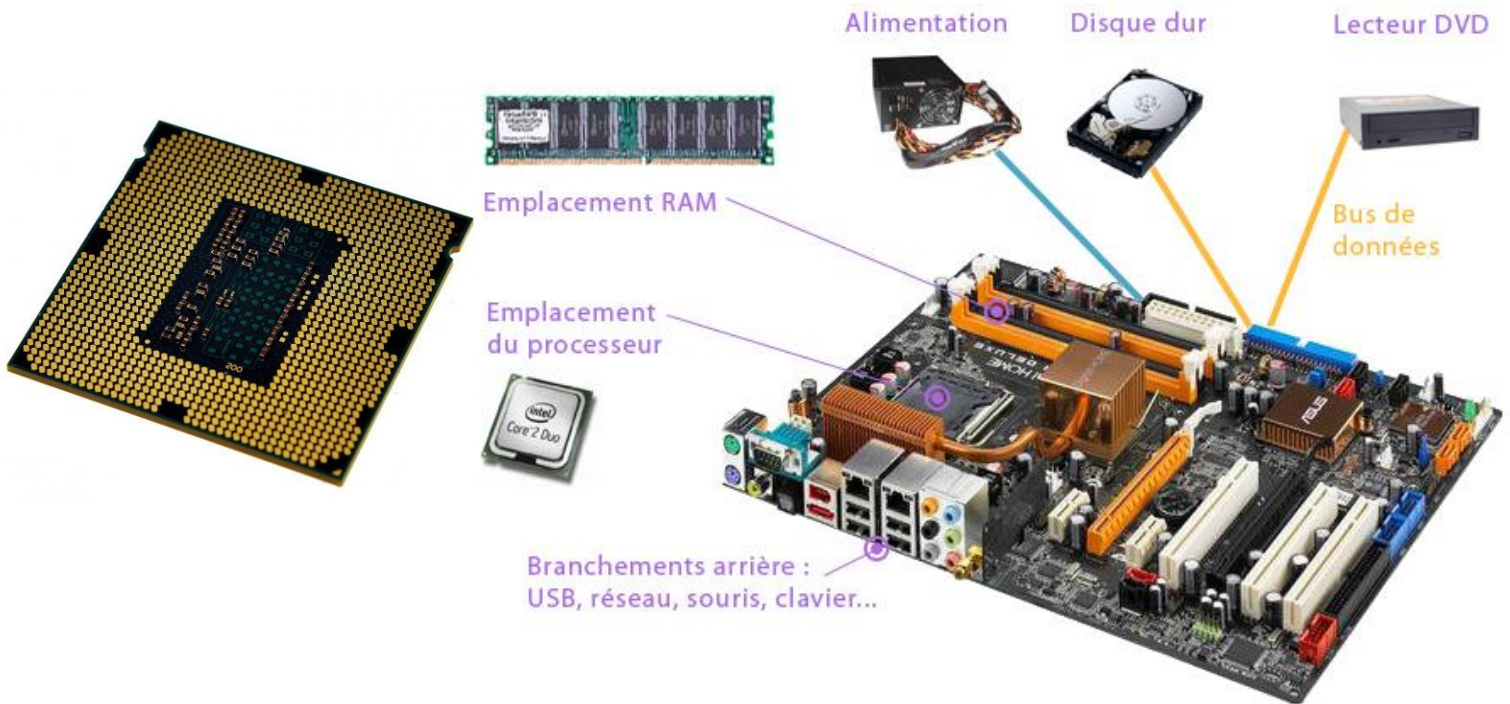




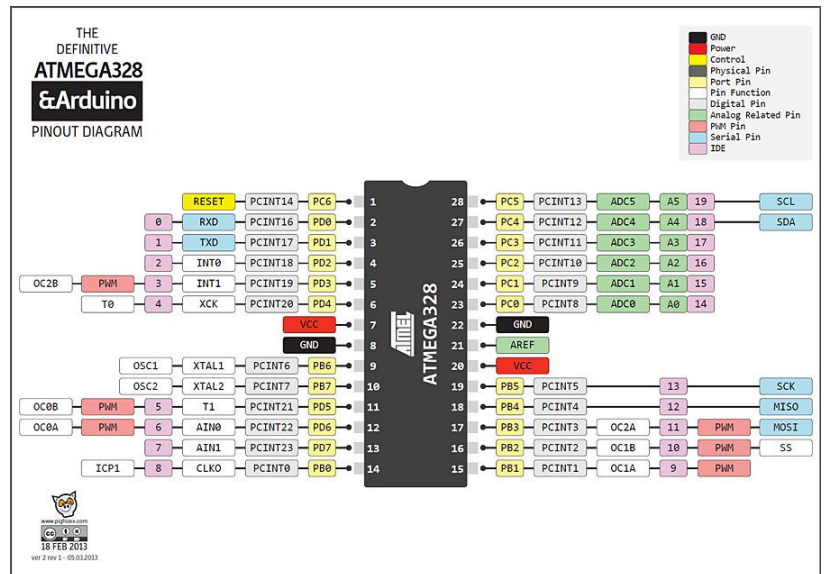
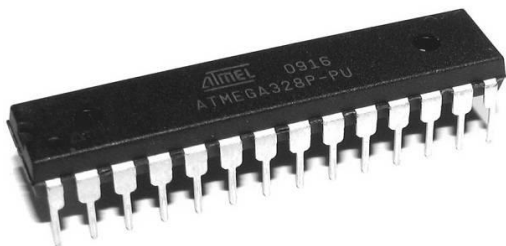
1. μP , μC , SOC et circuits spécialisés

