- Le traitement d'une instruction est décomposé en trois phases :
  - Phase 1 : rechercher l'instruction à traiter et décodage
  - Phase 2 : rechercher de l'opérande et exécution de l'instruction
  - Phase 3 : passer à l'instruction suivante

- Chaque phase comporte un certain nombre d'opérations élémentaires (microcommandes) exécutées dans un ordre bien précis (elle sont générées par le séquenceur).
- La phase 1 et 3 ne change pas pour l'ensemble des instructions , par contre la phase 2 change selon l'instruction et le mode d'adressage

- Exemple1 : déroulement de l'instruction d'addition en mode immédiat ACC←(ACC)+ Valeur

  - Phase 1 : (rechercher l'instruction à traiter)
    - Mettre le contenu du CO dans le registre RAM RAM← (CO)
    - Commande de lecture à partir de la mémoire
    - Transfert du contenu du RIM dans le registre RI RI← (RIM)
    - Analyse et décodage
  - Phase 2 : (traitement)
    - Transfert de l 'opérande dans l'UAL UAL ← (RI).ADR
    - Commande de l'exécution de l'opération (addition)
  - Phase 3 : (passer à l'instruction suivante)
    - CO ← (CO)+ 1

- Exemple 2 : déroulement de l'instruction d'addition en mode direct ACC←(ACC)+ (ADR)

  - Phase 1 : (rechercher l'instruction à traiter)
    - Mettre le contenu du CO dans le registre RAM RAM← (CO)
    - Commande de lecture à partir de la mémoire
    - Transfert du contenu du RIM dans le registre RI RI← (RIM)
    - Analyse et décodage
  - Phase 2 : (décodage et traitement)
    - Transfert de l'adresse de l 'opérande dans le RAM RAM← (RI).ADR
    - Commande de lecture
    - Transfert du contenu du RIM vers l'UAL UAL ←(RIM)
    - Commande de l'exécution de l'opération (addition)
  - Phase 3 : (passer à l'instruction suivante)
    - CO ← (CO)+ 1

- Exemple 3 : Déroulement de l'instruction d'addition en mode indirect
  ACC←(ACC)+ ((ADR))

  - Phase 1 : (rechercher l'instruction à traiter)
    - Mettre le contenu du CO dans le registre RAM RAM← (CO)
    - Commande de lecture à partir de la mémoire
    - Transfert du contenu du RIM dans le registre RI RI← (RIM)
    - Analyse et décodage
  - Phase 2 : (décodage et traitement)
    - Transfert de l'adresse de l 'opérande dans le RAM ← (RI).ADR
    - Commande de lecture /* récupérer l'adresse */
    - Transfert du contenu du RIM vers le RAM RAM←(RIM)
    - Commande de lecture /* récupérer l'opérande */
    - Transfert du contenu du RIM vers l'UAL UAL ← (RIM)
    - Commande de l'exécution de l'opération (addition)
  - Phase 3 : (passer à l'instruction suivante)
    - CO ← (CO)+ 1