

Table des matières

1	Historique et évolution des ordinateurs	1
1.1	« Préhistoire » des ordinateurs	1
1.2	Machines électromécaniques	1
1.3	Machines électroniques	1
1.4	Machines actuelles	2
2	Architecture et fonctionnement d'un microprocesseur	3
2.1	Structure d'un calculateur	3
2.2	Organisation de la mémoire centrale	4
2.3	Circulation de l'information dans un calculateur	5
2.4	Description matérielle d'un microprocesseur	6
2.5	Fonctionnement d'un microprocesseur	6

Historique et évolution des ordinateurs

1.1 « Préhistoire » des ordinateurs

Les premières machines à calculer étaient purement mécaniques : bouliers, abaqués, ... (antiquité).

Première vraie machine à calculer : Pascal, 1642, machine à additionner.

Machine à multiplier : Leibniz, 1694, basée sur les travaux de John Neper (1617, logarithmes).

Première machine programmable : métier à tisser, Jacquard, XVIII^{ème} siècle, machine à cartes perforées.

Machine programmable universelle : Babbage, XVIII^{ème} siècle, non réalisable avec les technologies de l'époque (machines à vapeur), principe des machines actuelles.

1.2 Machines électromécaniques

Machine à calculer à cartes perforées : Hermann Hollerith, 1885, facilite le recensement américain.

Machines industrielles pour la comptabilité et les statistiques. Ces machines sont à base de relais électromécaniques (Aiken et Stibitz, 1936-1939).

1.3 Machines électroniques

Première machine à calculer électronique : ENIAC, 1944, Eckert et Mauchly, 18000 tubes électroniques, machine à programme câblé.

Machine à programme enregistré : John Von Neumann, 1946, les instructions sont enregistrées dans la mémoire du calculateur : ordinateur.

Premier ordinateur commercialisé : SSEC d'IBM, 1948.

Ordinateur à transistors : 1963, PDP5 de Digital Equipment Corporation (DEC), introduction des mémoires à ferrites : mini-ordinateurs.

Micro-ordinateurs : 1969-70, utilisation des circuits intégrés LSI.

Premier microprocesseur : Intel, 1971, microprocesseur 4004, puis 8008, premier micro-ordinateur : le Micral, 1973, France, puis l'Altair, 1975, Etats-Unis.

Autres microprocesseurs : 8080 et 8085 d'Intel, 6800 de Motorola, Z80 de Zilog : microprocesseurs 8 bits, début des années 1980.

Microprocesseurs 16 bits : 8086/8088 d'Intel, 68000 de Motorola.

Microprocesseurs 32 bits en 1986 : 80386 d'Intel et 68020 de Motorola.

Fabrication en grandes séries des micro-ordinateurs : 1977, Apple, Commodore, Tandy. IBM PC + MS-DOS (Microsoft) en 1981.

1.4 Machines actuelles

Ordinateurs de plus en plus puissants, basés sur des microprocesseurs performants : Pentium, Power PC, ...

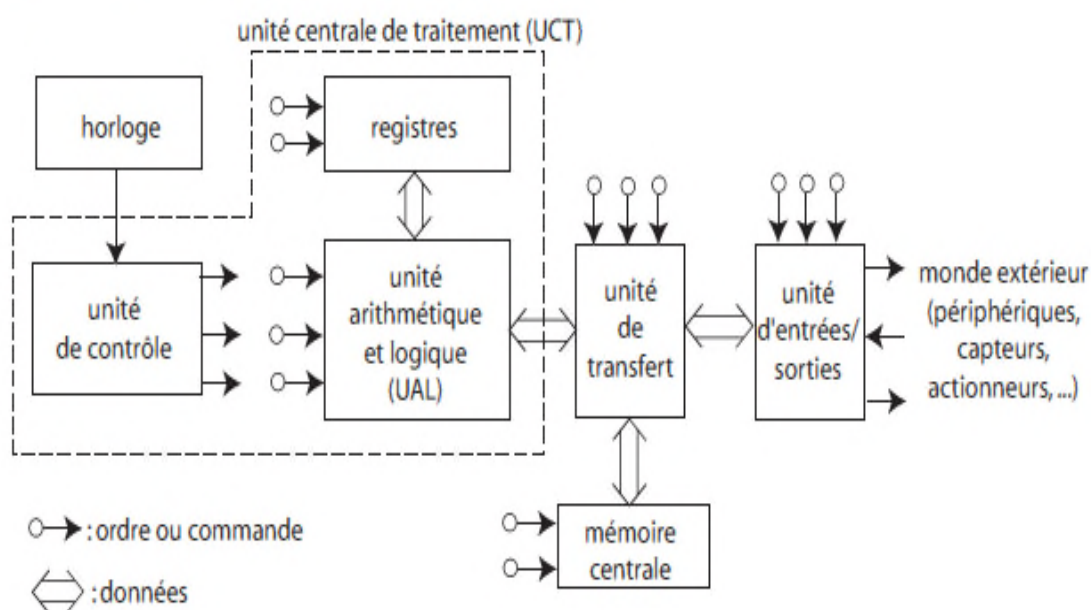
Nouvelles architectures de microprocesseurs : RISC.