Le développement de l'électronique numérique a conduit à l'apparition de plusieurs types de composants très puissants exploités en instrumentation :

- le **microprocesseur**, c'est un composant **généraliste**, employé préférentiellement dans les systèmes informatiques, qui nécessite quelques circuits complémentaires pour pouvoir dialoguer avec son environnement. C'est le composant de base de l'informatique, mais en instrumentation on lui préférera généralement des composants plus **spécialisés**, donc plus optimisés pour les tâches qu'on leur confiera, et donc plus performants.



- le **microcontrôleur** est plus adapté aux **applications embarquées** car il comporte sur sa puce un certain nombre d'interfaces qui n'existent pas sur un microprocesseur, par contre il est généralement moins puissant en terme de rapidité ou de taille de mémoire adressable.





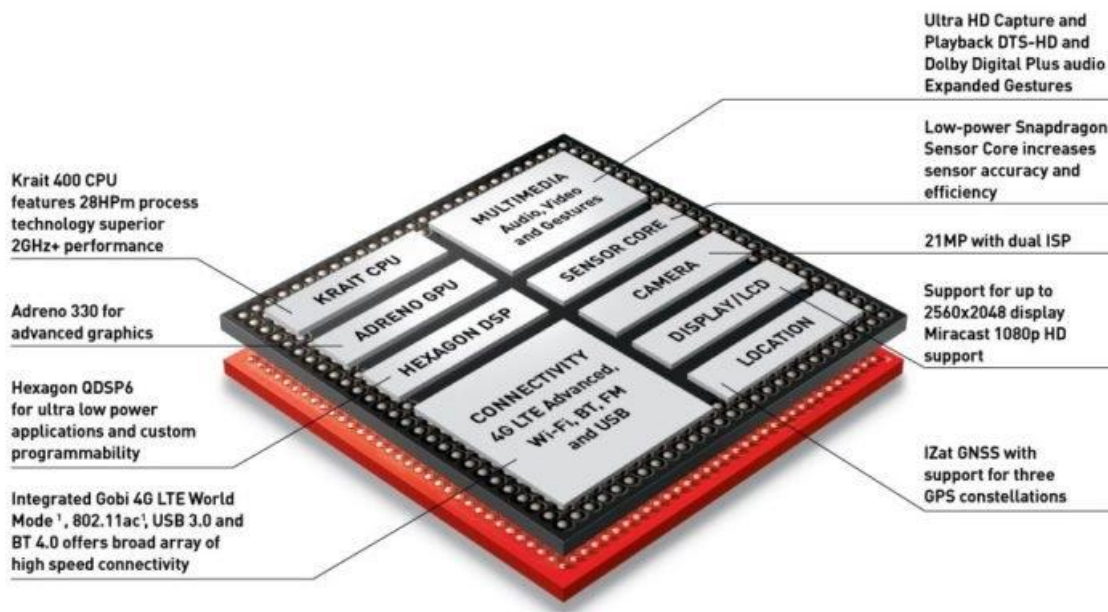
- Système on chip ou SOC « System on Chip »

Pour simplifier les coûts, les concepteurs de circuits électroniques recherchent en permanence l'intégration maximale en particulier dans l'informatique embarquée ("embedded"), l'internet des objets (*Internet of Things* ou **IoT**) ou dans les outils du quotidien (smartphones, tablettes ...)
L'objectif est d'implanter toutes les fonctions d'un système sur une seule puce. La difficulté provient alors de la diversité des technologies qui doivent cohabiter, sans interférer les unes avec les autres, sur la même puce.



Ces technologies peuvent être (liste non exhaustive) :

- Mémoires et contrôleurs de mémoire ;
- Puces graphiques ;
- Interfaces externes : USB, Serie, I2C, CAN, SPI etc ...
- Des fonctions d'électronique analogique ;
- Des fonctions d'électronique de puissance ;
- Des fonctions de communication, d'accès aux réseaux, Wi-Fi, au Bluetooth ;
- Des accès à l'IoT Internet des Objets.





