

Avant-propos

Le présent support para-pédagogique a été conçu conformément au plan d'études de la matière "Architecture et Maintenance des Systèmes Mico-Informatiques" de la filière informatique enseignée dans les Instituts Supérieurs de Etudes Technologiques (ISETs).

Il est le fruit de onze années d'enseignement dans l'ISET de Sfax et de Radés.

Il comprend six chapitres, composé chacun de trois parties :

La première traite les concepts théoriques que le chapitre propose.

La deuxième qui s'appelle "En pratique" met l'accent sur les aspects pratiques pour faire le lien entre les concepts théorique et leurs équivalents pratique.

Quant à la troisième partie, elle propose un ensemble d'exercices et problèmes que l'étudiant peut exercer pour lui permettre d'évaluer son degré d'assimilation du cours.

Je tiens à remercier mes collègues Habib LAMOURI de l'ISET de Radés, Sami MAKNI de l'ISET de Kairouen et Riadh ABDELMOULEH de l'ISET de Zagouen, qui m'ont aidé à enrichir ce support. En effet nous avons travaillé ensemble pendant plusieurs jours pour faire sortir une première version de ce cours. L'objectif de cette collaboration c'est de préparer un livre sur l'architecture et la maintenance des systèmes Micro-informatiques".

J'espère que ce support vous apportera beaucoup d'aide et d'information en matière d'architecture et maintenance des systèmes Micro-informatiques". Je vous serai bien reconnaissant de nous faire part de vos remarques et vos suggestions.

Habib SMEI

TABLE DES MATIERES

	Rubrique	page
	Avant-propos	01
	Table des matières	02
	Chapitre 1 : Introduction générale	03
	Chapitre 2 : Représentation des informations dans l'ordinateur	25
	Chapitre 3 : La mémoire centrale	50
	Chapitre 4 : Unité centrale de traitement	67
	Chapitre 5: Les entrées/sorties et les périphériques	94
	Bibliographie	129

Chapitre 1 : Introduction générale

Pré requis	:	Aucun
Objectifs du chapitre	:	<p>Comprendre les concepts de base de l'informatique.</p> <p>Se familiariser avec la terminologie de l'architecture des ordinateurs.</p> <p>Connaître les différentes générations d'ordinateurs et celles de l'informatique.</p>
Mots clés du chapitre	:	<p>Informatique, Traitement, Information, données, Ordinateur, Instruction, Programme, Matériel, Logiciel, Système informatique, Système d'information. Tube à vide, Transistor, Circuit intégré, Microprocesseur.</p>
Éléments de contenu	:	<ol style="list-style-type: none"> 1.Introduction 2.Concepts et définitions de l'informatique et de l'architecture des ordinateurs <ol style="list-style-type: none"> 2.1.L'informatique de l'information à son traitement 2.2.L'ordinateur et son architecture 2.3.De l'instruction au programme 2.4.Système informatique 3.Historique et évolution des ordinateurs <ol style="list-style-type: none"> 3.1.Les générations des ordinateurs : 3.2.Évolution des ordinateurs 4.Structure et fonctionnement de base d'un ordinateur <ol style="list-style-type: none"> 4.1.Structure de base d'un ordinateur 4.2.Principe de fonctionnement de l'ordinateur 5.En pratique : La carte mère et ses composantes 6.En résumé : 7.Série d'exercices

1. Introduction

L'informatique en tant que discipline, ne puise pas ses origines de l'invention de l'ordinateur en 1945, mais elle remonte jusqu'au début de la société humaine, lorsque l'homme a eu besoin de compter puis de calculer. Au cours de la préhistoire, l'être humain ne savait calculer qu'à l'aide de cailloux (en latin : « *calculus* ») ou de ses mains qui furent sans doute, les premières calculatrices de poches. On trouve des traces de symboles et de chiffres dans certaines civilisations de l'antiquité. Chinois, égyptiens, sumérien, babyloniens, grecs ou romains, tous avaient des symboles numériques et des méthodes pour compter et calculer.

Ces systèmes de numération s'inspiraient naturellement du nombre de doigts, des mains et des pieds et des articulations correspondantes d'où nous trouvons les bases 10, 12, 14, 15, 24, 30, 60...etc. la plus naturelle et la plus répandue des numérations était celle qui comptait en base 10 et elle nous est parvenue au cours des siècles.

Parallèlement à cette évolution des symboles, chiffres, calculs mentaux et manuels, on assistait au développement d'outils, de systèmes, de machines pour simplifier et accélérer les calculs nécessaires.

En effet, de nombreuses fonctionnalités se sont ajoutées, comme l'automatisation, le contrôle et la commande de pratiquement tout processus, la communication, le partage de l'information, etc. Dans notre société actuelle, l'informatique est omniprésente. Après avoir été un outil réservé aux centres de recherche, elle s'est implantée dans l'industrie et depuis une dizaine d'années elle envahit nos foyers. Au départ nous n'avions que des systèmes centraux, puis sont apparus les postes de travail individuels, très rapidement reliés en réseaux (locaux). Tous, ou presque, sont maintenant connectés à la « Toile » (le réseau mondial Internet).

2. Concepts et définitions de l'informatique et de l'architecture des ordinateurs

L'informatique est devenue dans les dernières décennies, carrément, un phénomène de société. Les ordinateurs et les logiciels qui permettent leurs exploitations sont de plus en plus banalisés. Certes chacun parmi nous s'est fait une idée de l'ordinateur et de son utilisation, dans son travail ou chez lui, etc. Mais qu'elle est la limite de cette machine et de sa discipline. Qu'est elle capable d'apporter exactement à la société humaine ? De là une vision générale sur l'informatique et ses concepts s'avère nécessaire.

2.1. L'informatique de l'information à son traitement

2.1.1. L'informatique (Computer Science en anglais)

Définition : La science du **traitement** rationnel de l'**information**, considérée comme le support de connaissances dans les domaines scientifiques, économiques et sociaux, notamment à l'aide de machines **automatiques** (sans intervention de la part de l'être humain).

Remarque : *Le terme « informatique » a été employé, pour la première fois en 1962, provenant de la contraction des mots « information » et « automatique ». Il a connu rapidement un grand succès et a été adopté définitivement, dès 1966.*

2.1.2. Information et donnée

Définition : Une donnée est un ensemble de chiffres et de lettres (symboles), ou autres formes telles que graphiques, sonores, etc., qui n'a ni un sens ni une interprétation précise. Une information est une donnée qui a un sens précis.

Exemple : Dans le tableau suivant, les chiffres de la deuxième et troisième ligne considérés tous seuls n'ont aucune signification. La légende dans la première ligne n'est autre que l'interprétation des lignes précédentes. Ensemble ils constituent une information.

Année	Taux de natalité	← Sens	} Information
1980	5%	← Données	
1990	4%		

Tableau 1.1. Exemple de données et d'information

Remarque : *Pour l'être humain, l'information est un moyen de décision et aussi d'action. Par exemple pour décider de prendre son parapluie le matin, l'humain fait appel aux services de la météo pour voir s'il va pleuvoir aujourd'hui ou non?*

L'information doit être non seulement exacte, mais aussi disponible et à temps pour aboutir à une action ou une décision correcte (bonne). C'est pour cela qu'elle doit être enregistrée (conservée) et classifiée pour qu'elle sera rapidement retrouvée. Par exemple Un atelier mécanique qui vient de recevoir une commande de la part d'un client pour fabriquer un ensemble de pièces usinées dans un délai d'un mois. La décision d'acceptation ou de refus de la commande par l'atelier doit être prise le plus rapidement que possible, faute de quoi, le client peut affecter le marché proposé à un concurrent.

2.1.3. Le traitement de l'information

Définition : Il s'agit d'une opération de transformation qui permet la synthèse d'une nouvelle information à partir d'une autre qui existe déjà ou bien le changement dans la forme (apparence) d'une information.