Applications multimédia, réseaux, ...

Systèmes embarqués : microcontrôleurs, processeurs de traitement de signal (DSP), ...

Architecture et fonctionnement d'un microprocesseur

2.1 Structure d'un ordinateur



L'élément de base d'un ordinateur est constitué par l'**unité centrale de traitement** (UCT, CPU : Central Processing Unit). L'UCT est constituée :

- d'une **unité arithmétique et logique** (UAL, ALU : Arithmetic and Logic Unit) : c'est l'organe de calcul du ordinateur ;
- de **registres** : zones de stockage des données de travail de l'UAL (opérandes, résultats intermédiaires) ;
- d'une **unité de contrôle** (UC, CU : Control Unit) : elle envoie les ordres (ou commandes) à tous les autres éléments du ordinateur afin d'exécuter un **programme**.

La **mémoire centrale** contient :

- le programme à exécuter : suite d'instructions élémentaires ;
- les données à traiter.

L'**unité d'entrées/sorties (E/S)** est un intermédiaire entre le calculateur et le monde extérieur.

L'**unité de transfert** est le support matériel de la circulation des données.

Les échanges d'ordres et de données dans le calculateur sont synchronisés par une **horloge** qui délivre des impulsions (signal d'horloge) à des intervalles de temps fixes.

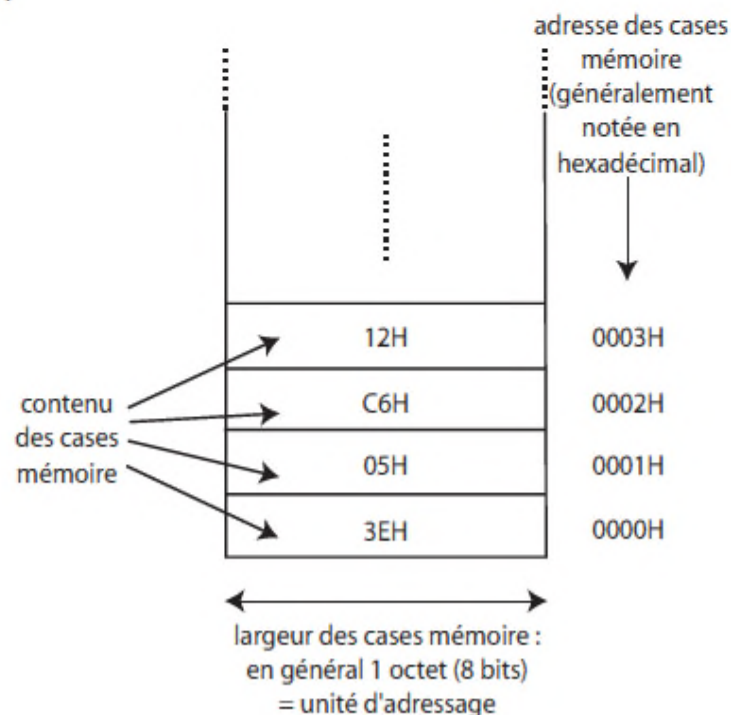
Définition : un microprocesseur consiste en une unité centrale de traitement (UAL + registres + unité de contrôle) entièrement contenue dans **un seul circuit intégré**. Un calculateur construit autour d'un microprocesseur est un **microcalculateur** ou un **micro-ordinateur**.

Remarque : un circuit intégré qui inclut une UCT, de la mémoire et des périphériques est un **microcontrôleur**.