- le **processeur de signal (DSP Digital Signal Processor)** est beaucoup plus **spécialisé**. Il est optimisé pour le traitement du signal, mais n'est pas prévu pour accomplir des tâches généralistes de bas niveau qu'exécutent les deux précédents..
- le **composant ASIC ou FPGA**. Ces composants sont souvent exploités complémentaires : un ASIC est très spécifique d'une application et a été spécialement développé pour celle-ci, à l'inverse le circuit FPGA dont l'utilisateur pourra le configurer pour réaliser une application spécifique. L'un comme l'autre sont, selon les cas, employés soit en complément, soit en remplacement d'un processeur. L'accroissement de taille et de performances des solutions avec FPGA de plus en plus souvent **plus économique** que la solution ASIC.

2. Organisation générale des μP et μC

2.1. Organisation générale des échanges d'informations

Chacune des architectures présente des avantages, rendant ces modèles « équivalents ».

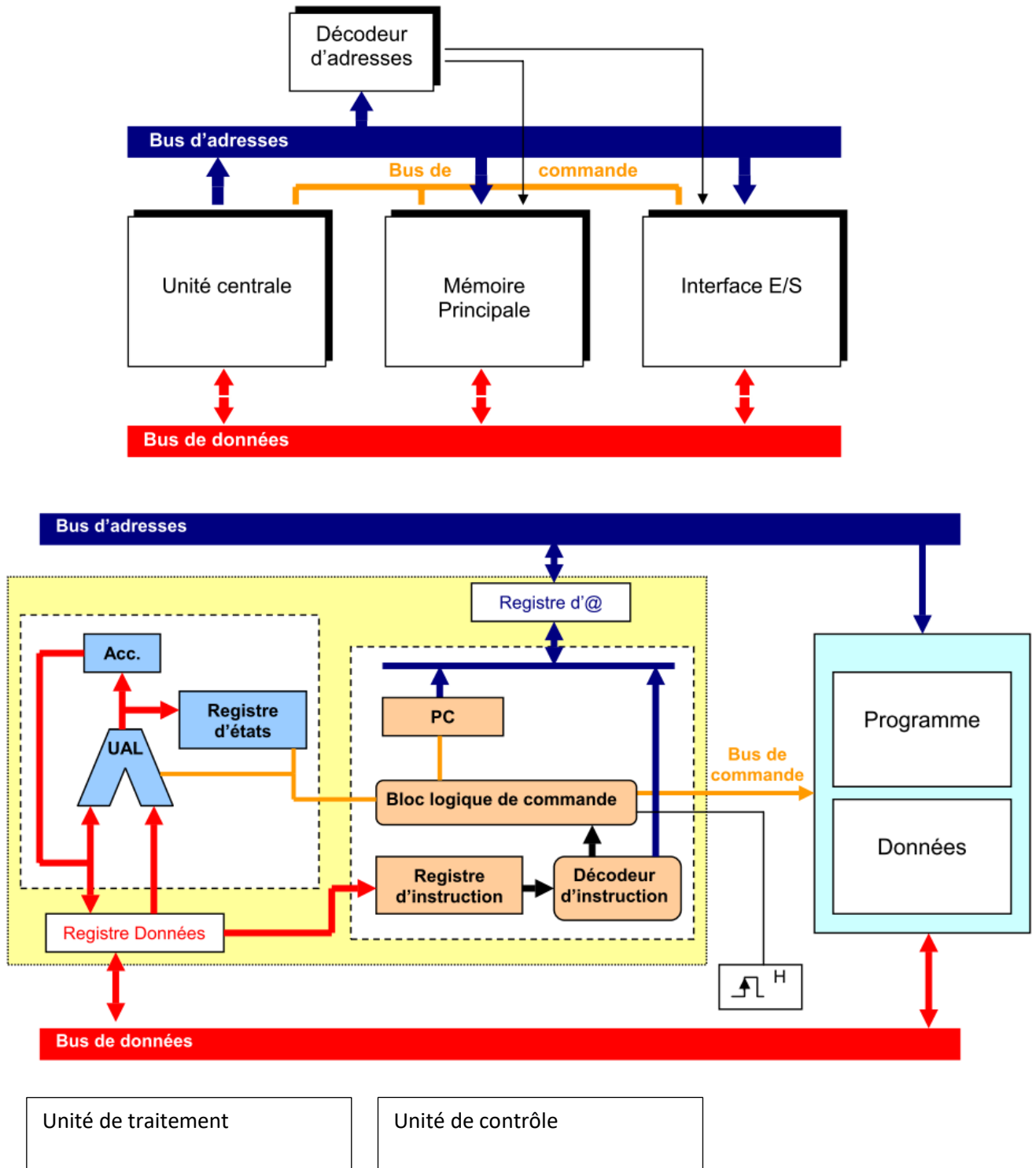
| Von Neumann | Harvard |
|--|---|
| | |
| Le modèle de (une seule mémoire physique) est plus flexible. | Le modèle (deux mémoires distinctes) offre une meilleure performance. |
| Microprocesseurs 80X86 (PCs), 8051, 68HC11 | Microcontrôleurs PICs, Atmel (ATmega328 de l'Arduino) |