Exemple 1 : A partir du taux de natalité et le taux de mortalité on peut déduire le taux de croissance de la population (taux croissance = taux natalité - taux mortalité).

Information de départ			Synthèse →	Information déduite	
Année	Taux de natalité	Taux de mortalité		Taux de croissance	
1980	5%	4,5%		0,5%	
1990	4%	4,1%		-0,1%	

Tableau 1.2. Exemple de traitement qui correspond à une synthèse d'information.

Exemple 2 : Le rangement des chiffres de chaque année par ordre croissant selon le taux de croissance.

Année	Taux de natalité	Taux de mortalité	Taux de croissance
1980	5%	4,5%	0,5%
1990	4%	4,1%	-0,1%

↓ Transformation

Année	Taux de natalité	Taux de mortalité	Taux de croissance
1990	4%	4,1%	-0,1%
1980	5%	4,5%	0,5%

Tableau 1.3. Exemple de traitement qui correspond à une transformation dans la forme d'une d'information

Première forme de l'information

La même information sous une deuxième forme

2.2. L'ordinateur et son architecture

2.2.1. Ordinateur (computer) :

Définition : C'est une machine de traitement automatique de l'information. Un ordinateur doit au moins :

- Acquérir des informations à partir de l'extérieur (depuis un clavier, un autre ordinateur, un scanner, etc.);
- Sauvegarder d'une façon permanente des informations;
- Effectuer des traitements sur les informations;
- Restituer vers l'extérieur (vers un utilisateur, une imprimante, ...) des informations.

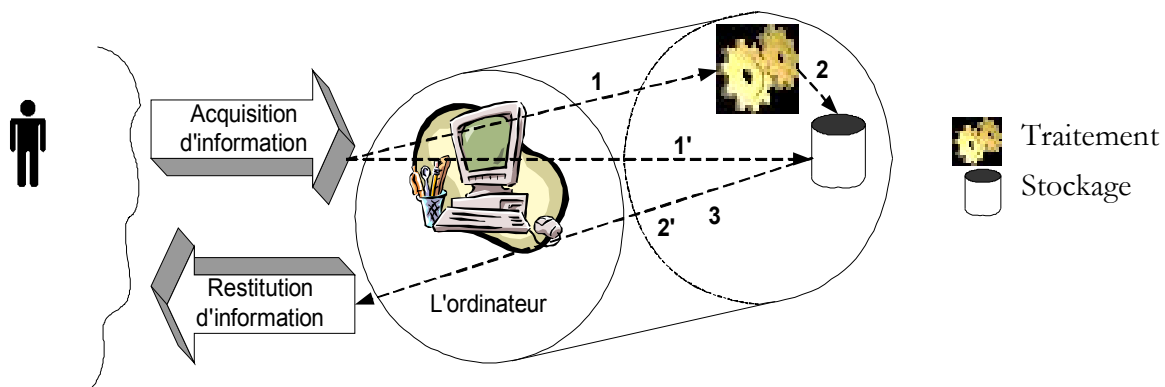


Figure 1.1. Acquisition et restitution d'informations entre l'ordinateur et l'extérieur.

Remarques : *Le terme anglais computer signifiait au départ calculateur numérique électronique. Le terme français « ordinateur » est mieux adapté car il s'éloigne de la connotation calculateur numérique. En effet les ordinateurs font désormais bien plus de choses que du simple calcul, telles que le montage vidéo, le dessin de graphiques, etc.*

Les avantages de confier l'information à l'ordinateur par rapport au cas où elle serait totalement gérée par l'être humain, sont :

- *D'apporter plus d'exactitude pendant son acquisition en lui appliquant certaines vérifications et aussi pendant son traitement et stockage (éviter les erreurs humaines d'enregistrement, de classification et de traitement).*
- *De garantir plus de rapidité pendant son traitement et aussi sa recherche, ce qui permet de la produire aux moments opportuns (quant elle est demandée)*

2.2.2. L'architecture d'un ordinateur :

Définition : C'est la description de la structure de ses composants matériels ainsi que leur interconnexion et coopération pour réaliser son fonctionnement global.

Remarques : 1. *L'architecture des ordinateurs traite donc à la fois de la structure et du fonctionnement de l'ordinateur.*

2. *On parle aussi de la technologie des ordinateurs qui correspond aux techniques de réalisation de ses différents composants.*

Exemple : Par exemple la technologie des ordinateurs s'intéresse aux procédés de fabrication des lecteurs de CDROM en se basant sur les principes de l'optique et l'utilisation des rayons lasers.

Remarques : *Selon que les caractéristiques techniques d'un ordinateur sont disponibles librement ou non, on parle de deux types d'architectures :*

- *Architecture fermée : seul le constructeur de l'ordinateur peut lui ajouter des composants, ce qui est généralement le cas pour les gros ordinateurs.*
- *Architecture ouverte : d'autres entreprises à part le constructeur peuvent créer des composants additionnels pour l'ordinateur.*

Lorsque plusieurs constructeurs d'ordinateurs se mettent d'accord sur l'ensemble des caractéristiques d'un composant, alors ces conventions deviennent un standard.

Exemple : Parmi les standards on peut citer celui du port USB (Universal Serial Bus) qui sert à connecter des périphériques (composants additionnels) à un ordinateur. Grâce à un port unique universel, il permet de connecter à l'ordinateur jusqu'à 127 périphériques, par exemple des imprimantes, des modems, des souris et des claviers. Les périphériques peuvent être connectés à chaud (ordinateur en marche) et ils sont reconnus automatiquement (plug and play).

2.2.3. Classification des ordinateurs :

Selon les types d'utilisation des ordinateurs on distingue :

- Les Superordinateurs (supercomputers): ils sont caractérisés par des capacités de traitement hyper importantes. Ils sont utilisés pour résoudre des problèmes complexes, essentiellement dans les domaines scientifiques comme la simulation numérique des phénomènes physiques. La prévision météorologique est l'un des plus gros consommateurs des superordinateurs. C'est à l'échelle des états et des pays qu'on peut en avoir besoin de tels ordinateurs et c'est eux seuls qu'ils ont les moyens nécessaires pour les acquérir
- Les Gros ordinateurs (mainframes) : ils sont caractérisés par des capacités de traitement très importantes, ainsi que des possibilités de connexions de centaines, voire de milliers de terminaux.

Un terminal étant constitué d'un écran et d'un clavier. Il n'effectue aucun traitement, son rôle se restreint à la communication avec un ordinateur central. De tels ordinateurs permettent de gérer un grand nombre de canaux d'entrées/sorties, et assurer un fonctionnement quasiment sans interruption et... sans faille. Les pannes des mainframes sont en effet extrêmement rares. Ils sont utilisés dans les grosses entreprises ou administrations tels que les banques, les bourses (typiquement ils coûtent plusieurs millions de dinars).

- Les Mini-ordinateurs (minicomputers) : leurs principes sont les mêmes que ceux des gros systèmes mais concernent les moyennes entreprises ou administrations avec des possibilités de connexions de quelques centaines de terminaux. Ils sont particulièrement adaptés aux solutions de départementalisation des applications. Ils sont utilisés dans les petites et moyennes entreprises.
- Les Stations de travail (workstations) : ce sont des ordinateurs monopostes dotés de processeurs puissants et sont très utilisés dans les applications nécessitant des puissances de calcul importantes telles que la conception assistée par ordinateur.
- Les Micro-ordinateurs (microcomputers) : sont par excellence les ordinateurs mono-postes adaptés aux travaux de bureautique ou à des configurations pour petites structures. Un micro-ordinateur, c'est un ordinateur équipé d'un microprocesseur. Selon leurs tailles on distingue :
 - Les micro-ordinateurs de bureau (desktop computers) : Ordinateur destiné à être posé sur un bureau.
 - Les Portables (laptops/Notebooks) : Ordinateurs compacts, dont la taille et le poids sont proches de ceux d'un porte-documents. Unité centrale, écran, clavier et souris font partie intégrante de la machine. Contrairement aux ordinateurs de bureaux, ils offrent à leurs utilisateurs de la mobilité (ils peuvent être utilisés en déplacement).
 - Les Nomades de format de poche (Pocket Computer) : Ordinateurs de la taille d'une calculatrice qui fonctionnent avec des systèmes d'exploitation allégés. Ils accompagnent l'utilisateur dans tous ses déplacements et constituent leur agenda personnel, leur bloc-notes, leur traitement de texte de poche.