2.2 Organisation de la mémoire centrale

La mémoire peut être vue comme un ensemble de **cellules** ou **cases** contenant chacune une information : une instruction ou une donnée. Chaque case mémoire est repérée par un numéro d'ordre unique : son **adresse**.

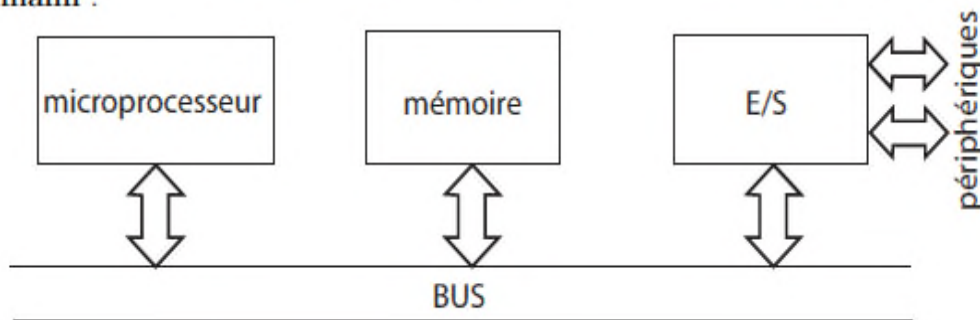
Représentation :



Une case mémoire peut être lue ou écrite par le microprocesseur (cas des **mémoires vives**) ou bien seulement lue (cas des **mémoires mortes**).

2.3 Circulation de l'information dans un ordinateur

La réalisation matérielle des ordinateurs est généralement basée sur l'architecture de **Von Neumann** :

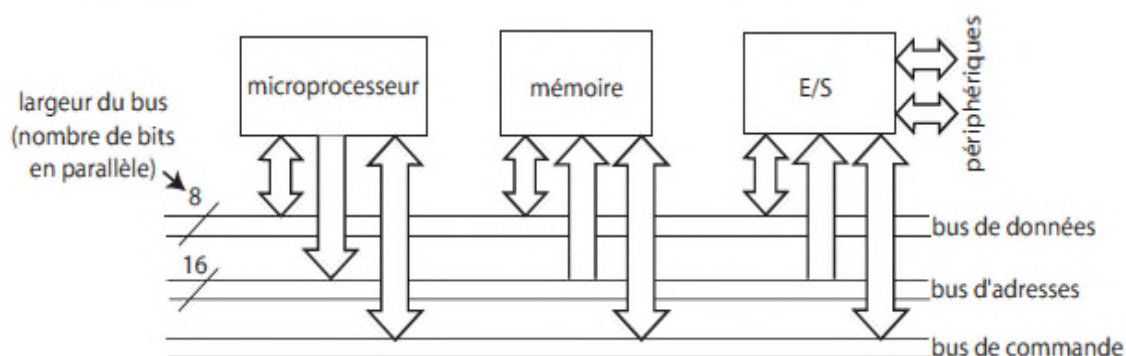


Le microprocesseur échange des informations avec la mémoire et l'unité d'E/S, sous forme de mots binaires, au moyen d'un ensemble de connexions appelé **bus**. Un bus permet de transférer des données sous forme **parallèle**, c'est-à-dire en faisant circuler n bits simultanément.

Les microprocesseurs peuvent être classés selon la longueur maximale des mots binaires qu'ils peuvent échanger avec la mémoire et les E/S : microprocesseurs 8 bits, 16 bits, 32 bits, ...

Le bus peut être décomposé en trois bus distincts :

- le **bus d'adresses** permet au microprocesseur de spécifier l'adresse de la case mémoire à lire ou à écrire ;
- le **bus de données** permet les transferts entre le microprocesseur et la mémoire ou les E/S ;
- le **bus de commande** transmet les ordres de lecture et d'écriture de la mémoire et des E/S.



Remarque : les bus de données et de commande sont **bidirectionnels**, le bus d'adresse est **unidirectionnel** : seul le microprocesseur peut délivrer des adresses (il existe une dérogation pour les circuits d'accès direct à la mémoire, DMA).