| CISC (Complex Instruction Set Computer) | RISC (Reduced Instruction Set Computer) |
|--|---|
| Un grand nombre d'instructions. | Les instructions sont en nombre réduit (chargement, branchement, appel sous-programme) et elles sont fréquemment utilisées |
| <ul style="list-style-type: none"> • instructions complexes prenant plusieurs cycles • instructions au format variable • décodeur complexe (microcode) • peu de registres • toutes les instructions sont susceptibles d'accéder à la mémoire • beaucoup de modes d'adressage • compilateur simple | <ul style="list-style-type: none"> • instructions simples ne prenant qu'un seul cycle • instructions au format fixe • décodeur simple (câblé) • beaucoup de registres • seules les instructions LOAD et STORE ont accès à la mémoire • peu de modes d'adressage • compilateur complexe |



2.2. Instructions

3. Détail Architecture Von Neumann





4. Les bus

Les bus sont les voies de communication qui relient les organes du système.

- **un bus de données** : bidirectionnel qui assure le transfert des informations entre le microprocesseur et son environnement, et inversement. Son nombre de lignes est égal à la capacité de traitement du microprocesseur.
- **un bus d'adresses** : unidirectionnel qui permet la sélection des informations à traiter dans un espace mémoire (ou espace adressable) qui peut avoir 2^n emplacements, avec n = nombre de conducteurs du bus d'adresses.
- **un bus de commande** : constitué par quelques conducteurs qui assurent la synchronisation des flux d'informations sur les bus des données et des adresses.

5. Le processeur

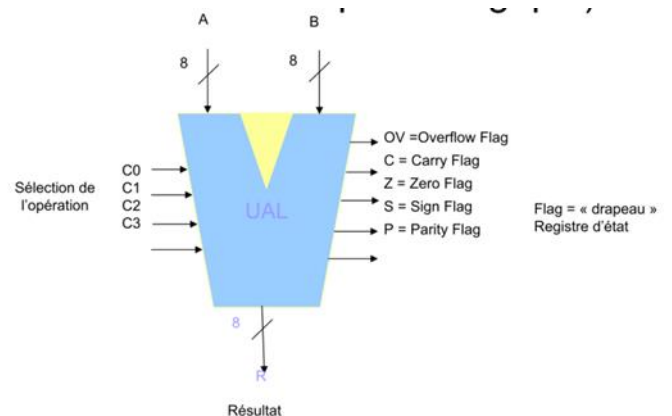
Un **microprocesseur** est un circuit intégré complexe. Il n'est pas une seule unité de calcul. Cette dernière est incluse dans le processeur mais il fait aussi appel à une unité de contrôle, une unité d'entrée-sortie, à une horloge et à des registres. Il est capable d'interpréter et d'exécuter les instructions d'un programme.

5.1. Unité de traitement

L'**Unité Arithmétique et Logique (UAL)** est un circuit complexe qui assure les fonctions logiques (ET, OU, Comparaison, Décalage, etc...) ou arithmétique (Addition, soustraction).

Le **registre d'état** est généralement composé de 8 bits à considérer individuellement. Chacun de ces bits est un indicateur dont l'état dépend du résultat de la dernière opération effectuée par l'UAL. On les appelle indicateur d'état ou flag ou drapeaux. On peut citer par exemple les indicateurs de :

- retenue (carry : C)
- retenue intermédiaire (Auxiliary-Carry : AC)
- signe (Sign : S)
- débordement (overflow : OV ou V)
- zéro (Z)
- parité (Parity : P)



Les **accumulateurs** sont des registres de travail qui servent à stocker un opérande au début d'une opération arithmétique et le résultat à la fin de l'opération.