	Prix (Euros)	Bénéficiaires/ Domaines	Opérations/seconde
Super-Ordinateurs	$> 10^7$	Multi-utilisateurs (plusieurs personnes). Applications militaires/Météos.	$> 10^{12}$
Gros Ordinateurs	$10^5 \rightarrow 10^7$	Multi-utilisateurs. Une grosse entreprise.	$10^{10} \rightarrow 10^{12}$
Mini-Ordinateurs	$10^4 \rightarrow 10^6$	Multi-utilisateurs Une moyenne entreprise.	$10^{10} \rightarrow 10^{11}$
Stations De travail	$3 \times 10^3 \rightarrow 10^4$	Une seule personne. PME ou personne physique.	$5 \times 10^9 \rightarrow 10^{10}$
Micro-Ordinateurs	$< 3 \times 10^3$	Une seule personne. Bureautique personne physique.	$< 4 \times 10^9$

Tableau 1.4. Récapitulatif des catégories des ordinateurs.

Remarque : *La partie quantitative de cette comparaison reste très relative, car nous savons que les performances enregistrées par les ordinateurs sont de plus en plus croissantes. Par exemple les superordinateurs des années 1960, ont une puissance de calcul inférieure à celle garantie par les micro-ordinateurs de nos jours.*

Les bénéficiaires d'une catégorie d'ordinateurs le sont aussi pour une catégorie plus petite c'est-à-dire une grande entreprise peut s'équiper par exemple de stations de travail et de micro-ordinateurs.

2.3. De l'instruction au programme

2.3.1. Instruction :

Définition : Une instruction est une opération de base (élémentaire) qu'un ordinateur est capable d'exécuter (de réaliser).

Exemples :

- Les touches d'une calculatrice telles que ON, OFF, 1/x, + correspondent chacune à une opération de base que cette première peut exécuter.
- L'addition de deux nombres est considérée au niveau de l'ordinateur comme une instruction. De même que la division de deux nombres.

Remarque : *N'importe quel traitement revient à exécuter une séquence d'instructions (opérations élémentaires) dans un ordre précis.*

Exemple : Le calcul de la moyenne de deux nombres ne correspond pas à une instruction car il ne s'exécute pas en une seule opération au niveau de l'ordinateur. Le calcul se réalise sous forme d'un traitement constitué de deux instructions à exécuter dans l'ordre. La première est l'addition de deux nombres. La deuxième est la division de leur somme par 2.

2.3.2. Programme

C'est une séquence d'instructions dans un ordre précis à exécuter séquentiellement (l'une à la suite de l'autre, selon leur ordre d'apparition) par une machine (dans notre cas un ordinateur). Il permet de résoudre un problème précis en générant en sortie des résultats à partir de données en entrées. Un programme est constitué de deux parties :

- Une partie contenant les données.
- Une partie traitement qui représente la séquence des instructions à exécuter.

Exemple : Déterminons la suite de touches à appliquer à une calculatrice pour calculer la moyenne des nombres 17 et 42.

Ordre	Touch e	Interprétation
1	ON	
2	1	Entrée de la première donnée.
3	7	
4	+	Première instruction de calcul à exécuter.
5	4	Entrée de la deuxième donnée.
6	2	
7	=	Sortie du résultat sur l'afficheur.
8	/	Première instruction de calcul à exécuter.
9	2	Entrée de donnée.
10	=	Sortie du résultat sur l'afficheur.
11	OFF	

Tableau 1.5. Enchaînement des instructions sur une calculatrice pour effectuer un calcul donné.

Remarque : *Il est à noter que cette solution n'est pas unique car on peut par exemple diviser chacun des deux nombres par deux puis effectuer la somme. Ce qui fait un traitement donné peut être effectué de plusieurs manières.*

2.3.3. Langage machine :

Définition : C'est le langage avec lequel un programme doit être écrit pour qu'il soit directement exécutable sur un ordinateur. Chaque machine possède son propre langage qui dépend des instructions supportées ainsi que la manière de les exécuter. Les langages machines sont écrits uniquement avec les chiffres binaires (0 et 1).

Remarque :

- *En vue de son exécution un programme est stocké dans un ordinateur sur des circuits électriques à deux états qui ne peuvent conservé donc à la fois qu'un chiffre parmi zéro ou un.*
- *Un programme écrit avec un langage machine est appelé programme machine ou aussi programme exécutable.*
- *Pour faciliter la programmation (l'élaboration de programmes) on n'écrit pas des programmes en langage machine directement mais on utilise des langages proches des langages naturels.*

2.3.4. Langage évolué de programmation :

Définition : Ces langages sont appelés langages de programmation évolués. Ils consistent en un ensemble de mots clés et des règles à suivre, tout comme une langue naturelle qui contient toujours un ensemble de mots (chaque mot possède une signification) qui constituent le vocabulaire et un ensemble de règles de conjugaison et de grammaire pour élaborer des phrases.

Exemples :
 Basic (simple et très limité)
 Fortran (domaines scientifiques)
 Pascal (langage structuré, efficace pour les structures arborescentes)
 C (efficace pour la programmation système)
 Visual Basic (langage orienté objet, interfaces graphiques)
 Java (efficace pour des programmes en rapport avec Internet)

2.3.5. Compilateur :

Définition : Comme un programme écrit en langage de programmation évolué n'est pas exécutable directement par la machine alors il faut qu'il soit traduit en langage machine par un traducteur. Ce traducteur appelé aussi compilateur, est lui même un programme machine.

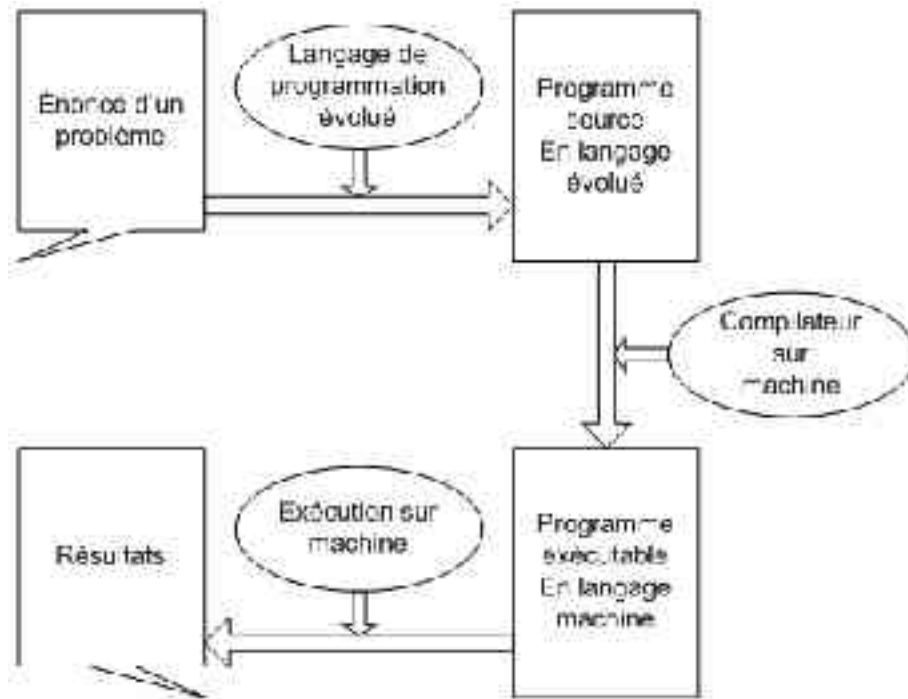


Figure 1.2. Comment partir d'un problème pour trouver sa solution

2.4. Système informatique

2.4.1. Le Matériel (Hardware)

Définition : Matériels informatiques tels que les ordinateurs et leurs composants, les imprimantes et les équipements réseaux. Ils remplissent les fonctions d'acquisition, de stockage, restitution, traitement et communication de l'information et ce en exécutant un ensemble de programmes dépendant des besoins des utilisateurs finaux.