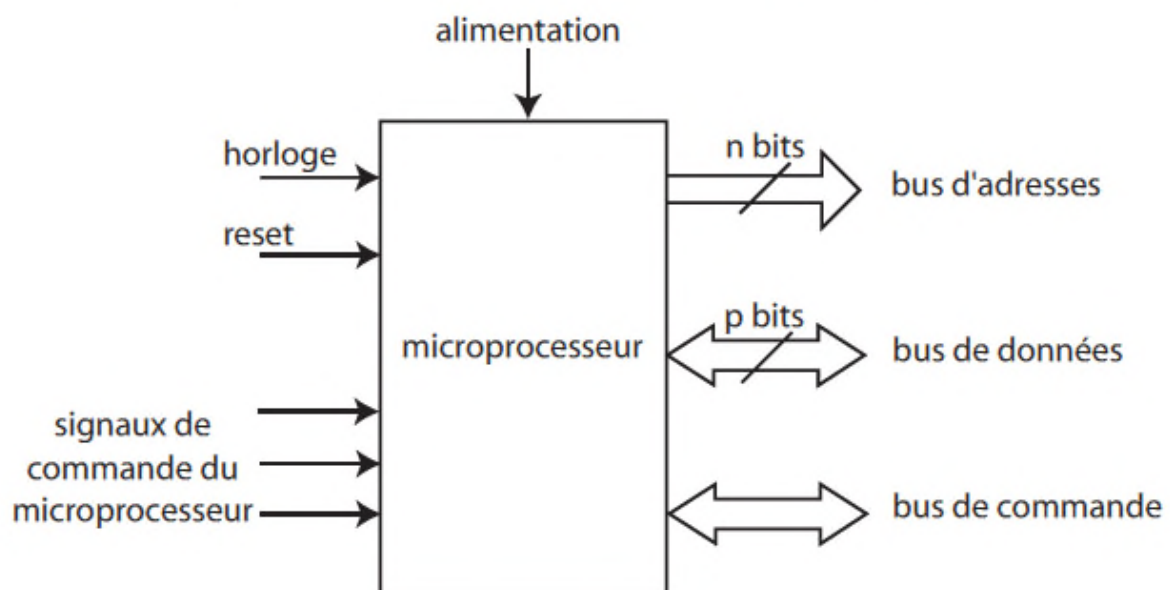
2.4 Description matérielle d'un microprocesseur

Un microprocesseur se présente sous la forme d'un circuit intégré muni d'un nombre généralement important de broches. Exemples :

- Intel 8085, 8086, Zilog Z80 : 40 broches, DIP (Dual In-line Package) ;
- Motorola 68000 : 64 broches, DIP ;
- Intel 80386 : 196 broches, PGA (Pin Grid Array).

Technologies de fabrication : NMOS, PMOS, CMOS.

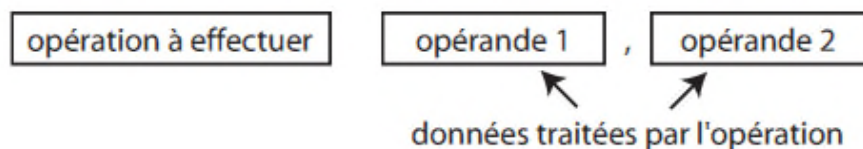
On peut représenter un microprocesseur par son **schéma fonctionnel** :



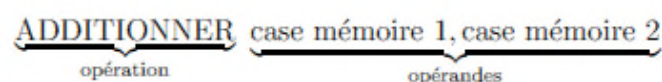
2.5 Fonctionnement d'un microprocesseur

Un microprocesseur exécute un **programme**. Le programme est une suite d'instructions stockées dans la mémoire. Une instruction peut être codée sur **un ou plusieurs octets**.

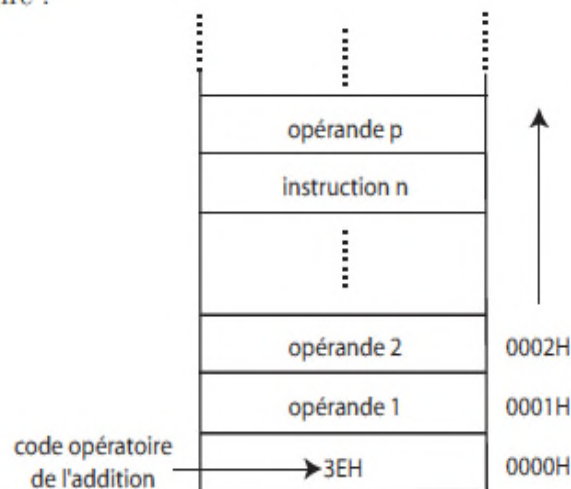
Format d'une instruction :