5.2. Unité de contrôle

L'unité de commande : séquence le déroulement des instructions. Elle effectue la recherche en mémoire de l'instruction. Comme chaque instruction est codée sous forme binaire, elle en assure le décodage pour enfin réaliser son exécution puis effectue la préparation de l'instruction suivante. Pour cela, elle est composée par :

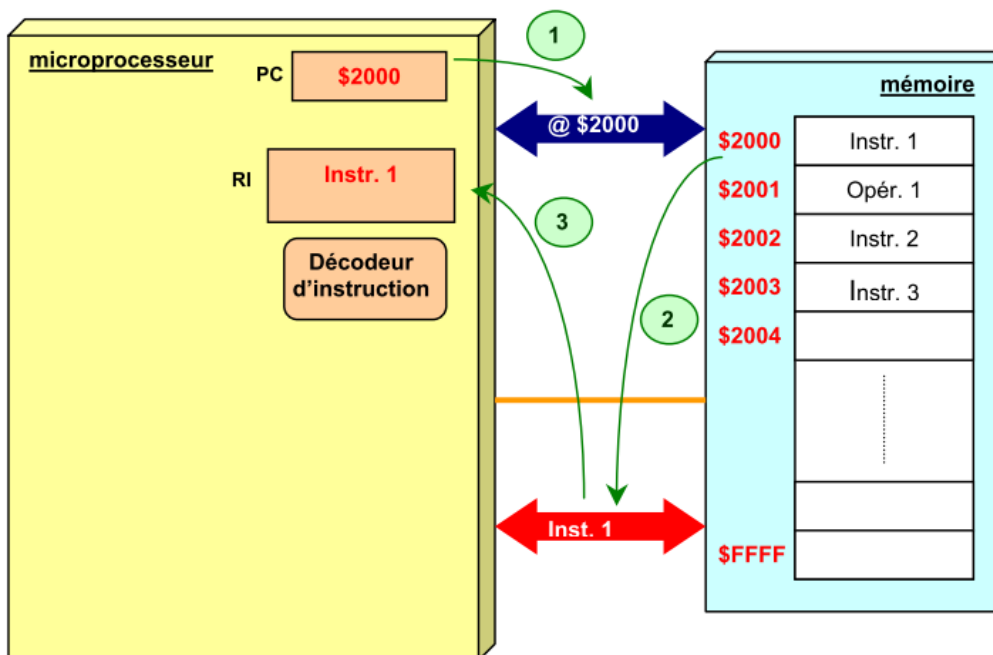
Le compteur de programme (PC) ou IP (instruction pointer) constitué par un registre dont le contenu est initialisé avec l'adresse de la première instruction du programme. Il contient toujours l'adresse de l'instruction à exécuter ou prochainement exécutée (cela dépend de l'architecture) .

Le registre d'instruction et le décodeur d'instruction (RI) : chacune des instructions à exécuter est rangée dans le registre instruction puis est décodée par le décodeur d'instruction.

Bloc logique de commande (ou séquenceur) : Il organise l'exécution des instructions au rythme d'une horloge. Il élabore tous les signaux de synchronisation internes ou externes (bus de commande) du microprocesseur en fonction des divers signaux de commande provenant du décodeur d'instruction ou du registre d'état par exemple. Il s'agit d'un automate réalisé soit de façon câblée (obsolète), soit de façon micro-programmée, on parle alors de microprocesseur.

6. Cycle d'exécution d'une instruction https://youtu.be/RZMh7pASX_o

Phase 1 FETCH (to fetch aller chercher) : recherche de l'instruction à traiter

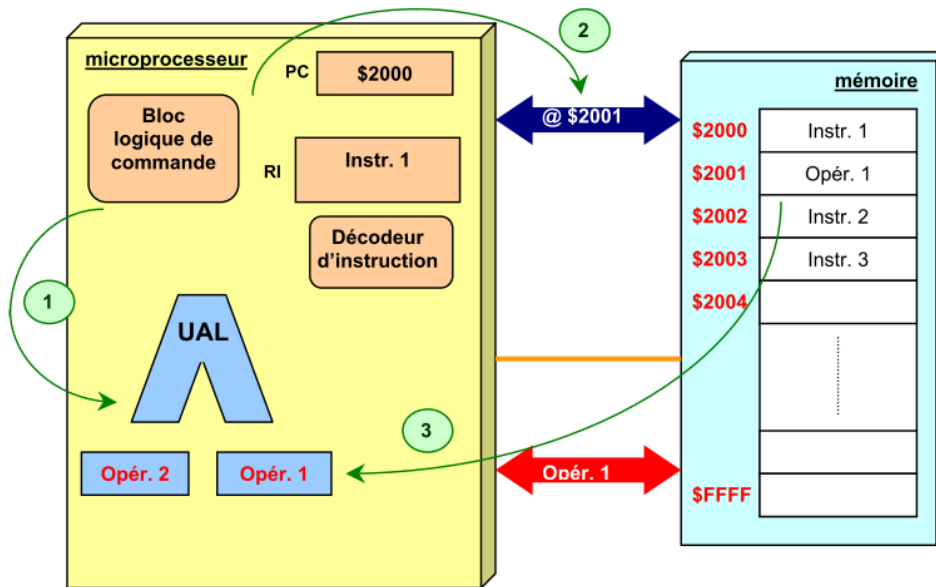


<https://youtu.be/u9WK73mCD6U>

1. Le PC contient l'adresse de l'instruction suivante du programme. Cette valeur est placée sur le bus d'adresses par l'unité de commande qui émet un ordre de lecture.
2. Au bout d'un certain temps (temps d'accès à la mémoire), le contenu de la case mémoire sélectionnée est disponible sur le bus des données.
3. L'instruction est stockée dans le registre instruction du processeur.