Exemples :

- Le stockage de données d'une façon permanente s'effectue sur un matériel du genre disque dur : en générant sur un aimant des champs magnétiques.
- L'exécution des instructions d'un programme s'effectue sur des circuits électriques : en générant en sortie des signaux électriques générés en fonction des signaux électriques en entrée.

2.4.2. Le Logiciel (Software)

Définition : Ensemble de programmes (un ou plusieurs), généralement de taille importante permettant de combler en terme de traitement un besoin spécifique et réel. Un logiciel contient également des données qui lui permettent de fonctionner. Selon que le logiciel est indispensable au fonctionnement d'un ordinateur ou non on distingue :

- Les programmes d'applications (Traitement de texte, comptabilité, ...) qui réalisent un besoin de l'être humain.
- Les logiciels de base comme le système d'exploitation sans lequel l'ordinateur devient non utilisable par l'être humain (programmeur ou utilisateur simple). Ils jouent le rôle d'intermédiaire indispensable entre les différentes ressources matérielles de l'ordinateur d'un coté et les logiciels d'applications et l'être humain de l'autre.

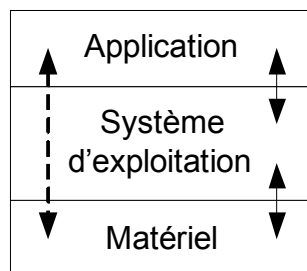


Figure 1.3. Éléments logiques d'un ordinateur.

- Exemples :**
- Microsoft Word est un logiciel d'application qui permet le traitement de texte. logiciel servant à éditer du texte, de le mettre en forme et de l'imprimer.
 - Linux est un logiciel système.
 - Turbo C est un compilateur, et appartient à la famille des logiciels de base.

Remarques: *Relation entre le matériel et le logiciel :*

- *Le matériel héberge le logiciel car ce dernier n'est qu'une suite binaire (à deux états) à transcrire sur le premier. Dans la pratique on peut installer ou désinstaller sur un ordinateur (sur le matériel) n'importe quel logiciel selon le besoin. Chaque instruction d'un logiciel est exécutée par un composant matériel bien déterminé.*
- *L'architecture électronique (le « hardware ») d'un ordinateur est cachée à l'utilisateur et aux applications logicielles, par le système d'exploitation qui joue entre elles le rôle d'intermédiaire. Le même micro-ordinateur utilisant Windows ou Linux aura un comportement, des possibilités, des performances et une interface complètement différente, bien que ce soit exactement les mêmes éléments physiques qui soient employés.*

Tout logiciel peut être remplacé par un équivalent matériel qui pourra exécuter directement les traitements demandés par des circuits électriques complexe ce qui se engendre :

- *Un gain en terme de performance car l'exécution devient plus rapide. Il n'y a pas d'enchaînement une par une des instructions mais une exécution en un seul temps de la tâche demandée.*
- *Une perte en terme de souplesse car le matériel devient non programmable et donc ne peut exécuter que le traitement pour le quel il a été conçu.*

2.4.3. Système informatique :

Définition : C'est l'ensemble des moyens matériels et logiciels nécessaires pour satisfaire les besoins informatiques d'une organisation ou d'un utilisateur.

Exemple : Par exemple une pharmacie qui possède pour ses besoins de fonctionnement le matériel informatique suivant :

- Trois ordinateurs connectés en réseau avec un matériel appelé Hub.
- Trois lecteurs de code à barres pour faciliter la vente des médicaments aux clients.
- Une imprimante laser partagé sur le réseau pour éditer les factures.

Sur les ordinateurs son installés les logiciels suivants qui permettent la gestion de son système information :

- Le système d'exploitation « Windows XP ».
- La suite bureautique « MS Office XP ».
- Une application de gestion de stock et de facturation sur le logiciel « MS Access ».
- Une application de comptabilité « CIEL Compta ».

Tous les équipements informatiques ainsi que les logiciels installés constituent **le système informatique** de cette entreprise.

3. Historique et évolution des ordinateurs

L'histoire de l'informatique débute par l'invention de machines (la fonction crée l'organe) qui au départ correspondent à des lignes de pensée différentes. L'informatique résultera de la fusion des savoirs acquis dans ces domaines. Elle n'est pas une synthèse de plusieurs disciplines, mais plutôt une discipline entièrement nouvelle puisant ses racines dans le passé. Seul l'effort permanent du génie créatif humain l'a rendue accessible au grand public de nos jours.

3.1. Les générations des ordinateurs :

Par analogie avec l'histoire naturelle qui est subdivisée en plusieurs aires, délimités ou caractérisées par des événements majeurs, l'architecture des ordinateurs se compose elle même de plusieurs générations. A commencer par une génération zéro qui précède l'invention de l'ordinateur (machine électronique de traitement automatique de l'information). On peut comparer cette génération avec la préhistoire naturelle.

3.1.1. La génération zéro (1642-1945)

Les calculateurs de cette époque étaient à base mécaniques.

- *En 1642* : Pascal a construit une machine entièrement mécanique à base d'engrenage. Cette machine n'effectuait que les additions et les soustractions.
- *En 1728* : Leibniz a développé une machine basée sur celle de pascal, qui fait en plus la multiplication et la division
- *Vers 1833* : Charles Babbage a proposé une machine analytique comportant quatre parties.
 - Magasin : (mémoire)
 - Moulin (unité de calcul)
 - Entrée (lecteur de carte perforé)
 - Sortie (sous forme d'impression de perforation).

Cette machine était irréalisable avec les outils et les techniques de son temps.

- *Vers 1838* : George Boole a créé l'algèbre de Boole.

- *Fin 19^e e siècle* : Hollerith (américain) construit un calculateur de statistique fonctionnant avec des cartes perforées et inventa un système de codage qui porte son nom.
- *En 1936* : Alain Turing énonce le principe d'une machine purement imaginaire « la machine de Turing » qui préfigure les caractéristiques de l'ordinateur moderne.

Remarque : *Pendant cette période les machines étaient purement mécanique et non programmable c'est à dire elle attend les ordres de l'être humain.*



Figure 1.4. Vues de la machine de Pascal connue sous le nom de « Pascaline ».

3.1.2. La première génération (1945-1955)

C'était la génération des tubes à vide. Elle est caractérisée par la naissance du premier calculateur programmable au USA appelé ENIAC (Electrical Numerical Integrator And Calculator). Cette machine est une sorte de calculatrice électronique s'appuyant sur la technologie des lampes. Il comportait presque 20 000 lampes, pesait 30 tonnes, consommait 140 kw et occupait une surface de plusieurs dizaines de m². Cette machine possède les inconvénients suivants :

- Peu fiable.
- Durée de vie des lampes très limitée.
- Sa programmation nécessite le branchement et le débranchement de plusieurs dizaines de câbles (pour passer d'un calcul à un autre).



Figure 1.5. L'ENIAC avec ces concepteurs

Vers la fin des années 45, John VON NEUMANN, mathématicien d'origine hongroise associé comme consultant au projet ENIAC propose un modèle théorique par lequel il a schématisé et défini l'architecture de l'ordinateur future. Ce modèle pourra être représenté comme dans la figure 1.6.