Exemple :

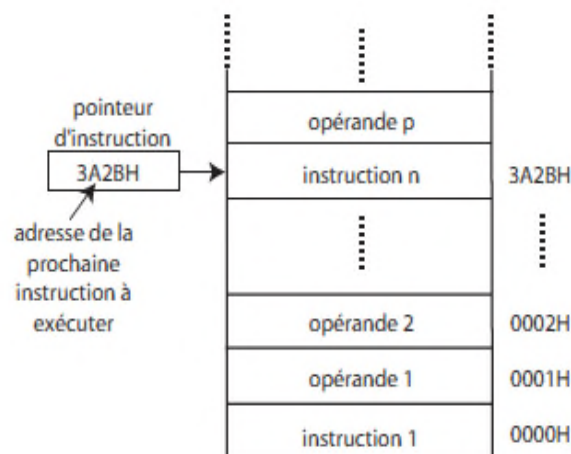


Rangement en mémoire :



Pour exécuter les instructions dans l'ordre établi par le programme, le microprocesseur doit savoir à chaque instant l'adresse de la prochaine instruction à exécuter. Le microprocesseur utilise un registre contenant cette information. Ce registre est appelé **pointeur d'instruction** (IP : Instruction Pointer) ou **compteur d'instructions** ou **compteur ordinal**.

Exemple :

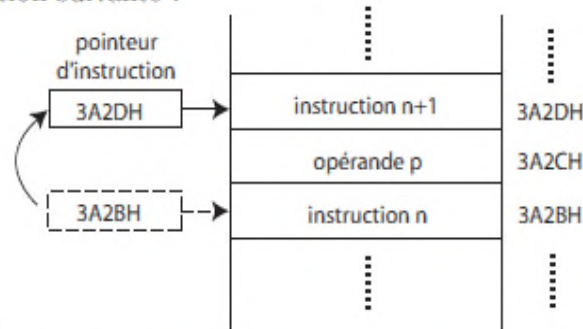


Remarque : la valeur initiale du pointeur d'instruction est fixée par le constructeur du microprocesseur. Elle vaut une valeur bien définie à chaque mise sous tension du microprocesseur ou bien lors d'une remise à zéro (reset).

Pour savoir quel type d'opération doit être exécuté (addition, soustraction, ...), le microprocesseur lit le premier octet de l'instruction pointée par le pointeur d'instruction (code opératoire) et le range dans un registre appelé **registre d'instruction**. Le code opératoire est **décodé** par des circuits de décodage contenus dans le microprocesseur. Des signaux de commande pour l'UAL sont produits en fonction de l'opération demandée qui est alors exécutée.

Remarque : pour exécuter une instruction, l'UAL utilise des **registres de travail**, exemple : l'**accumulateur**, registre temporaire recevant des données intermédiaires.

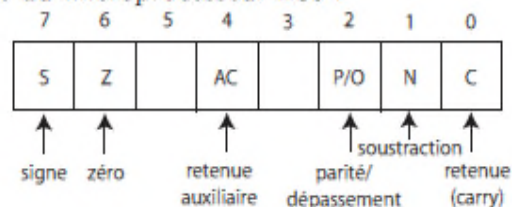
Pendant que l'instruction est décodée, le pointeur d'instruction est incrémenté de façon à pointer vers l'instruction suivante :



puis le processus de lecture et de décodage des instructions recommence.

A la suite de chaque instruction, un registre du microprocesseur est actualisé en fonction du dernier résultat : c'est le **registre d'état** du microprocesseur. Chacun des bits du registre d'état est un **indicateur d'état** ou **flag** (drapeau).