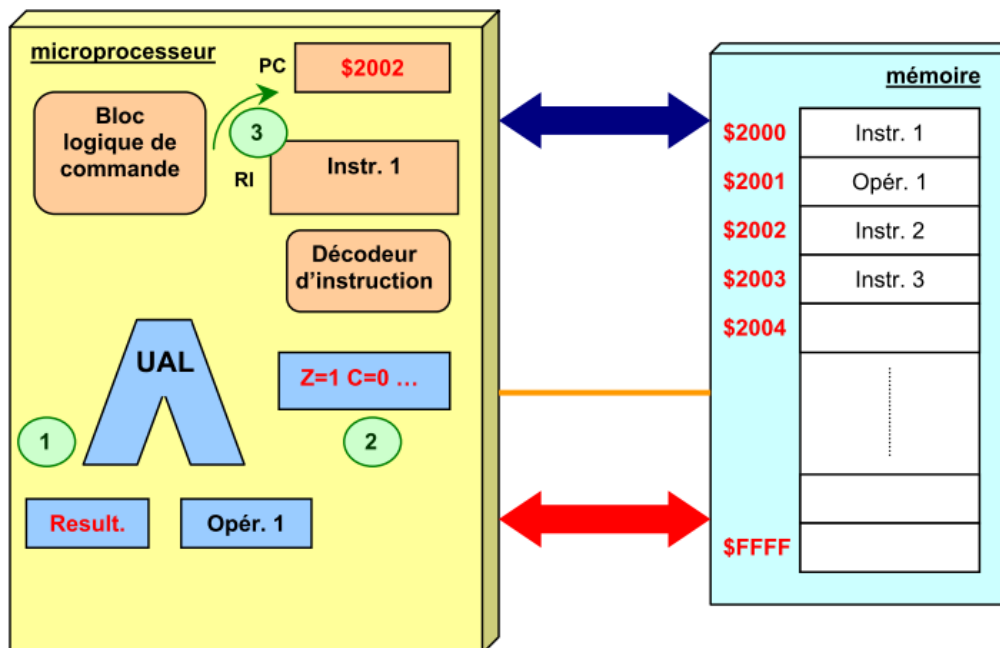


Phase 2 DECODE : Décodage de l'instruction et recherche de l'opérande



1. L'unité de commande transforme l'instruction en une suite de commandes élémentaires nécessaires au traitement de l'instruction.
2. Si l'instruction nécessite une donnée en provenance de la mémoire, l'unité de commande récupère sa valeur sur le bus de données.
3. L'opérande est stockée dans un registre.

Phase 3 EXECUTE : Exécution de l'instruction



1. Le micro-programme réalisant l'instruction est exécuté.
2. Les drapeaux sont positionnés (registre d'état).
3. L'unité de commande positionne le PC pour l'instruction suivante.



7. Jeu d'instructions

Ensemble des opérations élémentaires exécutables par le microprocesseur :

- Transfert de données pour charger ou sauver en mémoire, effectuer des transferts de registre à registre, etc...
- Opérations arithmétiques : addition, soustraction, division, multiplication
- Opérations logiques : ET, OU, NON, NAND, comparaison, test, etc...
- Contrôle de séquence : branchement, test, etc...