Cette théorie s'inspire du fonctionnement du cerveau humain comporte trois innovations majeures :

- D'abord elle est dotée d'une mémoire très importante, qui lui permet de conserver toutes les informations dont elle a besoin. Jusque-là tous les calculateurs n'avaient qu'une très faible mémoire et l'homme devaient leur fournir les données les unes après les autres.
- Ensuite elle est dotée d'un programme enregistré dans la mémoire. Au lieu de lui dire ce qu'elle doit faire au fur et à mesure, elle trouve les instructions à exécuter dans sa mémoire.
- Enfin elle est dotée d'une unité de commande interne dont la mission est d'organiser l'ensemble du travail que la machine effectue, ainsi que les échanges de données qui se font avec l'extérieur.

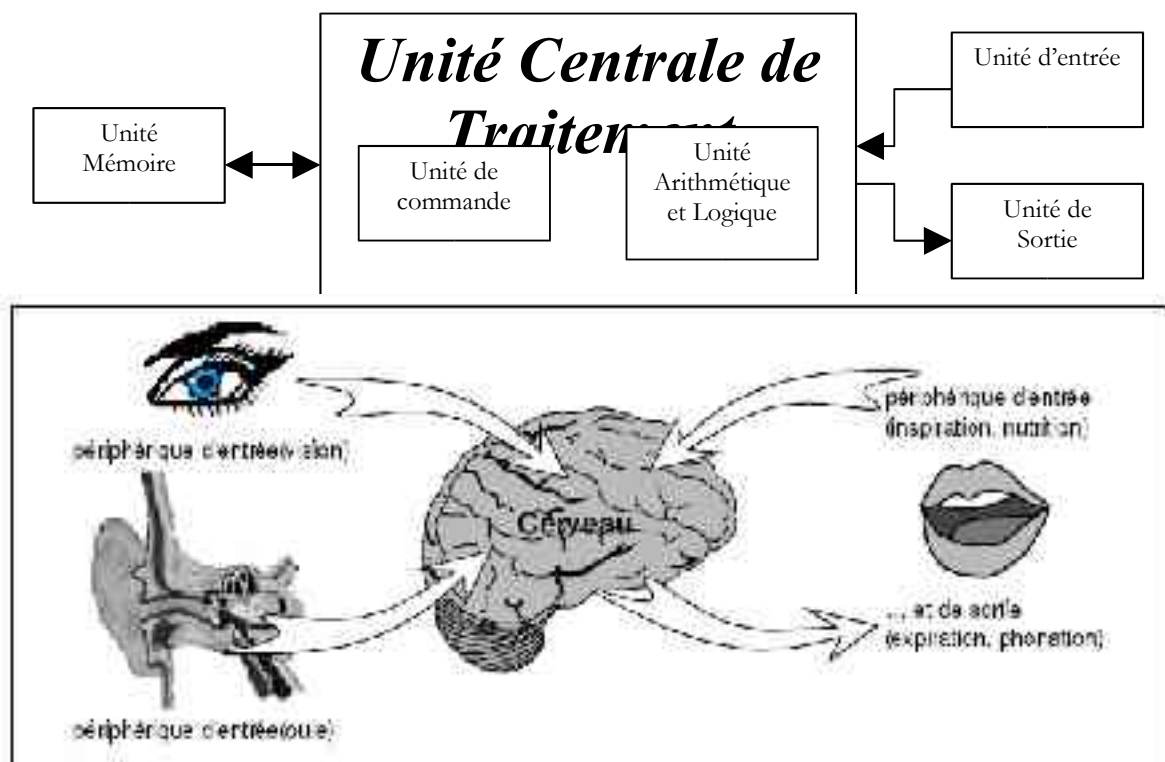


Figure 1.6. Modèle de VON NEUMANN comparé au cerveau humain.

Le débouché de cette théorie été les plans de la machine appelée EDVAC qui n'a jamais été réalisée. La première machine construite autour de ce modèle appelée « Manchester MARK I » était digne d'être la première machine qualifiée d'ordinateur. Depuis, les générations d'ordinateurs ont été construites autour de ce modèle.

Remarque : *Les ordinateurs de cette génération étaient à base de tubes à vide, programmables uniquement par ces concepteurs. Les très grandes nations seules possèdent l'outil informatique.*

3.1.3. La deuxième génération (1955-1965)

C'était la génération des composants semi conducteurs (diodes et transistors) qui ont remplacés les tubes à vide. La fiabilité, le temps de réponse ainsi que la taille se sont améliorés. Les machines de cette génération sont caractérisées par la multiprogrammation et l'apparition de disques dur et de langage de programmation notamment algol et PL1. COBOL est devenu dans cette époque, un standard pour la programmation en gestion sous l'impulsion du DoD (DEPARTMENT of DEFENCE).



Figure 1.7. Transistor.

Remarque : *Les ordinateurs de cette génération étaient à base de transistors avec séparation entre les programmeurs et les concepteurs de ces machines. Les nations riches et les très grandes entreprises accèdent à l'outil informatique.*

3.1.4. La troisième génération (1965-1978) :

Caractérisé par l'apparition des techniques d'intégration des transistors, on pouvait intégrer deux transistors sur une plaque en silicium de un cm², pour réaliser les circuits de calcul. La fiabilité, le temps de réponse ainsi que la taille se sont améliorés. Cette génération est caractérisée aussi par l'apparition des systèmes d'exploitation.

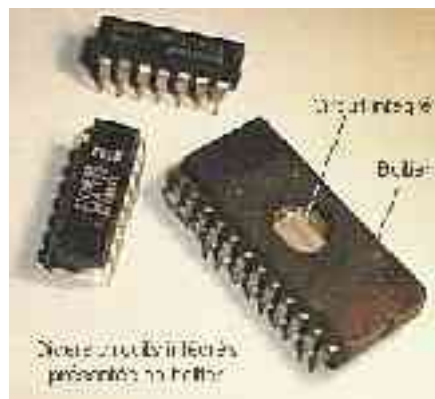


Figure 1.8. Photo de quelques circuits intégrés.

Remarque : *Les ordinateurs de cette génération étaient à base de circuits fabriqués à l'aide des transistors. L'outil informatique est de plus en plus banalisé. Les ordinateurs sont utilisés le plus souvent pour des applications de gestion. Les PME et PMI de tous les pays peuvent se procurer des matériels informatiques.*

3.1.5. La quatrième génération (1978-1985) :

Elle concerne l'intégration à large échelle (Large Scale Integration) dans laquelle un ordinateur complet tient sur 2 à 3 plaques de 20 à 30 cm de côté. Elle est caractérisée par l'apparition des microprocesseurs (un processeur sur une seule puce) et leur utilisation pour fabriquer des petits ordinateurs dotés de systèmes d'exploitation faciles à manipuler.

Remarque : *C'est l'air de l'informatique personnelle. Un individu peut actuellement acheter son micro-ordinateur dans un supermarché.*



Figure 1.9. Photo d'un microprocesseur « AMD DURON ».

3.1.6. La cinquième génération (1985-) :

Si on veut parler d'une cinquième génération (pour l'instant), c'est celle des systèmes distribués interactifs. Ce fut en son début, la génération de machines langages dédiées à l'intelligence artificielle.

Niveau technologique, les progrès sont immenses, par rapport aux premières générations. On parle de niveau d'intégration *VLSI* (Very Large Scale Integration) voire même de *WSI* (Wafer Scale Integration), ce qui a permis d'augmenter de plusieurs ordres de grandeurs, le nombre de composants logiques élémentaires dans une machine (10^8). Un processeur complet de plusieurs millions de transistors contient dorénavant dans un seul circuit intégré (le Pentium II contient 7,5 millions de transistors pour la seule partie unité centrale, mémoire non comprise) et aujourd'hui on en est au PENTIUM IV.

Conclusion : En passant d'une génération à une autre les Avantages suivant sont réalisé :

- Meilleure fiabilité : ordinateurs moins sujets aux pannes.
- Plus petite taille
- Plus grande rapidité
- Meilleure efficacité : les ordinateurs consomment moins d'électricité.
- Plus faible coût : la production de masse rend les ordinateurs moins coûteux.