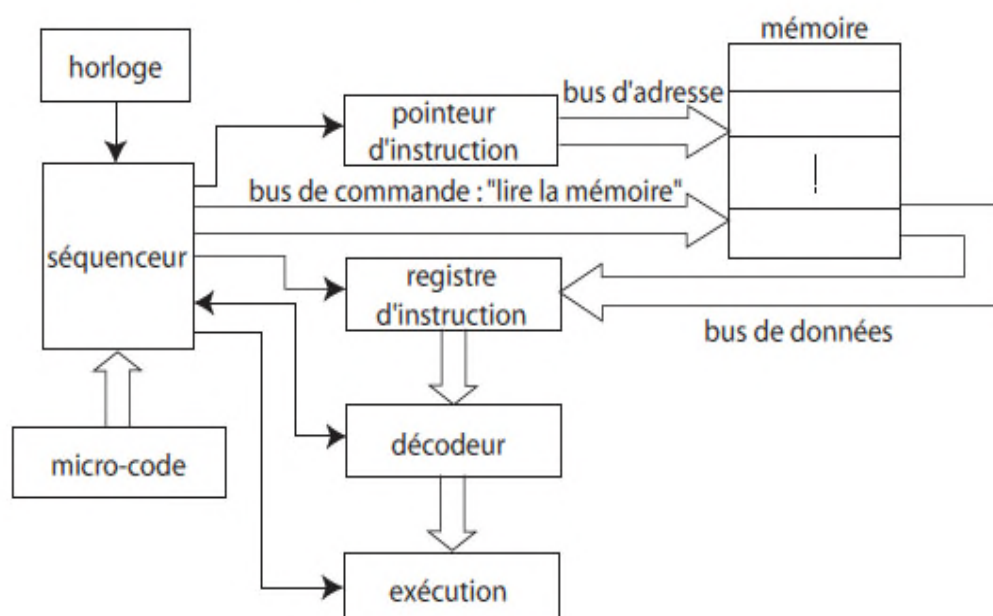
Exemple : registre d'état du microprocesseur Z80 :



Les indicateurs d'état sont activés lorsqu'une certaine condition est remplie, exemple : le flag Z est mis à 1 lorsque la dernière opération a donné un résultat nul, le flag C est mis à un lorsque le résultat d'une addition possède une retenue, ...

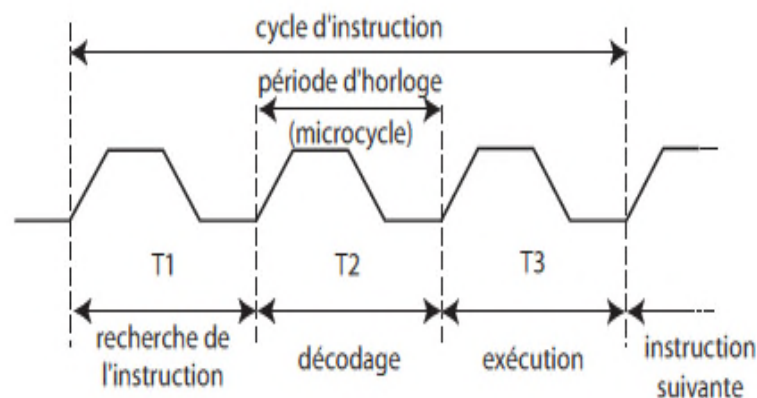
Les indicateurs d'état sont utilisés par les instructions de **saut conditionnels** : en fonction de l'état d'un (ou plusieurs) flags, le programme se poursuit de manière différente.

Toutes ces étapes (lecture de l'instruction, décodage, exécution) sont synchronisées par un séquenceur qui assure le bon déroulement des opérations :



Pour exécuter le programme contenu dans la mémoire centrale, le séquenceur du microprocesseur exécute lui-même un programme appelé **micro-code**, contenu dans une mémoire morte à l'intérieur du microprocesseur.

Le séquenceur est dirigé par une horloge qui délivre un signal de fréquence donnée permettant d'enchaîner les différentes étapes de l'exécution d'une instruction :



Chaque instruction est caractérisée par le nombre de périodes d'horloge (ou microcycles) qu'elle utilise (donnée fournie par le fabricant du microprocesseur).

Exemple : horloge à 5 MHz, période $T = 1/f = 0,2 \mu\text{s}$. Si l'instruction s'exécute en 3 microcycles, la durée d'exécution de l'instruction est : $3 \times 0,2 = 0,6 \mu\text{s}$.

L'horloge est constituée par un oscillateur à quartz dont les circuits peuvent être internes ou externes au microprocesseur.

Structure complète d'un microprocesseur simple : pour fonctionner, un microprocesseur nécessite donc au minimum les éléments suivants :