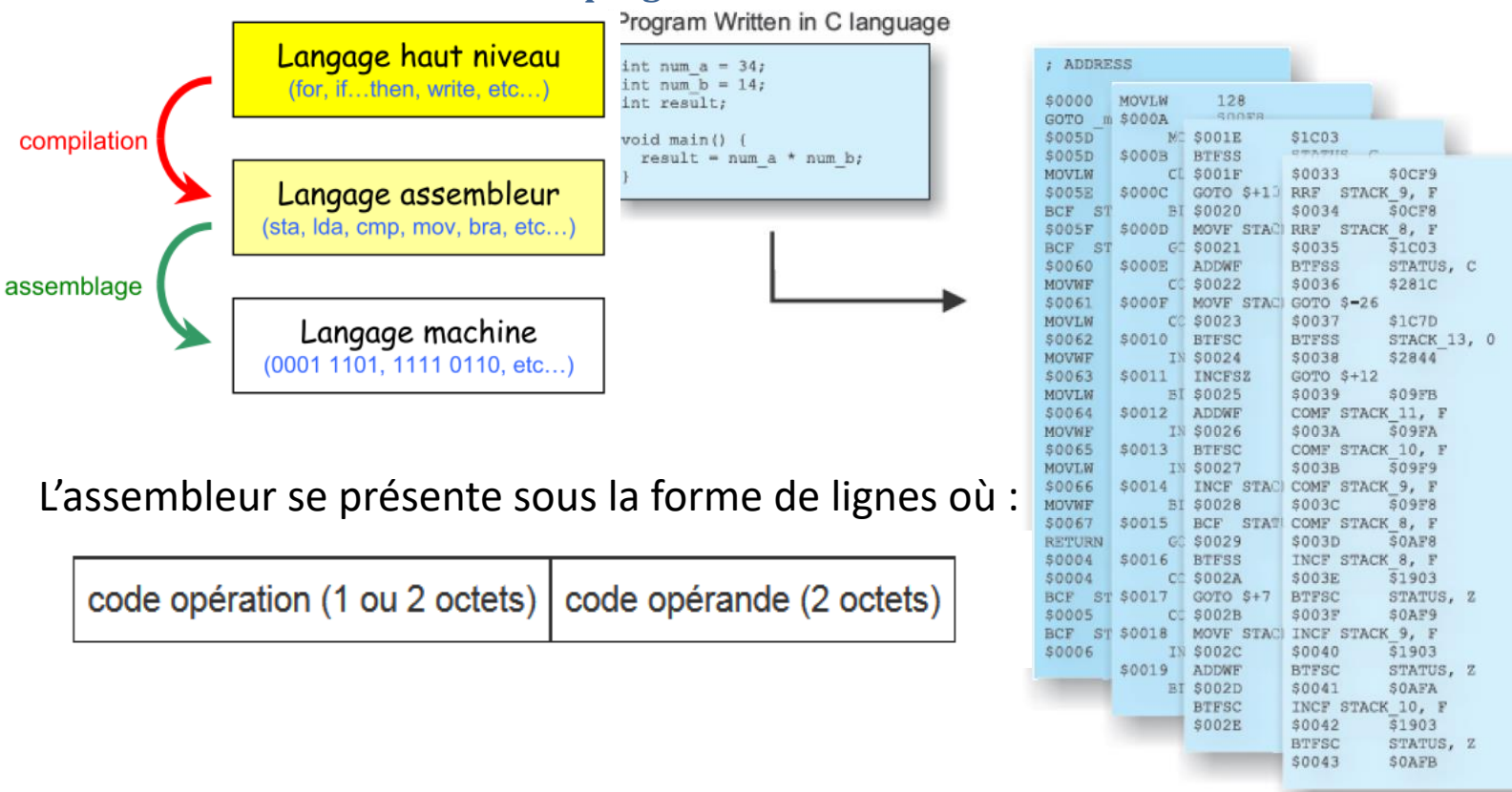
Codage des instructions ex : Instruction Addition

Accumulateur = Accumulateur + Opérande => ADD A,#2

| Instruction (16 bits) | |
|--------------------------|--------------------------|
| Code opératoire (5 bits) | Champ opérande (11 bits) |
| ADD A | #2 |
| 11001 | 000 0000 0010 |

- Cette instruction est comprise par le processeur par le mot binaire :
- 1100 1000 0000 0010 = code machine