3.2. Évolution des ordinateurs

3.2.1. Loi de Moore

En 1965, **Gordon Moore**, un des fondateurs de la société Intel remarqua que le nombre de transistors dans un circuit intégré doublait tous les 18 à 24 mois. Cette observation est devenue une loi, dite loi de Moore et n'a pas été démentie jusqu'à présent.

Pour les microprocesseurs, grâce à d'autres améliorations telles que l'addition de nouveaux circuits, l'amélioration en vitesse a été de quatre à cinq tous les trois ans.

Une loi similaire s'applique également à l'espace disque dont la capacité de stockage quadruple à tous les trois ans et la vitesse augmente de 1,4 à tous les dix ans.

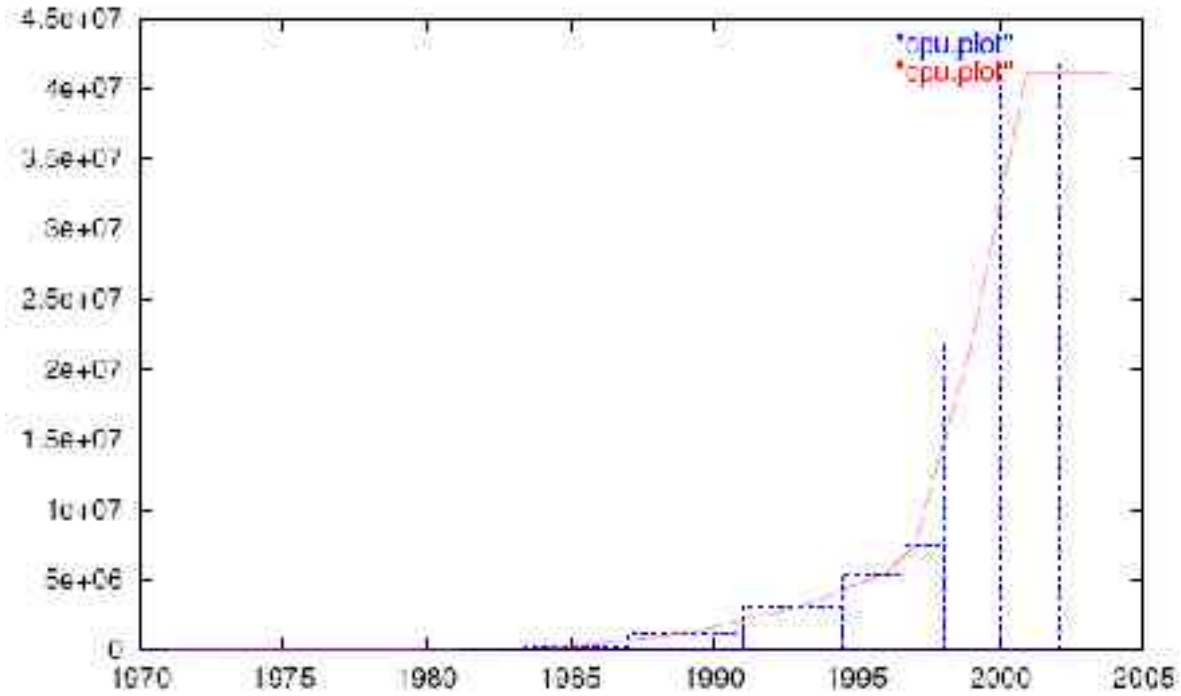


Figure 1.10. Evolution du nombre de transistors intégrés.

CPU	Technologie (μ)	Transistors	Taille (mm^2)
Intel 486	1.0	1.200.000	79
Intel Pentium	0.5	3.100.000	161
Intel Pentium MMX	0.35	5.500.000	128
Intel Pentium II	0.35	7.500.000	155
Intel Pentium Celeron	0.25	7.500.000	131
AMD Athlon K7	0.25	22.000.000	184
Intel Pentium III	0.18	28.000.000	106
AMD Athlon Thunderbird	0.18	37.000.000	117
Intel Pentium IV	0.18	42.000.000	217

Tableau 1.6. Taille des processeurs et nombre de transistors.

3.2.2. Nouvelles tendances :

Il est difficile de prédire quelles seront les tendances ultérieures, surtout que la technologie d'intégration commence à atteindre ses limites avec le semi conducteur à base de silicium. Une façon d'augmenter la performance des ordinateurs serait d'utiliser le parallélisme, tel qu'il est le cas de nos jours avec les processeurs AMD et Intel « Dual Core ».

D'autres technologies ont fait leur apparition, l'ordinateur optique deviendra peut-être la technologie dominante dans quelques années, avec des vitesses beaucoup plus élevées car nous savons la lumière est beaucoup plus rapide que les électrons.

Actuellement au niveau des laboratoires de recherches il y a des tentatives de créer des circuits hybrides qui font relier des neurones sur une puce électronique au silicium. Les chercheurs américains partent du principe que les ordinateurs actuels, même les plus puissants, ne seront

jamais aussi intelligents qu'un cerveau vivant. Il faut donc inventer des ordinateurs capables de penser par eux-mêmes et plus seulement d'exécuter un programme écrit par l'homme.

4. Structure et fonctionnement de base d'un ordinateur

Dans ce paragraphe nous allons découvrir la structure et le principe de fonctionnement de l'ordinateur tout en faisant abstraction de certains détails qui seront étudiées dans un stade plus avancé de ce cours.

4.1. Structure de base d'un ordinateur

La structure de base d'un ordinateur repose sur le modèle théorique de VON NEUMANN (cf §3.1.2.). L'implémentation de ce modèle a été réalisée autour d'un bus unique, servant à l'acheminement des informations entre les différentes unités. Un contrôleur de bus a été prévu pour gérer la communication.

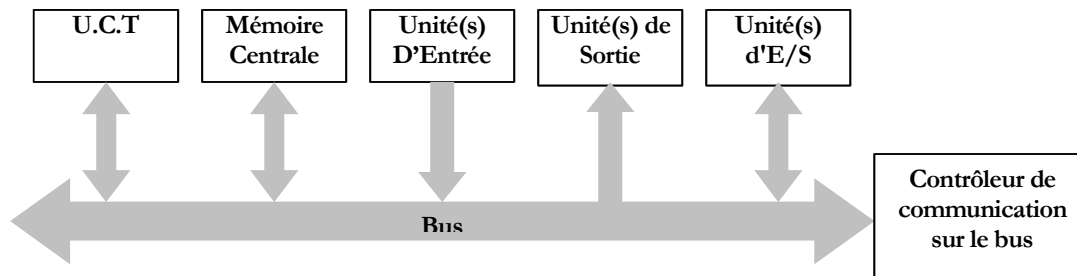


Figure 1.11. schéma de l'implémentation de la structure de base d'un ordinateur.

Les unités les plus importantes de cette structure sont :

- **La mémoire centrale (MC) :** contient les programmes et les données.
- **L'unité centrale de traitement (UCT) :** exécute les programmes elle est composée de :
 - *L'unité arithmétique et logique (UAL) :* Elle exécute les opérations élémentaires comme l'addition, la soustraction et les opérations logiques (et, ou, non...).
 - *L'unité de contrôle (UCom) :* Dite aussi unité de commande, elle charge les instructions depuis la mémoire centrale et les décode pour envoyer les ordres appropriés vers les unités responsables de l'exécution. Par exemple s'il s'agit d'une opération arithmétique ou logique alors l'UCom envoie l'ordre d'exécution à l'UAL.
- **Unité (s) D'Entrée :** cette unité représentera le contrôleur de périphériques d'entrée elle devra gérer la communication avec le périphérique et formater les informations pour qu'elles soient compréhensibles par ce dernier.
- **Contrôleur de communication sur le bus :** la communication et le transport des informations sur le bus unique devront obligatoirement être gérés par une unité spécialisée dans ce sens. Tous les va et viens des informations sont alors contrôlés par cette dernière unité.
- **Bus :** support d'acheminement de l'information entre la mémoire centrale et l'unité centrale de traitement.