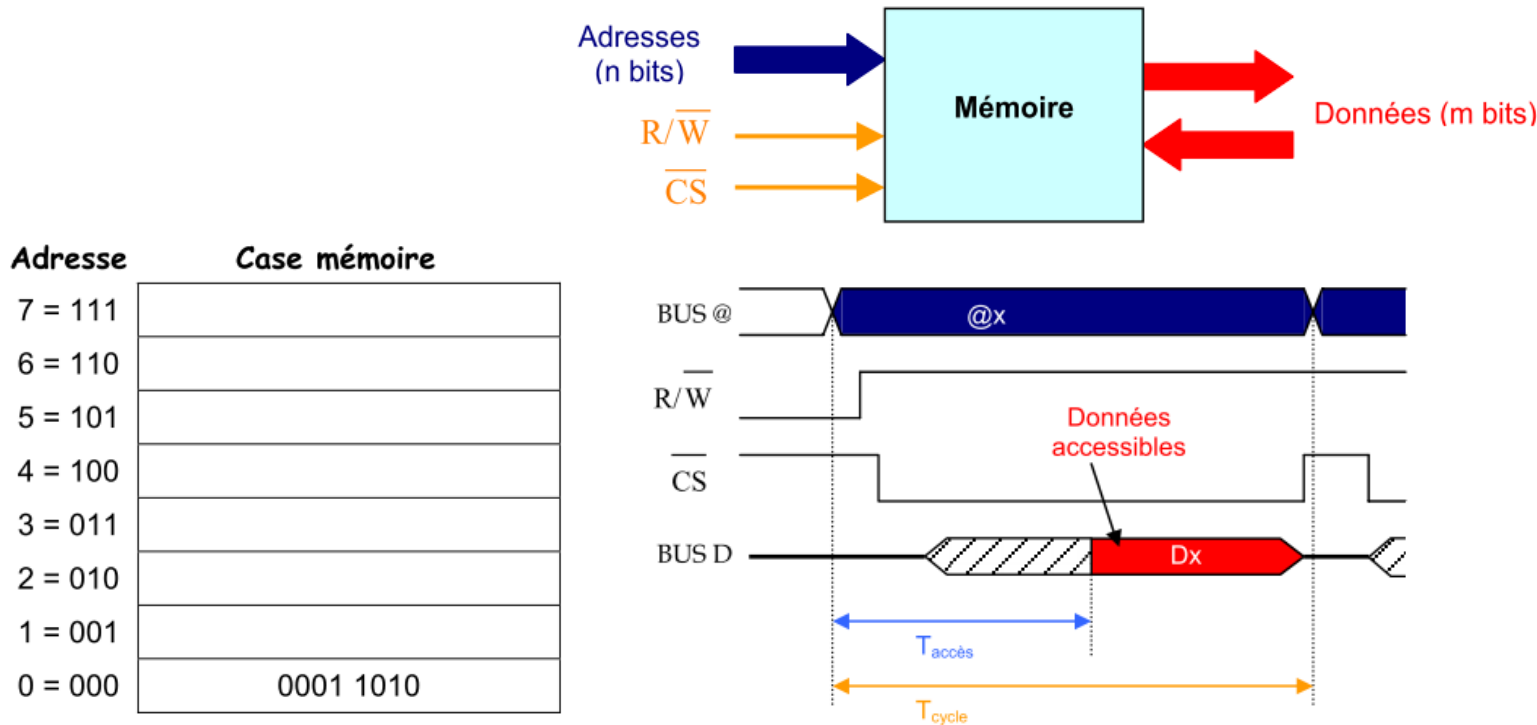
8. Différents niveaux de programmation





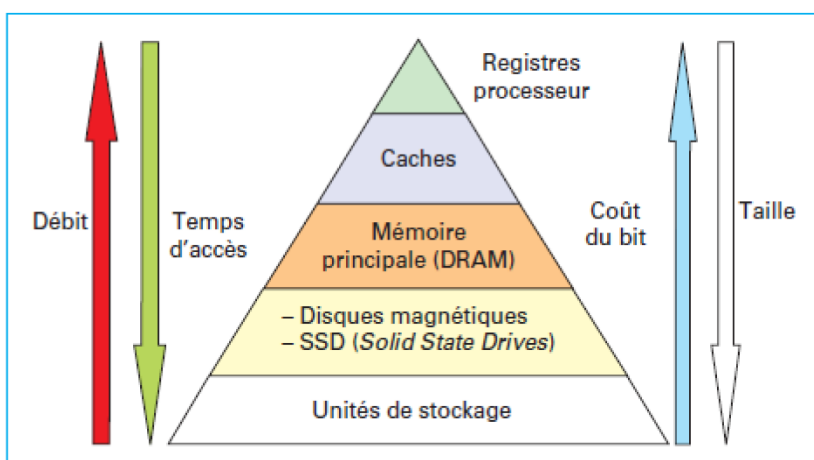
9. La mémoire

9.1. Fonctionnement



n bits permettent de référencer au plus 2^n cases mémoire.

9.2. Hiérarchie des mémoires



Critères de choix d'une mémoire

- **Sa capacité** : représentant le volume global d'informations (en bits) que la mémoire peut stocker ex 1 Go
- **Le format des données** : 8,16,32,64 bits
- **Sa latence** correspondant au temps qui sépare la demande de la donnée et le début effectif de l'opération
- **Le temps de cycle** : correspondant au temps qui sépare le début effectif de l'opération de lecture/ écriture et sa fin
- **Le temps d'accès** : latence + temps de



9.3. Différents types de mémoires

La ROM : Read Only Memory chargée de stocker le programme.

C'est une mémoire à lecture seule.

- PROM :
- UVPROM :
- EEPROM :

La RAM : Random Access Memory chargée de stocker les données intermédiaires ou les résultats de calculs.

On peut lire ou écrire des données dedans, ces données sont perdues à la mise hors tension.

- Mémoire vive statique SRAM (Static Random Access Memory)
- Mémoire vive dynamique
- DRAM, Dynamic RAM
- SDRAM (Synchronous Dynamic RAM)
- VRAM (Video RAM).
- DDR SDRAM (Double Data Rate Synchronous Dynamic RAM)

La Flash : est une mémoire de masse à semi-conducteurs réinscriptible, c'est-à-dire une mémoire possédant les caractéristiques d'une mémoire vive mais dont les données ne disparaissent pas lors d'une mise hors tension.