4.2. Principe de fonctionnement de l'ordinateur

Lors de l'exécution d'un programme un ordinateur procède à la réalisation des étapes suivantes :

- Chargement du programme (écrit en langage machine) dans la mémoire centrale.
- Lecture depuis la mémoire centrale des instructions une par une de la première jusqu'à la dernière.
- Après la lecture de chaque instruction, le processeur assure l'analyse de l'instruction dans le but de déterminer la nature de l'opération à exécuter et sur quelles données elle devra s'exécuter.
- Lecture des valeurs des données depuis la mémoire centrale.
- Exécution de l'opération sur les valeurs lues et stockage du résultat dans une zone de la mémoire ou dans le chemin de données (cf fig 1.12 on parle : UAL+Registres+Bus Interne).

Le schéma suivant présente l'échange d'information qui s'effectue entre les différentes composantes au cours de l'exécution d'un programme.

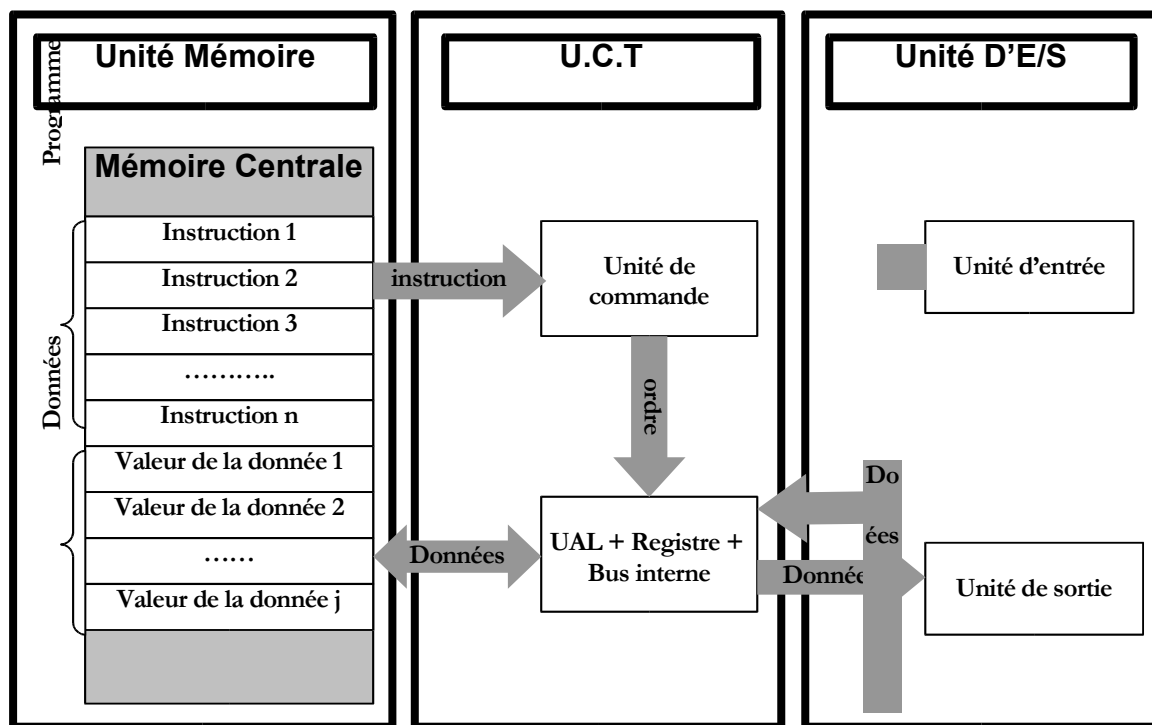


Figure 1.12. Echange de données entre les composants du système

Comme nous le remarquons, la mémoire centrale contient le programme à exécuter. Ce programme est organisé en deux segments, un pour les instructions et un pour les valeurs des données. Ces deux segments sont chargés dans deux zones séparées.

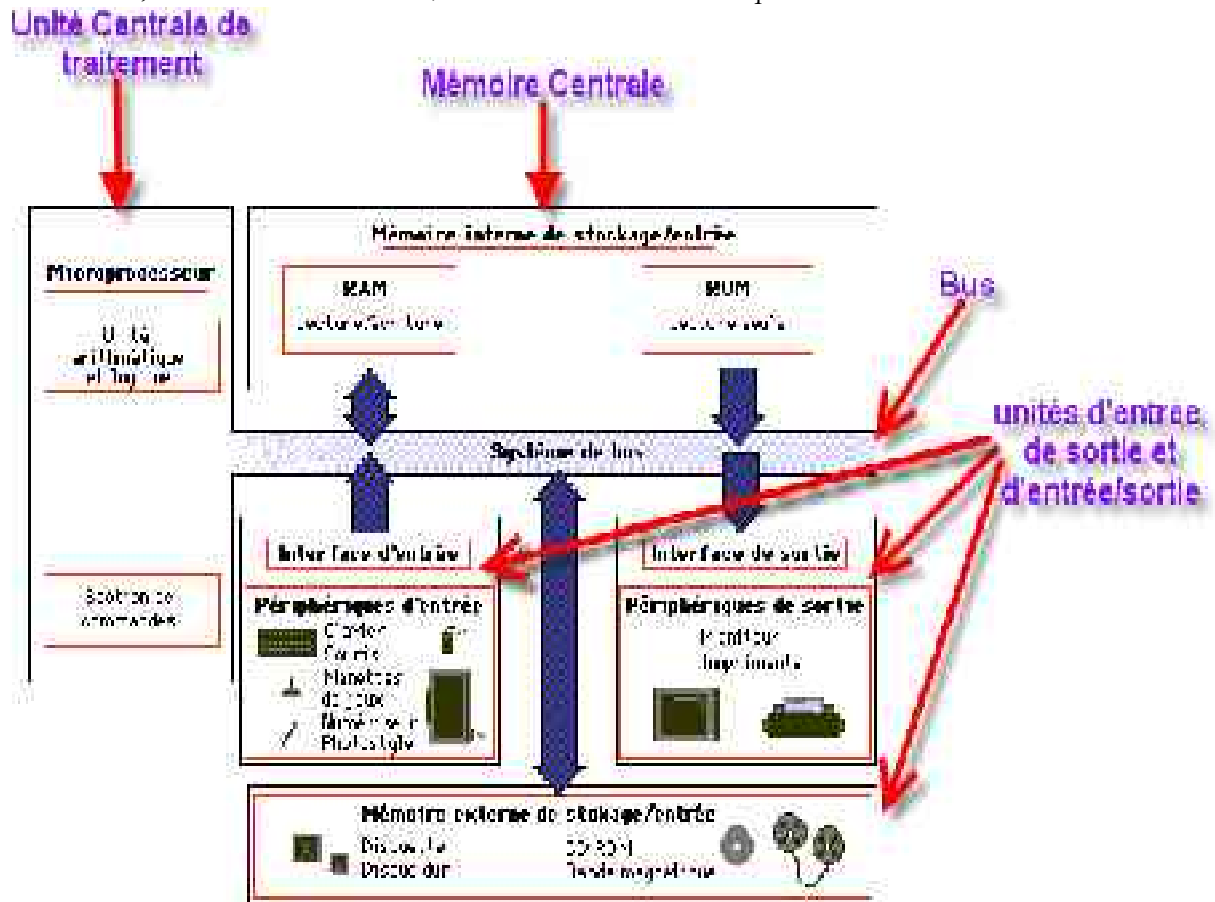
L'unité de commande analyse les instructions, et commande le chemin de données (UAL, registres, bus). Le chemin de données (ici c'est l'UAL+Registres+BusInterne) reçoit les valeurs depuis la mémoire ou depuis les unités d'entrée et exécute l'opération sélectionnée par l'unité de commande sous forme d'ordre.

Les unités d'entrée/sortie assurent la liaison entre les périphériques et le chemin de données.

5. En pratique : La carte mère et ses composantes

Dans cette partie, nous allons vous parler de la carte mère (en anglais «motherboard»), qui représente l'élément constitutif principal de l'ordinateur. C'est sur cette carte qu'est connecté ou soudé l'ensemble des éléments essentiels de l'ordinateur.

Nous vous proposons un schéma synoptique qui regroupe les différents composants que nous avons abordés dans les paragraphes précédents. Nous trouvons l'unité Centrale de Traitement (ou processeur), qui est composé comme nous avons indiqué, d'une unité arithmétique et logique, de l'unité de commande. Ensuite la mémoire centrale, composée de la RAM et ROM, les unités d'entrée, de sortie et d'entrée/sortie et enfin le bus qui connecte tous ces éléments



ensembles.

Figure 1.13. Schéma synoptique des différents composants d'une carte mère

La figure 1.14 décrit le schéma d'une carte mère où nous vous indiquons les composants que nous avons présentés dans les paragraphes précédents.

1. L'unité Centrale de Traitement (UCT ou microprocesseur, ici il s'agit d'un processeur Pentium 4 sur un support Socket 775)
2. Le contrôleur de bus (appelé aussi jeu de composants, chipset ou encore processeur d'entrée/sortie)
3. Les connecteurs de la mémoire (ici connecteurs pour mémoire DDR-2)
4. Les connecteurs pour les unités d'entrées/sorties (pour connecter des lecteurs disques et disquettes internes)

5. Les connecteurs d'extension internes, reliées au bus (pour les cartes d'extensions PCI, AGP, PCI Express)
6. Les connecteurs pour les périphériques externes, reliées au bus (pour connecter imprimantes, flash disque, disque externes, ...)



Figure 1.14. figure d'une une carte mère ATX

6. En résumé :

1. Le tour des concepts de l'informatique et de l'architecture des ordinateurs nous a permis de connaître le domaine et l'étendue de cette discipline et dégager ses apports à l'humanité :
 - Apporter plus d'exactitude pendant l'acquisition de l'information en lui appliquant certaines vérifications et aussi pendant son traitement et stockage (éviter les erreurs humaines d'enregistrement, de classification et de traitement).
 - Garantir plus de rapidité pendant le traitement de l'information et aussi sa recherche ce qui permet de la produire aux moments opportuns (quant elle est demandée).
2. L'histoire des ordinateurs est subdivisée en générations marquées par des transitions pleines d'améliorations pour les facteurs : fiabilité, taille, rapidité et coût.

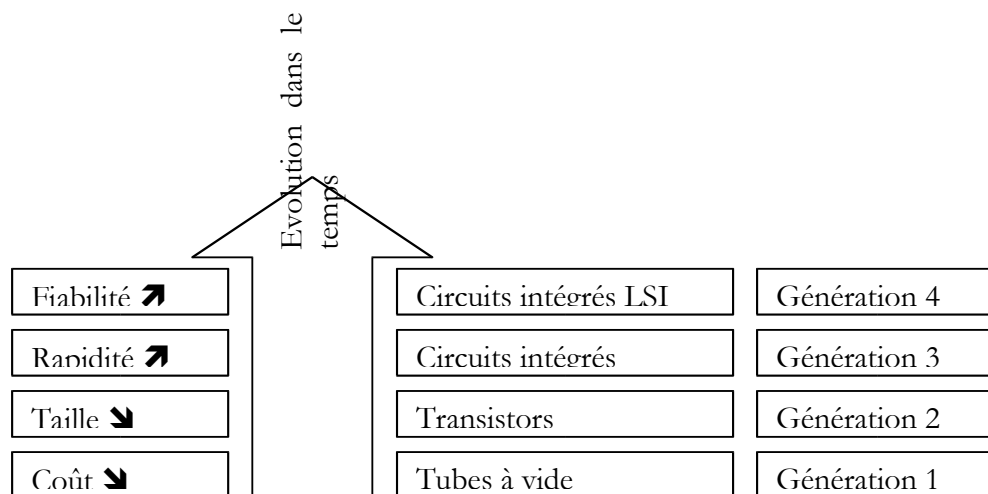
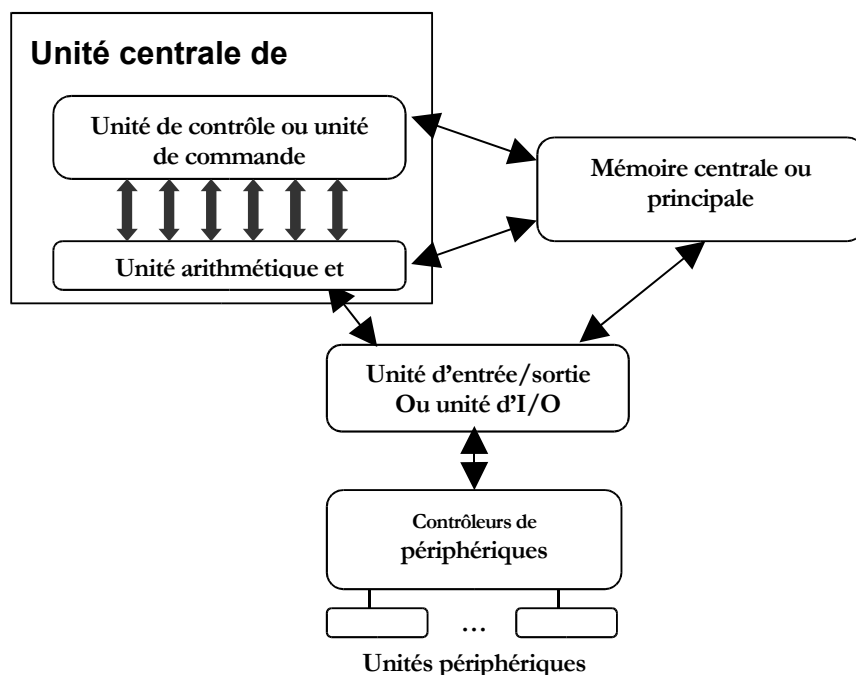


Figure 1.15. Facteurs améliorés au cours de l'évolution des ordinateurs.

3. l'architecture de l'ordinateur est en générale construite autour d'un bus
4. la communication entre processeur et mémoire se gère à l'aide contrôleur du bus
5. les unités d'entrée-sortie assurent le contrôle et le formatage des informations avant leur envoie aux différents périphériques.
6. jusqu'à ce stade du cours nous considérons que l'ordinateur est principalement constitué de trois compartiment : (l'unité mémoire, l'unité centrale du traitement et l'unité d'entrées sortie)
7. la carte mère supporte toute la panoplie d'électronique que l'on pourra rencontré dans un ordinateur.

7. Série d'exercices

8. Donner la différence entre une donnée et une information. La photo d'un avion vue par une personne qui n'a pas vécu dans l'aire moderne peut être considérée comme information?
9. Pourquoi l'information doit être exacte et pourquoi elle doit être fournie à temps?
10. Enumérer et expliquer les différents types de traitements?
11. Quelle est la différence entre l'architecture et la technologie des ordinateurs ?
12. Définir le terme langage machine? Pourquoi la programmation avec le langage machine est elle difficile?
13. Quel est l'intérêt des langages évolués de programmation? En quoi sert un compilateur?
14. Définir les deux termes Hardware et Software? Quelles relations entre eux?
15. Qu'est ce qu'un logiciel d'application? En quoi il est différent par rapport à un logiciel de base?
16. Qu'est qu'un système informatique?
17. Quels sont les faits marquants de chacune des générations des ordinateurs ?
18. Comparer l'architecture de 3 micro-ordinateurs différents dont la configuration matérielle est fournie en annexe de ce TD. Montez un tableau indiquant pour chacun :
 - le type et la vitesse du processeur
 - le type de BIOS (et sa date)
 - les contrôleurs de périphériques intégrés à la carte mère
 - la quantité de mémoire centrale



- Rappeler le rôle des différentes composantes d'une carte mère
- Dire quelles sont les extensions que nous pourrions réaliser sur le schéma synoptique proposé ci-dessus.